

На правах рукописи

Радостева Эльза Рауфовна

**ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.)
И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (*Betula pendula* Roth)
ПРИ ЛЕСНОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ОТВАЛОВ
ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)**

Специальность: 03.02.08 – Экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Уфа – 2011

Диссертационная работа выполнена в лаборатории лесоведения Учреждения Российской академии наук Института биологии Уфимского научного центра РАН и на кафедре экологии и природопользования ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ и РБ
Кулагин Алексей Юрьевич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Янбаев Юлай Аглямич
доктор биологических наук, профессор
Болдырев Владимир Александрович

Ведущая организация: Учреждение Российской академии наук
Институт экологии Волжского бассейна РАН

Защита состоится «18» ноября 2011 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Учреждении Российской академии наук Институте биологии Уфимского научного центра РАН по адресу: 450054, г. Уфа, Проспект Октября, 69. Тел./факс (3472) 235-53-62.
E-mail: ib@anrb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения Российской академии наук Института биологии УНЦ РАН, с авторефератом – в сети Интернет по адресу <http://www.anrb.ru/inbio/dissovet/index.htm> и на сайте ВАК Минобрнауки РФ

Автореферат разослан «___» октября 2011 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



Р.В. Уразгильдин

Актуальность работы. Одной из актуальных экологических проблем Российской Федерации является нарушение состояния окружающей среды при разработке месторождений полезных ископаемых. Наличие медно-колчеданных месторождений в Учалинском, Баймакском, Сибайском и Бурибай-Маканском рудных районах Башкирского Зауралья и буроугольного месторождения в Башкирском Предуралье Республики Башкортостан способствовало бурному развитию в регионе горнодобывающей и рудоперерабатывающей промышленности, что привело к образованию карьеров, отвалов вскрышных пород, хвостохранилищ. Отходы, поступающие в процессе функционирования горнодобывающих комбинатов, вызывают нарушение устойчивого равновесия в природных экосистемах (Глазовская, 1968, 1972; Большаков и др., 1978; Сергейчик, 1984; Хазиев и др., 2000; Колодяжная и др., 2006; Чупров, Шугалей, 2007).

Для достижения экологического равновесия и снижения негативного воздействия техногенеза на естественную окружающую среду необходимо проведение мероприятий по сохранению и восстановлению почвенно-растительного покрова в данных антропогенно преобразованных ландшафтах (Застенский, 1981; Кулагин и др., 2000). Без рекультивации эти территории представляют собой безжизненные экотопы, приводящие к фрагментации и деградации близлежащих окрестностей (Экологические основы рекультивации..., 1985; Гумусообразование..., 1986; Михайлова, 1996; Техноземы..., 2000; Лукьянов, Мясков, 2007). Оценка состояния и эколого-биологических характеристик насаждений основных лесообразователей используемых при лесной рекультивации отвалов является одной из приоритетных научных и прикладных задач.

Целью исследований является изучение состояния лесных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth), оценки накопления ими тяжелых металлов и выявление особенностей формирования почвенного покрова при лесной рекультивации отвалов горнодобывающей промышленности Южного Урала.

В соответствии с указанной целью были поставлены следующие **задачи**:

1. Оценить относительное жизненное состояние насаждений сосны и березы в условиях промышленных отвалов буроугольного и медно-колчеданного месторождений;
2. Оценить содержание валовых и подвижных форм Cu, Zn, Pb, Cd в отвальных грунтах;
3. Выявить особенности накопления Cu, Zn, Pb, Cd в различных органах сосны и березы в условиях отвалов;
4. Изучить влияние насаждений сосны и березы на свойства почвогрунтов отвалов в условиях естественного лесовосстановления и лесной рекультивации.

Научная новизна работы. Впервые в условиях Башкирского Предуралья и Зауралья исследовано влияние насаждений сосны и березы на свойства почвогрунтов при лесной рекультивации отвалов буроугольного и медно-колчеданного месторождений.

На защиту выносятся следующие положения:

1. На отвалах горнодобывающей промышленности в условиях Башкирского Предуралья и Зауралья формирование почвенного покрова под насаждениями лиственных древесных растений происходит интенсивнее, чем под насаждениями хвойных древесных растений.

2. Накопление техногенных элементов поглощающими корнями древесных растений является адаптивной реакцией, направленной на выживание в экстремальных лесорастительных условиях.

Практическая значимость исследования заключается в использовании полученных результатов при проведении мероприятий по рекультивации отвалов, возвращению нарушенных ландшафтов во вторичное хозяйственное использование. Материалы диссертации могут быть использованы при ведении образовательной деятельности в учреждениях высшего и среднего специального образования экологического, биологического и лесохозяйственного профилей.

Апробация работы. В период выполнения работ с 2008 по 2011 гг. результаты исследования были представлены на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы дендрэкологии и адаптации растений» (Уфа, 2009), V Всероссийской научно-практической конференции «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий» (Оренбург, 2010), XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: Ломоносов – 2010 (Москва, 2010), 14-й Пущинской международной школе-конференции молодых ученых (Пущино, 2010), молодежной научной конференции «Актуальные проблемы экологии Волжского бассейна» (Тольятти, 2011).

Публикации. По теме диссертационной работы автором опубликованы 19 статей, из них 4 в научных журналах рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, 5 глав (включая 10 таблиц и 105 рисунков), выводы, список литературы, приложение. Работа изложена на 190 страницах машинописного текста. Список литературы содержит 253 наименований, из них 24 на иностранных языках.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (№ 08-04-97017, № 11-04-97025), гранта по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие» (Проект «Лесная рекультивация отвалов горнодобывающей промышленности: восстановление биологического разнообразия и продуктивности»), по теме «Ландшафтно-экологическое обоснование лесной рекультивации отвалов горнодобывающей промышленности» (2008-2012 гг. НИР по тематическому плану МОН РФ), гранта «Адаптивный потенциал и устойчивость древесных растений в техногенных условиях» (Аналитическая ведомственная целевая программа Министерства образования и науки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы», регистрационный номер: 2.1.1/11330).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ НА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ, СФОРМИРОВАННЫХ ПРИ ДОБЫЧЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

В данной главе представлен обзор научных публикаций, посвященных:

- 1) формированию техногенных ландшафтов при добыче полезных ископаемых, которые характеризуются частичным или полным уничтожением растительного и почвенного покровов, загрязнением почв фитотоксичными солями и кислотами (Герасимова и др., 2003; Дмитриев, 1996; Стифеев, Муха, 2000; Курачев и др., 2003);
- 2) характеристике микроэлементов и тяжелых металлов (ТМ), о физиологической роли элементов в растительном организме (Хох, Вали, 1962; Кефели, 1991; Ильин, 1991; Прохорова и др., 1998; Шеуджен, 2003; Stellwaag, 1953, Hodenberg, 1974);
- 3) роли естественного восстановления растительного покрова и сопровождающего этот процесс формирование почвенного покрова в данных геосистемах (О рекультивации..., 1971; Етеревская, Угарова, 1979; Масюк, 1989; Бурыкин, 1978; Ужегова, Махонина, 1981; Почвообразование..., 1985; Экологические основы рекультивации..., 1985; Гумусообразование..., 1986; Михайлова, 1996; Кулагин и др., 2000; Техноземы..., 2000).

ГЛАВА 2. РАЙОН, ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В главе описаны географическое положение и климатические особенности территории районов исследования, геологическое строение и рельеф, почвообразующие породы, растительность и почвы.

Объектом исследований являются насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающие на промышленных отвалах. Точки отбора проб приурочены к полиметаллическим (Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК)) и буроугольным (Кумертауский буроугольный разрез (КБР)) месторождениям.

Оценку жизненного состояния (ОЖС) определяли, используя методику В.А. Алексеева и др. (1990). Для установления возраста древостоев у десяти деревьев на пробной площади на высоте 0,4 м с помощью приростного бурава Suunto (Finland) отбирались керны. Возраст устанавливался последующим подсчетом годичных колец на микроскопе МБС-1 (Россия).

Отбор проб почвогрунтов, почв и растений проводили в течение вегетационного периода (июнь, июль, август). Измельченные в зерновой мельнице воздушно-сухие образцы корней, коры, веток, листьев (хвои) озоляли поэтапно в муфельной печи (450 °С) до получения светлой золы. При изучении содержания валовых форм Cu, Zn, Pb, Cd в почвах использовался метод атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Contr-AA фирмы Analytic в центральной лаборатории ОАО «Башкирский медно-серный комбинат» (Методические указания..., 2006), для определения подвижных форм Cu, Zn, Pb, Cd применялся метод экстракции проб почв аммонийно-

ацетатным буфером (ААБ) с рН 4,8 (МУ 08-47/152). Для анализа растительного материала на общее содержание Cu, Zn, Pb, Cd применялся инверсионный вольтамперометрический метод исследования на установке СТА (МУ 08-47/136). Для экотоксикологической оценки почвогрунтов и почв использовали предельно-допустимую концентрацию (ПДК) ТМ по их валовым и подвижным формам (Система оценки..., 1992). Агрохимические анализы почвы проводили следующими методами: содержание гумуса методом определения органического вещества (ГОСТ 26213–91), с последующим переводом на общий углерод, гидролитическую кислотность по методу Каппена в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), рН, сумму поглощенных оснований по методу Каппена (ГОСТ 27821-88) и их состав (Ca^{2+} , Mg^{2+}) методом ЦИНАО (ГОСТ 26487-85), подвижный фосфор и калий по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), азот по Корнфильду.

Полученные данные обрабатывались общепринятыми статистическими методами (Mathematics..., 2007) с применением программ Excel 7.0, GraphPad Prism for Windows (версия 4.00) (Motulsky, 2003a) и Statistica for Windows (версия 6.0).

ГЛАВА 3. СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ НА ОТВАЛАХ КУМЕРТАУСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА

ОЖС насаждений сосны и березы, произрастающих на отвалах КБР, составляет 80,6% и 96,3% соответственно, т.е. насаждения относятся к категории «здоровых». ОЖС насаждений сосны и березы в зоне контроля оценивается как «здоровое» ($L_N = 82,75 \%$; $L_V=93,6$ соответственно).

Динамика приростов стволовой древесины сосны и березы в условиях КБР в отдельные годы характеризуется высоким радиальным приростом 7,15 мм/год и 5,00 мм/год, соответственно (рис. 1).

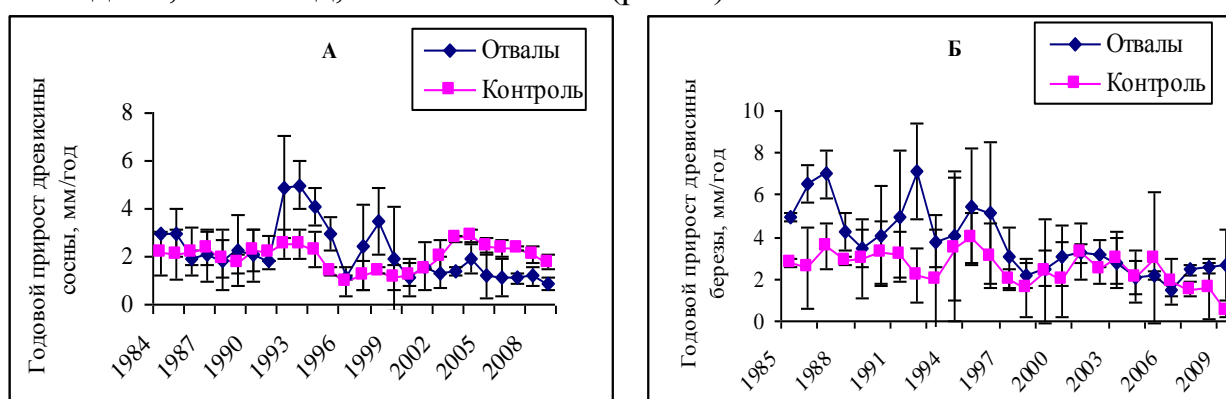


Рис. 1. Динамика годичного радиального прироста (мм/год) стволовой древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (А) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) (Б) на отвалах Кумертауского бурогольного разреза

Выявлено отсутствие сердцевинной гнили у всех исследованных деревьев и установлены достоверные отличия в динамике приростов

стволовой древесины березы в условиях отвалов и контроля ($p < 0,0001$), для сосны изученные показатели не достоверны ($p > 0,1$).

В геологическом плане отвалы КБР характеризуются большой неоднородностью и представлены осадочными породами, как конгломераты, песчаники, известняки, древнеаллювиальные пески и галечник (Баталов и др., 1989), пермские и третичные глины, в которых присутствует широкий спектр элементов: Cu, Zn, Co, Ca, Mn и т.д. (Ковда, 1973), из числа которых к наиболее приоритетным относятся Cu, Zn, Pb, Cd. В отвальных грунтах КБР и почвах контроля под насаждениями сосны содержание валовой формы Cu, Zn, Pb и Cd находится в пределах допустимых уровней, за исключением почв контроля, где обнаружено превышение ПДК для валовых форм Cu в 2,8 раз (табл. 1). При сопоставлении данных по содержанию подвижных форм Cu, Zn, Pb с ПДК, можно сделать вывод, что почвогрунты не «загрязнены», однако по отношению к Cd обнаружено, что почвогрунты находятся на пороговом уровне загрязнения.

Таблица 1.

Содержание валовых и подвижных форм металлов (мг/кг) в почвогрунтах под насаждениями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (n=30)

Cu		Zn		Pb		Cd	
Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Кумертауский бурогольный разрез							
11,50±2,12**	0,60±0,04	39,10±4,38	0,68±0,08	5,40±3,97	0,18±0,03	0,68±0,52	0,28±0,02
Контроль (чернозем выщелоченный)							
66,50±10,66	0,66±0,06	48,60±5,62	2,05±0,13	5,20±4,74	0,22±0,01	0,56±0,31	0,12±0,04
Значение ПДК							
23	2	85	23	32	6	1,5	0,24

Значимость различий с контрольными значениями: * - $p < 0,1$; ** - $p < 0,02$; *** - $p < 0,001$

Под пологом насаждений березы содержание валовой формы Cu, Zn, Pb и Cd в техногенных почвогрунтах и почвах контроля соответствует ПДК, за исключением почв в зоне контроля, где установлено превышение ПДК по Zn в 2,2 раза (табл. 2). Содержание подвижных форм металлов в почвогрунтах значительно меньше фоновых значений и допустимых концентраций.

Таблица 2.

Содержание валовых и подвижных форм металлов (мг/кг) в почвогрунтах под насаждениями березы повислой (*Betula pendula* Roth) (n=30)

Cu		Zn		Pb		Cd	
Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Кумертауский бурогольный разрез							
13,60±1,86	0,66±0,09*	78,08±48,50*	0,57±0,04	10,27±0,37**	0,22±0,01	0,48±0,10	0,09±0,02
Условный контроль (чернозем выщелоченный)							
13,67±1,06	0,36±0,04	192,0±11,58	1,43±0,30	4,80±1,47	0,33±0,09	0,62±0,08	0,08±0,02
Значение ПДК							
23	2	85	23	32	6	1,5	0,24

Значимость различий с контрольными значениями: * - $p < 0,1$; ** - $p < 0,02$; *** - $p < 0,001$

Морфологические признаки развития почвенного покрова под пологом сосновых насаждений КБР едва заметны. Под древесной растительностью верхние 1,5 см – подстилка из опадающих хвои, веток, шишек, следующие 3 см – полуразложившийся уплотненный слой. Глубже – темно-серый, влажный горизонт, мощностью 3,5 см, который подстилается желто-бурой глиной. Темная окраска верхнего слоя свидетельствует о включении перегнившего хвойного опада в процессы гумификации. Под березовыми насаждениями морфологически можно выделить 2 горизонта – подстилку и гумусово-аккумулятивный горизонт общей мощностью 10 см.

Основным преимуществом древесных растений, осваивающих отвалы, является их способность к накоплению химических элементов из почвенного субстрата и распределение в собственном организме, задерживая распространение поллютантов в окружающую среду (Автухович, 2005).

В условиях отвалов КБР и контроля в течение вегетации наблюдается накопление Pb и Cd в поглощающих корнях, что следует рассматривать как одну из адаптивных реакций сосны на загрязнение среды, поскольку поглощающие корни чаще отмирают и образуются новые корни (рис. 2).

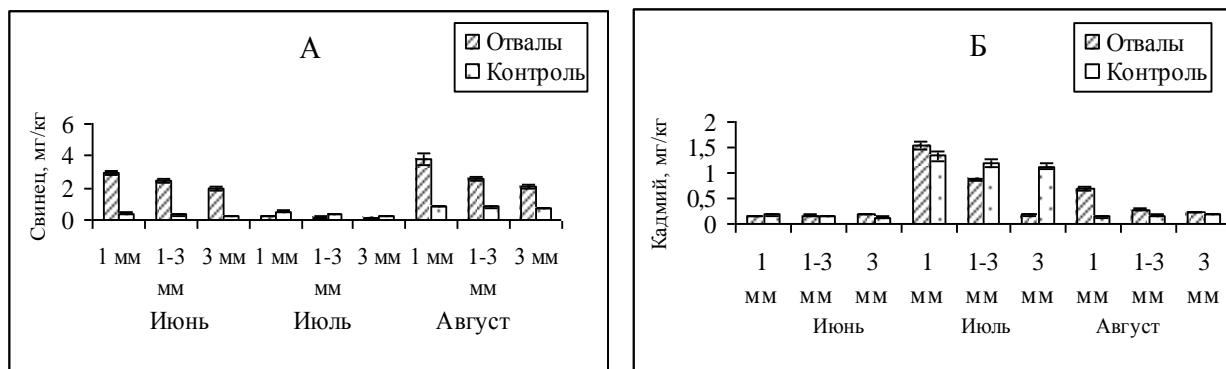


Рис. 2. Содержание свинца (А) и кадмия (Б) (мг/кг) во фракциях корней сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

В условиях отвалов КБР максимальное накопление Cu отмечается в июне в скелетных корнях и в августе – в поглощающих корнях (рис. 3А), наибольшее содержание Zn отмечено для проводящих корней (рис. 3Б).

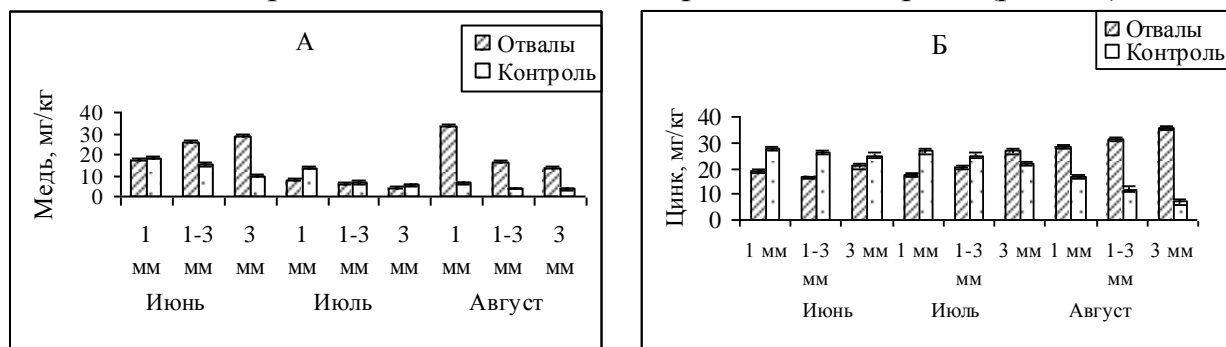


Рис. 3. Содержание меди (А) и цинка (Б) (мг/кг) во фракциях корней сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

В условиях контроля значительные количества Cu и Zn депонируются в поглощающих корнях, что связано с активностью образования поглощающих корней и интенсивностью обмена веществ.

Содержание Cu в коре имеет тенденцию к увеличению от весны к осени, содержание Zn снижается к концу вегетации (рис. 4А и 4Б).

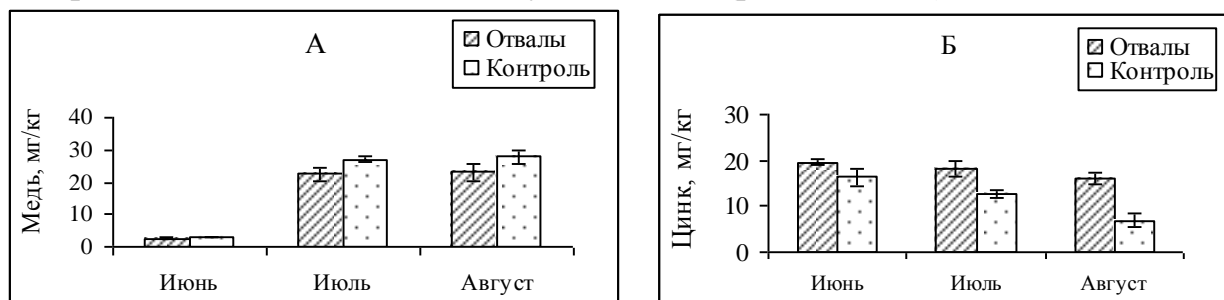


Рис. 4. Содержание меди (А) и цинка (Б) (мг/кг) в коре сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогольного разреза

Такой ход сезонной динамики содержания Zn в коре объясняется тем, что в начале вегетации происходит приток элемента к растущим органам, а последующее снижение концентрации происходит в результате транслокации элементов в другие органы растения, либо за счет вымывания.

Значительное количество Pb в побегах сосны установлено для 3-летних побегов (рис. 5А), для Cd – в 1-летних побегах, в которых протекают интенсивные ростовые процессы (рис. 5Б).

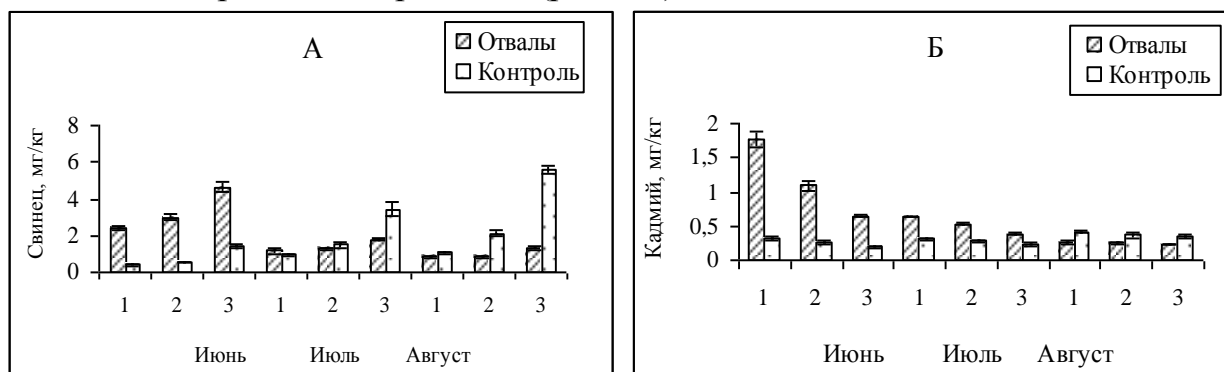


Рис. 5. Содержание свинца (А) и кадмия (Б) (мг/кг) в 1-, 2-, 3-летних побегах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогольного разреза

В течение вегетации содержание Pb и Cd в побегах в техногенных условиях снижается, в контроле наблюдается обратная картина.

В условиях отвалов и контроля в течение вегетации содержание Zn в хвое постепенно снижается (рис. 6А), что связано с известным феноменом эффекта «разбавления» клеточного вещества, а затем транслокации элемента в другие органы растения (Grigal et al., 1976; Chapin, 1980).

В ассимиляционных органах сосны наблюдается увеличение содержания Pb от весны к осени (рис. 6Б). Выпадающий из атмосферы элемент

постепенно накапливается на поверхности хвои к концу вегетации, осадки и ветер лишь частично удаляют металл с поверхности хвои.

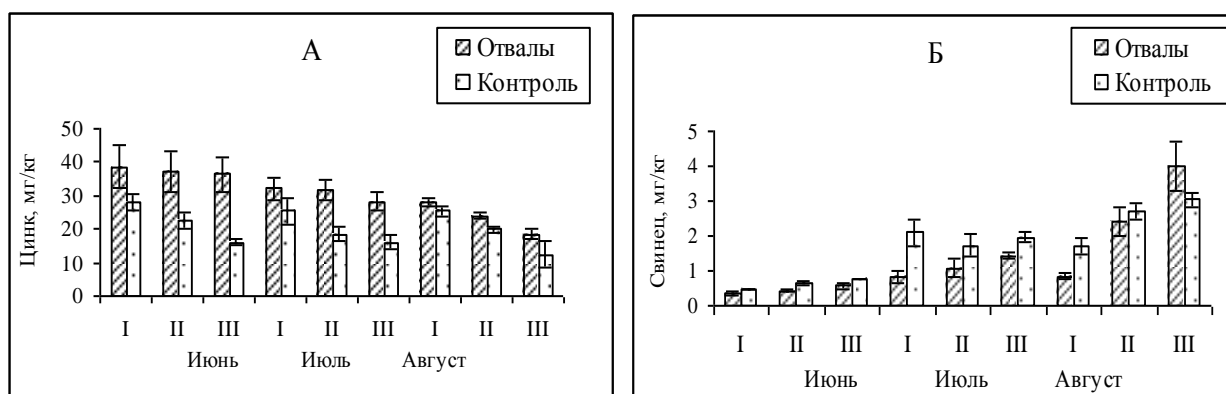


Рис. 6. Содержание цинка (А) и свинца (Б) (мг/кг) в хвое 1, 2, 3 года сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

В корневой системе березы наибольшее количество Zn обнаружено в поглощающих корнях, поскольку происходит увеличение всасывающей поверхности путем формирования новых поглощающих корней на проводящих корнях (рис. 7А). Содержание Cd имеет тенденцию к увеличению в течение вегетации, причем по накоплению элемента в скелетных корнях в начале и конце вегетации картина сходная, а в июле наибольшее депонирование установлено для полускелетных корней (рис. 7Б).

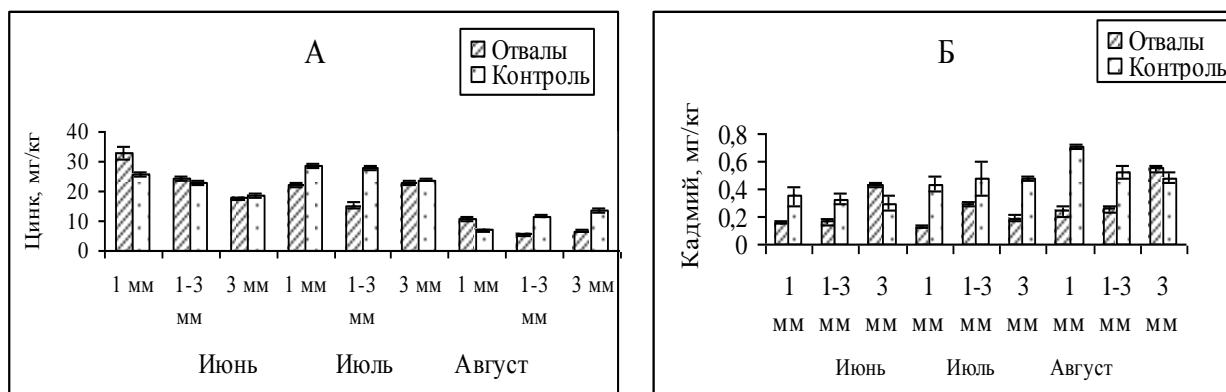


Рис. 7. Содержание цинка (А) и кадмия (Б) (мг/кг) во фракциях корней березы повислой (*Betula pendula* Roth) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

В течение вегетационного сезона Cu и Zn в коре березы в условиях отвалов имеют тенденцию к увеличению подобно контролю (рис. 8А и 8Б).

Однако в количественном отношении содержание Cu в коре березы, произрастающей в контроле, превышает значения деревьев, произрастающих на отвалах КБР.

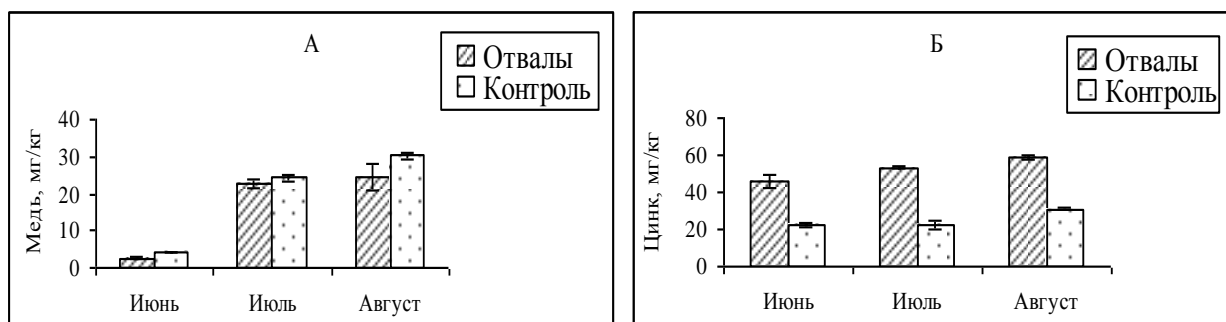


Рис. 8. Содержание меди (А) и цинка (Б) (мг/кг) в коре березы повислой (*Betula pendula* Roth) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

В условиях отвалов КБР по содержанию Zn в побегах березы определенной закономерности не прослеживается: в 1- и 2-летних побегах максимальное содержание металла установлено в июле, в 3-летних побегах – в начале вегетации. В августе в условиях отвалов Zn в 1-, 2- и 3-летних побегах распределяется равномерно, что связано с физиологической подготовкой исследуемой породы к предстоящему периоду покоя (рис. 9А).

Высоким содержанием Cd отличаются 1-2-3-летние побеги березы, отобранные в июне на отвалах КБР, по сравнению с контрольными побегами (рис. 9Б). Содержание металла в 1-2-3-летних побегах в зоне контроля остается постоянным на протяжении всего вегетационного периода. Однако в июне накопление элемента имеет тенденцию к увеличению от 1-летних к 3-летним; в середине вегетации наибольшая концентрация установлена для 3-летних побегов и наименьшая для 2-летних; в августе наблюдается понижение содержания элемента в направлении от 1-летних к 3-летним побегам, что аналогично с условиями отвалов КБР.

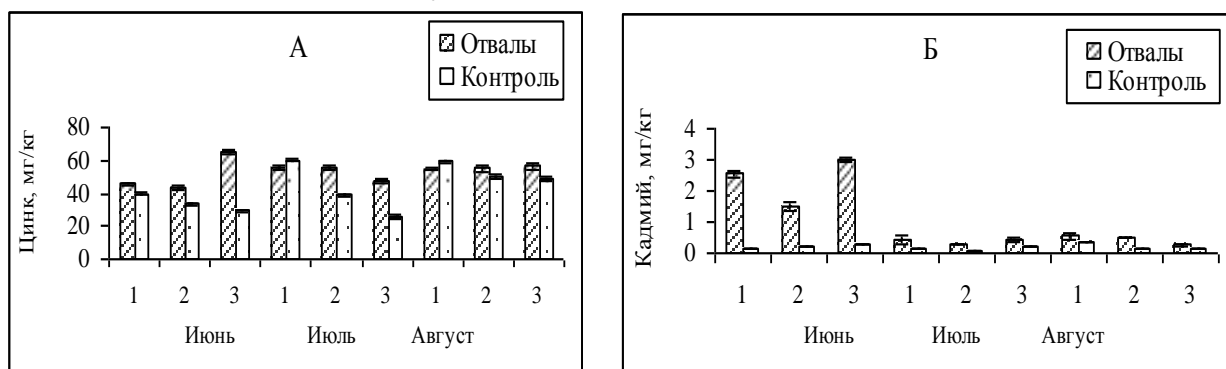


Рис. 9. Содержание цинка (А) и кадмия (Б) (мг/кг) в 1-, 2-, 3-летних побегах березы повислой (*Betula pendula* Roth) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

В течение вегетации содержание Si в листьях березы, произрастающих на отвалах КБР, непрерывно растет. Дефицит, оптимум и избыток элемента в растениях составляет соответственно 2-5, 6-30, 31-100 мг/кг (Шеуджен, 2003). Следовательно, в условиях отвалов КБР и контроля наблюдается

недостаток Cu, за исключением, августа, когда листья в техногенных условиях накапливают Cu до оптимальных количеств (рис. 10А).

Дефицит, оптимум и избыток Zn в листьях большинства двудольных растений составляет 10-20, 21-150, 151-400 мг/кг соответственно (Дуглас, 1988). В условиях отвалов КБР оптимальное количество Zn установлено в июне, а в последующих месяцах возникает дефицит элемента. В контроле нормальные концентрации микроэлемента достигаются в августе (рис. 10Б).

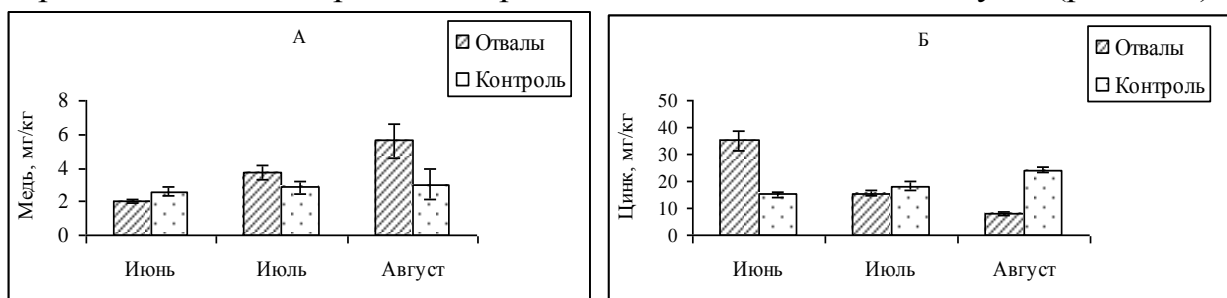


Рис. 10. Содержание меди (А) и цинка (Б) (мг/кг) в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth) в течение вегетации в условиях отвалов Кумертауского бурогольного разреза

ГЛАВА 4. СОСТОЯНИЕ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ НА ОТВАЛАХ УЧАЛИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

На отвалах УГОК насаждения сосны и березы, по индексу ОЖС относятся к категории «здоровые» (89,4% и 99,3% соответственно).

Годичный прирост древесины сосны значителен и в отдельные годы достигает 10 мм (1999 и 2003 гг) (рис. 11А). Береза имеет тенденцию к уменьшению радиального прироста стволовой древесины с несколькими локальными увеличениями в течение исследуемого периода (рис. 11Б).

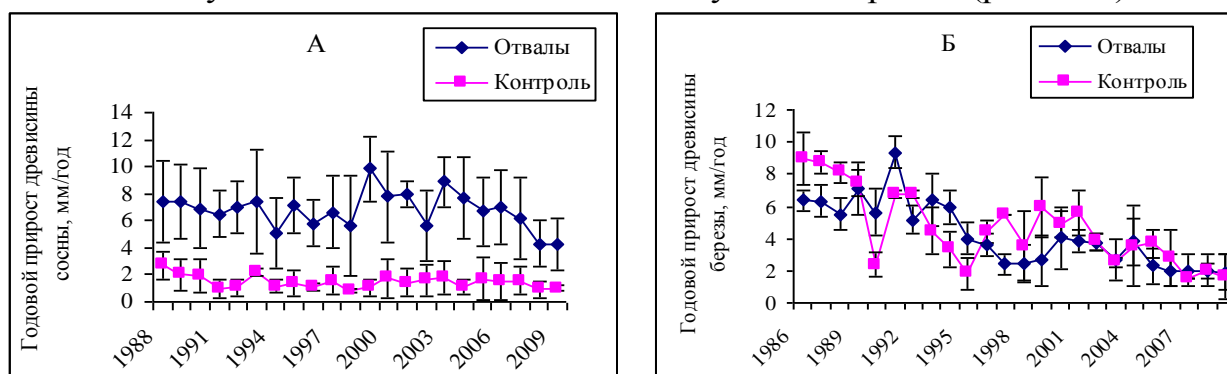


Рис. 11. Динамика годичного радиального прироста (мм/год) стволовой древесины сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (А) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) (Б) на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината

Максимальные значения исследуемого параметра обнаруживаются в 1991 году (9,4 мм/год). Выявлены достоверные различия в динамике приростов стволовой древесины сосны в условиях отвалов УГОК и

условного контроля ($p < 0,0001$), для березы изученные показатели не достоверны ($p > 0,1$).

Отвалы УГОК сложены скальными плохо выветривающимися породами различного химического состава – флюориты, кварциты, порфириды, пириты. Особенностью полиметаллических отвалов являются многокомпонентные медно-колчеданные руды, которые отражают элементный состав почвогрунтов. Сравнение данных по содержанию валовых форм Cu и Zn в почвогрунтах под сосновыми насаждениями с ПДК показало, что в грунтах наблюдается превышение допустимых норм (табл. 3).

Содержание металлов в почвах под сосновыми насаждениями условного контроля, находится в пределах допустимых значений. По содержанию подвижных форм Cu отмечается превышение в 1,4 ПДК. По отношению к подвижным формам Zn исследуемые почвенные образцы относятся к категории не «загрязненный».

Содержание валовых и подвижных форм Pb и Cd в горизонте 0-20 см в почвогрунтах сосновых насаждений находится в пределах ПДК.

Таблица 3.

Содержание валовых и подвижных форм металлов (мг/кг) в почвогрунтах под насаждениями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) (n=30)

Cu		Zn		Pb		Cd	
Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Учалинский горно-обогатительный комбинат							
51,70±10,82	2,73±0,80**	99,70±4,44*	8,27±0,83***	19,40±3,64	0,31±0,05**	0,67±0,80	0,12±0,03
Условный контроль (чернозем выщелоченный)							
17,90±3,63	0,78±0,19	76,10±4,51	3,93±0,47	13,30±4,62	0,17±0,05	0,21±0,17	0,14±0,05
Значение ПДК							
23	2	85	23	32	6	1,5	0,24

Значимость различий с контрольными значениями: * - $p < 0,1$; ** - $p < 0,02$; *** - $p < 0,001$

Кроме этого, следует отметить крайне неустойчивый характер распределения запасов валовых и подвижных форм элементов в молодых почвах березовых насаждений промышленных отвалов УГОК (табл. 4). Сопоставление содержания валовых форм Cu, Zn, Pb и Cd в отвальных грунтах под насаждениями березы со значениями ПДК показало, что концентрация металлов в условиях отвалов значительно выше.

Таблица 4.

Содержание валовых и подвижных форм металлов (мг/кг) в почвогрунтах под насаждениями березы повислой (*Betula pendula* Roth) (n=30)

Cu		Zn		Pb		Cd	
Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма	Валовая форма	Подвижная форма
Учалинский горно-обогатительный комбинат							
74,17±26,80*	3,80±0,74**	137,80±18,10*	9,03±1,40*	59,90±21,99**	1,13±0,27**	1,53±0,28**	0,29±0,05*
Условный контроль (чернозем выщелоченный)							
16,55±2,02	1,27±0,28	95,07±22,20	6,10±1,04	6,20±5,59	следы	0,52±0,12	0,19±0,04
Значение ПДК							
23	2	85	23	32	6	1,5	0,24

Значимость различий с контрольными значениями: * - $p < 0,1$; ** - $p < 0,02$; *** - $p < 0,001$

По содержанию подвижных форм Cu и Cd почвогрунты относятся к категории «загрязненные». Почвы, отобранные на контрольных пробных площадях, не превышают ПДК по подвижным формам металлов.

На поверхности почвогрунтов под насаждениями сосны и березы обнаружен незначительный слой подстилки. В верхних горизонтах мелкозем заполняет промежутки между камнями, причем морфологических признаков формирования почвенного покрова не выявлено. Обнаружена тесная корреляционная связь между содержанием ТМ в почвогрунтах УГОК и повышенным аккумулярованием Cu, Zn (рис. 11А и 11Б), Pb ($r=0,98$) и Cd ($r=0,94$) поглощающими корнями.

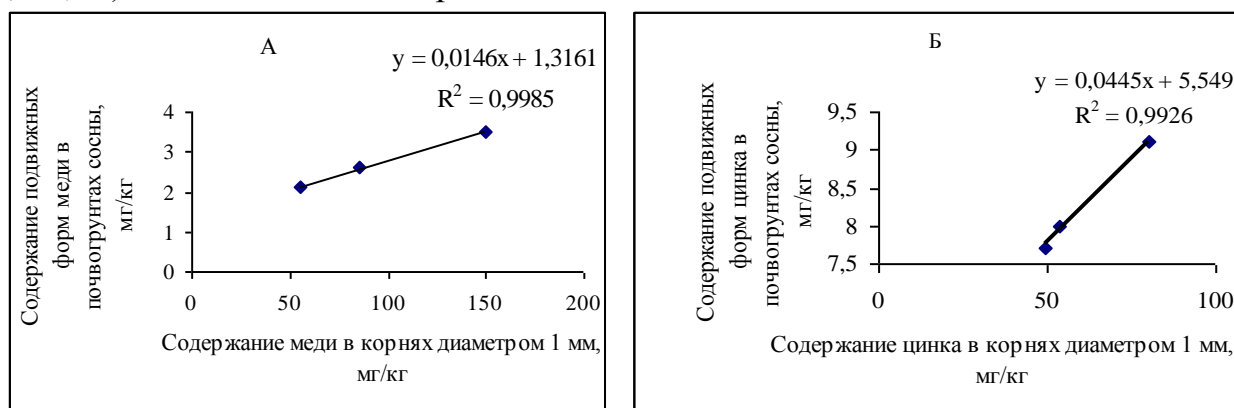


Рис 11. Влияние содержания подвижных форм меди (А) и цинка (Б) в почвогрунтах на количество меди и цинка в поглощающих корнях сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината

Выявлены общие и отличительные черты в накоплении металлов в органах сосны в условиях отвалов УГОК, по сравнению с отвалами КБР в течение вегетации.

Общее:

- 1) Наибольшее количество Cu и Pb накапливается в поглощающих корнях;
- 2) Во всех фракциях корней содержание металлов больше в условиях отвалов УГОК, по сравнению с отвалами КБР;
- 3) В коре содержание Zn, Pb, Cd снижается от весны к осени;
- 4) Максимальные количества Cu, Zn, Pb, Cd депонируются в 3-летних побегах;
- 5) В побегах сосны содержание Zn и Pb характеризуется снижением от весны к осени.

Отличительное:

- 1) В условиях отвалов УГОК, по сравнению с отвалами КБР, наибольшее количество Zn аккумуляруется в поглощающих корнях, Cd – в скелетных корнях;
- 2) Содержание Zn в хвое сосны, произрастающей на полиметаллических отвалах, в течение вегетации снижается, Pb и Cd увеличивается, а содержание Cu снижается в июле и увеличивается в августе.

Выявлены общие и отличительные черты в накоплении металлов в органах березы в условиях отвалов УГОК, по сравнению с отвалами КБР в течение вегетации.

Общее:

- 1) Во фракциях корней наибольшее депонирование Cu и Cd характерно для скелетных корней;
- 2) Обнаружено снижение содержания Zn и Cd в корневой системе от весны к осени;
- 3) Содержание Zn в коре увеличивается в течение вегетации;
- 4) В листьях наблюдается интенсивное увеличение содержания Cu, Zn и Cd и снижение Pb к концу вегетационного сезона.

Отличительное:

- 1) В скелетных корнях березы в условиях отвалов УГОК обнаружено высокое количество Zn;
- 2) На полиметаллических отвалах содержание Cu в коре в течение вегетации остается на постоянном уровне, количество Pb – снижается, а Cd – увеличивается;
- 3) В листьях березы наблюдается интенсивное увеличение содержания Cu, Cd и снижение Pb к концу вегетационного сезона в условиях отвалов УГОК, по сравнению с отвалами КБР.

ГЛАВА 5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НА ОТВАЛАХ КУМЕРТАУСКОГО БУРОУГОЛЬНОГО РАЗРЕЗА И УЧАЛИНСКОГО ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА

На отвалах УГОК не обнаружены деревья, относящиеся к категории «сильно ослабленных», «отмирающих» и «сухих» по сравнению с отвалами КБР. Состояние древесной растительности на отвалах буроугольного и медно-колчеданного месторождений в целом свидетельствует о потенциальной лесопригодности вскрышных и вмещающих пород и отсутствии фитотоксичности грунтов. Исключением являются локальные участки полиметаллических отвалов, где происходит накопление токсичных для растений соединений.

Особенности перераспределения металлов в органах растений позволяют сделать вывод, что аккумулярующая способность древесных пород во многом зависит от условий их произрастания.

Распределение Cu в органах сосны в условиях отвалов КБР и УГОК имеет общие черты, поскольку максимальное накопление металла обнаружено в корневой системе и отмечается постепенное снижение содержания элемента в надземных органах: кора > побеги > хвоя (табл. 5). Однако в условиях медно-колчеданных отвалов накопление Cu значительно больше по сравнению с отвалами КБР. По отношению к Zn наибольшей депонирующей способностью характеризуются побеги сосны (отвалы КБР) и корневая система (отвалы УГОК).

Таблица 5.

Среднее содержание металлов (мг/кг) в органах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях отвалов Кумертауского буроугольного разреза и Учалинского ГОК (n=90)

Элементы	Органы сосны обыкновенной в условиях отвалов Кумертауского буроугольного разреза и контроля							
	Отвалы	Контроль	Отвалы	Контроль	Отвалы	Контроль	Отвалы	Контроль
	Корни		Кора		Побеги		Хвоя	
Cu	16,93±1,43 ***	9,39±0,78	16,04±2,63	19,27±3,01	6,52±0,80	6,99±0,61	5,92±0,88 ***	9,25±1,26
Zn	24,10±0,94 ***	21,40±1,04	17,94±0,83 ***	11,90±1,30	32,47±2,31 ***	22,96±2,06	30,56±1,50 ***	20,54±1,10
Pb	1,82±0,18 ***	0,48±0,03	1,14±0,18	1,30±0,25	1,92±0,18	1,89±0,23	1,33±0,19 **	1,68±0,14
Cd	0,48±0,07	0,53±0,08	0,37±0,10	0,32±0,09	0,65±0,07 ***	0,30±0,01	0,11±0,01	0,12±0,01
Органы сосны обыкновенной в условиях отвалов Учалинского ГОК и условного контроля								
Cu	55,73±16,54 **	7,72±2,00	28,17±8,23	24,98±7,30	16,22±4,54 **	7,16±1,99	12,56±3,60 **	5,06±1,34
Zn	54,19±10,20	34,51±7,08	49,41±9,27	50,55±9,50	22,15±2,0*	41,10±6,70	21,61±3,70*	45,94±9,10
Pb	4,43±0,80	2,88±0,51	9,31±1,80	6,40±1,60	5,64±0,70	4,02±0,39	6,54±0,31	6,65±0,25
Cd	0,31±0,02 **	1,06±0,04	1,08±0,30	0,51±0,28	1,00±0,24	0,70±0,05	0,65±0,05	0,69±0,09

Значимость различий с контрольными значениями: * -p<0,1; ** -p<0,02; *** -p<0,001

На отвалах буроугольного месторождения наибольшее накопление Pb обнаружено в побегах, в условиях отвалов УГОК – в коре. В техногенных ландшафтах УГОК и КБР наблюдается превышение ПДК (0,065-0,085 мг/кг) по содержанию Cd во всех органах сосны.

Отмечается сходный характер распределения Cu в органах березы в условиях отвалов КБР и УГОК, где наибольшее депонирование обнаружено в корневой системе, поскольку корни препятствуют проникновению металла в надземные органы (табл. 6).

Таблица 6.

Среднее содержание металлов (мг/кг) в органах березы повислой в условиях отвалов Кумертауского буроугольного разреза и Учалинского ГОК (n=90)

Элементы	Органы березы повислой в условиях отвалов Кумертауского буроугольного разреза и контроля							
	Отвалы	Контроль	Отвалы	Контроль	Отвалы	Контроль	Отвалы	Контроль
	Корни		Кора		Побеги		Листья	
Cu	27,39±2,28	21,56±1,60	16,40±2,70	19,49±2,90	2,63±0,12	3,67±0,15	4,12±0,54	2,82±0,30
Zn	17,47±1,25	19,96±1,10	52,65±1,94**	25,29±2,90	53,26±0,99	42,70±1,70	19,07±3,08	18,90±1,20
Pb	2,39±0,19	1,80±0,20	1,57±0,24	4,08±0,30	3,32±0,18	2,38±0,14	0,10±0,01	0,16±0,02
Cd	0,27±0,02**	0,45±0,03	0,62±0,18	0,76±0,20	1,06±0,14*	0,43±0,10	0,32±0,06	0,14±0,02
Органы березы повислой в условиях отвалов Учалинского ГОК и условного контроля								
Cu	72,08±21,50 **	11,37±3,23	15,90±4,60	12,45±3,55	14,55±3,80*	7,57±2,09	14,97±1,50*	10,06±0,50
Zn	155,80±12,20 *	115,30±5,34	186,40±8,03*	160,70±10,50	193,0±7,80**	166,0±10,80	179,70±2,52 ***	129,0±2,40
Pb	13,17±1,84 **	1,28±0,50	8,13±0,80*	0,91±0,56	7,23±0,84	2,90±0,26	5,27±0,48	3,77±0,70
Cd	1,80±0,66	1,10±0,16	1,73±0,55*	0,05±0,01	1,04±0,36*	0,40±0,23	1,66±1,07	0,38±0,17

Значимость различий с контрольными значениями: * -p<0,1; ** -p<0,02; *** -p<0,001

Установлено сходство в распределении Zn по органам березы, как на отвалах буроугольного месторождения, так и полиметаллического: побеги >

кора > листья > корневая система. На полиметаллических отвалах УГОК обнаружено увеличение Pb от надземных органов к подземным, причем в корневой системе установлено превышение в 1,3 ПДК. На отвалах КБР максимальное содержание наблюдается в побегах, превышения ПДК не обнаружено. Во всех органах березы, произрастающих на пробных площадях, обнаружено превышение ПДК по Cd.

Восстановление растительного и почвенного покровов происходит в зависимости от экологических условий отвалов и окружающих природных комплексов. Под влиянием факторов внешней среды, горная порода переходит в новое качественное состояние – почву. Для доказательства того, что на промышленных отвалах происходит формирование почвенного покрова, сравнивались материалы по химической характеристике почвогрунтов, полученных д.б.н. А.Х. Мукатановым в 1982-1986 гг (Баталов и др., 1989) с результатами, полученными в 2008-2011 гг, что оценивалось по накоплению общего углерода, изменению рН, подвижных форм фосфора, обменных кальция и магния.

В условиях отвалов КБР обнаружено высокое содержание общего углерода (21%) в почвогрунтах под насаждениями березы (табл. 7), что связано с наличием в грунтах частиц бурого угля.

Таблица 7.

Химические свойства почвогрунтов отвалов Кумертауского бурогоугольного разреза

Глубина отбора образца, см	Общий углерод, %	рН, водный	P ₂ O ₅ на 100 г подвижный	Ca ²⁺	Mg ²⁺
				мг/экв на 100 г	
Почвогрунты отвалов (Баталов и др., 1989)					
0-20	1,02	7,53	3,85	25,0	7,0
Почвогрунты под насаждениями сосны					
0-20	1,74	5,80	2,60	12,0	3,0
Почвогрунты под насаждениями березы					
0-20	21,0	5,20	2,70	21,0	6,0

В отвальных грунтах под насаждениями сосны и березы реакция среды субстратов изменяется от слабощелочной до слабокислой, что согласно Касимову А.М. с соавторами (2011) является следствием химических реакций, протекающих в толще угольных отвалов, приводящие к появлению слабых растворов серной кислоты из соединений железа при участии тионовых бактерий.

В течение 2-х десятилетий на отвалах КБР в почвогрунтах березовых и сосновых насаждений наблюдается снижение содержания обменных кальция и магния, подвижных форм фосфора, что связано с процессом вымывания почвогрунтов.

Таким образом, на отвалах КБР складываются относительно благоприятные для произрастания древесных растений условия.

В условиях отвалов УГОК в почвогрунтах под березовыми насаждениями содержание общего углерода значительно больше, чем под насаждениями сосны. Накоплению углерода в верхнем слое субстрата под

пологом березовых насаждений по сравнению с исходными результатами способствует наличие ежегодного опада (табл. 8).

Таблица 8.

Химические свойства почвогрунтов отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината

Глубина отбора образца, см	Общий углерод, %	рН, водный	P ₂ O ₅ на 100 г подвижный	Ca ²⁺	Mg ²⁺
				мг/экв на 100 г	
Почвогрунты отвалов (Баталов и др., 1989)					
0-20	0,80	7,74	1,50	16,0	5,0
Почвогрунты под насаждениями сосны					
0-20	1,0	4,30	2,05	5,0	1,0
Почвогрунты под насаждениями березы					
0-20	4,30	4,10	3,20	9,0	2,0

В почвогрунтах под насаждениями сосны и березы наблюдается подкисление молодых почв, что связано со снижением содержания Ca²⁺ и накоплением гумусовых веществ в верхнем плодородном горизонте.

В условиях медно-колчеданных отвалов обнаружено незначительное увеличение подвижных форм фосфора в верхних частях почвогрунтов, которое следует рассматривать как следствие биологической аккумуляции.

Отвальные грунты ранее бывшие практически одинаковыми по качеству и количеству обменных оснований, ныне по содержанию обменных оснований отличаются друг от друга. Наибольшим количеством обменного кальция в верхнем горизонте характеризуются почвогрунты березовых насаждений (9 мг/экв), почвогрунты сосновых насаждений отличаются его наименьшим содержанием (5 мг/экв). Содержание обменного магния соответствует количеству в них обменного кальция, т.е. мало Mg²⁺ имеется в почвогрунтах под сосновыми насаждениями и больше в почвогрунтах под березовыми насаждениями. Сопоставление с материалами 25-летней давности показывает, что содержание Ca²⁺ и Mg²⁺ в почвогрунтах снижается.

ВЫВОДЫ

1. В условиях промышленных отвалов относительное жизненное состояние насаждений сосны обыкновенной и березы повислой оценивается как «здоровое».

2. Условия произрастания практически не оказывают влияния на динамику радиального прироста стволовой древесины сосны обыкновенной и березы повислой.

3. Установлено, что как в техногенных условиях, так и в условно контрольных почвах уровень содержания подвижных форм металлов сопоставим с валовым содержанием элементов.

4. Высокий уровень содержания металлов в почвогрунтах отвалов УГОК определяет повышенный уровень их накопления в органах сосны обыкновенной и березы повислой. Наибольшее среднесуммарное количество техногенных металлов отмечается в многолетних частях растений (корневая система, кора и ветви), а наименьшее – в ассимиляционных органах.

Накопление тяжелых металлов в поглощающих корнях – адаптивная реакция, направленная на выживание древесных растений в экстремальных условиях промышленных отвалов.

5. Под пологом древесных насаждений на отвалах идет формирование почвенного покрова, особенности которого определяются составом и свойствами грунтов, видовым составом древесных растений, их возрастом и мозаичностью произрастания. Формирование почвенного покрова на отвалах морфологически выражено слабо, но четко определяется аналитически.

6. При сопоставлении материалов исследований 1982-1986 гг. и 2008-2011 гг. отмечено, что в процессе формирования почвенного покрова на отвалах под пологом лесных насаждений наблюдаются положительные изменения таких параметров как, общий углерод, содержание Р, рН, обменного кальция и магния, что свидетельствует о вкладе насаждений сосны и березы в биологическую рекультивацию промышленных отвалов.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК РФ:

1. Диярова Э.Р. (Радостева Э.Р.), Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.А. Содержание металлов в древесных растениях, произрастающих на отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината Республики Башкортостан // Вестник Оренбургского государственного университета. – № 6. – 2009. – С. 118-120.

2. Радостева Э.Р., Фаизова Л.И., Зайцев Г.А., Кулагин А.Ю. Процесс микоризации *Pinus sylvestris* L. в отвальных почвогрунтах Кумертауского бурогольного разреза (Республика Башкортостан) // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – № 3. – 2011. – С. 55-57.

3. Фаизова Л.И., Радостева Э.Р., Зайцев Г.А., Кулагин А.Ю. Сравнительная характеристика анатомического строения эктомикориз *Pinus sylvestris* L. при произрастании на медно-колчеданных отвалах Учалинского горно-обогатительного комбината // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т. 13. – № 1 (4). – С. 930-932.

4. Радостева Э.Р., Кулагин А.Ю. Биоаккумуляция металлов в органах древесных растений в условиях полиметаллических отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината (Республика Башкортостан) // Известия Самарского научного центра РАН. – 2011. – Т. 13. – № 5 (2). – С. 200-202.

В материалах и тезисах Всероссийских и международных конференций:

1. Радостева Э.Р., Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.А. Сравнительный анализ содержания металлов в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающих на отвалах Кумертауского бурогольного разреза, Туканского карьера и Учалинского горно-обогатительного комбината // Вестник Оренбургского государственного университета. Октябрь / 2009. – С. 597-599.

2. Радостева Э.Р., Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.А. Содержание Mn и Sr в сосне обыкновенной на отвалах Учалинского медно-колчеданного месторождения (Республика Башкортостан) // Аграрная Россия. – 2009. S.1. – С. 100-102.

3. Радостева Э.Р., Гиниятуллин Р.Х., Кулагин А.А. Содержание Cu и Pb в побегах и хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающих на отвалах горнодобывающей промышленности // Материалы региональной научно-практической конференции «Уральский регион Республики Башкортостан: Человек, природа, общество». – Сибай, 2009. – С. 262-264.

4. Гиниятуллин Р.Х., Радостева Э.Р. Средоочищающие функции древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды (Стерлитамакский промышленный центр) // Сборник научных статей международной VI научно-технической конференции «Наука, образование, производство в решении экологических проблем». – Уфа, 2009. – С. 379-382.

5. Радостева Э.Р. Содержание металлов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в условиях промышленных отвалов г. Кумертау // V Всероссийская научно-практическая конференция «Биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий». – Оренбург, 2010 г. – С.117-119.

6. Радостева Э.Р. Накопление Cu, Zn, Cd в листьях березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях отвалов Кумертауского бурогольного разреза Республики Башкортостан // Ломоносов – 2010: XVII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Сборник тезисов. – М.: МАКС Пресс, 2010. – С. 317-318.

7. Радостева Э.Р. Фосфор как индикатор процессов почвообразования в условиях отвалов Кумертауского бурогольного разреза (Республика Башкортостан) // Биология – наука XXI века: 14-я Пущинская международная школа-конференция молодых ученых. Сборник тезисов. – Пущино, 2010. – С. 305.

8. Радостева Э.Р. Сезонная динамика содержания меди в органах березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях Кумертауского бурогольного разреза // II Всероссийская научно-практическая конференция «Устойчивое развитие территорий: теория и практика». – Сибай, 2010. – С. 158-163.

9. Радостева Э.Р., Бактыбаева З.Б., Муллагулова Э.Р., Суюндуков Я.Т., Кулагин А.Ю. Лесная рекультивация и начальные этапы почвообразования на отвалах медно-колчеданного и бурогольного месторождений Республики Башкортостан // Международная конференция «Антропогенная трансформация природной среды». – Пермь, 2010. – Т. 3. – С. 411-414.

10. Радостева Э.Р. Оценка годичного радиального прироста стволовой древесины в условиях геохимической аномалии // XV Международная экологическая студенческая конференция «Экология России

и сопредельных территорий». Сборник тезисов. – Новосибирск, 2010. – С. 348-349.

11. Радостева Э.Р. Роль древесных насаждений в почвообразовательном процессе в условиях полиметаллических отвалов Сибайского филиала УГОК Республики Башкортостан // Производство. Технология. Экология. – Ижевск, 2010. – С. 269-275.

12. Радостева Э.Р., Кулагин А.Ю. Лесная рекультивация промышленных отвалов Кумертауского бурогольного разреза (Республика Башкортостан): фосфор как индикатор процессов почвообразования // Актуальные проблемы современной науки и образования. Биологические науки: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. –Т. II. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2010. – С. 538-540.

13. Радостева Э.Р. Аккумуляция Cu, Zn, Cd, Pb в ассимиляционных органах березы повислой (*Betula pendula* Roth) на примере отвалов Кумертауского бурогольного разреза (Республика Башкортостан) // II Всероссийская научно-практическая конференция «Эколого-географические проблемы регионов России». – Самара, 2011. – С. 149-152.

14. Радостева Э.Р. Роль древесных растений в процессе почвообразования (на примере полиметаллических отвалов Учалинского горно-обогатительного комбината) // Экологический сборник 3: Труды молодых ученых Поволжья. – Тольятти, 2011. – С. 200-203.

15. Радостева Э.Р. Содержание меди в органах сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и березы повислой (*Betula pendula* Roth) в условиях отвалов бурогольного и полиметаллического месторождений // «Башкирский экологический вестник». – 2011. – №1. – С. 47-50.