

Барановский Вячеслав Валерьевич



ВОЗДЕЙСТВИЕ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И НИЗОВЫХ
ПОЖАРОВ НА СОСНОВЫЕ НАСАЖДЕНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ КАМЕНСК-УРАЛЬСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА)

06.03.03. - Лесоведение и лесоводство;
лесные пожары и борьба с ними

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург, 2005

Работа выполнена в лаборатории экологии техногенных растительных сообществ Ботанического сада УрО РАН

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук,
ст. н. с. С. Л. Меншиков

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук,
профессор С. В. Залесов;
кандидат сельскохозяйственных наук,
н.с. Н. Н. Теринов

Ведущая организация: Уральский государственный университет
им А. М. Горького

Защита состоится 28 апреля 2005г. в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 в Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «25» марта 2005г.

Отзывы на автореферат просим направлять в двух экземплярах с заверенными печатью подписями по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ. Учёному секретарю диссертационного совета

Учёный секретарь диссертационного совета
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Аткина* Л. И. Аткина

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В последнее время особое значение приобретают исследования, связанные с оценкой антропогенного воздействия на окружающую среду. Особенно актуальным является изучение лесных насаждений, прилегающих к крупным промышленным центрам в пригородной зоне, которые, наряду с воздействием аэротехногенного загрязнения, подвергаются влиянию других антропогенных факторов, в том числе низовых пожаров.

Закономерности изменения состояния сосновых насаждений в условиях сопряженного воздействия аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров фактически не изучены в уральском регионе. В связи с этим, требуются дополнительные исследования по данной проблеме. Объектом исследований являются сосновые насаждения, прилегающие к Каменск-Уральскому промышленному узлу.

Цель и задачи исследований. Цель работы - изучение закономерностей изменения состояния сосновых древостоев, хода естественного возобновления сосны под пологом леса в условиях сопряженного воздействия аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучить геохимические параметры насаждений в районе исследований;
- изучить степень повреждения сосновых древостоев под воздействием аэротехногенного загрязнения, выявить зоны повреждения;
- провести анализ изменения радиального прироста деревьев сосны под воздействием аэротехногенного загрязнения, а также после низовых пожаров в условиях аэротехногенного загрязнения;
- оценить структуру надземной фитомассы подроста сосны в исследуемых насаждениях;
- изучить показатели естественного возобновления сосны под пологом леса после низовых пожаров в условиях аэротехногенного загрязнения, определить степень влияния одного фактора при изменении интенсивности другого.

Научная новизна. Впервые изучены показатели роста и состояния подрастающей сосны под пологом леса, а также закономерности изменения текущего годовичного радиального прироста деревьев сосны после низовых пожаров различной интенсивности в условиях аэротехногенного загрязнения. Определена степень влияния одного фактора при изменении интенсивности воздействия другого.

Защищаемые положения:

- закономерности изменения состояния древостоев и показателей подрастающей сосны в условиях аэротехногенного загрязнения;
- сопряженное воздействие аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров на показатели естественного возобновления и текущий годовичный радиальный прирост деревьев сосны.

Практическая ценность работы. Полученные данные имеют методическое значение при оценке степени трансформации сосновых насаждений, подверженных воздействию аэротехногенного и пирогенного факторов. Результаты исследований позволят более эффективно решать проблему возобновления сосняков после низовых пожаров в условиях аэротехногенного загрязнения.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований докладывались и обсуждались на международных (Екатеринбург, 2003, 2004, 2005), всероссийских (Красноярск, 2004; Екатеринбург, 2005), молодежных (Екатеринбург, 2002, 2003, 2004) конференциях, а также легли в основу подготовки четырех отчетов о научно-исследовательской работе (Екатеринбург, 2001, 2002, 2003, 2004)

Обоснованность и достоверность материалов исследований подтверждается значительным объемом экспериментального материала, применением современных общепринятых методик исследований, статистического анализа и оценки достоверности полученных результатов

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач исследований, разработке программы работ, сборе, обработке и анализе эксперимен-

тального материала, апробации результатов исследований, разработке практических рекомендаций.

Публикации. По данным диссертации опубликовано 10 печатных работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, а также библиографического списка, включающего 290 наименований, в т.ч. 24 иностранных, и двух приложений. Материал выполненных исследований изложен на 159 страницах и иллюстрирован 11 рисунками и содержит 26 таблиц.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Воздействие аэротехногенного загрязнения на сосновые насаждения изучалось многими отечественными и зарубежными исследователями (Кулагин, 1974, 1980; Davis, 1975; Мамаев, Макаров, 1976; Влияние..., 1981; Алексеев, 1982, 1986, 1989, 1990, 1993, 1997; Смит, 1985; Черненко, 1986, 2002, 2003, 2004; Меншиков и др., 1987; Шавнин и др., 1988; Лесные экосистемы..., 1990; Луганский, Калинин, 1990; Бабушкина и др., 1992, 1997; Воробейчик и др., 1994; Степень и др., 1996; Ярмишко, 1997; Залесов, Луганский, 2002; Ярмишко, 2002; Цветков, Цветков, 2003; и др.). Воздействие низовых пожаров на различные ярусы сосновых насаждений также широко изучено (Фирсова, 1960; Мелехов, 1970; Романов, 1970; Цветков, 1968, 1972; Фуряев и др., 1976, 1992; Санников, 1973, 1981, 1992; Санников и др., 1978, 1979; Гирс, 1979; Фуряев, 1981, 1988; Фуряев, Гирс, 1981; Санников, Санникова, 1985; Комарова, 1989; Залесов, 1998; Мартыненко, 2002; и др.). Имеется небольшое количество публикаций, в которых указывается на ускорение процессов дигрессии лесных насаждений при наложении пирогенного и рекреационного факторов на аэротехногенное загрязнение (Цветков, 1991; Горшков, 1994; Цветков, Цветков, 2003; Ганичева и др., 2004).

Несмотря на изученность воздействия аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров на сосновые насаждения, есть ряд нерешенных вопросов, в том числе влияние сопряженного воздействия этих факторов.

2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА И ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

Природные условия района. Каменск-Уральский лесхоз расположен в юго-восточной части Свердловской области, по лесорастительному районированию - в южной части Западно-Сибирской равнинной лесорастительной области. Исследования проводились в подзоне предлесостепных и сосново-березовых лесов. По лесохозяйственному районированию территория лесхоза входит в Среднеуральский лесохозяйственный округ и относится к зауральскому увалисто-равнинному району (Колесников и др., 1973). Протяженность территории лесхоза с севера на юг составляет 55 км, с востока на запад - 73 км.

Среднегодовая температура воздуха - 1,6°C, продолжительность периода с температурой выше 10°C - 125 дней. Годовая сумма осадков - 400 мм. Преобладающее направление ветров - западное, юго-западное. Гидротермический коэффициент - 1.0 (Агроклиматический справочник..., 1962; Колесников и др., 1973).

Рельеф района носит всхолмленно-увалистый характер, пересечен логами и долинами мелких рек и ручьев. Высота над уровнем моря 200 м. Преобладают темно-серые, серые лесные и дерново-подзолистые почвы на суглинках и глинах (Фирсова, 1969; Колесников и др., 1973).

В лесном фонде, по данным лесоустройства, преобладают сосновые и березовые насаждения. Средний запас на 1 га по лесхозу составляет 201 куб. м. Запас в сосновых насаждениях значительно выше (270 куб. м.), чем в березовых (155 куб. м.) Средний возраст хвойных составляет 83 года, мягколиственных - 66 лет.

Характеристика пробных площадей (ПП) Все ПП заложены в сосняке разнотравном. На ПП проективное покрытие подстилки колеблется от 20 до 30%, живого напочвенного покрова - от 40 до 60%. Средний возраст древостоев составляет 84-88 лет, средняя высота 18,2 м. Пробными площадями

охвачены высокополнотные насаждения I-III классов бонитета. Вторичные вредители леса не вносят существенный вклад в ослабление древостоев на пробных площадях.

3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА, ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

Исследования проведены по следующей программе: анализ литературных источников по тематике исследований; рекогносцировочное обследование очага загрязнения; изучение уровня загрязнения снега и почвы на ПП и его связи с параметрами состояния древостоев; ретроспективный анализ изменения текущего годовичного и среднепериодического радиального прироста деревьев сосны под воздействием аэротехногенного загрязнения за период 1930-2002 гг.; изучение воздействия низовых пожаров различной интенсивности на текущий годичный радиальный прирост деревьев сосны в условиях аэротехногенного загрязнения; оценка структуры надземной фитомассы подроста в условиях аэротехногенного загрязнения; изучение воздействия низовых пожаров на густоту, встречаемость и морфологические показатели подроста сосны под пологом леса в условиях аэротехногенного загрязнения; изучение воздействия загрязнения на показатели возобновления сосны после низовых пожаров различной интенсивности.

Закладка ПП выполнена по общепринятой методике (ОСТ 56-66-83). Типологическое описание ПП проведено согласно Б. П. Колесникову и др. (1973). Визуальная оценка степени аэротехногенного повреждения древостоев проводилась с использованием российских и зарубежных методик (Manual..., 1994; Санитарные правила..., 1998), адаптированных для уральского региона (Меншиков, 2001).

Давность низового пожара определялась по материалам лесхоза и максимальному возрасту подроста сосны (Фурьев, 1988). Интенсивность низового пожара определялась по высоте нагара на стволах деревьев (Молчанов, 1954; Волокитина, 1984) и величине слоя недогоревшей во время низового пожара лесной подстилки (Санников, Санникова, 1985; Указания..., 1995).

Учет подроста на ПП проводился согласно общеизвестным методикам (Побединский, 1966; Злобин, 1970; Санников, Санникова, 1985). Учетные площадки размером 1х1м, расположены на трансектах через 5м, в количестве 40-50шт; расстояние между трансектами – 10м. У подроста определялись возраст, высота, диаметр у корневой шейки, величина линейного прироста осевого и боковых побегов, срок жизни хвои, число и длина побегов второго порядка, категория жизнеспособности (Мелехов, 1954). На этих же учетных площадках описывался живой напочвенный покров (проективное покрытие, видовой состав, обилие по шкале О.Друде). У подроста определялась структура надземной фитомассы: масса хвои и побегов по возрастам и их соотношение (Методы изучения..., 2002).

Текущий годичный радиальный прирост деревьев изучался согласно методических указаний А. С. Алексева (1997). У 35-40 деревьев одного возраста на ПП отбирались возрастным буром керны древесины на высоте 1,3м. Измерения годичных колец проводились по двум противоположным радиусам с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10 с точностью 0,05мм. У этих же деревьев измерялась высота.

На каждой ПП оценивалась рекреационная нагрузка (Рысин, 1983; Временная методика..., 1987), в качестве основных признаков которой принималось состояние растительности нижних ярусов и степень вытоптанности.

На ПП закладывались почвенные разрезы, на которых описывалась морфология почв, отбирались образцы по генетическим горизонтам для химических анализов: рН водная (ГОСТ 26423), рН обменная (ГОСТ 26483), подвижные фосфор и калий (по Кирсанову), азот (ГОСТ 26107), фтор с использованием фтористого электрода марки ЭФ-Т2 на иономере И-120.1. Содержание металлов в образцах определялось методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии.

Образцы снега отбирали снегоотборником в 10-кратной повторности. Снеговую воду фильтровали через беззольный фильтр, определяли взвешенные вещества, а в фильтрате - SO_4^{2-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+2} , рН. Фильтры с осевшей

пылевой фракцией высушивали и взвешивали. Содержание тяжёлых металлов в фильтрате и в пыли осевшей на фильтре определяли методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии на приборе С-115-М.

Весь экспериментальный материал обработан традиционными методами математической статистики с использованием корреляционного и дисперсионного анализов (Дворецкий, 1971; Зайцев, 1984), а также компьютерных программ STATISTICA 5.0, Microsoft Excel 2003.

Объем выполненных работ. В процессе исследований была заложена 21 постоянная и 7 временных ПП, на которых было изучено около 5 тыс. учетных деревьев. Замерена высота у 1040 деревьев. Отобрано и проанализировано 510 кернов древесины. Заложено 17 почвенных разрезов, изучено 69 образцов почвы и 140 образцов снега. Суммарно учтено около 10 тыс. экземпляров подроста на более 1000 учетных площадках. Определена фитомасса у 60 экземпляров подроста. Всего выполнено около 140 тыс. измерений.

4. СТЕПЕНЬ ПОВРЕЖДЕНИЯ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Зонирование насаждений выполнено на основании визуальной оценки степени повреждения древостоев на ПП. Установлено, что фоновые насаждения располагаются к востоку и северо-востоку от источника выбросов на расстоянии от 4 км, к западу и северо-западу - от 4,5 км. Зона слабого повреждения распространяется к востоку и северо-востоку от источника выбросов на расстоянии от 1,8 до 4 км, к западу и северо-западу - от 1,5 до 4,5 км. Зона среднего повреждения распространяется к востоку и северо-востоку от источника выбросов на расстоянии до 1,8 км, к западу и северо-западу - до 1,5 км.

Величина средней дефолиации в зоне среднего повреждения выше, чем в фоне на 51,1% ($t_{\text{факт.}}=8,224$; $t_{\text{табл.}}=1,96$), средней дехромации - на 71% ($t_{\text{факт.}}=11,82$), средний срок жизни хвои ниже на 33,3% ($t_{\text{факт.}}=10,21$), средняя высота древостоя ниже на 31,4% ($t_{\text{факт.}}=18,30$).

Распределение деревьев по классам повреждения представлено на примере ПП, характерных для выделенных зон повреждения и одинаковых по интенсивности последнего низового пожара. Количество здоровых деревьев (табл. 1) составляет 75% в фоне, 8% в зоне слабого и 3% в зоне среднего повреждения. Ослабленные деревья в фоне составляют 22%, в зоне слабого повреждения – до 67%, в зоне среднего - до 50%. Средне ослабленных деревьев в фоне нет, в очаге повреждения их 16-17%. Сильно ослабленных деревьев в зоне слабого повреждения 3%, в зоне среднего - 7%. Сухостоя в фоне до 5%, в зоне слабого повреждения - до 7%, в зоне среднего повреждения - до 22%.

Связь степени повреждения с классом Крафта. В слабоповрежденных древостоях с понижением фитосоциального статуса возрастает степень повреждения деревьев в древостое - отпад по низовому принципу. С увеличением уровня аэротехногенного загрязнения в зоне среднего повреждения наблюдается более значительное ухудшение состояния господствующих (1-2 класса Крафта) в древостое деревьев - отпад по верховому принципу.

Таблица 1. Распределение деревьев сосны по классам повреждения на постоянных пробных площадях

№ ППП	Направление / расстояние от источника выбросов, км	Процент деревьев по классам повреждения, %						Средний индекс / степень повреждения древостоя
		1	2	3	4	5	6	
12	СЗ/ 12,0	75	22	-	-	-	5	1,47 / Фон
5	СЗ/ 1,5	8	67	16	3	-	7	2,40 / Слабая
18	В/ 1,2	3	50	17	7	-	22	3,20 / Средняя

Таким образом, под воздействием аэротехногенного загрязнения усиливается дефолиация и дехромация кроны, сокращается продолжительность жизни хвои, снижается средняя высота, возрастает средний индекс повреждения древостоя сосны. Фактор загрязнения в данном случае усиливает пожарную опасность в районе за счет повышенного количества опада (дефолиация кроны).

5. УРОВЕНЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Источники аэротехногенного загрязнения и состав выбросов. Промышленными предприятиями в районе исследований, обуславливающими основной объем выбросов, являются Уральский алюминиевый завод (УАЗ) и Красногорская ТЭЦ (КТЭЦ). Эти предприятия пущены в работу в 1939 году (Экономическая энциклопедия..., 2003). В 2000 году в атмосферный воздух выброшено 44,00 тыс.т поллютантов (Государственный доклад..., 2003), основными из которых являются диоксид серы (8508,5т), оксид углерода (8554,95т), оксид алюминия (1161,47т), диоксид азота (923,35т), взвешенные вещества (605,36т), фтористые соединения (290т).

Снег. Показатель pH снеговой воды варьирует в пределах 6,0 – 7,2. Минимальная величина показателя наблюдается на ПП, наиболее удаленных от источника выбросов. В очаге повреждения содержание в фильтрате снеговой воды взвешенных веществ достоверно превышает в 4,2 раза ($t_{\text{факт.}}=6,42$), калия – в 4 ($t_{\text{факт.}}=5,45$), натрия в 4,8 ($t_{\text{факт.}}=47,70$), цинка в 1,7 ($t_{\text{факт.}}=2,35$), кадмия в 3,8 ($t_{\text{факт.}}=3,13$), меди в 1,6 ($t_{\text{факт.}}=2,66$), марганца в 1,5 ($t_{\text{факт.}}=3,54$), в твердой фракции - цинка в 3 раза ($t_{\text{факт.}}=3,17$), свинца в 1,6 ($t_{\text{факт.}}=2,102$), кадмия в 3 ($t_{\text{факт.}}=3,61$), никеля в 1,8 ($t_{\text{факт.}}=2,36$), меди в 5,5 ($t_{\text{факт.}}=4,93$), марганца в 4,4 ($t_{\text{факт.}}=4,67$), железа в 1,9 ($t_{\text{факт.}}=2,67$) содержание в фоне (при $v=18$; $P=95\%$; $t_{\text{табл.}}=2,101$).

Почвы. Величина показателя pH почвы повышается вверх по почвенному профилю. В очаге загрязнения превышен фоновый уровень содержания в верхних почвенных горизонтах фтора более чем в 40 раз, калия - в 7,8 раза, натрия в 12,6 раза, магния в 21 раз, кальция в 31,3 раза, никеля в 10,3 раза, меди в 1,4, железа в 1,9 раза, хрома в 2,4 раза.

Между лесной подстилкой и гумусовым горизонтом выявлен слой аэротехногенной золы, толщина которого возрастает с приближением к источнику выбросов. Зола выбрасывалась КТЭЦ в период использования в качест-

ве основного вида топлива каменного угля (1939-1967гг). Химический состав золы отличается от состава верхних генетических горизонтов почвы пониженным содержанием цинка, марганца, магния и кальция, повышенным содержанием железа, никеля, меди.

Связь степени повреждения с уровнем загрязнения. Выявлены достоверные положительные корреляционные связи среднего индекса повреждения древостоя с содержанием взвешенного вещества в снеговой воде ($t_{\text{факт.}}=2,48$), в фильтрате снеговой воды - калия ($t_{\text{факт.}}=2,45$) и марганца ($t_{\text{факт.}}=3,40$; $t_{\text{табл.}}=2,306$), а также с содержанием фтора в гумусовом горизонте ($t_{\text{факт.}}=2,20$) и хрома ($t_{\text{факт.}}=2,28$), калия ($t_{\text{факт.}}=2,41$), натрия ($t_{\text{факт.}}=3,84$), магния ($t_{\text{факт.}}=2,85$) и кальция ($t_{\text{факт.}}=2,21$) - в лесной подстилке (при $t_{\text{табл.}}=2,131$).

6. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ И НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ

Изменение радиального прироста деревьев в зависимости от уровня загрязнения почвы. Выявлена тесная достоверная отрицательная корреляционная связь величины среднепериодического радиального прироста деревьев сосны за период использования КТЭЦ каменного угля в качестве основного вида топлива (1939-1967гг.) с толщиной слоя аэротехногенной золы в почве ($r = -0,98$; $P = 95\%$; $\nu = 5$; $t_{\text{факт.}} = 5,21$; $t_{\text{табл.}} = 2,571$).

Корреляционная связь величины среднепериодического радиального прироста деревьев сосны с толщиной слоя золы в почве за период с 1968 до 2002 года тесная достоверная положительная ($r = 0,90$; $t_{\text{факт.}} = 3,26$). Это может быть связано с использованием КТЭЦ в этот период в качестве основного вида топлива природного газа, и соответственно снижением уровня загрязнения, в частности, значительным снижением в составе выбросов двуокиси серы.

Радиальный прирост деревьев в зонах повреждения. С 1930 до 1939 года, когда основные источники аэротехногенного загрязнения еще не были

пущены в работу, величины среднепериодического прироста деревьев в фоне и очаге повреждения существенно не различаются (рис.).

С началом работы УАЗ и КТЭЦ (1939г) до конца 1960-х годов наблюдается снижение текущего годовичного радиального прироста деревьев в очаге повреждения относительно фона, особенно в зоне среднего повреждения. Величина среднепериодического радиального прироста деревьев за весь период изучения показателя (1930-2002гг) в зоне слабого повреждения на 18,3%, а в зоне среднего повреждения - на 26,2% достоверно ($t_{\text{факт.}} = 2,03-2,92$; $t_{\text{табл.}} = 2,004$) ниже, чем в фоне.

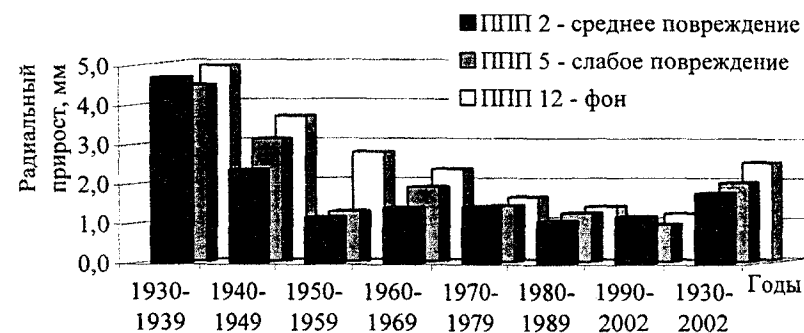


Рис. Величина среднепериодического радиального прироста сосны по периодам в зонах повреждения

Связь прироста деревьев с дефолиацией кроны. В очаге повреждения древостоев в течение последних 10-, 20-, 30-летних периодов роста сосны при увеличении степени дефолиации от 15 до 25% наблюдается достоверное снижение среднепериодического радиального прироста деревьев ($t_{\text{факт.}} = 2,06$; $t_{\text{табл.}} = 2,004$). При дефолиации кроны от 30 до 40% происходит достоверное увеличение показателя ($t_{\text{факт.}} = 3,27$). При дальнейшем возрастании дефолиации от 45% и выше идет достоверное снижение величины среднепериодического радиального прироста деревьев ($t_{\text{факт.}} = 2,60-2,73$).

Воздействие низовых пожаров на радиальный прирост деревьев сосны в условиях аэротехногенного загрязнения. В районе исследований высока ве-

роятность засушливой погоды и периодически повторяющиеся засухи (Колесников и др., 1973). В связи с этим изучение влияния низовых пожаров на величину текущего годового радиального прироста деревьев сосны сопряжено с анализом климатических условий.

В фоновых древостоях величины текущего годового радиального прироста деревьев на следующий год (1998) после слабого и среднего низовых пожаров, а также без воздействия пожара, достоверно ($t_{\text{факт.}} = 3,07-4,48$; $t_{\text{табл.}} = 2,004$) снижаются на 25,4-28,9% относительно пожарного года (1997). Это может быть связано с влиянием климатических факторов в эти годы: в 1998 году сумма осадков с мая до августа снизилась относительно 1997 года на 23,2%, средняя температура повысилась на 17,7%. На следующий год после сильного низового пожара относительно пожарного года существенного снижения текущего годового радиального прироста деревьев не наблюдается ($t_{\text{факт.}} = 1,84$). Величины текущего годового радиального прироста деревьев на второй год (1999) после слабого и среднего низовых пожаров, а также в контроле, достоверно ($t_{\text{факт.}} = 2,18-3,07$) повышаются относительно первого года (1998) на 22,7-31,25%. Сумма осадков с мая до августа повысилась в 1999 году относительно 1998 на 37,2%, средняя температура воздуха понизилась на 16,4%. После сильного низового пожара различие величин текущего годового радиального прироста в эти годы не существенно ($t_{\text{факт.}} = 1,02$).

В зоне слабого повреждения величины текущего годового радиального прироста деревьев на следующий год после низовых пожаров слабой и средней интенсивности, а также в контроле без влияния пожаров в эти годы, достоверно ($t_{\text{факт.}} = 2,18-4,61$) снижаются относительно текущего годового прироста деревьев в год пожара. После сильного низового пожара существенных изменений нет ($t_{\text{факт.}} = 1,41$). На второй год после слабого и среднего низовых пожаров, а также в контроле без пожара величины прироста деревьев достоверно ($t_{\text{факт.}} = 2,30-3,07$) возрастают относительно первого послепожарного года. После сильного низового пожара изменение текущего годового радиального прироста деревьев в эти годы не существенно ($t_{\text{факт.}} = 1,92$),

что может быть связано со снижением величины текущего годового радиального прироста деревьев уже в год прохождения низового пожара.

Таким образом, в зоне слабого повреждения наблюдается аналогичная фоновым древостоям послепожарная динамика текущего годового радиального прироста деревьев сосны. Сильные низовые пожары в зоне слабого повреждения более существенно влияют на динамику текущего годового радиального прироста деревьев, чем аэротехногенное загрязнение.

7. ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОГО ВОЗОБНОВЛЕНИЯ СОСНЫ ПОД ПОЛОГОМ ЛЕСА ПОСЛЕ НИЗОВЫХ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Структура надземной фитомассы подроста сосны в условиях аэротехногенного загрязнения. С увеличением уровня аэротехногенного загрязнения наблюдается снижение массы хвои и побегов всех возрастов, повышается коэффициент отношения массы хвои к массе побегов, а также снижается варибельность показателей надземной фитомассы. Снижение массы хвои под действием загрязнения идет менее интенсивно, чем снижение массы побегов. Различия статистически достоверны между показателями фитомассы в зонах слабого и среднего повреждения ($t_{\text{факт.}} = 4,39-7,30$; $t_{\text{табл.}} = 2,030$), а также в фоне и зоне среднего повреждения ($t_{\text{факт.}} = 5,19-6,16$).

Густота и встречаемость подроста после низовых пожаров семилетней давности. С усилением интенсивности низового пожара семилетней давности от слабого до сильного уровня (табл. 2) густота подроста сосны в фоновых условиях и зоне слабого повреждения достоверно возрастает ($t_{\text{факт.}} = 2,24-2,65$; $t_{\text{табл.}} = 1,989$) более чем в 7 раз (встречаемость возрастает в 3,7-7,4 раза), в зоне среднего повреждения различие недостоверно (встречаемость возрастает на 70%).

Таким образом, с увеличением уровня загрязнения различия между показателями густоты и встречаемости подроста сосны, вызванные усилением интенсивности низового пожара, сокращаются.

Таблица 2. Показатели подроста сосны после низовых пожаров семилетней давности

Интенсивность пожара	Густота, тыс. шт.	Срок жизни хвои, лет	Длина стволика, см	Диаметр у корневой шейки, см
Фон				
Слабая	1,09 ± 0,40	2,90 ± 0,14	43,4 ± 2,6	0,51 ± 0,03
Средняя	4,00 ± 1,30	2,90 ± 0,13	49,8 ± 1,8	0,50 ± 0,02
Сильная	8,33 ± 2,70	3,07 ± 0,07	49,2 ± 1,2	0,51 ± 0,02
Зона слабого повреждения				
Слабая	0,80 ± 0,52	2,79 ± 0,10	41,2 ± 2,7	0,43 ± 0,04
Средняя	1,20 ± 0,60	2,97 ± 0,13	39,7 ± 1,9	0,44 ± 0,02
Сильная	5,65 ± 2,10	3,10 ± 0,16	46,1 ± 1,8	0,45 ± 0,02
Зона среднего повреждения				
Слабая	0,40 ± 0,30	2,77 ± 0,10	25,3 ± 1,8	0,29 ± 0,01
Средняя	0,40 ± 0,30	2,94 ± 0,17	30,1 ± 3,5	0,37 ± 0,04
Сильная	0,80 ± 0,40	3,08 ± 0,10	37,3 ± 4,9	0,39 ± 0,03

С увеличением уровня аэротехногенного загрязнения (табл. 3) густота подроста после низового пожара слабой интенсивности недостоверно ($t_{\text{факт.}} = 1,38$) снижается на 63,3% (встречаемость на 55,1%), после среднего низового пожара – достоверно ($t_{\text{факт.}} = 2,70$) на 90% (встречаемость на 73%), после сильного низового пожара ($t_{\text{факт.}} = 2,76$) – на 90,4% (встречаемость на 79,6%). Таким образом, с усилением интенсивности низового пожара различия между показателями густоты и встречаемости подроста сосны, вызванных увеличением уровня загрязнения, возрастают.

Двухфакторный дисперсионный анализ воздействия аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров на показатели 7-летнего подроста сосны показал, что рассматриваемые факторы ($F_{\text{факт.}}=12,05-15,52$; $F_{\text{табл.}}=3,07$), а также их взаимодействие ($F_{\text{факт.}}=3,82$; $F_{\text{табл.}}=2,44$) достоверно влияют на густоту подроста сосны. Причем наибольшее влияние оказывают низовые пожары.

Морфологические показатели состояния подроста. Изучение показателей состояния семилетнего подроста, появившегося после низовых пожаров семилетней давности показало следующее.

Таблица 3. Показатели подроста сосны в зонах аэротехногенного повреждения

Степень повреждения древостоя	Густота, тыс. шт.	Срок жизни хвои, лет	Длина стволика, см	Диаметр у корневой шейки
После пожара слабой интенсивности				
Фон	1,09 ± 0,40	2,90 ± 0,14	43,4 ± 2,6	0,51 ± 0,03
Слабая	0,80 ± 0,52	2,79 ± 0,10	41,2 ± 2,7	0,43 ± 0,04
Средняя	0,40 ± 0,30	2,77 ± 0,10	25,3 ± 1,8	0,29 ± 0,01
После пожара средней интенсивности				
Фон	4,00 ± 1,30	2,90 ± 0,13	49,8 ± 1,8	0,50 ± 0,02
Слабая	1,20 ± 0,60	2,97 ± 0,13	39,7 ± 1,9	0,44 ± 0,02
Средняя	0,40 ± 0,30	2,94 ± 0,17	30,1 ± 3,5	0,37 ± 0,04
После пожара сильной интенсивности				
Фон	8,33 ± 2,70	3,07 ± 0,07	49,2 ± 1,2	0,51 ± 0,02
Слабая	5,65 ± 2,10	3,10 ± 0,16	46,1 ± 1,8	0,45 ± 0,02
Средняя	0,80 ± 0,40	3,08 ± 0,10	37,3 ± 4,9	0,39 ± 0,03

В фоновых условиях под воздействием низового пожара морфологические показатели состояния семилетнего подроста сосны изменяются не существенно. Длина стволика возрастает на 13,3%, диаметр у корневой шейки - на 2,3%. В целом, доля благонадежного подроста после сильного пожара на 12,5% выше, чем после слабого.

В зоне слабого повреждения у семилетнего подроста сосны с усилением интенсивности низового пожара достоверно возрастает длина стволика подроста (на 11,7%), линейный прирост осевого и боковых побегов текущего года, длина хвои осевого побега 3-го и 2-го года жизни. Диаметр у корневой шейки возрастает не существенно (на 3,8%), доля благонадежного подроста – на 18,5%.

В зоне среднего повреждения с усилением интенсивности низового пожара достоверно возрастает величина линейного прироста осевого побега 2-го и текущего года жизни, бокового побега текущего года, срок жизни хвои, длина побегов второго порядка 3-го года жизни, длина стволика (на 47,7%), диаметр стволика у корневой шейки (на 33,7%). Доля благонадежного пол-

роста возрастает на 69,8%.

Таким образом, в фоновых условиях, по сравнению с насаждениями в зоне слабого и среднего повреждения, различия рассматриваемых морфологических показателей подроста сосны, вызванные низовым пожаром, минимальны.

После низового пожара слабой интенсивности с увеличением уровня загрязнения достоверно снижаются величина линейного прироста осевого побега 3-го, 2-го, текущего года жизни, бокового побега текущего года, длина побегов второго порядка 3-го, 2-го, текущего года жизни, длина стволика (на 41,9%), диаметр у корневой шейки (на 43,1%), доля благонадежного подроста (на 40,3%). После низового пожара средней интенсивности с увеличением уровня загрязнения достоверно снижаются величина линейного прироста бокового побега текущего года, длина хвои бокового побега, длина побегов второго порядка текущего года, длина стволика (на 39,6%), диаметр у корневой шейки (на 26,7%), доля благонадежного подроста (на 16,9%).

После сильного низового пожара с увеличением уровня загрязнения снижаются величина линейного прироста осевого побега второго года жизни, число побегов второго порядка текущего года, длина побегов второго порядка третьего, второго и текущего года жизни, длина стволика (на 24,2%), диаметр у корневой шейки (на 23,7%), доля благонадежного подроста (на 9,9%).

Таким образом, после низовых пожаров сильной интенсивности, по сравнению с подростом после пожаров средней и слабой интенсивности различия рассматриваемых морфологических показателей подроста сосны, вызванные воздействием аэротехногенного загрязнения минимальны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Под воздействием аэротехногенного загрязнения в Каменск-Уральском промышленном районе существенно изменяется состояние древесного яруса сосновых насаждений: снижается средняя высота древостоя на 31,4%, в древостое снижается доля здоровых деревьев от 75% до 3%, возрастает

доля ослабленных деревьев до 24%, увеличивается степень дефолиации кроны сосны на 51%, дехромации – на 71%, снижется продолжительность жизни хвои на 33%.

2. Под воздействием аэротехногенного загрязнения снижается радиальный прирост деревьев сосны. Величина среднепериодического радиального прироста деревьев за период изучения показателя (1930-2002гг.) в очаге повреждения достоверно ниже на 18-26%, чем в фоновых условиях.

3. На данном этапе исследований выявлено, что послепожарная динамика текущего годичного радиального прироста деревьев сосны в условиях аэротехногенного загрязнения и в фоне существенно не различаются. Сильные низовые пожары в зоне слабого повреждения более существенно влияют на динамику текущего годичного радиального прироста деревьев, чем аэротехногенный фактор.

4. Под воздействием загрязнения идет угнетение роста молодого поколения сосны, в частности снижается прирост в высоту и по диаметру, ухудшается рост боковых побегов. Существенно изменяются параметры надземной фитомассы подроста: снижаются масса хвои осевого (на 52,3%), боковых (на 79,4%) побегов, а также осевого (на 73,4%), боковых (на 86,3%) побегов.

5. С увеличением интенсивности низового пожара показатели густоты и встречаемости подроста послепожарной генерации возрастают, особенно в фоновых условиях.

6. С увеличением уровня аэротехногенного загрязнения показатели густоты и встречаемости подроста снижаются, причем после сильных низовых пожаров – в большей степени.

7. У подроста сосны под воздействием низовых пожаров, в зависимости от уровня аэротехногенного загрязнения, происходит увеличение длины стволика, диаметра у корневой шейки, величины линейного прироста, длины хвои, числа и длины побегов второго порядка: чем выше уровень загрязнения, тем сильнее зависимость этих показателей от интенсивности пожара.

8. Аэротехногенное загрязнение негативно воздействует на морфологию

ческие показатели подроста сосны в зависимости от интенсивности низового пожара: чем выше интенсивность пожара, тем слабее зависимость показателей от уровня загрязнения.

9. Несмотря на ряд положительных моментов в ходе возобновления сосны после низовых пожаров, в целом наблюдается усиление негативного воздействия на лесные насаждения аэротехногенного загрязнения при наложении на него пирогенного фактора: уничтожение допожарной генерации подроста, подлеска, лесной подстилки.

10. Двухфакторный дисперсионный анализ показал достоверное влияние как аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров в отдельности, так и их взаимодействия на большинство показателей естественного возобновления сосны. Большее влияние на густоту подроста оказывает пирогенный фактор, на показатели состояния подроста – аэротехногенный фактор.

11. При проведении оценки ущерба лесам от аэротехногенного и пирогенного факторов необходимо учитывать специфику их совместного воздействия на насаждения.

12. С целью улучшить состояние лесных насаждений в очагах аэротехногенного загрязнения, рекомендуется проведение следующих мероприятий: снижение объемов выбросов промышленными предприятиями; снижение рекреационной нагрузки на леса; усиление охраны лесов от пожаров; минерализация почвы, в качестве меры содействия естественному возобновлению леса.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Барановский В.В. Воздействие антропогенных факторов на сосновые насаждения в районе г. Каменска-Уральского / Барановский В.В., Менщиков С. Л., Нагимов З. Я., Новокрещенов В. М. // Социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сб. матер. междунар. научн.-технич. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2003. - С. 262-264.

2. Барановский В. В. Характеристика состояния лесных насаждений в районе Каменск-Уральского промузла / Барановский В. В., Менщиков С. Л. // Природные и городские экосистемы: проблемы изучения биоразнообразия: Сб. статей участников молодежного научного семинара. - Екатеринбург, 2003. - С. 5-9.

3. Барановский В. В. Степень загрязнения снеговой воды в районе Каменск-Уральского промузла / Барановский В. В., Менщиков С. Л. // Природные и городские экосистемы: проблемы изучения биоразнообразия: Сб. статей участников молодежного научного семинара. - Екатеринбург, 2003. - С. 9-14.

4. Барановский В.В. Изменение жизненного состояния и радиального прироста сосны в Каменск-Уральском промузле / Барановский В.В., Менщиков С.Л. // Структурно-функциональная организация и динамика лесов. Матер. всероссийской конф. - Красноярск: Институт леса им. Сукачёва СО РАН, 2004. - С.254-256.

5. Барановский В. В. Загрязнение почвы в сосновых древостоях в районе Каменск-Уральского промузла / Барановский В.В., Менщиков С.Л. // Материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов лесохозяйственного факультета: Матер. научн.- техн. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2004. - С. 36-38.

6. Барановский В. В. Воздействие аэротехногенного загрязнения и низовых пожаров на сосновые насаждения в районе Каменск-Уральского промузла / Барановский В.В., Менщиков С.Л. // Экология фундаментальная и прикладная: Проблемы урбанизации: Матер. междунар. научн.-практ. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. - С. 53-54.

7. Барановский В. В. Связь радиального прироста сосны с загрязнением почвы Каменск-Уральского промузла / Барановский В.В., Менщиков С.Л., Завьялов К. Е. // Социально – экономические и экологические проблемы лесного комплекса: Сб. матер. междунар. научн.-технич. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2005. - С. 278-279.

8. Барановский В. В. Связь радиального прироста с дефолиацией кроны сосны в условиях Каменск-Уральского промузла / Барановский В. В., Завьялов К. Е., Менщиков С. Л. // Матер. всероссийской начн.-техн. конф. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2005. - С. 194-195.

9. Менщиков С. Л. Создание лесных растительных сообществ в районе Каменск-Уральского промузла / Менщиков С. Л., Князев М. С., Барановский В. В. // Леса Урала и хозяйство в них: Сб. научн. тр. Вып. 23. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2003. - С. 201-215.

10. Менщиков С. Л. Жизненное состояние и особенности строения сосняков в районе Нижнего Тагила / Менщиков С. Л., Власенко В.Э., Андреев Г. В., Барановский В. В. // Леса Урала и хозяйство в них: Сб. научн. тр. Вып. 25. - Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. лесотехн. ун-та, 2004. - С. 125-139.

Подписано в печать 22.03.05. объем 1 п.л. Заказ №115. Тираж 100 экз.

620100 Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ, ОПП.