

На правах рукописи



БАИМОВА Светлана Ринатовна

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В СИСТЕМЕ
«ПОЧВА–РАСТЕНИЯ–ЖИВОТНЫЕ»
В УСЛОВИЯХ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ**

Специальность 03.00.16 - Экология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Уфа–2009

Работа выполнена на кафедре экологии Сибайского института (филиала)
ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет»

Научный руководитель: доктор биологических наук
Редькина Нина Николаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Суюндуков Ялиль Тухватович

доктор биологических наук, профессор
Хабиров Ильгиз Кавиевич

Ведущая организация: Институт экологии Волжского бассейна
РАН

Защита диссертации состоится 6 ноября 2009 г. в 14-00 часов на заседании
Объединенного диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Институте
биологии Уфимского научного центра РАН по адресу: 450054, г. Уфа, проспект
Октября, 69. Тел. /факс: (347) 235-53-62. E-mail: ib@anrb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии
Уфимского научного центра РАН и на официальном сайте
<http://ib.anrb.ru/sovet.html>

Автореферат разослан 6 октября 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



Р.В. Уразгильдин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Одним из мощнейших источников поступления токсикантов в окружающую среду являются отходы предприятий горнодобывающей промышленности (Шилова и др., 1984; Кайгородова и др., 2000; Матвеев, Прохорова и др., 1985, 1988; Обухов, Ефремова, 1988; Шагиева и др., 2003, 2004; Глазовская, 1968, 1972; Большаков и др., 1978; Ильин, Степанова, 1980; Пасынкова, 2001 и др.). Интенсивная разработка медноколчеданных месторождений в Башкирском Зауралье привела к образованию обширных техногенных земель, загрязнению в регионе как почв, так и растений и атмосферы. В регионе, с его развитыми промышленным и аграрным производствами, техногенное загрязнение накладывается на поступление тяжелых металлов в почвы из-за повышенного геохимического фона (Опекунова, Алексеева-Попова, 2001; Опекунов, Опекунова, 2005). Это обстоятельство увеличивает экологический риск (Алексеев, 1987; Ильин, 1991; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Vheemalingeswara, 1991 и др.). Тяжелые металлы попадают на поверхность почвы, включаются в почвообразовательный процесс, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи живых организмов (Коршиков, 1996; Кулагин, 1998, Кулагин и др., 2000; Хазиев и др., 2000; Хабиров, Хазиев, Габбасова, 2001). По этим причинам представляется актуальным определение уровня регионального геохимического фона и на данной основе возможна более объективная оценка воздействия промышленных предприятий Башкирского Зауралья на окружающую среду. Комплексная оценка содержания тяжелых металлов в системе «почва-растения-животные», изучение соотношения техногенного и природного загрязнения данными токсикантами еще не проведены, а имеющиеся данные носят разрозненный и фрагментарный характер. Такое исследование имеет важное значение как для научного осмысления процессов, протекающих в экосистемах, так и для решения многих практических задач, связанных с охраной окружающей среды и использованием природных ресурсов.

Целью исследований является выявление закономерностей поступления тяжелых металлов в систему «почва-растения-животные» в исследованном регионе и соотношения токсикантов природного и техногенного происхождения.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Определить содержание тяжелых металлов в условиях естественного обогащения почв металлами и при техногенном загрязнении:

- в почвах,
- надземной части растений пастбищных сообществ,
- в организме животных (на примере крупного рогатого скота).

2. Выявить соотношение поступления в окружающую среду тяжелых металлов из природных и техногенных источников.

3. Исследовать специфичность отдельных групп пастбищных, а также некоторых лекарственных растений по способности аккумулировать тяжелые металлы.

Научная новизна диссертационной работы заключается в комплексном изучении и оценке содержания тяжелых металлов в почве, пастбищной растительности, в организме крупного рогатого скота при естественном обогащении почв тяжелыми металлами и в результате деятельности горнодобывающих предприятий Башкирского Зауралья. Установлено, что в регионе наблюдается относительная пространственная однородность содержания тяжелых металлов в почве и растениях. Техногенное загрязнение является основным источником локального загрязнения окружающей среды по сравнению с миграцией токсикантов в почву и растения благодаря естественному оруденению горных пород.

Практическая значимость и реализация результатов исследований. Результаты диссертационной работы могут быть использованы Министерством сельского хозяйства и Министерством природных ресурсов Республики Башкортостан в целях обеспечения экологической безопасности использования растительной и животноводческой продукции, произведенной в Башкирском Зауралье, для проведения мониторинга техногенного загрязнения в регионе. Результаты исследований используются при преподавании учебных дисциплин и специальных курсов студентам в Сибайском институте Башкирского государственного университета и рекомендуются в аналогичных целях для высших учебных заведений на специальностях биологического и аграрного направлений.

Обоснованность выводов и достоверность результатов диссертационной работы обеспечены выполненным объемом полевых исследований и лабораторных экспериментов, применением современных методов исследований, обработкой полученных данных с использованием современных статистических методов, воспроизводимостью результатов экспериментов.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

- относительно высокое содержание тяжелых металлов в почвах региона вследствие повышенного природного геохимического фона не приводит к их существенной аккумуляции в тканях растений;
- между основными группами пастбищных растений в целом не выявляются различия по содержанию тяжелых металлов, но имеется тенденция повышения их количества в разнотравье;
- поступление тяжелых металлов в результате деятельности горнодобывающих предприятий является доминирующим по сравнению с их миграцией из горных пород.

Организация исследований. Работа осуществлялась с 2003 по 2008 гг. в рамках плановой научно-исследовательской деятельности Сибайского института (филиала) ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет», а также при выполнении гранта Академии наук Республики Башкортостан

«Формирование стратегии комплексного освоения месторождений цветных металлов в Башкирском Зауралье» (2005 г.).

Декларация личного участия автора. Автором определены цель и задачи, осуществлен выбор методов проведения исследований. Проведены сбор и обработка первичного полевого материала, лабораторные эксперименты. Выполнены статистическая обработка результатов, анализ и обобщение полученных результатов, сформулированы научные положения и выводы.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы доложены на научно-практических конференциях Сибайского института (филиала) Башкирского государственного университета «Неделя науки» (Сибай, 2003, 2004, 2006, 2007); международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы ветеринарной медицины и производства продукции животноводства и растениеводства» (Троицк, 2006); межвузовском Круглом столе «Экономические и экологические проблемы горнодобывающих предприятий Башкирского Зауралья» (Москва-Сибай, 2006); в IV школе-семинаре молодых ученых России «Проблемы устойчивого развития региона» (Улан-Удэ, 2007), региональной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье» (Уфа, 2008), международном российско-германском семинаре «Биоразнообразие горных экосистем и сохранение генофонда популяций растений на Южном Урале» (Сибай, 2009).

Публикации. Автором в 2003-2008 гг. по материалам диссертационной работы опубликовано 10 научных работ, в том числе 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 151 странице, включая 10 таблиц, 17 рисунков. Список литературы включает 320 источников, в том числе 35 иностранных.

Автор выражает глубокую благодарность д.вет.н., профессору ГОУ ВПО «Уральская государственная академия ветеринарной медицины» И.А. Лыкасовой за научную консультацию по исследованиям содержания тяжелых металлов в организме животных, а также коллегам из межкафедральной лаборатории ГОУ ВПО «Уральская государственная академия ветеринарной медицины» за содействие в выполнении экспериментальных работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ

Критически анализируются публикации, посвященные проблеме полиметаллического загрязнения природной среды. Рассматриваются экологические последствия поступления тяжелых металлов в почву, растения и в организмы животных, основные механизмы выработки адаптации растений к

воздействию этих токсикантов, их распределение в тканях и органах растений и животных (Скарлыгина-Уфимцева, Черняхов, 1976; Матвеев, Прохорова и др., 1985, 1988; Обухов, Ефремова, 1988; Хазиев, Мукатанов, 1991; Vheemalingeswara, 1991; Хабиров, 1993; Матвеев, Прохорова, 1997; Кулагин, 1999; Хазиев, Багаутдинов, 2000; Кулагин и др., 2000; Хабиров, Недорезков, Хазиев и др., 2000; Опекунова, Трушалов, 2001; Шагиева, Суюндуков, 2001; Габбасова, Хазиев, Сулейманов, 2001; Опекунова, Алексеева-Попова и др., 2002; Шагиева и др., 2003, 2004; Габбасова, 2004; Опекунов, Опекунова, 2005; Шагиева, 2007 и др.). Сделано заключение, что отсутствие комплексного и сравнительного анализа загрязнения системы «почва-растения-животные» в условиях повышенного естественного геохимического фона и деятельности горнодобывающих предприятий до сих пор не позволяло оценить роль и соотношение этих двух источников поступления тяжелых металлов в окружающую среду. На основе проведенного анализа литературных данных разработаны цель, задачи и программа диссертационной работы, выбраны методы исследований.

ГЛАВА 2. ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА, ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Показана уникальность экологических условий Башкирского Зауралья (БЗ), заключающаяся в особенностях природы, климата и растительности, в наличии металлогенных поясов в горных породах, а также в высоком уровне техногенной нагрузки в пределах данного региона (Обзор состояния..., 2001; Оценка экологического..., 2001; Шагиева, 2001; Шагиева, Суюндуков, 2001 и др.). Характерными чертами региона является резко континентальный и относительно засушливый климат (Суюндуков, 2001). Преобладают степные ландшафты с доминированием выщелоченного, обыкновенного и южного подтипов черноземов, представляющих зональный ряд почв с севера на юг (Хазиев и др., 1985; 1995; 1997; Суюндуков, 1995; 1998; 2001) и обуславливающих специфику растительности (Юнусбаев, 2001, 2007; Синантропная растительность..., 2008). БЗ – один из основных поставщиков концентрата медно-колчеданных руд металлургическим предприятиям России (Экономическая энциклопедия..., 2004). В пределах исследованного региона действуют Учалинский горно-обогатительный комбинат (УГОК), его Сибайский филиал (СФ УГОК, бывший Башкирский медно-серный комбинат) и Бурибаевский горно-обогатительный комбинат (БГОК), специализирующиеся на добыче и обогащении руд. Их более чем 50-летняя деятельность привела к угрозе экологической безопасности БЗ (Хазиев и др., 2000).

В 2004-2007 гг. диссертантом проведены комплексные работы по исследованию накопления и распределения ТМ (меди, цинка, кадмия, железа, свинца, кобальта, марганца) в почвах, пастбищных растениях и организме животных (крупного рогатого скота) в природных и техногенных условиях.

При выборе мест отбора образцов почв в природных условиях учитывали то, что выщелоченный (в зоне воздействия УГОК), обыкновенный (СФ УГОК)

и южный (Бурибаевского РУ) черноземы являются преобладающими подтипами в пределах БЗ (Суюндуков, 2001).

С использованием сельскохозяйственных карт и с учетом господствующих ветров, рельефа местности, возраста и фаз развития растений, удаленности от автодорог для исследования были выбраны пастбищные массивы - одна из двух наиболее распространенных в БЗ форм сельскохозяйственных угодий. Расстояние от пробных площадок до источника промышленного загрязнения определялось на основе ландшафтно-экологического принципа (Шилова и др., 1984). После анализа распределения тяжелых металлов по почвенным горизонтам (0-20, 20-30, 30-40, 40-50 см) была выбрана глубина изъятия почвенных образцов – 0-20 см, на котором залегает основная масса корней травянистых растений. Каждая пробная площадка (в целом заложено 35) представляет 5 точечных проб, отобранных методом «конверта» (ГОСТ 17.4.3.01-83).

Для оценки загрязнения ТМ растительного покрова большой интерес представляет состав не отдельных родов растений, а групп, образующих основную массу растительности степей (Опекунова и др., 2002). Для изучения ТМ в растениях пастбищ были заложены пробные площадки (ПП) в Учалинском, Баймакском и Хайбуллинском районах БЗ. Площадь каждой из них составила 100 м². На них были проведены геоботанические описания (Braun-Blanquet, 1964; Александрова, 1969; Миркин, Наумова, 1998). ПП закладывались в среднесбитых пастбищах. Растительность пастбищ была разделена на группы следующим образом: злаки (с преобладанием ковыля волосатика *Stipa capillata* L., костреца безостого *Bromopsis inermis* L. и овсяницы ложноовечьей *Festuca pseudovina* L.), бобовые и разнотравье (Работнов, 1984).

Сведения о загрязнении ТМ очень важны при сборе лекарственных растений и возделывании их в условиях культуры для оценки качества используемого сырья. Для исследования содержания и распределения ТМ в качестве примера выбраны лекарственные растения – аборигенный девясил высокий *Inula helenium* L. и интродуцированная в регионе эхинацея пурпурная *Echinacea purpurea* (L.) Moench. (Редькина, 2007). Опыты по их выращиванию в условиях культуры осуществлялись на двух участках. Первый из них – поле с черноземом обыкновенным, подготовленное под зерновые культуры. Второй расположен на территории коллективных садов, имевших первоначально почву с близкими физико-химическими характеристиками. Растения *I. helenium* были выращены из семян местной популяции. Образцы для анализа взяты на трех «точках» размерами 1x1 м. Исходные семена *E. purpurea* получены в Средневолжской зональной опытной станции Всероссийского института лекарственных растений (Самарская область) и в Полтавской государственной аграрной академии. Для исследования взяты образцы с 15 растений местной репродукции в возрасте 5-6 лет. Определение ТМ проводилось отдельно для каждого органа: лист, соцветие, стебель, корень.

Для исследования ТМ в организме крупного рогатого скота сравнивались две группы, каждая из которых состояла из бычков двухлетнего возраста живой массой 350-400 кг, находившихся в одинаковых условиях кормления и содержания. Первая выборка («контроль») взята в хозяйстве «Матраевский», расположенном на территории Хайбуллинского района вне зоны прямого воздействия промышленных предприятий. Опытная группа принадлежала жителям п. Золото г. Сибай, находящегося около 1 км от отвалов СФ УГОК, выпас животных проводился ими в близлежащих окрестностях поселка. В ходе проведения убоя в ноябре были отобраны средние пробы крови, мышечной ткани, легких и печени (по 10 г, средняя проба из разных частей тела) для определения остаточного количества ТМ.

Содержание ТМ определялось атомно-абсорбционным методом на базе Межкафедральной лаборатории ГОУ ВПО «Уральская государственная академия ветеринарной медицины» (г. Троицк) на спектрофотометре «Сатурн-3», работающим в графитовом режиме, и на установке ААС-3 (Германия) в пламени воздух-ацетилен. Для определения в почве подвижных форм исследованных токсикантов использовались методики Самоновой и Шахпендерян (1997) и Довбыша (1999). Содержание ТМ рассчитывалось в мг/кг воздушно-сухого вещества.

Стандартные анализы различных вариационных рядов выполнены с использованием программы «STATISTICA 6.0» (StatSoft), а также MS EXCEL. Определялись средние значения различных параметров, их арифметические ошибки, пределы изменений, коэффициенты вариации, формы распределения значений признаков, статистическая достоверность различий средних показателей, проведен корреляционный анализ. Для определения географических закономерностей в распределении ТМ в БЗ использована GIS-программа автокорреляционного анализа SGS (Visual Basic V. 5.0). В качестве меры сходства особей популяции выбран индекс Морана.

ГЛАВА 3. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА

На территории БЗ выявлено наличие повышенного естественного геохимического фона по содержанию в почве меди и цинка, что объясняется (Хазиев и др., 2000) природной обогащенностью материнской породы этими элементами (табл. 1). Содержание подвижных форм меди и цинка превышает ПДК почв и геохимический фон для всех типов черноземов. По суммарному накоплению меди зональные подтипы черноземов региона образуют следующий ряд: >выщелоченные>обыкновенные>южные, по цинку - >выщелоченные>южные >обыкновенные (табл. 1). В то же время в БЗ, протянувшимся с севера на юг полосой шириной 30-60 км и длиной около 375 км, содержание ТМ варьирует слабо и статистически недостоверно. Этот результат подтвержден также с использованием автокорреляционного анализа – пространственная динамика

содержания данных токсикантов флуктуирует случайным образом и не выходит за пределы 95 %-ного доверительного интервала.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в почвах Башкирского Зауралья, мг/кг

Подтипы черноземов	Среднее содержание ТМ, мг/кг				
	Cu	Zn	Cd	Pb	Fe
Южные	*24.20±1.64 (20.0-38.25, 21.44)	*83.43±2.55 (74.75- 102.25, 9.67)	0.25±0.00 (0.25- 0.25, 0)	*9.25±0.18 (8.25-10.0, 6.24)	557.73±0.83 (552.5-561.5, 0.47)
Обыкновенные	*26.90±1.02 (22.0-31.5, 11.98)	*83.25±2.89 (70.0-95.75, 10.97)	0.25±0.00 (0.25- 0.25, 0)	*6.85±0.32 (4.75-8.0, 14.72)	717.75±30.25 (679.75- 989.75, 13.33)
Выщелоченные	*26.91±1.17 (21.75-32.5, 13.72)	*101.53±3.55 (79.5-123.0, 11.06)	0.25±0.00 (0.25- 0.25, 0)	4.80±0.19 (3.75-5.75, 12.71)	560.45±0.30 (558.5- 561.75, 0.17)
Фон для черноземов	25.00	68.00	0.24	20.00	-
ПДК	3.00	23.00	0.24	6.00	-
Кларк по Р. Бруксу (1986)	70.00	80.00	0.13	25.00	25000.00

Примечания: в скобках указаны размах варьирования, коэффициент вариации (в %);
* - превышение ПДК.

ГЛАВА 4. НАКОПЛЕНИЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ

В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА

Между основными группами пастбищных растений в целом не выявляются различия по содержанию тяжелых металлов, но имеется тенденция повышения их количества в группе разнотравья. Результаты расчета коэффициента биологического накопления ТМ показали, что разнотравье Учалинского района накапливает цинк в больших количествах по сравнению с другими группами (табл. 2). ТМ по исследуемым районам можно расположить в следующий ряд:

1. Учалинский район: *Stipa capillata*: Pb > Zn > Fe > Cu > Co; *Festuca pseudovina*: Zn > Pb > Fe > Cu > Co; *Bromopsis inermis*: Pb > Zn > Fe > Cu > Co; бобовые: Zn > Pb > Cu > Fe > Co; разнотравье: Zn > Pb > Cu > Fe > Co.

2. Баймакский район: *Stipa capillata*: Zn > Fe > Pb > Cu > Co; *Festuca pseudovina*: Zn > Pb > Fe > Cu > Co; *Bromopsis inermis*: Zn > Cu > Pb > Fe > Co; бобовые: Zn > Pb > Cu > Fe > Co; разнотравье: Zn > Pb > Fe > Cu > Co.

3. Хабуллинский район: *Stipa capillata*: Zn > Cu > Fe > Pb > Co; *Festuca pseudovina*: Zn > Fe > Cu > Pb > Co; *Bromopsis inermis*: Zn > Cu > Fe > Pb > Co; бобовые: Zn > Cu > Pb > Fe > Co; разнотравье: Zn > Cu > Pb > Fe > Co.

Содержание ТМ в растениях пастбищных сообществ практически по всему региону по результатам анализов не превышает ПДК (табл. 3), в том числе по трансекте «север-юг». Исключением являются данные по содержанию меди, цинка и кобальта в Учалинском районе для группы разнотравья. Близкий к ПДК уровень загрязненности по меди и цинку выявлен в этой группе и в Баймакском районе. В Хайбуллинском районе прослеживается тенденция к большей «экологической чистоте». Небольшим исключением является содержание цинка в *Festuca pseudovina*, близкое к ПДК.

Таблица 2

Коэффициент биологического накопления
в растениях пастбищных сообществ

Район исследований	Группы растений	Тяжелые металлы, мг/кг				
		Zn	Cu	Pb	Fe	Co
Учалинский	<i>Stipa capillata</i>	0.18	0.04	0.19	0.05	0.02
	<i>Festuca pseudovina</i>	0.19	0.03	0.06	0.06	0.01
	<i>Bromopsis inermis</i>	0.19	0.04	0.20	0.05	0.01
	Бобовые	0.18	0.04	0.17	0.02	0.02
	Разнотравье	0.28	0.12	0.15	0.04	0.02
Баймакский	<i>Stipa capillata</i>	0.20	0.04	0.05	0.05	0.01
	<i>Festuca pseudovina</i>	0.21	0.02	0.07	0.05	0.01
	<i>Bromopsis inermis</i>	0.12	0.05	0.03	0.03	0.01
	Бобовые	0.14	0.07	0.11	0.03	0.02
	Разнотравье	0.22	0.1	0.12	0.02	0.02
Хайбуллинский	<i>Stipa capillata</i>	0.21	0.05	0.02	0.05	0.01
	<i>Festuca pseudovina</i>	0.27	0.04	0.02	0.06	0.01
	<i>Bromopsis inermis</i>	0.22	0.05	0.05	0.04	0.01
	Бобовые	0.25	0.07	0.05	0.04	0.01
	Разнотравье	0.22	0.08	0.05	0.04	0.01

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в растениях пастбищных сообществ
исследованных районов Башкирского Зауралья, мг/кг

Группы растений	Район исследований			ПДК, мг/кг
	Учалинский	Баймакский	Хайбуллинский	
<i>Stipa capillata</i>	1.19±0.08	1.10±0.09	1.24±0.15	20.00
<i>Festuca pseudovina</i>	0.75±0.09	0.69±0.13	0.89±0.07	
<i>Bromopsis inermis</i>	1.29±0.10	0.97±0.19	1.28±0.08	
Бобовые	1.85±0.22	1.05±0.27	1.74±0.22	
Разнотравье	3.31±0.61	2.92±0.67	1.95±0.4	
<i>Stipa capillata</i>	18.17±0.84	18.40±1.93	15.84±0.71	50.00
<i>Festuca pseudovina</i>	19.15±1.91	19.60±2.04	20.40±.78	
<i>Bromopsis inermis</i>	18.95±.59	10.37±2.85	17.96±.72	
Бобовые	20.68±1.52	12.62±2.81	15.34±1.78	
Разнотравье	28.53±1.98	19.84±4.88	18.08±3.23	
<i>Stipa capillata</i>	31.11±2.47	31.99±3.36	31.76±1.77	50.00
<i>Festuca pseudovina</i>	32.88±4.55	31.54±2.74	32.45±1.33	
<i>Bromopsis inermis</i>	24.34±1.57	24.69±4.61	24.89±1.89	
Бобовые	18.70±1.93	18.14±3.63	16.54±3.28	
Разнотравье	20.62±3.14	23.81±2.93	23.20±4.56	
<i>Stipa capillata</i>	0.87±0.54	0.40±0.08	0.24±0.07	1.50
<i>Festuca pseudovina</i>	0.32±.08	0.49±0.21	0.23±0.04	
<i>Bromopsis inermis</i>	0.36±0.07	0.24±0.1	0.50±0.11	
Бобовые	0.81±0.18	0.83±0.1	0.51±0.06	
Разнотравье	0.68±0.12	0.87±0.18	0.45±0.08	
<i>Stipa capillata</i>	0.15±0.03	0.02±0.03	0.05±0.02	0.30
<i>Festuca pseudovina</i>	0.14±0.02	0.07±0.03	0.08±0.01	
<i>Bromopsis inermis</i>	0.10±0.01	0.18±0.05	0.18±0.02	
Бобовые	0.26±0.02	0.20±0.05	0.17±0.03	
Разнотравье	0.27±0.02	0.22±0.08	0.20±0.06	

Для исследованной группы лекарственных растений выявлены неравномерность накопления и распределения ТМ по органам. Накопление ряда элементов преимущественно в надземных частях *Inula helenium* превышает имеющиеся нормативы (табл. 4). Содержание железа в надземной части растения значительно выше ПДК.

У *Echinacea purpurea* из 9 проанализированных микроэлементов количество Fe превышает предельно допустимую концентрацию (табл. 5). Это так же, как и у *I. helenium*, отмечено в корнях: I участок – 88.88 мг/кг; II – 71.24 мг/кг. В других органах концентрация железа в 3.1-11.3 раза ниже (табл. 5). Для других элементов не отмечается направленного изменения их концентрации в надземной и подземной частях растения. Наибольшее накопление в абсолютных величинах отмечено для магния и железа.

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в надземных и подземных органах
Inula helenium L., мг/кг*

Металлы	Части растений		Кларк, мг/кг	ПДК, мг/кг
	Надземная	Подземная		
Cu	1.35±0.18 (0.41-2.4, 42.19)	2.00±0.12 (1.48-2.64, 18.86)	8.00	5.00
Zn	23.25±2.41 (13.6-35.17, 32.75)	10.00±0.56 (7.40-13.08, 17.55)	30.00	20.00
Fe	117.46±15.33 (43.24-181.31, 41.28)	45.05±4.71 (25.56-68.96, 33.04)	-	50.00
Co	1.37±0.13 (0.76-1.97, 30.33)	0.28±0.02 (0.16-0.36, 23.33)	0.05	0.02
Cd	0.43±0.05 (0.22-0.64, 33.45)	0.09±0.01 (0.04-0.12, 29.35)	0.035	-
Ni	4.83±0.56 (2.36-7.95, 36.81)	1.03±0.14 (0.24-1.76, 43.56)	2.00	0.90
Pb	0.39±0.07 (0.1-0.68, 52.63)	0.44±0.12 (0.09-1.09, 90.10)	1.25	1.50
Mn	40.22±7.31 (16.51-87.39, 57.50)	12.67±1.21 (7.86-21.08, 30.11)	205.00	20.00

Примечание: кларк растений по Добровольскому (1998); см. также примечания к табл. 1.

Содержание тяжелых металлов в наземных и подземных органах
Echinacea purpurea (L.) Moench, мг/кг

Участки	Содержание тяжелых металлов, мг/кг							
	Zn	Cu	Fe	Co	Cd	Ni	Pb	Mn
Участок I								
Лист	1.12	0.84	7.00	1.12	0.28	2.4	0.27	0.08
Соцветие	10.90	3.00	34.72	0.96	0.28	4.16	0.28	0.78
Стебель	8.10	2.24	27.28	0.88	0.24	3.52	0.48	8.00
Корень	11.20	3.72	88.88	0.68	0.20	2.72	0.40	2.64
Участок II								
Лист	2.60	2.04	7.56	0.88	0.20	2.76	0.64	-
Соцветие	7.12	2.60	17.96	0.88	0.24	2.44	0.64	0.40
Стебель	4.72	2.08	12.4	0.48	0.16	2.20	0.32	0.68
Корень	10.36	1.84	71.24	0.72	0.24	2.44	0.21	4.08
Кларк, мг/кг	30.00	8.00	-	0.05	0.035	2.00	1.25	205.00
ПДК, мг/кг	20.00	5.00	50.00	0.02	-	0.90	1.50	20.00

Примечание: кларк растений по Добровольскому (1998).

ГЛАВА 5. НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В КРОВИ И ВО ВНУТРЕННИХ ОРГАНАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ГЕОХИМИЧЕСКОГО ФОНА И В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Анализ содержания тяжелых металлов в органах, тканях и крови крупного рогатого скота выявили, что кадмий в исследованном биологическом материале не обнаруживается или имеется в незначительных количествах (легкие, почки, кровь). Различия опыта и контроля по содержанию железа статистически недостоверны. Концентрация же меди, кобальта, свинца и цинка стабильно выше в техногенных условиях во всех опытах, причем в 14 из 40 теоретически возможных случаев (35 %) - это превышение статистически достоверно, в том числе в 8 из них - на высоком ($P < 0.001$) уровне значимости (табл. 6).

ТМ практически не накапливаются во внутренних тканях и органах КРС, содержащегося вне зоны непосредственного воздействия горнодобывающих предприятий, что позволяет осуществлять здесь экологически сравнительно безопасное скотоводство.

Существенное техногенное загрязнение ТМ мясных продуктов, полученных от животных, содержащихся в прилегающей зоне промышленных комбинатов, может представлять угрозу здоровью человека при их употреблении. Наиболее опасно использование субпродуктов (почки, печень и, отчасти, легкие), которые накапливают тяжелые металлы в несколько раз больше, по сравнению с мясом. С учетом полученных данных для обеспечения экологической безопасности в регионе является чрезвычайно актуальной разработка и

использование комплекса мер по нормализации ситуации. Сюда должны быть включены как мероприятия общей направленности (вывод скотоводства за пределы зоны непосредственного воздействия горнодобывающих предприятий, контроль за уровнем промышленных выбросов, рекультивация отвалов, информационное обеспечение, медицинское обследование населения и т.д.), так и специальные ветеринарные меры.

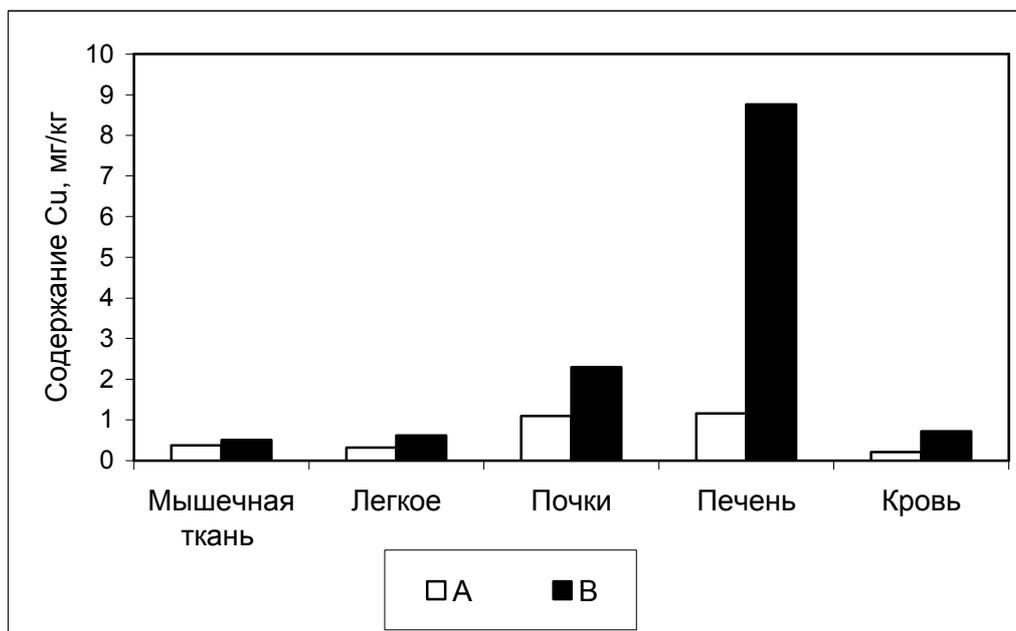


Рис. 1. Содержание меди в крови и внутренних органах крупного рогатого скота (А – естественный геохимический фон; В – зона техногенного загрязнения), мг/кг

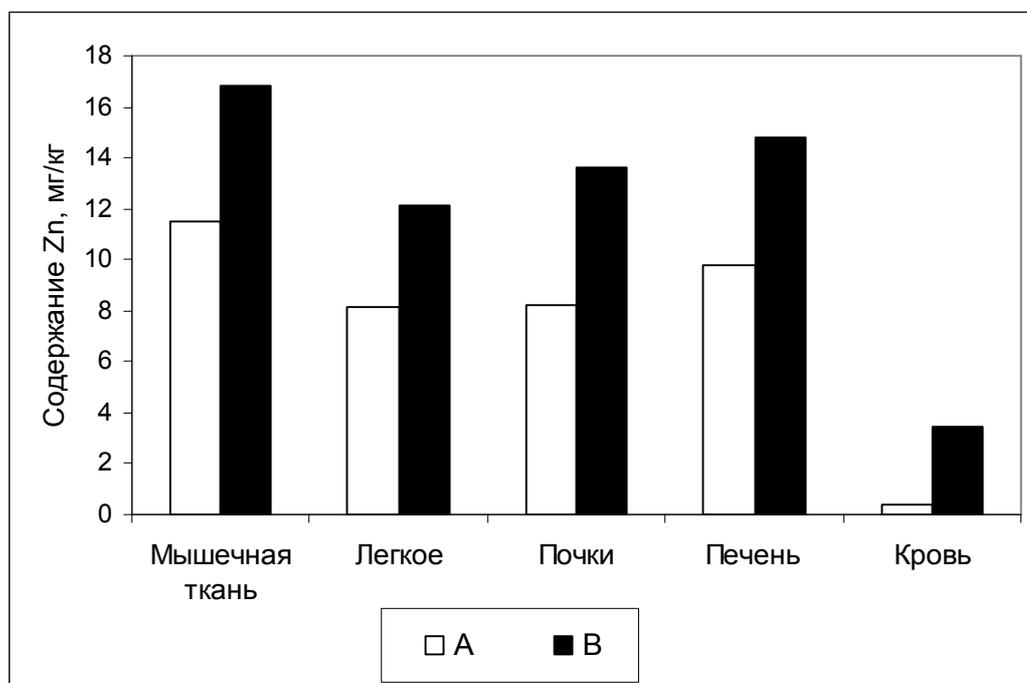


Рис. 2. Содержание цинка в крови и внутренних органах крупного рогатого скота (А – естественный геохимический фон; В – зона техногенного загрязнения), мг/кг

Таблица 6

Средние значения содержания тяжелых металлов
во внутренних органах и крови крупного рогатого скота
исследуемых районов Башкирского Зауралья, мг/кг

Ме- таллы	Органы и ткани				
	Кровь	Печень	Почки	Легкие	Мышечная ткань
Cu	0.21±0.14/ 0.72±0.04* (-)	1.16±0.34/ 8.76±0.54** (20)	1.10±0.24/ 2.30±0.14 (20)	0.32±0.20/ 0.62±0.28 (20)	0.38±0.06/ 0.51±0.01 (5)
Zn	0.41±0.15/ 3.42±0.43** (-)	9.8±0.44/ 14.83±0.55** (100)	8.18±0.24/ 13.61±0.37** (100)	8.17±0.25/ 12.10±0.40* (100)	11.53±0.15/ 16.86±0.90** (40)
Pb	0.05±0.01/ 0.06±0.01** (-)	0.05±0.01/ 0.15±0.01 (0.06)	0.04±0.02/ 0.13±0.01* (1)	0.07±0.01/ 0.14±0.02 (0.06)	0.05±0.03/ 0.10±0.02 (0.5)
Co	0.02±0.01/ 0.06±0.01 (-)	0.06±0.01/ 0.14±0.02* (-)	0.04±0.01/ 0.19±0.01** (-)	0.04±0.01/ 0.09±0.01* (-)	0.02±0.01/ 0.11±0.03 (-)

Примечание: знаками * и ** отмечены случаи статистически достоверных различий опыта (А) и контроля (В) на уровнях значимости $P < 0.05$ и $P < 0.001$, соответственно в числителе приведены величины содержания тяжелых металлов в группе контроля, в знаменателе – опыта, в скобках – значения ПДК.

ГЛАВА 6. ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ БИОЛОГИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Установлено, что почвы в условиях техногенного загрязнения стабильно выше накапливают Cu, Zn – основные тяжелые металлы горных пород БЗ и выбросов БМСК (рис. 3). При изучении растений пастбищных сообществ в условиях техногенного загрязнения использовались такие же группы растений, что и в условиях естественного геохимического фона. И в данных условиях также прослеживается более высокое накопление ТМ в группе разнотравья (рис. 4). У всех групп растений содержание тяжелых металлов превышает РКР по Cu - в 3 раза, Zn – в 1.6 раз. Растения в зоне техногенного загрязнения отличаются повышенным содержанием тяжелых металлов (рис. 5).

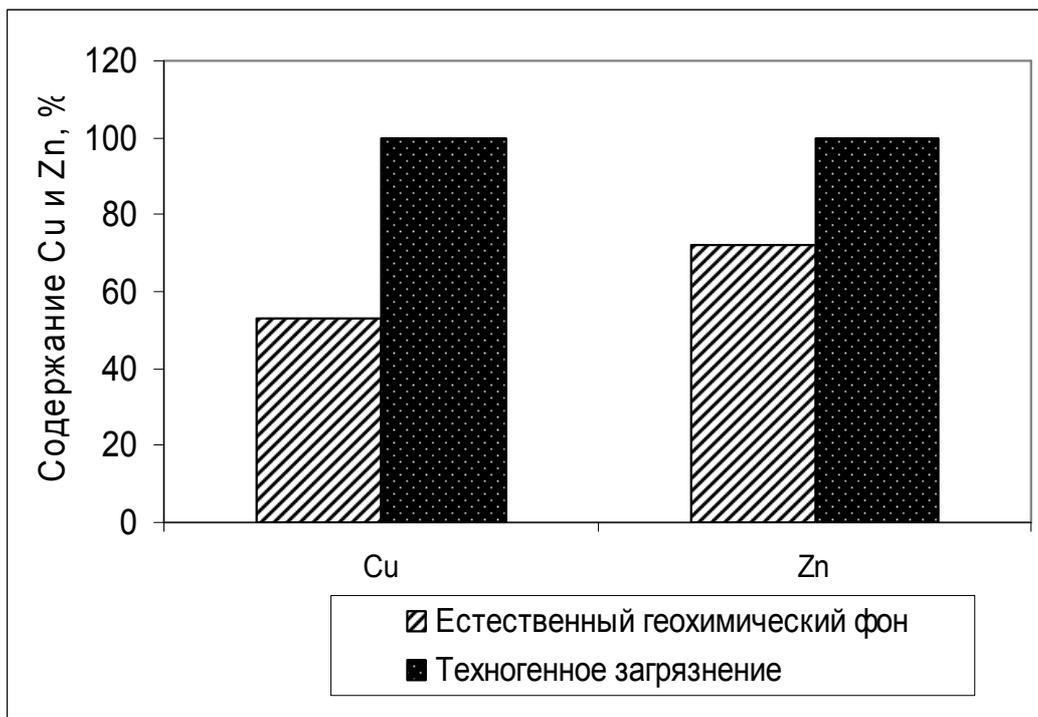


Рис. 3. Содержание меди и цинка в почвах в естественной и техногенной среде, мг/кг

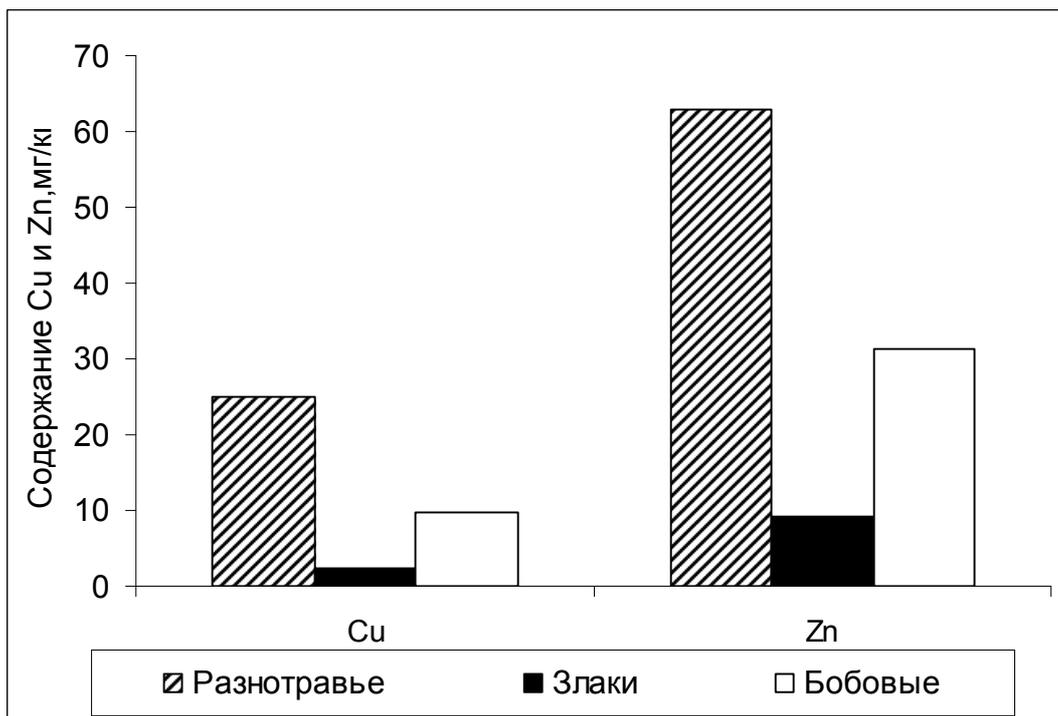


Рис. 4. Накопление тяжелых металлов в группах растений в зоне техногенного загрязнения, мг/кг

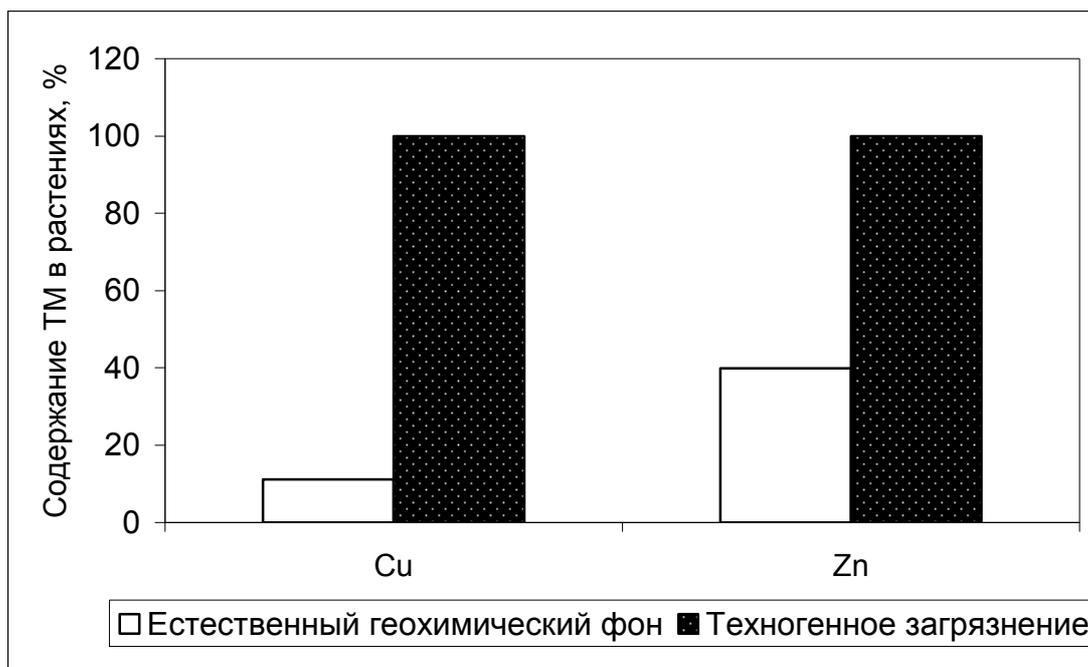


Рис. 5. Содержание меди и цинка в растениях, произрастающих в естественной и техногенной среде, мг/кг

ВЫВОДЫ

1. В зональных подтипах почв Башкирского Зауралья выявлены повышенный геохимический фон, относительно выровненный в пространстве и превышение предельно допустимых концентраций для всех типов черноземов по содержанию подвижных форм меди и цинка, что связано с естественным оруденением горных пород тяжелыми металлами.

2. В группах растений пастбищных сообществ в условиях естественного геохимического фона по всему региону содержание тяжелых металлов не превышает предельно допустимых концентраций. Исключением является группа разнотравья по содержанию меди, цинка и кобальта на севере Башкирского Зауралья. Близкий к предельно допустимой концентрации уровень загрязненности медью и цинком выявлен также южнее - в группе разнотравья на территории Баймакского района.

3. Тяжелые металлы практически не накапливаются во внутренних тканях и органах животных (крупного рогатого скота) вне зоны непосредственного воздействия горнодобывающих предприятий, что позволяет осуществлять здесь экологически сравнительно безопасное скотоводство.

4. Содержание тяжелых металлов в почвах, надземной части растений пастбищных сообществ, внутренних органах и тканях животных при техногенном загрязнении значительно превышает соответствующие показатели в условиях естественного геохимического фона.

5. Существенное техногенное загрязнение тяжелыми металлами тканей и органов КРС представляет угрозу здоровью человека при употреблении мясных продуктов животных, содержащихся в зоне прямого воздействия промышленных поллютантов.

Список работ, опубликованных по материалам диссертации

Редькина Н.Н., Ахмедова С.Р. Химический состав и фармакологические свойства эхинацеи пурпурной (обзор состояния вопроса) // Науч. доклады конф. «Неделя науки-2003» Сибайского института Башкирского государственного университета. - Ч. 1. – Сибай, 2004. – С. 24-27.

Ахмедова С.Р., Редькина Н.Н. Изменчивость содержания тяжелых металлов в лекарственных растениях в условиях естественного геохимического загрязнения Башкирского Зауралья // Науч. доклады конф. «Неделя науки-2003» Сибайского института Башкирского государственного университета. - Ч. 1. – Сибай, 2004. – С. 93-95.

Баимова С.Р., Редькина Н.Н., Лыкасова И.А. Фоновое содержание тяжелых металлов в растительности Башкирского Зауралья // Экономические и экологические проблемы горнодобывающих предприятий Башкирского Зауралья: доклады и выступления участников круглого стола (9 декабря 2006 г.). – М.: Оргсервис-2000, 2007. – С. 98-101.

Баимова С.Р., Редькина Н.Н., Лыкасова И.А. Содержание тяжелых металлов в органах животных в Башкирском Зауралье // Вестник Башкирского государственного университета. - 2007. - Т.12. - № 2. - С. 27-28 (Принято к печати до 1 января 2007 г.).

Баимова С.Р. О различиях групп растительности степей Башкирского Зауралья по накоплению тяжелых металлов // Науч. доклады конф. «Неделя науки–2006» Сибайского института Башкирского государственного университета. - Ч. 1. – Сибай, 2007. – С. 105-109.

Баимова С.Р., Редькина Н.Н. Эколого-геохимический анализ содержания тяжелых металлов в почве и растительности горнорудных районов Южного Урала // Проблемы устойчивого развития региона: Матер. IV школы-семинара молодых ученых России (4-8 июня 2007 г.). – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2007. - С. 85-87.

Баимова С.Р. Эколого-геохимическое состояние Башкирского Зауралья: тяжелые металлы в почвах // Науч. доклады конф. «Неделя науки–2007» Сибайского института Башкирского государственного университета. – Сибай, 2007. – С. 13-15.

Баимова С.Р. Пространственная однородность в Восточном Зауралье естественного геохимического загрязнения почв тяжелыми металлами // Науч. доклады конф. «Неделя науки–2007» Сибайского института Башкирского государственного университета. – Сибай, 2007. – С. 17-20.

Баимова С.Р., Редькина Н.Н. Распределение тяжелых металлов в природных экосистемах Башкирского Зауралья // Естественные и технические науки. - 2008. - № 1. – С. 133-135.

Баимова С.Р. Коэффициент биологического накопления тяжелых металлов растительностью пастбищных угодий Башкирского Зауралья // Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье: Матер. респуб. науч.-практ. конф. (25 сентября 2008 г.). В 3-х частях. - Ч. III. – Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. – С. 33-37.

Баимова Светлана Ринатовна

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-РАСТЕНИЯ-ЖИВОТНЫЕ»
В УСЛОВИЯХ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

*Лицензия на издательскую деятельность
ЛР№ 021319 от 05.01.99 г.*

Подписано в печать 05.10.2009 г.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,1.
Тираж 120 экз. Заказ №

*Редакционно-издательский центр
Башкирского государственного университета
450074, РБ, г. Уфа, ул. З. Валиди, 32.
Отпечатано на множительном участке РИЦ
Сибайского института (филиала) БашГУ
453833, РБ, г. Сибай, ул. Белова, 21. Тел. (3475) 5-15-37.*