

На правах рукописи

Ольхина Елена Сергеевна

Рост и развитие *Picea abies* (L.) Karst. в древостоях южной
Карелии различной степени нарушенности

03.00.16 – «Экология»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
биологических наук

Санкт-Петербург – 2009

Работа выполнена в ГОУ ВПО «Петрозаводский государственный университет»

Научный руководитель доктор биологических наук,
профессор,
Кищенко Иван Тарасович

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
Горшков Вадим Викторович

доктор биологических наук,
доцент,
Сазонова Татьяна Аркадьевна

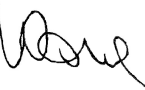
Ведущая организация ГОУ ВПО «Карельская государственная педагогическая академия»

Защита состоится 23 декабря 2009 г. в 11 часов на заседании диссертационного совета Д 002.211.02 при Учреждении Российской академии наук Ботаническом институте им. В. Л. Комарова по адресу: 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2.
Тел. (812)346-37-42, факс (812) 346-36-43

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ботанического института им. В. Л. Комарова Российской академии наук

Автореферат разослан «23» ноября 2009 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета
кандидат биологических наук 

О. С. Юдина

Введение

Актуальность темы. Одним из основных лесообразующих видов в Карелии является ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst.), занимающая 24% лесопокрытой площади (Государственный доклад..., 2006). Между тем эти ценные леса в результате интенсивных рубок быстро истощаются. В связи с этим решение проблемы повышения продуктивности, устойчивости и рационального их использования становится все более актуальным. Разработка эффективных мероприятий по повышению продуктивности еловых лесов возможна только на основе глубоких знаний о ходе формирования прироста древесины стволов и других вегетативных органов (Сукачев, 1964; Смирнов, 1964; Казимиров, 1971; Чертовский, 1978). Поэтому изучение сезонного роста *P. abies* с учетом ее эколого-биологических особенностей становится совершенно необходимым.

Важнейшими процессами, характеризующими состояние лесообразующих видов, являются их рост и развитие (Згуровская, 1962; Булыгин, 1979; Трулевич, 1991; Шкутко, 1991, Кищенко, 2000). Именно приспособление физиологических процессов растения к постоянно изменяющимся условиям среды и приводит его к определённому состоянию адаптации. В связи с этим исследование эколого-биологических особенностей роста растений лесообразующих видов имеет чрезвычайно важное теоретическое и практическое значение.

Процесс урбанизации обусловил вовлечение в сферу рекреационного использования больших территорий природных ландшафтов, в том числе лесов. В настоящее время для отдыха интенсивно используются леса вокруг г. Петрозаводска, представленные преимущественно еловыми древостоями. Под влиянием высоких рекреационных нагрузок ухудшается общее состояние лесов, снижаются защитные, санитарно-гигиенические и эстетические функции.

Объективная оценка перспективности использования еловых лесов в рекреационных целях возможна лишь на основе всесторонних исследований. Выявление закономерностей роста и развития *P. abies* в древостоях различной степени нарушенности имеет чрезвычайно большое теоретическое и прикладное значение. Одной из центральных и вместе с тем слабо разработанных проблем современной экологии является изучение эколого-биологических особенностей устойчивости городских лесов.

Цель и задачи диссертационной работы. Целью исследования являлось изучение влияния факторов среды на сезонный рост и развитие *Picea abies* в древостоях южной Карелии различной степени нарушенности, а также изменения их состояния под влиянием рекреации.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить влияние климатических факторов на рост вегетативных органов *P. abies* в разных типах еловых сообществ.
2. Установить особенности сезонного роста стволов, побегов и хвои деревьев *P. abies* в разных типах еловых сообществ.
3. Выявить особенности сезонного роста стволов, побегов и хвои деревьев *P. abies* на разных возрастных этапах.
4. Определить степень влияния урбанизированной среды на сезонный рост вегетативных органов *P. abies*.
5. Оценить влияние рекреации на жизненное состояние древостоев *P. abies* в разных типах лесных сообществ.

Достоверность и обоснованность. Исследования проводились в течение трех лет на 10 постоянных пробных площадях. Для решения поставленных задач применяли современные методы лесоведения, лесной геоботаники, экологии. Результаты обработаны с помощью методов вариационной статистики. Для установления искомых зависимостей применены корреляционный, дисперсионный и регрессионный анализы.

Научная новизна. Впервые для лесных сообществ, естественного происхождения, расположенных в черте г. Петрозаводска и в пределах его зеленой зоны выявлены особенности сезонной динамики роста побегов, хвои и стволов *P. abies*. Дана оценка изменения жизненного состояния древостоев *P. abies* в условиях комплексного воздействия городской среды.

Определены интенсивность и продолжительность роста вегетативных органов *P. abies* на разных возрастных этапах и в разных типах лесных сообществ зеленой зоны г. Петрозаводска.

Теоретическая и практическая значимость исследования

В результате исследований установлены биологические параметры *P. abies*, отличающиеся разной степенью трансформации под влиянием городской среды.

Установлена продолжительность роста вегетативных органов и даты наступления фаз *P. abies* в городских условиях и в пределах зеленой зоны г. Петрозаводска.

Полученные в результате исследования данные могут служить основой для прогнозирования состояния древостоев *P. abies* в условиях г. Петрозаводска и разработки системы мероприятий по повышению устойчивости еловых древостоев в условиях городской среды при высоких рекреационных нагрузках.

Организация исследований и личный вклад автора. Диссертационная работа выполнялась в 2003–2007 гг. Автором лично проведены все полевые исследования, выполнены камеральная и статистическая обработка всех экспериментальных материалов, анализ полученных результатов.

Апробация работы. Основные положения диссертации были представлены на международной молодежной конференции «Экология 2003» (Архангельск, 2003); IV Международной научно-практической конференции «Экологическое образование и экологическая наука: проблемы и сотрудничество» (Архангельск, 2004); 9-й Научно-практической конференции «Региональные и муниципальные проблемы природопользования» (Кирово-Чепецк, 2006); Международной конференции посвященной 100-летию со дня рождения В. В. Письяуковой. «Проблемы биологии растений» (Санкт-Петербург, 2006); III Научно-практическом семинаре «Ландшафтная архитектура и формирование городской среды» (Нижний Новгород, 2007).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ, в т. ч. 1 статья в рецензируемом издании, включённом в требуемый список ВАК.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 200 страницах и состоит из пяти глав, выводов, заключения и 12 приложений. Список литературных источников включает 194 наименований, из которых 32 на иностранных языках. Текст иллюстрирован 19 таблицами, 36 рисунками.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность своему научному руководителю доктору биологических наук, профессору И.Т. Кищенко. Благодарю сотрудников кафедры ботаники и физиологии растений Петрозаводского государственного университета, д.б.н. Е.Ф. Марковскую, к.б.н. Т.Ю. Дьячкову и к.б.н. Л.А. Сергиенко за замечания и рекомендации. Благодарю к.б.н. Ставрову Н.И. за консультации и ценные советы. Большое спасибо родным и близким за всестороннюю помощь и моральную поддержку.

Глава 1. Обзор литературы

Изучению сезонного роста растений, в том числе и древесных видов, уделяется большое внимание, как в России, так и за рубежом.

В главе приводится обзор специальной литературы по сезонному росту *Picea abies* (L.) Karst. преимущественно таёжной зоны (Мелехова, 1952; Тыртиков, 1956; Акакиев, 1959; Бусарова, 1961; Молчанов, 1961; Нарышкин, 1961; Веретенников, 1968; Сбоева, 1971; Булыгин, 1974; Чертовский, 1978; Кожевников, 1979; Фролова, 1979; Мельник, 1983; Кищенко, 2000; Gregori, 1968; Schulze, 1989; Wiemven, 1996; Mandre, 1999; Trimbacher, 1999).

В лесах зеленых зон и городских насаждениях наряду с климатическими факторами большое влияние на рост, состояние и долговечность отдельных деревьев и участков леса оказывают антропогенные факторы (Таран, Спиридонов, 1977; Белова, 1982; Дьяконов, 2001; Рысин, 2007).

Анализ литературы по основным аспектам изучения *P. abies* и еловых фитоценозов в урбанизированной среде показал, что большая часть исследований посвящена изучению влияния на них промышленного загрязнения (Рожков, 1989; Лукина, Никонов, 1993; Цветков и др., 1994; Терехова, 2002; Тарханов, 2004; Schulze, 1989) и лишь единичные работы касаются рекреационного воздействия на городские древостои (Чиждова, 1977; Синькевич, 2001). В основном производится анализ состояния насаждений городских парков и лесопарков (Нестеров, Ишин, 1969; Ружицкая, 1970; Перевозникова, Зубарева, 2002; Барайщук, Гайвас, 2005). Незначительное число исследований посвящено определению нормативов предельно допустимого количества отдыхающих в различных растительных сообществах (Чиждова, Смирнова, 1976; Лямеборшай, Пугаев, 2005).

Проведенный анализ показал, что наиболее слабо изучены вопросы роста и развития *P. abies* в древостоях разной степени нарушенности в таежной зоне, в том числе и в Карелии.

Глава 2. Объекты и методы исследования

2.1. Физико-географические условия района исследований

Исследования проводились в подзоне средней тайги (южная Карелия – 62°13'с.ш. и 34°10'в.д.). Климат Карелии – умеренно-континентальный, с продолжительной, но относительно теплой зимой и коротким прохладным летом, значительной влажностью, облачностью, превышением осадков над испарением, высокой вероятностью заморозков, особенно в начале и конце вегетационного периода. Период

со среднесуточными температурами выше 10°C длится с конца мая до середины сентября. Сумма активных температур составляет 1400-1600°C. Солнечная радиация характеризуется сравнительно малой интенсивностью, однако благодаря большой продолжительности летнего дня, радиационный баланс деятельной поверхности земли за вегетацию составляет довольно значительную величину (27.3 ккал/см²).

2.2. Объекты исследований и их характеристика

Исследования проводились в 2003-2005 гг. в городских лесах г. Петрозаводска, подверженных рекреации, и лесах зеленой зоны, не имеющих признаков нарушения лесной среды. Для подбора объектов было проведено рекогносцировочное обследование лесов на площади 140 га, в соответствии с методикой ландшафтной таксации (Моисеев и др., 1977; Рекомендации..., 1982, Артемьев, 1994) было обследовано 88 га.

Рост *P. abies* изучали в чистых по составу в отдельных случаях с небольшой примесью *Betula pendula*, *Populus tremula* и *Pinus sylvestris* естественных приспевающих (70-90 лет) лесных сообществах (ельник кисличный, ельник черничный, ельник приручейный и ельник травяной) в подзоне средней тайги (южная Карелия). Кроме того, исследования проводились в ельниках черничных разного возраста – 18 лет и 130 лет. Пробные площади были расположены на расстоянии около 5 км от черты города вдоль правого берега р. Лососинка.

Изучение рекреационного воздействия на рост *P. abies* проводили в городских лесах г. Петрозаводска. Пробные площади заложены в ельнике кисличном (87 лет), ельнике черничном (92 г.), ельнике приручейном (85 лет) и ельнике травяном (95 лет).

Исследование влияния урбанизированной среды на рост деревьев *P. abies* проводили в Парке Онежского тракторного завода и участках леса, включенных в зону застройки микрорайона «Кукковка» г. Петрозаводска.

Всего заложено 10 постоянных пробных площадей. Обследовано 800 деревьев *P. abies*. Сделано 18750 замеров длины побегов и 29250 замеров длины хвои. Для исследования радиального роста ствола было взято 2400 образцов высечек древесины ствола.

2.3. Основные методы исследований

Закладку пробных площадей и геоботаническое описание лесных фитоценозов проводили по общепринятым методикам (Полевая геоботаника, 1972; Программа и методы..., 1974). На каждой пробной площади выбирали по 10–12 деревьев каждой из трех групп – I, II–III и

IV–V классов роста и развития (по Крафту). У деревьев II–III классов измеряли длину побегов второго порядка в нижней части кроны, а у молодых деревьев – прирост верхушечного и осевых побегов в верхней и средней частях кроны.

Наблюдения за ростом побегов проводили по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова (1967). Прирост стеблевой части побегов II порядка (по 2 побега с каждого дерева) измеряли с юго-западной части кроны на высоте около 2 м с момента набухания почек до заложения зимующих почек через каждые 3 суток (объем выборки – 25 побегов).

Рост фотосинтезирующего аппарата изучали в средней части этих же побегов (по три хвоинки с каждого побега, объем выборки – 75 хвоинок) с тем же временным интервалом. Прирост побегов и хвои измеряли линейкой с точностью до 1 мм.

Для изучения сезонного радиального прироста древесины ствола на каждой пробной площади выбирали по 10 учетных деревьев II класса роста и развития, у которых отбирали высечки древесины ствола на высоте 1.3 м по методике А. А. Молчанова и В. В. Смирнова (1967). Высечки отбирали через каждые 10 сут. после начала деятельности камбия.

Фенологические наблюдения проводили, используя методические указания ряда авторов (Бейдеман, 1974; Булыгин, 1979; Фенологические..., 1982), через каждые 2–3 суток.

Климатические данные (суммарная солнечная радиация; атмосферные осадки; среднесуточная, относительная влажность воздуха; среднесуточная, температура воздуха) регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория).

По результатам наблюдений за ростом и развитием растений, а также за климатическими факторами сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей математических методов (Зайцев, 1978, 1981).

Оценку состояния деревьев выполняли в соответствии с методикой лесопатологического мониторинга (Мозолевская, 1998). Маршрутное обследование проводили по ходовым линиям. На каждой пробной площади в перечет включали 100 деревьев *P. abies*. Для каждого обследуемого дерева устанавливали категорию состояния согласно Санитарным правилам... (1998).

Площадь вытоптанного напочвенного покрова в лесотаксационных участках определяли глазомерно, а на пробных площадях – с использованием мерных инструментов (Таран, Спиридонов, 1977; Лямеборшай, Пугаев, 2005).

Глава 3. Закономерности роста вегетативных органов *Picea abies* в ненарушенных древостоях

3.1. Влияние климатических факторов на рост вегетативных органов

Влияние климатических факторов на рост побегов, хвои и стволов у *P. abies* изучали в ельнике черничном (92 года) – наиболее распространенном типе сообществ еловых лесов южной Карелии.

Рост вегетативных органов надземной части *P. abies* происходит в определенной последовательности. Первыми (вторая – третья декада мая) трогаются в рост побеги, спустя 4-15 сут. появляется хвоя и в первой половине июня начинается деление клеток камбия. Кульминация прироста побегов наблюдается во второй – третьей декаде июня, хвои – в конце мая – середине июня, стволов – в первой половине июля. Рост побегов заканчивается во второй половине июля, хвои – в конце июня – начале июля, стволов – во второй половине августа. Наибольшая продолжительность роста характерна для стволов – 72-84 сут., а наименьшая для хвои – 34-49 сут.

В результате проведенных исследований установлено, что особенности сезонного роста вегетативных органов *P. abies* наиболее тесно коррелируют с режимом температуры воздуха. На территории исследований рост побегов, хвои и стволов начинается при повышении среднесуточной температуры до $+10^{\circ}\text{C}$ и не зависит от местоположения сообщества. Период роста хвои составляет 40 ± 2 , побегов – 67 ± 3 , ствола – 77 ± 3 суток. Сумма эффективных температур, необходимая для развития хвои составляет 560°C , побегов – 910°C , ствола – 1030°C .

Интенсивность деятельности апикальной меристемы зависит от температуры воздуха только в период усиления роста побегов *P. abies* (коэффициент корреляции (r) составляет 0.46–0.62). В этот период, который продолжается 29–40 сут., формируется 49-69% годовичного линейного прироста. В периоды падения среднесуточной температуры воздуха ниже $+10^{\circ}\text{C}$ побеги замедляют рост (рис. 1). На стадии затухания роста побегов (после кульминации прироста), продолжающегося 27-36 сут., формируется в среднем 40% годовичного прироста.

Интенсивность роста хвои замедляется при любом понижении температуры воздуха (рис. 1). В докульминационный период между интенсивностью роста хвои и температурой воздуха прослеживается положительная связь ($r=0.43-0.92$). Кульминация суточного прироста хвои наблюдается при максимальной за вегетацию температуре воздуха. Период ускорения роста хвои продолжается 10–18 сут., что почти в два раза короче периода затухания роста, при этом формируется в среднем около 70% ее годовичного прироста.

Интенсивность радиального прироста стволов положительно связана с температурой воздуха в докульминационный период ($r=0.72-0.94$). Радиальный прирост стволов резко увеличивается после кульминации прироста хвои и побегов. Снижение среднесуточной температуры воздуха до $+10^{\circ}\text{C}$ и ниже угнетает камбиальную деятельность. В период усиления роста стволовой древесины, продолжительность которого составляет 20–35 сут., формируется в среднем 50% годового радиального прироста.

Достоверная связь количества атмосферных осадков и относительной влажности воздуха выявлена в отдельные годы только с величиной прироста ствола ($r=0.48-0.92$). Рост побегов и хвои *P. abies* в докульминационный период с динамикой количества атмосферных осадков не связаны. Увеличение количества атмосферных осадков в период затухания роста приводит к увеличению продолжительности роста стволов на 10–20 суток.

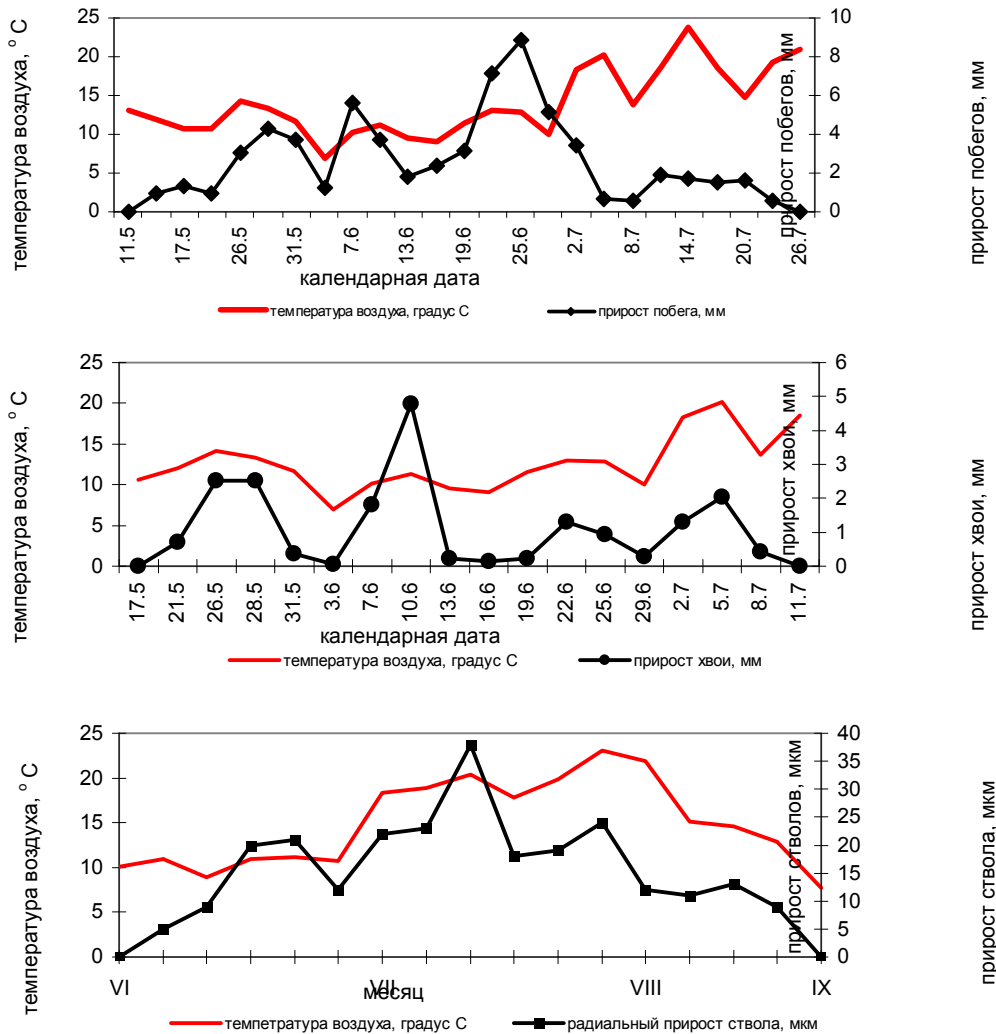


Рис. 1. Динамика температуры воздуха и суточных приростов побегов, хвои и стволов *Picea abies* в ельнике черничном (2003 г.)

3.2. Формирование текущего прироста вегетативных органов *Picea abies* в различных типах сообществ

Изучение комплексного влияния условий местопроизрастания на рост *P. abies* проводилось в четырех типах растительных сообществ: ельнике кисличном (87 лет), ельнике черничном (92 года), ельнике приручейном (85 лет) и ельнике травяном (95 лет).

Проведенные исследования показали, что продолжительность роста вегетативных органов *P. abies* не зависит от условий местопроизрастания (табл. 1). Сроки начала формирования побегов, хвои и стволов также не различаются.

Таблица 1.

Некоторые характеристики прироста побегов, хвои и ствола *Picea abies* в различных условиях произрастания

Условия произрастания	Годичный прирост, мм			Продолжительность роста, сут		
	побеги	хвоя	стволы	побеги	хвоя	стволы
Ельник черничный (92г.)	71±3	17.8±0.2	2.55±0.28	65	40	76
Ельник кисличный (87л.)	77±3	16.7±0.2	2.71±0.30	69	39	78
Ельник приручейный (85л.)	65±3	15.7±0.2	2.86±0.3	67	40	73
Ельник травяной (95л.)	74±3	17.3±0.1	2.48±0.3	63	37	75

Согласно полученным данным в более продуктивных типах сообществ (ельники кисличный и приручейный) средняя величина годового прироста стволов на 10% выше, чем в ельниках черничном и травяном; достоверных различий в величине годового прироста побегов и хвои в разных типах еловых лесов не выявлено.

Увеличение интенсивности роста вегетативных органов *P. abies* отмечалось в более продуктивных типах леса в различных частях ареала этого вида другими исследователями (Мелехова, 1952; Молчанов, Преображенский, 1957; Бусарова, 1961; Крылов, 1961; Харитонович, 1968; Юркевич и др., 1971; Мельник, 1983; Kuusela, 1987; Шкутко, 1991).

3.3. Особенности роста вегетативных органов *Picea abies* у деревьев разного возраста

Изучение сезонного роста вегетативных органов *P. abies* проводилось в южной Карелии в условиях ельника черничного в древостоях трех классов возраста: I (18 лет), V (88 лет.) и VII (130 лет).

Установлено, что продолжительность сезонного роста вегетативных органов у деревьев разного возраста заметно не различается.

Таблица 2. Некоторые характеристики прироста деревьев *Picea abies* разного возраста

Класс возраста	Максимальный суточный прирост, мм			Годичный прирост, мм			Продолжительность роста, сут		
	возраст, лет	побеги	хвоя	стволы	побеги	хвоя	стволы	побеги	хвоя
I / 18	<u>16</u> ±1	<u>1.0</u> ±0.02	<u>0.05</u> ±0.001	<u>120</u> ±5	<u>13.8</u> ±0.2	<u>3.36</u> ±0.12	76	44	84
V / 88	<u>3.1</u> ±0.1	<u>1.2</u> ±0.02	<u>0.03</u> ±0.001	<u>71.</u> ±3	<u>17.8</u> ±0.2	<u>2.55</u> ±0.12	65	40	76
VII / 130	<u>1.8</u> ±0.1	<u>1.0</u> ±0.01	<u>0.03</u> ±0.001	<u>54</u> ±2	<u>16.3</u> ±0.2	<u>1.79</u> ±0.12	70	36	72

Годичный прирост побегов у деревьев *P. abies* с возрастом уменьшается, и в древостоях V класса возраста на 30% превышает прирост в древостоях VII класса возраста (табл. 2). Интенсивность роста хвои в древостоях I класса возраста на 20% ниже соответствующего показателя в древостоях V–VII класса возраста (табл. 2).

Наиболее высокий годичный прирост стволов наблюдается в древостоях I класса возраста: его величина на 40% выше, чем в древостоях V класса возраста и в 2 раза превышает прирост в древостоях VII класса возраста.

Глава 4. Особенности роста вегетативных органов *Picea abies* в нарушенной среде

В данной главе рассматриваются особенности ростовых процессов деревьев *P. abies* в нарушенных условиях: в городе (урбанизированная среда) и городских лесах (рекреационное воздействие). Контролем служили относительно ненарушенные рекреацией древостои 4-х типов сообществ, произрастающие в зеленой зоне: ельник черничный, ельник

кисличный, ельник травяной и ельник приручейный. Эти древостои расположены в 5 км южнее г. Петрозаводска. Преобладающее направление ветров в районе исследований – с юго-запада на северо-восток. В связи с этим изученные древостои почти не испытывают вредного влияния загрязнителей, выбрасываемых в атмосферу городскими предприятиями.

4.1. Рост вегетативных органов *Picea abies* в урбанизированной среде

Проведенные исследования позволили установить, что сроки начала роста побегов *P. abies* на объектах исследования варьируют в пределах 2–15 сут. Обнаружено, что раньше начинают рост побеги в условиях города (6–7.V) и в городских лесах (13–16.V). В лесах зеленой зоны *P. abies* вступает в данную фенофазу во второй декаде мая. Более раннее и интенсивное потепление в городах вызывает, по сравнению с зелеными зонами и примыкающими лесами, более раннее начало развития растений. До наступления кульминации прироста температура воздуха в условиях города, как и на территории зеленой зоны, оказывает достоверное влияние на интенсивность роста вегетативных органов *P. abies*, что подтверждается результатами корреляционного анализа ($r=0.41-0.94$).

В городских лесах годичный прирост побегов на 14% ниже, чем в лесах зеленой зоне. В отдельные годы различия зарегистрированы не были. Величина годичного прироста хвои и стволов ели европейской в условиях города на 20–25% меньше, чем в пригородных лесах. Снижение приростов вегетативных органов хвойных в урбанизированной среде было отмечено и другими авторами (Таран, Спиридонов, 1977; Чижова, 1977; Белова, 1982; Лукина, Никонов, 1993; Черненькова, 2002).

Формирование хвои *P. abies* начинается в среднем на 12 сут. Позже начала роста побегов. Рост хвои в городских лесах в разные годы наступает раньше на 4–6 сут. или совпадает по срокам с ростом хвои в зеленой зоне.

Установлено, что время кульминации прироста хвои также довольно существенно изменяется по датам. Раньше всего эта фаза наступает в условиях урбанизированной среды (в третьей декаде мая). Кульминация прироста хвои у *P. abies* в городских лесах отмечена в среднем на 6 сут. раньше, чем в лесах зеленой зоны.

В докульминационный период между интенсивностью роста хвои и температурой воздуха прослеживается положительная зависимость ($r = 0.43-0.92$) и, в отличие от побегов, интенсивность ее роста

характеризуется корреляцией средней силы на протяжении всего периода роста ($r = 0.35-0.41$).

Величина максимального суточного прироста хвои варьирует в широких пределах. Его максимальная величина обнаружена в зеленой зоне (1.3–1.6 мм/сут), а минимальная – в городских лесах (0.6-0.8 мм/сут.). Отрицательное влияние условий урбанизированной среды на морфологические показатели ассимиляционного аппарата отмечают и другие исследователи (Чижова, 1977; Trimbacher, Weiss, 1999; Барайщук, Гайвас, 2005).

Деление камбиальных клеток стволов (на высоте 1.3 м) отмечается через 7–20 сут. после начала роста хвои. Результаты исследований свидетельствуют о том, что радиальный рост стволов начинается при среднесуточной температуре около $+12^{\circ}\text{C}$ одновременно на всех объектах исследования. Наступление кульминации прироста стволовой древесины в условиях южной Карелии за годы наблюдений происходило при $+16^{\circ}\text{C}$. Величина суточного прироста в этот период составляет 23-38 мкм в зеленой зоне и 20-31 мкм в городских лесах.

4.2. Влияние рекреации на рост вегетативных органов *Picea abies*

В процессе исследований была проведена оценка древостоя по категориям состояния. В лесах зеленой зоны средняя категория состояния древостоев составляла 1.2–1.5 (условно здоровые), а в городских лесах – 2.1-2.7 (ослабленные и сильно ослабленные), что в первую очередь связано с действием рекреации (табл. 3). В лесах зеленой зоны на пробных площадях не обнаружены усыхающие и сухостойные деревья, тогда как в городских лесах доля усыхающих деревьев и сухостоя текущего года составляет от 15 до 36% от общего числа учтенных деревьев. В целом по состоянию ельники городских лесов являются ослабленными, а ельник приручейный – сильно ослабленный.

Изменение лесного биогеоценоза под воздействием рекреации характеризуется стадиями рекреационной дигрессии. Около 59% площади составляют участки с изменениями лесной среды средней степени (III стадия рекреационной дигрессии), а 19 % – с изменениями сильной степени (IV стадия рекреационной дигрессии).

Наиболее сильно действие рекреации сказалось на ослаблении древостоев в городских лесах на ельнике приручейном и ельнике кисличном, которые оцениваются IV стадией рекреационной дигрессии. Данные учета деревьев по категориям состояния подтверждают значительное ослабление этих древостоев – средний балл состояния в ельнике приручейном составляет 2.7, а в ельнике кисличном 2.5.

Установлено, что с увеличением стадии рекреационной дигрессии в древостое уменьшается количество здоровых деревьев ($r = -0.98$).

Обнаружено, что величина годичного прироста побегов *P. abies* в ельниках на III и IV стадиях рекреационной дигрессии меньше, чем в ельниках зеленой зоны, лесная среда которых не имеет изменений, связанных с рекреационным воздействием (I стадия рекреационной дигрессии). Так, величина годичного прироста ствола в ельниках кисличном и приручейном с III–IV стадией рекреационной дигрессии в среднем на 25% меньше, а в черничном и травяном – на 20% ниже, чем в аналогичных типах сообществ на территории зеленой зоны (табл. 3). Достоверных различий в интенсивности роста побегов и хвои не выявлено.

Установлено, что во всех исследованных типах еловых сообществ наблюдается следующая закономерность: с увеличением доли вытоптанного напочвенного покрова а, следовательно, с увеличением площади уплотненной поверхности почвы, происходит снижение величины годичного радиального прироста стволов. Обнаружено, что увеличение доли уплотненной поверхности почвы до 6-24% приводило к сокращению годичного радиального прироста стволов на 15-38% ($r = -0.72$).

Таблица 3. Характеристики прироста деревьев *Picea abies* в еловых древостоях разной степени нарушенности

Тип сообщества	Средне-взвешенный балл состояния	Стадия рекреационной дигрессии	Доля вытоптанного напочвенного покрова от общей площади участка, %	Годичный прирост, мм		
				Побеги	Хвоя	Ствол
Зеленая зона						
Ельник черничный	1.3	I	0.8	71±3	17.8±0.6	2.55±0.1
Е. кисличный	1.2	I	0.4	77±4	16.7±0.6	2.71±0.1
Е. приручейный	1.5	I	0.9	65±3	15.7±0.5	2.86±0.1
Е. травяной	1.3	I	0.5	74±4	17.3±0.6	2.48±0.1

1	2	3	4	5	6	7
Городские леса						
Ельник черничный	2.3	III	6	69±3	13.6±0.4	2.16±0.1
Е. кисличный	2.5	IV	17	63±2	13.8±0.4	2.31±0.1
Е. приручейный	2.7	IV	24	49±2	12.7±0.3	1.77±0.1
Е. травяной	2.1	III	8	68±3	13.4±0.4	1.94±0.1

Глава 5. Развитие деревьев *Picea abies* в древостоях различной степени нарушенности

Анализ данных статистической обработки фенологических наблюдений показывает, что ошибка средней фенодаты *P. abies* на разных объектах исследования весьма незначительна и, как правило, не превышает 1-2 сут. Для фаз окончания линейного роста побегов и обособления почек ее величина возрастает до 7–14 сут. Наибольшая вариабельность фенодат характерна также для этих двух фенофаз: среднее квадратическое отклонение составляет от 12 до 15 сут. Для остальных фенофаз его величина обычно значительно меньше (4–9 сут.).

Очередность наступления фенофаз у *P. abies* из года в год не меняется. Однако изменчивость фенодат по годам заметно различается: в условиях урбанизированной среды она в 1.5–1.8 раз больше, чем в городских лесах. Наибольшая стабильность наступления фенофаз характерна для *P. abies* в лесах зеленой зоны.

При анализе состояния среды во время начала тех или иных фенофаз обнаружена годовая вариабельность значений относительной влажности воздуха, атмосферных осадков и суммарной солнечной радиации. Между тем температурный режим в момент вступления *P. abies* в очередную фенофазу довольно стабилен, что указывает на существенное влияние данного фактора.

Исследованиями установлено, что степень влияния экологических факторов на развитие *P. abies* в ельниках разной степени нарушенности существенно различается. Окончание линейного роста побегов в условиях урбанизированной среды происходит при значениях температуры воздуха на 38% ниже, чем в лесах зеленой зоны. Однако требовательность к сумме положительных температур различается не существенно – всего на 17%.

На развитии деревьев *P. abies* заметно сказывается и динамика относительной влажности воздуха. Набухание вегетативных почек при наибольшем значении влажности (68%) начинается в городских лесах. В

лесах зеленой зоны данная фенофаза начинается при показателе влажности воздуха на 3%, а на городских объектах озеленения на 5-10% меньше. Такая же зависимость проявляется и в период разворачивания почек.

Величина суммарной солнечной радиации оказывает влияние на вегетативное развитие *P. abies*. Разворачивание вегетативных почек и начало линейного роста побегов в условиях урбанизированной среды происходит при значениях солнечной радиации соответственно на 14% и 10% больше, чем в лесах зеленой зоны. Для окончания роста побегов и опробковения в лесах зеленой зоны необходимо большее количество суммарной солнечной радиации на 16 и 13% соответственно, чем в городе.

Выводы

1. Показатели роста вегетативных органов *P. abies* в городских лесах и на территории зеленой зоны г. Петрозаводска существенно связаны только с одним из климатических показателей – величиной среднесуточной температуры воздуха. Сумма эффективных температур, необходимая для развития хвои составляет 560°C , побегов – 910°C , ствола – 1030°C .

2. В зеленой зоне г. Петрозаводска продолжительность сезонного роста побегов, хвои и ствола *P. abies* не зависит от возраста особей и в среднем составляет соответственно 67 ± 3 , 40 ± 2 , 77 ± 3 суток. Годичный прирост побегов деревьев ели европейской V класса возраста превышает на 30% прирост побегов VII класса возраста. Годичный прирост хвои деревьев I класса возраста на 20% превышает прирост деревьев V–VII класса возраста. Годичный радиальный прирост деревьев I класса возраста на 40% превышает прирост V класс возраста и примерно в 2 раза выше, чем прирост VII класс возраста.

3. В пределах зеленой зоны и городских лесах сроки начала и окончания формирования вегетативных органов у деревьев *P. abies* в разных типах еловых сообществ существенно не различаются. Максимальный суточный прирост и годичный прирост побегов и хвои достоверно не зависят от типа сообщества, как вне города, так и в условиях городской среды. Годичный радиальный прирост в ельниках кисличном и приручейном в зеленой зоне (2.79 мм) на 10%, а в городских лесах (2.23 мм) на 20% выше, чем в ельниках черничном и травяном.

4. В урбанизированной среде (г. Петрозаводск) и в лесах пригородной зоны дата начала и общая продолжительность сезонного роста вегетативных органов *P. abies* одинакова. В городских лесах по сравнению с лесами зеленой зоны величина годичного прироста стволов

и хвои уменьшается в среднем на 20–25%, побегов – на 14%. В отдельные годы (2003 г.) величины данных показателей в разных экологических условиях существенно не различаются.

5. Виталитетные спектры древесного яруса 80–90 летних еловых сообществ зеленой зоны г. Петрозаводска характеризуются преобладанием здоровых особей (70–80%). В условиях городской среды происходит существенная трансформация виталитетной структуры еловых древостоев: доля здоровых особей снижается в 2–2.5 раза, участие усыхающих и сухих деревьев возрастает от 1–2 до 15–35%.

Список опубликованных работ

Публикации в соответствии с требованиями ВАК (Бюлл. ВАК, №4, 2006):

1. **Ольхина Е.С.** Рост вегетативных органов ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в условиях города и лесах зеленой зоны // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. Т.1. Тамбов, 2007. – №4(10) – С. 8–13

Публикации в других изданиях:

2. **Ольхина Е.С., Ольхин Ю.В.** Состояние насаждений вдоль р. Лососинки г. Петрозаводска // Экология 2003. Материалы международной конф. Архангельск, 2003. – С. 58–60

3. **Ольхина Е.С.** Сезонный рост побегов и хвои *Picea abies* (L.) Karst. в зеленой зоне Петрозаводска на разных этапах онтогенеза // Материалы IV международной конф. Архангельск, 2004. – С. 257–259

4. **Ольхина Е.С., Ольхин Ю.В.** Оценка состояния ельников в местах массового отдыха в городских лесах Петрозаводска // Материалы IV международной конф. Архангельск, 2004. – С. 259–262

5. **Ольхина Е.С.** Сезонный рост ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в южной Карелии // Материалы международной конф. ТЕССА, СПб, 2006. – С. 152–156

6. **Ольхин Ю.В., Ольхина Е.С.** Влияние рекреации на состояние ельников и рост вегетативных органов *Picea abies* (L.) Karst. в различных условиях произрастания // Флора и фауна северных городов: Сб. статей Международной научно-практич. конф. Мурманск: МГПУ, 2008. – С. 149–151

7. **Ольхин Ю.В., Ольхина Е.С., Морозова И.В.** Оценка состояния насаждений в системе озеленения г. Петрозаводска // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск, 2003. – Вып. 4. – С. 90–92

8. **Ольхина Е.С., Ольхин Ю.В.** Влияние рекреационного фактора на рост ели европейской в зеленой зоне г. Петрозаводска // Антропогенная

трансформация таежных экосистем Европы. Петрозаводск, 2004. – С. 257-259

9. **Ольхина Е.С.**, Ольхин Ю.В. Влияние экологических факторов на рост побегов ели европейской в южной Карелии // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск, 2005. – Вып. 5. – С. 71-74

10. **Ольхина Е.С.**, Ольхин Ю.В. Влияние урбанизированной среды на сезонный рост хвои ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в южной Карелии // Региональные и муниципальные проблемы природопользования. Материалы 9-й научно-практич. конф. Кирово-Чепецк, 2006. – ч. 2. – С. 188-190

11. **Ольхина Е.С.**, Ольхин Ю.В. Оценка состояния парковых насаждений и городских лесов в местах массового отдыха г. Петрозаводска // Материалы III научно-практич. семинара. Н. Новгород: ННГАСУ, 2007. – С. 20-22

12. Ольхин Ю.В., **Ольхина Е.С.** Рост вегетативных органов *Picea abies* (L.) Karst. под влиянием рекреации в различных условиях произрастания // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. Петрозаводск, 2008. – Вып. 7. – С. 89–92