

На правах рукописи

СЕВРЯКОВА ОЛЕСЯ АЛЕКСЕЕВНА

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ
В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТВАЛОВ КАРЬЕРОВ
МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
(НА ПРИМЕРЕ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ)**

03.02.08 - экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Уфа - 2012

Работа выполнена в лаборатории экологии и рационального использования природных ресурсов ГАНУ «Институт региональных исследований Республики Башкортостан»

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Семенова Ирина Николаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Габбасова Илюся Масгутовна

доктор биологических наук, профессор
Русанов Александр Михайлович

Ведущая организация: Институт экологии Волжского бассейна
РАН

Защита состоится «_23_» _марта_ 2012 г. в _16.00_ часов на заседании диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки 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 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биологии Уфимского научного центра РАН, с авторефератом – в сети Интернет по адресу <http://ib.anrb.ru> и на сайте ВАК Минобрнауки РФ.

Автореферат разослан «_21_» __февраля_____ 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



Р.В. Уразгильдин

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Наличие медно-колчеданных месторождений в рудных районах Башкирского Зауралья способствовало бурному развитию в регионе горнодобывающей промышленности, строительство предприятий в котором велось без должного учета экологических требований. В результате на фоновое загрязнение почв и вод тяжелыми металлами (ТМ) наложилось загрязнение этих сред техногенными эмиссиями с породных отвалов карьеров колчеданных руд. В г. Сибай Республики Башкортостан техноэпицентром является Сибайский филиал Учалинского горно-обогатительного комбината (СФ УГОК), который занимается разработкой медно-колчеданного месторождения. Ингредиенты промышленных выбросов (ТМ, соединения серы) в составе газо-пыле-дымовых выбросов распространяются на десятки километров от промышленных предприятий, входящих в структуру СФ УГОК [Ильбулова, 2009]. Длительная продолжительность работы комбината (более полувека), повышенный геохимический фон обуславливают необходимость постоянного контроля состояния прилегающих почв.

Для каждого предприятия-загрязнителя установлена санитарно-защитная зона (СЗЗ). Для отвалов и шламонакопителей при добыче цветных металлов СЗЗ представляет собой круг радиусом 500 м [СанПиН..., 2003]. Карьер, находясь в черте г. Сибай, с восточной и западной стороны граничит с жилыми поселками (п. Горный и п. Золото). При этом в СЗЗ находится около 700 жилых домов, построенных в 50-е годы 20 века, когда был образован г. Сибай [Кусябаев и др., 2011].

Некоторые проблемы химической деградации почв Зауралья Республики Башкортостан в связи с распространением и накоплением ТМ нашли отражение в ряде работ [Суюндуков, Шагиева, 2001; Опекунова и др., 2002; Кулагин, Шагиева, 2005; Ильбулова, Семенова, 2007, 2009; Хабиров и др., 2007; Янтурин, Сингизова, 2007].

Однако исследование элементного состава почв не может дать необходимой информации о влиянии неблагоприятных факторов, связанных с хозяйственной деятельностью человека, на почвы и произрастающую на них растительность. Только использование живых организмов: растений и микроорганизмов, а также показателей их активности, может дать необходимые оперативные данные о воздействии комплекса неблагоприятных факторов, которые включают в себя токсичные элементы, содержащиеся в почве.

Цель работы: дать экологическую оценку состояния почв и выращиваемой на них растениеводческой продукции вблизи объекта размещения отвалов на примере Сибайского медно-колчеданного карьера.

Задачи:

1. Изучить физико-химические свойства почв в зоне влияния отвалов и определить их потенциальную устойчивость (буферность) к загрязнению тяжелыми металлами.
2. Изучить пространственное распределение тяжелых металлов в почве в радиусе 2 км от отвалов.
3. Исследовать биологическую активность почв территорий, сопредельных с отвалами.
4. Дать сравнительную оценку экологического состояния почв в зоне влияния отвалов Сибайского карьера по химическим и биотическим показателям.
5. Определить содержание тяжелых металлов в растениеводческой продукции, выращиваемой на территории, сопредельной с отвалами карьера, на примере картофеля (*Solanum tuberosum*).

Научная новизна работы. Впервые для оценки экологического состояния объектов окружающей среды в зонах размещения отвалов Сибайского карьера Республики Башкортостан использован комплексный подход, основанный на сочетании химико-аналитических и микробиологических исследований. Определен набор структурных и

функциональных параметров почвенной микробиоты и других информативных показателей для мониторинга состояния окружающей среды вокруг отвалов карьера с использованием обобщенного индекса трансформации биологических свойств почв. Собран новый фактический материал по содержанию и распределению ТМ в почвах и впервые охарактеризовано санитарно-гигиеническое качество картофеля, выращиваемого на приусадебных участках территорий в зоне влияния отвалов Сибайского карьера.

Практическая значимость. Результаты, полученные в процессе исследования, позволяют более достоверно оценить эколого-гигиеническую обстановку в г. Сибай Республики Башкортостан и выявить на его территории локальные очаги повышенного полиметаллического загрязнения. Полученные данные могут способствовать коррекции СЗЗ карьеров, совершенствованию схемы интегральной биотической оценки качества окружающей среды в зоне деятельности горнорудных предприятий и принятию управленческих решений о необходимости проведения рекультивационных и восстановительных мероприятий. Материалы исследований могут использоваться при преподавании курсов экологии, почвоведения, экологии почв, экологии микроорганизмов в классических университетах и агроуниверситетах, при создании целевых программ по охране окружающей среды и природных ресурсов, для кадастровой оценки объектов недвижимости г. Сибай.

Личный вклад автора. Все этапы работы были проведены лично автором или при его непосредственном участии: отбор и анализ образцов почв и растительного материала, обработка полученных результатов. Доля личного участия автора в написании и подготовке публикаций пропорциональна числу соавторов.

Организация исследований. Исследования проводились в рамках выполнения ГНТП Академии наук Республики Башкортостан «Изучение литотрофной микрофлоры бассейна р. Таналык для использования в

экологических производствах горнодобывающих предприятий Зауралья Республики Башкортостан» (контракт 2/2-Б) и «Почвенные микробные сообщества как биомаркеры техногенного загрязнения».

Апробация работы. Результаты исследований были доложены на 16 научных конференциях: VI Международной научно-практической конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности» (Пенза, 2006), региональной научно-практической конференции «Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие» (Уфа, 2006 г.), VI Международной научно-практической конференции «Ресурсы недр России: экономика и геополитика, геотехнология и геоэкология, литосфера и геотехника» (Пенза, 2007), III и IV Всероссийских научно - практических конференциях «Проблемы экологии Южного Урала» (Оренбург, 2007, 2009), Республиканской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье» (Сибай, 2008), 66 научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ (Магнитогорск, 2007 г.), Международной конференции «Экологические проблемы бассейнов крупных рек – 4» (Тольятти, Россия, 8 - 12 сентября 2008 г), Международной биологической студенческой конференции (Ереван, 2–4 марта 2009 г.), Республиканской научно-практической конференции «Социально-экономические проблемы Уральского региона Республики Башкортостан» (Уфа, 2008), региональной конференции «Неделя науки – 2009» (Уфа, 2009), Всероссийской научно-практической конференции «Устойчивое развитие территорий: теория и практика». (Уфа, 2009), XVI Международном экологическом форуме «Государственная политика в сфере охраны окружающей среды», Уфа, 12-14 октября 2011 г., региональных научно-практических конференциях «Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество» (Сибай, 2009, 2011 г).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 12 статей, в т.ч. 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, выводов, списка литературы (239 наименований, в том числе 31 на иностранных языках). Работа изложена на 152 страницах текста, включает 14 таблиц, 14 рисунков.

Защищаемые положения

1. Биотические показатели, такие как ферментативная активность и численность некоторых эколого-трофических групп (аммонифицирующих и педотрофных микроорганизмов) могут быть использованы при оценке влияния ТМ на экологическое состояние почв. Используемый в работе «индекс трансформации биологических свойств почв» может быть применен для мониторинга состояния окружающей среды и коррекции границ СЗЗ Сибайского карьера.
2. Аккумуляция Си почвами не оказывает значительного влияния на накопление их в клубнях картофеля. В то же время санитарно-гигиеническое качество картофеля, выращенного на почвах с повышенным содержанием Cd, не соответствует установленным нормативам.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю к.б.н., доценту Семеновой И.Н., д.б.н., профессору Суюндукову Я.Т. за постоянное внимание и помощь на всех этапах работы, сотрудникам ГАНУ «Институт региональных исследований» и кафедрам экологии и ботаники Сибайского института (филиала) ГОУ ВПО «Башкирский государственный университет».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Тяжелые металлы в окружающей среде

Выполнен обзор отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационной работы, рассмотрены вопросы влияния техногенного загрязнения на почвенный покров. Рассмотрены источники ТМ промышленного происхождения, поглощение ТМ почвами, взаимодействие ТМ и почвенных микроорганизмов, влияние ТМ и микроэлементов на

ферментативную активность почв. Проанализирован вопрос поглощения ТМ растениями [Doelman, 1986; Алексеев, 1987; Минеев, 1988; Kloke, 1994; Звягинцев, 1998, 2001; Пронина, 2000; Ильин, Сысо, 2001; Титова и др., 2001; Орлов и др., 2002; Опекунова и др., 2002; Государственный..., 2009; Берсенева, 2010; Семенова, Зулкарнаев, 2011].

Глава 2. Эколого-географические особенности района исследования

Приведена краткая характеристика географического положения, природно-климатических условий: климата, рельефа, почвы, почвообразующих пород, растительности [Гарифуллин, 1974, Кашапов 1999; Миркин, 2004; Богомолов, 1954; Вербицкая, 1964; Тайчинов, Бульчук, 1975; Хазиев, 1982, 1985, 1995, 2007; Мукатанов, Харисов, 1996; Суюндуков, 2001; Мукатанов, 2002; Синантропная ..., 2008]. Описано состояние природных ресурсов и качество природной среды г. Сибай [Обзор состояния ..., 2010].

Глава 3. Объекты и методы исследования

Район исследования. Работа проводилась в период 2005-2011 гг. в зоне расположения Сибайского медно-колчеданного карьера, окруженного отвалами вскрышных (горных) пород, и граничащего с жилыми поселками. Преобладающие ветры северо-западного и юго-западного направлений. Пробные площадки расположены на удалении 100, 750 и 2000 м от отвалов в северном, восточном, южном и западном направлении. За условный контроль принималась пробная площадка, расположенная в 15 км южнее Сибайского карьера в зоне, не подверженной техногенному воздействию. Почвенный покров всех пробных площадок представлен черноземом обыкновенным.

Исследуемые приусадебные участки были расположены в п. Горный на расстоянии 0,1 км и в п. Золото на расстоянии 0,1 и 0,75 км от отвалов карьера. Тип почвы на исследуемых площадках - чернозём обыкновенный, среднегумусный, имеющий нейтральную реакцию среды и легкосуглинистый гранулометрический состав.

Объекты исследования – почвы, сформированные в различном направлении от Сибайского карьера на расстоянии 100, 750, 2000 м и картофель, выращенный в зоне его влияния.

Материалы и методы исследования. Почвенные образцы отбирали из слоя 0-30 см каждого участка. Отбор клубней картофеля *Solanum tuberosum*, выращенного в пос. Горный, расположенном в 0,1 км от отвалов, и в пос. Золото на расстоянии 0,1 и 0,75 км от отвалов, для исследования содержания ТМ проводили осенью 2011 г. перед уборкой урожая.

Для изучения содержания Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co, Fe в почвах использовали метод атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе Contr-AA фирмы Analytic в центральной химической лаборатории ОАО «СФ УГОК» [Методические указания..., 2006]. Подвижные формы ТМ экстрагировали аммонийно-ацетатным буфером (ААБ) с pH 4,8 (МУ 08-47/152). Минерализацию растительных проб проводили методом сухого озоления [Методические указания ..., 1992]. Содержание ТМ в клубнях картофеля определяли инверсионным вольтамперометрическим методом исследования на установке СТА (МУ 08-47/136). Для экотоксикологической оценки почв использовали предельно-допустимые концентрации (ПДК) ТМ валовых и подвижных форм [Система оценки..., 1992]. Агрохимические анализы почвы проводили следующими методами: определение общего содержания гумуса в почвах - методом Тюрина И.В., pH – потенциометрическим методом. Гранулометрический состав почв определяли пипет-методом с подготовкой почвы путем растирания с пирофосфатом натрия [Вадюнина, 1986]. Для оценки уровня химического загрязнения почв, рассчитывали коэффициент концентрации химического элемента (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c) [Сагет, 1991]. Для оценки буферности почв к ТМ использовали шкалу буферности, разработанную В.Б. Ильиным (1995).

Для изучения почвенной микробиоты использовали образцы почвы, отобранные из верхнего горизонта (A_1) с глубины 0-30 см в вегетационный

период в трехкратной повторности. Выделение микроорганизмов из почв осуществляли методом посева почвенной суспензии на селективные среды: аммонификаторы – на мясо-пептонный агар (МПА), микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, - на крахмало-аммиачный агар (КАА), педотрофные микроорганизмы – на почвенный агар (ПА), грибы – на агар Чапека [Звягинцев, 1993]. Коэффициент минерализации определяли как отношение численности микроорганизмов, выросших на крахмало-аммиачном агаре к численности микроорганизмов, выросших на мясо-пептонном агаре (КАА : МПА); коэффициент педотрофности - как отношение численности микроорганизмов, выросших на почвенном агаре, к численности микроорганизмов, выросших на мясо-пептонном агаре (ПА : МПА) [Енкина, Коробский, 1999]. Для характеристики сукцессии применили в совокупности метод посева на МПА и микроскопический метод прямого счета и вычислили коэффициент сукцессии по формуле: $K=M/P$, где М – численность бактерий, учитываемых прямым методом микроскопии; П – бактерии, учтенные на МПА [Звягинцев, 1976].

Ферментативную активность определяли по методам, описанным Ф.Х. Хазиевым (2005). Целлюлозоразлагающую активность почв определяли с помощью метода аппликаций. Протеазную активность определяли методом Ф.Х. Хазиева и Я.М. Агафаровой (1975). Уреазная активность определялась по методу Т.А.Щербаковой (1983). Каталазная активность определялась методом Р.С. Кацнельсона и В.В. Ершова (1958).

Для обобщения полученных данных сделан расчет индекса трансформации биологических свойств почв ($I_{ТБ}$), характеризующий степень разнонаправленных отклонений совокупности биотических показателей исследуемых проб от фоновых значений по формуле:

$$I_{ТБ} = \frac{\sum_{i=1}^k \left| 1 - \frac{C}{C_{фон}} \right|}{n},$$

где С – абсолютное значение показателя, Сфон – фоновая величина [Попутникова, 2010].

Полученные данные обрабатывались общепринятыми статистическими методами с применением программ Excel 7.0, и Statistica for Windows (версия 6.0).

Глава 4. Оценка буферной способности почв по отношению к тяжелым металлам

Почвенный покров в зоне влияния отвалов представлен в основном черноземом обыкновенным. Почвы, находящиеся в южном направлении от отвалов Сибайского карьера, характеризовались слабокислой реакцией почвенного раствора (рН 5,0-5,4). Почвы северного направления характеризовались более высоким значением рН (от 5,8 до 7,2). Реакция контрольной почвы была близка к нейтральной (рН 6,7) (табл. 1).

Содержание гумуса варьировало от 4,8 до 11,3% и в среднем составляло 7,3%. Содержание физической глины варьировало в пределах 11,5-42% (в контроле - 30,6%).

На основании установленных данных о содержании гумуса, физической глины и рН, используя шкалу буферности, разработанную В.Б.Ильиным (1995), были рассчитаны показатели буферной способности исследуемых почв по отношению к ТМ, среднее значение которых составило 22 балла, что близко к контролю (24 балла) (табл.1).

Таблица 1.

Буферная способность почв в окрестностях отвалов Сибайского карьера

Направление	Расстояние (м)	Компоненты почв, определяющие ее буферность (баллы буферности)			Сумма баллов	Степень буферности
		рН (KCl)	Гумус, %	Физ. глина, %		
Север	100	5,8±0,6 (5)	6,3±2,3 (6,5)	30,6±1,7 (10)	21,5	Средняя
	750	7,0±0,5 (10)	4,8±2,2 (5)	11,5±3,1 (5)	20,0	Низкая
	2000	7,2±0,3 (12,5)	5,8±1,3 (5)	42,0±1,6 (10)	27,5	Средняя

	Окончание табл.1					
	1	2	3	4	5	6
Запад	100	5,6±0,4 (5)	8,3±0,2 (8)	15,3±1,8 (5)	18,0	Низкая
	750	6,7±0,3 (10)	11,3±2,7 (9)	26,7±1,4 (10)	29,0	Средняя
	2000	5,6±0,4 (5)	6,2±1,1 (6,5)	17,2±1,5 (5)	16,5	Низкая
Юг	100	5,4±0,3 (2,5)	8,3±1,2 (8)	32,5±1,9 (10)	20,5	Низкая
	750	5,5±0,4 (2,5)	7,1±0,7 (6,5)	19,1±1,8 (5)	14,0	Низкая
	2000	5±0,6 (2,5)	6,7±0,5 (6,5)	11,5±1,2 (5)	14,0	Низкая
Восток	100	7,1±0,6 (12,5)	6,8±0,7 (6,5)	11,5±2,3 (5)	24,0	Средняя
	750	7±0,8 (10)	7,9±2,0 (6,5)	36,3±1,2 (10)	26,5	Средняя
	2000	7,1±0,4 (12,5)	8,9±0,2 (9)	22,9±2,1 (10)	31,5	Повышенная
Контроль		6,7±0,3 (6,5)	8,0±0,2 (7,5)	30,6±1,2 (10)	24	Средняя

Примечание: в скобках указано количество баллов, полученных при определении буферной способности почвы по отношению к ТМ [Ильин, 1995].

Таким образом, проведенные исследования показали, что почвы, прилегающие к отвалам Сибайского карьера, обладают значительными возможностями по инактивации поступающих ТМ. Однако, буферная способность почв по отношению к ТМ не безгранична. Так, проведенные нами в 2009 г. исследования почв, прилегающих к отвалам отработанного месторождения Куль-Юрт-Тау, выявили их низкую буферность к загрязнению ТМ, в среднем, равную 14 баллам. Следовательно, даже при сравнительно невысоком уровне загрязнения ($Z_c > 4-7$ баллов) почвенный покров прилегающей к месторождению местности подвержен таким серьезным экологическим последствиям, как полная деградация, что и было показано в работе З.Ш. Сабитовой (2010).

Максимальное превышение ПДК по валовому содержанию Си, равное 30,2 раза, было выявлено в почвах северного направления. Превышение ПДК

по Zn отмечено во всех пробных площадках. Максимальный уровень Pb, равный 2,5 ПДК, выявлен на расстоянии 0,1 км в северном направлении от отвалов карьера. Превышение ПДК по валовому содержанию Cd было отмечено во всех направлениях, кроме восточного. В то же время не было отмечено превышения ПДК по содержанию Ni и Co. Валовое содержание Fe превышало кларк в почвах северного направления. Из подвижных форм превышение ПДК было по содержанию Cu и Zn (рис.1.).

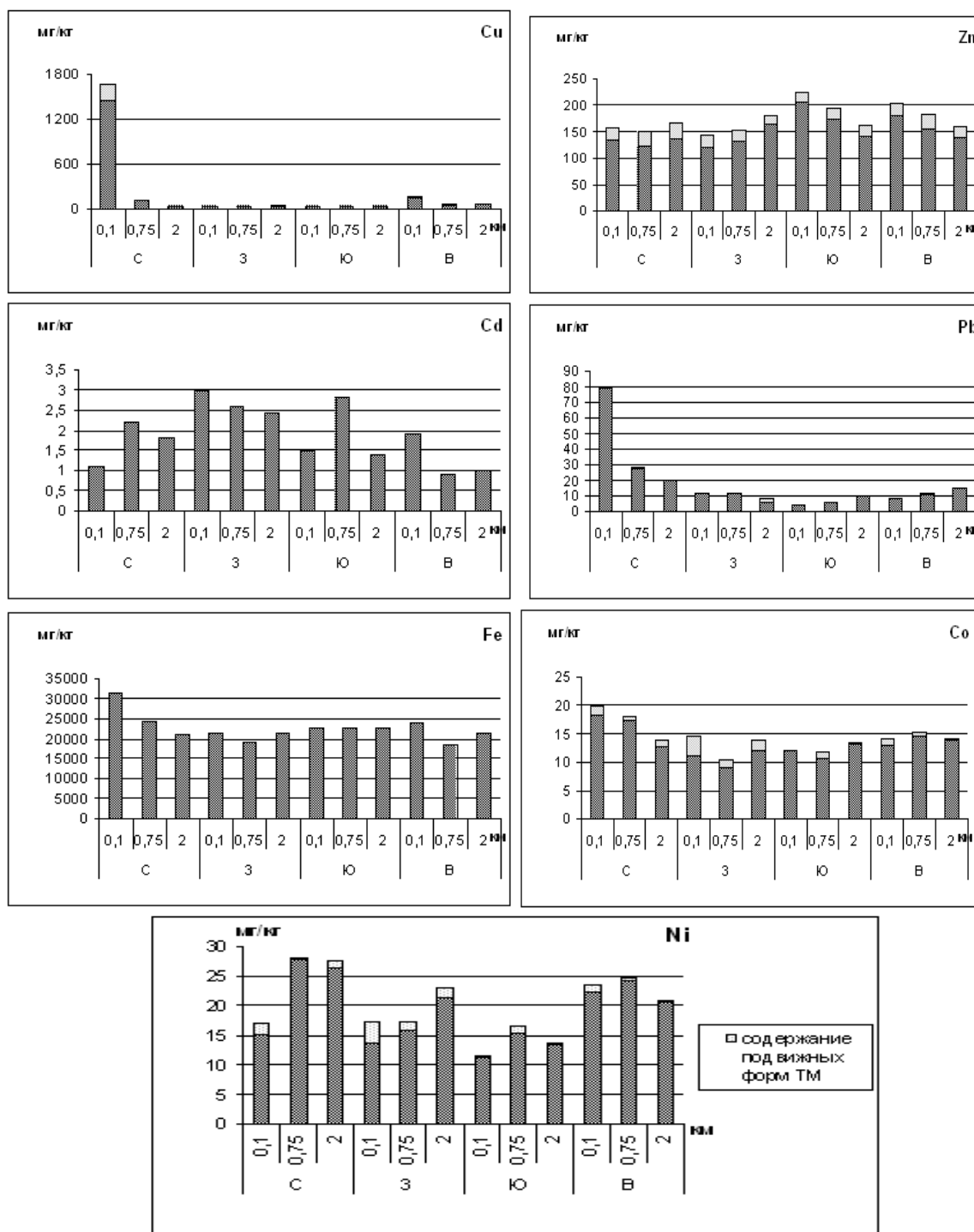


Рис. 1. Валовое содержание ТМ в почвах в зоне отвалов Сибайского карьера

Оценка степени загрязненности почв в зоне влияния отвалов Сибайского карьера по показателю Саэга Z_c позволила отнести территории, расположенные в радиусе 2 км от источника загрязнения, за исключением пробных площадок западного и восточного направления на расстоянии 2 км, к чрезвычайно, высоко- и умеренно опасной категориям загрязнения.

Возрастание буферной способности почв по отношению к ТМ способствовало снижению содержания их подвижных форм. При превышении средней величины буферности, равной 22 баллам, содержание в почве подвижных форм ТМ снижалось: Cd – в 6,0, Cu – в 3,9, Pb – в 1,7, Fe – в 1,7, Co – в 1,8, Ni – в 1,3 раза, Zn – на 4,2% (рис.2.).

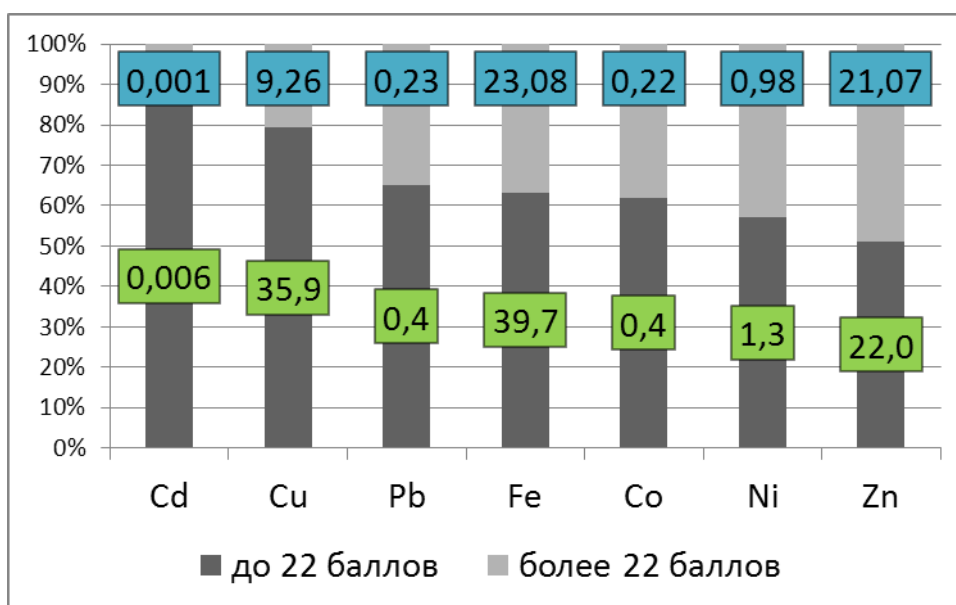


Рис.2. Содержание подвижных форм металлов в зависимости от буферной устойчивости почв по отношению к ТМ (указано цифрами в мг/кг).

Глава 5. Биологическая активность исследуемых почв

Изучение зависимости ферментативной активности изученных почв от суммарного показателя загрязнения Z_c показало, что при возрастании загрязнения почв ТМ наблюдается ингибирование **целлюлозолитической активности** (рис. 3). Самые высокие значения этого показателя наблюдались на участке в 100 м к югу, а самые низкие - на участке, расположенном в 2 км к северу от отвалов. По мере удаления от отвалов в восточном и западном

направлении наблюдалось достоверное увеличение активности этого фермента.

Самые низкие значения показателя **уреазной активности** почвы (0,25 ед.) наблюдались в почвах на расстоянии 100 м в северном, западном и южном направлении от отвалов. Достоверное увеличение активности по мере удаления от отвалов карьера наблюдали в северном и южном направлении. При повышении степени загрязнения почв ТМ урезная активность снижалась.

Выраженного изменения активности протеазы по мере удаления от отвалов не было обнаружено. Более того, наблюдалось увеличение **протеазной активности** в почвах умеренно-опасной и высоко опасной категорий загрязнения. Только в случае чрезвычайно опасной категории загрязнения почв ТМ активность фермента существенно снижалась.

Зависимость **каталазной активности** от суммарного показателя загрязнения Z_c характеризовалось повышением этого показателя при Z_c от 16 до 32 и от 32 до 128. При более высоком значении Z_c (>128) происходило значительное снижение ферментативной активности.

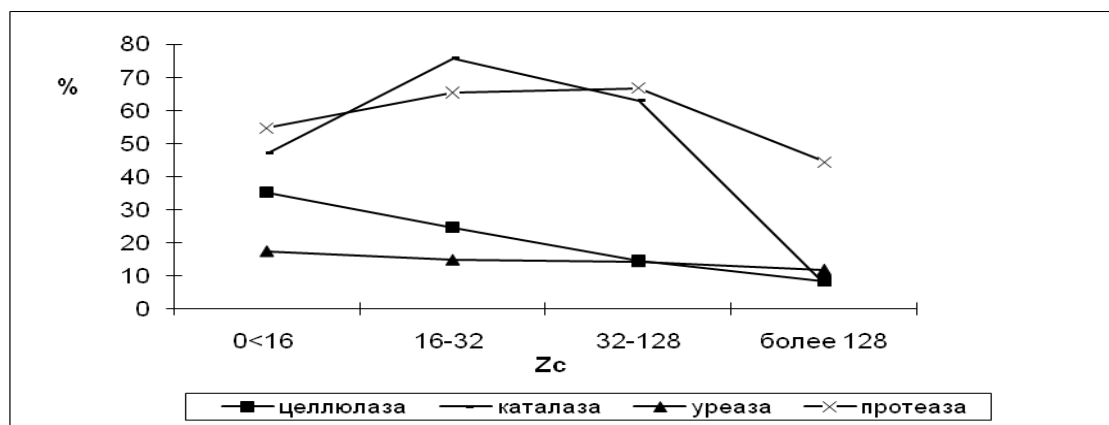


Рис. 3. Ферментативная активность почв, прилегающих к отвалам Сибайского карьера, в градиенте загрязнения тяжелыми металлами.

Структура микробных сообществ в почвах, прилегающих к отвалам. В изученных почвах доминировали аммонифицирующие микроорганизмы. Их численность в среднем, составляла $11,2 \cdot 10^5$ КОЕ/г почвы, что было в 1,5 раза ниже по сравнению с контролем. Численность

микроорганизмов, выращенных на КАА, в среднем, составляла $3,6 \cdot 10^5$ КОЕ/г почвы (в 2,8 раз ниже контроля). Средняя численность почвенных грибов составила $5,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г (в 1,6 раза ниже контроля). В то же время количество педотрофов, в среднем, превышало контрольное значение в 6,2 раза.

На рисунке 4 показано изменение численности некоторых эколого-трофических групп микробных сообществ в почвах при различных уровнях загрязнения ТМ. С увеличением концентраций ТМ в почве снижалась численность аммонификаторов и грибов. Менее чувствительными к загрязнению почвы ТМ были микроорганизмы, использующие минеральные формы азота, количество которых было максимальным при Z_c от 32 до 128. Численность педотрофных микроорганизмов возрастала с увеличением концентрации ТМ в почве.

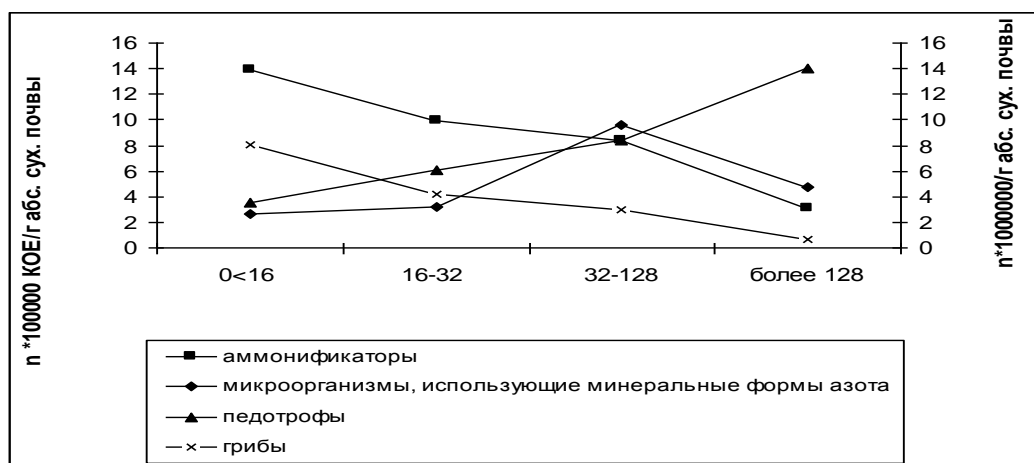


Рис. 4. Изменение численности эколого-трофических групп почвенных микробных сообществ в градиенте загрязнения ТМ

Используя полученные данные о численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп, были рассчитаны так называемые коэффициенты минерализации, педотрофности и сукцессии. Прослеживается тенденция возрастания данных показателей в градиенте загрязнения почв ТМ в соответствии со следующими уравнениями регрессии:

$$\text{Коэффициент минерализации } K_m = 1118 - 22x + 0,1x^2$$

$$\text{Коэффициент педотрофности } K_p = 8705 - 171x + 0,8x^2$$

$$\text{Коэффициент сукцессии } K_c = 1535600 - 30199x + 149x^2$$

Таким образом, экологическое состояние почв, в разной степени загрязненных ТМ, адекватно описывается указанными коэффициентами, что позволяет использовать их в биодиагностике.

Сравнительная оценка экологического состояния почв в зоне влияния отвалов Сибайского карьера по химическим и биотическим показателям. Оценка экологического состояния почв в зоне воздействия предприятия-загрязнителя требует комплексного подхода, основанного на учете данных не только химического, но и биологического анализа [Яковлев и др., 2009]. Биологические методы, примененные в данной работе, диагностируют влияние отвалов карьера на неодинаковых расстояниях. Отклонения значений разных микробных характеристик от показателей, свойственных фоновому (условно ненарушенному) образцу существенно различались.

На рисунке 5 представлены итоговые значения $I_{ТБ}$ для исследуемых почв в зависимости от удаления от отвалов Сибайского карьера в различных направлениях (А) и по градиенту загрязнения ТМ (Б).

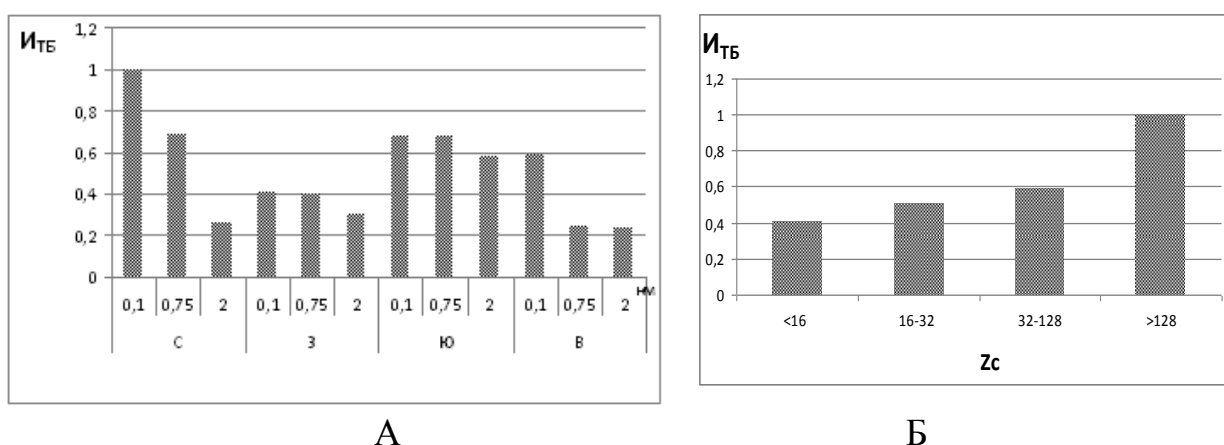


Рис. 5. Индекс трансформации биологических свойств почв ($I_{ТБ}$) (А – в зависимости от удаления от отвалов, Б - в градиенте загрязнения тяжёлыми металлами)

По мере удаления от отвалов на расстоянии от 100 до 2000 м прослеживается тенденция приближения $I_{ТБ}$ к фоновому значению, которое, однако, не достигается даже на расстоянии 2000 м ($I_{ТБ} > 0$). Отчетливо видно повышение этого показателя с возрастанием степени загрязнения почв.

Для определения значения экологической нормы изучаемых почв необходимо определить некоторое пороговое отличие суммарного биологического показателя от фона. В соответствии с российским опытом экологического нормирования, общий принцип определения допустимых значений качества почв для всего набора земель различного хозяйственного назначения заключается в определении способности почвы к самовосстановлению, которая сохраняется до утраты не более 30% биологического потенциала почв. На этом уровне наблюдается порог устойчивости почвенной экосистемы к антропогенному воздействию и предел удержания почвами токсикантов в границах загрязненного участка, соответственно не наблюдается массиванный их вынос в сопредельные среды [Яковлев, 2008]. Поэтому 30%-ная потеря естественного (биологического) состояния почвы, рассчитанная по суммарному индексу трансформации биологических свойств, может быть принята за пороговое значение ее экологического качества [Попутникова, 2010].

Значения суммарного показателя загрязнения почв Z_c на удалении 100 м на запад и восток от отвалов свидетельствуют об умеренно опасном уровнях загрязнения ($Z_c=17,4-21,3$), на расстоянии же 750 м уровень загрязнения является допустимым. В то же время биологическими методами более чем 30%-ное отличие от фона по индексу трансформации $I_{ТБ}$ отмечается на расстоянии до 750 м восточного направления, до 2000 м северного, западного и восточного направлений и более 2000 м южного направления от отвалов. Следовательно, реальное воздействие предприятия на окружающую среду не всегда совпадает с СЗЗ, зачастую выходя за ее пределы по направлениям миграции загрязнителей, что и показано в данной работе. Предлагается дополнить существующую СЗЗ экологической

буферной зоной, определение границ которой основывается на данных химических и биологических анализов почв и других компонентов окружающей среды и показывает достоверное отклонение от фоновых значений.

Таким образом, гигиеническое зонирование, основанное преимущественно на нормировании качества атмосферного воздуха, может быть дополнено экологическим зонированием, учитывающим экологические нормы состояния почв и других компонентов окружающей среды.

Глава 6. Эколого-токсикологическая оценка качества картофеля, выращиваемого на территориях, сопредельных с отвалами

Результаты исследований содержания ТМ в почвах приусадебных участков, находящихся в зоне воздействия отвалов, и выращиваемой на них растениеводческой продукции представлены в табл. 2.

Валовое содержание Си в исследуемых образцах почв не превышало ПДК. В то же время отмечено повышенное содержание подвижных форм металла: от 4,3 до 8,5 мг/кг при 3,0 мг/кг в почве условного контроля. Эти показатели превышали ПДК подвижных форм Си в почве (3 мг/кг) при лимитирующем транслокационном показателе вредности (3,5 мг/кг). Следовательно, такая почва относится к высоко опасной категории загрязненности и может быть использована только под технические культуры или полностью исключена из сельскохозяйственного использования [Методические указания..., 1993]. Уровень содержания Zn и Pb в почвах не превышал ПДК. Исследуемые почвы характеризовались повышенным уровнем валового содержания Cd, в 2,5-2,8 раз превышающего фоновые значения. В пос. Золото на участке, находящемся в 0,75 км от отвалов, выявлено превышение ОДК для валового содержания Cd. Во всех изученных образцах почвы было отмечено также превышение ОДК для подвижных форм (0,2 мг/кг). В почве контрольного участка содержание Cd находилось в пределах нормативных значений.

В условиях техногенного загрязнения почв ТМ идет накопление их в растениеводческой продукции, что подтверждено исследованиями клубней картофеля. Относительно высокое содержание Cd (0,15 мг/кг), в 7,5 раз превышающее соответствующий показатель для контрольного участка, отмечено в клубнях картофеля, отобранных в пос. Золото на расстоянии 0,75 м от отвалов (табл.2).

Таблица 2.

Среднее содержание тяжелых металлов в почвах и картофеле на приусадебных участках, находящихся в зоне влияния Сибайского карьера (мг/кг)

Участок, расстояние от отвалов	Cu		Zn		Pb		Cd	
	почва	карто фель	почва	карто фель	почва	карто фель	почва	карто фель
п. Горный, 0,1км	<u>32,8</u> 8,5	1,1	<u>39,1</u> 3,5	3,7	<u>8,6</u> 0,2	0,04	<u>1,9</u> 0,3	0,04
п. Золото, 0,1км	<u>43,4</u> 9,2	1,0	<u>30,0</u> 4,4	2,9	<u>20,6</u> 0,4	0,05	<u>1,4</u> 0,3	0,02
п. Золото, 0,75км	<u>33,4</u> 4,3	0,1	<u>30,3</u> 3,9	0,5	<u>11,3</u> н.о	0,01	<u>2,2</u> 0,3	0,15
контроль, 15км	<u>17,6</u> 3,0	0,1	<u>31,7</u> 1,1	0,1	<u>21,6</u> 0,8	0,01	<u>0,2</u> 0,1	0,02
ПДК (ОДК для Cd)*	<u>55</u> 3	10	<u>100</u> 23	10	<u>30</u> 6,0	0,5	<u>2</u> 0,2	0,03

Примечание: в числителе - валовое содержание, в знаменателе – подвижные формы; жирным шрифтом выделены показатели, превышающие ПДК

Выводы

1. Черноземы обыкновенные, расположенные на территории, сопредельной с отвалами Сибайского медно-колчеданного карьера, обладают, в целом, средней степенью потенциальной устойчивости (буферности) по отношению к загрязнению ТМ (средний показатель составил 22 балла по шкале В.Б.Ильина). Возрастание буферной способности почв по отношению к ТМ способствовало снижению содержания их подвижных форм: при превышении степени буферности, соответствующей 22 баллам,

содержание подвижных форм ТМ снижалось (Cd – в 6,0, Cu – в 3,9, Pb – в 1,7, Fe – в 1,7, Co – в 1,8, Ni - в 1,3 раза, Zn – на 4,2%).

2. Оценка степени загрязненности почв ТМ позволила отнести территории, расположенные в радиусе 2 км от отвалов карьера, к чрезвычайно, высоко- и умеренно опасной категориям загрязнения (суммарный показатель загрязнения Z_c варьировал от 19,6 до 170,8). Исключение составили почвы пробных площадок южного направления, находящихся на расстоянии 750 м, западного и восточного направления, расположенных на расстоянии 2 км от отвалов, уровень загрязнения которых соответствовал допустимой категории (Z_c равен 11,5, 15,3 и 12,7, соответственно). Наиболее загрязненными являлись почвы, расположенные в северном направлении от отвалов.

3. Результаты изучения биологической активности почв в зоне воздействия отвалов, свидетельствуют о различиях в чувствительности ферментов к загрязнению почв ТМ: активность целлюлазы и уреазы снижается, а протеазы и каталазы повышается, но только до значений суммарного показателя загрязнения, равного 128, при более высоком уровне активность этих ферментов подавляется.

4. Воздействие отвалов на структурно-функциональные особенности микробиоты отражается в изменении численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп: при повышении степени загрязнения почв ТМ численность аммонификаторов и микромицетов снижается с одновременным увеличением численности педотрофной микрофлоры. Максимальная численность микроорганизмов, использующих минеральные формы азота, отмечена в почвах, относящихся к высоко-опасной категории загрязнения. Установлена регрессионная зависимость коэффициентов минерализации, педотрофности и сукцессии почвенных микробных сообществ от величины суммарного показателя загрязнения почв Z_c .

5. Показатели биологической активности почв территорий, отнесенных по суммарному показателю загрязнения Z_c к допустимой категории, не

достигали уровня фона и в ряде случаев превышали 30%-ное отклонение от фоновых значений.

б. В радиусе 2 км от отвалов содержание Cu, Zn и Pb в картофеле находилось в пределах действующих эколого-гигиенических нормативов, в то время как в картофеле, выращенном на приусадебных участках, расположенных на расстоянии 750 м к западу от отвалов, концентрация Cd превышала уровень ПДК.

Список публикаций

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. **Таипова О.А.**, Бактыбаева З.Б., Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв, прилегающих к месторождению Куль-Юрт-Тау // Вестник ОГУ, №6, 2009. с 622-625.
2. **Таипова О.А.**, Семенова И.Н. Эколого-токсикологическая оценка качества картофеля, выращиваемого на территориях, сопредельных с отвалами карьеров // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/101-5399>.

Статьи в других изданиях:

3. Ильбулова Г. Р. **Севрякова О.А.**, Биологическая активность почвы в условиях техногенного загрязнения // Охрана и рациональное использование природных ресурсов в Башкирском Зауралье. Уфа: РИО БашГУ, 2006. С. 40 – 41.
4. Ильбулова Г.Р., **Севрякова О.А.**, Семенова И.Н. Влияние деятельности горно-обогатительных фабрик Башкирского Зауралья на биологическую активность почв // 66 научно-техническая конференция: Сб. докл.- Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. Т.1. – С. 128-133.
5. Ильбулова Г.Р., **Севрякова О.А.**, Семенова И. Н. Изменение численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов при различных концентрациях меди и цинка в черноземе обыкновенном // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Проблемы и перспективы конкурентоспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье». Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. С. 151 – 154.
6. **Таипова О.А.**, Семенова И.Н. Изучение биологической активности почв в окрестностях карьера Куль-Юрт-Тау // Башкирский экологический вестник, 2009, №2, с. 15-19.

7. **Таипова О.А.**, Мусыргалина Л.Р., Семенова И.Н., Биологическая активность почвы в условиях загрязнения тяжелыми металлами // Устойчивое развитие территорий: теория и практика. Уфа, 2009, С 227-231.
8. **Таипова О.А.**, Кутлююлова А.З., Семенова И.Н., Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество. Сибай, 2009. С 325-330.
9. **Таипова О.А.**, Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т. Изучение распределения некоторых валовых и подвижных форм ТМ в почвах, прилегающих к отвалам Сибайского карьера // Государственная политика в сфере охраны окружающей среды. Уфа, 2011, С 37-38
10. **Таипова О.А.**, Гришаев К.В., Семенова И.Н., Интегральный показатель биологического состояния почв в условиях техногенного загрязнения // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество. Сибай, 2011, С 352-354.
11. **Таипова О.А.**, Гришаев К.В., Семенова И.Н., Потенциальная устойчивость (буферность) почв, прилегающих к отвалам Сибайского карьера, по отношению к тяжелым металлам // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество. Сибай, 2011, С 355-356.
12. **Таипова О.А.**, Семенова И.Н., Закономерности пространственного распределения, численности и структуры почвенных микробных сообществ // Уральский регион Республики Башкортостан: человек, природа, общество. Сибай, 2011, С 357-359.