

На правах рукописи

Ильбулова Гульназ Ражаповна

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЗАУРАЛЬЯ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН В УСЛОВИЯХ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ
ГОРНОРУДНОГО КОМПЛЕКСА**

Специальность 03.00.16 – Экология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Уфа 2009

Работа выполнена в лаборатории «Экологии и рационального использования природных ресурсов» Сибайского филиала Академии наук РБ и на кафедре экологии Сибайского института (филиала) ГОУ «Башкирский государственный университет»

Научный руководитель: кандидат биологических наук, доцент
Семенова Ирина Николаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Габбасова Илюся Мазгутовна

доктор биологических наук, профессор
Русанов Александр Михайлович

Ведущая организация: Институт экологии Волжского бассейна
РАН

Защита состоится «18» сентября 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(3472) 35-53-62. E-mail: ib@anrb.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии научного центра РАН

Текст автореферата размещен на сайте ИБ УНЦ РАН

<http://www.anrb.ru/inbio/dissovet/index.htm> «__» _____ 2009 г.

Автореферат разослан «__» _____ 2009 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент

Р.В.Уразгильдин



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Загрязнение почв тяжелыми металлами (ТМ) является одной из острых экологических проблем современного общества. Накапливаясь в почвах в больших количествах, ТМ способны изменять ее свойства и, в первую очередь, биологические (Звягинцев, 1989; Никитина, 1991; Евдокимова, 1982, 1995; Евдокимова и др., 1984; Колесников и др., 2000; Марфенина, Беспалова, 2004; Беспалова и др., 2006). Высокая чувствительность различных составляющих биологической активности позволяет проводить раннюю диагностику любых негативных и позитивных изменений в почвах и использовать их в качестве параметров биомониторинга (Хазиев, 1982; Киреева и др., 2000).

Характеристики, используемые для выявления степени загрязненности почв, могут в значительной мере коррелировать с концентрацией загрязнителей или другими оцениваемыми факторами, однако для всесторонней достоверной оценки экологического состояния почв необходимо использовать интегральные показатели (Девятова, 2005; Кабиров, 2009). Одним из методов такой оценки является метод мультисубстратного тестирования (МСТ), имеющий высокую чувствительность, хорошую воспроизводимость при исследовании большого числа образцов и возможность строгого математического сравнения его с данными других методов изучения микробных сообществ (Горленко, Кожевин, 1994; Горленко, 1995; Семионова и др., 2002; Сазанов и др., 2004; Горленко, Кожевин, 2005).

Наличие в Башкирском Зауралье (БЗ) медноколчеданных месторождений и связанное с этим развитие горнодобывающей промышленности привело к техногенному загрязнению почв ТМ (Клысов, 2000; Шагиева, 2001; Шагиева, Суюндуков, 2001; Опекунова и др., 2002; Старова, 2003; Янтурин, 2004; Асылбаев, 2004; Кулагин, Шагиева, 2005; Белан, 2003, 2005, 2006; Хабиров и др., 2007; Сингизова, 2009). Вместе с тем исследование биологической активности почв БЗ в условиях техногенного загрязнения проведено недостаточно. В связи с этим, изучение показателей биологической активности

почв для оценки степени их загрязненности при помощи различных методов, является особенно актуальным.

Цель исследований - изучить биологическую активность почв Башкирского Зауралья, находящихся в условиях техногенного воздействия предприятий горнорудного комплекса.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **задачи**:

1. Выявить степень загрязненности почв г.г. Учалы, Сибай и пос. Бурибай, находящихся в зоне техногенного воздействия горнорудных комплексов, медью, цинком и железом.
2. Изучить пространственную изменчивость ферментативной активности почв в зависимости от направления преобладающих ветров и расстояния от источника загрязнения (ИЗ).
3. Исследовать зависимость численности целлюлозолитических микроорганизмов от уровня загрязнения почв ТМ.
4. Определить функциональное разнообразие микробных сообществ в почвах.
5. Провести сравнительный анализ эколого-биологического состояния исследуемых почв на основе интегральных показателей биологической активности.

Научная новизна работы. Впервые в условиях БЗ проведен комплексный анализ биологической активности и функционального состояния микробных сообществ почв, загрязненных ТМ. Для объективной оценки экологического состояния почв предложено использование интегральных показателей, полученных различными методами.

Положения, выносимые на защиту:

1. Почвы, расположенные в радиусе 5 км от предприятий горнорудного комплекса БЗ, загрязнены медью, цинком и железом и относятся к категории высоко-опасного и умеренно опасного загрязнения.
2. Биологическая активность зависит от содержания ТМ в почвах и от количества осадков за вегетационный период.

3. Загрязнение почв ТМ отрицательно влияет на функциональную активность микробных сообществ.

4. Результаты метода МСТ согласуются с данными, полученными традиционными методами изучения биологической активности почв, что позволяет использовать его в качестве экспресс-метода для оценки их экологического состояния.

Практическая значимость работы. Полученные данные позволяют дать оценку эколого-биологического состояния почв, подверженных техногенному воздействию горнорудных комплексов БЗ. Результаты могут быть использованы при отведении земель для сельхозугодий в землеустройстве, для разработки природоохранных мероприятий, рекомендаций по очищению промышленных площадок и др. Материалы исследований используются при проведении больших практикумов и дисциплин специализации на кафедре экологии Сибайского института (филиала) Башкирского государственного университета (СИ БГУ).

Организация исследований. Исследования проводились в рамках плана научно-исследовательской работы лаборатории «Экологии и рационального использования природных ресурсов» Сибайского филиала Академии наук РБ и плана научно-исследовательской работы кафедры экологии СИ БашГУ.

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на II Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы геоэкологии Южного Урала» (Оренбург, 2005); на Всероссийской научно-практической конференции «Уралэкология. Природные ресурсы - 2005» (Уфа – Москва, 2005); на 10-ой Пущинской школе-конференции «Биология - наука XXI века» (Пущино, 2006); на I Всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые в реализации приоритетного проекта «Развитие АПК»» (Уфа, 2006); на региональной научно-практической конференции «Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие» (Уфа, 2006); на III Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экологии Южного Урала» (Оренбург, 2007); на IV международной конференции

«Биоразнообразии и биоресурсы Урала и сопредельных территорий» (Оренбург, 2008); на 66-й научно-практической конференции МГТУ-ММК (Магнитогорск, 2008).

Список публикаций. По материалам диссертации опубликовано 9 работ, в т.ч. 1 статья в издании, рекомендованном ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 146 страницах печатного текста; состоит из введения, 6 глав, выводов, практических рекомендаций, списка использованной литературы и приложения; содержит 34 рисунка и 9 таблиц. Библиографический список включает 274 источников, в том числе 39 на иностранных языках.

ГЛАВА 1. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Выполнен обзор отечественной и зарубежной литературы по теме диссертационной работы, рассмотрены вопросы влияния техногенного загрязнения на почвенный покров. Отмечено значительное варьирование результатов исследования микробиологических и биохимических показателей почв в условиях техногенного загрязнения. Приводятся описания интегральных показателей, наиболее полно отражающих эколого-биологическое состояние почвенного покрова (Власюк, 1956; Абуталыбов, 1961; Евдокимова и др., 1984; Клебенская, 1985; Алексеев, 1987; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Алексеенко, 1990; Ильин, 1991; Протасова и др., 1992; Ладонин, 1995; Прохорова, Матвеев, 1996; Русанов, 1999; Колесников и др., 2000; Киреева, 2000; Шагеева, Суюндуков, 2001; Русанов и др., 2002; Опекунова с соавт., 2002; Янтурин, 2004; Асылбаев, 2004; Водяницкий, 2005; Кулагин, Шагеева, 2005; Девятова, 2005; Горленко, Кожевин, 2005; Белан, 2005, 2006, 2007; Матинян и др., 2007; Хабиров и др., 2007; Добахова и др., 2007; Курманбаев и др., 2007; Павлова, Егорова, 2007, Киреева и др., 2008).

ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА

Приведена краткая характеристика природно-климатических условий (рельефа, почвы, почвообразующих пород, климата, растительности) региона

исследований (Богомолов, 1954; Вербицкая, 1964; Бурангулова и др., 1969; Тайчинов, Бульчук, 1975; Агроклиматические ресурсы..., 1976; Хазиев, 1882, 1995, 2007; Хазиев и др., 1985, 1991, 1995; Мукатанов, Харисов, 1996; Суюндуков, 2001; Мукатанов, 2002; Синантропная ..., 2008).

ГЛАВА 3. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для работы послужили результаты полевых исследований, проведенных в 2005-2007 г.г. в Зауралье Республики Башкортостан на территории Учалинского, Хайбуллинского районов и г.Сибай с наибольшим распространением подтипов чернозема (выщелоченного, южного и обыкновенного), а также результаты лабораторных экспериментов по изучению показателей ферментативной активности почв и численности целлюлозолитических микроорганизмов в условиях загрязнения ТМ. Отбор образцов почв для анализа проводили по общепринятой методике (Методы ..., 1991) на пробных площадках, заложенных методом трансект с учетом направления преобладающих ветров на однородных участках естественных степных пастбищ с минимальным антропогенным воздействием (табл.1). За ИЗ принимали обогатительные фабрики горнорудных комплексов.

Таблица 1

Расположение стационарных участков

Район исследования	Почвы	Направление	Расстояние от ИЗ, км	Стационарные участки
Учалинский р-н	Чернозем выщелоченный	ИЗ	0,5	У1
		Северо-запад	5	У2
		Север	5	У3
			10	У4
		Юго-восточное	15	У5
г.Сибай	Чернозем обыкновенный	ИЗ	0,5	С1
		Восток	5	С2
			10	С3
			15	С4
		Юго-восток	5	С5
			10	С6
			15	С6
		Северо-восток	5	С7
			10	С8
15	С9			

Продолжение таблицы 1

Район исследования	Почвы	Направление	Расстояние от ИЗ, км	Стационарные участки
Хайбуллинский район	Чернозем южный	ИЗ	0,5	Б1
		Запад	5	Б2
			10	Б3
		Юго-восток	5	Б4
		Северо-восток	5	Б5
			10	Б6

Валовое содержание меди, цинка и железа в почвенных образцах определяли методом атомной абсорбционной спектрометрии в лаборатории Центра Агрохимической службы «Башкирский» РБ. В качестве экстрагента использовали 5 М HNO_3 . Загрязнение почвы оценивали по суммарному показателю Z_c , предложенному Ю.Э. Саэтом (Геохимия ... , 1990).

Целлюлозоразлагающую активность почв определяли с помощью метода аппликаций, протеазную и уреазную активность - по методам, описанным Ф.Х. Хазиевым (2005). Учет численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов проводили методом посева почвенной суспензии на среду Гетчинсона, предварительно обработав почвенную суспензию на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-1 (22 кГц; 0,44 А; 2 мин) (Методы ..., 1991). Интегральный показатель биологического состояния почвы (ИПБС) определяли по методике, описанной в работе Т.А. Девятовой (2005). Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по Г.Т. Селянинову (1937).

Функциональное разнообразие микробных сообществ изучали методом МСТ (Горленко, Кожевин, 2005).

Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами (Лакин, 1980) с помощью пакета компьютерных программ Microsoft Excel 2003, Statistica 6,0. При оценке статистической достоверности полученных данных использовали t-критерий Стьюдента, $p \geq 0,05$.

ГЛАВА 4. ОЦЕНКА УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПОЧВ МЕДЬЮ, ЦИНКОМ И ЖЕЛЕЗОМ

Приводятся данные о содержании валовых форм Cu, Zn, Fe в почвенном покрове на изучаемых территориях. За ПДК были приняты следующие

значения: для Cu – 55 мг/кг, для Zn – 100 мг/кг (Черников др., 2000). Содержание валового Fe сравнивали с его кларком, равном 25000 мг/кг (Брукс, 1983).

Превышение ПДК Cu было обнаружено на участках С1 (14,3 ПДК), У1 (6,5 ПДК) С2 (3,7 ПДК), С7 (1,5 ПДК), С8 (1,3 ПДК), С6 (1,1 ПДК). В остальных исследуемых образцах почв содержание валовых форм Cu соответствовало нормальному уровню.

Превышение ПДК Zn установлено на участке С2 (5,8 ПДК) С1 (5,5 ПДК), С4 (4,5 ПДК), У1 (4,4 ПДК), С7 (2,2 ПДК), С8 (1,4 ПДК), С6 (1,2 ПДК), С5 и С9 (1,1 ПДК). В остальных случаях содержание валовых форм Zn не превышало ПДК.

Повышенный уровень Fe наблюдали на участках У1, С1, С2, С3, С4, С7 и С8. Содержание железа было максимальным в почвах Учалинского района (0,5 км от ИЗ).

Для почв пос. Бурибай превышения ПДК изученных металлов ни в одном случае отмечено не было (рис. 1).

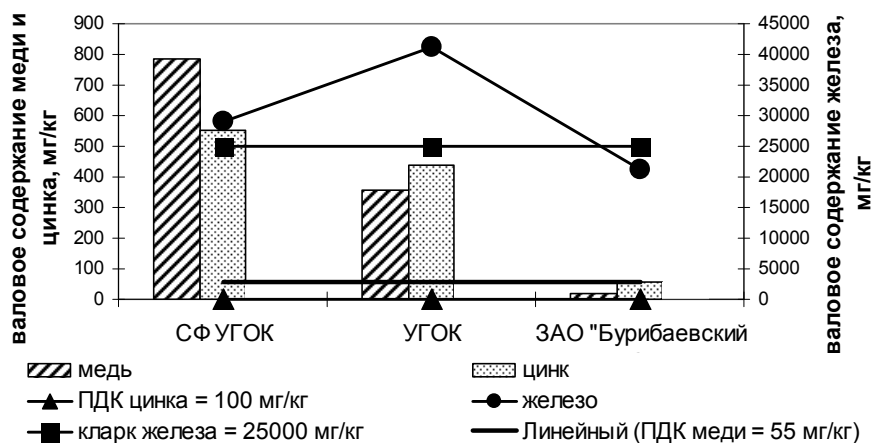


Рис. 1. Валовое содержание Cu, Zn, Fe в почвах изучаемых территорий (0,5 км от источника загрязнения)

Максимальный уровень меди и цинка был обнаружен в зоне влияния СФ УГОК. Возможно, это связано с повышенной техногенной нагрузкой СФ УГОК на прилегающую территорию по сравнению с УГОК и ЗАО «Бурибаевский ГОК», что обусловлено как длительностью эксплуатации, так и способами добычи медьсодержащих руд (Башкортостан ..., 2006).

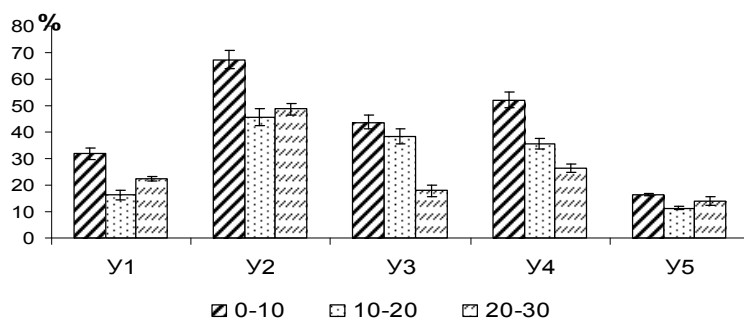
Оценку уровня загрязнения почв проводили по суммарному показателю загрязнения Z_c , равному сумме коэффициентов концентраций химических элементов. В результате установлено, что изучаемые территории не относятся к категории чрезвычайно опасных. Однако участок в радиусе 0,5 км от ИЗ, находящийся в зоне влияния СФ УГОК, относится к высоко-опасной категории, так как в этом случае суммарный показатель Z_c равен 32. К умеренно опасной категории загрязнения относятся почвы, расположенные на расстоянии до 5 км в восточном направлении от СФ УГОК и на расстоянии до 0,5 км от УГОК. Остальные изученные территории относятся к допустимой категории загрязнения.

ГЛАВА 5. БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНОРУДНОГО КОМПЛЕКСА

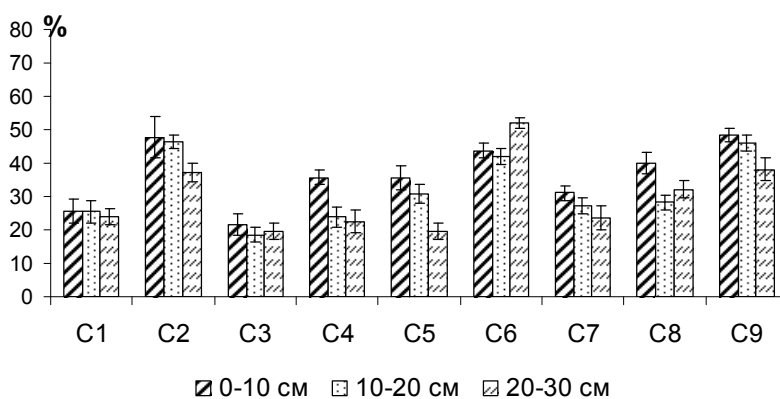
В главе представлены результаты изучения биологической активности почв, прилегающих к зоне воздействия предприятий горнорудного комплекса БЗ. Между показателями биологической активности за 2005, 2006, 2007 гг. достоверных различий выявлено не было, поэтому в работе были использованы усредненные значения.

Целлюлозолитическая активность почв. В зоне воздействия УГОК наибольшие значения целлюлозолитической активности во всех исследуемых слоях почвы наблюдались на стационарном участке У2 (рис.2А).

По мере удаления от ИЗ целлюлозолитическая активность в слое 0-10 см достоверно возрастала, за исключением стационарного участка У5 (с. Ахуново), где значения этого показателя были ниже по сравнению со значениями У1. В слоях 10-20 и 20-30 см на всем протяжении в северном направлении от УГОК этот показатель оставался практически неизменным (У3 и У4). Верхний слой почвы во всех случаях обладал более высокой целлюлозолитической активностью по сравнению с нижележащими слоями. Статистический анализ выявил слабую отрицательную корреляционную связь между целлюлозолитической активностью и содержанием в почве валовых форм меди ($r=-0,35$), цинка ($r=-0,36$), железа ($r=-0,23$).



Б



В

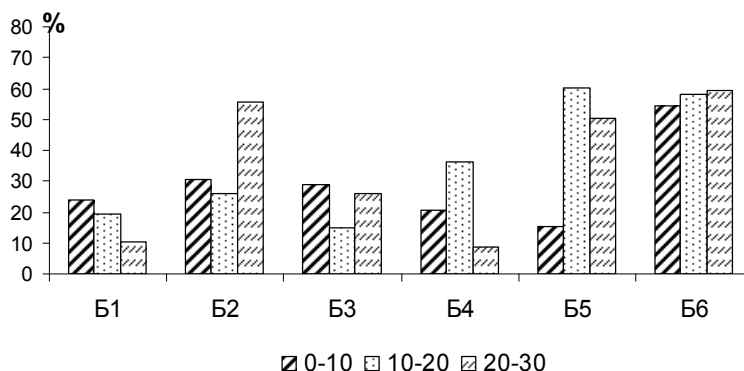


Рис. 2. Разложение целлюлозы за 90 суток в почвенных образцах, отобранных на различных расстояниях от: А) УГОК; Б) СФ УГОК; В) ЗАО «Бурибаевский ГОК» (слои 0-10, 10-20, 20-30 см)

В зоне воздействия СФ УГОК в слое почвы 0-10 см величина целлюлозолитической активности во всех исследуемых направлениях достоверно увеличивалась по мере удаления от ИЗ (С1) (рис. 2Б), исключением явились ее значения в стационарной площадке С3. В юго-восточном направлении на расстоянии 5 и 10 км достоверных различий в значениях целлюлозолитической активности отмечено не было. В слое почвы 10-20 см целлюлозолитическая активность возрастала на расстоянии 5 км (С2) в

восточном направлении, на расстоянии 10 и 15 км (С5 и С6) в юго-восточном направлении, а также на расстоянии 15 км (С9) в северо-восточном направлении.

В слое почвы 20-30 см значения активности увеличивались на расстоянии 5 км (С2) в восточном направлении, в юго-восточном направлении на расстоянии 15 км (С6), в северо-восточном направлении на расстоянии 10 и 15 км (С8 и С9). Между целлюлозолитической активностью почвы и содержанием в ней валовых форм меди установлена слабая ($r=-0,21$), а в случае железа – средняя отрицательная корреляционная связь ($r=-0,43$).

В зоне воздействия ЗАО «Бурибаевский ГОК» в слое почвы 0-10 см целлюлозолитическая активность была выше соответствующего показателя для участка Б1 лишь на стационарном участке Б6 (10 км в северо-восточном направлении) (рис. 2В). Активность слоя 10-20 см была наибольшей на стационарных участках Б5 и Б6. В слое почвы 20-30 см наибольшие значения целлюлозолитической активности наблюдали на участках Б2, Б5 и Б6 (на расстоянии 5 км в западном и 5 и 10 км в северо-восточном направлениях). Установлено, что значение целлюлозолитической активности в слое почвы 0-30 см имело достоверную положительную корреляционную связь с содержанием валовых форм меди, цинка, железа ($r=0,78$, $r=0,52$ и $r=0,65$ соответственно при $p \geq 0,95$).

Сопоставление скорости разложения целлюлозы с погодноклиматическими условиями привело к заключению о наличии четко выраженной зависимости целлюлозолитической активности от месячной суммы осадков. Между скоростью разложения льняного полотна в почве и величиной гидротермического коэффициента для почв г.Сибай была выявлена корреляционная связь, которая в июне была незначительной, в июле достоверно высокой ($r = 0,99$, $p \geq 0,95$), в августе - высокой, но отрицательной ($r = -0,98$, $p \geq 0,95$).

Колебания по годам сумм положительных температур по всем трем срокам наблюдений не отражались на ходе целлюлозоразрушения (рис. 3).

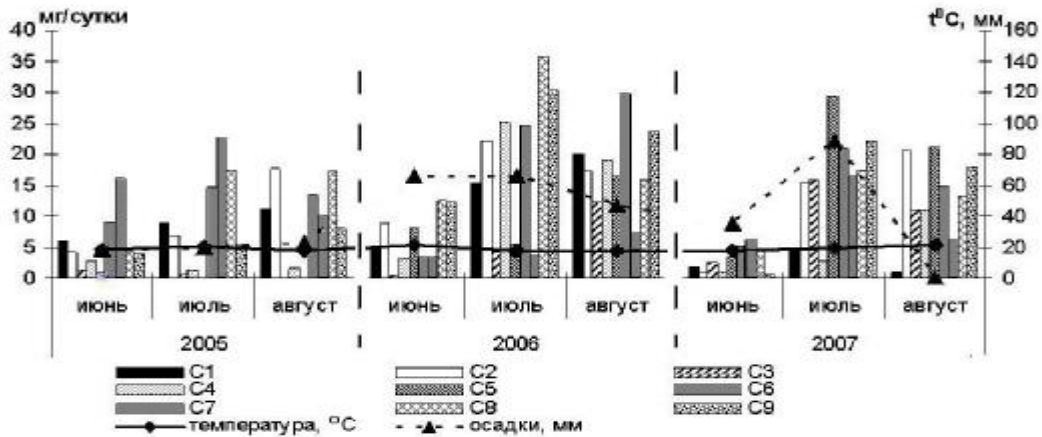


Рис. 3. Скорость разложения целлюлозы (мг/сутки) в слое почвы 0-30 см в зоне воздействия СФ УГОК

Таким образом, уровень целлюлозолитической активности почвы на изучаемой территории находился в определенной зависимости от погодноклиматических условий, прежде всего от количества осадков. Влияние степени загрязнения почвы ТМ на целлюлозолитическую активность было в большинстве случаев ниже. Вместе с тем следует отметить, что ТМ в низких концентрациях могут стимулировать целлюлозолитическую активность почвы, что подтвердилось наличием положительной корреляции между содержанием ТМ и величиной ферментативной активности. Это было выявлено только в одном случае, а именно: в зоне воздействия Бурибаевского ГОК, где степень загрязнения почвы медью, цинком и железом значительно меньше по сравнению с почвами Учалинского района и окрестностей г. Сибай.

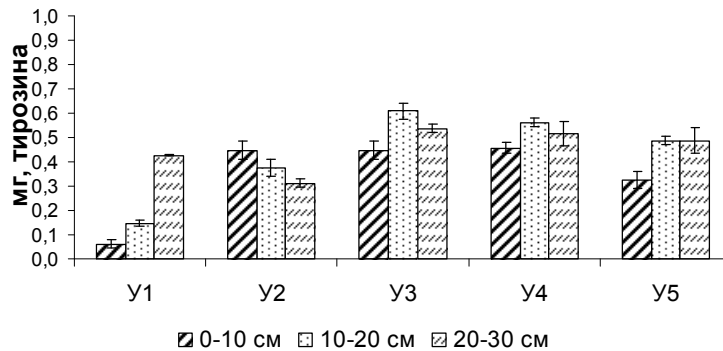
Установлено наличие корреляционной связи между целлюлозолитической активностью и численностью целлюлозолитических микроорганизмов ($r = 0,45 - 0,90$, $p \geq 0,95$). Вместе с тем, исследования численности целлюлозолитических микроорганизмов не выявили четко выраженных зависимостей этого показателя от содержания ТМ в почве.

Протеолитическая активность почв. В зоне воздействия УГОК самая низкая протеолитическая активность была отмечена в слое 0-10 см участка У1 (рис. 4А). Во всех остальных изученных случаях активность верхнего почвенного слоя была значительно выше этого уровня. В слое 10-20 см

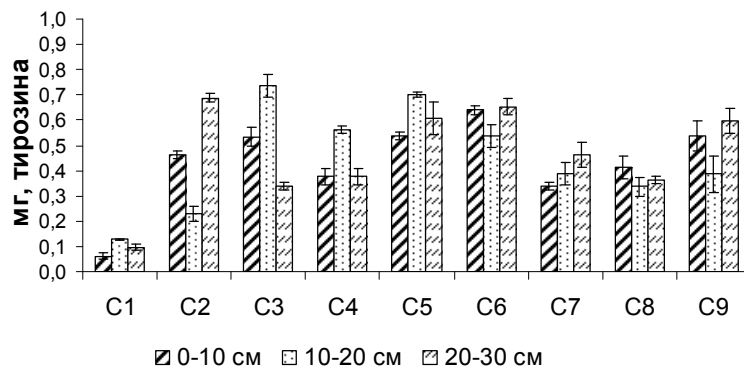
значения протеолитической активности были достоверно выше этой величины для участка У1. В слое почвы 20-30 см изменения протеолитической активности на разных участках были не столь значительными.

В большинстве случаев протеолитическая активность верхнего слоя была достоверно ниже по сравнению с более глубокими горизонтами.

А



Б



В

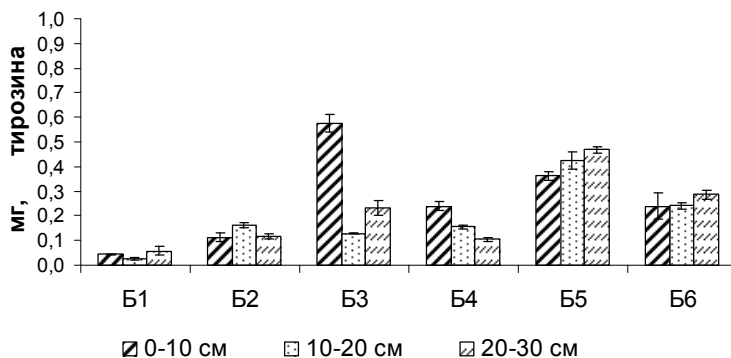


Рис. 4. Изменение протеазной активности в зависимости от удаленности от: А) УГОК; Б) СФ УГОК; В) ЗАО «Бурибаевский ГОК»

Значения протеолитической активности в зоне воздействия СФ УГОК во всех трех слоях почвы достоверно повышались по мере удаления от ИЗ (рис. 4Б).

Протеолитическая активность верхнего почвенного слоя в участках С1, С2, С3, С4, С5 и С7 была ниже по сравнению с этой величиной для нижних слоев. Отметим, что эти участки более загрязнены ТМ по сравнению с участками С6, С8, С9, в которых величины протеолитической активности верхнего и нижних почвенных слоев достоверно не отличались. Вышеизложенное свидетельствует об ингибировании ферментативной активности ТМ, аккумулированными верхним слоем почвы.

Исследования по изучению протеолитической активности в зоне воздействия ЗАО «Бурибаевский ГОК» показали, что значения этой величины в верхнем слое почвы были наименьшими на участке Б1 (рис. 4В).

Максимальная протеолитическая активность верхнего слоя наблюдалась в случае участка Б3. В остальных вариантах (кроме Б1) достоверных отличий в активности протеазы по почвенным слоям установлено не было.

Статистическая обработка данных позволила выявить отрицательную корреляционную связь между активностью протеазы и содержанием в почве меди (r от $-0,57$ до $-0,88$), цинка (r от $-0,26$ до $-0,86$), железа (r от $-0,40$ до $-0,77$), что свидетельствует об отрицательном влиянии ТМ на протеолитическую активность.

Уреазная активность почв. Уреазная активность верхнего слоя почвы в зоне влияния УГОК и ЗАО «Бурибаевский ГОК» почти во всех случаях была выше активности нижних горизонтов (рис. 5А, 5В).

В зоне влияния СФ УГОК уреазная активность всех слоев была либо одинакова, либо в нижних слоях выше, чем в верхних (рис. 5Б). Учитывая тот факт, что почвы окрестностей г.Сибай из всех изученных являются наиболее загрязненными ТМ, можно предположить, что накопление ТМ верхним почвенным горизонтом снижает активность уреазы.

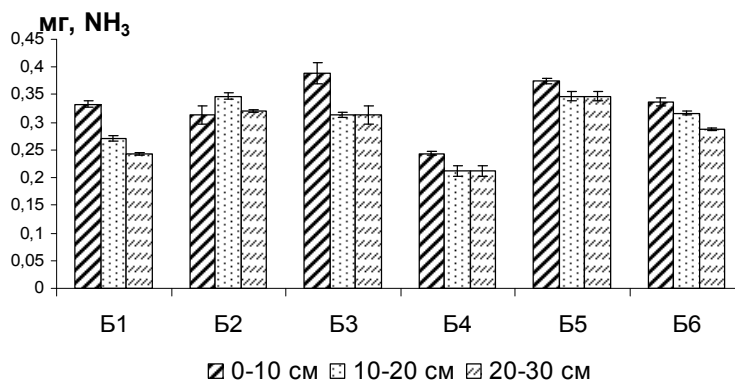
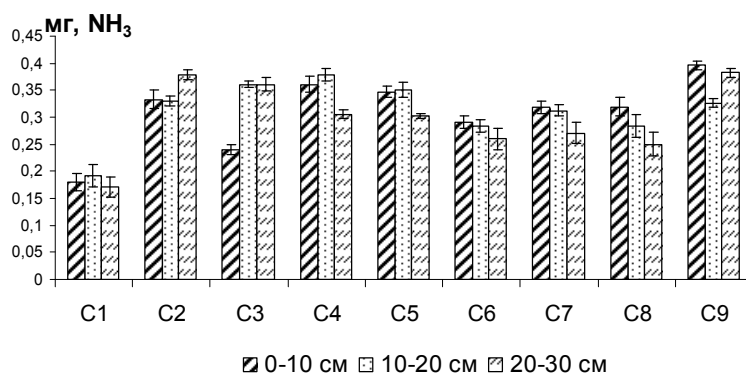
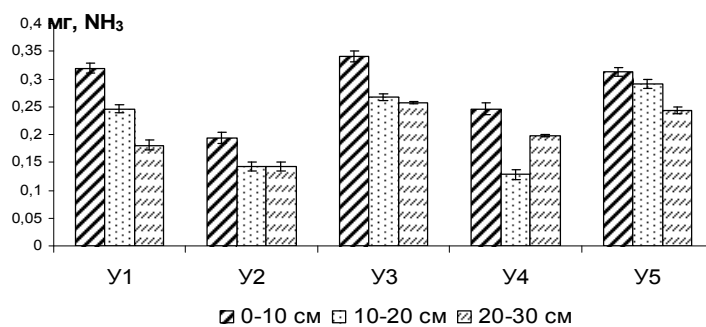


Рис. 5. Изменение уреазной активности в зависимости от удаленности от: А) УГОК; Б) СФ УГОК; В) ЗАО «Бурибаевский ГОК»

Исследование зависимости интенсивности разложения мочевины от погодно-климатических условий не выявило наличия достоверной корреляции.

Достоверная корреляционная связь между активностью уреазы и содержанием ТМ была установлена только в случае меди для почв г.Сибай ($r = -0,83$).

Таким образом, изученные показатели биологической активности в разной степени пригодны для объективной оценки загрязненности почв ТМ. Наиболее чувствительной к действию ТМ оказалась протеаза, менее чувствительными – уреаза, целлюлаза и количество целлюлозолитических микроорганизмов. Скорость разложения целлюлазы во многом определялась погодно-климатическими условиями.

Интегральный показатель биологического состояния. В качестве обобщающего коэффициента был использован эколого-биологический интегральный показатель состояния почвы (ИПБС), являющийся наиболее информативным показателем экологического состояния техногенно загрязненных почв.

По этому показателю изученные почвенные образцы были сгруппированы следующим образом (рис. 6).

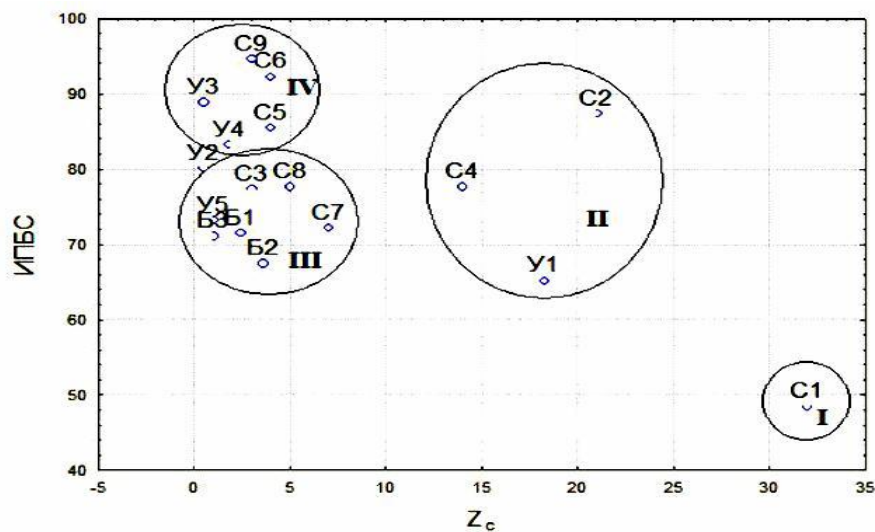


Рис. 6. Распределение изученных почвенных образцов в координатах ИПБС - Z_c

Первая группа включала только один участок – С1 (наиболее загрязненная почва). Вторая объединяла участки У1 (ИЗ в г.Учалы), С2, С4 (на расстоянии 5 км от ИЗ в г.Сибай). Третья – У2, У5, Б1, Б2, Б3, С7, С3, С8 (на расстоянии 5 км в г.Учалы, с. Ахуново, ИЗ в пос.Бурибай, остальные точки – на расстоянии 5 и 10 км в г.Сибай). Четвертая группа - У3, У4, С5, С6, С9 (наиболее «чистые» участки). Следовательно, использование двух

интегральных показателей – ИПБС и Z_c позволило вполне удовлетворительно оценить уровень загрязнения почв ТМ.

ГЛАВА 6. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ МИКРОБНЫХ СООБЩЕСТВ

В главе рассмотрена возможность применения метода МСТ для мониторинга состояния почвенных микробных сообществ в зоне влияния предприятий горнорудного комплекса БЗ.

На рисунке 7 представлена общая характеристика спектра потребленных субстратов (СПС) изученных почвенных образцов, которые в координатах W-N распределились следующим образом. Наименьшие показатели разнообразия СПС и интенсивности потребления субстратов характеризуют почвенные образцы пробных площадок С1 и У1, находившихся ближе всего к ИЗ. На другом полюсе с наибольшими значениями числа и интенсивности потребленных субстратов находились почвенные образцы участков С7, С8, С9, а также У4 и БЗ, которые соответствовали менее загрязненному ТМ участкам. Таким образом, можно констатировать, что при загрязнении почвы ТМ меняется спектр и интенсивность потребления субстратов.

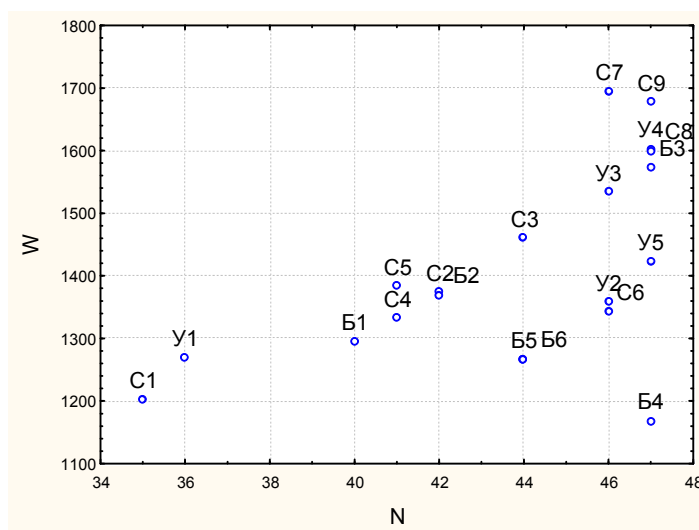


Рис. 7. Общая характеристика СПС почвенных микробных сообществ

Разделение всех изученных почвенных образцов с помощью метода главных компонент позволило сгруппировать большинство из них в четыре группы (рис. 8).

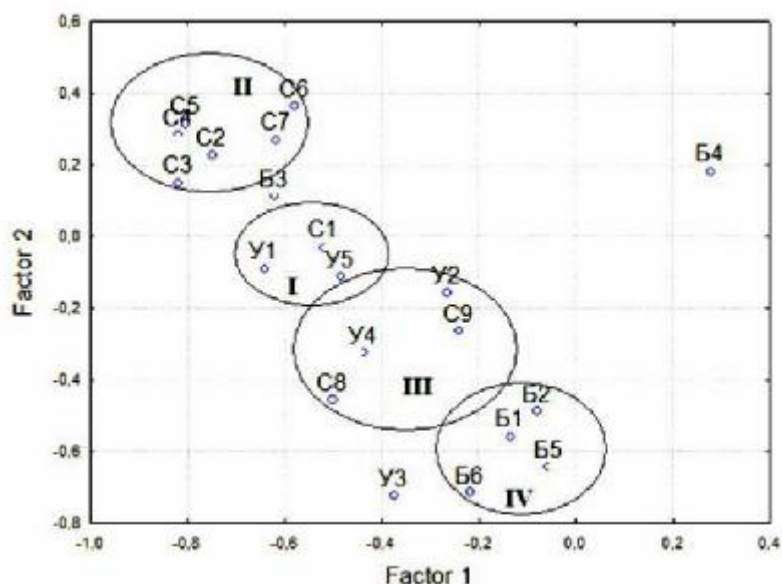


Рис. 8. Разделение с помощью факторного анализа образцов почв в зоне воздействия горнорудных комплексов Башкирского Зауралья

I группа включала наиболее загрязненные образцы почвы У1, С1, а также У5. Ко II группе относились, главным образом, образцы чернозема обыкновенного почвы, расположенного в 5 -10 км к востоку и юго-востоку от ИЗ, III группа –У2, У4, С8 и С9 – это образцы чернозема обыкновенного и выщелоченного, менее загрязненного ТМ. IV группа содержала образцы чернозема южного Б1, Б2, Б5 и Б6. Разделение почвенных образцов с помощью данного метода позволяет выявить различия между микробными сообществами почв, отличающихся как по степени загрязненности ТМ, так и по зональным подтипам.

На основании полученного массива данных для каждого почвенного образца были рассчитаны индексы разнообразия Шеннона (H). Наименьшим показателем H характеризовались образцы У1, С1, затем по степени увеличения располагались Б1, Б2, С4, С2. Для других образцов индекс Шеннона был выше и находился примерно на одном уровне.

Анализ устойчивости системы в отношении потребляемых субстратов по величине коэффициента d указал на существенные различия загрязненных почв ($d > 1$ для С1) от остальных образцов ($d = 0,06-0,6$). Высокие значения этого показателя и его значительное отличие от величины в других образцах

указывает на существенные изменения функциональной целостности микробной системы под влиянием ТМ.

На основании результатов кластерного анализа все изученные образцы были распределены в три группы (рис. 9): в первую вошли наиболее загрязненные ТМ У1, С1 (они объединены в одну подгруппу), а также С2, С3, С4, С5, соответствующие восточному и юго-восточному направлению в зоне воздействия СФ УГОК. Во вторую группу вошли образцы У2, У5, С6, а также Б1, Б2, Б4, Б5, Б6. В третью группу вошли образцы, соответствующие наиболее «чистым» участкам: У3, У4, Б3, С7, С8, С9.

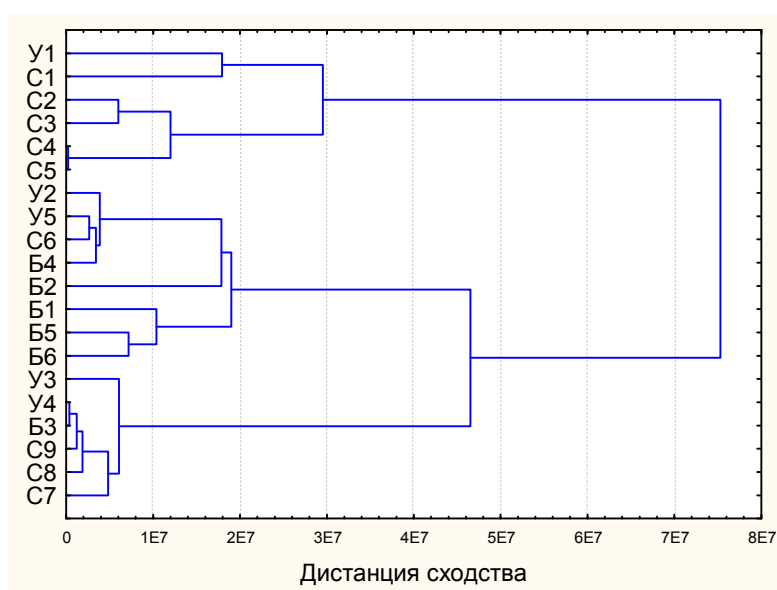


Рис. 9. Кластерный анализ данных СПС почв, находящихся в зоне воздействия горнорудных комплексов

Таким образом, микробные сообщества почв, расположенных вблизи ИЗ, выделялись в отдельную группу. По мере удаления от ИЗ состояние микробных сообществ улучшалось. Наиболее «здоровыми» являлись микробные сообщества почв, находящихся на расстоянии не менее 15 км от горнорудных комплексов.

Анализ распределения почвенных образцов в трехмерном пространстве в координатах ИПБС – Z_c - Н показал наличие четко выраженной закономерности, согласно которой почвы сгруппированы в зависимости от их зонального подтипа и степени загрязнения ТМ (рис. 10).

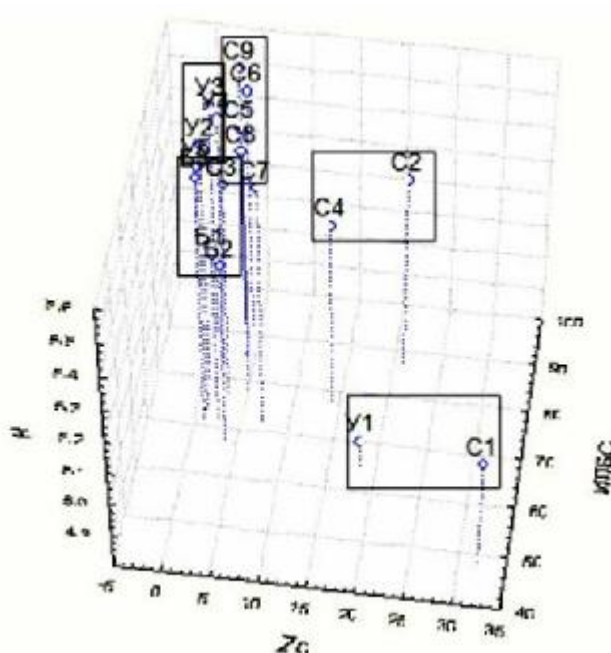


Рис. 10. Распределение почвенных образцов в координатах ИПБС – Z_c - индекс Шеннона H

Отчетливо выделялось расположение в пространстве сильно загрязненных ТМ образцов $C1$ и $U1$. Вместе были сгруппированы образцы почв, расположенных в радиусе 5 км от ИЗ. Все остальные изученные образцы сформировали один кластер, однако в нем прослеживается дифференциация почв по зональным подтипам. Таким образом, использование интегральных показателей, полученных с помощью нескольких независимых методов, позволяет дать объективную оценку экологического состояния почвенного покрова в условиях техногенного загрязнения.

ВЫВОДЫ

1. Почвы, расположенные в радиусе 5 км от предприятий горнодобывающего комплекса Башкирского Зауралья, загрязнены медью, цинком и железом. Степень загрязненности почв в зоне воздействия предприятий – загрязнителей определяется длительностью их эксплуатации и убывает в ряду: Сибайский филиал Учалинского ГОК > Учалинский ГОК > ЗАО «Бурибаевский ГОК».

2. Ферментативная активность почв зависит от содержания в них тяжелых металлов и от количества осадков за вегетационный период. В

наибольшей степени активность ферментов (протеазы, уреазы и целлюлазы) ингибируется в верхнем слое почв 0-10 см. По степени чувствительности к загрязнению медью, цинком и железом ферменты образуют ряд: протеаза > уреазы > целлюлаза.

3. Загрязнение почв тяжелыми металлами в зоне влияния горно-обогатительных комбинатов Башкирского Зауралья не приводит к достоверному снижению численности целлюлозолитических микроорганизмов.

4. Результаты мультисубстратного тестирования подтверждают, что техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами отрицательно влияет на функциональную активность микробных сообществ. Это позволяет использовать данный метод в качестве экспресс-теста для оценки экологического состояния почв.

5. По интегральным показателям биологического состояния и индексам суммарного загрязнения почвы в непосредственной близости от источника загрязнения относятся к категории высоко-опасного, а в радиусе от 0,5 до 5 км – умеренно опасного загрязнения.

Список основных работ, опубликованных по теме диссертации

1. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т., Горленко М.В. Изучение стабильности микробных сообществ чернозема обыкновенного в условиях техногенного загрязнения // Проблемы геоэкологии Южного Урала // Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции. Часть 1. Оренбург, 2005. - С.142 - 145.

2. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т. Влияние техногенного загрязнения на стабильность микробных сообществ почвенных горизонтов // Уралэкология. Природные ресурсы – 2005 //Всероссийская научно-практическая конференция. Уфа – Москва, 2005. - С.163-164.

3. Ильбулова Г.Р., Севрякова О.А. Биологическая активность почвы в условиях техногенного загрязнения // Охрана и рациональное использовании природных ресурсов в Башкирском Зауралье. - Уфа, 2006. - С. 40-41.

4. Ильбулова Г.Р., Семенова И.Н. Применение метода мультисубстратного тестирования для экологического мониторинга территорий с техногенным загрязнением // Биология наука XXI века // 10-я Пущинская школа-конференция молодых ученых, посвященная 50-летию Пущинского научного центра РАН. Пущино, 2006. - С. 193.

5. Ильбулова Г.Р. Некоторые особенности микробных сообществ почвы в условиях техногенного стресса // Молодые ученые в реализации приоритетного проекта «Развитие АПК» // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Уфа, 2006. - С.29-31.

6. Ильбулова Г.Р., Севрякова О.А., Семенова И.Н. Целлюлозолитическая активность почв в условиях техногенного загрязнения // Почвы Южного Урала и Среднего Поволжья: экология и плодородие // Материалы региональной научно-практической конференции почвоведов, агрохимиков и земледельцев Южного Урала и Среднего Поволжья. Уфа, 2006.- С.159-161.

7. Ильбулова Г.Р., Семенова И.Н., Суяндукоев Я.Т. Влияние некоторых тяжелых металлов на целлюлозолитическую активность почв в окрестностях почв Сибайского филиала УГОК // Вестник ОГУ. - 2007. – Октябрь. Специальный выпуск (75). - С.144-146.

8. Ильбулова Г.Р., Семенова И.Н., Севрякова О.А. Влияние деятельности горно-обогатительных фабрик Башкирского Зауралья на биологическую активность почв // Материалы 66-й научно-технической конференции: Сб. докл. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2008. Т.1. - С.128-133.

9. Ильбулова Г.Р., Семенова И.Н., Байрамгулова Г.Р. Функциональное состояние микробных сообществ почв, прилегающих к территории ЗАО «Бурибаевский ГОК» // Труды института биоресурсов и прикладной экологии / Материалы IV международной конференции биоразнообразие и биоресурсы Урала и сопредельных территорий. Оренбург, 2008. - С. 291-292.

Ильбулова Гульназ Ражаповна

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ ЗАУРАЛЬЯ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН В УСЛОВИЯХ
ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ
ГОРНОРУДНОГО КОМПЛЕКСА**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

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

Подписано в печать 18.05.2009 г.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,3.
Тираж 130 экз. Заказ № 1737.

Редакционно-издательский центр

Башкирского государственного университета

450074, РБ, г. Уфа, ул. Фрунзе, 32.

Отпечатано на множительном участке РИЦ

Сибайского института (филиала) БашГУ

453833, РБ, г. Сибай, ул. Маяковского, 5. Тел. 3-53-26.