

На правах рукописи



ЩЕКАЛЁВ Роман Викторович

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИРОСТА И КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ
СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ
НАСАЖДЕНИЯХ СЕВЕРОВИНСКОГО БАСЕЙНА
В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

Специальность 03.00.16 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Сыктывкар 2004

Работа выполнена в лаборатории экологической биологии Института экологических проблем Севера Архангельского научного центра УрО РАН

Научный руководитель: кандидат сельскохозяйственных наук
Тарханов Сергей Николаевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Бобкова Капитолина Степановна

доктор биологических наук, профессор
Коровин Владимир Владимирович

Ведущая организация: Институт леса Карельского НЦ РАН

Защита состоится 27 октября 2004 г. в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 004.007.01 в Институте биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН по адресу: 167982 г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 28.

Факс: (8212)24-01-63;

E-mail: dissovet@ib.komisc.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Коми НЦ УрО РАН по адресу: 167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, 24.

Автореферат разослан «19» Сентября 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор биологических наук



А.Г. Кудяшева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТ

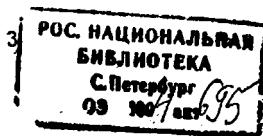
Актуальность темы. Лесные экосистемы Северо-Двинского бассейна и, в частности, сосновые насаждения в настоящее время испытывают жёсткий аэротехногенный прессинг в районах сосредоточения предприятий лесопромышленного комплекса и теплоэнергетики. Принимая во внимание низкую биологическую продуктивность и слабую способность к самоочищению северных экосистем, изучение состояния сосны, как основного лесообразующего вида, в регионе имеет большое значение.

Современная проблема изучения таких биоиндикаторов, как ширина годичного кольца и плотность древесины наряду с методами их определения включает и вопросы изменчивости этих показателей под влиянием эколого-географических, лесоводственных, техногенных и наследственных факторов.

По влиянию лесорастительных условий Европейского Севера на качество древесины сосны и ели уже проведён ряд исследований (Мелехов, 1949; Леонтьев, 1953; Феклистов и др. 1977; Стравинские, 1983; Барзут, 1984; Москалева, Чибисов, 1988). В этих работах нашло отражение воздействие отдельных экологических факторов, как природных, так и антропогенных (рубки ухода, лесная мелиорация, пожары, внесение удобрений и пр.) на отдельные макроструктурные и физико-механические свойства древесины. Вместе с тем опыт исследований техногенного, в том числе и аэрального воздействия в окрестностях Архангельского, Котласского и Сыктывкарского промышленных районов на качество древесины сосны практически отсутствует. Как следствие, всё острее встают вопросы определения товарного качества древесины на корню, обладающей требуемыми качественными характеристиками (в целях получения плотной, равнослойной древесины для заготовки балансов и пиловочника).

Проблема сохранения русского леса входит в число приоритетных направлений Федеральной целевой программы и международных программ стран Баренц региона. В области лесного хозяйства в качестве приоритетных направлений на перспективу рекомендуется проведение специальных исследований техногенных воздействий на лес и преодоление их отрицательных последствий.

Целью диссертационной работы является изучение изменчивости качества древесины сосны обыкновенной в хвойных древостоях бассейна реки Северная Двина в условиях длительного аэротехногенного воздействия.



Для достижения поставленной цели в процессе исследования решались следующие **задачи**:

1. Оценить степень воздействия поллютантов на структуру радиального прироста сосны;
2. Провести временной анализ изменчивости радиального прироста деревьев;
3. Изучить изменчивость физико-механических характеристик древесины сосны в условиях длительного аэротехногенного воздействия;
4. Установить взаимосвязь между макроструктурными и физико-механическими характеристиками древесины.

Научная новизна работы: впервые проведено изучение воздействия промышленных выбросов на макроструктурные показатели и технические свойства древесины сосны в бассейне р. Северная Двина. Проанализирована возрастная, эндогенная, индивидуальная и экологическая изменчивость качественных характеристик древесины сосны в хвойных насаждениях. Рассмотрено влияние ширины кроны на формирование радиального прироста. Проанализированы физико-механические свойства древесины форм сосны с узкой и широкой кроной.

Основные защищаемые положения.

1. В сосновых фитоценозах по мере приближения к источнику эмиссий происходит снижение величины радиального прироста в различных лесорастительных условиях.
2. Плотность древесины сосны в хвойных насаждениях Северо-Двинского бассейна увеличивается по мере сокращения расстояния до источника промышленных эмиссий и ухудшения почвенно-гидрологических условий.
3. Флуктуации предела сопротивления древесины сосны при сжатии вдоль волокон в пределах отдельного типа леса в большей мере обусловлены базисной плотностью, величиной и структурой радиального прироста и таксационным диаметром дерева.

Практическая значимость. Выявленные закономерности могут быть использованы при проведении регионального мониторинга лесных экосистем, разработке системы лесохозяйственных мероприятий по формированию древостоев с древесиной определенного качества, и в составлении региональных сортиментных таблиц.

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается значительным объемом экспериментального материала и согласованностью разноплановых результатов морфометрических, макроструктурных и физико-механических исследований, об-

работанных статистически с применением методов математического анализа. (Заложено 87 постоянных и временных пробных площадей. Отобрано около 3000 «приростных» и 700 «возрастных» кернов, а также около 400 древесных дисков. Выполнено более 240 тыс. замеров ширины годичного радиального прироста и зоны поздних трахеид. Проведено около 1200 определений базисной плотности, и более 500 испытаний на сопротивление древесины при сжатии вдоль волокон и др.)

Работа выполнена в лаборатории экологической биологии Института экологических проблем Севера Архангельского НЦ УрО РАН в рамках госбюджетных тем: 01.95.0.0 04396 «Изучение состояния и биоиндикация загрязнения наземных и водных экосистем устьевой области Северной Двины»; 01.200.1 12255 «Внутривидовая изменчивость хвойных и изучение состояния лесорастительных сообществ в условиях загрязнения атмосферы Северо-Двинского бассейна».

Личный вклад автора. Автором определены цель и задачи исследований, подготовлена программа исследований, выполнены работы по планированию, выбору и обоснованию методов. Сбор полевого материала проведен совместно с сотрудниками лаборатории экологической биологии Института экологических проблем Севера Архангельского НЦ УрО РАН при непосредственном участии и под руководством автора. Автором лично проведен весь комплекс экспериментальных работ по макроструктурным и физико-механическим исследованиям, выполнена математическая обработка, анализ и обобщение полученных результатов.

Апробация работы. Основные результаты исследований доложены на Международных конференциях: «Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков: экология, экономика, культура» (Архангельск, 2000), «Проблемы загрязнения окружающей среды» (Пермь, 2001), «Актуальные проблемы лесного комплекса» (Брянск, 2002), «Возобновление нарушенных природных экосистем» (Донецк, 2002), «Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России» (Пенза, 2002), «Экологическая ботаника: наука, образование, прикладные аспекты» (Сыктывкар, 2002), «Стационарные лесоэкологические исследования: методы, итоги, перспективы» (Сыктывкар, 2003), а также на V и VI Всероссийском популяционном семинаре (Казань, 2001; Н. Тагил, 2002), XI Международном симпозиуме по биоиндикаторам «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга» (Сыктывкар, 2001), Всероссийском совещании «Дендрохронология: достижения и перспективы» (Красноярск, 2003).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего 294 наименования, приложения. Работа изложена на 156 стр. машинописного текста, содержит 41 таблицу и 51 рисунок.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность к.с.-х.н. С.Н. Тарханову за общее руководство, сотрудникам лаборатории экологической биологии ИЭПС УрО РАН и к.б.н. Н.В. Торлоповой за содействие и помощь в сборе и обработке полевого материала. Особая признательность д.т.н. В.И. Мелехову за консультации и оказание всесторонней поддержки при подготовке диссертации, к.б.н. В.И. Каневу за предоставленный фотоматериал.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведено состояние исследуемого вопроса в научной литературе. Считается, что информативными показателями воздействия аэротехногенного загрязнения на лесные фитоценозы являются наблюдаемые признаки деформации ассимилирующего аппарата (Цветков, 1991, 1996; Ярмишко, 1997; Бобкова и др., 1997). Но ни свойства ассимиляционного аппарата, ни экологические факторы в отдельности надёжно не определяют флуктуаций радиального прироста (Москалева, 1976; Шиятов, 1986; Власов, 1996). Имеются значительные публикации, рассматривающие влияние климатических, почвенно-гидрологических условий произрастания и ряда лесоводственных мероприятий на величину радиального прироста (Феклистов, 1977; Артемьев, Милейко, 1977; Тарханов, 1981; Артемьев, Тараканов, 1982; Барзут, 1984; Забуга, 1988; Москалева, Чибисов и др., 1988; Власов, 1996; Ваганов и др., 1999). В ряде публикаций отмечен факт регрессии радиального кольца и как следствия общему увеличению плотности древесины в насаждениях испытывающих длительное техногенное воздействие (Федотов, 1984; Митрухова, 1993). Подобные изменения отмечались как адаптационный инструмент древесных растений к условиям крайнего Севера (Умаров, 1979).

Существуют фундаментальные исследования, раскрывающие механизмы изменчивости физико-механических свойств древесины, как внутри ствола, так и внутри насаждения (Леонтьев, 1953; Полубояринов, 1976; Полубояринов, Фёдоров, 1978; Львов, 1980; Zhichun, Zhangrong, 1988; Effect of several..., 1988). В ряде публикаций освещен вопрос о влиянии типа леса на изменчивость механических

показателей древесины (Мелехов, 1949; Москалева, 1953; Вихров, 1954; Gillwald, 1966; Уголев, 2001). Но, как правило, в существующих научных работах не затрагивается вопрос динамики свойств древесины касательно влияния техногенного прессинга

Для условий Архангельской области и республики Коми опыт проведения подобных исследований почти отсутствует. Требуется детальное изучение изменчивости качества древесины сосны обыкновенной хвойных древостоев Северо-Двинского бассейна в условиях длительного аэротехногенного воздействия.

Во второй главе охарактеризованы условия районов исследований. На основании литературных данных приведено описание геологического строения, рельефа, почвенно-гидрологических условий и климата Архангельской области и республики Коми. В главе приведена характеристика лесного фонда исследуемого региона. Описаны характерные особенности наиболее распространенных растительных ассоциаций. Дана характеристика состояния атмосферного воздуха на территории Северо-Двинского бассейна. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в исследуемом регионе являются крупные предприятия лесопромышленного комплекса и стройиндустрии расположенные вблизи городов Котласа, Сыктывкара и Архангельска, центр атомного судостроения в городе Северодвинске, а так же объекты топливно-энергетического комплекса, включая мощные тепловые электроцентралы (ТЭЦ) и транспорт. Среди атмосферных выбросов предприятий указанных районов преобладают оксид серы, азота и углерода, сероводород, органические соединения серы и неорганическая пыль.

В третьей главе рассмотрены объекты и методика исследований проводимых в период 1999–2003 г.г. на территории: Архангельской промышленной агломерации, и устьевой области р. Северная Двина; Котласского промышленного узла и верховьях р. Северная Двина; Сыктывкарского лесоперерабатывающего комбината и бассейна р. Вычегда. Данные районы приурочены к северной и средней подзонам тайги.

Основными объектами исследований являются насаждения Северо-Двинского региона образованные сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), подверженные хроническому воздействию атмосферных выбросов предприятий Архангельской агломерации Котласского и Сыктывкарского промузлов.

Изучение и оценка воздействия атмосферного загрязнения на физико-механические свойства древесины сосны проводились на

постоянных и временных пробных площадях. Всего было заложено 87 пробных участков, которые располагались в различных условиях аэротехногенной нагрузки. Закладка пробных площадей осуществлялась в соответствии с принятыми в лесоустроительной практике стандартами: ОСТ 56-69-83 и ГОСТ 16128-70. В процессе измерительных работ руководствовались общепринятыми лесоводственно-таксационными методиками (Анучин, 1982; Гусев, 1992).

Для анализа влияния ширины кроны на величину радиального прироста на основании полученных кривых распределения, по каждому типу леса, выделяли классы деревьев сосны с узкой, средней и широкой кроной.

Раскряжёвку моделей проводили согласно ГОСТ 16483.6-71. Изготовление, количество и размер образцов для определения физико-механических свойств древесины и величины радиального прироста соответствует ГОСТ 16483.1-5. Для построения дендрохронологических рядов, у кернов определяли величину радиального прироста и его макроструктуру согласно ГОСТ 16 483.18-72. Количественную характеристику колебаний прироста проводили при помощи коэффициентов синхронности и чувствительности (Fritts, 1976; Шиятов, 1986), и индекса стресса (Арефьев, 1997).

Для определения физико-механических свойств образцы древесины отбирались дифференцированно вдоль (на относительных высотах) и поперек ствола (диск дерева по радиусу делился на три части: ядро, середина и периферия) (Гаузнер, Кивилис, 1972). Условную (базисную) плотность древесины ($\rho_{\text{усл}}$) определяли по способу максимальной влажности образцов древесины, имеющих сравнительно небольшой объём (Древесина..., 1962; Леонтьев, 1970; Полубояринов, 1976). Определение предела прочности древесины при сжатии вдоль волокон проводилось согласно ГОСТ 16483.10-73 и ГОСТ 16483.0-78. Лабораторные эксперименты проведены на базе лаборатории кафедры строительной механики и сопротивления материалов строительного факультета АГТУ на машине класса Р-5 с электромеханическим приводом, позволяющей равномерно нагружать образец со скоростью 2500 ± 500 кгс-мин⁻¹ или 4 мм-мин⁻¹.

В работе использованы данные расчета пространственного загрязнения и компьютерные карты полей рассеивания, выполненные сотрудниками ИЭПС УрО РАН согласно «Методике расчёта концентраций...» (1987, 1988, 1991) с применением унифицированных программ расчета загрязнения атмосферы «ПДВ - Эколог» 3.0 и «Эколог» 3.31.

Все материалы исследований обработаны статистически с применением корреляционного, регрессионного дисперсионного и мно-

гофакторного анализов (Леонтьев, 1966; Свалов, 1977). Так же применён метод непараметрического сравнения выборок при помощи критериев λ и ξ^2 . Выводы расчётов, в большинстве достоверны при 5%-ном уровне значимости (Тюрин, 1961; Битвинскас, 1974). Для сравнения одноимённых показателей использовали критерии: t - Стьюдента и F - Фишера (Дворецкий, 1971; Ефимова, 2000). Вычисления осуществляли с использованием программ *Excel 2000*, *Statgraphics Plus for Windows 2.1*. Оценку внутривидовой изменчивости морфометрических показателей и физико-механических свойств древесины проводили с использованием методики и шкал (Мамаев, 1968, 1972; Методика изучения внутривидовой изменчивости..., 1973).

Четвертая глава посвящена исследованиям динамики роста сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного воздействия.

Продолжительность жизни хвои сосны на площадях, подверженных загрязнению, снижается на 15-30%. Воздействие фитотоксикантов приводит к снижению доли деревьев со здоровой хвоей в районе Сыктывкара на 36-41%, Котласа на 51-56% и Архангельска на 49-53% в сосняках черничных и кустарничково-сфагновых соответственно. Интегральный класс состояния насаждений ухудшился в среднем в сосняках кустарничково-сфагновых с 0.5 до 2.0, в сосняках черничных с 0.6 до 2.3.

Воздействие атмосферных выбросов промышленных предприятий вызывает достоверное снижение радиального прироста, значение коэффициента детерминации превышает 0.70. Максимальное снижение радиального прироста ствола сосны с увеличением градиента загрязнения отмечено в насаждениях Архангельской агломерации до 33% в сосняках черничниках свежих и до 50% в сосняках кустарничково-сфагновых. Выявлено, что экологическая изменчивость радиального прироста повышается с улучшением условий произрастания и по мере удаления от источника эмиссий.

Увеличение уровня техногенной нагрузки приводит к достоверному снижению устойчивости сосновых насаждений. Наибольшая амплитуда колебаний «индекса стресса» отмечена на удалении до 10 км от источника эмиссий в районе Архангельска от -0.41 до 1.08, Котласа от -0.36 до 0.75 и Сыктывкара от -0.71 до 0.66. Анализ дисперсии радиального прироста в фоновых и загрязнённых насаждениях показал достоверность различия на 5- и 1%-ном уровне значимости. Колебания прироста в пределах выделенных районов характеризуются средней (Архангельск, Котлас) и высокой (Сыктывкар) синхронностью. При сопоставлении районов, величина од-

ненаправленных колебаний, обусловленных однотипным действием экологических факторов незначительна (K_c не превышает 0.50). Увеличение градиента загрязнения влечет достоверное увеличение «индекса стресса», максимальное значение которого отмечено в сосняках кустарничково-сфагновых на удалении до 10 км от промышленных предприятий, что свидетельствует о более устойчивом состоянии насаждений фоновых участков.

Деревья с широкой кроной формируют более широкие годовичные кольца на начальном этапе развития, с последующим выравниванием к 50-60 годам, когда в максимальной степени выражаются наследственные особенности растения. К 70-80 годам в рассматриваемых типах леса величина радиального прироста выше у деревьев с узкой кроной (рис. 1). Различия радиального прироста в третьем периоде достоверно при 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт}} = 3.20$ - сосняк черничный свежий и 3.13 - кустарничково-сфагновый).

По результатам многофакторного анализа очевидно достоверное, при 5%-ном уровне значимости, влияние фактора удаленности от источника эмиссий в пределах Архангельска и Котласа. В районе

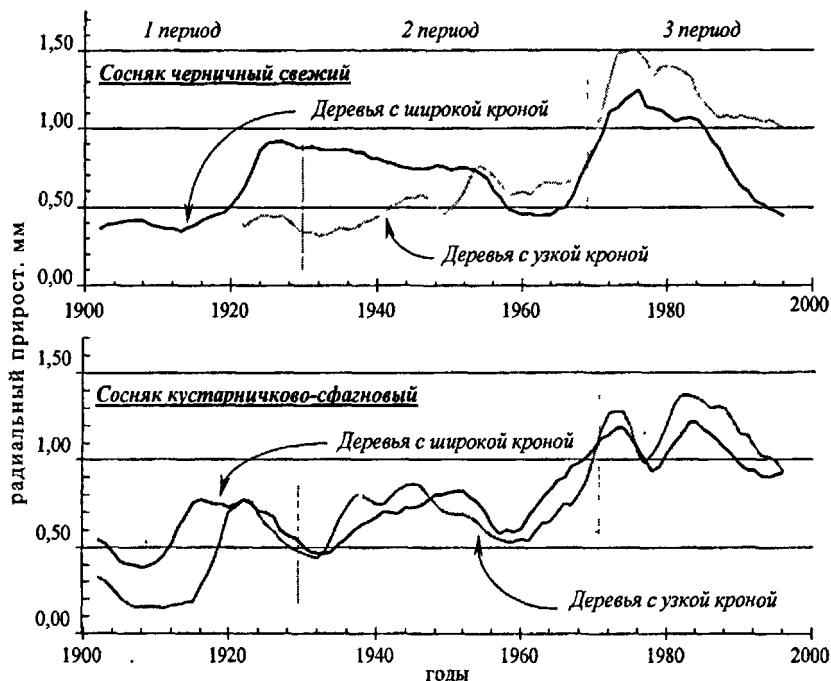


Рис. 1. Динамика радиального прироста деревьев сосны с узкой и широкой кроной по типам леса (Архангельск).

Сыктывкара, возможно, говорить лишь о тенденции снижения радиального прироста.

Со снижением радиального прироста сосны в зоне аэротехногенного загрязнения прослеживаются изменения и в его структуре. По мере удаления от источника эмиссий выявлено снижение процента поздней древесины в годичном кольце, что характеризуется отрицательной корреляцией для сосняков черничников и кустарничково-сфагновых. С сокращением радиального прироста происходит достоверное увеличение доли поздней древесины в годичном кольце. При этом достоверность различия по типам леса незначительна. Отметим тот факт, что при величине радиального прироста менее 0.7 мм доля поздней древесины в годичном кольце у сосны кустарничково-сфагновых древостоев выше, чем в сосняках черничниках, а при ширине годичного кольца более 0.7 мм - наоборот.

В пятой главе рассмотрена динамика плотности древесины сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного воздействия. В хвойных насаждениях, произрастающих в дельте Северной Двины, сосна формирует более плотную древесину относительно районов верховья реки и бассейна р. Вычегда (табл. 1). При общем низком уровне экологической изменчивости базисной плотности отмечено некоторое превышение данного показателя в сосняках кустарничково-сфагновых.

Таблица 1

Базисная плотность ($\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$) древесины сосны обыкновенной

Параметры		Район исследований		
		Архангельск	Котлас	Сыктывкар
Базисная плотность ($M \pm m$)		515.8 $\pm$ 11.8 477.0 $\pm$ 9.8	485.0 $\pm$ 8.4 437.0 $\pm$ 6.1	463.0 $\pm$ 12.6 442.0 $\pm$ 9.6
Вариация плотности		12.26 / 8.25	7.47 / 5.57	11.66 / 8.92
Достоверность различия:	Котлас	2.74 / 3.46	—	—
	Сыктывкар	3.56 / 2.54	1.46 / 0.44	—

Примечание: в числителе — С. кустарничково-сфагновый, в знаменателе — С. черничный свежий. Стандартное значение t_{α} при вероятности 0.95 = 2.00; 0.99 = 2.70; 0.999 = 3.50.

Величина базисной плотности древесины сосны коррелируется с макроструктурными показателями радиального прироста. Теснота связи (r) с величиной радиального прироста и долей поздней дре-

веса достоверно снижается по мере улучшения почвенно-гидрологических условий произрастания и составляет соответственно для сосняков кустарничково-сфагновых -0.524 и 0.749 , для черничников свежих -0.435 и 0.707 . При этом теснота связи рассматриваемых показателей значительней для районов средней тайги.

Среднее значение плотности по типам леса позволяет предположить, что с ухудшением условий произрастания сосна формирует более плотную древесину. Так для сосняков кустарничково-сфагнового типа леса среднее значение условной плотности достигает $515.8 \pm 11.8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, для черничников свежих $477.0 \pm 9.8 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ с достоверным различием между распределением плотности древесины в насаждениях исследуемых типов леса ($\chi^2_{\text{факт}}$ превысил $\chi^2_{0.95}$).

По результатам исследований отмечено достоверное увеличение плотности древесины в направлении от сердцевинки к коре в комлевой и средней (относительные высоты от 0.4 до 0.5) части ствола. Теснота связи характеризуется коэффициентом корреляции в комплексе: плотность древесины - направление в поперечном срезе от сердцевинки к коре в средней части ствола $r = 0.489 \pm 0.085$ и в комлевой $r = 0.421 \pm 0.091$. Более резкое изменение плотности отмечается в комлевой части дерева (рис. 2).

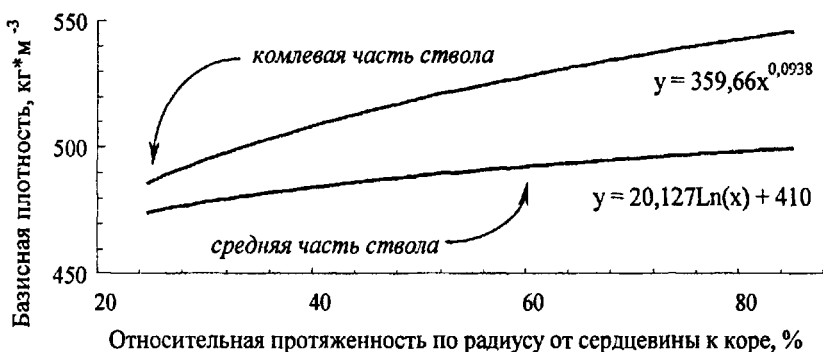


Рис. 2. Изменчивость плотности древесины сосны в поперечном срезе ствола для сосняков кустарничково-сфагновых.

Можно предположить, что более сглаженный характер динамики плотности древесины в средней части дерева объясняется близостью кроны, что в свою очередь так же приводит к общему снижению плотности древесины данной области. Различие в структуре кроны накладывает отпечаток на распределение плотности в поперечном спиле ствола растущего дерева. Плотность древесины сердцевинки и прикамбиальной зоны на высоте груди у деревьев с широ-

кой кроной ниже, чем у деревьев с узкой кроной в изучаемых типах леса. Изменение плотности сосны наиболее резко в околосердцевинной древесине у деревьев с широкой кроной. Вне этой зоны наибольшим градиентом изменения характеризуется древесина деревьев с узкой кроной, при этом наблюдается незначительное снижение плотности в прикамбиальной зоне у деревьев с широкой кроной в сосняках черничных свежих (рис. 3).

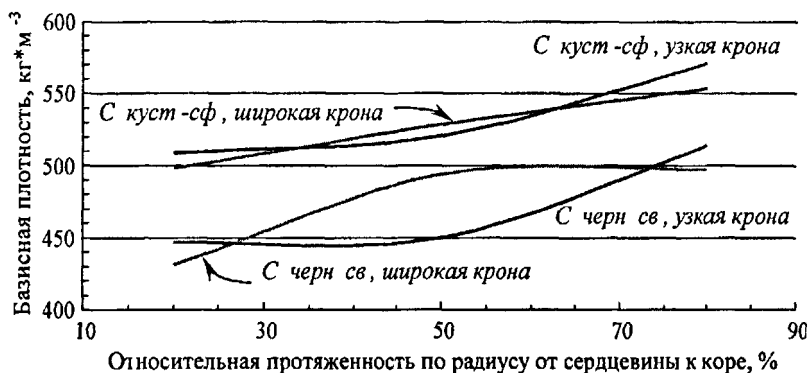


Рис 3 Изменчивость плотности древесины ствола в поперечном направлении у деревьев с различной шириной кроны

Дифференциальная, по расстоянию к промышленным объектам закладка пробных участков позволила определить динамику изменчивости плотности древесины при увеличении уровня техногенной нагрузки (по мере приближения к источнику эмиссий). Коэффициент корреляции достигает -0.672 ± 0.089 в северотаежных сосняках и -0.641 ± 0.132 в средней тайге. Максимальное увеличение плотности древесины отмечено в насаждениях произрастающих на территории Архангельской агломерации и составляет 37.5%.

Значимость влияния атмосферных эмиссий на величину базисной плотности древесины сосны подтверждается результатами многофакторного анализа. К значимым изменениям (при 5%-ном уровне значимости) плотности древесины приводят так же изменения структуры радиального прироста и общей высоты ствола дерева.

Наличие гнилей у фаутных стволов приводит к закономерному снижению плотности древесины. В зависимости от стадии разрушения плотность древесины сосны в сосняках кустарничково-сфагновых снизилась в среднем до $394 \pm 23 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$, в сосняках черничниках свежих до $382 \pm 27 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$. На отдельных образцах параллельно с результатами разрушения древесины отмечены ее просмоление, в ре-

зультате чего плотность отдельных «гнилых» образцов древесины завышена.

У деревьев с низкоопущенной кроной и плохоочищенной от сучьев средней частью ствола отмечено повышение плотности древесины. Значение условной плотности околосучковой древесины достигает величины $720 \pm 29 \text{ кг-м}^{-3}$.

Глава 6 посвящена динамике механических свойств древесины сосны в условиях длительного аэротехногенного воздействия. Исследования механических свойств древесины наряду с определением физических и макроструктурных параметров проводят с целью оценки её качества при постоянно изменяющихся условиях произрастания (Мелехов, 1949; Быков, 1950; Москалева, 1953).

Результаты проведенных нами исследований свидетельствуют о наличии тесной корреляции между макроструктурными показателями радиального прироста и сопротивлением древесины сосны при сжатии вдоль волокон, как наиболее показательным параметром, характеризующим механические свойства древесины. Заметим, что в более плотной и мелкослойной древесине изменения физико-механических параметров древесины вследствие флуктуаций структурных показателей радиального прироста менее ощутимы. При этом изменчивость механических свойств в большей степени определяется интенсивностью радиального прироста, чем долей содержания поздней древесины в годичном кольце. Следует отметить тот факт, что для сосняков Северо-Двинского бассейна теснота связи сопротивления древесины и структурных показателей радиального прироста выше аналогичных показателей для сосны Карелии и Кольского п-ова. Сопротивление древесины, как и базисная плотность, увеличивается с ухудшением условий произрастания (табл. 2).

Таблица 2

Сопротивления древесины сосны при сжатии вдоль волокон, кгс-см⁻²

Район работ	Тип леса	
	черничник	кустарничково-сфагновый
Архангельск	489 ± 10.23	515 ± 9.01
Котлас	467 ± 7.95	479 ± 10.52
Сыктывкар	458 ± 10.96	481 ± 10.88

Увеличение базисной плотности древесины сосны на $60\text{--}100 \text{ кгм}^{-3}$ приводит к значимому росту сопротивления при сжатии вдоль волокон. Подобные результаты, но с более плотной зависимостью рас-

смаатриваемых параметров были получены для сосняков Красноярского и Новосибирского края (Москалева, 1953).

Часто возникает вопрос определения физико-механических свойств древесины растущего дерева по его таксационным параметрам, в частности по диаметру растущего дерева на высоте груди. Показатель зависимости предела сопротивления древесины от диаметра дерева для Северо-Двинского региона характеризуется отрицательной корреляцией (рис. 4). Нами получена отрицательная зависимость прочностных характеристик древесины от высоты отбора образцов для проводимых испытаний ($r = -0.582 \pm 0.094$).

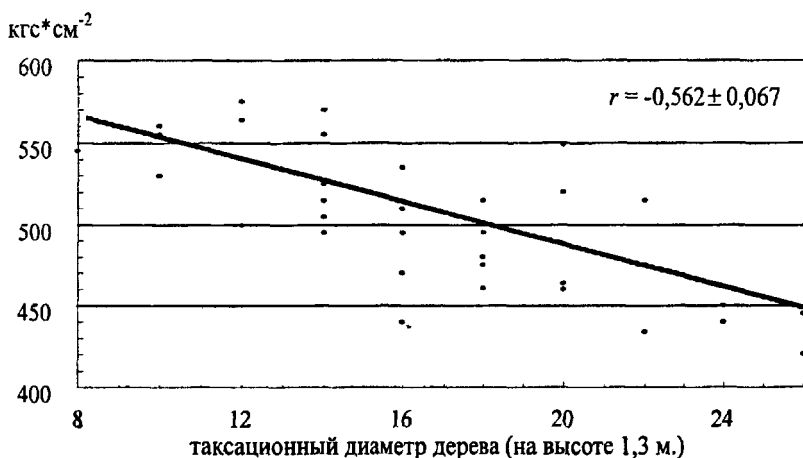


Рис. 4. Зависимость предела сопротивления древесины сосны при сжатии вдоль волокон от таксационного диаметра дерева.

Влияние высоты дерева на сопротивление древесины деловой части ствола осталось статистически не подтвержденным. С увеличением высоты отбора образцов от комля до 0.2Н отмечается увеличение коэффициента вариации (С) предела сопротивления древесины с 4.8 до 21.3%. При дальнейшем увеличении высоты отбора происходит снижение вариации изучаемого признака: 0.3Н - 14.3; 0.5Н - 12.3; -0.7Н - 12.2 и 0.8Н - 3.0%. Проведение однофакторного дисперсионного анализа, подтвердило значимость влияния высоты отбора образцов на предел сопротивления древесины, $t_{факт} > t_{табл} = 6.29$.

Изменения механических характеристик древесины сосны с изменением условий произрастания были отмечены и в ранее опубликованных работах (Молчанов, 1953; Леонтьев, 1953; Иванченков, 1974). В частности, ухудшение водно-физических свойств почвы приводит к увеличению предела сопротивления древесины. При этом,

как и по ранее опубликованным данным, можно судить лишь о тенденции увеличения предела сопротивления древесины сжатию вдоль волокон при ухудшении условий произрастания, так как порог достоверности как наших, так и проводимых ранее исследований не превышает критических значений при 5%-ном уровне вероятности. Отмечена тенденция к увеличению прочностных характеристик по мере сокращения расстояния до источника эмиссий (рис. 5) как в сосняках черничниках, так и кустарничково-сфагновых. Снижение предела сопротивления в районе г. Архангельска максимально и составляет для сосняков кустарничково-сфагновых - 27.4%, для сосняков черничников - 18.9%.

Помимо удаленности участков, степень техногенной нагрузки на насаждения определялась по содержанию Cu , Hg , Pb , Zn ($mg \cdot kg^{-1}$) и S (%) от абсолютно сухой массы) в хвое 1-2 летнего возраста и почве в радиусе 20 км от источника эмиссий в устьевой части р. Северная Двина. Коэффициент корреляции варьирует в пределах от 0.096 (содержание серы) до 0.211 (содержание меди) при рассмотрении химического состава хвои, и от 0.174 (содержание серы) до 0.343 (содержание цинка) в почве. Достоверных выводов о влиянии концентрации того или иного токсиканта в хвое и почве не получено.

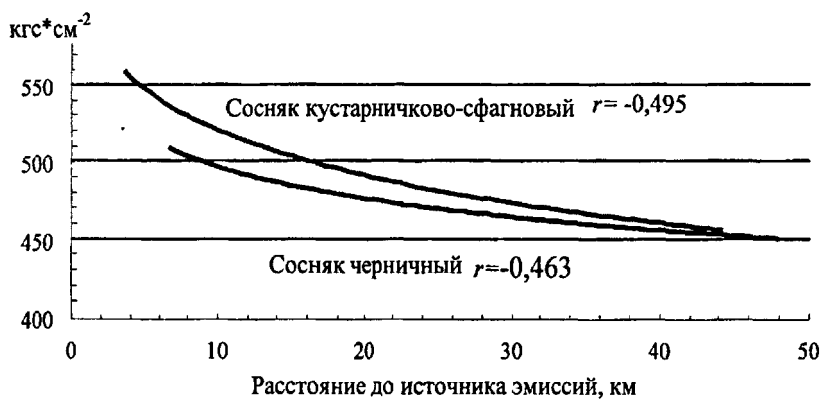


Рис. 5. Зависимость сопротивления древесины при сжатии вдоль волокон от расстояния до источника эмиссий (Архангельск), r – коэффициент корреляции.

По результатам многофакторного анализа по методу греко-латинского квадрата наиболее значимое влияние на прочностные характеристики древесины сосны оказывает величина радиального прироста и базисная плотность. При этом не получено достоверного подтверждения о прямой зависимости сопротивления древесины при сжатии вдоль волокон от уровня аэротехногенной нагрузки.

У образцов, тронутых процессами разрушения, отмечено значительное просмоление, что приводит к завышению не только значения плотности древесины, но и ее прочностных характеристик. Тем не менее, сопоставление образцов здоровой и фаутной древесины позволило выявить снижение предела сопротивления у фаутных деревьев. В сосняках кустарничково-сфагновых произрастающих в районе Архангельской агломерации предел сопротивления в среднем снизился на 30%, в сосняках черничниках - на 25%. Данный вывод о существенности снижения предела сопротивления древесины у фаутных деревьев отличается от результатов Солнцева А.А. (1953), по которым отмеченное снижение прочностных характеристик не достоверно на начальных этапах разрушения древесины.

ВЫВОДЫ

1. Увеличение градиента атмосферного загрязнения приводит к снижению у сосны величины радиального прироста на 30-50% и увеличению его изменчивости на 5-7%. Сокращение прироста сильнее выявлено у деревьев кустарничково-сфагновых фитоценозов по сравнению с черничниками.

2. Близость к источникам выбросов вызвало снижение устойчивости сосновых фитоценозов. Наибольшей амплитудой колебания «индекса стресса» характеризуются насаждения, расположенные на расстоянии до 10 км от источника эмиссий. Полученные дендрохронологические ряды обладают высокой синхронностью в пределах одного района исследований и незначительной при сопоставлении районов между собой.

3. Камбиальная активность у деревьев сосны с широкой кроной в рассматриваемых типах леса выше, чем у деревьев с узкой кроной на начальном этапе развития (первые 20-40 лет) с последующим выравниванием ее к 60-70 годам, что характерно для деревьев различных типов роста. В этот период жизни растения в максимальной степени выражаются его наследственные особенности, реализованные и фиксированные во временном ряду. В последующем, к возрасту спелости, деревья с узкой кроной образуют годовые кольца большей ширины, относительно деревьев с широкой кроной.

4. Сочетание ухудшения почвенно-гидрологических условий произрастания с атмосферным загрязнением приводит к увеличению базисной плотности древесины. В сосняках кустарничково-сфагнового типа леса, произрастающих в пределах 10 км от источника эмиссий, сосна формирует более плотную древесину. Для северной

подзоны тайги в сосняках кустарничково-сфагновых и черничниках свежие среднее значение условной плотности составляет 515.8 ± 11.8 и 477.0 ± 9.8 кг·м⁻³ соответственно.

5. В условиях аэротехногенного загрязнения плотность древесины сосны в стволе увеличивается в радиальном направлении от сердцевины к камбию, с более резким изменением ее в комлевой части дерева. Более сглаженный характер динамики условной плотности в средней по высоте части ствола дерева, возможно, объясняется близким расположением кроны, что в свою очередь приводит к общему снижению плотности древесины. Существуют различия в тенденции изменчивости базисной плотности в поперечном направлении ствола в зависимости от ширины кроны дерева.

6. Несмотря на просмоление ряда исследуемых образцов древесины сосны пораженной патогенными грибами, в целом, базисная плотность фаутной древесины снижается на 20-30%, а прочностные характеристики на 25-35%. Деревья сосны с низкоопушенной кроной и плохоочищенной от сучьев средней частью ствола формируют древесину с более высокими физико-механическими характеристиками.

7. Физико-механические свойства древесины находятся в тесной зависимости от структурных показателей радиального прироста. Теснота связи снижается от районов северной тайги к среднетаежным, с максимумом для насаждений дельты р. Северная Двина и минимумом для участков бассейна р. Вычегда.

8. Воздействие атмосферных выбросов предприятий гг. Архангельска, Котласа и Сыктывкара не приводит к значимому изменению прочностных характеристик древесины. В данном случае можно говорить лишь о тенденции повышения прочностных характеристик древесины сосны в хвойных насаждениях бассейна р. Северная Двина.

9. Наиболее значимым влиянием на изменчивость механических показателей древесины обладают: величина радиального прироста и доля поздних трахеид в годичном кольце, базисная плотность и диаметр дерева на высоте груди, расположение древесных образцов в стволе.

10. Для прогноза качественных характеристик древесины ствола растущего дерева и получения наиболее ценных сортиментов следует использовать значения величины радиального прироста, содержания поздней древесины в годичном кольце, диаметра кроны и таксационного диаметра дерева с учетом зональности распространения фитотоксикантов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Влияние техногенных выбросов на качество древесины пригородных сосновых насаждений // Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков: экология, экономика, культура: Мат. докл. Межд. конф. Архангельск, 2000. С. 274-275.
2. *Щекалёв Р.В.* Влияние атмосферного загрязнения на плотность древесины сосны обыкновенной в районе Архангельской агломерации // Актуальные проблемы биологии и экологии: Мат. VIII молодёж. науч. конф. Сыктывкар, 2001. С. 309-311.
3. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Радиальный прирост сосны обыкновенной как индикатор загрязнения лесных экосистем бассейна Северной Двины // Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга: Тез. докл. XI Межд. симпозиума по биоиндикаторам. Сыктывкар, 2001. С. 212.
4. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н., Прожерина Н.А.* Влияние техногенных выбросов на состояние лесных экосистем Северо-Двинского региона // Популяция, сообщество, эволюция: Мат. V Всерос. популяционного семинара. Часть 1. Казань: ЗАО «Новое издание», 2001. С. 236-238.
5. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Реакция пригородных сосновых фитоценозов на аэротехногенное загрязнение // Проблемы загрязнения окружающей среды: Мат. V Межд. конф. Пермь, 2001, С. 109.
6. *Щекалёв Р.В., Торлопова Н.В.* Оценка устойчивости сосновых насаждений Северо-Двинского региона // Севергеоэкотех-2002: Тез. докл. межрегион. молодёж. науч. конф. Ухта: УГТУ, 2002. С. 142-143.
7. *Щекалёв Р.В., Торлопова Н.В.* Годичный прирост сосны обыкновенной в условиях техногенного прессинга со стороны предприятий Архангельска и Сыктывкара // Актуальные проблемы биологии и экологии: Тез. докл. IX молодёж. науч. конф. Сыктывкар, 2002. С. 182-183.
8. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Динамика радиального прироста ствола у деревьев сосны с различной шириной кроны в дельте Северной Двины // Актуальные проблемы лесного комплекса. Сб. науч. тр. БГИТА. Вып. 5. Брянск, 2002. С. 52-55.
9. *Щекалёв Р.В.* Изменчивость структурных и физических показателей древесины сосны обыкновенной в дельте р. Северная Двина // Экологическая ботаника: наука, образование, прикладные аспекты: Тез. докл. Межд. конф. Сыктывкар: СГУ, 2002. С.

10. *Щекалёв Р.В., Торлопова Н.В.* Влияние аэротехногенного загрязнения на радиальный прирост сосны обыкновенной // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Тез. докл. VI Всерос. популяционного семинара. Нижний Тагил, 2002. С. 206-209.

11. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Изменчивость условной плотности древесины сосны обыкновенной в районе Архангельской агломерации // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Тез. докл. II Межд. науч. конф. Пенза: МНИЦ, 2002. С. 119.

12. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Динамика состояния сосновых древостоев Северо-Двинского региона при аэротехногенном загрязнении // Стационарные лесозокологические исследования: методы, итоги, перспективы: Мат. Межд. конф. Сыктывкар, 2003. С. 151-152.

13. *Щекалёв Р.В., Торлопова Н.В.* Изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения // Актуальные проблемы биологии и экологии: Мат. Десятой молодёж. науч. конф. Сыктывкар, 2003. С. 309-311.

14. *Щекалёв Р.В.* Динамика роста сосны обыкновенной в условиях аэротехногенного загрязнения // Экологические проблемы Севера: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 6. Архангельск: СОЛТИ, 2003. С. 82-89.

15. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н.* Радиальный прирост *Pinus sylvestris* L. бассейна реки Северная Двина // Дендрохронология: достижения и перспективы. Мат. Всерос. совещания. Красноярск, 2003. С. 42-43.

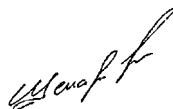
16. *Капиталинин Д.Ю., Клочихин Н.А., Щекалёв Р.В.* Состояние и рост хвойных насаждений устья Северной Двины в условиях длительного аэротехногенного воздействия // Актуальные проблемы биологии и экологии. Мат. XI молодёж. науч. конф. Сыктывкар, 2004. С. 343-345.

17. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н., Прожерина Н.В., Клочихин А.Н.* Продуктивность сосновых древостоев устья Северной Двины в условиях длительного аэротехногенного воздействия // Проблемы физиологии растений Севера. Мат. Межд. конф. Петрозаводск, 2004. С. 212.

18. *Щекалёв Р.В., Тарханов С.Н., Торлопова Н.В., Капиталинин Д.Ю.* Радиальный прирост сосны обыкновенной как индикатор загрязнения лесных экосистем бассейна Северной Двины. ИЭПС Архангельский НЦ УрО РАН. Архангельск, 2004. 22 с. Депонировано в ВИНТИ 23.06.2004. № 1070 - В2004.

19. *Shekalev R.V., Tarhanov S.N.* Reaction of suburban pine phytocenoses to atmospheric emission // Environmental Pollution: Abstracts of the V International Conference. Perm, 2001. P. 100.

20. *Щекалѐв Р.В.* Макроструктурные и объемные показатели древесины сосны. обыкновенной в бассейне реки Северная Двина // Віновлення порушень природних екосистем. Матеріали Першої Міжнар. наукової конф. Донецький ботан. сад НАН України. Донецьк: ТОВ «Лебшъ», 2002. С. 435-437.



ДЛЯ ЗАМЕТОК

РНБ Русский фонд

2005-4

16030

№ 17371

Лицензия
№ 19-32 от 26.11.96 г.
КР 0033 от 03.03.97

Тираж 100

Заказ 28(04)

Информационно-издательская группа
Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН
167982, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28