

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Нижегородская государственная
сельскохозяйственная академия»

На правах рукописи

Захаров Алексей Борисович

Дендроиндикация
загрязненности окружающей среды урбанизированных территорий
на примере искусственных популяций сосны обыкновенной
(*Pinus sylvestris* L.) Балахнинской низменности

03.02.08 – экология

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель: доктор
биологических наук,
профессор В.П. Бессчетнов

Нижний Новгород, 2014

Оглавление

Введение	
Глава 1. Аналитический обзор литературы	9
1.1. Антропогенные воздействия на биосферу	9
1.2. Биолого-экологические особенности сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	12
1.3. Сосна и промышленное загрязнение	20
Глава 2. Анализ природных условий	26
2.1. Природные условия Нижегородской области	26
2.2. Экологические условия Балахнинской низменности	34
Глава 3. Материалы и методы исследования	40
Глава 4. Структура искусственных популяций сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в условиях техногенного загрязнения	49
4.1. Агрохимические и радиационные условия произрастания сосны обыкновенной на объектах исследования	49
4.2. Распределение особей сосны обыкновенной по диаметру ствола	52
4.3. Динамика роста популяций сосны в условиях повышенной антропогенной нагрузки Нижегородского урбанизированного района.	56
Глава 5. Отклонение в морфологии побегов сосны обыкновенной в зонах промышленного загрязнения	66
Глава 6. Депонирование углерода популяциями сосны обыкновенной подверженными воздействию промышленных загрязнений.	82
Глава 7. Характеристика зон антропогенного воздействия на популяции сосны обыкновенной в Балахнинской низменности	88
Выводы	93
Литература	95

Введение

Актуальность. Концентрация токсичных веществ в окружающей среде, образующихся в результате антропогенной деятельности человека, негативно отражается на растительном мире. Загрязнение поллютантами является острой экологической проблемой, особенно в промышленных районах. Воздействие токсикантов приводит к значительному ухудшению состояния, и гибели лесов (Лопаткин, 1998; Рунова, 1999; Прожернина и др., 2000; Коновалов и др., 2001; Полоскова, 2001; Зайцев и др., 2002; Гиниятуллин, 2002; Сметанина, 2002; Глазун и др., 2002; Кистерный, 2002; Воробейчик, 2003; Подколотин, 2004; Рунова и др., 2004, 2005; Кулагин и др., 2005; Ибрагимов и др., 2006; Ковязин, 2008; Паничева, 2009; Крамер и др., 1963; Стебаев и др., 1993). Актуальной задачей дендрэкологии является диагностика состояния древесной растительности, определение изменчивости древесных и кустарниковых видов на фенологическом уровне и поиск простых в исполнении технологий создания устойчивых к загрязнению лесов. Двуокись серы, вырабатываемая в результате эксплуатации электростанций; соединения металлов (например, меди, цинка и свинца) образующиеся в результате деятельности предприятий химической промышленности, негативно влияют на растительные организмы. В небольших концентрациях эти вещества, как и многие другие, встречаются в природе и независимо от человеческой деятельности. Некоторые из них, являются необходимыми для жизнедеятельности растений. Данные Федеральной службы гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Верхнее - Волжского УГМС города Нижний Новгород, свидетельствуют, что в загрязненных районах их концентрация достигает токсичного для растений уровня. Вместе с тем, устойчивость растений к загрязнению окружающей среды не одинакова.

Жизнь человека, общества, существование цивилизации на планете неразрывно связаны с условиями среды. Рост городов - характерная черта XXI века. Города оказывают многообразное воздействие на окружающую

среду. Влияние очагов загрязнения распространяется далеко за их пределы. Миграция загрязняющих веществ канализируется в определенные векторы воздействия – по ветру, по склону, по течению (Сидорович, 1989; Петров, 2000).

Многолетнее антропогенное воздействие на лесные экосистемы снижает их биологическую продуктивность, приводит к потере стабильности и самовосстановительного потенциала. Освоенность и нарушенность лесных экосистем пригородных лесов крупных промышленных городов существенны, поэтому необходимость проведения в них комплекса природоохранных мероприятий, направленных на сохранение биоразнообразия экосистем и выполнение ими средообразующих и средозащитных функций, очевидна (Воробейчик, 2003). Проблемы экологии лесов широко обсуждались на Международной научной конференции «Актуальные проблемы рекреационного лесопользования», (Москва, 2007).

Характер действия загрязнителей в естественных условиях отличается значительной изменчивостью во времени, что затрудняет проведение контроля за степенью загрязнения среды в экосистемах. Как правило, длительное постоянное воздействие выбросов промышленных предприятий приводит к формированию локальных очагов с относительно выраженной дифференциацией степени поражения растительности в зависимости от расстояния от источников, розы ветров, рельефа, условий местопроизрастания, гидрографии и других факторов. Использование ответных реакций древесной растительности на действие загрязнителей позволяет проводить оценку степени поражения популяций. Выбор и первоочередность проведения природоохранных мероприятий определяются на основе полной экологической оценки состояния компонентов природной среды.

Сравнительная оценка особенностей древесных видов в условиях загрязнения и определение различий между отдельными видами необходимы

при создании эффективных защитных лесных популяций в урбанизированных районах.

Цель исследований – Установить методами дендроиндикации характер и степень загрязненности окружающей среды урбанизированных территорий на примере искусственных популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) Балахнинской низменности.

Задачи исследований

- 1) Разработать модель процесса роста искусственных популяций сосны обыкновенной в условиях антропогенной среды.
- 2) Определить зоны техногенного воздействия, исходя из особенностей роста популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях урбанизированной территории Балахнинской низменности.
- 3) Выявить биоиндикационные особенности сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения урбанизированной территории Балахнинской низменности.
- 4) Разработать модель процесса депонирования углерода популяциями сосны обыкновенной в условиях химического загрязнения.
- 5) Оценить реакцию искусственных популяций сосны обыкновенной на негативное воздействие антропогенного фактора на урбанизированной территории Балахнинской низменности.

Научная новизна исследований заключается в следующем:

- впервые для урбанизированной территории Балахнинской низменности в условиях техногенного загрязнения проанализирована динамика роста популяций сосны обыкновенной искусственного происхождения;
- составлена ранее не опубликованная модель реакции популяций сосны обыкновенной на факторы, обусловленные промышленной деятельностью объектов урбанизированной территории Балахнинской низменности;
- определены ранее не обозначенные зоны по интенсивности роста сосны Балахнинской низменности в зависимости от степени антропогенного воздействия;

- на примере полигона твердых промышленных отходов предприятия ОАО «Корунд» выявлена ранее не изученная биоиндикационная особенность сосны обыкновенной, проявившаяся в виде треххвойности в зоне роста побегов и повышении дисперсии морфометрических параметров хвои как реакции на загрязнение окружающей среды;
- предложена математическая модель депонирования углерода популяциями сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения окружающей среды.

Теоретическое и практическое значение работы заключается в следующем:

Полученные результаты исследований дополняют уже существующие данные по дендроиндикации и могут быть использованы для мониторинга загрязненности окружающей среды промышленных городов. Установленные нами зоны по интенсивности роста популяций сосны обыкновенной дают возможность наглядно представить территории распространения загрязняющих веществ по Балахнинской низменности Нижегородской области. Разработанная модель депонирования углерода популяциями сосны обыкновенной в условиях техногенного воздействия может быть также применена при моделировании загрязненности окружающей среды.

На защиту выносятся следующие положения диссертационной работы.

1. Реакции деревьев сосны обыкновенной на воздействие антропогенного фактора, выраженные в снижении показателей их роста, зависят от расстояния до источников загрязнения и могут быть описаны математическими моделями.

2. Существует дифференциация роста деревьев сосны обыкновенной под воздействием лимитирующих факторов, что позволяет зонировать урбанизированную территорию Балахнинской низменности по степени интенсивности воздействия поллютантов.

3. Изменение морфологических признаков хвои в искусственных популяциях сосны обыкновенной под воздействием поллютантов является

эффективным дендроиндикатором состояния окружающей среды на загрязненных территориях Балахнинской низменности.

4. Уменьшение депонирования углерода сосной обыкновенной вследствие снижения прироста древесных стволов по объему древесины на урбанизированной территории Балахнинской низменности, подверженной негативному антропогенному воздействию, может быть адекватно описано с помощью математических моделей и использовано как интегральная характеристика степени напряженности лимитирующих факторов.

5. Морфологические особенности и продолжительность жизни хвои сосны обыкновенной зависят от напряженности факторов загрязнения среды и выступают критериями выделения зон с различным уровнем санитарного состояния лесов на урбанизированной территории Балахнинской низменности.

Апробация. Материалы диссертации представлены и обсуждались на научно-практической конференции посвященной 75-летию НГСХА «Актуальные проблемы лесного хозяйства Нижегородского Поволжья и пути их решения» (Н.Новгород, 2005); в материалах III-го международного Интернет-семинара «Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири» (Томск, 2007); на конференции «Актуальные проблемы лесного комплекса» (Брянск, 2007); в материалах всероссийской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития инновационной деятельности в агропромышленном производстве» (Уфа, 2007); на ежегодной Всероссийской научной конференции учащихся, студентов и молодых ученых «Научное творчество XXI века» (Красноярск, 2009); на международной научно-практической интернет-конференции «Лесное хозяйство-2013. Актуальные проблемы и пути их решения» (Н.Новгород, 2013); в ежегодных научных конференциях НГСХА в период 2005-2013 гг.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в десяти работах общим объемом 29 страниц, в том числе в двух работах в издании,

рекомендованном ВАК РФ («Известия ОГАУ», Оренбург, 2009), и одной монографии.

Объем работы. В ходе проведения научной работы (2005 – 2013 гг.) были детально обследованы популяции сосны обыкновенной искусственного происхождения на территории Балахнинской низменности площадью 100000 га. Заложено 18 учетных площадей общим размером 2,6 га и числом учетных особей 4868. Выполнено 4868 замеров диаметра ствола, 970 замеров высоты деревьев. Изучено 18 модельных особей, при детальном анализе которых выполнено 1676 измерений диаметров поперечных срезов ствола, произведено 3600 замеров длины хвои. Проанализировано 28 почвенных профилей. Проведено 376 химических анализов почв.

Обоснованность и достоверность результатов работы. Обоснованность и достоверность результатов работы обеспечена продолжительным периодом исследований, многократной повторностью опытов, использованием эффективной методики экологических исследований, применением современных методов статистического анализа с использованием ЭВМ.

Личный вклад автора. Личный вклад автора состоит в постановке целей и задач исследований, совершенствовании существующих методик их проведения, сборе первичного материала в процессе полевых и лабораторных исследований, его математической обработке и анализе.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, выводов, списка литературы. Она написана на 94 страницах общего текста, содержит 18 таблиц и 30 рисунков. Список литературы включает в себя 425 наименований, в том числе 45 на иностранных языках и 2 электронных ресурса.

Глава 1. Аналитический обзор литературы

1.1. Антропогенные воздействия на биосферу

Практически с самого начала своего существования человек оказывал значительное влияние на природу. Уже в первобытном обществе экологическое равновесие поддерживалось стихийным путем при перекочевывании сообществ людей после истощения растительных и животных ресурсов на месте прежнего обитания, либо удалением (посредством мест проживания) людей друг от друга на расстояние, достаточное для устойчивого функционирования экологических систем. Первобытные охотники и собиратели не только пользовались биоресурсами природы в готовом виде, но иногда постигали некоторые закономерности, создавая, например, первые антропогенные ландшафты путем земледелия (Ким, 1981).

По А.Н. Тетиору (1992), к антропогенным факторам относят все виды угнетающих природу воздействий, создаваемые техникой и непосредственно человеком. Антропогенные воздействия подразделяют на:

- загрязнения - внесение в среду нехарактерных для нее новых физических, химических или биологических агентов (элементов, соединений, веществ, объектов) или превышение имеющегося естественного уровня этих агентов;
- технические преобразования и разрушения природных систем и ландшафтов - в процессе - добычи природных ресурсов, при сельскохозяйственных работах, строительстве и т. д.;
- истощение природных ресурсов;
- глобальные климатические воздействия;
- эстетические нарушения.

В условиях антропогенных нагрузок для устойчивого функционирования экосистем человек должен сам играть роль компенсаторного регулятора, озеленяя землю в местах вырубленных лесов, очищая воду, воздух и т. д. Появление лесокультурной практики возникло в следствии потери у фитоценоза способности к самовосстановлению.

По Р. Парсону (1969), загрязнения подразделяют в зависимости от типа, источника, последствий и мер контроля на: сточные воды и другие нечистоты, поглощающие кислород; носители инфекции; вещества, представляющие питательную ценность для растений; минералы и неорганические кислоты и соли; твердые стоки; радиоактивные вещества и т. д.

Поступление различных загрязнителей в природную среду может иметь ряд нежелательных последствий: нанесение ущерба растительности и животному миру; нарушение устойчивости природных биогеоценозов; вред для здоровья человека и т. д. Многие из загрязнителей (пестициды, полихлорбифенилы, пластмассы) крайне медленно разлагаются в естественных условиях, а токсичные соединения (ртуть, свинец) вообще не обезвреживаются. Если до 40-х годов XX столетия еще доминировали натуральные продукты (хлопок, шелк, шерсть, мыло, каучук, пища, свободная от добавок и т. п.), то в настоящее время в промышленно развитых странах они заменены синтетическими, которые трудно (или не полностью) разлагаются, загрязняя среду. Это прежде всего синтетические волокна, моющие средства (детергенты, отбеливатели), пища с добавками, минеральные удобрения, синтетический каучук и др. (Миллер, 1993).

Особенно много поллютантов, поступающих в окружающую среду, образуется при сжигания ископаемого топлива. Человек, высвобождая солнечную энергию таким путем, ускоряет круговорот веществ и энергии в природе. Отходы производства и загрязнители атмосферы (оксид углерода, оксиды азота, углеводороды, твердые частицы и др.) нарушают естественный круговорот углерода, способствуя возникновению ряда негативных последствий (парниковый эффект, фотохимический смог и др.).

А.Н. Тетиор (1992) подчеркивает, что из всех антропогенных воздействий именно загрязнения - фактор, наиболее существенно разрушающий природу, приводящий как к необратимому изменению

отдельных экосистем и биосферы в целом, так и к потере материальных ценностей, энергии, труда, затраченного человеком.

Гидрогеологические условия (динамика, химический состав, температура) в городских условиях существенно изменены вследствие откачек водозаборами, дренирования и водопонижения вокруг подземных сооружений (метрополитенов, подземных гаражей, шахт и т. п.); подтопления за счет водопотерь из водонесущих коммуникаций (подтоплено до 70 % городов России); уменьшения областей питания за счет "закрытия" земной поверхности мостовыми, зданиями, другими инженерными объектами; изменения химического состава в результате питания дождевыми и талыми снеговыми водами, "промывающими" свалки, склады, дороги и прочие объекты, поверхностными водами, загрязненными промышленными и бытовыми сбросами и загрязненными дождевыми и талыми снеговыми водами; утечками из городских коммуникаций, а также под воздействием ряда других факторов. Промышленные предприятия за счет нахождения своих отходов в хранилищах, шламохранилищах и накопителях жидких технологических стоков "поставляют" в почву цианиды, арсениды, фенолы, бензолы (Рапотина и др., 2000; Прожернина и др., 2000; Коновалов и др., 2001). Древесные виды активно накапливают вещества и химические элементы, кумулируя их в органах (Гиниятуллин, 2008). Это влечет за собой активизацию ряда процессов, влекущих деградацию всех компонентов природной среды.

По уровню техногенного воздействия в зоне агрессивных производственных предприятий, В.Ф. Цветков (1995, 1996) выделяет следующие зоны по мере удаления от источника загрязнения: техногенные пустоши (III); редколесья (II); ельники и сосняки злаковые (I); коренные ельники и сосняки кустарничково-лишайниковые (0). Б.И. Угрюмов и др., (1994) устанавливают - зону необратимых повреждений популяций (III) – средний балл состояния особей по общепринятой шкале (Мозолевская и др. 1994: Категории состояния, 2000) - 3,5 и выше; зону видимых повреждений

(II), средний балл - 2,5 - 35; зону скрытых повреждений (I), средний балл - 1,5 - 2,5. Как указывают В.П. Шелуха и М.В. Стукалин (1994), под влиянием цементного производства выделяются аналогичные зоны состояния популяций сосны: зона сильного воздействия (III) – средний балл 2,85; зона среднего воздействия (II) – средний балл 2,23; зона слабого воздействия (I) – средний балл 1,14. Е.Л. Воробейчик (2003) указывает на наличие трех уровней загрязнения территории под воздействием медеплавильных производств – фоновое загрязнение, переходного и импактного («люмбрицидная» или лишайниковая пустыня по отсутствию напочвенных лишайников и дождевых червей в сильно поврежденных экосистемах). Аналогичные градации выделяют и В.В.Никонов с Н.В. Лукиной (1994, 1996) и А.К. Ибрагимов и др. (2006), последние - для Нижегородской области.

Таким образом, развитие мегаполисов и сопутствующих им промышленных комплексов определяет необходимость создания человеком искусственной среды жизнеобитания, которая развивается под влиянием техногенеза (Козлов, 1997, Николаевский и др., 2008, Беднова, 2008). Биологизация и экологизация лесного хозяйства позволит более полно мобилизовать биологические ресурсы растений и тем самым повысить их устойчивость.

1.2. Биолого-экологические особенности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

Единого мнения о систематике семейства сосновые (*Pinaceae* Lidl.) и рода сосна (*Pinus* L.), в который входит сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), нет. Таксономическая структура семейства и рода многократно уточнялось (Алехин, 1951; Альбенский, 1959; Правдин, 1964; Колесников, 1974; Орлова, 2001; Miller, 1754; Dahamel, 1755; Loudon, 1838; Link, 1841; Spach, 1842; Endlicher, 1847; Pilger, 1926; Duffeld, 1951; Shaw, 1966; Wrigh et al., 1966; Wright et al., 1967; Wright et al., 1972; Staszkievicz, 1970; Van der Burgh, 1973;). Род состоит из чуть более ста видов (Колесников, 1974; Mirov, 1967; Critchfield & Little, 1969). Общепризнанной является систематика,

представлена в работах W. B. Critchfield & E.L. Little (1969, 1971). Вид сосна обыкновенная был описан К. Линнеем в 1763 г (Linnaeus, 1763). Также известно, что существуют ее многочисленные межвидовые гибриды (Critchfield, 1975).

Эволюционируя, сосна обыкновенная сформировала подвиды, климатические, эдафические экотипы и формы (Алехин, 1935; Правдин, 1964; Мамаев, 1967; Кундзиньш и др., 1972; Журова, 1989; Семериков и др., 1993 а, б; Чернодубов, 1996; Санников и др., 1997; Санников и др., 2002; Падутов и др., 2003 а, б; Крючков, 2004). В нашей стране классификацию вида разработал Л. Ф. Правдин (1964, 1972). Выделено 5 подвидов, имеющих четкую географическую приуроченность: сосна обыкновенная, подвид обыкновенная (*P. sylvestris* L. ssp. *sylvestris* L.), сосна обыкновенная – лапландская, или северная (*P. sylvestris* L. ssp. *lapponica* Fries); с. обыкновенная – сибирская (*P. sylvestris* L. ssp. *sibirica* Ledebur); с. обыкновенная – крючковатая, или кавказская (*P. sylvestris* L. ssp. *hamata* (Steven) Fomin); с. обыкновенная – кулундинская, или южная (*P. sylvestris* L. ssp. *kulundensis* Suk.). Внутри подвидов выделяются климатические и почвенные экотипы (Сукачев, 1905; Аболин, 1915; Алехин, 1951; Правдин, 1964; Ефремов, 1980; Духарев и др., 1983; Абатурова, 1988; Балмаев, 1988). Выдвигается гипотеза о генетической дифференциации болотных и суходольных популяций вследствие длительной изоляции и отбора в различных условиях среды (Санников и др., 1976; Гришина. 1985; Петрова и др., 1986; Санников, 1993). На территории Нижегородской области (Правдин, 1964) естественно произрастает подвид сосна обыкновенная лесная (*Pinus sylvestris* ssp. *sylvestris* L.).

Сосна обыкновенная – вид, имеющий широкий ареал, включающий районы с весьма разнообразными почвенно-климатическими условиями, представленный сплошным и островным распространением. Дико произрастает почти по всей Европе, до 70° северной широты в Норвегии и до 1800 – 2100 м высоты в Альпах. В Европейской части России северная

граница проходит южнее Мурманска – к южной части горла Белого моря, далее к северо-востоку до 60° с. ш. В Сибири, за Уралом, северная граница опускается до города Березова на Оби, а затем за Енисеем поднимается до 70° северной широты; к востоку от Лены и Алдана, по 60-й параллели, выходит к Охотскому морю. Южная граница в Европейской части проходит от южной Волыни на юг Киевской и на север Днепропетровской областей Украины и далее на Саратов, Куйбышев, Магнитогорск; встречается изолированно от северной области распространения в горной части Крыма и на Северном Кавказе; далее через Южный Урал южная граница сосны в Сибири проходит на Кустанай, Семипалатинск в Казахстане, Алтай; далее через северную Монголию и северную Маньчжурию и снова в пределах России, на Дальнем Востоке, от низовьев р. Зеи, по Буреинским горам и р. Амгунь к Татарскому проливу (Алехин, 1951; Колесников, 1974). Современное представление о характере распространения вида по территории Российской Федерации отражено в публикациях последних лет (Парфенова и др., 2004 а, б). В условиях Нижегородской области сосновые леса являются самой распространенной формацией, занимая 1190,2 тыс. га (Куприянов и др., 1994).

Сосна обыкновенная – это светолюбивая нетребовательная к богатству и влажности почв порода; вид мало устойчив (но наиболее устойчив из хвойных) к засолению и карбонатности, предпочитает супесчаные и песчаные почвы (Варминг, 1902; Ткаченко, 1939, 1955; Погребняк, 1955; Котов, 1978; Верзунов и др., 1984; Смирнов, 1984; Маркова, 2000). Повышенная устойчивость к засолению отмечена у наурмызской сосны (Крупенников, 1947). Биопродуктивность сосны зависит от экологических условий, определяемых географической широтой и лесорастительными условиями (Усольцев и др., 2000; Егорушкин, 2003). В пределах вида обнаружены вариации по засухоустойчивости (Бирюкова и др., 1977; Котов и др., 1982), дифференциация обнаруживается уже на стадии проростков (Бирюкова и др., 1977).

Для сосны характерно моноподиальное ветвление, ствол представляет последовательное сочетание главных годовичных побегов, развивающихся из верхушечной почки предыдущего; при замене главного побега боковым, формируется смешанное моно-симподиальное ветвление, с возможной зеркальной изомерией и диссимметрией побегов (Хохрин, 1981). Органогенез сосны обыкновенной подробно описан (Куперман, 1973). Сосна является однодомным раздельнополым растением (Правдин, 1950; Некрасова, 1960; Мамаев, 1972; Черепнин, 1980; Минина и др., 1983; Романовский, 1997). Мужские и женские стробилы преимущественно находятся на разных побегах (Некрасова, 1960; Правдин, 1964; Минина и др., 1979). Расположение в кроне побегов разного типа подчинено определенной ярусности (Некрасова, 1960; Куперман, 1973).

На образование семян влияют погодные условия (Козубов, 1972; Рождественский, 1974). Порода нуждается в фазе холода (с температурой $0^{\circ} - 5^{\circ} \text{C}$) для прерывания периода покоя; нормальный рост побегов происходит после периода холодов продолжительностью около 1000 час. (Лир и др., 1974). Период роста побегов связан с географическим расположением объекта и места его обитания: от полутора до трех месяцев по высоте составляет 60 – 70 см и более (Альбенский, 1959; Матюк, 1959; Медведев, 1969; Медведева, 1973; Лагов и др., 1977; Забуга и др., 1992) и определяется не только продолжительностью роста побегов, но и скоростью роста (Забуга и др., 1992). Начало роста побегов приходится на момент перехода среднесуточных температур через $+4^{\circ} - +5^{\circ} \text{C}$ (Верзунов, 1984); $+4,1 - +5,3^{\circ} \text{C}$ (Макаревский, 1985); $+5 - +7^{\circ} \text{C}$ (Кищенко, 1978); выше $+8^{\circ} \text{C}$ (Вярбила и др., 1981); от $+ 2,6$ до $10,6^{\circ} \text{C}$ (Забуга и др., 1992). Сумма положительных температур воздуха к началу набухания почек по годам практически неизменна и составляет $56-61^{\circ} \text{C}$ (Макаревский, 1985) и $53,3^{\circ} \text{C}$ (Смирнов, 1964). За начало роста принимают момент увеличения почек в три раза по сравнению с их максимальным диаметром (Елагин, 1976; Забуга и др., 1992). Набухание почек начинается, когда верхний горизонт почвы прогревается до

температуры более 1,5-3,6⁰С (Вомперский, 1968; Мамаев и др., 1974б). Требуемая сумма положительных температур для начала роста в высоту, возрастает по мере увеличения континентальности климата в местах ее произрастания (Макарьевский 1985; Вомперский, 1968). Существуют сведения (Ахмеров, 1967; Лир и др., 1974; Кищенко, 1978) о зависимости терминального роста от внешних факторов, особенно климатических, и условий питания в предыдущем году. Темпы годичного прироста варьируют в онтогенезе (Хазова и др., 2004), подвержены влияниям условий среды и эндогенной изменчивости (Мамаев, 1969а; Верзунов, 1982). Наивысшие темпы увеличения объема кроны наблюдается до возраста 50-ти лет (Усанин, 2005). Сроки уменьшения и полного прекращения прироста побегов в высоту совпадают с началом сильного развития хвои (Альбенский, 1959), что связано с расходом влаги; в указанный период физиологи отмечали наличие отрицательного фотосинтетического баланса, сдвиг в положительную сторону наблюдается после наступления фазы расхождения хвоинок (Лир и др., 1974). Присутствие на побеге молодой хвои совпадает с образованием крупных клеток с тонкими оболочками – ранней древесины, а старение хвои ведет к изменению этого процесса – к образованию мелких толстостенных клеток поздней древесины (Лир и др. 1974; Крамер и др., 1983). Окончание роста побегов определяется внутренними регуляторными механизмами (Медведев, 1969; Вярбила и др., 1981; Макаревский, 1985; Забуга и др., 1992; Hoffmann et al., 1968). Корни начинают отрастать позже, чем верхушечные побеги, растут более продолжительный период и неравномерно (Прокушкин, 1981).

Отдельные особи значительно различаются по интенсивности фотосинтеза (Крамер и др., 1983), что обусловлено генетически (Лир и др., 1974). Высока связь с лимитирующими факторами фотосинтетического потенциала и дневной продуктивности сосны в ранневесенний и осенний период (Суворова и др., 2004). Возможна ассимиляция при отрицательных температурах (Лир и др., 1974; Крамер и др., 1983). Потенциал покоя имеет

диагностическое значение (Коловский, 1974).

Запасные питательные вещества синтезируются старой хвоей в начале вегетации; их содержание не постоянно и изменяется в широких пределах в зависимости от расы или степени развития растения; органов и их расположения в растении и условий местообитания (Лир и др., 1974; Крамер и др., 1983).

Хвоя – приоритетная функциональная структура деревьев, характеризующаяся массой, площадью поверхности, линейными размерами, концентрацией пигментов, устьичным сопротивлением (Ермолаева и др., 1998). Для нее характерен высокий полиморфизм (Мамаев, 1969б; Лебков и др., 2004а) и корреляция степени развития с темпами роста растений (Луганская, 1976). Окраска хвои связана с географическим происхождением особи и находится под высокой степенью генетического контроля (Кириенко, 1972; Правдин, 1972; Райт, 1978). Содержание пигментов в хвое связано с репродуктивной деятельностью (Олыкяйнен и др., 1967); сезонная изменчивость окраски имеет наследственный характер и отражает адаптацию к окружающим условиям (Правдин, 1972). Из морфометрических показателей хвои наиболее стабильна длина (Мамаев, 1969а; Чернодубов, 1996; Ткаченко, 2000). Вместе с тем отмечается значительный уровень изменчивости линейных параметров хвои в популяции под действием экологических факторов (Шульга, 1970). Изменение длины хвои в зависимости от географической широты неоднозначно (Пугач и др., 1975; Царев и др., 2003). Размер хвои – косвенный показатель энергии роста (Бреусова и др., 1970). Длина и форма хвои коррелируют с темпами роста (Альбенский, 1959; Мольченко, 1982). Масса хвои варьирует значительно (Ткаченко, 2000; Лебков и др. 2004а). Отмечена высокая степень наследуемости различий по массе сухой летней хвои (Райт, 1978). Содержание макроэлементов в хвое изменяется по ярусам кроны и в течение вегетационного периода (Кищенко, 2000; Терехова и др., 2002). Вододерживающая способность обусловлена генетически (Шейкина, 2004),

определяет устойчивость клеток к обезвоживанию; максимальная оводненность в конце июля – августе; в сухих местах обитания этот показатель ниже (Верзунов, 1984). Ксероморфность хвои зависит от степени засухоустойчивости деревьев; признаком влагообеспеченности является длина хвои (Котов и др., 1982; Хазова, 2005). Продолжительность жизни хвои изменчива, может достигать 5 – 7 лет (Шульга, 1970; Правдин, 1972; Евдокимов, 2003).

При описании формы кроны большинство авторов (Правдин, 1964; Царев и др., 2003) отмечают высокий полиморфизм вида. Форму кроны определяет угол крепления ветвей к стволу, длина и толщина сучьев, число побегов в мутовке. Ориентация боковых ветвей кроны определяется экологическими условиями и генотипически обусловлена (Правдин, 1964; Мамаев, 1972; Минина, 1973; Zimmermann et al., 1971). Отмечается наличие у сосны трех основных форм: узкокронные, обычные и ширококронные (Вересин, 1963; Савченко и др., 1972; Царев и др., 2003;), другие выделяют овальную, узкую, конусовидную (Кундзиньш и др., 1972; Якимов и др., 2003), узкопирамидальную и плакучую (Третьякова, 1998) формы кроны. Л.Ф. Правдиным (1964) выделена на основании этого признака 31 форма.

Темпы роста сосны зависят от географического происхождения (Полубояринов и др., 1978; Ткаченко, 2000; Савва и др., 2002; Ефименко и др., 2004; Хазова, 2004; Хазова и др., 2004). Определение границы между поздней и ранней древесиной у хвойных затруднено (Ефименко и др., 2004). В пределах дерева ширина поздней древесины остается неизменной в онтогенезе, ритмы её формирования зависят от географии и имеют наследственную обусловленность (Романовский, 1983; Семериков и др., 1993б; Савва и др., 2002; Ефименко и др., 2004; Хазова, 2004; Хазова и др., 2004). Установлена индивидуальная изменчивость сосны по формированию ширины годовичных слоев древесины (Романовский, 1983; Тарасова и др., 2004). В связи со специфическим использованием отдельными деревьями метеорологических оптимумов прироста, отдельные деревья имеют не один,

а два оптимума роста - такие деревья отличаются пониженной изменчивостью ширины годичных слоев (Романовский, 1983). Чувствительность к внешним факторам изменения ширины поздней древесины, ее плотности, максимальной плотности и доли поздней древесины уменьшается с возрастанием широты места происхождения климатипов; параметры годичных колец поздней древесины более чувствительны к изменению климатических условий по сравнению с ранней (Савва и др., 2001), зависят от возраста, особенностей кроны, но в целом весьма стабильны (Щекалев, 2005). По качеству древесины Л.Ф. Правдин (1964) выделил 3 формы. Многие свойства древесины: объемная масса, прочность волокон и некоторые другие характеристики находятся под генетическим контролем и зависят от экологических условий (Технеряднов, 1971).

Отмечен полиморфизм и параллелизм строения коры и корреляция с ростом в высоту и по диаметру (Вересин, 1963; Коновалов и др., 1967; Савченко и др., 1972; Пугач, 1970), прослеживается явление гомологической изменчивости по признаку «высота поднятия грубой корки» (Кириенко, 1972).

Применение сосны обыкновенной широко и разнообразно. Сосна незаменимая главная порода при создании искусственных популяций в форме плантаций общего и целевого назначения (Вересин, 1967; Казимиров и др., 1975; Преображенский и др., 1975; Родин, 1975; Тимофеев, 1975; Чертовской и др., 1975; Суворов, 1976; Писаренко, 1977; Фрейберг и др., 1976; Ханбеков и др., 1980; Вакулюк, 1982; Бирюкова и др., 1984; Редько и др., 1994; Чернов 1998; 2002; Перов, 2002, 2004; Романов и др., 2004; Сунгурова, 2004; Нерушин, 2005).

Обладая хорошими водоохранными свойствами, способная препятствовать эрозионным процессам в очень жестких условиях, сосна занимает одно из первых мест в защитном лесоразведении (Огиевский и др., 1949; Ахромейко, 1950; Гаель, 1952; Вересин, 1967; Альбенский, 1971, 1977;

Никитин и др., 1976; Воробьев, 1977; Озолин и др. 1978; Райт, 1978; Васильев, 1980; Черепанов, 1981; Нипа, 1983; Косоуров, 1986; Дударев, 1991; Кашуба, 1999; Казаков, 2000; Мухаметшин и др., 2000; Крючков и др., 2002; Шульга, 2002; Жуковская, 2004; Зверев, 2004; Манаенков, 2004; Маштаков и др., 2004; Трещевская и др., 2004). В России и за рубежом сосна входит в ассортимент декоративных деревьев, обладая высокими декоративными свойствами и санитарно-гигиеническими способностями (Колесников, 1974; Кулагин, 1974; Гетко и др., 1978; Райт, 1978; Григорьев и др., 1982; Вайс и др., 2003; Коровин, 2003; Набатов и др., 2003).

1.3. Сосна и промышленное загрязнение

Общеизвестно, что сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) является видом, реагирующим на загрязнение среды обитания продуктами техногенеза (Паничева, 2009; Ковязин, 2008; Лопаткин, 1998; Рунова, 1999; Полоскова, 2001; Зайцев и др., 2002; Гиниятуллин, 2002; Сметанина, 2002; Глазун и др., 2002; Кистерный, 2002; Подколотин, 2004; Рунова и др., 2004; 2005; Мартынюк, 2009). Большинство специалистов считают, что на ухудшение роста популяций влияет комплекс факторов, но решающим фактором, обуславливающим крупномасштабное ухудшение состояния лесов и их усыхание, является загрязнение (Mc Laughlin, 1985; Ulrich, 1984; Wentzel, 1985). Условия произрастания популяций сосны в окрестностях урбанизированных территорий резко отличаются от условий с низкой антропогенной нагрузкой и сказываются на самых разных сторонах жизнедеятельности растений. Они определяются двумя основными группами факторов. К первой относятся факторы природного происхождения (климат, ландшафт и т.п.), мало меняющиеся во времени. Вторую группу составляют сильно варьирующие факторы техногенного происхождения. Ведущим фактором первой группы является качество почв, второй группы - загрязнение окружающей среды, в том числе и основной депонирующей среды - почвы (Фролов, 1998).

Сосна обыкновенная как фитоиндикатор широко распространена на всей территории Нижегородской области, произрастает как на сухих песках, так и в условиях избыточной влажности. В связи с этим этот вид представляет собой удобный объект для биоиндикации уровня загрязнения в любом районе Нижегородской области.

Реакции *Pinus sylvestris* L. на наличие загрязняющих веществ в воздухе и почве специфичны и отражают общий уровень загрязнения среды химическими веществами различной природы. Для оценки химической нагрузки на сосну обыкновенную используют разные ее признаки (характеристики), см. Табл. 1. Самым распространенным и наиболее простым в исполнении является морфологический подход (Захаров, 2000).

Табл.1

Исследования сосны обыкновенной подверженной антропогенным факторам

Биоиндикационный признак	Авторы	Полученные результаты
Годовой прирост основного побега	Аугустайтис, 1987; Рябинин, 1962; Алексеев, 1990; Шебалова и др., 2005 Трунов, 1973, 2001, 2002;	линейный прирост уменьшается с повышением уровня концентрации химических веществ в атмосфере и почве.
Радиальный прирост древесного ствола	Рябинин, 1962; Алексеев, 1990; Шебалова и др., 2005 Трунов, 1973, 2001, 2002;	радиальный прирост уменьшается с повышением уровня концентрации химических веществ в атмосфере и почве.
Морфологические изменения хвои	Рябинин, 1962; Алексеев, 1990;	увеличение числа хвоинок на побеге с повышением уровня концентрации химических веществ в атмосфере.
Фенологические изменения хвои	Селянкина и др., 1972; Алексеев, 1990; Паничева, 2009; Николаевский, 1964; Приступа и др., 1987;	изменение окраски (хлороз, пожелтение), преждевременное увядание хвои и дефолиация, время жизни хвои у сосны вместо 5-ти лет всего 1-2 года, наличие некротических пятен.

В подверженных промышленным, радиационным выбросам и высоким рекреационным нагрузкам районах, отрицательному воздействию

подвергаются вегетативная, генеративная сферы и физиологические процессы (Подзорнов, 1965, 1966; Шкарлет, 1972; Ханбеков и др., 1980; Баталов и др., 1981; Десслер, 1981; Болтнева и др., 1982; Григорьев и др., 1982; Бабушкина и др., 1993; Баженов и др., 1994; Степанчик и др., 1997; Фуксман и др., 1997; Глазун, 1998; Лопаткин, 1998; Кайбияйнен и др., 1998 а, б; Тужилкина и др., 1998; Осколков, 1999; Рунова, 1999; Прыгов и др., 2000; Полоскова, 2001; Зайцев и др., 2001; 2002; 2005; Гиниятуллин, 2002; Сметанина, 2002; Глазун и др., 2002; Кистерный, 2002; Самошкин и др., 2003; Рунова и др., 2004; Подколотин, 2004; Пшеничникова и др., 2004; Третьякова и др., 2004; Барановский, 2005; Houston et al., 1977; Шяпятаене, 1987; Алексеев, 1990; Крючков, 1991, Мауринь, 1986, Слепая, 1986; Шиятов, 1973; Ловелиус, 1979; Горчаковский и др., 1985; Кок и др., 1990; Арефьев, 1997, 2001 и др., Коровин, 2003; Юкнис, 1986); кроме того, сами фитоценозы влияют на уровень радиации (Булко и др., 2003; Ипатьев, 2003). Известно, что под действием негативных факторов доля изменчивости признаков, обусловленная генетическими причинами, снижается, однако возрастает роль внешних условий. К примеру, снижение размеров женских шишек у ряда хвойных под воздействием неблагоприятных факторов отмечается многими исследователями (Подзорнов, 1965; Селянкина и др., 1972; Ставрова, 1990; и др.). Очевидно, ослабленные деревья не могут удовлетворительно обеспечивать снабжение питательными веществами почек с зачатками макростробилов, что и приводит к уменьшению их размеров. Кроме этого, есть данные о подавлении прорастания пыльцы хвойных растений и нарушениях роста пыльцевых трубок под действием промышленных выбросов (Федотов и др., 1983; Третьякова и др., 2004; Паничева, 2009). Отмечается также снижение общего количества пыльцы. В зависимости от степени негативного влияния меняется и сохранность семян. В исследованиях, посвященных этому вопросу, показано значительное увеличение гибели семян по мере роста техногенного загрязнения среды (Аникеев, 2000; Паничева, 2009). Радиальный прирост является одним из

самых чувствительных к загрязнению среды лесотаксационных показателей. В различных литературных источниках в качестве индикационных признаков рекомендуется использовать величину годового прироста основного побега, длину хвои, размеры генеративных органов (Селянкина и др., 1972; Поповичев, 1980). Годичный радиальный прирост деревьев имеет перед другими биологическими показателями то преимущество, что он дает возможность получения достаточно длинных рядов данных на основе ретроспективного анализа годичных колец древесины. В годичных кольцах зафиксирована разносторонняя информация о природной среде и ее изменениях (Антанайтис и др., 1987). Снижение интенсивности роста побегов после завершения их прироста, по мнению Кищенко И.Т. и др. (1981), связано с истощением запасов питательных веществ, используемых в процессе деятельности эпикальной меристемы, в результате чего даже благоприятные метеорологические условия не приводят к усилению интенсивности деления клеток камбия. В ряде работ (Павлов, 2006, Ловелиус, 1979) показано, что в районах сильного техногенного загрязнения обычно наблюдается снижение радиального прироста при увеличении доли поздней древесины в годичных слоях. Рост побегов прекращается в разных условиях местопроизрастания примерно одинаково (Русаленко, 1986), рост верхушечных и боковых побегов сосны по данным Харитоновича Ф.Н. (1961) и Смирнова В.В. (1964), заканчивается в разное время, а рост хвои начинается при достижении определенной величины побега, зависящей от условий местопроизрастания (Русаленко, 1986). С повышением уровня загрязнения побеги в начале сезона растут интенсивнее, но продолжительность этого интенсивного роста значительно короче.

Возраст также выступает фактором влияния на строение древостоя, таксационные и др. показатели (Придня, 1974; Попова, 2002); наибольшая степень дифференциации естественных сосняков происходит в стадии молодых генеративных растений (Рыбак, 2004). Густота, категории лесных площадей и состав фитоценозов определяют формирование древостоев и их

устойчивость к негативным факторам (Ткаченко, 1955; Тимофеев, 1965; Калиниченко и др., 1991; Демаков и др., 1997; 2004б; Калинин и др., 1997; Попов и др., 1997; Мальщук, 2003; Краснобаева и др., 2004; Перов, 2004). Толщина стенок трахеид, процент поздней древесины, удельное содержание гемицеллюлозы обуславливают устойчивость к корневой гниле (Ладейщикова и др., 1975). В климаксовом сообществе деревья значительно различаются, проведение дендроиндикации климатических изменений затруднено влиянием на показатели ширины годичных колец ценотических, биотических и антропогенных факторов (Демаков и др., 2004а).

Биопродуктивность древесных видов неразрывно связана с загрязнением окружающей среды, а следовательно - уровнем депонированного углерода. Антропогенное воздействие вносит нарастающую амплитуду, воздействуя на природные элементы, на уровень глобального баланса углерода, начиная с середины XIX столетия. Человечество, за счет усиления парникового эффекта, неизбежно изменит климатическую обстановку на планете, в следствие этого могут поменяться условия жизни в худшую сторону (Бурков и др., 2008). Леса являются огромным «резервуаром углерода», играют положительную роль в формировании углеродного баланса и выполняют функцию буфера в ходе продолжающегося изменения климата. Сохранение и разведение лесов стало рассматриваться как способ связывания (депонирования) атмосферного углерода, позволяющий хотя бы отчасти сбалансировать мощные выбросы углекислого газа в атмосферу при сжигании природного топлива. Особая роль в углеродном балансе выделена лесам России (Исаев и др. 2004). В ряде работ (Филиппчук и др., 2004) леса России были названы значительным стоком углекислого газа, даже с учетом всех потерь при рубках и пожарах. Вывод о значительном поглощении углерода лесами России согласуется и с работами ФАО (UN-ECE/FAO, 2000) и IIASA (IIASA, 2000; Shvidenko et. al., 1996). Суммарные объемы депонирования углерода лесами России оцениваются в 261,64 миллиона тонн в год, что эквивалентно 959 млн. тонн

углекислого газа CO_2 (Исаев и др. 1995; Мартынов и др., 1998; Бурков и др., 2008). При фотосинтезе растения поглощают двуокись углерода из атмосферы и воду из почвы. Из двуокиси углерода и водорода, освобождаемого при расщеплении воды под действием света (фотолиз воды), синтезируется глюкоза, из которой в процессах биосинтеза строятся другие органические соединения. Следовательно, через продуктивность популяций и изменения биометрических показателей можно определять среднее депонирование углерода древостоем, произрастающим в разных условиях. Депонированный углерод в древесине является наиболее устойчивой формой в лесных экосистемах средних широт, так как фитомасса древесных растений, в связи с особенностями видов, непостоянна в отличие от древесного ствола, который на протяжении всей жизни дерева «консервирует» углерод на десятилетия. Депонирование углерода популяциями сосны обыкновенной искусственного происхождения, изучались рядом ученых (Коновалов, 2006; Бабич, 2007, 2007а, 2008; Петренко, 2002). Предложены методы определения биологической продуктивности (Усольцев, 2005). Путем совмещения экспериментальных данных о фитомассе и первичной продукции сосновых лесов (Усольцев, 2005а), были проанализированы закономерности депонирования углерода. Также описаны современные методы определения фитомассы основных компонентов фитоценоза и его первичной продукции (Усольцев, 2007).

Депонирование углерода лесами тесно связано с видовым составом фитоценозов. Изучать закономерности роста деревьев в популяции по таксационным показателям в чистых одновозрастных популяциях начали еще в конце XIX столетия. Это нашло отражение в трудах ряда зарубежных ученых Вейзе, (1880), Вимменауер, (1890), Гуттенберг, (1896), Феккете, (1902), Шиффель, (1903). Данную идею развивали также и ученые-таксаторы (Орлов, 1929; Третьяков, 1927; Тюрин и др., 1956; Анучин, 1960; Горский, 1962; Дворецкий, 1957; Никитин, 1966; Захаров, 1955; Воропанов, 1961; Левин, 1960; Рубцов, 1964; Шанин, 1962).

Анализ литературных источников по влиянию загрязнения окружающей среды на сосну обыкновенную в полной мере показывает особенности её роста. Сосна является надежным индикатором загрязненности окружающей среды, это проявляется в изменениях окраски хвои (в том числе хлороз), точечных и апикальных некрозах хвои, уменьшении продолжительности жизни хвои, увеличении числа хвоинок на побеге, изменении размеров отдельных органов, изреживании кроны, снижении линейного прироста оси ствола и ветвей, нарушении распределения фитомассы хвои по высоте кроны. Несмотря на широкое освещение многих аспектов экологического состояния в урбанизированных районах, по Нижегородской области число публикаций ограничено. Поэтому изучение состояний и реакций популяций сосны обыкновенной особенно актуально.

Глава 2. Анализ природных условий

2.1. Природные условия Нижегородской области

Проблема взаимодействия организма со средой обитания – предмет пристального изучения специалистов в области экологии и лесного хозяйства. Именно она определяет успех реализации каждым организмом в отдельности и ассоциациями особей любого вида своих жизненных стратегий (Ткаченко, 1939; Сукачев, 1972 а, б, в; Вили и др., 1974; Одум, 1975; Воробьев и др., 1984; Бигон и др., 1989).

Территория Нижегородской области в меридиональном направлении вытянута более чем на 400 км, достигая на севере 58°06' с. ш., на юге 54°27' с. ш.; протяженность с запада на восток достигает почти 300 км от 41°48' в. д. до 47°46' (Харитонычев, 1974). В классической работе В.В.Докучаева (1899) на территории Нижегородского Поволжья были выделены практически все основные природные зоны, характерные для Евразии. Здесь впервые в науке было сформулировано учение о природной зональности (Природа Горьковской обл., 1974; Ибрагимов и др., 1998; 2003; Баканина, 2001; Фридман, 2001). В результате на территории области были выделены зоны –

юной тайги, смешанных и широколиственных лесов, лесостепи (Полуяхтов, 1974; Нижегородская область, 1993; Ибрагимов и др., 1998; 2003). Территория района исследований непосредственно связана с зонами смешанных и широколиственных лесов на контакте с лесосепью (Нижегородская область, 1993). По лесорастительному районированию (Курнаев, 1973) она лежит в двух зонах: смешанных и лиственных лесов (северная подзона монодоминантных лесов). Зона смешанных лесов представлена двумя подзонами: северной - с преобладанием хвойных и южной - с одинаковым развитием хвойных и лиственных пород. Район исследования расположен в Евразийской области лесов умеренного пояса, в Скандинавско-Русской провинции. В пределах территории области выделено три округа: Русской равнины северной подзоны смешанных лесов, южной подзоны смешанных лесов средней части Русской равнины и Центральный округ зоны широколиственных лесов. Каждый из округов имеет широкий спектр типов леса с достаточным разнообразием древесных видов. В округе Русской равнины северной подзоны смешанных лесов сосна обыкновенная широко распространена на обедненных супесях, подстилаемых песками; на бедных песках представлены чистые сосняки бореального типа; на богатых супесях или песках встречаются неморальные сосняки с примесью липы и елово-сосновые леса бореального типа. В округе южной подзоны смешанных лесов средней части Русской равнины произрастают бореальные сосняки с елью на бедных супесях; чистые бореальные сосняки на бедных песках. В центральном округе зоны широколиственных лесов сосновые леса заходят по речным песчаным террасам: чистые сосняки – по бедным пескам или сосняки с липой; реже встречаются сосняки с елью.

Для районирования административной области целесообразно выделение и самой мелкой таксономической единицы – района, где ведущую роль играют почвенные условия (Куприянов и др., 1995). В соответствии с геоботаническим районированием В.В. Алехина (1935), вся территория

области разделена на две зоны: лесную и степную. В пределах зон выделены подзоны, подзоны второго порядка, а в них районы и подрайоны.

Д.С. Аверкиев (1954) делит область на два крупных района: темно-хвойных лесов, занимающий часть области к северу от Волги и к западу от Оки, и лесостепной – остальной части территории, занятой дубравами и степными формациями. В районе темнохвойных лесов распространены еловые, елово-пихтовые леса и сосновые боры. Район разделен на 6 подрайонов: Ветлужско-Устанский, Керженецко-Людновский, Уренско-Шахунский, Приветлужский елово-пихтовый Чкаловско-Семеновский и Балахнинско-Сейминский, в котором расположена Балахнинская низменность, где проводились исследования.

Скандинавско-Русская провинция, в которой располагается Нижегородская область, находится под преобладающим влиянием воздушных масс Атлантики, в то же время испытывает сильное влияние континентальных воздушных масс, поэтому отличается переходным типом климата от морского к континентальному (Курнаев, 1973). Климат области влажный с умеренно теплым и теплым летом, умеренно суровой и снежной зимой (Справочник по климату СССР, 1964, 1968). Циклоническая деятельность преобладает в течение большей части года. Перемещение циклонов с запада на восток оказывает наибольшее влияние на погоду весны. Обмен воздушными массами между севером и югом обуславливает периоды наиболее интенсивного таяния снега и типичные для весны возвраты холодов. В мае – июле на территории области преобладают ветры северо-западного направления, в остальное время – южные и юго-западные. Повторяемость слабых ветров (0 – 5 м/сек) составляет 70 – 85%.

Переход среднесуточных температур через 0⁰С в южных районах происходит в начале апреля, на остальной территории – в конце его первой декады. Вегетационный период начинается с середины апреля, со сдвигом в северных районах на 5-10 дней. Возвраты холодов часто возможны до второй-третьей декады мая, иногда интенсивные (до 5 – 6⁰С мороза, с

выпадением снега) и продолжительные, в северных районах при пониженных формах рельефа в 25 % лет возможны заморозки в первой декаде июня, в то время когда среднесуточная температура держится на довольно высоком уровне (около 10°C). Вышеизложенные факторы могут негативно сказаться на прохождении процессов микро - и макроспорогенеза сосны обыкновенной и, как следствие, на формировании семян. Средняя продолжительность лета - 125 – 130 дней, на юге - до 140, что вполне оптимально для вегетации сосны обыкновенной. Наиболее теплую часть этого сезона определяет период со среднесуточной температурой выше 15° , в годы с холодным летом (вероятность 5%) он может сокращаться до 60 дней. Наиболее теплый месяц – июль со среднемесячными температурами воздуха от 17°C до 19°C . Летом преобладает ясная погода. При длительном сохранении антициклонального режима температура воздуха достигает $38 - 39^{\circ}\text{C}$, и усиление ветров южных направлений может вызывать засуху. Данные особенности климата не являются лимитирующими факторами для роста и устойчивости сосны обыкновенной. Со среднесуточной температурой выше 20°C в этом районе бывает 4 – 5 дней за месяц. В отдельные годы возможен устойчивый переход среднесуточных температур через 20°C . Сумма положительных температур за летний период - до 2200 – 2300 $^{\circ}\text{C}$. Распределение температуры почвы повторяет распределение температуры воздуха. Средняя температура верхнего слоя почвы бывает на 2 – 3 $^{\circ}$ выше, наибольший прогрев верхнего слоя почвы, оголенного от растительного покрова, в солнечные дни возможен до 55 – 60 $^{\circ}\text{C}$.

Осенью среднесуточные температуры воздуха переходят через 10°C в первую (на севере) и во вторую декаду сентября, а через 15 – 20 дней наступает период с температурами ниже 5°C . Первые заморозки в воздухе возможны в конце августа, наиболее часто они повторяются во второй и третьей декаде сентября. К этому моменту происходит одревеснение побегов сосны обыкновенной, и указанное погодное явление не может оказать отрицательного воздействия на годовые приросты. На поверхности почвы

заморозки наступают на 10 – 12 дней раньше. В октябре начинается промерзание верхнего слоя почвы, на севере к концу месяца промерзает 10-12 сантиметровый слой. В отдельные аномально холодные годы, может промерзнуть слой почвы до 20 см. Окончанием осеннего периода условно можно считать переход среднесуточных температур к отрицательным, что, по среднемноголетним данным, происходит в последних числах октября. Переходу к зиме предшествует предзимье – период с частой сменой морозных дней оттепелями и неоднократным сходом снежного покрова. В это время усиливается циклоническая деятельность, дни с циклоническим полем составляют до 60% от общего числа дней зимнего сезона.

С переходом среднесуточных температур к -10°C наступают типично зимние условия, охватывающие полностью декабрь, январь и февраль. Самый холодный период зимы январь – февраль. Среднемесячная температура января понижается сравнительно равномерно в направлении с юго-запада на северо-восток от -11°C до -15°C . Отмечаются продолжительные (4 – 5 дней) довольно частые оттепели, которые не приводят к выходу почек из состояния покоя и, следовательно, не представляют для вида опасности. Глубина промерзания почвы - 80 – 90 см, в исключительно холодные малоснежные зимы - до 2 м. Средняя температура пахотного слоя в лесу составляет от -2 до -1°C .

Климат Нижегородской области относится к зоне неустойчивого увлажнения, испарение нередко превышает количество выпадающих осадков. Сосна обыкновенная, являясь весьма засухоустойчивой породой, способна преодолевать засухи без вреда для жизнедеятельности. Годовое количество осадков - от 450 до 475 мм; за холодный период – 135 – 150 мм; минимум приходится на февраль и март. Изменчивость месячных сумм осадков из года в год довольно велика, особенно, в теплый период. В осенне-зимний период осадки бывают не только чаще, но и продолжительнее. Устойчивый снежный покров образуется в начале ноября, в отдельные годы в январе; высота увеличивается постепенно, достигая максимума в I–II декаде

марта; с третьей декады начинает уменьшаться, освобождение наступает в основном к концу апреля.

Относительная влажность воздуха в годовом ходе: максимальные показатели в 13 часов дня имеет в декабре и январе (до 85%), менее 50% редко. В мае-июне наблюдается минимум показателя – 50 – 55%. Диапазон оценок влажности более значителен летом, чем зимой. Летом, в дневные часы, наибольшую повторяемость имеют значения от 30% до 50%. Высокая влажность воздуха летом (более 80%) бывает в 10 – 15 случаях из 100. Количество сухих дней (с относительной влажностью воздуха 30% и менее) может достигать 9 – 10 преимущественно в мае. Относительная влажность менее 20% составляет 1 – 3% от продолжительности периода. Вероятность недостатка насыщения воздуха водяным паром в зимой (декабрь – февраль) в соответствии с высокой относительной влажностью и низкой температурой является минимальной. Выше изложены общие черты климата Нижегородской области, однако в пределах округов имеются некоторые различия в значениях отдельных климатических факторов.

В пределах определенного географического района со сложившимися климатическими условиями состав, рост и продуктивность фитоценозов определяется почвенными факторами: строением профиля, их гранулометрическим и минералогическим составом, физико-химическими свойствами, степенью увлажнения, гумусированностью и т.д., которые в совокупности формируют тип лесорастительных условий (Вайчис, 1973; Габеев, 1990; Газизуллин, 1968; Вайчис, Лабанаускас, 1972; Вайчис, 1975; Дольский, Штейнбок и др., 1975). Фотосинтез, минеральное питание и ростовая активность древесных растений в значительной мере зависят от физических свойств почвы, её гранулометрического состава, содержания гумуса и химических характеристик, что отражено в работах многих авторов (Зайцев, 1964; Долидзе, 2000; Козлов, 2000; Буданцев и др., 2001; Сабиров, Газизуллин, 2001; Судачкова, 1990, 2001; Судницына, 2000; Фирсова, 1983; Horsley et.al., 2000; Jokela, Martin, 2000).

Почвы Нижегородской области изучены и описаны детально (Почвы Горьковской области, 1978; Куприянов и др., 1995) и представлены тремя почвенными подзонами: дерново-подзолистые и подзолистые, серые лесные и черноземы. Все Левобережье и юго-западные районы занимают дерново-подзолистые и подзолистые почвы (5 млн. га). Они сформировались под хвойными лесами на моренных, флювиогляциальных и древнеаллювиальных породах с избыточным увлажнением. Их верхние горизонты вымыты и выщелочены. Дерново-подзолистые почвы от подзолистых отличаются более мощным гумусовым горизонтом A_1 . Для обоих подвидов характерен выраженный подзолистый горизонт A_2 белесого цвета. Почвы кислые (рН верхних горизонтов до 3,5), бесструктурные, бедные гумусом, содержание которого в верхнем горизонте может снижаться до 1%. Степень насыщенности основаниями от 40% до 70%, то есть невысокая, а в гумусовом горизонте может быть еще более низкой. Такие почвы малопригодны для роста многих растений.

Гранулометрический состав на половине площади, занимаемой подзолистыми почвами, соответствует средне- и легкосуглинистому, третья часть – супесчаному, остальные – песчаному. Лучшими считаются суглинистые почвы, худшими – песчаные. Кроме подзолистых почв в этой подзоне встречаются болотно-подзолистые, болотные и дерновые (включая дерново-карбонатные и дерново-глеевые). Последние распространены и в других почвенных подзонах области. Большую часть Правобережья занимают серые лесные почвы (1,5 млн. га). Они формируются в районах с расчлененным рельефом и примерно одинаковым соотношением количества выпадающих осадков и испаряющейся влагой, в основном под лиственными лесами. По гранулометрическому составу это в основном суглинистые почвы. Содержание физической глины и илистых частиц в серых-лесных почвах обычно возрастает в нижних горизонтах. По содержанию гумуса в верхнем аккумулятивном горизонте они подразделяются на светло-серые (до 3% гумуса), серые (3 – 4,5%) и темно-серые (4,5 – 9%). Мощность горизонта

A_1 возрастает от 7 – 10 см у светло-серых до 25 – 30 см у темно-серых лесных почв. С глубиной количество гумуса резко сокращается, особенно в светло-серых почвах. У таких почв подзолистый горизонт слабо выражен, вместо него часто выделяется горизонт A_2B , с хорошо выраженной ореховатой структурой. Распространенным является наличие кремнеземистой присыпки, которая считается морфологическим признаком их оподзоленности.

Светло-серые почвы приурочены к повышенным участкам и верхним частям склонов. В средней части склонов на ровных плато обычно встречаются серые лесные почвы, в пониженных местах – темно-серые лесные. В районах, примыкающих к Волге и Оке, где рельеф наиболее расчленен, преобладают светло-серые лесные почвы. Южнее, по линии Большое Мурашкино – Княгинино – Спасское, распространены серые лесные почвы. В районе Ардатов – Дивеево – Шатки – Большое Болдино преобладают темно-серые лесные почвы.

По естественному плодородию серые лесные почвы (особенно темно-серые) плодороднее подзолистых, менее кислые, содержат больше гумуса и лучше оструктурены. Их верхние горизонты бедны обменными основаниями. Гидрологическая кислотность горизонта A_1 изменяется в широких пределах от 1,9 до 9,35 мг экв. на 100 г почвы. Содержание поглощенных оснований в перегнойном горизонте составляет 16,4 – 52,2 мг экв. на 100 г почвы. Насыщенность основаниями высокая (67 – 94 %) и возрастает от светло-серых к темно-серым, в пределах подтипа – по мере увеличения глинистой и илистой фракции почв. В верхних горизонтах серых лесных почв содержание фосфора низкое, в нижних его содержание, как правило, возрастает; большая варьированность наблюдается в обеспеченности этих почв калием (Куприянов и др., 1995).

Рельеф Нижегородской области также хорошо изучен (Романов, 1934; Фатьянов, 1947; Асеев, 1959; Докучаев, 1948; Ильин, 1964; Горецкий, 1966; Харитонычев, 1974; Обедиентова, 1977), он описывается как равнинный, представляет собой чередование возвышенностей и понижений, отмечаются

участки степей по долине реки Пьяны, расположенной на Приволжской возвышенности (Курнаев, 1973).

Река Волга делит территорию области на две части – низинное Левобережье (Заволжье) и возвышенное Правобережье, сильно различающиеся по природным условиям. Заволжье – часть Волжско-Окской низины - представляет собой равнину. Высота над уровнем моря пониженных заболоченных участков вдоль левого берега Волги и Ветлуги - 50 – 70 м. В этой части много песчаных дюн, грив, скоплений валунов, болот, торфяников и озер. К Заволжью близка по физико-географическим условиям Балахнинская низменность с абсолютными высотами 70 – 110 м, расположенная в междуречье Волги и Оки. Севернее, к водоразделу Ветлуги и Унжи, высота местности постепенно возрастает до 165 – 185 м, а рельеф становится более расчлененным. Правобережье Оки и Волги – волнистая равнина, образованная Алатырским валом, являющимся крайним северным выступом Приволжской возвышенности. Высота местности 180 – 250 м над уровнем моря. Возвышенность к Оке и Волге резко обрывается, образуя Стародубье, Перемиловские, Дятловы, Фаддеевы горы. Они изрезаны оврагами, оползнями. Алатырский вал расчленен понижениями долин рек Теши, Сережи, Пьяны, Алатыря. Река Пьяна, текущая сначала на запад, делает крутой поворот на восток и ограничивает возвышенный район – Межпьянье. Долины этих рек, а также Оки, Волги и Суры, ограничивающие Правобережье с запада, севера и востока, лежат в пределах 50 – 100 м над уровнем моря. На территории правобережья сильно развита овражно-балочная сеть в связи с преобладанием мягких осадочных пород. Во многих местах, где неглубоко встречаются отложения пермских глинистых известняков и гипсов, образуются карстовые формы рельефа (около 10 тыс. км²) в виде провалов, воронок, ям, пещер.

2.2. Экологические условия Балахнинской низменности.

Междуречье Волги и Оки - Балахнинская низменность (также упоминавшаяся как Окско - Тешская низина) - является частью обширной

полосы окско-волжских песчаных (зандровых) полесий, которые пролегали по краю тектонического понижения на Русской платформе, именуемого Московской впадиной (синеклизой). В прилегающей к Волге и Оке части полосы окско-волжских низин, имеющих в целом гривистый рельеф, местами прослеживаются два широких уступа высотой до 10 м и шириной до 10-20 км каждый, которые тянутся в основном параллельно современным руслам рек, - это волжские и окские надпойменные террасы, указывающие на древнее положение русел этих рек (Трубе, 1978). За долгий исторический срок на песчаных возвышенностях возникли коренные сосновые леса, относящиеся к подзоне смешанных лесов (Полуяхтов, 1974).

Пожар 1972 г., прошедший на площади около 10 тыс. га, существенно изменил облик лесов. Спелые сосновые древостои сменились популяциями сосны обыкновенной искусственного происхождения. Сегодня продолжается рост городов, создание новых производств, прокладываются новые асфальтированные дороги, линии электропередач, газопроводы, повышается рекреационная нагрузка на леса. По данным лесоустройства 1994 г., в Балахнинском районе насчитывалось 39 предприятий - загрязнителей атмосферы и почвы газообразными, жидкими и твердыми отходами.

Отрицательное воздействие на экологию района оказывала химическая промышленность г. Дзержинска, расположенного к западу от территории района. Преобладающее направление ветров - юго-западное. Все многообразие загрязняющих воздух веществ поглощается растительностью и почвами природных комплексов.

По данным 1994 г. Нижегородского лесостроительного предприятия, отрицательно влияют на экологическую ситуацию района посредством загрязнения атмосферы следующие предприятия: АО «Волга» Балахнинский ЦБК (загрязнители взвешенные вещества - диоксид азота; зона воздействия около 9615 га) , «Полиграфкартон» Балахнинский картонный комбинат, (загрязнитель - диоксид серы, сероводород, фенол; зона воздействия около 800 га), Балахнинская ГРЭС (загрязнитель оксид углерода, аммиак, хром;

зона воздействия около 9615 га), Заволжский моторный завод (зона влияния около 600 га). Металлургические предприятия города Нижнего Новгорода имеют зону воздействия около 1100 га. Во всех случаях наблюдается замедление роста и ослабление фитоценозов. По данным Федеральной службы гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Верхне-Волжского УГМС г. Нижний Новгород и Комитета охраны окружающей среды и природных ресурсов Нижегородской области, Дзержинск и его восточная промзона относится к группе городов с высоким уровнем загрязнения воздуха.

Указанные нами сведения представлены для оценки экологической обстановки в районе проведения исследований.

В г. Нижний Новгород средняя за 2004 год концентрация бенз(а)пирена составила 3,4 ПДК. Наибольшая среднемесячная концентрация бенз(а)пирена 11,2 ПДК отмечена в январе в Советском районе. В число приоритетных примесей, способствовавших формированию высокого уровня загрязнения воздуха в городе, вошли также взвешенные вещества и формальдегид, средние за год концентрации которых соответственно составили 1,3 ПДК и 1,2 ПДК. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ достигали от 1,3 до 4,0 ПДК (рис. 1) с преобладанием диоксида азота, фенола, этилбензола и взвешенных веществ.

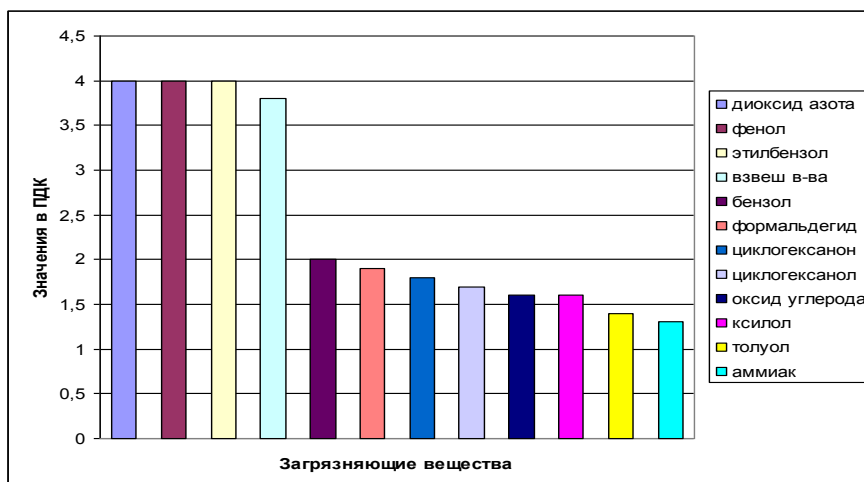


Рис. 1. Максимальные среднемесячные разовые концентрации веществ в атмосфере г. Нижний Новгород за 2004 г.

В г. Дзержинск средняя за 2004 г. концентрация бенз(а)пирена составила 2,3 ПДК, аммиака – 1,4 ПДК, диоксида азота, фенола и формальдегида – 1,0 ПДК. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ достигали от 1,7 до 6,1 ПДК с преобладанием диоксида азота, этилбензола и аммиака (рис 2).

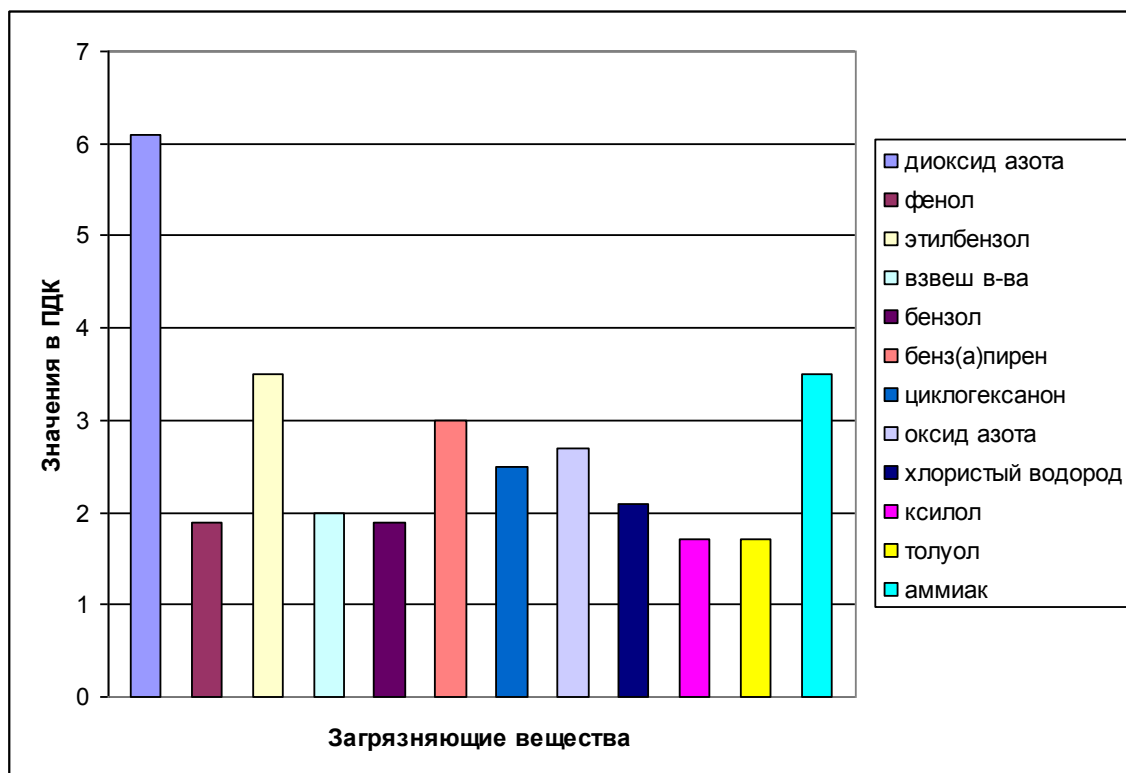


Рис. 2. Максимальные среднemesячные разовые концентрации веществ в атмосфере г. Дзержинск за 2004 г.

В воздухе восточной промзоны г. Дзержинск средняя за 2004 г. концентрация аммиака составила 2,2 ПДК, формальдегида – 2,0 ПДК, диоксида азота – 1,5 ПДК, хлористого водорода – 1,2 ПДК. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ зафиксированы от 1,6 до 4,4 ПДК с преобладанием диоксида азота и аммиака.

В г. Балахна средняя за период наблюдений Федеральной службы гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Верхне-Волжского УГМС города Нижний Новгород (с июня по декабрь 2004 года) концентрации загрязняющих веществ достигали от 1,1 до 3,5 ПДК с преобладанием диоксида азота и фенола.

В 2005 г. в Нижнем Новгороде, Дзержинске и его восточной промзоне уровень загрязнения воздуха оценивался как высокий. В городе Нижнем Новгороде преобладающими примесями в 2005 г. были: бенз(а)пирен, формальдегид и аммиак. Разовые концентрации большинства контролируемых в г. Нижний Новгород загрязняющих веществ достигали от 1,4 до 4,5 ПДК с преобладанием этилбензола, диоксида азота и формальдегида.

В г. Дзержинск за 2005 год доминирующими загрязняющими веществами были бенз(а)пирен, формальдегид, аммиак и диоксид азота, их концентрации достигали от 1,6 до 2,2 ПДК. Максимальные разовые концентрации загрязняющих веществ достигали 7,0 - 9,4 ПДК (рис. 3), с преобладанием диоксида азота, фенола и аммиака.

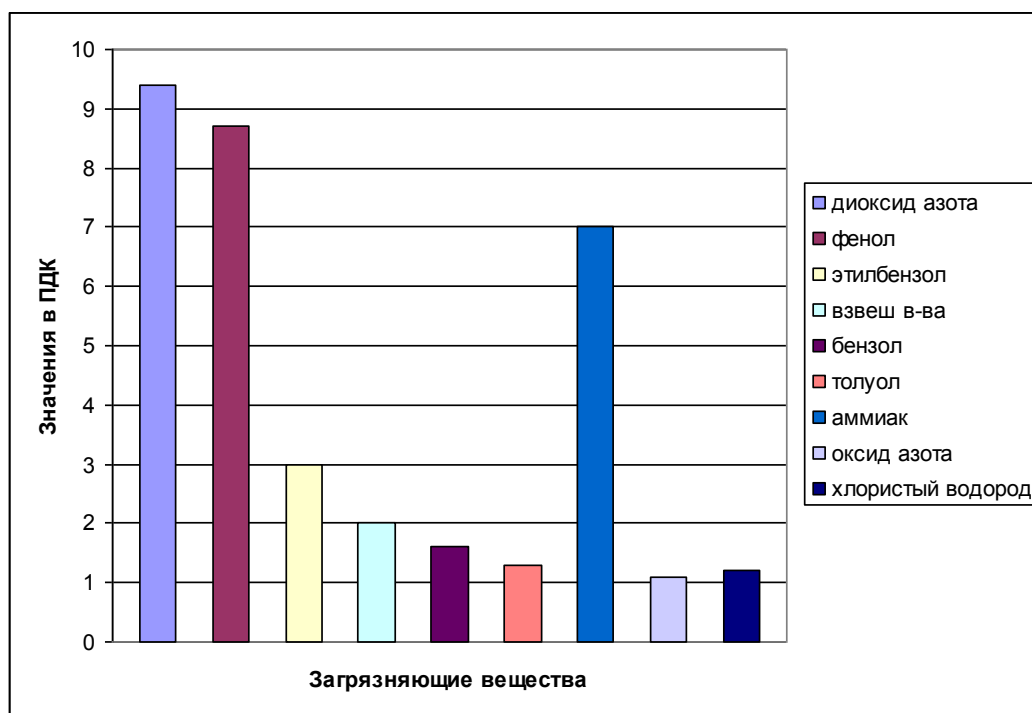


Рис. 3. Максимальные разовые концентрации веществ в атмосфере г. Дзержинск за 2005 г.

Балахна характеризовалась повышенным уровнем загрязнения воздуха. Среднее за год содержание диоксида азота превышало допустимую норму в 1,2 раза. Разовые концентрации диоксида азота, взвешенных

веществ, фенола и оксида углерода периодически превышали допустимый уровень кратковременного воздействия от 1,2 до 1,9 ПДК.

По данным за 2008 г., концентрации загрязняющих веществ достигали в городе Нижний Новгород от 1,3 до 1,9 ПДК с преобладанием диоксида азота и фенола; в г. Дзержинске концентрации загрязняющих веществ достигали от 2,3 до 7,3 ПДК (рис. 4) с преобладанием фенола, аммиака, диоксида азота и формальдегида.

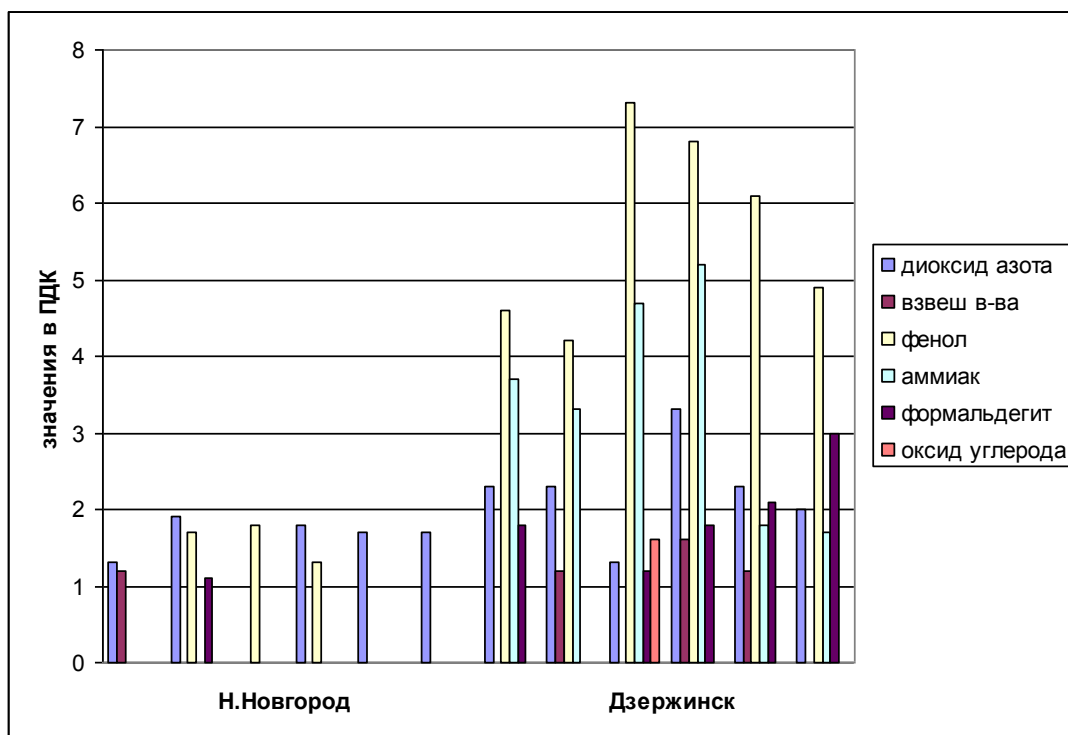


Рис. 4. Среднемесячные показатели ПДК загрязняющих веществ за первое полугодие 2008 г.

Анализ природных условий урбанизированной территории Балахнинской низменности показывает, что наряду с благоприятными почвенными и экологическими условиями произрастания сосны обыкновенной имеются факторы техногенного происхождения. Загрязненность воздуха диоксидом азота, фенолом, аммиаком, формальдегидом, этилбензолом имеет продолжительный во времени характер. Всё многообразие загрязняющих веществ может негативно сказаться не только на здоровье человека, но и на объектах растительного мира.

Глава 3. Материалы и методы исследования

Методика заложения и обработки данных учетных площадей.

Немаловажным фактором в экологической оценке состояния лесных экосистем является месторасположение изучаемых объектов относительно лимитирующих факторов. Для наших исследований применена методика, учитывающая не только визуальную оценку популяции сосны обыкновенной, биометрические показатели хвои особей, но и динамику роста по высоте растений, диаметру их ствола, а также распределения данных показателей между особями конкретной популяции. Зная параметры приростов особей, биоиндикационные показатели хвои, легко моделировать зоны и ареалы антропогенного воздействия. Полученные данные могут быть применены в планировании мероприятий по восстановлению окружающей среды с учетом экологических факторов.

В соответствии с представлениями отечественных и зарубежных ученых, популяция - это совокупность особей одного вида, занимающих определенные места обитания, свободно скрещивающихся друг с другом, имеющих общее происхождение, генетическую основу и в той или иной степени изолированных от других популяций данного вида. Нами изучались популяции сосны обыкновенной искусственного происхождения. По мнению Л.Ф. Правдина (1971), их пространственная структура соответствует представлению о популяции как о системе со случайным распространением генов. Поэтому искусственно созданный фитоценоз данной системы можно рассматривать как модель популяции.

За основу был принят отраслевой стандарт ОСТ 56–69-83, определяющий порядок сбора исходных данных для получения статистически достоверных оценок высоты, диаметра и запаса стволовой древесины изучаемых лесных древесных видов. Этим документом определены форма, размеры пробной площади, количества учетных растений на каждой из них, техника и точность измерений, порядок выбора местности для закладки пробной площади и др.

Учетные площади в популяциях закладывались для решения следующих задач: определение состояния популяций, подверженных негативным воздействиям; установление динамики роста популяций сосны обыкновенной, расположенных в идентичных условиях местопроизрастания, но находящихся в разной удалённости от источника загрязнения; определение зоны воздействия путем анализа динамики роста популяций.

Для создания математической модели идеальным расположением учетных площадей явилась бы схема с равномерным распределением учетных площадей на местности (Рис. 5)

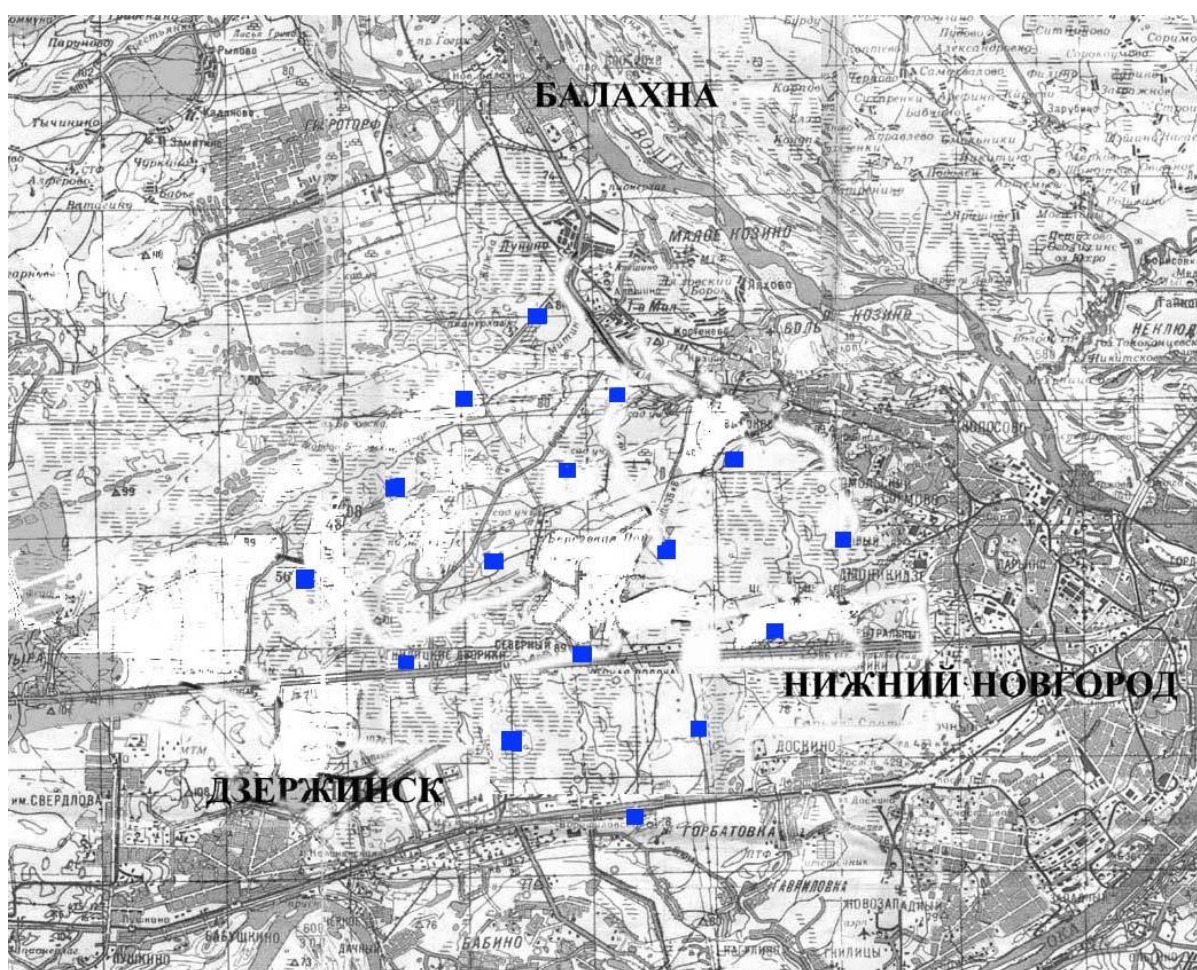


Рис. 5. Оптимальное расположение
учетных площадей на изучаемой территории

Равномерное расположение учетных площадей (при условии однородности почв, гидрологического режима) не всегда совпадает с условиями на местности. Поэтому для отбора объектов исследования были обработаны данные лесоустройства Балахнинского, Нижегородского, Дзержинского

районов, отобраны популяции сосны обыкновенной искусственного происхождения в типе леса сосняк брусничный. Выбор типа леса, в котором заложены пробные площади, определен принципом преобладания по отношению к другим. Морфологическое описание почв выполнено с учётом ОСТ 56-81-84. Всего было отобрано 18 участков (каждый из которых сходен по видовому составу, возрасту, полноте, другим показателям), в которых были заложены учетные площади по одной на каждом выбранном участке (Рис. 6).

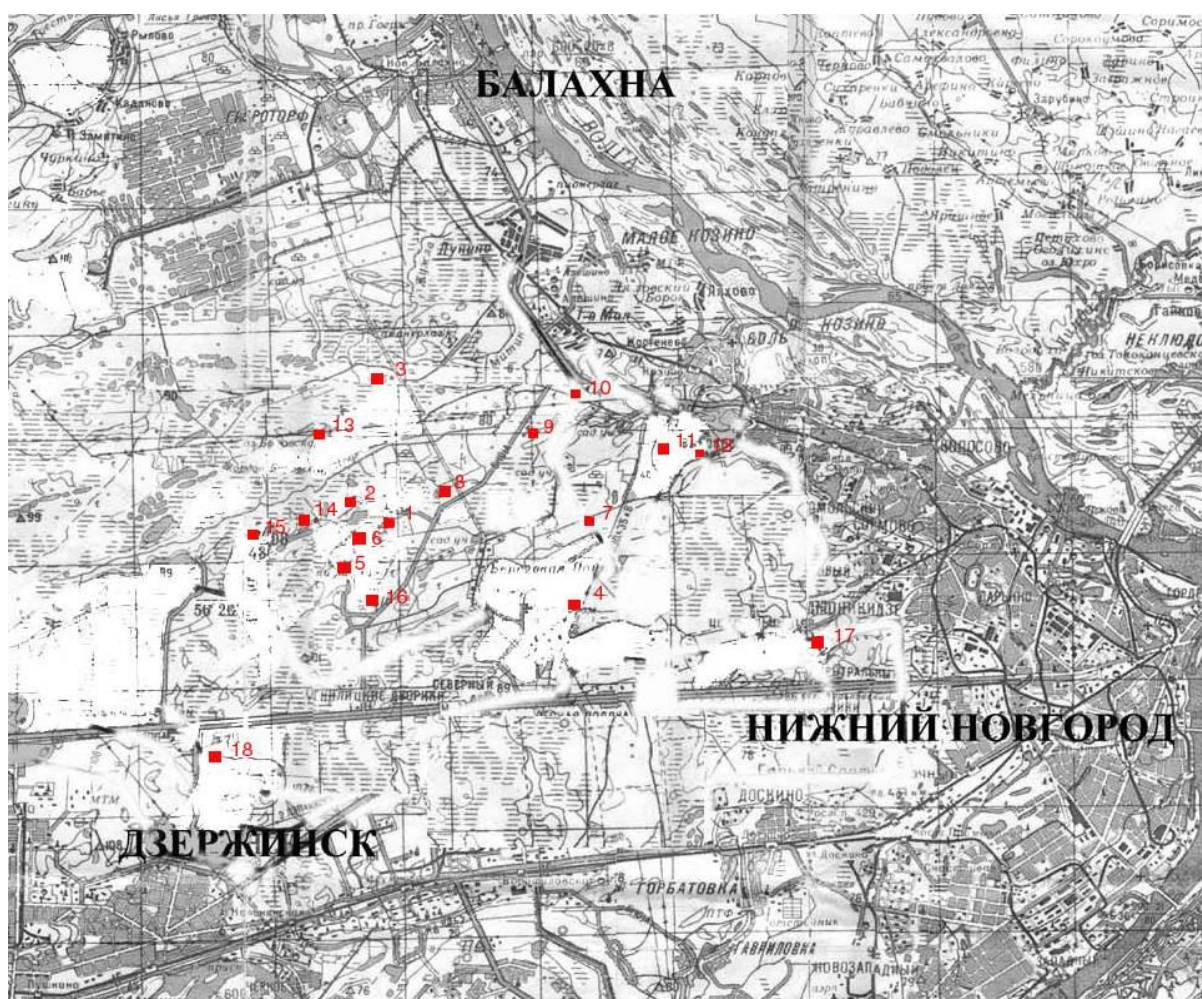


Рис. 6. Схема расположения учетных площадей

На каждом пункте исследования все учетные площади имели один возраст, поскольку искусственная популяция создается одновременной посадкой одновозрастных сеянцев, отвечающих требованиям ОСТ 56-74-96.

При выделении учетных площадей в природе, обозначались их границы и отвечали следующим требованиям: площади находились не ближе 30 м от

края леса или открытых пространств и дорог, территорию учетной площади не пересекали дороги и тропины, древостой размещался равномерно, отсутствовали большие поляны и окна. Учетная площадь не выходила за пределы данного выдела, древостой одного возраста и класса бонитета. Перечету на пробной площади подлежало не менее 200 деревьев. Границы размечались мерной лентой при помощи буссоли. Измерялась длина сторон с последующей их привязкой (отмечались румбы сторон) к дорожно-квартальной сетке. Определялся азимут направления к ближайшему граничному столбу на пробной площади от ближайшего квартального столба, или от ближайшей квартальной просеки или дороги. По углам устанавливались столбы высотой 0,6 м с отметкой номера площади и года закладки. На пробной площади проводился сплошной пересчет всех деревьев с замером диаметра ствола на высоте 1,3 м с одной стороны мерной вилкой. Данные в пересчетную ведомость записывались по ступеням толщины. Высота измерялась у каждого пятого дерева в пределах ступени толщины высотомером на мерной вилке. Был проведен пересчет сухостоя и валежника по диаметрам и длине с занесением данных в пересчетную ведомость по ступеням толщины. После первичной обработки данных по среднему диаметру ствола особей в популяции, были отобраны статистически средние по диаметру ствола модельные деревья для каждой учетной площади. Модельные особи были срублены, разделаны на метровые отрезки и детально изучены. Для установления динамики роста производились замеры годичных колец через каждые 5 лет.

Модельные особи для последующей валки отбирались за пределами учетной площади, на прилегающей территории, но не ближе пяти метров от границ учетной площади. Именно это обеспечило возможность изучения реально существующих моделей, созданных по результатам статистического анализа. После валки производилась разметка для последующей разделки следующим образом: отмечалось место распиловки – нулевой отрез (на уровне земли), на высоте 0,3 м, 0,65 м, 1,3 м, далее - через 1 м. При высоте

древесного ствола менее 16 м. (2,3; 3,3; 4,3м). Вершина отделялась и измерялась на четном метре (8 м; 10 м; 12 м); при разделке ствола на метровые отрезки, в том случае, если следующий отрез не захватывал длины ствола или попадал на побег текущего года, у вершины измерялись длина и диаметр среза, а также ее возраст.

У нулевого отреза измерение диаметров годовичных слоев по 5-тилетиям для анализа динамики роста ведется в направлении от центра к периферии с отметкой возраста дерева. На остальных отрезках измерение годовичных слоев по 5-тилетиям ведется от периферии к центру, при этом на срезе от коры откладывается количество годовичных слоев незаконченного пятилетия. Поэтому первоначально от коры откладываются 3 годовичных слоя, а затем делаются отметки через 5 лет (годовичных слоев). Далее – движение к центру, где последняя отметка отмечает центральный диаметр среза возрастом менее 5 лет (если только последняя отметка не попадает в центр годовичных колец среза, где также подсчитывается возраст каждого среза). Отметки на срезах откладываются в двух взаимоперпендикулярных направлениях, здесь необходимо постараться отметить больший и меньший диаметр среза. После этого измеряются диаметры каждой отмеченных отрезками диаметров среза ствола, а также диаметры среза ствола в коре и без коры. Полученные данные заносятся в таблицы “Анализ хода роста” для дальнейшей обработки и получения данных о динамике роста данных древостоев по диаметру и по высоте.

Для составления математической модели и зонирования исследуемой территории нами были составлены графики: график зависимости высоты деревьев сосны обыкновенной от расстояния до промышленной зоны г. Дзержинска в направлении северо-востока, в возрасте, наиболее адекватно отражающем зависимость, и график зависимости высоты от расстояния от Нижнего Новгорода в направлении северо-запада. Графики составлены по пятилетиям. Для каждого графика были установлены границы существования моделей - это минимум и максимум удаленности учетных площадей от

лимитирующего источника. Для того чтобы математическая модель адекватно отражала зависимость высоты дерева от загрязненности окружающей среды, мы установили 4 зоны по интенсивности роста в высоту популяций сосны обыкновенной.

Определение зон по интенсивности роста искусственных популяций сосны обыкновенной осуществлялось нами в следующем порядке: для установления интервала зон находим разницу максимального и минимального значения и делим на определенное количество зон, условно принятое за 4. Определение границ зон производилось следующим образом: к минимальному значению высоты, графика направления северо-востока от Дзержинска и восточной промзоны прибавляем вычисленный интервал и на пересечении данного значения с графиком степенного уравнения получаем расстояние до следующей границы зоны. Аналогично определили границы остальных зон. График с функциональной зависимостью в направлении северо-востока имеет приоритет по отношению к зависимости высоты популяции от Нижнего Новгорода по направлению северо-запада, так как направление юго-западных ветров - преобладающее.

Для определения границ зон по направлению северо-запада переносим вычисленные значения границ высот с графика зависимости высоты популяции сосны обыкновенной от расстояния до промышленной зоны в направлении северо-востока на график зависимости высоты от расстояния от Нижнего Новгорода в направлении северо-запада и вычисляем расстояния до границ зон.

Для выяснения границ очага при одиночном или линейном источнике выбросов прокладывались автомобильные маршруты в направлениях преобладающих ветров с центром их пересечения в районе источника. При нескольких источниках выбросов площадь поражения популяций увеличивается. Число маршрутных ходов увязывалось с размещением источников по отношению друг к другу. Особое внимание при этом обращалось на участки, где возможно суммирующее действие источников

загрязнения. Во всех случаях маршрутные ходы привязывались к квартальным просекам, тропам и дорогам с таким расчетом, чтобы пересечь наибольшее число участков популяций сосны.

Анализ особенностей и определение степени поражения популяций сосны обыкновенной производились в типичных по характеру поражения, составу, происхождению и возрасту древостоях, в зависимости от характера и размера очага. Отклонялись нетипичные для данных условий участки леса с отчетливо выраженным влиянием других факторов: низовые пожары, избыточное увлажнение, очаги стволовых вредителей и др. Оценка степени поражения особей производится по пятибалльной шкале, которая приведена в таблице 2 разработанной ВНИИЛМом и Всесоюзным аэрофотолесоустроительным объединением «Леспроект» в 1986 году.

Таблица 2.

Шкала визуальной оценки степени поражения (в баллах) деревьев сосны

Балл	Степень поражения деревьев	Молодняки, средневозрастные			
		Характеристика кроны	Продолжит. Жизни хвои, лет	Охвоение побегов	
				Очень редкие	Хвоя отсутствует
1	2	3	4	5	6
1	Здоровые	Острове́ршинная	3, редко 4	На побегах 4-го года	Иногда на побегах 4-го года
2	Ослабленные	Острове́ршинная, притупленная	2, редко 3	На побегах 3-го года	На побегах 4-го года
3	Сильно ослабленные	Тупове́ршинная, сухове́ршинная	1-2	На побегах 2-го года	На побегах 3-4 годов
4	Усыхающие	Усыханием охвачено более 1/3 верхней части кроны	В оставшейся живой кроне продолжительность жизни хвои 1	характер охвоения побегов аналогичны сильно ослабленным и ослабленным деревьям	На побегах 2-3 годов
5	Погибшие	Хвоя отсутствует или полностью пожелтела		Побеги текущего года не образуются	

На каждом пункте описания нами указывалось его местоположение на карте. Отмечался номер маршрута и пункта описания, квартал и выдел

лесничества, расстояние до источника выбросов, давалась краткая лесоводственно-таксационная характеристика участка. Описывались признаки ослабления популяции: состояние и общая охвоенность крон, наличие признаков острого поражения хвои, количество сухостоя и состояние опушек, а также наличие вредителей и болезней.

Охвоение побегов и продолжительность жизни хвои определялось с использованием полевого бинокля для двух-трех -летнего порядка. Принималось, что при очень редком охвоении, сохраняется менее 1/3 общего числа хвоинок. Оценку степени поражения популяций проводили в конце вегетационного периода или ранней весной до появления побегов текущего года. Граница очага поражения определялась соединением линией пунктов описания с учетом оценки крон популяций сосны обыкновенной по пятибалльной шкале.

Зонирование очагов поражения состояло в разделении территории на несколько составных частей (зон), характеризующихся идентичной степенью поражения популяций. После выполнения зонирования территории очага поражения, составлялись схематическая карта очага и зон поражения.

Попутно с разделкой модельного дерева отбиралась хвоя из верхней и средней части кроны по 100 пар хвоинок из каждой части с юго-западной стороны особи, согласно преобладающему направлению ветров. Измерялась длина хвоинок с помощью линейки, с точностью до миллиметра, данные записывались в таблицу, с целью определения зависимости длины хвои дерева от удаленности до источника загрязнения.

Проведение замеров радиоактивности на пробных площадях

Замер радиоактивного фона производился дозиметром РД1706, предназначенным для оценки мощности амбиентного эквивалента дозы $H^*(10)$ гамма-излучения с учетом рентгеновского излучения и загрязненности объектов источниками бета-частиц. Прибор подсчитывает количество гамма и бета-частиц с помощью двух счетчиков Гейгера - Мюллера в течение наблюдения и индуцирует показания в зивертах за час на

жидкокристаллическом дисплее. Время наблюдения зависит от значения мощности дозы и изменяется от 26 секунд. Регистрация каждой частицы сопровождается звуковым сигналом.

Химический анализ почвы.

Для Балахнинской низменности было определено соответствие химических свойств почв типам условий местопроизрастания.

После подготовки почвенного разреза к снятию данных, освещенная стенка разреза выравнивалась, затем на профиле размечивались горизонты с последующим их измерением и взятием из каждого горизонта по образцу почвы для последующего анализа. Анализ почвы был направлен на определение, водно-физических и агрохимических свойств почв.

Определение суммы обменных оснований производилось по методу Капера-Гильковица, определение гидролитической кислотности осуществлялось методом титрования, определение кислотности почв – потенциометрическим методом, определение гумуса – методом мокрого сжигания по Тюрину в модификации Никитина, определение подвижных форм фосфора и калия – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО.

В кислых почвах (дерново-подзолистых, серых лесных и др.) сумму обменных оснований определяли по методу Каппера-Гильковица. Почву обрабатывали известным количеством 0,1 н. раствора HCl. В результате взаимодействия почвы с соляной кислотой ее водород вытесняет из поглощенного комплекса обменные основания (Ca, Mg и др.). Зная количество кислоты до реагирования и после реагирования с почвой, по разности можно определить сумму обменных оснований.

Расчет статистических показателей.

Для расчета основных статистических показателей использовались общепринятые методики (Зайцев, 1984).

Глава 4. Структура искусственных популяций сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях техногенного загрязнения

4.1 Агрохимические и радиационные условия произрастания сосны обыкновенной

Анализ радиационного фона района исследований показал, что, несмотря на изменение этого показателя, значения не выходят за пределы естественного фона (табл. 3).

Таблица 3.

Данные замеров радиационного фона на пробных площадях

№ пробной площади	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 5	ПП 6	ПП 7	ПП 8	ПП 9	ПП 10
Данные замера, мкЗв/ч	0,09	0,09	0,06	0,09	0,09	0,07	0,09	0,08	0,08
№ пробной площади	ПП 11	ПП 12	ПП 13	ПП 14	ПП 15	ПП 16	ПП 17	ПП 18	
Данные замера, мкЗв/ч	0,08	0,09	0,08	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	

Самые низкие значения показаний зафиксированы на пробной площади № 3 (ПП 3), расположенной на расстоянии 20 км от промышленной зоны урбанизированных территорий. На пробных площадях, расположенных рядом с промышленной зоной, показания радиационного фона составляли 0,08 мкЗв/ч – 0,1 мкЗв/ч. Различия показаний измерений вызваны неравномерным распределением радионуклидов по территории Балахнинской низменности в процессе антропогенной деятельности. Известно, что радиоактивные элементы могут выделяться в процессе производства и использования строительных материалов, сжигания органического топлива, использования удобрений, обращения с технологическими отходами (Усманов, 2001).

Результаты исследования химического состава почв для различных типов условий местопроизрастания в Балахнинской низменности приведены в табл. 4 и 5. Все почвенные разности учетных площадей относятся к водно-ледниковым отложениям, которые либо сохранились без существенных изменений, либо претерпели незначительные изменения. Это и эоловые пески водно-ледникового происхождения, и просто водно-ледниковые слоистые песчаные и супесчаные отложения. Поэтому все почвы, на которых расположены объекты исследований, имеют незначительные различия по физическим и химическим свойствам в пределах данных типов леса.

Таблица 4.

Агрохимические показатели лесных почв
для свежих боров (A_2)

№ пробы почвы	Тип условий местопроизрастания	Горизонт	Мощность горизонта, см.	Агрохимические показатели							
				Гидролитическая кислотность	Ca^{2+}, Mg^{2+} мг экв. на 100 г почвы	Емкость катионного обмена, мг экв. на 100 г почвы	Степень насыщенность основаниями мг экв. на 100 г почвы	pH KCl	Гумус, %	K_2O мг экв. на 100 г почвы	P_2O_5 мг экв. на 100 г почвы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	A_2	A_1A_2	6,0 - 16,5	7,58	1,63	9,21	17,7	4,4	1,7	1,72	5,5
		B_1	16,5 – 40,0	3,79	1,06	4,85	21,86	4,9	-	27,8	7,0
		B_2	40,0 – 80,0	1,2	1,63	2,83	57,60	5,3	-	1,72	3,35
		C	80,0 и более	0,8	5,62	6,42	87,54	5,3	-	1,72	3,0
2	A_2	A_1A_2	3,0 – 14,0	6,18	1,63	7,81	20,87	4,4	0,9	2,15	4,7
		B_1	14,0 - 40,0	3,59	1,06	4,65	22,58	4,6	-	21,58	4,4
		B_{2g}	40,0 - 87,0	2,19	1,06	3,25	32,62	4,5	-	1,72	7,0
		G	87,0 и более	1,0	1,06	2,06	51,46	4,2	-	1,72	4,4
3	A_2	A_1A_2	3,0 – 15,0	6,58	2,77	9,35	29,63	4,4	1,6	3,01	1,9
		B_1	15,0 – 47,0	3,9	1,63	5,02	32,47	4,4	-	1,72	7,85
		B_2	47,0 - 88,0	1,8	1,06	2,86	37,06	4,9	-	1,29	5,25
		C	88,0 и более	1,2	1,06	2,26	46,9	4,6	-	1,29	3,1
4	A_2	A_1A_2	4,5 - 19,0	4,19	1,63	5,82	28,01	4,5	0,8	1,72	1,55
		B_1	19,0 - 45,0	3,39	1,63	5,02	32,47	4,9	-	1,29	2,9
		B_2	45,0 – 82,0	1,2	1,63	2,83	57,60	4,6	-	1,29	3,8
		C	82,0 и более	0,8	5,62	6,42	87,54	5,3	-	1,29	4,2
5	A_2	A_1A_2	5,5 – 13,0	6,98	1,06	8,04	13,18	4,2	0,9	3,44	1,5
		B_1	13,0 – 24,0	3,99	1,06	5,05	20,99	4,4	-	0,86	6,85
		B_2	24,0 – 66,0	2,0	0,49	2,49	19,68	4,4	-	1,29	9,1
		C	66,0 и более	1,6	1,63	3,23	50,46	4,9	-	1,29	6,15

Таблица 5.

**Агрохимические показатели лесных почв
для свежих суборей (B₂) и судубрав (C₂)**

№ пробы почвы	Тип условий местопроизрастания	Горизонт	Мощность горизонта, см.	Агрохимические показатели							
				Гидролитическая кислотность	Ca ²⁺ , Mg ²⁺ мг экв. на 100 г почвы	Емкость катионного обмена мг экв. на 100 г почвы	Степень насыщенность основаниями мг экв. на 100 г почвы	pH KCl	Гумус, %	K ₂ O мг экв. на 100 г почвы	P ₂ O ₅ мг экв. на 100 г почвы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	B ₂	A ₁	1,5 – 9,0	15,16	3,34	18,05	18,50	3,2	5,2	7,31	6,85
		A ₂	9,0 – 20,0	2,39	0,49	2,88	17,01	4,6	-	0,86	6,15
		B ₁	20,0 – 40,0	3,79	1,06	4,85	21,86	5,4	-	1,29	9,3
		B _{2g}	40,0 – 77,0	2,0	1,63	3,63	44,9	5,1	-	1,72	8,4
		G ₁	77,0 – 105,0	1,4	2,2	3,6	61,11	5,3	-	1,72	7,0
		G ₂	105,0 и более	1,0	1,06	2,06	51,46	5,8	-	1,29	6,4
7	C ₂	A ₁ A ₂	2,0 – 9,0	6,38	2,2	8,58	25,64	4,2	1,5	3,44	8,4
		A ₂	9,0 – 22,0	1,4	1,06	2,46	43,09	3,9	-	0,86	6,2
		B ₁	22,0 – 41,0	2,59	1,06	3,65	29,04	4,7	-	1,72	9,9
		B _{2g} D	41,0 – 59,0	2,0	1,63	3,63	44,9	4,5	-	1,72	8,5
		D	59,0 – 80,0	1,0	1,63	2,63	61,98	4,4	-	21,08	7,85
		C _{1g}	80,0 – 135,0	3,79	3,91	7,7	50,78	5,1	-	6,45	2,7
		C _{2g}	135,0 и более	12,17	7,9	20,07	36,39	4,0	-	10,76	1,4
8	C ₂	A ₁ A ₂	1,5 – 20,0	2,39	1,63	4,02	40,55	5,1	0,9	2,58	1,95
		B ₁	20,0 – 46,0	1,20	1,06	2,26	46,90	6,0	-	1,72	2,35
		B ₂ D	46,0 - 60,0	3,19	7,9	11,09	71,24	4,5	-	1,72	4,7
		D	60,0 и более	1,79	11,32	13,11	86,35	4,6	-	11,19	2,9
9	B ₂	A ₁ A ₂	4,5 – 10,0	7,98	1,63	9,61	16,96	4,6	1,6	1,72	1,5
		A ₂	10,0 – 17,0	2,39	0,49	2,88	17,01	5,3	-	сл	сл
		B ₁	17,0 – 45,0	0,8	2,0	3,0	73,73	5,7	-	12,05	2,8
		B ₂	45,0 – 81,0	1,2	1,06	2,26	49,9	5,6	-	0,86	8,95
		C	81,0 и более	0,8	1,06	1,86	56,99	4,3	-	1,72	1,75
10	B ₂	A ₁ A ₂	5,0 – 14,0	4,78	1,6	6,38	25,08	3,2	3,1	2,15	7,0
		A ₂	14,0 – 29,0	1,8	1,06	2,86	37,06	4,6	-	1,29	3,0
		B ₁	29,0 – 44,0	2,0	1,06	3,06	34,64	5,4	-	1,29	26,55
		B ₂	44,0 – 73,0	1,79	1,06	2,85	37,19	5,1	-	1,29	23,7
		C	73,0 и более	1,2	1,06	2,26	46,9	5,3	-	0,86	14,4

Объекты исследования занимают участки, расположенные в свежих борах и обозначаются как тип условий местопроизрастания A₂. Почвы, расположенные под древостоями данного типа леса, практически не

различаются или различаются, но в незначительной степени. Следовательно, влияние разностей агрохимических показателей почв на рост и развитие растения, в частности, сосны обыкновенной, отсутствует. Для сравнения агрохимических показателей почв в различных типах местопроизрастания нами проведены исследования свежих суборей (B_2) и судубрав (C_2). Отличие почв, в приведенных типах леса, прослеживается в основном по гранулометрическому составу, по химическим же свойствам (емкости катионного обмена, степени насыщенности основаниями, pH, содержанию гумуса в верхних горизонтах почвенного профиля) почвы различаются в незначительной степени. Анализ агрохимических показателей лесных почв (содержание K_2O , P_2O_5) показал, что в более богатых почвах свежих суборей и судубрав содержание подвижного фосфора и обменного калия выше, чем в свежих борах, что может влиять на интенсивность роста сосны обыкновенной. Данное сравнение химических показателей почв в разных типах условий произрастания определило корректность выбора местоположения объектов исследования.

4.2. Распределение особей сосны обыкновенной по диаметру ствола

Распределение особей сосны по диаметру ствола характеризует степень участия особей каждой ступени толщины в формировании популяции. Так как в искусственной популяции сосны обыкновенной особи имеют одинаковый возраст, различие диаметров древесных стволов является несущественным по сравнению с естественными популяциями сосны обыкновенной. Однако, при незначительности расхождения диаметров стволов в изучаемом древостое, для достоверности исследований мы выбрали деревья со средним диаметром ствола. Характеристики диаметра ствола, точность определения и другие статистические показатели приведены в таблице 6, 7, 8.

Таблица 6.

Основные статистические показатели
диаметра древесного ствола на высоте 1,3 м

ПП №	Средняя арифметическая с ошибкой репрезентативности, $M \pm m$, см.	Стандартное отклонение, δ	Коэффициент вариации, V_c , %	Точность опыта, P , %
ПП 1	11,8±0,28	3,95	33,57	2,30
ПП 2	11,2±0,19	2,87	24,80	1,70
ПП 3	11,4±0,22	3,45	30,40	1,97
ПП 5	8,6±0,19	2,64	30,88	2,26
ПП 6	9,3±0,18	3,06	33,04	1,90
ПП 7	14,8±0,27	4,99	33,70	1,82
ПП 8	8,8±0,2	2,99	33,77	2,31
ПП 9	11,5±0,26	3,83	33,24	2,27
ПП 10	10,6±0,23	3,33	31,25	2,14
ПП 11	11,2±0,25	3,61	32,16	2,20
ПП 12	8,9±0,18	2,63	29,49	2,02
ПП 13	10,6±0,18	2,59	24,32	1,66
ПП 14	9,3±0,22	3,20	34,33	2,35
ПП 15	11,7±0,24	3,50	29,89	2,04
ПП 16	15,7±0,24	3,56	22,59	1,54
ПП 17	10,9±0,21	3,08	28,38	1,94
ПП 18	10,6±0,18	2,60	24,47	1,67

Соотношение диаметра ствола между учетными площадями в зависимости от удаленности до лимитирующего источника не устанавливались, так как популяции изучались в диапазоне первых двух классов возраста до 40 лет.

Таблица 7.

Ошибки репрезентативности и достоверность статистических данных

ПП №	Мс (ошибка коэф. вариаций)	Мб (ошибка станд. отклонения)	Мр (ошибка точности)	Достоверность статистических показателей		
				tx	tc	tб
ПП 1	0,0163	0,1914	0,0011	43,48	20,63	20,63
ПП 2	0,0120	0,1348	0,0008	58,84	20,63	20,63
ПП 3	0,0139	0,1585	0,0009	50,64	21,77	21,77
ПП 5	0,0160	0,1369	0,0011	44,16	19,28	19,28
ПП 6	0,0134	0,1248	0,0007	52,51	24,53	24,53
ПП 7	0,0129	0,1904	0,0007	54,96	26,19	26,19
ПП 8	0,0163	0,1443	0,0011	43,32	20,68	20,68
ПП 9	0,0160	0,1850	0,0011	44,01	20,68	20,68
ПП 10	0,0151	0,1608	0,0010	46,81	20,68	20,68
ПП 11	0,0155	0,1746	0,0010	45,48	20,68	20,68
ПП 12	0,0143	0,1272	0,0010	49,59	20,68	20,68
ПП 13	0,0118	0,1251	0,0008	60,14	20,68	20,68
ПП 14	0,0166	0,1548	0,0011	42,60	20,68	20,68
ПП 15	0,0144	0,1693	0,0010	48,94	20,68	20,68
ПП 16	0,0109	0,1718	0,0007	64,75	20,68	20,68
ПП 17	0,0137	0,1489	0,0009	51,55	20,68	20,68
ПП 18	0,0118	0,1257	0,0008	59,79	20,68	20,688

Таблица 8.

Необходимое число наблюдений и доверительный интервал
генеральной совокупности

ПП №	Пороговый уровень доверительной вероятности 1, Число необходимых наблюдений	Пороговый уровень доверительной вероятности 2, Число необходимых наблюдений	Пороговый уровень доверительной вероятности 3, Число необходимых наблюдений	Доверительный интервал генеральной совокупности	
ПП 1	213	835	1473	11,20	12,33
ПП 2	213	835	1473	10,82	11,62
ПП 3	237	929	1639	10,89	11,82
ПП 5	186	729	1286	8,120	8,990
ПП 6	301	1180	2081	8,900	9,640
ПП 7	343	1344	2372	14,25	15,35
ПП 8	214	838	1480	8,410	9,270
ПП 9	214	838	1480	10,98	12,06
ПП 10	214	838	1480	10,17	11,12
ПП 11	214	838	1480	10,72	11,74
ПП 12	214	838	1480	8,540	9,300
ПП 13	214	838	1480	10,27	11,01
ПП 14	214	838	1480	8,870	9,780
ПП 15	214	838	1480	11,22	12,22
ПП 16	214	838	1480	15,23	16,24
ПП 17	214	838	1480	10,42	11,30
ПП 18	214	838	1480	10,25	11,00

Коэффициент вариации изменялся в пределах от $24,32 \pm 0,01\%$ до $33,77 \pm 0,01\%$, что соответствует среднему и повышенному уровню по шкале С.А. Мамаева (Мамаев, 1972) для оценки уровня изменчивости признака. Изменчивость признака на пробных площадях 2, 13, 16, 18 соответствует среднему уровню, на 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17 - соответствует повышенному уровню.

Для всех учетных площадей рассчитан доверительный интервал. Необходимое число исследований, которое обеспечило бы заданную точность 2 % при известных коэффициентах вариаций и трёх пороговых уровнях доверительной вероятности, приведены в таблице 8.

Выбор средней особи по диаметру, оптимальной для проведения исследований и построения математической модели роста, подтвержден статистическими данными.

4.3. Динамика роста популяций сосны в условиях антропогенной нагрузки Нижегородского урбанизированного района.

Изучение роста и развития искусственных популяций сосны обыкновенной в условиях повышенного антропогенного влияния, возможно провести путем исследования древесного ствола. Поскольку модельные особи в исследуемой популяции расположены в идентичных условиях местопроизрастания, рост и развитие изучаемой популяции на незагрязненных территориях должен быть, хронологически относительно возраста, одинаковым. Нами проведены исследования средних особей в искусственной популяции сосны обыкновенной, расположенной в одинаковых почвенно-гидрологических условиях, но на различных расстояниях от источника антропогенного воздействия (рис 7,8,9). Расстояние до пробных площадей измерялось от границы промышленных территорий городов Дзержинска и Нижнего Новгорода.

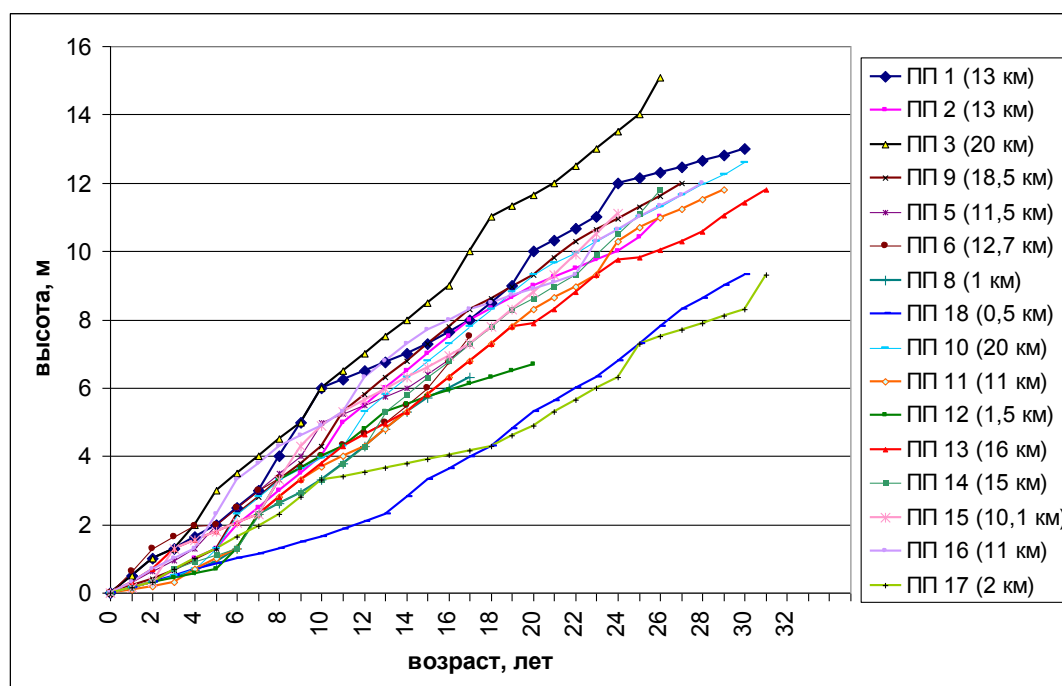


Рис. 7. Динамика роста модельной особи сосны обыкновенной по высоте

Для каждого модельного дерева предложено полиномиальное уравнение, характеризующее динамику роста сосны обыкновенной по высоте (табл. 9).

Таблица 9.

Уравнения корреляции высоты деревьев (у)
с их возрастом (х)

№ учетной площади	Расстояние, км.	Уравнение динамики роста	Коэффициент детерминации R^2
1	13	$y = -0,0034x^2 - 0,5515x$	0,98
2	13,5	$y = 0,0004x^2 + 0,4256x$	0,98
3	20	$y = -0,0011x^2 + 0,593x$	0,98
5	11,5	$y = -3E-05x^2 + 0,4366x$	0,98
6	12,7	$y = 0,0015x^2 + 0,3925x$	0,98
8	1	$y = 0,0095x^2 + 0,2268x$	0,98
9	18,5	$y = 0,0004x^2 + 0,4522x$	0,98
10	20	$y = 0,0003x^2 + 0,4296x$	0,98
11	11	$y = 0,0036x^2 + 0,3227x$	0,98
12	1,5	$y = 0,0012x^2 + 0,3615x$	0,95
13	16	$y = -0,0003x^2 + 0,3949x$	0,99
14	15	$y = 0,0063x^2 + 0,2979x$	0,99
15	10,1	$y = 0,0019x^2 + 0,4094x$	0,99
16	11	$y = -0,0046x^2 + 0,5509x$	0,99
17	2	$y = 0,0031x^2 + 0,2006x$	0,98
18	0,5	$y = 0,004x^2 + 0,1769x$	0,99

Как видно из таблицы 8, полиномиальные уравнения второй степени адекватно характеризуют динамику роста модельного дерева по высоте.

Проведенный анализ полиномиальных уравнений и графиков роста сосны по высоте показывает, что имеется явно выраженная тенденция уменьшения высоты особи в популяции сосны по мере приближения к промышленной зоне г. Дзержинска. Максимальный прирост отмечен на пробной площади № 3 (ПП 3), расположенной на расстоянии 20 км. Минимальный прирост отмечен на загрязненной территории, с заложеной пробной площадью №18 (ПП 18), расположенной в 0,5 км и пробная площадь №17 (ПП 17), расположенная на расстоянии 2 км. Видимые признаки угнетения деревьев проявляются на возвышенностях (ПП 6, ПП 13), расстояние до промышленной зоны 12,7 км и 16 км соответственно. Популяция сосны обыкновенной, где заложена пробная площадь № 1 (ПП 1), по периметру окружена мягколиственным лесом с преобладанием березы, имеет лучшие приросты в сравнении с популяциями, расположенными на большем расстоянии от источника загрязнения.

Динамика роста модельных особей по диаметру ствола на каждой пробной площади представлена на рис. 8.

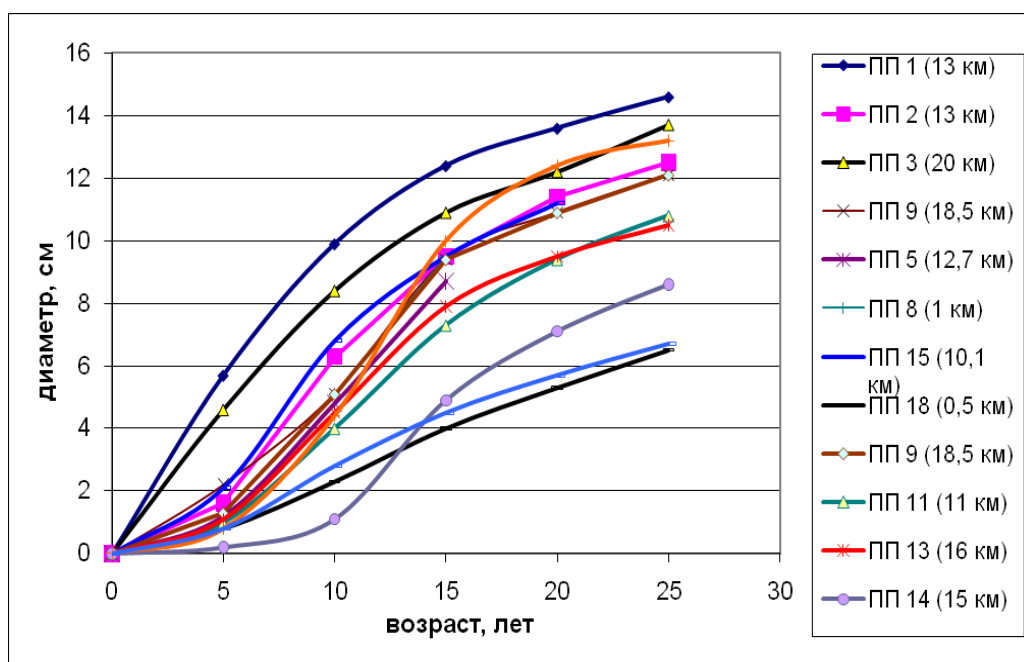


Рис. 8. Динамика роста модельной особи сосны обыкновенной по диаметру

Для каждого модельного дерева предложено полиномиальное уравнение динамики роста сосны обыкновенной по диаметру ствола (табл. 10).

Таблица 10.

Уравнения корреляции диаметра ствола деревьев (y)
с их возрастом (x)

№ пробной площади	Расстояние, км	Уравнение хода роста	Коэффициент детерминации R^2
1	13	$y = 0,0007x^3 - 0,0499x^2 + 1,413x$	0,99
2	13,5	$y = 0,2446x^2 + 4,4296x - 4,91$	0,99
3	20	$y = 0,0004x^3 - 0,0342x^2 + 1,126x$	0,99
5	11,5	$y = 0,0234x^2 + 0,215x$	0,99
6	12,7	$y = 0,0235x^2 + 1,094x$	0,99
8	1	$y = 0,0208x^2 + 0,2774x$	0,98
9	18,5	$y = 0,1732x^2 + 3,8868x - 4,51$	0,96
11	11	$y = 0,0286x^2 + 2,5571x - 3,1$	0,98
12	1,5	$y = 0,0643x^2 + 2,5443x - 3,14$	0,96
13	16	$y = 0,1375x^2 + 3,2796x - 3,81$	0,97
14	15	$y = 0,0014x^3 - 0,0623x^2 + 0,3116x$	0,99
15	10,1	$y = 0,0026x^3 - 0,069x^2 + 0,1956x$	0,99
16	11	$y = 0,0857x^2 + 3,64x - 4,64$	0,94
17	2	$y = 0,0022x^2 + 0,3175x$	0,99
18	0,5	$y = 0,0004x^2 + 0,2446x$	0,99

Анализ динамики прироста диаметра ствола модельных деревьев сосны, отраженной на рис. 8 и в табл.9, свидетельствует, что тенденция уменьшения диаметра с увеличением антропогенной нагрузки не ярко выражена в отличие от динамики роста модельной особи по высоте, хотя наименьшие приросты диаметров (ПП 18 и ПП 17) отмечены на расстоянии до лимитирующего источника 0,5 км и 2 км соответственно. Наибольший прирост диаметра отмечен на пробных площадях ПП 1 и ПП 3, расстояние до лимитирующего источника 13 км и 20 км соответственно. Удаленность популяций от лимитирующего источника играет определяющую роль как в радиальных, так и линейных приростах особей в популяции.

Динамика роста модельных особей по объему ствола на каждой пробной площади представлена на рис. 9.

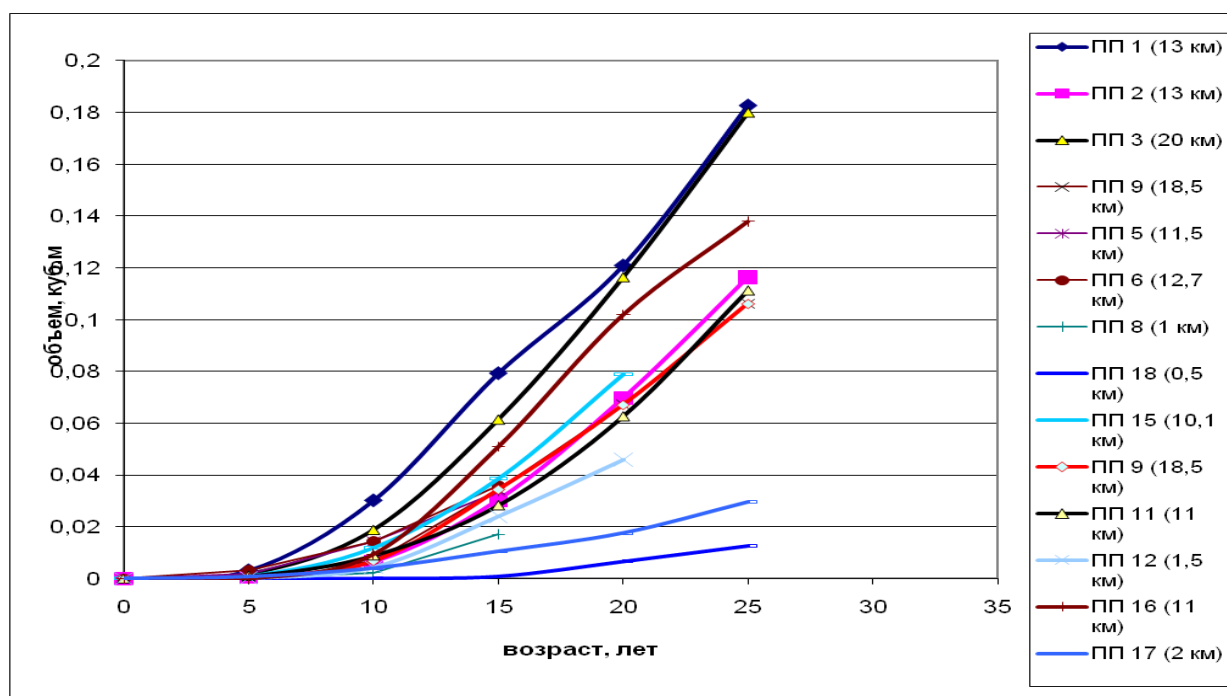


Рис. 9. Динамика роста сосны обыкновенной по объему древесного ствола

Для каждого модельного дерева предложено полиномиальное уравнение динамики роста сосны обыкновенной по объему древесного ствола (табл. 11).

Таблица 11.

Уравнения корреляции объема древесного ствола (у)
с их возрастом (х)

№ учетной площади	Расстояние, км.	Уравнение динамики роста	Коэффициент детерминации R ²
1	13	$y = 0,0002x^2 + 0,0012x$	0,99
2	13,5	$y = 0,0003x^2 - 0,0022x$	0,99
3	20	$y = 0,0004x^2 - 0,0014x$	0,99
5	11,5	$y = 0,0002x^2 - 0,0005x$	0,99
6	12,7	$y = 0,0003x^2 - 0,0011x$	0,99
8	1	$y = 0,0002x^2 - 0,002x$	0,94
9	18,5	$y = 0,0002x^2 - 0,0012x$	0,99
11	11	$y = 0,0002x^2 - 0,0008x$	0,99
12	1,5	$y = 0,0002x^2 - 0,001x$	0,99
13	16	$y = 0,0001x^2 - 0,0006x$	0,99
14	15	$y = 0,0002x^2 - 0,0016x$	0,99
15	10,1	$y = 0,0003x^2 - 0,0014x$	0,99
16	11	$y = 0,0003x^2 - 0,0007x$	0,98
17	2	$y = 6E-05x^2 - 0,0002x$	0,99
18	0,5	$y = 6E-05x^2 - 0,0009x$	0,99

Динамика роста по объему ствола аналогична динамике роста по его диаметру. Отмечена тенденция снижения объема ствола особей в популяции с приближением к источнику загрязнения. Так, минимальный объем ствола зафиксирован у деревьев, растущих на учетных площадях ПП 18 (расстояние 0,5 км от лимитирующего источника) и ПП 17 (расстояние 2 км соответственно). Наибольшие объемы стволов особей зарегистрированы на расстоянии 11 – 20 км от источника загрязнения (ПП 1, 2, 3, 9, 11, 16).

Таким образом, влияние Нижегородского урбанизированного района на популяции сосны обыкновенной выражается в существенном уменьшении прироста по высоте, диаметру и объему. Искусственные популяции сосны обыкновенной, окруженные по периметру мягколиственными лесными полосами, имеют более высокие показатели прироста, а также морфологические признаки органов растений, близкие к признакам, формирующимся в незагрязненной среде произрастания. При изучении параметров древесного ствола установлено, что наиболее характерным параметром, по которому установлена четкая взаимосвязь с удаленностью от лимитирующего источника, является высота ствола дерева. Поэтому для разработки математической модели негативного воздействия на лес и определения зон загрязнения, использовали параметр высоты ствола дерева. Анализ динамики высоты древесных стволов на пробных площадях, в зависимости от расстояния до лимитирующего источника и высоты древесных стволов, привели на рис.10,11. Для наглядности, анализировали эти стволы в пределах отдельных возрастных интервалов возраста 0-5 лет, 5-10 лет, 10-15 лет, 15-20 лет.

Зависимость высоты ствола особей сосны обыкновенной от удаленности до лимитирующего источника отражена на рис. 10,11.

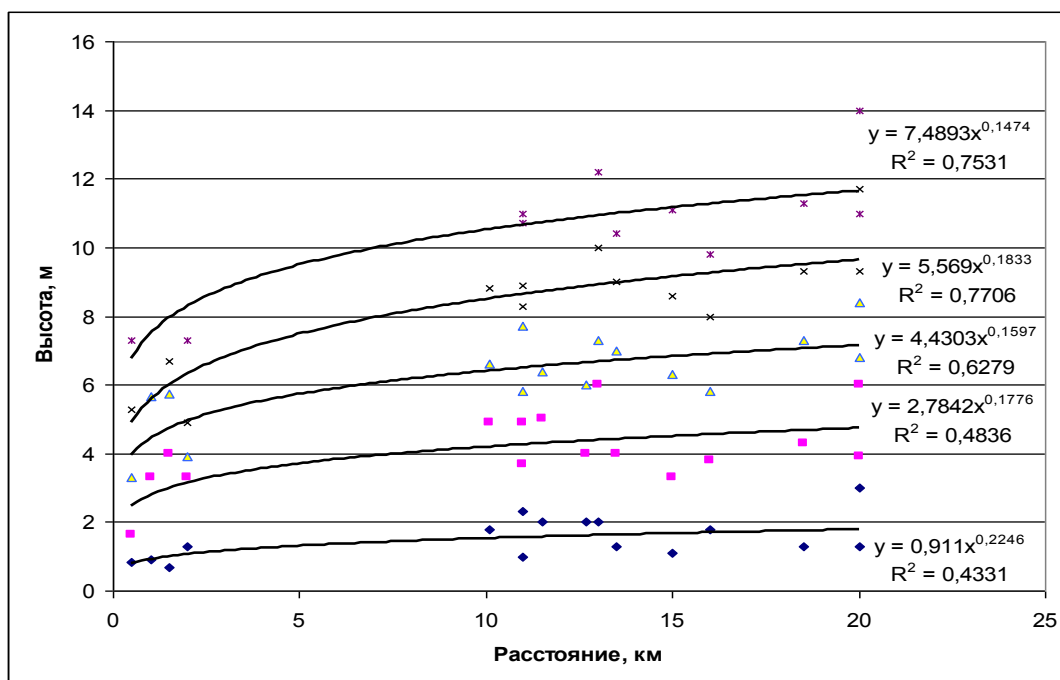


Рис. 10. Зависимость высоты древесного ствола сосны от расстояния до промышленной зоны г. Дзержинска (северо-восточное направление от черты города).

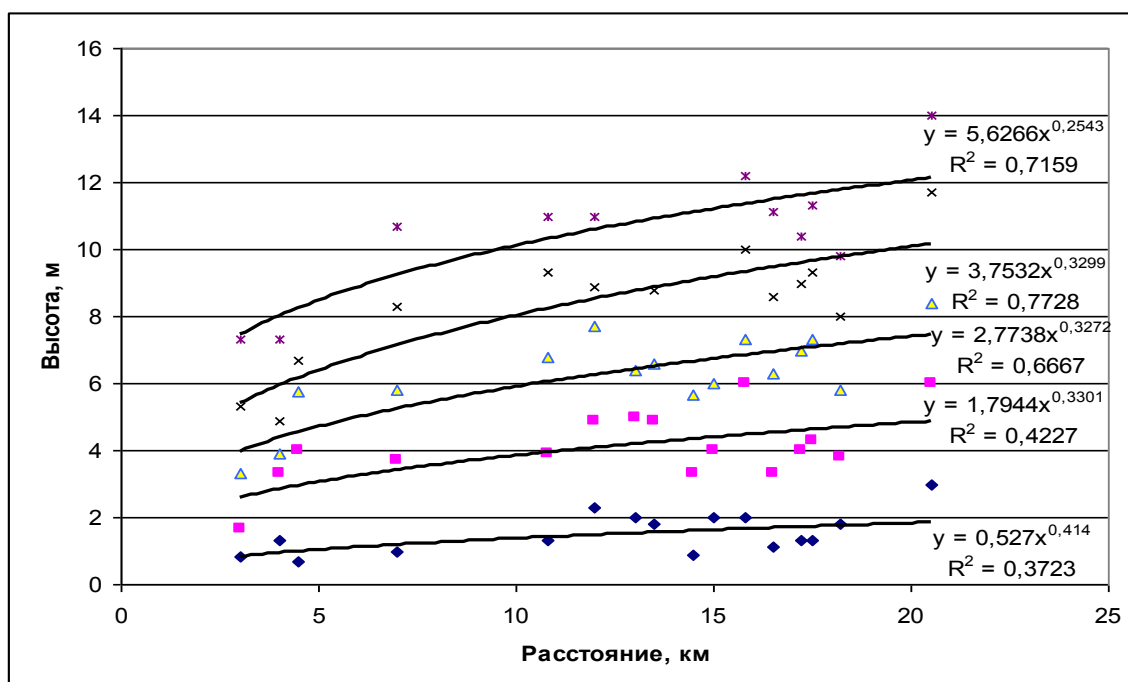


Рис. 11. Зависимость высоты древесного ствола сосны от расстояния до г. Нижнего Новгорода (северо-западное направление от черты города).

Установлено, что зависимость высоты особей в популяции от удаленности до источника загрязнения, в возрастном интервале от одного года до пятнадцати лет слабая. Наблюдается высокая корреляция по высоте

древесного ствола, обусловленная характером расположения популяции и рельефом местности. Зависимость высоты особей в популяции от удаленности до источника загрязнения проявляется достаточно стабильно в возрастных интервалах после двадцати лет (рис. 10,11).

Для составления математической модели интенсивности влияния антропогенной деятельности на лесные экосистемы, нами были выбраны наиболее адекватные уравнения зависимости: это график на рисунке 10 (зависимость высоты популяций сосны обыкновенной в возрасте 20 лет от расстояния до промышленной зоны в направлении северо-востока со степенным уравнением $y=5,569x^{0,1833}$), и график на рисунке 11 (зависимость высоты в возрасте 20 лет от расстояния от Нижнего Новгорода в направлении северо-запада с степенным уравнением $y=3,7532x^{0,3299}$). Для каждого графика были установлены границы существования модели - это минимум и максимум удаленности учетных площадей от лимитирующего источника; данные приведены в таблице 12.

Таблица 12.

Минимумы и максимумы расстояний в математической модели

Значения для направления северо-востока от г. Дзержинск и восточной промзоны, км		Значения для направления северо-запада от г. Нижний Новгород, км	
Min	Max	Min	Max
0,5	20	3	20,5

Для того чтобы математическая модель адекватно отражала зависимость, нами были установлены 4 зоны, определенные в соответствии с группами роста по бонитетам т.е. интенсивности линейного прироста древесного ствола сосны обыкновенной. Все зоны по отношению друг к другу имеют одинаковые интервалы высот древостоя. Для этого установили верхнюю и нижнюю границу высот на выбранных графиках по пересечению линии тренда с минимумами и максимумами расстояний пробных площадей (табл. 13).

Таблица 13.

Границы высот особей в математической модели

Значения для направления северо-востока от г. Дзержинск и восточной промзоны, высота в метрах		Значения для направления северо-запада от г. Нижний Новгород, высота в метрах	
Min	Max	Min	Max
4,9	9,7	5,3	10,2

Для установления интервала зон находим разницу максимального и минимального значения и делим на установленное количество зон, принятое четырьмя. Так, значение интервала направления северо-востока от Дзержинска и восточной промзоны составляет: $(9,7-4,9)/4=1,2$ (метра). Определили границы высот в зонах: зона 1 от 4,9 м до 6,1 м; зона 2 от 6,2 м до 7,3 м; зона 3 от 7,4 м до 8,5 м; зона 4 от 8,6 м до 9,7 м.

Для определения границ зон, переносим вычисленные значения длин древесного ствола с графика (на рисунке 10) по возрастному показателю 20 лет на график зависимости высоты в возрасте 20 лет от удаленности от Нижнего Новгорода в направлении северо-запада и измеряем расстояния до границ зон.

Предложенные модели роста особей сосны обыкновенной нам позволили составить карту интенсивности роста модельных особей сосны обыкновенной с различным уровнем антропогенной нагрузки. Обозначение зон проводилось путем обозначения точек на карте, отражающих одинаковую интенсивность с последующим их соединением в линию. Распределение точек проводилось по зонам, которые обуславливались в процентах угнетения относительно показателя с самым лучшим приростом по высоте в модели. Так выделили 4 зоны по интенсивности роста в высоту: зона 1 по северо-восточному направлению (ширина составляет 0,5-1,5 км), зона 2 (ширина 1,6-4,0 км), зона 3 (ширина 4,1-10,1 км), зона 4 (ширина 10,2-20 км). По северо-западному - зона 1 (ширина 3,0-4,0 км), зона 2 (ширина 4,1-7,5 км), зона 3 (ширина 7,6-11,7 км), зона 4 (ширина от 11,8-17,2 км) (Рис. 12.).

Разработка модели позволила нам наглядно представить масштабы и динамику распространения загрязняющих веществ, как это показано на карте-схеме смоделированных зон роста популяций сосны обыкновенной по высоте (Рис. 12.).

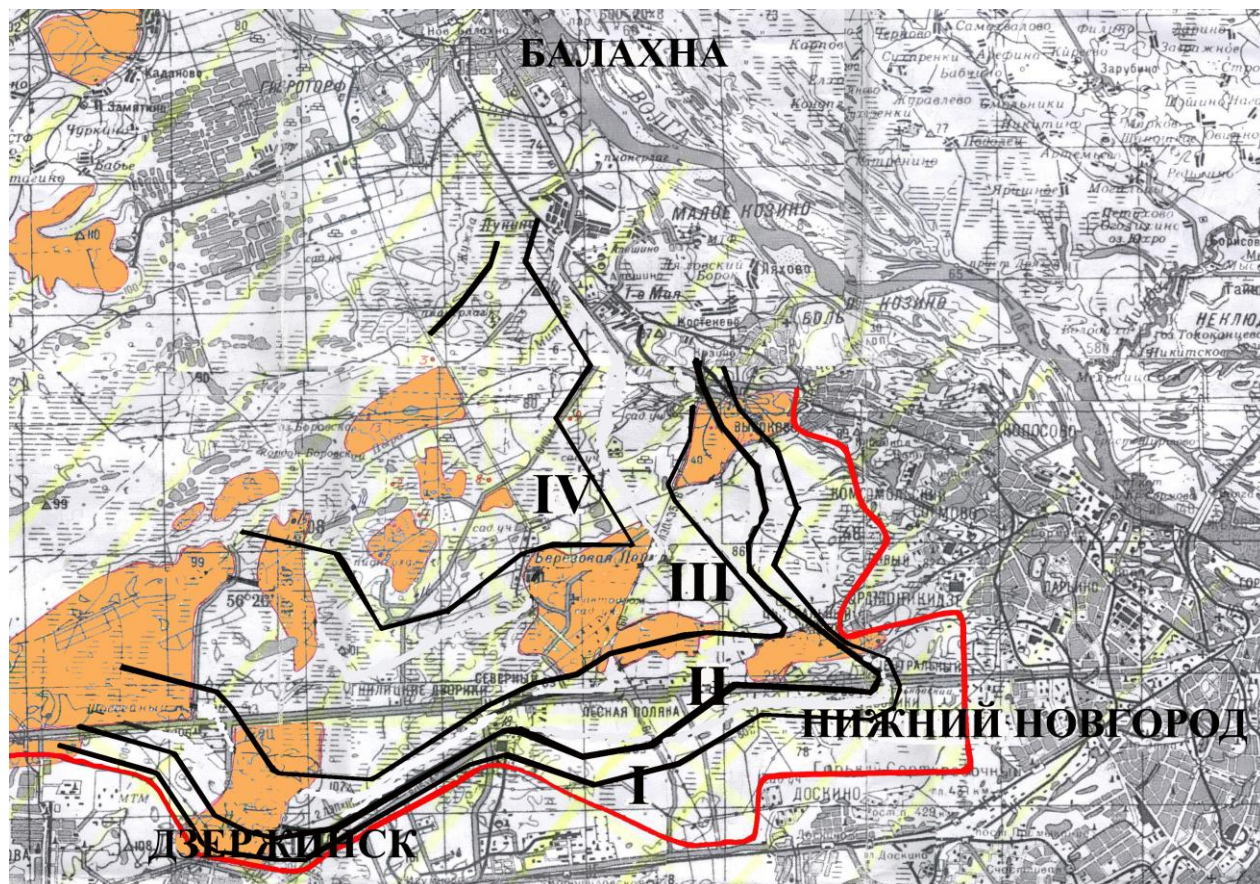


Рис. 12. Зоны интенсивности роста сосны обыкновенной по высоте.

- Граница промышленной зоны
- Границы зон роста сосны

Значение показателя и методика определения антропогенной нагрузки на сосну, позволяет составлять прогнозы роста популяций древесных видов, подверженных антропогенному воздействию на обширных территориях, граничащих с крупными промышленными центрами.

Глава 5. Отклонение в морфологии побегов в зонах промышленного загрязнения

Впервые треххвойность сосны обыкновенной упоминалась в районе Тунгусской аномалии, где обнаружен эффект резкого увеличения числа сосен с морфологической аномалией: треххвойностью пучков иголок. (Плеханов, 2000). Исследования ученых показали, что в 47-летних популяциях сосны наиболее быстрорастущей является форма с устойчивым признаком треххвойности. Кроме того, трёххвойная сосна имеет лучше развитую смолоносную систему хвои и луба, что делает растения более жизнеспособными по сравнению с другими формами сосны (Попов и. др., 1984; Беляев, 2001).

Одной из актуальных экологических проблем современного общества является проблема переработки отходов промышленного производства, в связи с чем были созданы специальные полигоны для переработки и утилизации. Одним из таких полигонов является полигон предприятия ОАО «Корунд» (в дальнейшем полигон) г. Дзержинск Нижегородской области, который расположен в 25км от районных центров Балахнинского и Дзержинского районов, в Козинском лесничестве Балахнинского лесхоза. Площадь полигона - около 16 га. Химическая промышленность в Дзержинске берёт начало с химического завода «Корунд» запущенного в эксплуатацию в 1915 г. Позже, в 1939 г. , запущены предприятия «Оргстекло» и «Капролактам». В годы войны эти заводы производили химическое оружие. На «Корунде» производили фосген, синильную кислоту, желтый фосфор; «Капролактам» производил иприт и люизит; «Оргстекло» производил синильную кислоту. Отходы производства боевых отравляющих веществ захоранивались на спецсвалках, одной из которых является полигон твердых промышленных отходов (Федоров, 1995; Шкодич и др., 2004). Также известно, что такие вещества, как иприт (алкирующие: нитрозометилмочевина, диметилсульфат), являются мутагенами и могут вызывать наследственные изменения, мутации.

В результате исследования морфологии хвои сосны обыкновенной, у растений подверженных воздействию промышленного полигона, была обнаружена треххвойность, имеющая закономерное проявление. По-видимому, нехарактерная для сосны обыкновенной треххвойность является следствием изменения обмена веществ в мистематических тканях развивающегося организма. Выявленная аномалия может выступать индикатором загрязненности окружающей среды.

Установлена зависимость появления треххвойности у сосны обыкновенной от расстояния до источника загрязнения (рис.13).

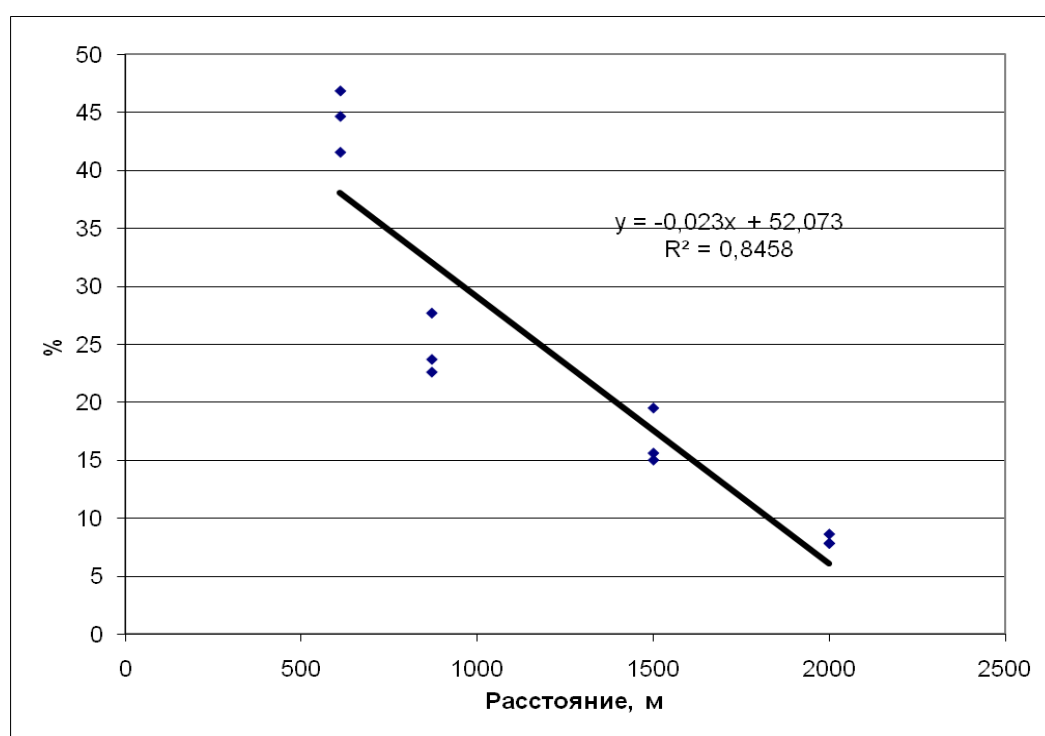


Рис.13. Зависимость числа треххвойных пучков в верхней части кроны (в %) от расстояния до полигона

Связь числа треххвойных пучков на побеге можно выразить линейным уравнением $y = -0,023x + 52,073$, при коэффициенте детерминации $R^2 = 0,84$, где x – расстояние от полигона отходов до пробной площади в метрах. Стабильное проявление треххвойности сосны обыкновенной, вследствие воздействия полигона промышленных отходов, регистрировалось на расстоянии до 2-х км.

Было выявлено, что треххвойные пучки сконцентрированы на ветвях текущего года у вегетативных почек (рис. 14.), наибольшая концентрация пучков наблюдалась у верхушечной почки и учитывалась по длине 15 см от текущей точки роста ствола, а также на ветвях первого порядка. Анализ треххвойности сосны обыкновенной проводился по нескольким учетным деревьям на каждой пробной площади. Данные по количеству и встречаемости трёххвойных пучков приведены в табл. 14.

Таблица 14.

Количество и встречаемость треххвойных пучков
у сосны на разных пробных площадях

№ ПП	ПП 6			ПП 1		ПП 2	ПП 8			ПП 5			ПП 9		
Учетные особи	1	2	3	1	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Расстояние от полигона до пробной площади, м.	610			870		870	1500			2000			4500		
Общее количество пучков хвои на 15 сантиметрах от вегетативной почки, шт.	81	85	84	60	59	72	118	120	102	56	51	63	64	60	62
Количество треххвойных пучков, шт.	38	38	35	13	14	20	23	18	16	7	4	5	0	0	0
Процент треххвойных пучков от общего числа хвоин, %	46,9	44,7	41,6	22,6	23,7	27,7	19,5	15,0	15,6	8,6	7,8	7,8	0	0	0

На всех учетных площадях с выявленной аномалией треххвойности встречаемость особей с треххвойными пучками составила 100%.

Количество треххвойных пучков на побеге варьировалась от 4 до 38 в зависимости от расположения пробной площади относительно полигона твердых промышленных отходов (рис. 14, 15).

Установленный нами массовый характер данного явления может служить подтверждением того, что треххвойность представляет собой не временный эффект. Аналогичная реакция растений на антропогенное воздействие описана некоторыми авторами (Бигон и др., 1989).



Рис. 14. Треххвойные пучки хвои сосны обыкновенной в точках роста



Рис. 15. Побег модельной особи сосны обыкновенной

Треххвойность сосны обыкновенной, предположительно как патология, наблюдалась нами и за пределами установленных границ зоны влияния полигона промышленных отходов, но по ходу преобладающих ветров. На расстояниях 8км, 12км, преимущественно на открытых участках, на возвышенностях под линиями электропередач данное явление проявлялось в несколько иной форме. В целом, молодые особи сосны обыкновенной в возрасте 15 лет и естественного происхождения, выросшие под ЛЭП, имели характеристики древесного ствола без аномалий, приросты, отвечающие условия местопроизрастания, за исключением того, что на некоторых ветвях нами зафиксированы образования хвои, шарообразной формы, диаметром до 15 см (рис. 16, 17). При более детальном исследовании морфологии шарообразных образований было обнаружено, что такой вид им придавали треххвойные побеги (рис. 18), выросшие из центра треххвойных пучков, имевших по одной вегетативной почке.



Рис. 16. Шаровидные, треххвойные образования на сосне обыкновенной под ЛЭП в Лукинском лесничестве, квартале 38.



Рис. 17. Фрагмент побега сосны обыкновенной,
выросшей под линией электропередач



Рис. 18. Фрагмент треххвойных побегов,
выросших из треххвойных пучков

Нами было установлено, что побеги с треххвойными пучками более устойчивы к патогенным организмам, в частности, ржавчине хвои, а также химическими ожогами. При обследовании популяций сосны обыкновенной, подверженных воздействию полигона отходов, установлено, что хвоя на верхних побегах имеет неугнетенный вид относительно общего состояния кроны, отсутствуют химические ожоги, некротические пятна (рис. 19), в сравнении с хвоей на нижних и средних ветвях, которая поражена химическими ожогами и ржавчиной хвои, возбудителем которой являются грибы из рода *Coleosporium*. В результате поражения хвоя частично желтеет, растения отстают в росте (рис. 20, 21, 22). Также замечены очаги склеродерриоза - инфекционной болезни хвойных пород, вызываемой грибом *Brunchorstia pinea* порядка сферопсидных, класса дейтеромицетов с сумчатой стадией *Crumenula abietina*. На некротических участках коры, у основания хвоинок, в течение лета формируются группы тёмно-бурых, почти чёрных округлых шероховато-бородавчатых пикнид, погружённых в общую

строму и выступающих через разрывы покровной ткани (рис. 23, 24) (Лесная энциклопедия, 1986; Справочник по защите леса от вредителей и болезней, 1980).



Рис. 19. Ветвь модельного дерева на учетной площади ПП 5, из верхней части кроны.



Рис. 20. Фрагмент ветви модельного дерева на учетной площади ПП 5,
из нижней части кроны.



Рис. 21. Хвоя с некрозом тканей.



Рис. 22. Фрагмент ветви модельного дерева на учетной площади ПП 8



Рис. 23. Ветвь сосны на учетной площади ПП 8, пораженная склеродерриозом.

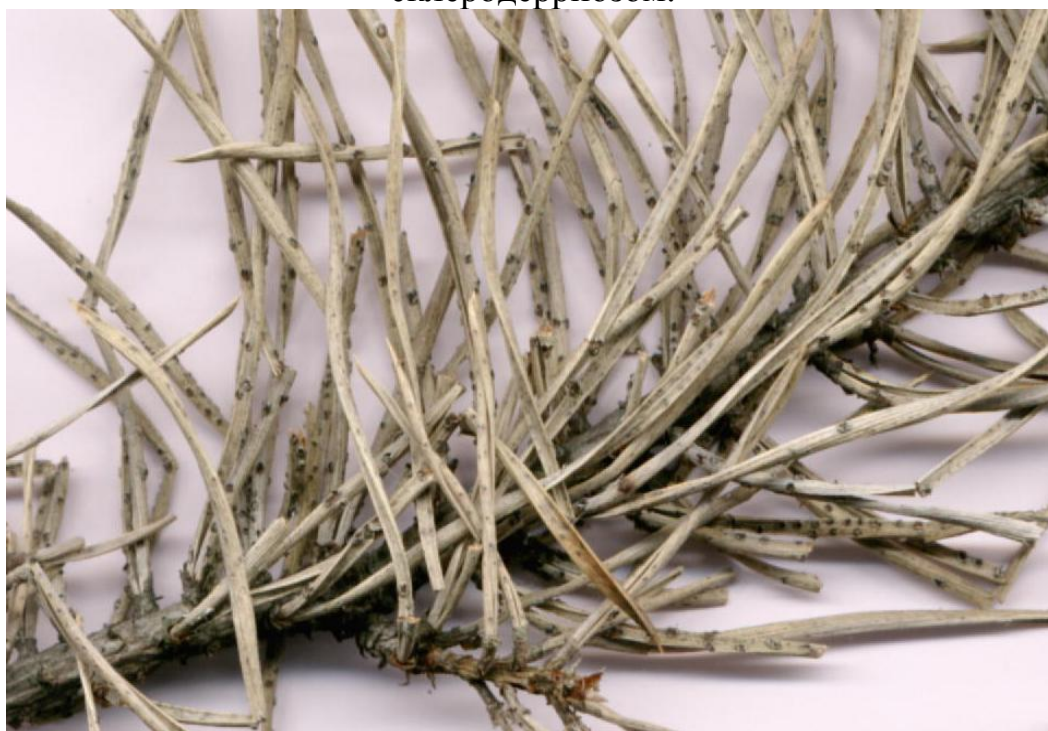


Рис. 24. Фрагмент высохшего побега с учетной площади ПП 5, пораженного склеродерриозом; на хвое видны апотеции.

Параметры длины хвои на учетных площадях, подверженных воздействию полигона твердых промышленных отходов «Корунд», приведены нами ниже (Табл. 15, 16.).

Таблица. 15.

Статистические показатели длины хвои из верхней части кроны

№ учетной площади	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 5	ПП 6	ПП 8	ПП 9
Средняя арифметическая с ошибкой средней величины, см	5,7± 0,02	6,4± 0,03	6,0± 0,03	6,8± 0,05	6,8± 0,05	4,6± 0,02	6,0± 0,03
Станд. откл.	0,31	0,43	0,40	0,63	0,80	0,28	0,46
Коэф. вариации, %	5,53	6,70	6,74	9,25	11,80	5,96	7,73
Точность опыта, %	0,38	0,46	0,44	0,68	0,68	0,41	0,53
Дисперсия	0,09	0,18	0,15	0,39	0,64	0,07	0,21
ПУДИ1	213	213	237	186	301	214	214
ПУДИ2	835	835	929	729	1180	838	838
ПУДИ3	1473	1473	1639	1286	2081	1480	1480
Мс (ошибка коэф. вариаций)	0,0027	0,0032	0,0031	0,0048	0,0048	0,0029	0,0037
Мб (ошибка станд. отклонения)	0,0152	0,0209	0,0186	0,0326	0,0326	0,0134	0,0224
Мр (ошибка точности)	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0003	0,0002	0,0003
Достоверность статистических показателей	tx	263,83	217,78	228,56	147,42	147,05	245,24
	tc	20,63	20,63	21,77	19,28	24,53	20,68
	tб	20,63	20,63	21,77	19,28	24,53	20,68
ДИГС	5,61	6,38	5,94	6,69	6,69	4,59	5,92
	5,7	6,50	6,05	6,90	6,88	4,67	6,05

Коэффициент вариации длины хвои, из верхней части кроны, по шкале С.Д. Мамаева, на пробных площадях ПП1, ПП2, ПП3, ПП8 соответствует очень низкому значению, а на ПП5, ПП6, ПП9 – низкому.

Более длинная хвоя в верхней части кроны характерна для наиболее угнетенных популяций сосны (ПП 6), расположенных на расстоянии 610 м от источника загрязнения. Диапазон длин хвои составил от 5,8 см до 8,9 см, средняя длина $6,8 \pm 0,05$ см. На учетной площади ПП 2, удаленной от источника загрязнения на незначительное расстояние (870 м), диапазон длин хвои составляет от 5,9 см до 7,7 см. Самые низкие параметры длины хвои наблюдаются на учетных площадях ПП 1, ПП 8 расположенных на расстояниях 870 м и 1500 м. Данные популяции расположены на

возвышенностях и визуально характеризуются как угнетенные, средняя длина хвои 4,6-5,7 см. Уменьшения вариации длины хвои в верхней части кроны зафиксированы на пробных площадях ПП 9 и ПП 3, при расстоянии до полигона соответственно 4,5 км и 5 км. Таким образом, с приближением к источнику загрязнения увеличивается дисперсия от 0,39 до 0,64, при средней длине хвои 6,8 см. При удалении от источника загрязнения на расстояние свыше 4,5 км дисперсия составляет 0,15-0,21 при средней длине хвои 6,0 см.

Отклонение длины хвои от нормы (6 см) у особей в популяциях сосны обыкновенной из верхней части кроны служит характерным признаком загрязнения окружающей среды.

Таблица. 16.

Статистические данные длин хвои
из средней части кроны сосны обыкновенной

№ пробной площади		ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 5	ПП 6	ПП 8	ПП 9
Средняя арифметическая с ошибкой средней величины, см		4,6±0,04	5,0±0,03	5,4±0,04	4,4±0,03	4,6±0,04	4,9±0,04	4,5±0,02
Станд. откл.		0,58	0,45	0,68	0,44	0,70	0,57	0,27
Коэф. вариации, %		12,66	9,11	12,67	9,96	15,26	11,65	5,93
Точность опыта, %		0,87	0,62	0,82	0,73	0,88	0,80	0,41
Дисперсия		0,32	0,20	0,46	0,19	0,49	0,30	0,07
ПУДИ1		213	213	237	186	301	214	214
ПУДИ2		835	835	929	729	1180	838	838
ПУДИ3		1473	1473	1639	1286	2081	1480	1480
Мс (ошибка коэф. вариаций)		0,0061	0,0044	0,0058	0,0052	0,0062	0,0056	0,0029
Мб (ошибка станд. отклонения)		0,0280	0,0220	0,0311	0,0229	0,0286	0,0277	0,0130
Мр (ошибка точности)		0,0004	0,0003	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0002
Достоверность статистических показателей	tx	115,28	160,22	121,54	136,86	113,66	125,51	246,73
	tc	20,63	20,63	21,77	19,28	24,53	20,68	20,68
	tб	20,63	20,63	21,77	19,28	24,53	20,68	20,68
ДИГС		4,47	4,92	5,26	4,36	4,50	4,83	4,48
		4,64	5,05	5,44	4,51	4,67	5,00	4,56

Коэффициент вариации длины хвои из средней части кроны, по шкале Мамаева, на учетной площади ПП9 соответствует очень низкому значению, на учетных площадях ПП1, ПП2, ПП3, ПП5, ПП8 – низкому, а на учетной площади ПП 6 - среднему. Хвоя из средней части кроны у особей в популяции, расположенной на расстоянии 610 м, имеет среднюю длину ($4,6 \pm 0,04$ см), что на 33 % меньше длины хвои, чем из верхней части кроны. Более высокие показатели длины хвои наблюдаются на учетной площади ПП 3 и составляют $5,4 \pm 0,04$ см, что на 10 % меньше чем длина хвои из верхней части кроны. На остальных учетных площадях длина хвои находилась в пределах от 4,4 см до 5,0 см.

На загрязненных территориях хвоя из верхней части кроны имеет более высокие параметры длины в сравнении с контрольными учетными площадями. При отсутствии антропогенного воздействия треххвойность отсутствует. Морфологические признаки хвои близки к типичным. По нашим наблюдениям на учетных площадях, по всей территории Балахнинской низменности, наблюдается общая тенденция увеличения длины хвои в верхней части кроны с приближением популяции к источнику загрязнения. На учетных площадях, расположенных в непосредственной близости от промышленной свалки, длина хвои находится в диапазоне 6,69 - 6,68 см, на удалении 5 км длина хвои составляет 5,92 - 6,05 см. Хвоя из средней части кроны имеет меньшую вариацию средних значений длины - 4,36 - 5,05 см. Это может быть связано с общим угнетением особи в следствии антропогенной нагрузки, продолжительность жизни хвои уменьшается. Следовательно, распределение жизненных ресурсов организма направленно на развитие точек роста, чем и обусловлена длина хвои в верхней части кроны.

Наблюдения за состоянием популяций сосны обыкновенной, подверженных загрязнению, в частности, изучение явления треххвойности, может быть использовано для мониторинга загрязнения окружающей среды. Комплексная оценка и анализ состояния популяций сосны в конкретных

условиях загрязнения, в частности, в районе полигона твердых промышленных отходов «Корунд», позволяет разработать эффективные меры в защите экосистем в урбанизированных районах. В частности, при исследованиях популяций сосны обыкновенной, находящихся в зоне воздействия антропогенных факторов, но окруженных лиственными лесами наблюдается меньшее угнетение и гибель деревьев. Следовательно, создание защитных лиственных полос, повысит устойчивость популяций сосны обыкновенной. Характерными признаками неблагополучного состояния окружающей среды и, особенно, газового состава атмосферы служат появление разного рода хлорозов и некрозов, уменьшение размеров ряда органов (длины хвои, побегов текущего года, прошлых лет, их толщины). Все эти признаки специфичны для сосны обыкновенной, и в совокупности дают объективную картину, характеризующую состояние окружающей среды.

Глава 6. Депонирование углерода популяциями сосны обыкновенной, подверженными воздействию промышленных загрязнений.

Одной из актуальных экологических проблем является глобальное потепление климата. Рост температуры может вызвать необратимые процессы на планете. Как известно, растения являются стабилизаторами негативных антропогенных явлений. Развитие древесных видов находится в тесной взаимосвязи с окружающей средой. Крупные промышленные города являются не только источниками выбросов парниковых газов, но и веществ, оказывающих неблагоприятное влияние на лес. При угнетающих условиях в растениях изменяется обмен веществ, который в свою очередь проявляется как изменение интенсивности роста органов растений. Следствием этого является снижение поглощения оксида углерода. По состоянию на 1 января 2009 г. общая площадь государственного лесного фонда Нижегородской области составила 3,8 млн. га. Лесистость – 47,8%, причем в северных районах она поднимается 60-70%, а в южных составляет 15-20%, снижаясь до 4-5% на юго-востоке области. Это связано с неравномерным размещением лесов. Леса Нижегородской области составляют 0,33% от общей площади лесного фонда России, по покрытой лесом площади 0,42%.

Знание лесоустроительных материалов, лесоводственных и экологических методик, а также выполненных работ, позволило нам создать модель депонирования углерода лесами, подверженными антропогенному воздействию. Для составления такой модели мы применили рост популяции сосны обыкновенной как преобладающий вид древесной растительности на территории Нижегородской области. Например, популяция сосны обыкновенной депонирует n -ое количество CO_2 , но в разных типах условий местопроизрастания интенсивность роста особей вида неодинакова. Мы применили константы депонирования CO_2 , вычисленные опытным путем в результате закладки учетных площадей и вычисления биопродуктивности популяции. За эталонную единицу депонирования в популяциях сосны обыкновенной нами приняты сосняки с типом условия местопроизрастания

А₂, I и Ia класса бонитетов, которые отражают биопродуктивность древостоя на единицу площади (пример табл. 17).

Таблица 17.

Динамика роста сосны обыкновенной в
Приволжском лесорастительном районе (по: Моисеев, 1971)

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	м ³ на 1 га	
			Запас древесины	Средний прирост м ³ /га
Ia класс бонитета				
5	1,8	3,0	14	2,80
10	4,6	5,2	55	5,50
15	7,7	7,6	110	7,33
20	10,3	10	166	8,30
I класс бонитета				
10	3,5	4,3	37,0	3,70
15	6,2	6,5	83,0	5,53
20	8,5	8,5	127,0	6,35

Зная прирост, динамику площадей по возрастам и классам бонитета, можно определить долю сухого вещества, из которой вычислим массу депонированного углерода в древесине на всей площади.

Например: при площади всех 10-ти летних сосновых популяций I класса бонитета X гектар, прирост - 3,7 м³/га в год. Нами предложено следующее уравнение для вычисления средней массы углерода древесины в килограммах:

$$C = 0,495 \times 3,7 \times \lambda \times X;$$

где: C - расчетное среднее содержание углерода, кг.;

При построении модели нами принято:

- 0,495 - процентное содержание углерода по массе в древесине. Абсолютно сухая древесина в среднем содержит 49,5% углерода, 44,1% кислорода, 6,3% водорода, 0,1% азота (Никитин, 1962).

- 3,7- средний прирост м³/га I класса бонитета в возрасте 10 лет. (см. табл.6).

- λ – плотность сухого кубометра древесины;

- X- площадь популяции изучаемого возраста и класса бонитета;

Соответственно масса депонированного углерода на 1 га будет $\frac{C}{X}$;

Так как плотность сырой древесины сосны равна 500 кг/м³, а плотность сухой 480 кг/м³, то из 1 кг сырой древесины получим 0,96 кг сухой (Древесина. Показатели физико-механических свойств, 1962). В конечном итоге получили модель, адаптированную для вида сосна:

$$C = 0,495 \times 3,7(\text{м}^3 / \text{га}) \times 480(\text{кг} / \text{м}^3) \times X(\text{га}) = 237,6 \times 3,7(\text{м}^3 / \text{га}) \times X(\text{га});$$

Уравнение преобразованной модели для сосны будет следующим:

$$C = 237,6 \times M \times X;$$

где: 237,6 – вычисленная нами постоянная величина для моделирования биопродуктивности сосны,

M – средний прирост м³ на 1 га.

Данная модель позволяет вычислить массу депонированного углерода всех популяциях сосны обыкновенной в изучаемом районе.

1 кг углерода соответствует 83,65 моль, объем СО₂, содержащий 1 кг углерода равен 1864,8 л. Поскольку древесина других видов имеет другую плотность, модель не применима для других древесных видов. Модель ограничивается точностью определения приростов древесины. Средние приросты могут быть за 1 год и за 5 лет.

Нами определены объемы поглощенного углерода на заложенных учетных площадях и популяциях. Предварительно была вычислена сумма объемов стволов особей в популяции.

Так, например, 1 га древостоя в популяции, где заложена учетная площадь ПП 3, депонировал 27324 кг углерода, что равняется поглощенному диоксиду углерода СО₂ объемом равным: $1864,8(\text{л} / \text{кг}_\text{с}) \times 27342 = 50987,3$ тыс. л.

Сопоставляя визуальную оценку популяций сосны обыкновенной, установили, что наилучшие приросты, а значит и больший объем поглощенного углерода, наблюдается на учетной площади ПП 3, наихудший - на ПП 8 и ПП 12.

При анализе динамики роста модельных особей сосны обыкновенной в урбанизированных территориях Балахнинской низменности были получены данные величины объемов ствола особей в зависимости от близости к источнику загрязнения (рис.25). Для создания математической модели мы выбрали наиболее адекватные зависимости объемов модельных деревьев на участках с разной удаленностью от источника загрязнения.

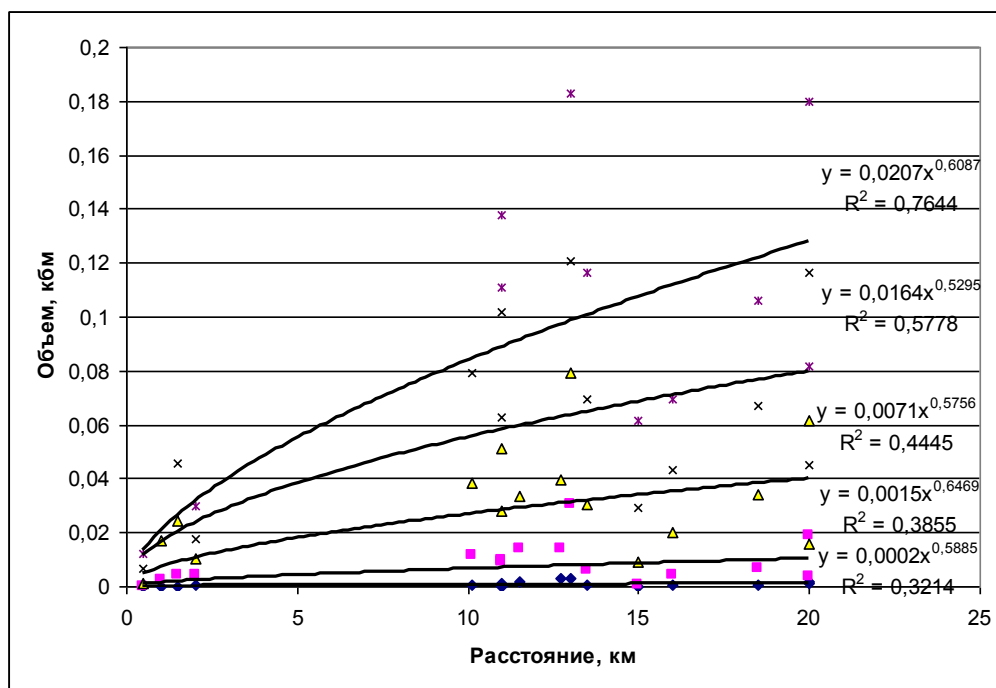


Рис. 25. Зависимость объема модельной особи сосны обыкновенной, по пятилетиям, от промышленной зоны в направлении северо-востока.

Данный график отражает зависимость биомассы популяций сосны обыкновенной в возрасте 25 лет от расстояния до промышленной зоны в направлении северо-востока с степенным уравнением $y=0,0207x^{0,6087}$. По графику установили границы работы модели: минимум и максимум удаленности учетных площадей (min-0,5 км, max-20 км). Определили верхнюю и нижнюю границу объема ствола модельной особи сосны (min-0,0125 м³, max-0,128 м³) на выбранном графике по пересечению линии тренда с минимумами и максимумами расстояний учетных площадей.

Учитывая установленную функциональную зависимость объемов древесного ствола тестируемых растений от расстояния до промышленных центров, получили математическую модель депонирования углерода

популяциями сосны обыкновенной, подверженными антропогенной нагрузке:

$$C = 237,6 \times 0,0207x^{0,6087};$$

При построении модели нами принято:

- x- удаленность популяции от источника загрязнения, км;

По данной модели представили расчетные и фактические значения депонированного углерода модельных особей на учетных площадях в таблице 18.

Популяции сосны обыкновенной на загрязненных поллютантами территориях не могут в полном объеме выполнять экологические функции. Поэтому недостаточно просто создание искусственных популяций на таких территориях, необходимо лесоводственными и экологическими методами повышать их устойчивость.

Таблица 18.

Данные значений фактического и расчетного содержания депонированного углерода

№ ПП	Расстояние, км	Фактический объем, кбм	Вычисленный объем, кбм	Фактическое содержание углерода в модельной особи, кг	Расчетное содержание углерода в модельной особи, кг
пп1	13	0,1827	0,099	43,41	23,5224
пп2	13,5	0,1164	0,101	27,66	23,9976
пп3	20	0,1799	0,128	42,74	30,4128
пп9	18,5	0,1062	0,122	25,23	28,9872
пп10	20	0,0815	0,128	19,36	30,4128
пп11	11	0,1111	0,089	26,40	21,1464
пп13	16	0,0694	0,112	16,49	26,6112
пп14	15	0,0617	0,107	14,66	25,4232
пп16	11	0,1379	0,089	32,77	21,1464
пп17	2	0,0296	0,031	7,03	7,3656
пп18	0,5	0,0125	0,0125	2,97	2,97

Проведенные исследования по депонированию углерода популяциями сосны обыкновенной в Балахнинской низменности, подверженными антропогенному воздействию, выявили устойчивую регрессию прироста древесных стволов по объему. Данная регрессия выражена математической моделью $C=237,6 \times 0,0207x^{0,6087}$. По предложенной модели вычислили содержание углерода в модельных особях. Депонирование углерода древесных видов находится в прямой зависимости с приростами древесного ствола. Расчет показал, что наименьшие приросты по объему, а следовательно, и наибольшая регрессия зафиксирована на пробных площадях ПП18, ПП17, расположенных на расстоянии двух километров от источника загрязнения. Прирост по объему древесного ствола интегрально характеризует степень воздействия антропогенных факторов на популяцию.

Глава 7. Характеристика зон антропогенного воздействия на популяции сосны обыкновенной в Балахнинской низменности

Описание и выделение зон антропогенного воздействия на популяции сосны обыкновенной в Балахнинской низменности проводились согласно вышеуказанной методики. Степень воздействия оценивалась по пятибалльной шкале. Зоны на карте условно обозначили А, В, С, D, Е, где зона «А» имеет наивысшую степень угнетения популяций, зона «Е» - наименьшую.

Зона «А» характеризуется погибшими популяциями вследствие химического загрязнения. Данная зона выделена в Балахнинском районном лесничестве Козинском участковом лесничестве квартале 64 на площади около 4 га (Рис. 26, 27).



Рис. 26. Окрестности полигона отходов «Корунд»

Популяция сосны обыкновенной в зоне «А». Техногенная пустыня.



Рис. 27. Окрестности полигона отходов «Корунд»
Погибшая популяция сосны обыкновенной в зоне «А»

Зона «В» характеризуется усыхающими популяциями, у которых усыханием охвачено более 1/3 верхней части кроны, в оставшейся живой кроне охвоение побегов очень редкое. Хвоя отсутствует на побегах 2-3 годов. В наших исследованиях зона не обнаружена.

Зона «С» характеризуется сильно ослабленными популяциями, кроны туповершинные или суховершинные, продолжительность жизни хвои 1-2 года. Охвоение на побегах 2-го года очень редкое. На побегах 3-4 года хвоя отсутствует. Выделена зона в Дзержинском районном лесничестве Игумновском участковом лесничестве в кварталах 81, 73, 74, 109, 63, 52, 64, 108, 53, 65, 41, 54, 66, 42, 55, 67, 43, 56, 68, 75 на площади 1000 га. Также - в Дзержинском участковом лесничестве в кварталах 47, 48, 53, 61 на площади 150 га. Пример зоны «С» приведен на рисунке 28.



Рис. 28. Популяция сосны обыкновенной в зоне «С»

Зона «D» характеризуется ослабленными популяциями, крона островершинная или притупленная, продолжительность жизни хвои 2, редко 3 года, на побегах 3-го года охвоение очень редкое, на побегах 4-го года хвоя отсутствует. Выделена зона в Джержинском участковом лесничестве в кварталах 49-51, 44-56, 48-60, 61-64, 43-49, 14-17, 21-25, 28-33, 36-41, 3, 4, 11, 19, 3, 6; Игумновском участковом лесничестве 34, 35, 36, 47, 48, 59, 7, 1, 15, 28 на площади 5200 га.; в Балахнинском районном лесничестве; в Московском участковом лесничестве в кварталах 54, 55, 56, 57, 50, 5-8, 16-20, 31-33, 43-45, 51-53; Козинском участковом лесничестве в кварталах 23, 24, 37, 38, 54, 55, 70, 72, 66, 67, 29, 30, 31, 46; Нижегородский лесхоз Сормовское лесничество квартала (39-41, 56-58, 73-75 кварталы, вышедшие из состава Козинского участкового лесничества Балахнинского районного лесничества), (12-14, 25-27, 40-42, 50 кварталы вышедшие из состава Московского

участкового лесничества Балахнинского районного лесничества; Бурцевское участковое лесничество Балахнинского районного лесничества квартала 131-135, 138-142; Правдинское участковое лесничество Балахнинского районного лесничества 76-82, 1-12. Таким образом, зона «D» выделена на площади 7500 га. Пример популяции в зоне «D» Приведен на рисунке 29.



Рис. 29. Популяция сосны обыкновенной в зоне «D»

Зональное представление популяций сосны обыкновенной по состоянию позволило наглядно представить масштабы негативного воздействия антропогенной деятельности человека, наглядно проиллюстрировало принципы распространения поллютантов в пространстве. По обследованным древостоям сосны обыкновенной составлена карта, в которой показаны зоны охвата загрязнения по состоянию кроны особей (Рис. 30).

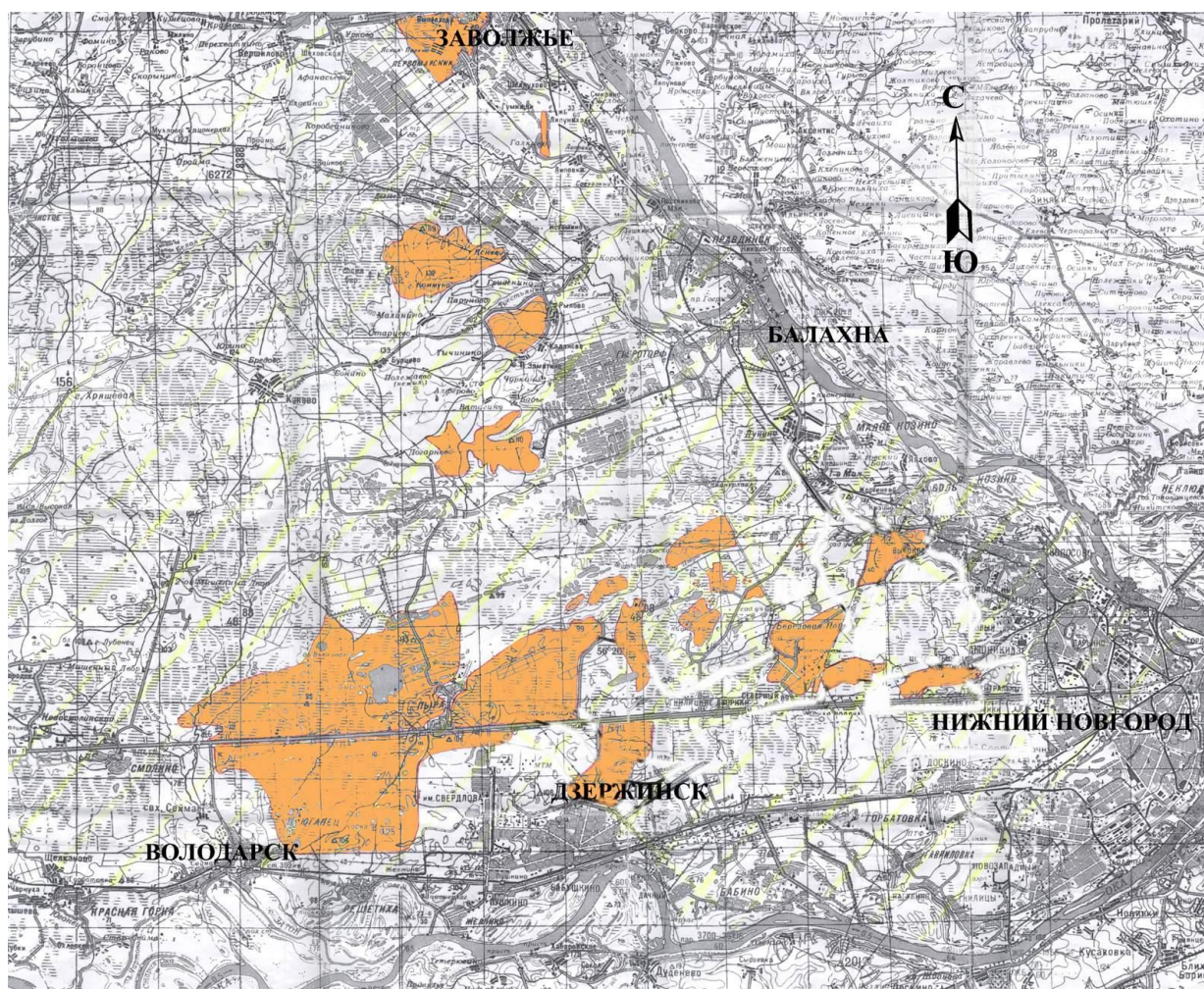


Рис.30. Схема расположения зон с различной степенью повреждения хвой

Установлено, что лесные фитоценозы сосны обыкновенной, имеющие примесь березы или окруженные лиственными видами, имеют более высокую устойчивость к неблагоприятным воздействиям, чем чистые по составу леса при идентичной антропогенной нагрузке.

Выводы

1. Комплекс антропогенных факторов, связанных с деятельностью промышленных предприятий городов Нижний Новгород, Дзержинск, Балахна и полигонов захоронения твердых промышленных отходов, оказывает негативное воздействие на искусственные популяции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Уменьшение параметров биометрических показателей древесного ствола сосны на участках, расположенных вблизи источников загрязнения, составило: по высоте древесного ствола 55 %, по бьему 94,3 %, по диаметру 57 % от значений на контрольной площади. При этом существует достаточно тесная связь величины прироста по линейным параметрам стволов с расстоянием от источников загрязнения, характеризуемая функциональной зависимостью $y=5,569x^{0,1833}$.

2. Количественные оценки снижения показателей роста деревьев сосны обыкновенной позволили разработать модель их реакции на удаленность от промышленных зон урбанизированного района, которая адекватно описывает изменение показателей роста искусственных популяций сосны в зависимости от плотности загрязнения для Балахнинской низменности. Напряженность антропогенного фактора снижается по мере удаления от источника загрязнения, что вызвано расширением площади распространения фиксированного количества поллютантов.

3. По математической модели вычислена антропогенная нагрузка на искусственные популяции сосны обыкновенной и составлена карта зон Балахнинской низменности по интенсивности роста деревьев. В северо-восточном направлении от источника загрязнения распространяется: зона 1, протяженностью 0,5...1,5 км; зона 2, протяженностью 1,6...4,0 км; зона 3, протяженностью 4,1...10,1 км; зона 4, протяженность 10,2...20,0 км. В северо-западном направлении от промышленной территории городов Нижний Новгород и Дзержинск выделенные зоны имеют протяженность: зона 1 – 3,0...4,0 км; зона 2 – 4,1...7,5 км; зона 3 – 7,6...11,7 км; зона 4 – 11,8...17,2 км.

4. Сосна обыкновенная обладает четко выраженной дендроиндикационной способностью, проявившейся в образовании большого числа трёххвойных пучков и возрастании дисперсии длины хвои под влиянием загрязнителей. Частота образования на побегах аномальных пучков хвои в зависимости от расстояния до источника загрязнения описывается уравнением $y = -0,023x + 52,073$.

5. Углерододепонирующая способность популяций сосны обыкновенной, подверженных антропогенному воздействию в пределах Балахнинской низменности, уменьшается, что выражается в устойчивом снижении прироста древесных стволов по объему древесины. Зависимость этого показателя от расстояния до промышленной территории описывается математической моделью $C = 237,6 \times 0,0207x^{0,6087}$. Прирост по объему древесного ствола интегрально характеризует степень воздействия антропогенных факторов на искусственные популяции сосны обыкновенной.

6. По морфологическим особенностям и продолжительности жизни хвои сосны обыкновенной на территории Балахнинской низменности составлена схема расположения зон с различным уровнем санитарного состояния лесных насаждений: зона погибших популяций; зона сильно ослабленных популяций; зона ослабленных популяций. Выделение зоны техногенной пустоши свидетельствует о наличии загрязняющих веществ, концентрации которых губительны для древесных растений.

Литература

1. Абатурова, М.П. Дифференциация симпатрических популяций сосны обыкновенной в контрастных условиях произрастания/ М.П. Абатурова // Лесоведение. – 1988. – № 1. – С. 10 – 16.
2. Аболин, Р.И. Болотные формы *Pinus sylvestris* L./ Р.И. Аболин // Труды Бот. Музея Академии наук. – 1915.– Вып. 14.– С. 62 – 84.
3. Актуальные проблемы рекреационного лесопользования. Материалы международной научной конференции, Москва, 2007.
4. Альбенский, А. В. Селекция древесных пород и семеноводство / А.В. Альбенский, Уч. пособ. – М.–Л.: Гослесбумиздат, - 1959. – 306 с.
5. Альбенский, А.В. Сельское хозяйство и защитное лесоразведение / А.В. Альбенский. – М.: Колос, - 1971. – 280 с.
6. Альбенский, А.В. Защитное лесоразведение в нечерноземной зоне / А.В. Альбенский. – М.: Россельхозиздат, - 1977. – 55 с.
7. Алексеев, В.А. Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем / В.А. Алексеев // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение Л.: Наука, 1990. - С. 38 - 54.
8. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В.А. Алексеев // Лесоведение. - 1989. - № 4. - С. 51 - 57.
9. Алехин, В.В. Растительность СССР в основных зонах. / В.В. Алехин // Второе издание. – М.: Советская наука. – 1951. – 512 с.
10. Алехин, В.В. Объяснительная записка к геоботаническим картам бывшей Нижегородской губернии. / В.В. Алехин – Л., 1935. – 67 с.
11. Альбенский, А. В. Селекция древесных пород и семеноводство: / А.В. Альбенский//Уч. пособ. – М.–Л.: Гослесбумиздат, - 1959. – 306 с.
12. Аникеев, Д. Р. Сопряженная изменчивость и наследуемость признаков женской генеративной сферы сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения / Д. Р.Аникеев // Лесоведение. - 2000. - № 4. С. 56 – 62.

13. Антанайтис, В.В. Прирост леса./ В.В. Антанайтис, В.В. Загреев - М.: Лесная промышленность, 1981. - 210 с.
14. Антанайтис, В.В. Особенности наблюдений за производительностью деревьев как элемента мониторинга состояния лесов. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, / В.В. Антанайтис. Л., 1983. - т. 6, - с. 33 - 45.
15. Анучин, Н.П. Лесная таксация. / Н.П. Анучин, М.: Гослесбумиздат 1960.
16. Арефьев, С.П. Оценка устойчивости кедровых лесов Западно-Сибирской равнины / С.П. Арефьев // Экология. 1997. - № 3. - С. 149 – 157.
17. Арефьев, С.П. Оценка устойчивости леса в дендрохронологических рядах / С.П. Арефьев // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001. - С. 83 – 87.
18. Ахмеров, А.М. О динамике прироста сосны обыкновенной в вегетационный период / А.М. Ахмеров// Лесной журнал. – 1967. – № 5. – С. 55 – 59.
19. Ахромейко, А.И. Физиологическое обоснование разведения сосны в степях/ А.И. Ахромейко// Бузулукский бор. – М. –Л.: Гослесбумиздат, 1950. – Т. 3. – 264 с.
20. Бабич, Н.А. Возрастная динамика надземной фитомассы посевов сосны [Текст] / Н.А. Бабич, Д.Н. Клевцов, Д.В. Локов // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сб. научных трудов. – Архангельск, 2007. – Вып. 10. – С. 82–85.
21. Бабич, Н.А. Запасы надземной фитомассы *Pinus sylvestris* L. в сосняках черничном и брусничном искусственного происхождения [Текст] / Н.А. Бабич, Д.Н. Клевцов, Д.В. Локов // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сб. научных трудов. – Архангельск, 2007. – Вып. 73. – С. 6–10.
22. Бабич, Н.А. Депонирование углерода в южнотаёжных сосняках искусственного происхождения [Текст] / Н.А. Бабич, Д.Н. Клевцов, Д.В.

Локов, Г.А. Дементьев, Д.А. Гороздей // Экологические проблемы Севера: Межвузовский сб. научных трудов. – Архангельск, 2008. – Вып. 11. – С. 37–39.

23. Бабушкина, Л.Г. Экологическое состояние лесных насаждений в зоне фторсодержащих промышленных выбросов / Л.Г.Бабушкина, Г.В. Зуева, Н.А. Луганский, Н.В. Марина, Г.Н. Новоселова, Л.А. Наумова, Т.Ф. Коковина, Н.М. Шебалова, И.П. Степанова, Н.В. Фалько, Т.Н. Суменкова, Л.И. Симонова, И.А. Ужегова// Экология. 1993. – № 1. – С. 26 – 35.

24. Баженов, А.В. Оценка степени поражения фотосинтеза сосны обыкновенной аэротехногенными выбросами / А.В. Баженов, Ю.А. Шевнин // Экология. –1994. – № 4. – С. 89 – 91.

25. Баканина, Ф.М. Развитие учения о зональности природы и современные научные исследования / Ф.М. Баканина // Учение о зонах природы на переломе тысячелетий. Н.Новгород. - 2001. - С.14-32.

26. Балмаев, Л.И. Особенности биохимической адаптации сосны обыкновенной на верховом болоте / Л.И. Балмаев // Лесоведение. – 1988. – № 6. – С. 55 – 63.

27. Барановский, В.В. Воздействие аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров на сосновые насаждения (на примере Каменск-Уральского промышленного района): автореф. дис. канд. с.-х. наук: 06.03.03/ Барановский Вячеслав Валерьевич. – Екатеринбург, 2005. – 22 с.

28. Барткявичус, Э. Некоторые закономерности роста сосновых древостоев при различном уровне загрязнения природной среды Каунас. / Э. Барткявичус. // Сборник научных трудов. Изд. ЛитСХА, - 1987, - 112. - с. 16 - 27.

29. Баталов, А.А. К экологии семенного размножения сосны обыкновенной в окрестностях нефтехимических предприятий / А.А. Баталов, Н.А. Мартьянов // Экология. – 1981. – № 2. – С. 83 – 85.

30. Беднова, О.В. Леса Московских ООПТ: Рекреация и охрана природы. / О.В. Беднова // Лесной вестник. 2008 - №1 – с. 41- 48.

31. Беляев, В.В. Состояние и основные направления повышения эффективности лесовосстановления на Европейском Севере России / В.В. Беляев // Вестник Поморского ун-та. - Вып. 2. - Архангельск, 2001. - С. 45-50.
32. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд // в 2-х т. Т. 1: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 667с., ил.
33. Бигон, М. Экология. Особи, популяции и сообщества / М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд // в 2-х т. Т. 2: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 477с., ил.
34. Бирюкова, З.П. Эколого-физиологические аспекты устойчивости искусственных насаждений сосны обыкновенной в Северном Казахстане / З.П. Бирюкова, В.Н. Бирюков // Экология лесных сообществ Северного Казахстана: сб. науч. тр. – Л.: Наука, 1984. – С. 8 – 16.
35. Бирюкова, З.П. Влияние качества и происхождения семян на устойчивость культур / З.П. Бирюкова, Н.В. Харламова // Создание лесосеменной постоянной базы на селекционной основе: тез. докл. на сем., состоявшемся в г. Щучинске Кокчетавской области с 30 мая по 1 июня 1977 г. – Алма-Ата, 1977. – С. 49 – 51.
36. Болтнева, Л.И. Воздействие пыле-газовых выбросов промышленных предприятий на сосновые северотаежные леса/ Л.И. Болтнева, А.А. Игнатьев, Р.Т. Карабань, И.М. Назаров, И.А. Руднева, Т.И. Сисигина// Экология. – М.: Наука, 1982. – № 4. – С. 37 – 43.
37. Бреусова, А.И. Вопросы семеноводства сосны в Казахстане / А.И. Бреусова, В.И. Мосин, В.В. Шульга и др. // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Свердловск, 1970. – Вып. 5. – С. 270 – 274.
38. Буданцев, П.Б. К оценке влияния свойств почв на рост и продуктивность сосны веймутовой (*Pinus strobus* L.) / П.Б.Буданцев, В.А. Кострикин, В.Е. Александрович // Почвоведение, 2001. - № 12, - с. 1473 - 1482.
39. Булко, Н.И. Поглощенная лесом радиоактивность – реально

регулируемый фактор в условиях глобального ядерного загрязнения почвенного покрова / Н.И. Булко, А.И. Ковалевич, М.А. Шабалева// Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): Сб. науч. трудов ИЛ НАН Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. – Вып. – 59. – С. 91 – 93.

40. Бурков, В.Д. Роль лесных экосистем в регулировании парникового эффекта. / Бурков В.Д., Крапивин В.Ф., Шалаев В.С. // Лесной вестник. М., - 2008. - №1- с. 20 - 31.

41. Вайс, А. А. Пейзажные композиции парка имени Горького города Красноярск / А. А. Вайс, В. И. Пчелинцев, М. А. Волкова // Лесной комплекс: состояние и перспективы развития: сб. науч. тр. – Брянск, 2003. – Вып. 5. – С. 95 – 98.

42. Вакулюк, П.Г. Технология лесокультурных работ. / П.Г. Вакулюк. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 136 с.

43. Васильев, М.Е. Лесная мелиорация и урожай. / М.Е. Васильев. – Алма-ата: Кайнар, 1980. – 176 с.

44. Варминг, Е. Ойкологическая география растений : введение в изучение растительных сообществ / пер. с нем. изд., изм. и доп. автором ; под ред. М. Голенина и В. Арнольди ; с доп. по рус. флоре. – М. : И.А. Бадандинъ, 1901. – ххii, 542 с.

45. Варминг, Э. Распределение растений в зависимости от внешних условий (Экологическая география растений). – С. Петербург: Брокгауз-Ефрон, 1902. – 474 с.

46. Ваганов, Е.А. Анализ роста дерева по структуре годичных колец. / Е.А. Ваганов, И.А. Терсков // Новосибирск, Изд-во “Наука”, Сибирское отделение. – 1977. – 94 с.

47. Вайчис, М.В. Шкала оценки плодородия лесных почв и производительности насаждений / М.В. Вайчис. - Каунас: ЛитНИИЛХ, 1973. – 8 с.

48. Вайчис, М.В. Классификация условий местообитания лесов Литовской ССР / М.В. Вайчис, В.И. Лабанаускас. - Каунас, 1972. – 56 с.
49. Вайчис, М.В. Генезис и свойства лесных почв южной Прибалтики / М.В. Вайчис. - Вильнюс, 1975. - 411 с.
50. Вересин, М.М. Лесное семеноводство. / М.М. Вересин – М.: Гослесбумиздат, 1963. – 158 с.
51. Вересин, М.М. Селекция и семеноводство сосны обыкновенной в Центрально-черноземном районе / М.М. Вересин // Совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству: тез. докл. – Петразаводск, 1967. – С. 155 – 159.
52. Верзунов А.И. Влияние экологических условий на сезонный рост побегов лиственницы и сосны в Казахском мелкосопочнике. / А.И. Верзунов // Лесоведение, 1982. - № 5. – С. 31 – 38.
53. Верзунов, А.И. Особенности сезонного роста водного режима главных древесных пород в искусственных насаждениях Казахского мелкосопочника / А.И. Верзунов // Экология лесных сообществ Северного Казахстана: сб. науч. тр. – Л.: Наука, 1984. – С. 29 – 34.
54. Вернадский, В.И. Биосфера и ноосфера. / В.И. Вернадский - Москва – 1989 г.
55. Верхунов, П.М. Изменчивость и взаимосвязь таксационных показателей в разновозрастных сосняках. / П.М. Верхунов – Новосибирск.: Наука, 1975.- 205 с.
56. Воробьев, Г.И. Эффективность защитного лесоразведения. / Г.И. Воробьев– М.: Лесная промышленность, 1977. – 318 с.
57. Воробейчик, Е.В. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы- Автореферат дисс. ... доктора биол. наук. Екатеринбург, Ин-т экологии растений и животных, 2003.- 48 с.
58. Воропанов, П.В. Лекции по лесной таксации. / П.В. Воропанов Брянский технологический институт, 1961.
59. Вомперский, С.Э. Биологические основы эффективности лесосошения. / С.Э. Вомперский – М.: Наука, 1968. – 312 с.

60. Временная методика по учету сосновых насаждений, подверженных влиянию промышленных выбросов. М., ВНИИ лесоводства и механизации лесного хозяйства Гослесхоза СССР, 1986, с.

61. Вярбила, В.В. Сезонный рост сосны и его изменения под влиянием минеральных удобрений / В.В. Вярбила, Р.И. Шлейни // Лесоведение. – 1981. – № 2. – С. 12 – 18.

62. Габеев, В.Н. Экология и продуктивность сосновых лесов / В.Н. Габеев. - Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1990. - 226 с.

63. Гаель, А.Г. Облесение бугристых песков засушливых областей. / А.Г. Гаель.– М.: Гос. Изд-во Географической лит-ры, 1952. – 218 с.

64. Газизуллин, А.Х. Бурые лесные почвы сосновых лесов Среднего Поволжья / А.Х. Газизуллин, Б.Д. Хасаншин // Почвоведение. - 1986. - № 1. - С. 10 - 12.

65. Гетко, Н.В. О газопоглощательной способности хвойных / Н.В. Гетко, Ю.З. Кулагин Э.В. Яфаев // Экология хвойных: сб. науч. тр. –Уфа: БФАН СССР, 1978. – С. 112 – 131.

66. Горский, П.В. Руководство для составления таблиц. / П.В. Горский Гослесбумиздат, М., 1962.

67. Горчаковский, П.Л. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях. / Горчаковский П. Л., Шиятов С. Г. - М.: Наука, 1985. - 209 с.

68. Гиниятуллин, Р.Х. Содержание металлов в различных частях сосны обыкновенной в условиях Стерлитамакского промузла / Р.Х. Гиниятуллин // Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). – Йошкар-Ола, 2002. – С. 38 – 39.

69. Гиниятуллин, Р.Х. Роль лиственницы Сукачева в условиях промышленного загрязнения. / Р.Х. Гиниятуллин // Лесной вестник. М., 2008 - №4, с. 4 – 9.

70. Глазун, И. Н. Изменчивость хвойных растений в радиоактивно загрязненных насаждениях Брянского округа зоны широколиственных лесов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01/ Глазун Игорь Николаевич – Брянск, 1998. – 26 с.

71. Глазун, И.Н. Жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС Брянской области/ И.Н. Глазун, Е.Н. Самошкин А.В. Скок // Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). – Йошкар-Ола, – 2002. – С. 40 – 42.

72. Григорьев, В.П. Адсорбционная способность соснового насаждения и его устойчивость к промышленным эмиссиям / В.П. Григорьев, Н.А. Юргенсон // Экология. – М.: Наука, 1982. – № 6. – С. 14 – 21.

73. Гришина, И.В. Изоляция и фенологические различия смежных болотных и суходольных популяций сосны обыкновенной / И.В. Гришина // Экология. – 1985. – № 5. – С. 14 – 20.

74. Дворецкий, М.Л. Изменчивость и взаимосвязь таксационных признаков. / М.Л. Дворецкий // Сборник трудов Поволжского лесотехнического института им Горького. Йошкар-Ола, 1957.

75. Десслер, Х.-Г. Влияние загрязнения воздуха на растительность. / Х.-Г. Десслер. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 184 с.

76. Демаков, Ю.П. Влияние исходной густоты культур сосны на разнообразие подпологовой флоры и почвенной мезофауны / Ю.П. Демаков, В.А. Матвеев, А.И. Шургин, Г.А. Богданов // Природопользование: состояние, проблемы и пути их решения: тез. докл. Республ. науч.-практ. конф. 11 ноября 1997 г. – Йошкар-Ола, 1997. – С. 48 – 49.

77. Демаков, Ю.П. Динамика радиального прироста в климаксовых сосняках сфагновых на стационарных объектах Тат. ЛОС в республике Марий Эл / Ю.П. Демаков, И.А. Козлова // Проблемы использования,

воспроизводства и охраны лесных ресурсов Волжско-Камского региона: науч. чт., посв. 75- летию лауреата Гос. Прем. в обл. науки и техн. РТ, Заслуженного лесовода РФ и ТАССР, канд. с.-х. наук А.И. Мурзова. – Казань, 2004а. – С. 102 – 108.

78. Демаков, Ю.П. Рост и продуктивность сосново-березовых насаждений на песчаных почвах марийского Заволжья/ Ю.П. Демаков, Е.Н. Чешуин// Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов Волжско-Камского региона: науч. чтения посв. 75-летию лауреата Государственной премии в обл. науки и техн. РТ, Заслуженного лесовода РФ и ТАССР, канд. с.-х. наук А.И. Мурзова. – Казань, 2004б. – С. 116 – 121.

79. Докучаев, В.В. Учение о зонах природы. / В.В. Докучаев - СПб., 1899 . (М., 1948.- С. 48-62).

80. Долидзе, Л.Т. Влияние рубок главного пользования на физические свойства почв в буковых лесах Восточной Грузии / Л.Т. Долидзе // Лесоведение, 2000. № 3. - с. 73 - 75.

81. Дольский, Л.В. Почвенно-типологическое исследование гослесфонда БССР и лесоустроительное проектирование / Л.В. Дольский, А.Г. Штейнбок // Лесное хозяйство. - 1975. - №9. - С. 55-59.

82. Древесина. Показатели физико-механических свойств, М., 1962

83. Дударев, М.А. Лес и поле. / М.А. Дударев. – Саратов: Приволж. кн. изд-во, 1991. – 248 с.

84. Духарев, В.А. Естественный мутационный процесс в популяциях сосны обыкновенной / В.А. Духарев, Л.Ф. Правдин // Лесоведение. – 1983. – № 4. – С. 10-14.

85. Евдокимов, И.В. Особенности формирования надземной фитомассы в культурах сосны (на примере Архангельской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01/ Евдокимов Игорь Владимирович. – Архангельск, 2003. – 20 с.

86. Егорушкин, В.А. Моделирование типов лесных культур для относительно богатых лесорастительных условий (C_2 – C_3) Брянского

лесного массива (БЛМ): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.01/ Егорушкин Валерий Алексеевич. – Брянск, 2003. – 23 с.

87. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы на территории деятельности Верхне-Волжского УГМС за 2004 г. – Н.Н., Верхне-Волжское УГМС, 2005.

88. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы на территории деятельности Верхне-Волжского УГМС за 2005 г. – Н.Н., Верхне-Волжское УГМС, 2006.

89. Ежегодник состояния загрязнения атмосферы на территории деятельности Верхне-Волжского УГМС за 2008 г. – Н.Н., Верхне-Волжское УГМС, 2009.

90. Елагин, И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов. / И.Н. Елагин. – Новосибирск: Наука, 1976. – 232 с.

91. Ермолаева, Л.С. Удельная листовая поверхность основных лесообразующих пород России / Л.С. Ермолаева, А.И. Уткин // Экология. – 1998. – № 3. – С. 178 – 183.

92. Ефименко, В.М. Изменчивость свойств структур древесины сосны / В.М. Ефименко, Н.А. Колос // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам 5-ой международной научно-технической конференции. – Брянск: БГИТА, 2004. – С. 26 – 29.

93. Ефремов, С.П. Экологическая обусловленность морфогенеза сосны обыкновенной на болотах / С.П. Ефремов // Проблемы лесной биогеоценологии: сб. науч. тр. – Новосибирск, 1980. – С. 140 – 145.

94. Жидков, А.Н. Оценка состояния хвойных лесов с помощью применения лишеноиндикации. / А.Н. Жидков // Экология, мониторинг и рациональное природопользование / Науч. тр. - Вып. 302 (1) - М.: МГУЛ, 2000.

95. Жуковская, Т.А. Состояние лесных ресурсов Курской области / Т.А. Жуковская // Интеграция науки, образования и производства, для развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса: материалы

Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участ., 28-30 июня 2004 г. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. – С.92 – 93.

96. Журова, П.Т. Результаты исследований географических культур сосны обыкновенной в Изюмском Лесхозаге / П.Т. Журова // Республиканский семинар «Совершенствование лесного семеноводства». 8–10 сентября 1989 г.: крат. тез. докл. – Харьков, 1989. – С. 46 – 47.

97. Забуга, В.Ф. Сезонный рост сосны обыкновенной в лесостепи Предбайкалья / В.Ф. Забуга, Г.А. Забуга // Экология. – 1992. – №2. –С. 11 – 17.

98. Загребев, В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев / В.В. Загребев. - М.: Лесная промышленность, 1978.- 240 с.

99. Зайцев, Г.А. Особенности строения корневых систем *Pinus sylvestris* L. и *Larix sukaczewii* Dyl. в условиях Уфимского промышленного центра / Г.А. Зайцев, А.Ю. Кулагин, Ф.Я. Багаутдинов // Экология. – 2001. – № 4. – С. 307–309.

100. Зайцев, Г.А. Жизненное состояние сосновых насаждений Уфимского промышленного центра / Г.А. Зайцев, Р.В. Уразгильдин, А.Ю. Кулагин // Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). – Йошкар-Ола, 2002. – С. 35 – 37.

101. Зайцев, Г.А. Формирование корневой системы сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях техногенеза (Уфимский промышленный центр) / Г.А. Зайцев, А.Ю. Кулагин // Экология. – 2005. – №2. – С.146 – 149.

102. Зайцев, Г.А., Кулагин А.Ю. Сосна обыкновенная и нефтехимическое загрязнение: дендрэкологическая характеристика, адаптивный потенциал и использование. / Г.А. Зайцев, А.Ю. Кулагин – М.: Наука, 2006. – 124 с.

103. Зайцев, Г.Н. «Статистика в экспериментальной ботанике» / Г.Н. Зайцев. И.: Наука, 1984. - 120 с.
104. Зайцев, Б.Д. Лес и почва / Б.Д. Зайцев. - М.: Лесная промышленность, 1964. -162 с.
105. Захаров, В.К. Новое в методике исследование формы древесных стволов и составление таблиц объемов и сбega. / В.К. Захаров - Изд. АН БССР.Сб. Трудов по лесному хозяйству, Минск, 1955 и 1961
106. Захаров, В.М. и др. Здоровье среды: методика оценки (Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: методическое руководство для заповедников). — М.: 2000.
107. Зверев, А.И. Степное лесоразведение и освоение целинных земель. / А.И. Зверев– М.: ВНИИЛМ, 2004. – 80 с.
108. Зубарева, О.Н. Влияние выбросов промышленных предприятий в Средней Сибири на сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) //Автореф. дис. канд. биол. наук. Красноярск,. 1993. 21 с.
109. Ибрагимов, А. К. Антропогенная трансформация почвенной среды и критическое состояние экосистемы: Проблемы биологической мелиорации. / А.К. Ибрагимов, В.Г. Егорашин, Е.В. Пугачев, Н.Н. Иващенко// Лесной комплекс Нижегородского Поволжья: проблеив, состояние и перспективы развития. Н.Новгород, 2006. - С.110-116.
110. Ибрагимов, А.К. О природной зональности Нижегородского Поволжья в связи с антропогенной трансформацией ландшафта / А.К. Ибрагимов, А.В. Подольский, С.Ф. Рямолов, В.Г. Егорашин // Лсоэкологические проблемы Поволжья. Н.Новгород, 2003. - С.107-120.
111. Ибрагимов, А.К. Экосистемы: антропогенный стресс, адаптация и стабилизация. / А.К. Ибрагимов, Р.Д. Хабибуллин, М.А. Патова, А.А. Ибрагимов. Н.Новгород, 1998. - 104 с.
112. Ипатьев, В.А. «Чем шире и глубже исследования – тем меньше опасности наделать грубых ошибок ...» / В.А. Ипатьев // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений

(Вавиловские чтения): Сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. – Вып. 59. – С. 110 – 115.

113. Исаев, А.С. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России. / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, В.И. Сухих и др. М.: Центр экологической политики – 1995.

114. Исаев, А.С. О поглощении парниковых газов лесами России. / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, Д.Г. Замолотчиков // Доклад на конференции «Парниковые газы - экологический ресурс России». - Москва. - 2004.

115. Исаков, Ю.А. Зональные закономерности динамики экосистем. / Ю.А. Исаков, Н.С. Казанская, А.А. Тишков, М. - 1986.

116. Кабата-Пендиас, А., Микроэлементы в почвах и растениях. / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас — М.: Мир. 1989. - 439 с.

117. Казаков, Л. А. Опыт создания защитных насаждений на эролируемых склонах севера / Л. А. Казаков // Тр. XI съезда Русского географического общества. – Сп.-Пб.: Правда севера, 2000. – Т.8 – С. 204 – 205.

118. Казимиров, Н.И. Лесовозобновление на европейском северо-западе (Мурманская область и карельская АССР) / Н.И. Казимиров, Цветков// Возобновление леса: науч. труды ВАСХНИЛ. М.: Колос, 1975. – С. 23 – 37.

119. Кайбияйнен, Л.К. Влияние токсичных поллютантов на дыхание хвои и побегов сосны обыкновенной / Л.К. Кайбияйнен, Г.И. Софронова, В.К. Болондинский // Экология. – 1998а. – № 1. – С. 23 – 27.

120. Кайбияйнен, Л.К. Фотосинтетический сток углерода в сосновых древостоях вблизи крупных источников промышленной эмиссии поллютантов / Л.К. Кайбияйнен, В.К. Болондинский, Г.И. Софронова // Экология. – 1998б. – № 2. – С. 83 – 88.

121. Калинин, К.К. Взгляд на проблему восстановления лесов на гарях 1972 года четверть века спустя/ К.К. Калинин, Ю.П. Демаков, И.А. Алексеев// Природопользование: состояние, проблемы и пути их решения:

тез. докл. республ. науч.-практ. конф. 11 ноября 1997 г. – Йошкар-Ола, 1997. – С. 21– 22.

122. Калиниченко, Н.П. Лесовосстановление на вырубках/ Н.П. Калиниченко, А.И. Писаренко, Н.А. Смирнов. – М.: «Экология», 1991. – 384 с.

123. Категории состояния основных лесообразующих пород Московской обл. – М.: Центр защиты леса, 2000. – 40 с.

124. Кашуба, А.Ю. Ход роста культур сосны обыкновенной на песчано-ракушечных отложениях восточного Приазовья / А.Ю. Кашуба // Лесохоз. Информ. – 1999. 1 – 2. – С. 42 – 48.

125. Кириенко, В.К. Параллелизм в изменчивости признаков древесных пород / В.К. Кириенко // Материалы науч.-производ. конф. лесохоз. фак-та. – Алма-Ата, 1972. – С. 22 – 25.

126. Кищенко, И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства Pinaceae Lindl. В условиях Карелии : автореф. дис. ... док. биолог. Наук: 0,00.05/ Кищенко Иван Тарасович. – Санкт-Петербург, 2000. –44 с.

127. Ковязин, В.Ф. Биологические основы формирования устойчивых экосистем и рационального использования почвенно- растительных ресурсов мегаполисов (на примере Санкт-Петербурга) : автореф. дис. ... док. биолог. Наук: 06.01.03/ Ковязин Василий Федорович. – Санкт-Петербург, 2008. – 40 с.

128. Колесников, А.И. Декоративная дендрология. / А.И. Колесников. – М.: Лесная промышленность, 1974. – 704 с.

129. Коловский, Р.А. О влиянии освещенности и температуры воздуха на кинетику биоэлектрических потенциалов у деревьев кедра и сосны / Р.А. Коловский // Экология. – М.: Наука, 1974. – № 5. – С. 54 – 61.

130. Коровин, Н.В. Изучение негативного влияния техногенного атмосферного загрязнения на лесные насаждения сосны обыкновенной и разработка комплекса мероприятий по повышению их устойчивости,

продуктивности и средозащитных функций (на примере Гомельского промышленного района) : Автореф. диссер. канд наук. / Н.В. Коровин – Брянск. – 2003. – 29с.

131. Косоуров, Ю.Ф. Защитное лесоразведение на овражно-балочных и крутосклонных землях Башкирии / Ю.Ф. Косоуров // Экологические основы рационального использования и воспроизводство лесов Урала: информац. матер. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 53 – 55.

132. Козубов, Г.М. Особенности репродуктивной деятельности хвойных на Севере / Г.М. Козубов // докл. ученых – участ. Междунар. симпоз. по селекции, генетике и лесному семеноводству хвойных пород (г. Новосибирск, 19 – 25 июня 1972 г.). – Пушкино, 1972. – С. 89 – 97.

133. Коновалов, Н.А. О параллельной изменчивости у некоторых древесных пород / Н.А. Коновалов, Е.А. Пугач // Совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству: тез. докл. – Петразаводск, 1967. – С. 33 – 35.

134. Коновалов, Д.Ю. Рост и продуктивность сосняков естественного и искусственного происхождения северной подзоны тайги [Текст] / Д.Ю. Коновалов, А.М. Антонов, Д.Н. Клевцов // Сб. научных статей посвященных 50-летию Костромской лесной опытной станции ВНИИЛМ. – Кострома, 2006. – С. 93–96.

135. Котов, М.М. О природе засухоустойчивости сосны обыкновенной / М.М. Котов // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. – Л, 1978. –Вып. 7 – С. 47 – 50.

136. Котов, М.М. Ксероморфность хвои у деревьев сосны обыкновенной различной степени засухоустойчивости / М.М. Котов, Л.А. Забиякина, Н.П. Индюкова // Экология: Наука, 1982. – № 4 – С. 83 – 85.

137. Козлов, Д.В. Эдафические ряды продуктивности сосняков в Карелии: Автореф. дис...канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Д.В. Козлов. - М.: 2000, - 20 с.

138. Козлов, М.В. Экология, охрана природы и экологическая безопасность. / М.В. Козлов - М., 1997.

139. Краснобаева, К.В. Способы и результаты реконструкции культур сосны, созданных на деградированных землях, бывших под сельхозпользованием / К.В. Краснобаева, Х.Г. Мусин, Г.Х. Муртазина // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов Волжско-Камского региона: Науч. чтения посв. 75 летию лаур. Гос. прем. в обл. науки и техн. РТ, Заслуженного лесовода РФ и ТАССР, кандидата с.-х. наук А.И. Мурзова. – Казань, 2004. – С. 185 – 192.

140. Крамер, Пол Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ./ Пол Д. Крамер, Теодор Т. Козловский. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с., ил.

141. Кречетова, Н.В. Лесные культуры: Корневедение древесных пород. / Н.В. Кречетова, Л.Н. Долгова. - Йошкар-Ола, 2001. -116 с.

142. Круть, И.В. Очерки истории представлений о взаимоотношении природы и общества. / И.В. Круть, И.М. Забелин - М.: Наука, 1988.

143. Крупенников, И.А. Эколого-биохимические особенности «солончаковой» сосны как результат ее приспособления к засолению почвы / И.А. Крупенников // ДАН СССР. – 1947. – Т. 6. Вып. 56. – С. 655 – 658.

144. Крючков, В.В. Предельные антропогенные нагрузки и состояние экосистем Севера / В.В. Крючков // Экология, 1991. - № 3 - С. 28-40.

145. Крючков, С.Н. Селекционное семеноводство для защитного лесоразведения на юго-востоке европейской территории России: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.03.04; 06.03.01/ Крючков Сергей Николаевич. – Волгоград, 2004. – 40 с.

146. Крючков, С.Н. Перспективы селекционного семеноводства древесных видов в Прикаспийском регионе / С.Н. Крючков, О.И. Жукова, И.Ю. Подковыков, О.А. Гурская // Лесное хоз-во Поволжья: сб. науч. тр.– Саратов, – 5. – 2002. – С. 223 – 231.

147. Кистерный, Г.А. Частичная мужская стерильность сосны обыкновенной при радиоактивном загрязнении / Г.А. Кистерный //

Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). – Йошкар-Ола, 2002. – С. 42 – 44.

148. Кириенко, В.К. Параллелизм в изменчивости признаков древесных пород / В.К. Кириенко // Материалы науч.-производ. конф. лесохоз. фак-та. – Алма-Ата, 1972. – С. 22 – 25.

149. Кищенко, И.Т. Влияние погодных условий на сезонный рост сосны в условиях Карелии / И.Т. Кищенко // Лесоведение. – 1978. – № 5. – С. 36 – 43.

150. Кищенко, И.Т. Сезонный рост побегов в сосняке брусничном в связи с температурным режимом окружающей среды в условиях Карелии / И.Т. Кищенко, Г.В. Власкова, Т.Н. Асламова // Структура и производительность сосновых лесов на Европейском севере. Петрозаводск, Сб. - 1981, с. 10-16.

151. Ким, М.П. Общество и природа. Исторические этапы взаимодействия / М.П. Ким - М., 1981.

152. Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда / Ю.З. Кулагин – М.: Наука, 1974. – 125 с.

153. Кулагин, А.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей / А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева // Отв. ред. Г.С. Розенберг. – М.: Наука, 2005. – 190 с.

154. Кундзиньш, А.В. Состояние и перспективы развития лесного семеноводства в латвийской ССР / А.В. Кундзиньш // Генетика и селекция лесных пород: материалы Всесоюзного сов. По лесной генетике, селекции и семеноводству, сост. 1969 г в г. Каунас. – Каунас: ЛитНИИЛХ, 1972. – С. 85 – 90.

155. Куперман, Ф.М. Морфофизиология растений. / Ф.М. Куперман – М.: Высшая школа, 1973. – 256 с.

156. Крамер, П. Физиология древесных растений. / П. Крамер, Т. Козловский - М.: Гослесбумиздат, 1963. - 627 с.
157. Крамер, Пол Д. Физиология древесных растений: Пер. с англ./ Пол Д. Крамер, Теодор Т. Козловский. – М.: Лесн. пром-сть, 1983. – 464 с., ил.
158. Куприянов, Н.В. Леса и лесное хозяйство Нижегородской области. / Н.В. Куприянов, С.С. Веретенников, В.В. Шишов - Н.Новгород: Волго-Вятское кн. Изд-во, 1994. – 00 с., ил.
159. Лагов, И.А. Селекция лиственницы и сосны при интродукции в Заилийском Алатау / И.А. Лагов, В.В. Гаврилова // Лесная селекция и семеноводство в Казахстане: тез. докл. на семинаре «Создание лесосеменной постоянной базы на селекционной основе», состоявшемся в г. Щучинске Кокчетавской области с 30 мая по 1 июня 1977 г. – Алма-Ата, 1977. – С. 43. – 46.
160. Ладейщикова, Е.И. Оценка морфологических и физиолого-биохимических показателей сосны при отборе ее на устойчивость к корневой губке// Лесоводство и агролесомелиорация / Е.И. Ладейщикова, А.И. Побегайло, Г.М. Пастернак, А.Г. Коробченко, Л.Ф. Ладных // Лесоведение: Республ. межвед. Тематич. науч. сб. – Киев: Урожай, 1975. – Вып. 40. – С. 3 – 15.
161. Лаппо, А.В. Следы былых биосфер./ А.В. Лаппо - М., 1987.
162. Левин, В.И. Таблицы по учету таежных лесов / В.И. Левин. - ИБТИ, Архангельск. - 1960.
163. Лебков, В.Ф. Структурная организация высокопродуктивных сосновых древостоев центра европейской части России / В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: Материалы всероссийской конференции. – Красноярск: Ин-тут леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2004а. – С. 55 – 57.
164. Лесная энциклопедия: В 2-х т., т.2/ Гл. ред. Воробьев Г.И.; Ред.кол.: Анучин Н.А., Атрохин В.Г., Виноградов В.Н. и др. - М.: Сов. энциклопедия, 1986.-631 с., ил.

165. Ловелиус, Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. / Н.В. Ловелиус – Л.: Наука, 1979. – 232с.
166. Лопаткин, К.И. Влияние нефтегазодобычи на сосновые насаждения в условиях Ханты-Мансийского автономного округа: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.: 03.03.03/ Лопаткин Константин Иванович. – Екатеринбург, 1998. – 20с.
167. Лир, Х. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 424 с.
168. Лукина, Н.В. Диагностика состояния лесных экосистем Севера на основе параметров питательного статуса / Н.В. Лукина, М.Н. Калацкая, В.В. Никонов // Всероссийская научно-технич. конф. «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов».- Тез.докл.- Т.4.- М.: МГУЛ, 1994.- С. 38-39.
169. Луганская, В.Д. Взаимосвязь размеров хвои с ростом по высоте у деревьев сосны в молодняках средней и южной подзоны тайги Урала / В.Д. Луганская // Леса Урала и хозяйство в них: сб. тр. – Свердловск: Средне-Уральское кн. Изд-во, 1976. – Вып. 9. – С. 94 – 97.
170. МакКленахен, Дж. Р. Изменения в лесном сообществе в связи с загрязнением воздуха / Дж. Р. МакКленахен // Взаимодействие лесных экосистем и атмосферных загрязнителей. Таллин, 1982. Ч. 1. С. 38-42.
171. Макаревский, М.Ф. Закономерности роста растений / М.Ф. Макаревский // Физиолого-биохимические основы роста и адаптации сосны на Севере. – Л., 1985. – С. 12 – 29.
172. Матвеев, С.М. Дендроиндикация динамики состояния экосистем сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесостепи : Дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.16 : Воронеж, 2004 456 с. РГБ ОД, 71:05-3/140
173. Матюк, И.С. Сезонный ход роста в высоту древесных пород в насаждениях / И.С. Матюк // Облесение и сельскохозяйственное освоение песчаных земель Юго-Востока. – М., 1959. – С. 25 – 29.

174. Мальщукowa, Н.В. Повышение продуктивности сосновых лесов Ветлужско-Унженской низменности: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.03.03/ Мальщукowa Наталья Васильевна. – Москва, 2003. – 21 с.

175. Мауринь, А. Темпоральность как интегральный показатель тренда состояния лесных экосистем / А. Мауринь - В кн.: Мониторинг лесных экосистем. Каунас: Райде, 1986, с. 21-22.

176. Мартынюк, А.А. Сосновые экосистемы в условиях аэротехногенного загрязнения, их сохранение и реабилитация: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук: 06.03.03/ Мартынюк Александр Александрович. – Москва, 2009. – 37 с.

177. Маркова, Г.А. Зависимость роста сосны и ели от степени освещенности / Г.А. Маркова // Тр. XI съезда Русского географ. общ-ва.– С.-Пб.: Правда севера, 2000. – Т.8 – С. 231 – 233.

178. Марш, Дж. Человек и природа. Физическая география и ее изменения под влиянием человека. / Дж. Марш – Нью-Йорк, 1864.

179. Мамаев, С.А. Внутривидовая систематика древесных растений и проблемы селекции / С.А. Мамаев // Совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству: тез. докл. – Петрозаводск, 1967. – С. 47 – 48.

180. Мамаев, С.А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости / С.А. Мамаев // Закономерности формообразования и дифференциации вида у древесных растений: тр. И-та. эколог. раст. и жив.– Свердловск, 1969а. – С. 3 – 38.

181. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале) / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 283с.

182. Мамаев, С.А. Суточная динамика прироста сосны в Свердловске и ее связь с метеорологическими факторами / С.А. Мамаев, А.Н. Тишечкин // Бюл. Главного ботанического сада. – 1974б. – Вып. 94. – С. 18 – 23.

183. Манаенков А.С. Лесомелиорация арен Юго-Востока: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.03.04 / Манаенков Александр Сергеевич. – Волгоград,

2004. – 47 с.

184. Маштаков, Д.А. Влияние лесных культур сосны обыкновенной на структуру урожайности подсолнечника в степи Низкой Донской равнины / Д.А. Маштаков А.В. Карпушкин // Вавиловские чтения – 2004: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 117-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова. Саратов, 24-26 ноября 2004 г.– Саратов, 2004. – С. 63 – 65.

185. Медведев, А.А. Сезонная динамика прироста культур сосны и лиственницы в южной тайге Красноярского края / А.А. Медведева // Изв. СО АН СССР, сер. Биол., 1969. – № 10, вып. 2. – С. 25 – 29.

186. Медведева, В.М. Динамика сезонного прироста сосны в осушенном долгомошном типе леса южной Карелии / В.М. Медведева // Вопросы комплексного изучения болот. – Петрозаводск, 1973. – С. 63 – 68.

187. Мозолевская, Е.Г. Оценка состояния лесов и лесных территорий при лесопатологич мониторинге / Е.Г. Мозолевская, Т.В. Шарапа // Всероссийск.научно-технич.конф «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов».- Тез.докл.- Т.3.- М.: МГУЛ, 1994.- С. 27-28.

188. Мольченко, Л.Л. К вопросу ранней диагностики генотипа плюсовых деревьев. / Л.Л. Мольченко // Четвертый съезд всесоюзного общества генетиков и селекционеров имени Н.И. Вавилова. Кишинев 1 – 5 февраля 1982 г.: тез. докл. – Кишинев.: Штиинца, 1982. – Ч. – 3. – С. 61.

189. Моисеев, С.М. Таксация молодняков / С.М. Моисеев - Л., 1971. - 344 с.

190. Морозов, Г.Ф. Избранные труды, Т.II. / Г.Ф. Морозов - М.: Лесная промышленность, 1971. - 536 с.

191. Миллер, Т. Жизнь в окружающей среде/ Т. Миллер - М.:1993.- Т. 1.

192. Минина, Е.Г. Определение пола и эндогенные регуляторы роста некоторых хвойных лесных пород / Е.Г. Минина // Половая репродукция хвойных лесных пород: сб. науч. тр. – Новосибирск: наука, 1973. – С. 146 –

156.

193. Минина, Е.Г. Морфогенез и проявление пола у хвойных / Е.Г. Минина, Н.А.Ларионова. – М.: Наука, 1979. – 216 с.

194. Минина, Е.Г. Геотропизм и пол у хвойных / Е.Г. Минина, И.Н. Третьякова. – Новосибирск: Наука, 1983. – 197 с.

195. Мухаметшин, Л.З. Влияние овражно-балочных насаждений (ОБН) сосны на изменение физико-химических свойств почв Белебеевской возвышенности / Л.З. Мухаметшин, А.Ф. Хайретдинов / Труды XI съезда Русского географического общества. –Сп.-Пб.: Правда севера, 2000. –Т.8. – С. 101 – 103.

196. Набатов, Н.М. Формирование лесопаркового ландшафта в высокополнотных культурах сосны / Н.М. Набатов, В.А. Макашин // Лесохоз. Информ. – 2003. – № 6 – С. 7 – 11.

197. Некрасова, Т.П. Плодоношение сосны в Западной Сибири. / Т.П. Некрасова.– Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. – 132 с.

198. Нерушин, М.Н. Оптимизация породного состава лесов Брянской области при переходе к устойчивому управлению / М.Н. Нерушин // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч. – тех. Конф. – Брянск: БГИТа, 2005. – Вып. 10. – С. 38 – 39.

199. Нижегородская обл. Географический атлас. Екатеринбург, 1993. – С.17.

200. Николаевский, В.С. Биологические основы газоустойчивости растений / В.С. Николаевский. - Новосибирск: Наука, 1979. - 280 с.

201. Николаевский, В.С. Некоторые анатомо-физиологические особенности древесных растений в связи с их газоустойчивостью в условиях медеплавильной промышленности Среднего Урала. - Автореф. дис: канд. биол. наук./ В.С. Николаевский. - Свердловск, 1964. - 40 с.

202. Николаевский, В.С. Развитие Москвы и современные экологические проблемы мегаполиса. / В.С. Николаевский, Х.Г. Якубов // Лесной вестник. – М., 2008 - №1- с. 37 – 41.

203. Никонов, В.В. Подходы к стабилизации состояния лесов Севера / В.В. Никонов, Н.В. Лукина // Международная научная конференция «Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы». Тез.докл. Т.2.- М.: МГУЛ, 1996.- С. 30-32.
204. Никитин, Н. И. Химия древесины и целлюлозы / Никитин Н. И. - М.—Л., 1962
205. Никитин, П.Л. Защитное лесо-разведение / П.Л. Никитин, С.А.Крывда //— М.: Лесная промышленность, 1976. – 72 с.
206. Никитин, К.Е. Лиственница на Украине (анализ таксационного строения и хода роста древостоев с использованием электронных цифровых машин) / К.Е. Никитин. - Изд-во «Урожай», Киев, 1966.
207. Нипа, Л.Р. Лесные культуры на эродированных землях в предгорьях восточного Саяна / Л.Р. Нипа // Научные вопросы лесовыращивания и рационального лесопользования: науч. тр. – М., 1983. – Вып. 148. – С. 136 –138.
208. Огиевский, В.Д. Лесные культуры / В.В. Огиевский, И.Д. Брауде, А.Е. Дьяченко, Е.П. Заборовский и др. // – М. – Л.: Гослесбумиздат, 1949. – 716 с.
209. Одум, Ю. Основы экологии. / Ю. Одум - М.: Мир, 1975.
210. Озолин, Г.П. Селекция древесных пород для защитного лесоразведения / Г.П. Озолин, Г.Я. Маттис, И.В. Калинина. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 153 с.
211. Оллыкайнен, А.М. Динамика содержания пигментов пластид в репродуктивных органах и хвое сосны обыкновенной / А.М. Оллыкайнен, Г.М. Козуб // Совещание по лесной генетике, селекции и семеноводству: тез. док. – Петрозаводск, 1967. – С. 55 – 57.
212. Орфанитский, Ю.А. Рациональное использование плодородия лесных почв таежной зоны / Ю.А. Орфанитский. – М.: Гослесбумиздат, 1963. - 115 с.

213. Орлов, М.М. Лесная таксация / Орлов М.М. - изд. 3-е Л., 1929.
214. Орлова, Л. В. О диагностических признаках вегетативных органов в роде *Pinus* (Pinaceae) / Л.В. Орлова // Ботан. Журн. – 2001. – Т. 86, № 9. – С. 33 – 44.
215. Осколков, В.А. Качество пыльцы сосны обыкновенной в древостоях Приангарья при разном уровне загрязнения / В.А. Осколков // Лесоведение. – 1999. – № 2. – С. 16 – 21.
216. Павлов, И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения. / И.Н. Павлов –Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2006- 359с.
217. Падутов, В.Е. Генетико-таксономический анализ елей и сосен СНГ / В.Е. Падутов А.Е. Силин А.Е Падутов, О.Ю. Баранов // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): сб. науч. тр. – Гомель, 2003а. – Вып. 59. – С. 227 – 235.
218. Падутов, В.Е. Генетические ресурсы хвойных СНГ / В.Е. Падутов, А.Е. Силин, А.Е Падутов, О.Ю. Баранов // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): сб. науч. тр. – Гомель, 2003б. – Вып. 59. – С. 157 – 165.
219. Петров, К.М. Общая экология: взаимодействие общества и природы. / Петров К.М. - СПб: “Химия”, 1997. - 352 с.
220. Парсон, Р., Природа предъявляет счет. / Р. Парсон // пер. с англ., М., 1969
221. Парфенова, Е. И. Климатические ареалы светлохвойных пород Сибири и их применение в лесоводстве / Е.И. Парфенова, Н. М. Чебакова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр.– Брянск, 2004а. – Вып. 8. – С. 41 – 43.
222. Парфенова, Е. И. Климатические ареалы светлохвойных и их применение в лесоводстве / Е. И. Парфенова, Н. М. Чебакова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2004б. – Вып. 9. – С. 36 – 38.
223. Паничева, Д.Н. Состояние хвойных насаждений зоны

широколиственных лесов и репродукция сосны обыкновенной в условиях промышленного загрязнения (На примере Северо-Западной части Брянской области): Автореф. канд. с-х наук. / Д.Н. Паничева. – Брянск, 2009, - 21 с.

224. Петренко, М.М. Динамика фитомассы и депонированного углерода в искусственных насаждениях сосны Полесье Украины: Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.03.02 / М.М. Петренко / Нац. аграр. ун-т. - К., 2002. - 17 с.: рис. - укр.

225. Петрова, И.В. Рост культур сосны обыкновенной из семян болотных и суходольных популяций / И.Н. Петрова, Н.С. Санникова // Экологические основы рационального использования и воспроизводства лесов Урала: Информационные материалы. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. – С. 78 – 80.

226. Перов, В.Ф. Рост и состояние смешанных культур сосны обыкновенной в условиях степной зоны Саратовской области / В.Ф. Перов // Лесное хозяйство Поволжья: Межвуз. сб. науч. раб. – Саратов, 2002. – Вып. 5. – С. 267 – 271.

227. Перов, В.Ф. Рост и состояние смешанных культур сосны обыкновенной в условиях лесостепи Черкасского лесхоза Саратовской области / В.Ф. Перов // Вавиловские чтения – 2004: материалы всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 117-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова. Саратов, 24-26 ноября 2004 г. – Саратов, 2004. – С. 73 – 76.

228. Писаренко, А.И. Лесовосстановление. / А.И. Писаренко – М.: Лесная промышленность, 1977. – 250 с.

229. Плеханов, Г.Ф. Тунгусский метеорит. Воспоминания и размышления. / Г.Ф. Плеханов. - Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2000.

230. Погребняк, П.С. Основы лесной типологии. / П.С. Погребняк– Киев: Изд-во Академии наук Украинской ССР, 1955. – 456 с.

231. Подзоров, Н.В. Некоторые причины усыхания сосновых насаждений естественного и искусственного происхождения в Охтинской

лесной даче. Автореф. дис. : канд. биол. наук. / Н.В. Подзоров - Л., 1966. - 22 с.

232. Подзоров, Н.В. Влияние задымления воздуха на качество семян сосны обыкновенной / Н.В. Подзоров // Лесное хозяйство. 1965. - № 7. - С. 47 – 49.

233. Подзоров, Н.В. Накопление соединений серы в хвое сосны под влиянием дымовых выбросов. / Н.В. Подзоров - М.: Лесная промышленность, 1972. С. 29-31.

234. Подколотин, А.В. Факторы, влияющие на изменение площадей основных лесообразующих пород (на примере Чуноярского лесхоза Красноярского края) / А.В. Подколотин // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2004. – Вып. 8. – С. 46 – 48.

235. Полоскова, Е.Ю. Экологические закономерности устойчивости сосновых насаждений Кольского региона к воздействию метеорологических и антропогенных факторов: автореф. дис. ... канд. биол. Наук: 03.00.16/ Полоскова Елена Юрьевна. – Петрозаводск, 2001. – 26 с.

236. Полубояринов, О.И. Сравнительное исследование плотности древесины сосны в Мурманской, Ленинградской областях и на Украине / О.И. Полубояринов, О.И. Федоров // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: межвуз. сб. – Л., 1978. – Вып. 7 – С. 130 – 134.

237. Полуяхтов, К.К. Лесорастительное районирование Горьковской обл. / К.К. Полуяхтов // Биологические основы повышения продуктивности и охраны лесных, луговых и водных фитоценозов. Горький, 1972. - С. 4-20.

238. Попов, В.К. Аллелопатический фактор во взаимоотношениях сосны и б

ерезы в насаждениях / В.К. Попов, Н.М. Попова // Лесная наука на рубеже XXI века: сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Б, 1997. – Вып. 46. – С. 117 – 118.

239. Попов, В.Я. Селекционные основы семеноводства сосны и ели на Европейском Севере / В.Я. Попов, В.М. Жариков // Селекция и

семеноводство хвойных пород на Европейском Севере. — Архангельск: АИЛиЛХ, 1990. — С. 3—17.

240. Попов, В.Я., Тугин П.В. Динамика роста разных форм сосны в культурах / В.Я. Попов, П.В.Тугин // Материалы Отчет. сес. по итогам НИР Арханг. ин-та леса и лесохимии за 1983. Архангельск. 1984, - С. 12-13.

241. Попова, А.В. Динаимка таксационных показателей древостоев сосны / А.В. Попова // Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). — Йошкар-Ола, 2002. — С. 221 – 222.

242. Поповичев, Б.Г. Влияние газов, выбрасываемых промышленными предприятиями, на показатели качества семян сосны обыкновенной и березы пушистой / Б.Г. Поповичев // Лесоводство, лесн. культуры и почвоведение. 1980. №9. С. 59—62.

243. Правдин, Л.Ф. Половой диморфизм сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / Л.Ф. Правдин // тр. Ин-та леса АН СССР. — 1950. — Т. 3. — С. 190 – 201.

244. Правдин, Л.Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. / Л.Ф. Правдин— М.: Наука, 1964. — 190 с.

245. Правдин, Л.Ф. Закономерности внутривидовой изменчивости сосны (*Pinus* L.) и ели (*Piceae* A. Dietr.) / Л.Ф. Правдин // доклады ученых - участн. Междунар. симпоз. по селекции, генетике и лесному семеноводству хвойных пород (г. Новосибирск, 19 – 25 июня 1972 г.).— Пушкино, 1972. — С. 16 – 25.

246. Правдин, Л.Ф. Леса будущего / Л.Ф. Правдин // Новое в жизни, науке и технике. Сер. «Биология», 11. — М.: Знание, 1971. — 64 стр.

247. Преображенский, А.В. Состояние и перспективы искусственного лесовозоб

новления в лесах северо-запада европейской части СССР/ А.В. Преображенский, Г.И. Редько // Возобновление леса: науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1975. – С. 81– 90.

248. Прокушкин, С.Г. Сезонный и суточный прирост корней сосны обыкновенной в зависимости от температуры почвы / С.Г. Прокушкин // Экология. – М.: Наука, 1981. – № 5 – С. 32 – 39.

249. Приступа, Г.К. Анатомо-морфологические изменения хвои сосны в техногенных условиях / Г.К. Приступа, В.Г. Мазепа // Лесоведение. - 1987. - N1. - С. 58 - 60.

250 Придня, М.В. Изменчивость некоторых параметров у древесных растений как результат внутрипопуляционных взаимоотношений / М.В. Придня // Экология. – М.: Наука, 1974. –№ 2. – С. 41 – 45.

251. Природа Горьковской области. Горький, 1972. 416 с.

252. Прыгов, Е.В. Некоторые аспекты санитарного состояния разных типов сосняков рекреационного назначения / Е.В. Прыгов, П.А. Феклистов // Тр. XI съезда Русского географического общества. Сп.-Пб.: Правда севера. – 2000. Т.8 – С. 166 – 169.

253. Пугач, Е.А. Географические культуры сосны обыкновенной в Кировской области / Е.А. Пугач, А.И. Видякин // Генетика, селекция, семеноводство и интродукция лесных пород: сб. науч. тр. – Воронеж, 1975. – Вып .2. – С. 77 – 81.

254. Пугач, Е.А. К устойчивости признаков и свойств сосны в семенном потомстве / Е.А. Пугач // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Свердловск: УЛОПС ВНИИЛМ, 1970. – Вып. 5. – С. 255 – 257.

255. Пшеничникова, Л.С. Влияние высокой антропогенной нагрузки на радиальный прирост сосновых древостоев / Л.С. Пшеничникова, Л.Н. Скрипальщикова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2004. – Вып. 9. – С. 33 – 36.

256. Райт, Д.В. Введение в лесную генетику. / Д.В. Райт – М.: Лесная промышленность. –1978. – 470 с.

257. Рапотина, И.В. Эколого-физиологическая изменчивость древовидных берез в условиях техногенного загрязнения на Кольском полуострове / И.В. Рапотина, П.Г. Приймак // Материалы конференции молодых ученых ММБИ, посвященной 65-летию МБС ММБИ, 2000. - С.57 - 58.

258. Редько, Г.И. Лесовосстановление на европейском Севере России / Г.И. Редько, Н.А. Бабич // Арханг. Гос. Тех. Ун.-т. – Архангельск: Сев.-Зап. Кн. Изд-во, 1994. – 188 с.: ил.

259. Родин, А.Р. Эффективность культур сосны и ели на вырубках зоны смешанных лесов / А.Р. Родин // Возобновление леса: Научн. Тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1975. – С. 175 – 194.

260. Рождественский, Ю.Ф. Особенности микроспорогенеза сосны обыкновенной на Урале и его зависимость от экологических факторов / Ю.Ф. Рождественский // Экология. – М.: Наука, 1974. №. 1.– С. 49 – 53.

261. Романов, Е.М. Опыт создания и выращивания культур сосны и ели плантационного типа в Кададинском ОЛХ Пензенской области / Е.М. Романов, Н.Н. Абанин, Т.В. Нуреева // Проблемы использования, воспроизводства и охраны лесных ресурсов Волжско-Камского региона. Научные чтения посвященные 75-летию лауреата государственной премии в области науки и техники РТ, Заслуженного лесовода РФ и ТАССР, кандидата с.-х. наук А.И. Мурзова. – Казань, 2004. – С. 238 – 241.

262. Романовский, М.Г. Индивидуальная изменчивость ширины годичных слоев и равностойность древесины / М.Г. Романовский // Научные вопросы лесовыращивания и рационального лесопользования: науч. тр. – М., 1983. – Вып. 148. – С. 138 – 140.

263. Романовский, М.Г. Формирование урожая семян сосны обыкновенной в норме и при мутагенных загрязнениях. / М.Г. Романовский – М.: Наука, 1997. – 112 с.: ил.

264. Рубцов, В.И. Культуры сосны в лесостепи центрально-черноземных областей. / В.И. Рубцов - М.: Лесная промышленность, 1964.

265. Рунова, Е.М. Влияние техногенного загрязнения на состояние хвойных древостоев: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 03.00.16 / Рунова Елена Михайловна – Красноярск, 1999. – 42 с.

266. Рунова, Е.М. Оценка антропогенной сукцессии сосновых древостоев Приангарья / Е.М. Рунова, С.А. Чжан, О.А. Пузанова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам 5-ой междунар. науч.-техн. конф. – Брянск: БГИТА, 2004. – С. 118 – 121.

267. Рунова, Е.М. Влияние промышленных выбросов на прирост хвойных насаждений / Е.М. Рунова, С.А. Чжан, О.А. Пузанова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч. – тех. конф. – Брянск: БГИТА, 2005. – Вып. 10. – С. 129 – 131.

268. Русаленко, А.И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность. / А.И. Русаленко – Минск, 1986, Наука и техника, с. 3 - 65.

269. Рыбак, В.А. Особенности естественного отбора в разновозрастных сосновых древостоях / В.А. Рыбак // Интеграция науки, образования и производства, для развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участ., 28-30 июня 2004 г. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. – С. 244 – 246.

270. Рябинин, В.М. Лес и промышленные газы. / В.М. Рябинин - М.: Лесн. пром-сть, 1965. - 93 с.

271. Сабиров, А.Т. Почвенно-экологические условия произрастания еловых и пихтовых фитоценозов Среднего Поволжья / А.Т. Сабиров, А.Х. Газизуллин. - Казань: ДАС, 2001. - 206 с.

272. Савва, Ю.В. Чувствительность характеристик структуры годичных колец к изменению климатических условий у разных климатипов сосны / Ю.В. Савва, Н.А. Кузьмина, Е.А. Ваганов // Экология, 2001. – № 6. – С. 434 – 441.

273. Савва, Ю.В. Рост и структура годичных колец сосны

обыкновенной в географических культурах Красноярской лесостепи в зависимости от климатических факторов / Ю.В. Савва, Е.А. Вяганов, Л.И. Милютин // Материалы науч. генетической конф. – М.: Издательство МСХА, 2002. – С. 286 – 288.

274. Савченко, А.И. Формы сосны обыкновенной в лесах БССР и их практическое использование / А.И. Савченко, Л.С. Василевская, З.С. Поджарова // Генетика и селекция лесных пород: матер. Всесоюзного сов. По лесной генетики, селекции и семеноводству, сост. 1969 г. в г. Каунас. – Каунас: ЛитНИИЛХ, 1972. – С. 107 – 114.

275. Самошкин, Е.Н. О вариабельности посевных качеств семян сосны в течение последних 11 лет после аварии на ЧАЭС / Е.Н. Самошкин, И.Н. Глазун // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): Сб. науч. тр. – Гомель, 2003. – Вып. 59. – С. 239 – 242.

276. Санников, С.Н. Популяционная структура сосны обыкновенной в Зауралье / С.Н. Санников, Н.С. Санникова, И.В. Гришина // Лесоведение. – 1976, № 1. – С. 76 – 81.

277. Санников, С.Н. Изоляция и типы границ популяций у сосны обыкновенной / С.Н. Санников // Экология. – 1993. – № 1. С. 4 – 11.

278. Селянкина, К.П. О репродуктивной функции основных лесообразующих пород Урала в условиях воздействия промышленных выбросов, содержащих агрессивные соединения / К.П. Селянкина, О.Д. Шкарлет, С.А. Мамаев // Загрязнение атмосферного воздуха предприятиями черной и цветной металлургии и меры по его защите. — Челябинск, 1972.

279. Семериков, В.Л. Структура изменчивости аллозимных локусов в популяциях сосны обыкновенной / В.Л. Семериков, А.В. Подогаз, А.В. Шурхал // Экология. 1993а. – № 1. – С. 18 – 25.

280. Сидорович, Е.А. Современное состояние и тенденции изменения природных экосистем под влиянием техногенных нагрузок. / Е.А. Сидорович – Мн.: БелНИИНТИ, 1989. – 48 с.

281. Ставрова, Н.И. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение хвойных пород / Н.И. Ставрова // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. - С. 115–121.

282. Стебаев, И.В. Общая биогеосистемная экология. / И.В. Стебаев, К.Ф. Пивоварова, Б.С. Смолякова, С.В.Неделькина. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма, 1993. - 288 с.

283. Суворов, В.И. Особенности экологии сосны и ели в культурах на вырубках / В.И. Суворов // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Свердловск: Средне-Уральское кн. Изд-во, 1976. – Вып. 9. – С. 29 – 35.

284. Суворова, Г.Г. Соотношение показателей фотосинтеза у сосны обыкновенной и ели сибирской / Г.Г. Суворова, Л.С. Янькова, Л.Д. Копытова, А.К. Филиппова // Структурно-функциональная организация и динамика лесов: матер. Всерос. конф. – Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2004. – 206 – 208.

285. Судачкова, Н.Е. Физиолого-биохимические аспекты регуляции продуктивности лесов / Н.Е. Судачкова // Лесоведение, 2001, №4. - С. 32 - 37.

286. Судачкова, Н.Е. Физиология сосны обыкновенной / Н.Е. Судачкова [и др.] - Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1990. - 244 с.

287. Судницына, Т.Н. Формирование азотного питания ели европейской (южная тайга) при варьировании почвенно-экологических факторов / Т.Н. Судницына // Тез. докл. III съезда Докучаев. общ. почвоведов. М., 2000. Кн. 3. - с. 170.

288. Сидорович, Е.А. Физиолого-биохимические критерии влияния промышленных эмиссий на растения и биоиндикация загрязнения воздуха / Е.А. Сидорович, С.А. Сергейчик // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. Звенигород, 1984. - С. 177 - 179.

289. Сметанина, Е.Э. Особенности формирования хвои у сосен обыкновенной и сибирской в условиях нефтехимического загрязнения / Е.Э. Сметанина // Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию

со дня рождения доктора биологических наук, профессора Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). –Йошкар-Ола, 2002. – С. 39 – 40.

290. Смит, У.Х. Лес и атмосфера. / У.Х. Смит. - М.: Прогресс, 1985. 430 с.

291. Смирнов, В.В. Сезонный рост главнейших пород. / В.В. Смирнов - М.: Наука, 1964. - 168 с.

292. Смирнов, И.А. Солевыносливость сосны обыкновенной в Казахстане / И.А. Смирнов // Экология лесных сообществ Северного Казахстана: сб. науч. тр. – Л.: Наука, 1984. –С. 141 – 146.

293. Сукачев, В.Н. Идеи развития в фитоценологии / В.Н. Сукачев // Сов. Ботаника. 1942. - №1-3.

294. Сукачев, В.Н. Дендрология с основами геоботаники / В.Н. Сукачев. - М., 1934.

295. Сукачев, В.Н. О болотной сосне / В.Н. Сукачев // Лесной журнал. – С.– Пб., 1905. – Вып. 3. – С. 354 – 372.

296. Степанчик, В.В. Некоторые особенности радиального прироста сосняков в условиях загрязнения промышленными выбросами / В.В. Степанчик, А.А. Петренко, А.И. Василенко // Лесная наука на рубеже XXI века: сб. науч. тр. Ин-та леса Национальной АН Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Б, 1997. – Вып. 46. – С. 360 – 363.

297. Савва, Ю.В. Рост и структура годичных колец сосны обыкновенной в географических культурах Красноярской лесостепи в зависимости от климатических факторов / Ю.В Савва, Е.А. Вяганов, Л.И. Милютин // Материалы науч. генетической конф. – М.: Издательство МСХА, 2002. – С. 286 – 288.

298. Савченко, А.И. Формы сосны обыкновенной в лесах БССР и их практическое использование / А.И. Савченко, Л.С. Василевская, З.С. Поджарова // Генетика и селекция лесных пород: матер. Всесоюзного сов. По лесной генетики, селекции и семеноводству, сост. 1969 г. в г. Каунас. –

Каунас: ЛитНИИЛХ, 1972. – С. 107 – 114.

299. Санников, С.Н. Генетическая дифференциация популяций сосны обыкновенной в Карпатах и на Русской равнине / С.Н.Санников, В.Л. Семериков, И.В. Петрова // Экология. – 1997. – № 3. – С. 163 – 167.

300. Санников, С.Н. Генофеногеографический анализ популяций *Pinus sylvestris* L. на трансекте от северной до южной границы ареала / С.Н. Санников, И.В.Петрова, В.Л. Семериков // Экология. –2002. – № 2. – С. 97 – 102.

301. Слепян, Э.И. Категории биоэкологических нарушений и система их диагностики при комплексном глобальном мониторинге состояния биосферы. / Э.И. Слепян // - В кн.: Комплексный Глобальный мониторинг состояния биосферы, Том 2, Л.: Гидрометиздат, 1986. - С. 86 - 99.

302. Справочник по защите леса от вредителей и болезней / И.В. Тропин, Н.М. Ведерников, Р.А. Крангауз и др. - М.: Лесн. Пром-сть, 1980. – 376 с., ил.

303. Сунгурова, Н.Р. Сравнительный анализ состояния и роста культур сосны и ели: автореф. дис. ... канд. с. – х. наук: 06.03.01/ Сунгурова Наталья Рудольфовна. – Архангельск, 2004. – 23 с.

304. Тарасова, В.В. Изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в интродуцированных популяциях (Красноярская лесостепь)/ В.В. Тарасова Л.И. Милютин// Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы VII Междунар. науч. конф. – Красноярск: СибГТУ, 2004. – С. 177 – 181.

305. Тарханов, С.Н. Лесные экосистемы бассейна Северной Двины в условиях атмосферного загрязнения: диагностика состояния. / С.Н. Тарханов, Н.А. Прожерина, В.Н. Коновалов. - Екатеринбург: Изд-во УрО РАН, 2004. - 333 с.

306. Тетиор, А.Н. Строительная экология. / А.Н. Тетиор. - Киев, 1992.

307. Терехова, Т.С. Содержание минеральных элементов в хвое сосны обыкновенной / Т.С. Терехова, Л.Н. Жемкова, Л.С. Кузнецова, М.А.

Карасева // Экологические основы рационального лесопользования в среднем Поволжье: Материалы науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения докт. биол. наук, проф. Ивана Степановича Аверкиева (9-12 апреля 2001 года). – Йошкар-Ола, 2002. – С. 198 – 199.

308. Терехов, Г.Г. Формирование, рост и биопродуктивность опытных культур ели сибирской на Урале: / Г.Г. Терехов, В.А. Усольцев // Исследование системы связей и закономерностей. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. - 215 с.

309. Технеряднов, А.В. Изменчивость свойств древесины сосны в ленточных борах Казахстана / А.В. Технеряднов // Научные основы повышения продуктивности лесов. Алма-Ата, 1971. – С. 137 – 144.

310. Тимофеев, В.П. Природа и насаждения лесной опытной дачи ТСХА за 100 лет. / В.П. Тимофеев– М.: Лесная промышленность, 1965. – 168 с.

311. Тимофеев, В.П. Основы лесовосстановления в Московской и смежных областях / В.П. Тимофеев // Возобновление леса: Научн. Тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос, 1975. – С. 158 – 174.

312. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство: Учебник / М.Е. Ткаченко. - Л.: Гослесбумиздат, 1955. - 599 с.

313. Ткаченко, А.Н. Спонтанная и индуцированная изменчивость сосны обыкновенной и ели европейской в условиях Верхнеднепровского лесосеменного района и перспективы организации элитного семеноводства: автореф. дис.... докт. с.-х. наук: 06.03.01/ Ткаченко Анатолий Николаевич. – Брянск, 2000. – 39 с.

314. Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство. / М.Е. Ткаченко. – Л.: Гослестехиздат, 1939. – 746 с.

315. Третьяков, Н.В. Закон единства в строении насаждений. / Н.В. Третьяков. - М.-Л., 1927.

316. Третьякова, И.Н. Формообразование и семеноношение у хвойных / И.Н. Третьякова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных

растений: материалы I всероссийской (с междунар. учас.) науч.-практ. конф. – Красноярск: СибГТУ, 1998. – С. 16 – 18.

317. Третьякова, И.Н. Пыльца сосны обыкновенной в условиях экологического стресса. / И.Н. Третьякова, Н.Е. Носкова // Экология. 2004. - № 1. - С. 26 – 33.

318. Трещевская, Э.И. Облесение дифлированных почв и субстратов ЦЧР / Э.И. Трещевская, Е.Н. Тихонова, Г.А. Одноралов // Интеграция науки, образования и производства, для развития лесного хозяйства и лесопромышленного комплекса: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ., 28-30 июня 2004 г. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2004. – С. 303 – 305.

319. Трубе, Л.Л. География Горьковской Области. / Л.Л. Трубе. - Горький Волго-Вятское книжное издательство 1878. - 176 с.

320. Трунов, М.И. Сосновые экосистемы в условиях техногенного загрязнения. / М.И. Трунов.– Барнаул, 2002. – 105 с.

321. Трунов, М.И. Техногенное загрязнение окружающей среды г. Бийска / М.И. Трунов // Проблемы лесоводства и лесовосстановления. – Барнаул, 2001. – С. 37 - 39.

322. Тужилкина, В.В. Влияние техногенного загрязнения на фотосинтетический аппарат сосны / В.В. Тужилкина, Н.В. Ладанова, С.Н. Плюснина // Экология. – 1998. – № 2. – С. 89 – 93.

323. Тюрин, А.В. Лесная вспомогательная книжка. / А.В. Тюрин, И.М. Наumenко, П.В. Воропанов. - Гослесбумиздат, М.-Л., 1956.

324. Угрюмов, Б.И. Зонирование насаждений, поврежденных промвыбросами / Б.И. Угрюмов, Е.М. Рунова, Т.А. Захаренко // Всероссийск.научно-технич.конф. «Охрана лесных экосистем и рациональное использование лесных ресурсов».- Тез.докл.- Т.2.- М.: МГУЛ, 1994.- С. 61-62.

325. Усанин, В.С. Динамика объема крон искусственных древостоев сосны обыкновенной / В.С. Усанин // Актуальные проблемы лесного

комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч. – технич. конф. – Брянск: БГИТа, 2005. – Вып. 10. – С. 65 – 66.

326. Усольцев, В.А. Географические закономерности распределения органической массы в искусственных фитоценозах сосны / В.А. Усольцев, А.И. Колтунова, Н.В. Азаренок, Н.А. Бабич, И.В. Евдокимов, В.Н. Габеев // Тр. XI съезда Русского географ. Общ. – С.-Пб.: Правда севера, 2000. – Т.8–С. 115 – 118.

327. Усольцев, В.А. Методы определения биологической продуктивности насаждений. / В.А. Усольцев, С.В. Залесов. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - 147 с.

328. Усольцев, В.А. Депонирование углерода в насаждениях некоторых экотонных и на лесопокрытых площадях Уральского федерального округа. / В.А. Усольцев, С.В. Залесов. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. - 223 с.

329. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии: методы, база данных и ее приложения. / В.А. Усольцев. - Екатеринбург: УрО РАН, 2007. - 636 с.

330. Усманов, С.М. Радиация: Справочные материалы. / С.М. Усманов – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 176 с.

331. Хазова, Е.П. Доля генотипических и экологических факторов в процессе развития макроструктурных признаков древесины *Pinus sylvestris* L. / Е.П. Хазова // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. – Брянск, 2004. –Вып. 9. – С. 142 – 144.

332. Хазова, Е.П. Особенности формирования макроструктуры годичного слоя *Pinus sylvestris* L. в условиях зоны широколиственных лесов Брянской области / Е.П. Хазова, Н.Е. Косиченко // Вестник БГТУ II междунар. науч.-практ. конф. «Экология: образование, наука, промышленность и здоровье». – 2004. – Часть V. – № 8. – С. 143 – 144.

333. Хазова, Е.П. Особенности микроструктуры листа *Pinus sylvestris* L. в различных лесорастительных зонах / Е.П. Хазова // Актуальные проблемы

лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч. – тех. конф. – Брянск: БГИТа, 2005. – Вып. 10. – С. 135 – 138.

334. Ханбеков, И.И. Влияние леса на окружающую среду / И.И. Ханбеков, Н.А. Недвецкий, В.Н. Валасюк, Р.И. Ханбеков – М.: Лесн. промышленность, 1980. – 136 с.

335. Харитонович, Ф.Н. Сезонный прирост у древесных пород в насаждениях Велико-Анадольского леса. / Ф.Н. Харитонович // Научные записки Днепропетровского университета, 1955. - Т. 48. - с. 24 - 29.

336. Хохрин, А.В. Диссимметрическая изменчивость и стереобиология сосны обыкновенной. / А.В. Хохрин // Экология, № 3, 1981. – Наука, – С. 58 – 65.

337. Фомин, Б.И. и др. Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. / Б.И. Фомин.— СПб. 1992. - Т. 14. - С. 103.

338. Федоров, Л.А. Необъявленная химическая война в России: Политика против экологии. / Л.А. Федоров. – Москва, 1995.

339. Федотов, И.С. Оценка действия двуокиси серы на сосновые насаждения / И.С. Федотов, Р.Т. Карабань, В.А. Тихомиров, Т.И. Сисигина // Лесоведение. 1983. № 6. С. 23–27.

340. Филиппчук, А.Н. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты. / А.Н. Филиппчук, Б.Н. Моисеев // Доклад на конференции «Парниковые газы - экологический ресурс России», Москва, 2004 г.

341. Фирсова, В.П. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах / В.П. Фирсова, Т.С.Павлова. - М.: Наука, 1983. – 167 с.

342. Фрейберг, И.А. Пути облесения Вырубок колочных лесов лесостепного Зауралья / И.А. Фрейберг, А.М. Бирюкова// Леса Урала и хозяйство в них. Свердловск: Средне-Уральское кн. Изд-во, 1976. – Вып. 9. – С. 3 – 18.

343. Фридман, Б.И. Вместо предисловия / Б.И. Фридман // Учение о зонах природы на переломе тысячелетий. Н.Новгород, 2001. - С. 3-15.

344. Фролов, А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. / А.К. Фролов - СПб.: Наука, 1998. - 328 с.

345. Фуксман, И.Л. Влияние «кислотного дождя» на сеянцы сосны обыкновенной/ И.Л. Фуксман, Л.Л. Новицкая, И.Ю. Ивонис, Г.К. Канючкова, Л.А. Чиненова // Экология. –1997. – № 1. – С. 3 – 8.

346. Царев, А.П. Селекция и репродукция лесных древесных пород: Учебник / Под ред. А. П. Царева / А.П. Царев, С.П. Погиба, В.В.Тренин // Учебник. – М.: Логос, 2003. – 520 с.: ил.

347. Цветков, В.Ф. К динамике лесных экосистем в зоне аэротехногенных загрязнений / В.Ф. Цветков // Международная научная конференция «Влияние атмосферного загрязнения и других антропогенных и природных факторов на дестабилизацию состояния лесов Центральной и Восточной Европы». Тез. докл. Т.2.- М.: МГУЛ, 1996.- С. 18-20.

348. Цветков, В.Ф. Использование показателей охвоения сосны при индикации воздействия космодрома «Плесецк» на окружающую среду / В.Ф. Цветков, Т.А. Пархимович // Всероссийск.научно-технич.конф «Охрана лесных экосистем и рациональноеиспользование лесных ресурсов».- Тез.докл.- Т.4.- М.: МГУЛ, 1994.- С. 44-46.

349. Чихачев П.А Путешествие в Восточный Алтай. / П.А. Чихачев. - М., 1974.

350. Черепанов, В.Н. Создание защитных лесных насаждений в лесостепи горьковской области. / В.Н. Черепанов.– Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1981. – 48 с.

351. Черепнин, В.Л. Изменчивость семян сосны обыкновенной / В.Л. Черепнин.– Новосибирск: Наука, 1980. – 183 с.

352. Чернов Н.Н. Лесные культуры на Урале / Н.Н. Чернов. – Екатеринбург, 1998. – 970 с.

353. Чернов, Н.Н. Лесокультурное дело на Урале: становление, состояние, пути дальнейшего развития: автореф...докт. с.-х. наук:06.03.01/ Чернов Николай Николаевич. – Екатибург, 2002. – 34 с.

354. Чертовской, В.Г. Возобновление леса в Архангельской и Вологодской областях / В.Г. Чертовской, Ф.Т. Пигарев // Возобновление леса: Науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Колос. – С. 38 – 64.

355. Чернодубов, А.И. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура *Pinus Sylvestris* L. В островных борах Восточно-Европейской равнины: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.03.01/ Чернодубов Алексей Иванович. – Санкт-Петербург, 1996. – 46 с.

356. Черненкова, Т.В. Методика комплексной оценки состояния лесных биогеоценозов в зоне влияния промышленных предприятий / Т.В. Черненкова // Пограничные проблемы экологии. Сб. Научн. трудов. — Свердловск: УНЦ АН СССР. 1986. - С. 116—127.

357. Чуваев, П.А. Вопросы индустриальной экологии и физиологии растений. / П.А. Чуваев, Ю.З. Кулагин, Н.В. Гетко Минск: Наука и техника. 1973.

358. Шанин, С.С. Возрастное строение сосновых древостоев районов Восточной и Западной Сибири. / С.С. Шанин // Сборник докладов научной конференции по изучению лесов Сибири и Дальнего Востока. Красноярск, 1962.

359. Шебалова Н.М., С.В. Залесов Оценка воздействия экстремальных условий на состояние древостоя сосны обыкновенной / Н.М. Шебалова, С.В. Залесов // Теоретический и научно-производственный журнал «Лесное хозяйство». 2005. - №6. - с. 25 - 26.

360. Шейкина, О.В. Селекционно-генетическая оценка плюсового генофонда сосны обыкновенной Чувашской Республики: автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.03.01/ Шейкина Ольга Викторовна. – Йошкар-Ола, 2004. – 23 с.

361. Шелуха, В.П. Снижение продуктивности сосновых древостоев в зоне влияния цементного производства / В.П. Шелуха, М.В. Стукалин // Всероссийск.научно-технич.конф. «Охрана лесных экосистем и

рациональное использование лесных ресурсов».- Тез.докл.- Т.2.- М.: МГУЛ, 1994.- С. 72-73.

362. Шуберт, Р. Возможности применения растительных индикаторов в биолого-технической системе контроля окружающей природной среды / Р. Шуберт // Сб. Проблемы фоновго мониторинга состояния природной среды. — Л.: ГМИ, 1982. - Вып. 1. - С. 104—111.

363. Шульга, В.В. Внутривидовая изменчивость сосны в Казахстане / В.В. Шульга // Леса Урала и хозяйство в них: сб. науч. тр. – Свердловск, 1970. –Вып. 5. – С. 279 – 282.

364. Шульга, В.Д. Устойчивость защитных лесных насаждений степных ландшафтов: автореф. дис. ... док. с.-х. наук: 06.03.04/ Шульга Виктор Дмитриевич. – Волгоград, 2002. – 46 с.

365. Шиятов, С. Г. Дендрохронология, ее принципы и методы / С.Г. Шиятов // Зап. Свердл. отд-ния ВБО. Свердловск, 1973. Вып. 6. С. 53–81.

366. Шкарлет, О.Д. Влияние промышленного загрязнения атмосферы и почвы на размеры пылевых зерен сосны обыкновенной / О.Д. Шкарлет // Экология. 1972. – № 1. – С. 52 – 57.

367. Шкодич, П.Е., Эколого-гигиенические аспекты проблемы уничтожения химического оружия. / П.Е. Шкодич, В.Ф. Желтобрюхов, В.В. Клаучек. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2004.- 236 с.

368. Шяптяене Я. О выборе показателей для мониторинга лесных экосистем / Я. Шяптяене // Биомониторинг лесных экосистем. Каунас, 1987. - С. 108 - 111.

369. Щекалев, Р.В. Содержание поздней древесины в годичном кольце сосны обыкновенной / Р.В. Щекалев, В.В. Коровин, С.Н. Тарханов // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. по итогам междунар. науч. – тех. конф. – Брянск: БГИТа, 2005. – Вып. 10. – С. 71 – 74.

370. Юникс, Р. Методические аспекты мониторинга антропогенных изменений продуктивности лесов. / Р. Юникс - Мониторинг лесных экосистем, Каунас, 1986. - С. 48-50.

371. Якимов, Н.И. Фенотипическая изменчивость и устойчивость насаждений сосны обыкновенной / Н.И. Якимов, Л.Ф. Поплавская, Л.М. Сероглазова // Селекция, генетические ресурсы и сохранение генофонда лесных древесных растений (Вавиловские чтения): Сб. науч. Трудов Ил НАН Беларуси.– Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. – Вып. 59. – С. 172 – 176.
372. БСЭ М. Советская энциклопедия 1970 г. ст. ст. Аммиак. Метан. Углекислый газ. Сажа. Кометы. Метеоры. Метеориты. Тунгусский метеорит. Мутагены. Мутагенез. Мутации.
373. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. //Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. - 348 с.
374. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2004 году / Под ред. Ю.В. Робертуса. - Горно-Алтайск: 2005. - 103 с.
375. Влияние загрязнителей воздуха на растительность. М.: Лесная промышленность, 1981. - 181 с.
376. Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение// Под ред. В.А. Алексеева. Л.: Наука, 1990. - 200 с.
377. Основные положения организации и развития лесного хозяйства Горьковской области / Изд. Поволжского лесоустроительного предприятия. Горький, 1975. - 232 с.
378. Результаты работ 1997г. по геоэкологическому мониторингу. Горно-Алтайск, 1998.
379. Antonovics, J. Evolution in closely adjacent plant populations. / J. Antonovics, A.D. Bradshaw // VIII. Clinal papperns at a mine boundary, Heredity.1970. - P. 349 - 362.
380. Askew, R. R. On the biology of the inhabitants of oak galls of the Cynipidae (Hymenoptera) in Britain, Transactions of the British Society for Entomology / R. R. Askew, 1961.- 14.- P. 237-268
381. Athari, S. Zur Problematik der Erfassung von umweltbedingten Zuwachsverlysten in Fichtenbestanden. / S. Athari, H. Kramer - Forst-und Holwirt, 1983.- 38, - 8, - S. 204 -206

382. Bailey, J.A. Phytoalexins, / J.A. Bailey, J. W. Mansfield // Blackie, Glasgow. 1982
383. Bradshaw, A.D. Population differentiation in *Agrostis tenuis* Sibth. / A.D. Bradshaw // II. The incidence of infection by *Epichloe typhina*, New Phytologist, 1959. - 58.
384. Bradshaw, A.D. Evolution and Pollution, Edward Arnold / A.D. Bradshaw, T. McNelly. - London. 198.
385. Crichfield, W.B. Subdivisions of the genus *Pinus* (pines)/ W.B. Crichfield, E.L. Little // U. S. Dep. Agr. Forest Serv. 1969. N 1144. – P. 1 – 51.
386. Crichfield, W.B. Geographic distribution of the pines of the world / W. B. Crichfield, E.L. Little. – Wash. (D. C.): US Dep. Of Agr., 1971. – 97 p.
387. Critchfield, W. B. Interspecific hybridization in *Pinus*: F summary review / W. B. Critchfield // Proc. Symp. Interspec. Or Interprov. Hybrid in Forest Trees. – 1975. – P. 99 – 105.
388. Duhamel du Monceau, H. L. Trait des arbres et arbustes qui se cultivent en France en pleine terre. *Pinus* Tourn. Et Linn. / H.L. Duhamel du Monceau. - Paris, 1755. - T. 2. – P. 121 – 169.
389. Duffeld, J.W. Relationships and species hybridization in the genus *Pinus* / J.W. Duffeld. – Ztschr. Forstgen. Forstpflanzenzucht., 1951. – B. 1. - N. 4. – S. 93 – 97.
390. Endlicher, S. B. Synopsis Coniferarum. – Sangalli: / S.B. Endlicher // Apud Scheitlin and Zollikofer, 1847. – Vol. I. – 368 s.
391. Haeckel, E. Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formen-Wissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie. / E. Haeckel. – Berlin : Georg Reimer, 1866.
392. Horsley, S.B. Factors associated with the decline disease of sugar maple on the Allegheny Plateau / S.B. Horsley, R.P. Long, S.W. Bailey, R.A. Hallett, T.J. Hall. // Canad. J. Forest Res. - 2000. - Vol. 30, № 9. - P.1365 - 1378.
393. Hoffmann, G. Über die Wirkung der Winterlichen Thermoperiode auf

das Wurzel und Sprosswachstum von *Pinus sylvestris* L. / G. Hoffmann, H. Lyr // Tagungsber. Dtsch. Akad. Landwirtschaftswiss. – Berlin, 1968. – N 100 – S. 87 – 93.

394. Huston, D. B. Effect of ambient air pollution on cone seed and pollen characteristics in eastern white and red pines/ D. B. Huston, L. S. Dochinger // Environment Pollut. – 1977. – Vol. 12. – P. 1 – 5.

395. Hutchinson, G. E. Concluding remarks, Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology, / G. E. Hutchinson. - 1957 -22, - P. 415 - 427.

396. IIASA, Full Carbon Account for Russia. Interim Report , IR-00-021, 2000

397. Loudon, J.C. *Pinus* L./ J.C. Loudon // Arboretum and Fruticetum Britannicum. – London, 1838. – Vol. 4. – P. 2152 – 2292.

398. Link, H. F. *Abietinae horti Regii botanici Bervili nensis cultae racensitae* / H. F. Link. – Linnaea, 1841,- 15, - S. 481 – 455.

399. Lux, H. Ergebnisse von Zuwachsuntersuchungen (Bohrs-pananalysen) in Rauhschhadensgebiet Dubener Heide. / H. Lux - Archiv für Forstwesen, 1965, 14, 10, S. 1103 - 1121

400. Linnaeus, C. *Species plantarum*. / C. Linnaeus. - Ed. 2. – 1763. – Vol. 2. – P. 1659.

401. Linzon, S.N. Effects of airborne sulfur pollutants on Plants / S.N. Linzon //Sulfur in the environment. 1976. P. 110 - 157.

402. Mc Laughlin, S.B. Effects of air pollution on forests. / S.B. Mc Laughlin // Journal of Air Pollution Control Association. 1985, - 35, - N 5, - p. 512 - 534.

403. Miller, P. The gardeners dictionary. / P. Miller. – London: 1754. – 1582 s.

404. Mirov, N. The genus *Pinus*. / N. Mirov - New York. –The Ronald Press Company, 1967. – 602 p.

405. Neumann, M. Untersuchungen über Auswirkungen gasformiger Immissionen auf Waldbestände im Raum Gailitz / M. Neumann, J. Pollanschütz, Arnoldstein.- Carinthia 11. 1982, - 92, - 39, - S. 265 - 288
406. Neumann, M. Vergleich spezieller Methoden zur Wachstumsuntersuchung und Schadensabschätzung. / M. Neumann, K. Schiller,- Mitt. Forst. Bundesversuchsanst. Wien, 1981, -139, - S. 49-65.
407. Pilger, R. Gymnospermae / R. Pilger // Die natürlichen Pflanzenfamilien. 2 Aufl. – Leipzig., 1926. – B. 13. –S. 1 – 447.
408. Rennenberg, H. The Fate of excess sulfur in higher plants //Ann. Rev. Plant Physiol. 1984. 35. P. 445 - 453.
409. Spach, M.E. Histoire naturelle des Vegetaux. / M.E. Spach.– Phanerogames, 1842. – Vol. 11. – 422 p.
410. Shaw, G.R. The genus Pinus. / G.R. Shaw– J. Arnold Arbor, 1914. – Vol. 1. – P. 1 – 96. Hereditas. 1966. Bd. 56. – N 1. – S. 137 – 141.
411. Staszkievicz, J. Sosna zwyczajna, Pinus sylvestris L., systematyka i zmienność. / J. Staszkievicz. – Polskiej Akad. Nauk, Nasze Drzewa Lesne (Monografie Popularnoroślowe), 1970. – T. 1. – C. 55 – 77.
412. Shvidenko A.Z. Carbon budget of the Russian boreal forests: a systems analysis approach to uncertainty / A.Z. Shvidenko, S. Nilsson, V.A. Rojkov, V.V. Strakhov //Forest Ecosystems, Forest Management and the Global Carbon Cycle, 1996, NATO ASI Series, vol. 140.
413. Ulrich B. Waldsterben durch saure Niederschläge / B. Ulrich.- Umschau, 1984, - 84, - N 11, - c. 348 - 355.
414. UN-ECE/FAO, Forest Resources of Europe, CIS, North America, Australia, Japan and New Zealand. Global Forest Resources Assessment 2000 (2000). Main Report No17.
415. Vandermer J. H. Niche theory, Annual Review of Ecology and Systematics / J. H. Vandermer. -1972, - 3, - P. 107 - 132.
416. Van der Burgh, J. Holz der niederrheinischen Braunkohlenformation, 2. Holz der Braunkohlengruben “Maria Theresia” zu Herzogenrath, “Zukunft

West” zu Eschweiler und “Victor” (Zulpich Mitte) zu Zulpich. Nebst einer systematiach-anatomischen Bearbeitung der Gattung Pinus L./ J. Van der Burgh // Rev. Palaeobot. Palynol. – 1973. – Vol. 15. – P. 73 – 275.

417. Wentzel K.F., Hypothesen und Theorien um Waldsterben / K.F. Wentzel.- Forstarhiv, 1985, 56, 2, p. 51 - 56.

418. Wright J. W. Performance of Scotch pine varieties in the north central region / J. W. Wright, S. S. Pauley, R. B. Polk, J. J. Jokela, R. A. Read // Silvae Genet. – 1966. – № 15. – P. 101 – 110.

419. Wright J.W. Differences among Scotch pine varieties in susceptibility to European pine sawfly / J. W. Wright, L. F. Wilson, W. K. Randall // Forest Sci. – 1967. – № 13. – P. 175 – 181.

420. Wright J. W. Genetic differences in Scotch pine resistance to pine root collar weevil/ J. W. Wright, L. F. Wilson // Agr. Exp. Sta. – Michigan, 1972 – Res. Rep. 159.– P. 1 – 5.

421. Methods of Dendrochronology. Applications in the Environmental Sciences / Eds. E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 1990. 394 p.

422. Jokela E.J., Martin T.A. Effects of ontogeny and soil nutrient supply on production, allocation, and leaf area efficiency in loblolly and slash pine stands / E.J. Jokela, T.A. Martin // Canad. J. Forest Res. - 2000. - Vol. 30, № 10. - P. 1511 - 1524.

423. Zimmermann M.H. Trees structure and function/ M.H. Zimmermann, C.L. Brown // N.Y.: Springer-Verlag, 1971. – P. 125 –165.

424. Состояние воздушного бассейна Нижегородской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecologynn.ru/win/air.html>. - Загл. с экрана.

425. Состояние воздушного бассейна Нижегородской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meteo.nnov.ru/cms/index.html?r=1>, - Загл. с экрана.