



Бачурина Анна Владимировна

**Влияние промышленных поллютантов
ЗАО «Карабашмедь» на состояние
прилегающих лесных насаждений**

**06.03.03 – Лесоведение и лесоводство,
лесные пожары и борьба с ними**

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук**

Екатеринбург – 2008

Работа выполнена на кафедре лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета.

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Сергей Вениаминович Залесов

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор Африкан Кузьмич Махнёв
кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент Борис Семёнович Фимушин

Ведущая организация: Татарская лесная опытная станция
Филиал ФГУ ВНИИЛМ

Защита состоится «29» мая 2008 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при Уральском государственном лесотехническом университете по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 36, УЛК-2, ауд. 320.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного лесотехнического университета.

Автореферат разослан «23» апреля 2008 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. с.-х. наук, доцент

А.Г. Магасумова

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Загрязнение лесных экосистем аэропромывбросами, вследствие недостаточной очистки отходов промышленного производства, становится всевозрастающим, лимитирующим фактором для жизнедеятельности растительных организмов. По экспертным оценкам площадь лесов на территории РФ, подверженных в разной степени аэро-техногенному воздействию, составляет 1 – 1,5 млн. га (Менциков, Ившин, 2006). Наиболее мощными источниками атмосферных выбросов фитотоксичных загрязняющих веществ являются предприятия цветной металлургии (Васильева и др., 2000). Наглядным свидетельством поражения лесных насаждений аэропромывбросами является ситуация, сложившаяся в результате многолетней деятельности медеплавильного предприятия в г. Карабаше Челябинской области. К сожалению, несмотря на предпринимаемые попытки очистки аэропромывбросов, лесные насаждения в окрестностях г. Карабаша продолжают деградировать.

Цель и задачи исследований. Целью исследований явилось изучение состояния лесных насаждений, подверженных воздействию аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь»; уточнение зонирования территории лесных насаждений и разработка практических рекомендаций по оптимизации лесоводственных мероприятий в них. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить влияние промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на древостой, подрост, подлесок, живой напочвенный покров, лесную подстилку и биологическую активность почв.
2. Уточнить зонирование пораженных поллютантами лесных насаждений в окрестностях г. Карабаша.
3. Разработать рекомендации по ведению лесного хозяйства в данном районе.

Научная новизна исследований. Впервые для района исследований изучено санитарное состояние средневозрастных сосняков и березняков разнотравно-злакового типа леса, расположенных на различном удалении от источника промышленных поллютантов. Определены количественные и качественные показатели подроста и подлеска. Установлено влияние поллютантов на видовой состав и надземную фитомассу живого напочвенного покрова; морфометрические показатели хвои подроста сосны обыкновенной; мощность, запас и фракционный состав лесной подстилки, а также биологическую активность почв. С учётом показателей изученных компонентов лесных насаждений в северо-восточном секторе от источника поллютантов уточнено зонирование территории по степени поражения.

Практическая значимость работы. Материалы исследований могут быть использованы при проектировании и проведении лесоводственных мероприятий в насаждениях, произрастающих вокруг г. Карабаша. За-

ложенные постоянные пробные площади могут служить основой для проведения лесного экологического мониторинга.

Личный вклад автора. Все работы по теме диссертации (разработка программно-методических положений, обобщение результатов предыдущих исследований, сбор, обработка и анализ экспериментальных материалов) осуществлены автором лично или при его непосредственном участии и руководстве.

Обоснованность и достоверность результатов исследований подтверждается значительным по объему и разнообразию экспериментальным материалом, длительным периодом эксперимента, применением научно-обоснованных методик, использованием современных методов обработки, анализа и оценки достоверности данных.

Защищаемые положения. В работе исследованы и обоснованы следующие положения, представленные к защите:

- берёза повислая (*Betula pendula* Roth.) обладает повышенной по сравнению с сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) устойчивостью к воздействию поллютантов ЗАО «Карабашмедь»;

- при общем негативном воздействии промышленных поллютантов на санитарное состояние древостоев, берёза более устойчива в сосняках, а сосна – в березняках;

- ракитник русский (*Chamaecytisus ruthenicus* Klaskova) и ива козья (*Salix caprea* L.) являются наиболее толерантными к промышленным поллютантам ЗАО «Карабашмедь» кустарниковыми видами.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований докладывались на Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов (Екатеринбург, 2005; 2006); III и IV Всероссийских научно-технических конференциях «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2007; 2008).

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 7 печатных работах.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, 9 глав, заключения и рекомендаций производству, а также библиографического списка из 274 наименований, в том числе 24 иностранных авторов. Работа изложена на 188 страницах, иллюстрирована 26 рисунками, содержит 26 таблиц и 4 приложения.

1. СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ

Промышленное загрязнение атмосферы, несмотря на предпринимаемые усилия по снижению объемов выбросов, еще продолжительный срок будет неизбежным и, следовательно, будет причиной ухудшения состояния прилегающих лесных насаждений. Многочисленные исследования по выявлению аэротехногенного воздействия позволяют выделить общую за-

кономерность. При длительном воздействии промышленных выбросов на лесные насаждения происходит их поэтапная дигрессия. Начальная реакция насаждений на промышленное загрязнение воздуха (SO_2 , тяжёлые металлы) выражается в сокращении продолжительности жизни хвои на 1 – 2 года, изреживании крон и усилении процессов дифференциации деревьев по состоянию, исчезновении эпифитных лишайников, снижении линейного и радиального прироста, повреждении и отмирании корневых систем деревьев. Атмосферное загрязнение оказывает серьёзное влияние на семеноношение, прорастание семян и формирование подроста. Под воздействием промышленных поллютантов на лесные насаждения наблюдается резкое ухудшение жизненного состояния всех видов растений, появление вредителей и болезней, частичная смена пород, возрастание количества злаковых, сорных и азотолюбивых травянистых растений (Кондратюк и др., 1980; Гетко, 1989; Степанов и др., 1992; Воробейчик и др., 1994; Шавнин и др., 1996; Ярмишко, 1997; Прохорова и др., 1998; Шебалова, Бабушкина, 1999, 2000; Цветков, Цветков, 2003; Менщиков, Махнёв, 2003 и др.). По мере углубления дигрессии коренные древостои разрушаются, в результате формируются ослабленные вторичные насаждения и даже техногенные пустыни (Кулагин, 1980; Николаевский, 1987). Даже при близком наборе ингредиентов аэропромывбросов их концентрации для каждого предприятия различны. Кроме того, природные условия (географическое положение, климат, рельеф и т.д.) оказывают влияние на распределение аэропромывбросов. Сочетание этих факторов позволяет сделать вывод, что вблизи каждого источника загрязнения создаётся специфическая экологическая обстановка. Поэтому исследования по влиянию промышленных поллютантов на лесные насаждения должны проводиться вокруг каждого промышленного узла.

2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ И ЛЕСНОЙ ФОНД РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район г. Карабаша, где проведено исследование, расположен в северо-западной части Челябинской области. Географическое положение района исследований определяется $55^{\circ}20' \dots 55^{\circ}40'$ северной широты и $60^{\circ}00' \dots 60^{\circ}30'$ восточной долготы. По лесорастительному районированию Б.П. Колесникова (1969) он входит в состав лесной зоны Уральской горно-лесной лесорастительной области, подзоны предлесостепенных сосново-березовых лесов.

Характерными особенностями климата, наряду с его континентальностью, являются продолжительная зима (около 6 месяцев), короткая весна (менее 2 месяцев) и возможность заморозков в течение всего лета. Преобладают ветры западных, юго-западных и северо-западных направлений. В работе на основании анализа литературы приводятся среднемесячные по-

казатели температуры, относительной влажности воздуха, суммы осадков и другие климатические характеристики района исследований.

Рельеф района исследований представляет собой сочетание относительно невысоких увалов (с высотами около 400 – 600 м) с межувальных понижениями. Превышение окружающих гор над основной частью г. Карабаша составляет 100 – 300 м, что создает чрезвычайно сложную картину распределения аэропромывбросов и определяет их перенос на относительно небольшие расстояния, а в безветренную погоду – оседание на городской территории.

Широкое распространение имеют горные серые лесные почвы, отличающиеся малой мощностью и скелетностью. Такие почвы более податливы к разрушению при уничтожении или частичном нарушении растительности. Природно-климатические условия района исследований определяют специфику воздействия промышленных поллютантов на лесные экосистемы.

На большей части района исследований произрастают мягколиственные насаждения – 59 %, значительную долю среди которых составляют березняки. Из 43,8 тыс. га, занятых хвойными насаждениями, на долю сосновок приходится 86 %. Доминирующими типами леса являются разнотравно-злаковый, ягодниковый и злаковый, на долю которых приходится 46 % покрытой лесной растительностью площади. В районе исследований доминируют средне- и высокополнотные, среднепродуктивные насаждения. Наибольшую представленность имеют насаждения V класса возраста. Преобладание вокруг г. Карабаша сосновок и березняков разнотравно-злаковых предопределило подбор объектов для проведения исследований.

3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБЪЁМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

В соответствии с целью исследований программа работ включала: анализ литературы по исследованию устойчивости лесных насаждений, произрастающих в районах аэропромывбросов; изучение природных условий и лесного фонда района исследования; закладку постоянных пробных площадей (ППП) в сосновках и березняках разнотравно-злакового типа леса, подверженных влиянию аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь»; установление таксационных показателей древостоев на постоянных пробных площадях; закладку учётных площадок и изучение влияния промышленных поллютантов на подрост, подлесок, живой напочвенный покров (ЖНП) и лесную подстилку; проведение эксперимента по изучению биологической активности почв; анализ полученных результатов; уточнение зонирования территории лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь»; разработку практических рекомендаций по оптимизации лесоводственных мероприятий.

Общей методической особенностью исследований являлось сравнение показателей состояния сосновых и берёзовых насаждений в условиях аэробиогенного загрязнения с аналогичными, произрастающими в фоновых условиях.

В основу исследований положен метод постоянных пробных площадей (ППП), заложенных согласно требованиям ОСТ 56-60-83. Типологическое описание пробных площадей производилось согласно указаниям В.Н. Сукачёва и др. (1961).

Перечёт деревьев вёлся по породам (элементам леса). В пределах древесной породы все деревья распределялись по ступеням толщины и классам санитарного состояния (Санитарные правила ..., 1998.). Перечёт производился с градацией 2 см. Для оценки жизненного состояния древостоя рассчитывали показатель средневзвешенной категории состояния (Ковалёв, 1993). Насаждения по этой шкале подразделяются на здоровые, если средний класс санитарного состояния равен 1,0...1,5, ослабленные, если он равен 1,6...2,5 и на сильно ослабленные, если средний класс санитарного состояния равен 2,6...3,5.

Средняя высота древостоя устанавливалась по графику высот для дерева среднего диаметра. График высот строился на основании замеров высот у 20 деревьев основного элемента и 3 – 4 сопутствующих древесных пород. Замеры высот модельных деревьев производились с помощью высотомера с точностью 0,1 м.

У трёх средних и трёх толстых деревьев сосны (Третьяков и др., 1965) на 10 ППП возрастным буравом отбирались керны древесины на высоте 1,3 м, по которым измерялась ширина годичных колец с помощью стереоскопического микроскопа МБС – 9 с окулярной линейкой и устанавливался текущий годичный прирост, а также среднепериодический прирост по пятилетним периодам.

Для учёта качественных и количественных показателей подроста и всходов закладывались учётные площадки размером 2 x 2 м, располагаемые на трансектах через равное расстояние друг от друга, в количестве 15 шт. на каждой ППП. У всех экземпляров подроста отмечалась порода, высота и состояние. Учёт всходов (растения в возрасте 1 – 2 года) производился отдельно (Побединский, 1966). Изучение подлеска на ППП производилось на тех же учётных площадках, что и изучение подроста. Определились его видовой состав, жизненное состояние растений (здоровое, поврежденное, сухое), средняя высота и встречаемость.

Для оценки влияния загрязнения на жизнедеятельность соснового подроста использовали биометрический метод. Ветви для анализа срезали с южной стороны у 10 модельных экземпляров подроста сосны 15-летнего возраста в средней части кроны. В процессе исследований производили замеры величины годичных приростов побегов и подсчитывали количество пар хвои по годам. Для характеристики густоты охвояния пересчитыва-

ли число хвои на 5 см побега у отобранных образцов. Длина хвои измерялась с точностью до 0,1 см. Хвоя высушивалась при температуре 105°C до постоянной массы. Взвешивание 100 пар хвоинок в 5 повторностях проводилось с точностью до 0,01 г. Площадь поверхности хвои определялась по методике Ю.Л. Цельникер (1982).

Живой напочвенный покров описывался на учётных площадках размером 0,5 x 0,5 м по 15 штук, равномерно размещённых на каждой ППП. На всех учётных площадках ЖНП срезался на уровне поверхности почвы. Затем он сортировался по видам и взвешивался. Для определения влажности на всех ППП бралась навеска каждого вида и высушивалась до абсолютно-сухого состояния (24 часа при температуре + 105°C), после чего снова взвешивалась. Все виды растений ЖНП разделялись по ценотипам: лесные, луговые, лесо-луговые, лугово-лесные. Кроме того, виды ЖНП согласно классификации недревесных ресурсов А.Ф. Черкасова и др. (2000) были разделены на следующие группы по хозяйственному значению. Определялись индексы общности Чекановского – Съеренсена и Жакара ЖНП (Некрасова, 2002; Залесов и др., 2007).

Запас лесной подстилки на ППП определялся на 15 учётных площадках размерами 0,1 x 0,1 м. Подстилка сортировалась по фракциям: хвоя, листья, ветви, кора, шишки, остатки ЖНП и труха, которые взвешивались отдельно. От всех фракций отбирались образцы, взвешивались и высушивались до абсолютно-сухого состояния при температуре 105 °C, после чего вновь определялась их масса.

Для определения активности целлюлозоразрушающих микроорганизмов нами был использован метод аппликаций (Востриков, Петрова, 1961; Залесов, Луганский, 1986; Юсупов и др., 1999). В качестве тестов использовались кусочки хлопчатобумажной ткани размером 100 x 200 мм. На каждой ППП закладывалось по 10 тестов, смоченных дистиллированной водой, под лесную подстилку на поверхность почвы. При закладке опыта учитывалась парцелярная неоднородность изучаемых насаждений. Спустя 60 дней тесты извлекались, очищались от частиц почвы и лесной подстилки, высушивались до абсолютно сухого состояния и взвешивались. Разложение клетчатки определялось по разнице массы тестового материала до и после экспозиции, что позволило опосредованно определять биологическую активность почв (БАП).

Мерой нагрузки на лесные экосистемы в наших исследованиях служило расстояние до источника промышленных выбросов (ЗАО «Карабашмедь»). Поскольку концентрации большинства поллютантов хорошо коррелируют с расстоянием, считается, что оно служит интегральной мерой нагрузки, характеризующий весь комплекс загрязнителей.

Камеральная обработка экспериментальных данных произведена в соответствии с общепризнанными методиками, действующими ГОСТами и

инструкциями. Статистико-математическая обработка материалов проведена с помощью пакета анализов программы «Microsoft Office Excel 2003».

В процессе выполнения программы исследований за период с 2005 по 2008 гг. были проведены исследования на 22 ППП. На всех ППП был произведён сплошной перечёт древостоя (всего 4527 дерева), замерены высоты у 506 деревьев. Для изучения ЖНП было заложено 330 учётных площадок с последующим определением массы в абсолютно сухом состоянии каждого вида. Установление качественных и количественных показателей подроста и подлеска было проведено на 330 учётных площадках, а лесной подстилки на 200 учётных площадках. У деревьев сосны взято и обработано 60 кернов. Для определения биологической активности почв проведена экспозиция 130 тестов из хлопчатобумажной ткани. Подсчитана охвоёность 60 ветвей подроста сосны. Произведено 165 взвешиваний 100 пар хвоинок. Измерена длина 3300 шт. хвоинок.

4. ХАРАКТЕРИСТИКА ОПЫТНЫХ ОБЪЕКТОВ

В результате многолетней деятельности медеплавильного завода из-за грубых нарушений принципов рационального землепользования, отсутствия современных газоочистных сооружений в городе сложилась крайне неблагоприятная экологическая обстановка – огромная площадь нарушенных земель, загрязнение почв, атмосферного воздуха, водоёмов, подземных вод вредными веществами, гибель растительности.

Остановка в 1989 г. медеплавильного производства послужила причиной временного снижения концентраций вредных веществ. Однако пуск медеплавильного предприятия на полную мощность в 1998 году вызвал резкое повышение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что при физически и морально устаревшем газоочистном оборудовании приводит к дальнейшему загрязнению территории города и гибели растительности.

Основными выбросами медеплавильного предприятия являются: диоксид серы (около 90 %), оксид углерода, неорганическая пыль, оксид меди, оксид цинка, кроме того, свинец, мышьяк, диоксид азота. Объём выбросов за период с 1907 года по 2007 год составил 14,4 млн. тонн.

С целью изучения процесса деградации сосновых и берёзовых насаждений на различном удалении от источника промышленных поллютантов нами заложены ППП в северо-восточном направлении, согласно преобладающим ветрам. Объектами исследования явились берёзняки разнотравно-злаковые в возрасте 40 – 50 лет и сосняки разнотравно-злаковые в возрасте 80 лет. Доля преобладающих пород в составе древостоев составляет семь и более единиц. Ближайшие к ЗАО «Карабашмедь» сосновые насаждения расположены на расстоянии 4,2 км, а берёзовые – 3,8 км. В насаждениях каждой формации заложено по 10 ППП, расположенных на расстоянии 3,8 – 17,5 км от источника промышленных поллютантов, что обуславливает охват зон с различной степенью поражения лесных массивов. Условно-

контрольные ППП заложены в северном направлении от ЗАО «Карабашмедь» и удалены на расстояние 31,0 км (берёзовое насаждение) и 32,0 км (сосновое насаждение). Все ППП, включая условно-контрольные, заложены на территории Кыштымского лесхоза и приурочены к пологим склонам увалов в предгорьях и горах с серыми лесными почвами.

5. ВЛИЯНИЕ АЭРОПРОМЫБРОСОВ НА ДРЕВОСТОЙ

С целью выявления санитарного состояния древостоя производился сплошной перечёт с определением класса санитарного состояния у каждого дерева на ППП согласно методическим рекомендациям Санитарных правил в лесах Российской Федерации (1998).

В группах деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в черте города, отсутствуют экземпляры 1 – 3 классов санитарного состояния. На условно-контрольной ППП доля здоровых деревьев сосны составляет 65 %, что превышает аналогичное значение в насаждениях на остальных ППП.

На рис. 1 представлено распределение общего запаса древостоя по классам санитарного состояния деревьев на ППП, заложенных в сосновых насаждениях.

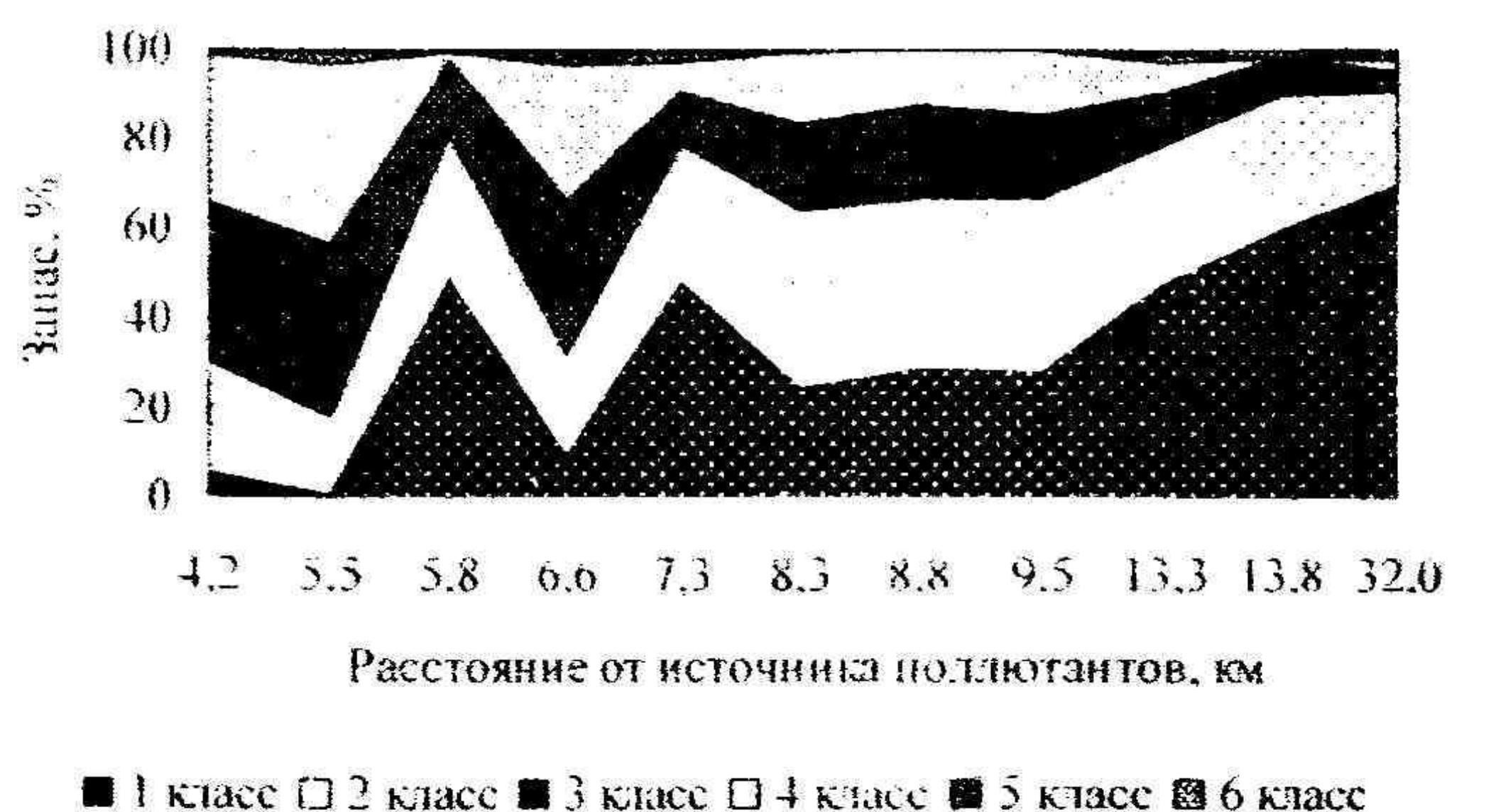


Рис. 1. Распределение запаса деревьев сосны по классам санитарного состояния в сосновых насаждениях

Корреляционный анализ влияния расстояния от источника загрязнения на средневзвешенный класс санитарного состояния сосновых древостоев показывает, что между этими показателями имеется обратная значительная связь (коэффициент корреляции $r = -0,66$). Ошибка коэффициента корреляции составляет 0,19. Критерий Стьюдента t равен -3,52, показатели связи достоверны.

Регрессионный анализ позволил выбрать наиболее приемлемое уравнение, описывающее отмеченную закономерность:

$$y = -0,0222x + 2,5965, \quad (1)$$

где x – расстояние от источника поллютантов, км;

y – средний класс санитарного состояния.

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,51$.

Из уравнения 1 следует, что с удалением сосновых насаждений на 1 км происходит снижение среднего класса санитарного состояния на 0,02 единицы.

В берёзовых насаждениях находящихся на расстоянии до 4 км от ЗАО «Карабашмедь» здоровые деревья отсутствуют. Основная доля деревьев в насаждениях на расстоянии до 6 км принадлежит к категории «ослабленные». В насаждении, находящемся на расстоянии 6,4 км от источника поллютантов, преобладают деревья 1 и 2 класса санитарного состояния. В древостоях, удалённых на большее расстояние, основное число деревьев отнесено к категории «здоровые», их доля колеблется в пределах 42 – 75 %. Количество сухостойных деревьев берёзы (6 класс) на всех ППП варьирует в пределах 4 – 13 % по густоте и 2 – 7 % по запасу. Последнее свидетельствует, что в отпад переходят преимущественно отставшие в росте деревья. Максимальный запас усыхающих деревьев берёзы отмечается на ППП, наиболее приближённой к источнику поллютантов (3,8 км), – 41 %, тогда как на условно-контрольной ППП деревья этой категории полностью отсутствуют.

На рис. 2 наглядно показано распределение запаса берёзовых насаждений по классам санитарного состояния.



Рис. 2. Распределение запаса деревьев берёзы по классам санитарного состояния в березняках

С помощью регрессионного анализа выбрано линейное уравнение, описывающее зависимость среднего класса санитарного состояния в березняках от расстояния до источника промышленных выбросов:

$$y = -0,031x + 2,8142, \quad (2)$$

где x – расстояние от источника поллютантов, км;

y – средний класс санитарного состояния.

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,83$.

Уравнение 2 свидетельствует, что с удалением берёзовых насаждений от источника поллютантов на 1 км происходит снижение среднего класса санитарного состояния на 0,03 единицы.

Коэффициент корреляции $r = -0,82$ свидетельствует о высокой тесноте обратной связи между двумя признаками. Ошибка коэффициента корреляции составляет 0,11. Критерий Стьюдента t равен -7,58, что свидетельствует о достоверности показателей связи.

Проведена оценка древостоев по шкале ослабленности согласно показателю средневзвешенной категории состояния (Ковалёв, 1993). В соответствии с ней древостои ни одной из пробных площадей нельзя отнести к здоровым. Последнее позволяет отнести ППП-КС (32,0 км) и ППП-КБ (31,0 км) к условно-контрольным или фоновым. Границей перехода древостоев из категории «сильно ослабленные» в «ослабленные» является 5 – 6 км. Особо следует отметить, что деревья сосны, произрастающие в березняках, и деревья берёзы, произрастающие в сосняках, характеризуются лучшими показателями санитарного состояния по сравнению с таковыми произрастающими в чистых насаждениях. Следовательно, можно предположить, что смешанные насаждения более устойчивы к промышленным поллютантам.

6. ВЛИЯНИЕ АЭРОПРОМЫБРОСОВ НА ПОДРОСТ И ПОДЛЕСОК

В исследуемых сосновых и березовых насаждениях подрост представлен сосновой обыкновенной, берёзами повислой и пушистой, елью обыкновенной, пихтой сибирской, осиной, лиственницей Сукачёва. В березняках, расположенных на расстоянии до 4 км от источника поллютантов, наблюдается полное отсутствие естественного возобновления. Во всех сосновых насаждениях встречаемость подроста превышает 75 %, что свидетельствует о равномерном размещении его по площади. Влияние аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь» на состояние естественного возобновления неоднозначно. Если на расстоянии менее 5 км влияние промышленных поллютантов определено негативно, то на большем расстоянии нами не установлено тенденций изменения густоты и жизнеспособности подроста от расстояния до источника поллютантов.

Материалы табл. 1 свидетельствуют, что с удалением от источника поллютантов происходит уменьшение поверхности 1 грамма сырой хвои подроста сосны и увеличения поверхности одной хвоинки. Исключения составляют показатели хвои подроста сосны ППП, находящейся в 4,2 км от источника поллютантов.

Обнаружена тесная положительная связь между показателем средней длины хвои и удалённостью насаждений от источника поллютантов (коэффициент корреляции для хвои всех возрастов составляет 0,90 и выше).

Таблица 1. Морфометрические показатели хвои подроста сосны в насаждениях, расположенных на различном удалении от ЗАО «Карабашмедь»

Возраст хвои, лет	Расстояние от источника поллютантов, км				
	4,2	5,5	5,8	8,3	13,8
Средняя длина хвои, см					
1	3,0 ± 0,08	3,0 ± 0,07	3,3 ± 0,05	4,5 ± 0,55	4,4 ± 0,08
2	3,1 ± 0,06	3,3 ± 0,07	4,0 ± 0,09	4,3 ± 0,07	4,7 ± 0,12
3	3,5 ± 0,45	3,6 ± 0,10	3,5 ± 0,09	4,4 ± 0,06	4,8 ± 0,07
4	3,7 ± 0,49	3,4 ± 0,07	3,7 ± 0,09	4,2 ± 0,13	4,5 ± 0,16
5	-	3,4 ± 0,09	3,5 ± 0,07	4,2 ± 0,08	4,9 ± 0,17
6	-	3,7 ± 0,09	3,8 ± 0,07	4,3 ± 0,05	5,2 ± 0,17
Среднее	3,3 ± 0,27	3,4 ± 0,08	3,6 ± 0,08	4,3 ± 0,20	4,8 ± 0,11
Поверхность 1 грамма сырой хвои, дм ²					
1	1,82	2,28	2,18	1,90	1,82
2	2,00	2,18	1,82	1,73	1,43
3	2,00	1,82	1,73	1,48	1,48
4	1,57	1,90	1,73	1,52	1,35
5	-	1,82	1,65	1,52	1,35
6	-	1,57	1,52	1,48	1,35
Среднее	1,85	1,93	1,77	1,61	1,46
Поверхность 1 хвоинки, см ²					
1	0,85	0,78	0,89	1,26	1,27
2	0,85	0,87	1,16	1,25	1,37
3	0,93	1,03	1,04	1,38	1,48
4	1,04	0,97	1,08	1,25	1,44
5	-	0,97	1,03	1,25	1,55
6	-	1,10	1,18	1,26	1,73
Среднее	0,93	0,98	1,08	1,29	1,50

С приближением насаждений к источнику поллютантов снижается продолжительность жизни хвои соснового подроста. Количество хвои на 5 см побега первых четырёх лет жизни выше в условиях максимального загрязнения (4,2 км). Значения показателя охвоёвности побегов первых четырёх лет жизни в насаждениях, находящихся на расстоянии 5,5 – 13,8 км от источника поллютантов, достоверно не отличаются, тогда как охвоёвность пяти- и шестилетних побегов закономерно увеличивается с удалением насаждений от источника загрязнения. Охвоёвность 5 см пятилетнего побега у подроста в 5,5 км от источника промывбросов не превышает 3,7 шт., что составляет 18 % от аналогичного показателя на условном контроле. Для определения тесноты и формы связи между массой 100 пар трёхлетней хвои соснового подроста и расстоянием от источника промышленных поллютантов проведён корреляционный анализ, который показал на-

личие тесной положительной связи (коэффициент корреляции 0,91). Данная зависимость может быть выражена линейным уравнением:

$$y = 0,2867x + 0,5667, \quad (3)$$

где x – расстояние от источника поллютантов, км;

y – масса 100 пар хвоинок, г.

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,91$.

На расстоянии до 4 км от источника промышленных поллютантов подлесок отсутствует. Всего на ППП, заложенных в сосновках зарегистрировано 10, а в березняках – 8 видов подлесочных пород. По мере приближения к источнику аэропромывбросов, обедняется видовой состав подлеска, уменьшается его средняя высота и густота, снижается коэффициент встречаемости. Ракитник русский и ива козья являются наиболее устойчивыми к аэропромывбросам ЗАО «Карабашмедь» подлесочными породами. Об улучшении условий произрастания на расстоянии более 6 км от ЗАО «Карабашмедь» свидетельствует появление в подлеске малины и липы мелколистной.

7. ВЛИЯНИЕ АЭРОПРОМВЫБРОСОВ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ И НАДЗЕМНУЮ ФИТОМАССУ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Живой напочвенный покров является одним из компонентов лесного насаждения наиболее чутко реагирующим на загрязнение окружающей среды. Общая надземная фитомасса ЖНП в абсолютно сухом состоянии в насаждениях, расположенных на удалении 4,2 – 17,5 км от ЗАО «Карабашмедь», сильно различается и находится в пределах 111,2 – 693,2 кг/га (сосняки) и 50,4 – 677,8 кг/га (березняки).

По мере приближения насаждений к источнику аэропромывбросов происходит обеднение видового состава и снижение общей надземной фитомассы ЖНП. Так, в насаждениях, находящихся на расстоянии до 5 км от источника поллютантов, надземная фитомасса в 5 – 10, а количество видов в 1,5 – 5 раз меньше таковых в аналогичном типе леса на условно-контрольных ППП. Березняк, расположенный на расстоянии 3,8 км от ЗАО «Карабашмедь» (ППП-1Б), полностью лишен травянистой растительности. Коэффициент корреляции между расстоянием и количеством встречаемых видов ЖНП на ППП в сосновках составляет 0,90 (наличие тесной связи), а на ППП в березняках – 0,83 (высокая теснота связи). Общее количество видов ЖНП, зарегистрированных на всех ППП в сосновках равно 51, а в березняках – 47. Необходимо отметить, что распределение семейства злаковых на виды не проводилось. С удалением от источника поллютантов отмечается появление одних видов и исчезновение других.

Наиболее толерантными к аэропромывбросам ЗАО «Карабашмедь» являются виды семейства злаковых, клевер луговой, бруслица, мать-и-мачеха обыкновенная, орляк обыкновенный. С приближением ППП к ис-

точнику промышленных поллютантов отмечается выпадение из состава ЖНП таких видов как бубенчик лилиевый, кровохлебка лекарственная, медуница мягчайшая, сныть обыкновенная, таволга обыкновенная. С удалением ППП от источника поллютантов отмечается тенденция увеличения абсолютных значений надземной фитомассы пищевых видов ЖНП, однако использование в пищу ягод, выросших вблизи ЗАО «Карабашмедь» недопустимо.

Наиболее чувствительными к промышленным поллютантам ЗАО «Карабашмедь» являются лесные виды, о чём свидетельствует снижение доли лесного ценотипа ЖНП и увеличение лесо-лугового с приближением насаждений к источнику поллютантов.

Существенность влияния промышленных поллютантов на ЖНП в сосновках подтверждает тот факт, что индексы общности Жаккара на всех ППП, расположенных ближе 13,8 км от ЗАО «Карабашмедь», характеризуют малое соответствие с контролем. Сравнение видового разнообразия растительности в березняках с помощью индекса общности Жаккара показало большое соответствие условно-контрольной ППП только с пробными площадями, удалёнными более чем на 13,1 км от ЗАО «Карабашмедь». Сравниваемые ППП, расположенные на различном удалении от источника поллютантов в сосновках и березняках, достоверно не различаются по доле общих для них видов, то есть схожи по флористическому составу, о чём свидетельствуют превышения вычисленных значений критерия Фишера $F_{\text{выч.}}$ над табличными $F_{\text{табл.}}$.

8. ВЛИЯНИЕ АЭРОПРОМВЫБРОСОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ И БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

Лесная подстилка является важнейшим аккумулятором поллютантов и одним из основных компонентов насаждения, являющимся индикатором загрязнения среды. В табл. 2 и 3 приведены основные характеристики лесной подстилки. С приближением насаждений к ЗАО «Карабашмедь» происходит накопление в них лесной подстилки. Последнее свидетельствует о снижении скорости биохимических процессов и замедлении процессов деструкции в условиях загрязнения. Так, валовой запас подстилки на ППП-1Б (3,8 км), превышает аналогичный показатель на условно-контрольной ППП в 4,4 раза. Корреляционный анализ показал наличие значительной отрицательной связи между показателями мощности лесной подстилки в берёзовых насаждениях и расстоянием от источника поллютантов ($r = -0,62$). Тенденция снижения валового запаса лесной подстилки отчётливее прослеживается в березняках, чем в сосновках. Промышленные поллютанты ЗАО «Карабашмедь» изменяют фракционный состав лесной подстилки. В частности, в непосредственной близости от завода в составе подстилки отсутствуют остатки живого напочвенного покрова.

Таблица 2. Мощность, плотность и запас в абсолютно сухом состоянии лесной подстилки на ППП в сосновых насаждениях

Показатель	Расстояние от источника поллютентов, км					
	4,2	5,5	6,6	8,3	13,8	32,0
Мощность, см	6,8±0,25	6,0±0,19	5,0±0,28	3,2±0,19	3,9±0,20	3,6±0,17
Плотность, кг/м ³	97,7	124,1	150,0	150,8	168,4	144,2
Запас, г/м ²	6624,0	7427,4	7461,0	4788,8	6563,6	5132,6
%	100	100	100	100	100	100
в т. ч. по фракциям:						
Хвоя	140,0 2,1	601,4 8,0	480,4 6,5	430,4 9,0	382,8 5,8	407,2 7,9
Листья	130,0 2,0	16,2 0,2	61,6 0,8	23,6 0,5	73,2 1,1	57,4 1,1
Шишки	1828,8 27,6	850,8 11,5	2472,0 33,1	1097,0 22,9	889,2 13,5	983,4 19,2
Остатки ЖНП	0,0 0,0	8,8 0,1	28,8 0,4	30,2 0,7	36,8 0,6	35,8 0,7
Труха	4102,2 61,9	5806,8 78,2	4099,6 54,9	2702,2 56,4	4913,4 74,9	3384,0 65,9
Кора	150,0 2,3	72,4 1,0	129,2 1,7	125,2 2,6	78,8 1,2	94,2 1,8
Ветви	273,0 4,1	71,0 1,0	189,4 2,6	380,2 7,9	189,4 2,9	170,6 3,4

Таблица 3. Мощность, плотность и запас в абсолютно сухом состоянии лесной подстилки на ППП в берёзовых насаждениях

Показатель	Расстояние от источника поллютентов, км						
	3,8	4,7	6,4	8,5	13,1	17,5	31,0
Мощность, см	6,3±0,62	4,7±0,18	4,0±0,22	1,9±0,17	1,6±0,10	2,2±0,15	2,2±0,18
Плотность, кг/м ³	121,5	137,6	141,1	142,5	139,3	78,8	80,4
Запас, г/м ²	7658,6 100	6454,6 100	5622,2 100	2719,8 100	2283,0 100	1764,8 100	1743,4 100
в т. ч. по фракциям:							
Хвоя	29,6 0,4	22,4 0,3	91,2 1,6	4,8 0,2	19,8 0,9	25,0 1,4	20,4 1,2
Листья	647,0 8,4	522,8 8,1	747,4 13,3	263,0 9,7	238,8 10,5	244,0 13,8	261,0 14,9
Остатки ЖНП	0,0 0,0	22,8 0,4	27,4 0,5	15,0 0,5	126,6 5,5	33,8 1,9	43,4 2,5
Труха	6806,4 88,9	5798,8 89,8	4614,4 82,1	2313,0 85,0	1818,4 79,6	1364,0 77,3	1348,0 77,3
Кора	0,0 0,0	0,0 0,0	18,4 0,3	0,0 0,0	0,0 0,0	37,8 2,2	8,2 0,5
Ветви	175,6 2,3	87,8 1,4	123,4 2,2	124,0 4,6	79,4 3,5	60,2 3,4	62,4 3,6

Установлен факт снижения показателя плотности лесной подстилки с приближением сосновых насаждений к источнику поллютентов. В березняках такая тенденция не прослеживается.

Исследованиями установлено, что показатели БАП в насаждениях, расположенных на различном удалении от источника промышленных поллютентов неоднозначны и находятся в интервале 0,5 – 37,9 % (сосняки) и 3,9 – 36,9 % (березняки). В сосновых и берёзовых насаждениях минимальные значения показателей БАП (0,5 и 3,9 % соответственно) отмечаются на расстоянии 4,2 и 3,8 км от ЗАО «Карабашмедь». Экспериментально установлено, что в березняках процесс деструкции целлюлозы протекает быстрее, чем в сосняках в среднем в 1,4 раза.

Регрессионный анализ зависимости показателя интенсивности разложения тестовой ткани и мощности лесной подстилки показал, что в березняках данная зависимость описывается уравнением:

$$y = 0,0028 x^2 - 0,2487 x + 7,3708, \quad (4)$$

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,79$.

В сосняках применимо следующее уравнение:

$$y = 0,0037 x^2 - 0,2192 x + 6,9201, \quad (5)$$

где x – интенсивность разложения целлюлозы, %;

y – мощность лесной подстилки, см.

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,66$.

9. ОПЫТ ЗОНИРОВАНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Зоны поражения выделялись с учётом следующих показателей: средний класс санитарного состояния древостоя; состояние естественного возобновления; продолжительность жизни хвои подроста сосны; видовое разнообразие и жизненное состояние подлеска; видовой состав и надземная фитомасса ЖНП, количественные характеристики лесной подстилки. После сопоставления признаков состояния насаждений на территории исследований выделено четыре зоны воздействия поллютентов на лесные насаждения.

I. Зона сильного поражения (0 – 4 км). Большая часть территории лишена лесной растительности. Сохранились лишь производные березняки, произрастающие по IV – V классам бонитета. В насаждениях полностью отсутствуют такие компоненты, как подрост, подлесок, ЖНП. Санитарное состояние деревьев характеризуется как сильно-ослабленное (средний класс санитарного состояния 3,2). В черте города произрастают единичные усыхающие деревья сосны в возрасте более 120 лет.

II. Зона среднего поражения (4 – 6 км). Характеризуется появлением сосновых насаждений. Средний класс санитарного состояния сосняков этой зоны 2,7 – 3,1, а березняков – 2,4 – 2,6. Насаждения произрастают по III классу бонитета. Встречаемость подроста сосны и березы в исследуемых сосняках разнотравно-злаковых этой зоны составляет 87 – 100 %, при

доле жизнеспособного – 55 – 86 %, а в березняках аналогичные показатели составляют 20 – 67 % и 50 – 75 % соответственно. Максимальная продолжительность жизни хвои подроста сосны равна 4 – 5 лет. Подлесок представлен ракитником русским и ивой козьей, при доле сухих экземпляров 20 – 50 %. В составе ЖНП преобладают виды семейства злаковых, хвощ лесной, орляк обыкновенный, клевер луговой. Надземная фитомасса ЖНП в сосняках варьирует в пределах 111 – 327 кг/га, а в березняках – 50 – 92 кг/га. Характерно преобладание лесо-луговых видов. В насаждениях нарушен процесс деструкции органического вещества, о чём свидетельствуют довольно высокие показатели средней мощности лесной подстилки в сосняках (5,0 – 6,8 см) и в березняках (4,7 – 6,3 см).

III. Зона слабого поражения (6 – 13 км). Исследуемые нами средневозрастные разнотравно-злаковые сосняки и березняки произрастают по II – III классам бонитета. Средний класс санитарного состояния древостоев в сосняках равен 1,8 – 2,6, а березняках – 1,9 – 2,2. В составе естественного возобновления, помимо основных лесообразующих пород – сосны обыкновенной и берёзы повислой, участвуют осина, ель, пихта, лиственница. Доля жизнеспособного подроста составляет 80 – 100 % в сосновых и 67 – 93 % – в берёзовых насаждениях. Продолжительность жизни хвои подроста сосны обыкновенной равна 6 годам. Подлесок представлен следующими породами: ракитник русский, ива козья, шиповник, рябина, яблоня, черёмуха, малина и другими с долей сухих экземпляров от 3 до 33 %. Наблюдается увеличение видового разнообразия ЖНП. Появляются такие виды, как герань луговая, дудник лесной, жабрица порезниковая, земляника лесная, костянка, манжетка лесная, черника, седмичник европейский, буквица лекарственная и др. Наибольшую долю в общей фитомассе ЖНП занимают лесные виды. Средняя мощность лесной подстилки в сосняках составляет 3,2 – 5,0 см, а в березняках – 1,9 – 4,0 см.

IV. Зона очень слабого поражения (фоновая) – (более 13 км). Как и в зоне слабого поражения исследуемые нами древостои произрастают по II – III классам бонитета. Средний класс санитарного состояния сосняков 1,6 – 1,8, а березняков – 1,7 – 1,9. Критериями выделения этой зоны является снижение общей густоты подроста (в сосновых насаждениях до 5 – 15 тыс. шт./га и в берёзовых насаждениях до 4 тыс. шт./га), а также большое соответствие видового разнообразия ЖНП насаждений с условно-контрольными ППП. Показатель средней мощности лесной подстилки в сосновых насаждениях равен 3,9 см, а в берёзовых насаждениях находится в пределах 1,6 – 2,2 см.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Исследования изменений состояния сосновых и берёзовых насаждений под влиянием промышленных поллютантов позволяют отметить некоторые закономерности, большинство из которых согласуется с обнаруженными ранее при подобных исследованиях.

Выявлено, что при довольно близких экологических и здравнических условиях аэробиогенное загрязнение выбросами ЗАО «Карабашмедь» является значимым экологическим фактором, оказывающим негативное влияние на развитие сосновых и берёзовых фитоценозов. Под влиянием промышленных поллютантов развитие насаждений сопровождается снижением их биологического разнообразия, продуктивности, упрощением структуры, замедлением круговорота веществ. В частности, санитарное состояние сосновых и берёзовых древостоев в зонах сильного и среднего поражения характеризуется как «сильно-ослабленное», в остальных – «ослабленное». Удаление насаждений от источника поллютантов оказывает влияние на естественное возобновление. Так, максимальное количество жизнеспособного подроста в условиях разнотравно-злакового типа леса обнаружено в зоне слабого поражения. Происходит снижение продолжительности жизни хвои – в зоне среднего поражения отсутствует хвоя подроста сосны старше пяти лет. Наблюдается изменение средней длины и поверхности хвои сосны. Трансформация лесных насаждений под влиянием поллютантов проявляется также в обеднении видового разнообразия подлеска, который может служить индикатором состояния насаждений. Ракитник русский и ива козья являются наиболее толерантными кустарниковыми породами. В районе действия медеплавильного завода наблюдается значительная деградация живого напочвенного покрова – обеднение видового состава, снижение надземной фитомассы. Наиболее устойчивыми к аэропромывбросам ЗАО «Карабашмедь» являются виды семейства злаковых, хвощ лесной, клевер луговой, бруслика, мать-и-мачеха обыкновенная, орляк обыкновенный. В зоне сильного поражения происходит полное выпадение таких компонентов как подрост, подлесок и ЖНП. Наблюдается торможение деструктивных процессов, о чём свидетельствует увеличение запаса лесной подстилки и снижение показателя биологической активности почв в зонах сильного и среднего поражения.

После сопоставления показателей состояния насаждений на территории исследований в северо-восточном секторе от источника поллютантов выделено четыре зоны поражения: зона сильного поражения (0 – 4 км); зона среднего поражения (4 – 6 км); зона слабого поражения (6 – 13 км); зона очень слабого поражения (более 13 км). Возможно рассмотрение этих зон как определенных этапов дегрессивных сукцессий.

Главной целью лесохозяйственного производства на всей территории района исследований является сохранение средостабилизирующих функций лесной растительности. Все мероприятия лесоводственного характера

могут оказаться результативными только после снижения текущих объёмов аэропромывбросов и спустя какое-то время, необходимое для самоочищения почв. Убедительным свидетельством природной возобновительной способности среды явилось появление самосева берёзы на «Золотой горе», находящейся в зоне сильного загрязнения, а также травянистой растительности в черте г. Карабаша, в конце 90-х гг., в связи с резким снижением объёмов выбросов медеплавильного завода. Необходимы меры по охране лесов от пожаров. Для повышения устойчивости лесных насаждений необходимо стремиться к формированию сложных смешанных разновозрастных древостоев с наличием подроста, подлеска и живого напочвенного покрова под пологом. В зонах среднего и слабого поражений возможно проведение выборочных санитарных рубок (уборка сухостоя), с целью снижения запасов горючего материала. С учётом ожидаемого снижения объёмов выбросов следует вести лесовосстановительные работы, начиная с зон наименьшего поражения. Внимание следует уделить мероприятиям со действия естественному возобновлению. В зоне сильного поражения возможно создание лесных культур с предварительным завозом почвы. При этом следует предусмотреть древесно-кустарниковый тип смешения с использованием берёзы повислой, ракитника русского и ивы козьей, как наиболее устойчивых к аэропромывбросам ЗАО «Карабашмедь» пород.

Ограниченностю фактического материала обуславливает продолжение исследований. Необходима организация широкомасштабного эксперимента с охватом всех направлений от источника поллютантов. Тем не менее, по нашему мнению, полученные выводы отражают основные закономерности и тенденции влияния промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь» на сосновые и берёзовые насаждения. Заложенные в ходе выполнения данной работы пробные площади, а также выявленные информативные показатели состояния естественных сосновых и берёзовых насаждений, могут быть использованы для дальнейшего мониторинга состояния лесов.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ,

ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Бачурина, А.В. Состояние берёзовых насаждений в условиях аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь» [Текст] / А.В. Бачурина, Л.П. Абрамова // Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: Материалы науч. техн. конф. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – С. 195 – 196.

Бачурина, А.В. Состояние древостоев вокруг города Карабаша [Текст] / А.В. Бачурина, С.В. Залесов // Материалы II всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: Материалы науч. техн. конф. Ч. 2. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2006. – С. 17 – 19.

Бачурина, А.В. Влияние аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь» на подлесок [Текст] / А.В. Бачурина, С.В. Залесов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Материалы III всероссийской научно-технической конференции. Ч. 2. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. – С.69 – 71.

Бачурина, А.В. Состояние естественного возобновления в условиях аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь» [Текст] / А.В. Бачурина, С.В. Залесов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Материалы III всероссийской научно-технической конференции. Ч. 2. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2007. – С.71 – 73.

Бачурина, А.В. Влияние аэропромывбросов ЗАО «Карабашмедь» на таксационные показатели и санитарное состояние сосновых и берёзовых древостоев [Текст] / А.В. Бачурина // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Вып. 181. – Санкт - Петербург: СПбГЛТА, 2007. – С. 35 – 40.

Бачурина, А.В. Изменение основных характеристик лесной подстилки в связи с техногенным загрязнением [Текст] / А.В. Бачурина, С.В. Залесов // Материалы IV всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: Материалы науч. техн. конф. Ч. 2. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – С. 104 – 107.

Бачурина, А.В. Состояние ассимиляционного аппарата сосны обыкновенной в условиях промышленных поллютантов [Текст] / А.В. Бачурина, С.В. Залесов // Материалы IV всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: Материалы науч. техн. конф. Ч. 2. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – С. 107 – 110.

Подписано в печать 21.04.08. Объем 1,0 п.л. Заказ № 130. Тираж 100.
620100 Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
Уральский государственный лесотехнический университет.
Отдел оперативной полиграфии.