

На правах рукописи

ЗУЛКАРНАЕВ АЙРАТ БУЛАТОВИЧ

**ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ ГОРОДА СИБАЙ В ЗОНЕ
ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОРУДНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
(ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Специальности

03.02.08 – экология (биологические науки)

03.02.13 – почвоведение

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» Академии наук Республики Башкортостан

Научные руководители: доктор биологических наук, профессор
Суюндуков Я依ль Тухватович

кандидат биологических наук, доцент
Семенова Ирина Николаевна

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, профессор
Миркин Борис Михайлович

доктор биологических наук, профессор
Хабиров Ильгиз Кавиевич

Ведущая организация: ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный аграрный университет»

Защита состоится 3 февраля 2012 г. в 14-00 часов на заседании Объединенного диссертационного совета ДМ 002.136.01 при Учреждении Российской академии наук Институт 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 Учреждения Российской академии наук Института биологии УНЦ РАН, с авторефератом – в сети Интернет по адресу <http://ib.anrb.ru> и на сайте ВАК Минобрнауки РФ

Автореферат разослан «__»_____ 2011 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
кандидат биологических наук, доцент



Р.В.Уразгильдин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Развитие цивилизации и повышение уровня урбанизации вызывает усиление вмешательства человека в природный комплекс. Вследствие нарушения естественных ландшафтов, загрязнения территории города и обширных пригородных зон разнообразными твердыми, жидкими и газообразными отходами снижается обеспеченность городов природно-ресурсным потенциалом, снижается устойчивость территорий, повышается степень экологического риска для всех компонентов окружающей среды (Строганова, 1998; Рысин, 2003; Лесные экосистемы ..., 2008), в том числе для почв. Мощным антропогенным фактором деградации почв является загрязнение их тяжелыми металлами (ТМ) в результате деятельности предприятий горнорудной промышленности (Добровольский, 1983; Прохорова и Матвеев, 1996; Антипанова, 2007).

Некоторые проблемы химической деградации почв Зауралья Республики Башкортостан в связи с распространением и накоплением ТМ, нашли отражение в ряде работ (Кулагин, Шагиева, 2005; Суюндуков, Шагиева, 2007; Ильбулова, Семенова, 2007, 2009; Янтурин, Сингизова, 2007; Бактыбаева и др., 2007, 2009, 2010; Таипова и др., 2009; Семенова и др., 2010, 2011а,б). Однако исследования по изучению физической и биологической деградации почв г.Сибай, наиболее крупного промышленного центра Башкирского Зауралья, имеют фрагментарный характер.

Цель работы: оценить экологическое состояние почв г.Сибай и изучить изменения, происходящие под воздействием антропогенных факторов.

Для достижения этой цели были поставлены следующие **задачи:**

- Выявить основные группы почв города Сибай по степени антропогенной деградации.
- Изучить характер и степень выраженности физической деградации почв города Сибай.
-

-
- Определить уровень загрязнения почв г.Сибай, находящихся под влиянием горнорудных предприятий, тяжелыми металлами (Cu, Zn, Cd и Pb).
- Исследовать особенности влияния тяжелых металлов на биологическую активность почв.

Научная новизна работы. Впервые изучен характер и степень физической деградации некоторых групп почв города Сибай. Выявлены особенности загрязнения почв ТМ и исследована их биологическая активность.

Практическая значимость работы. 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. Учет и анализ характерных особенностей техногенной трансформации почв в зоне влияния горнорудных предприятий позволит повысить эффективность мероприятий по сохранению природных и рекультивации нарушенных почв.

Защищаемые положения

- Характер и выраженность физической деградации основных групп почв города Сибай.
- Степень загрязнения почв г.Сибай и его окрестностей Cu, Zn и Pb увеличивается по мере приближения к Сибайской обогатительной фабрике (СОФ).
- Воздействие ТМ на ферментативную активность почв определяется как природой металлов, так и их концентрацией. Чувствительность по отношению к изученным металлам снижается в ряду: уреазы > протеазы > целлюлаза.

Связь темы диссертации с плановыми исследованиями

Работа выполнена в рамках тематики исследований лаборатории

экологии и рационального использования природных ресурсов ГАНУ «Институт региональных исследований» Академии наук Республики Башкортостан «Исследование мелиоративного потенциала природных минералов» и «Почвенные микробные сообщества как биомаркеры техногенного загрязнения».

Личный вклад автора. Автором лично определены цель и задачи диссертации, выполнены полевые и исследования (2007-2011 гг.), проведена математическая обработка полученных результатов. Текст диссертации написан автором по плану, согласованному с научными руководителями. Доля личного участия автора в написании и подготовке публикаций пропорциональна числу соавторов.

Апробация работы. Результаты исследований были доложены на 4 научных конференциях, в том числе на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Сибайского института (филиала) Башгосуниверситета (Сибай, 2005, 2006), региональных научно-практических конференциях «Уральский регион Республики Башкортостан: Человек, природа, общество» (Сибай, 11 ноября 2010 г., 18 ноября 2011 г.); 5 Всероссийской научно-практической конференции «Проблемы экологии Южного Урала» (Оренбург, 18-19 октября 2011).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 11 статей, в т.ч. 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы (286 наименования, в том числе 14 на иностранных языках). Работа изложена на 127 страницах текста, включает 16 таблиц, 21 рисунок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Экология городских почв (обзор литературы)

Приводятся сведения об урбанизации и трансформации почвенного покрова в городских экосистемах (Рысин, 2008; Burghardt, 2000; Касимов, Перельман, 1995; Строганова, Прокофьева, 2000; Колесников и др., 2002; Герасимова и др., 2003), о тяжелых металлах и их значении в функционировании экосистем (Алексеев, 1987; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Ильин, 1991;) о влиянии горнорудной промышленности на состояние почв (Алексеев, 1987; Matthews, Thornton, 1982; Шилова и др., 1984; Кайгородова и др., 2000; Большаков, 1978; Карпухин, 1998; Пасынкова, 2001), о поведении ТМ в почвах (Глазовская, 1988; Рихванов, 1993; Табаксблат, 1998), об изменении плодородия почвы, ее микробиологической и ферментативной активности при повышенных концентрациях ТМ (Левин и др., 1989; Звягинцев, 1989; Лебедева и др., 1995), о способах детоксикации тяжелых металлов в почвах (Цицишвили и др., 1985; Челищев и др., 1987; Овчаренко и др., 1996; Кутукова, Плеханова, 2002).

Глава 2. Эколого-географическая характеристика г.Сибай

Приведена характеристика природно-климатических условий района исследований, качества природной среды и состояние природных ресурсов г.Сибай (Агроклиматические ресурсы..., 1976; Хазиев и др., 1995; Гареев, 2001; Обзор состоянии ..., 2011).

Глава 3. Объекты и методы исследований

Исследования включали:

- а) изучение антропогенной динамики почв г. Сибай под влиянием урбанизации (изменение морфологических и физических свойств,
- б) изучение загрязнения почв тяжелыми металлами;
- в) исследование влияния тяжелых металлов на биологическую активность почвы в условиях полевого опыта.

Объектами исследований являлись почвы г. Сибай Республики Башкортостан (РБ) из разных частей территории города и за его пределами, в различной степени подверженные антропогенному воздействию. Было заложено 25 полнопрофильных разрезов и 45 полуям. Для сравнительной характеристики антропогенно-преобразованных почв с исходной почвой (чернозем обыкновенный), был заложен также полнопрофильный разрез целинного аналога данной почвы. Для оценки степени деградации и ухудшения физических и водно-физических свойств, нарушения почвенного профиля использовались показатели и критерии физической деградации почв, предложенные Институтом охраны природы и Методикой Роскомзема (Снакин и др., 1992; Деградация ..., 2002), а также шкалы оценки физических свойств почвы (Качинский, 1958; Гарифуллин, 1984).

Исследования содержания ТМ проводились на площадках, заложенных методом трансект на однородных участках с незначительным антропогенным воздействием механического характера при учете направлений преобладающих ветров – северо-западного и юго-западного. Пробные площадки располагались на различном расстоянии от Сибайской обогатительной фабрики (СОФ), принятой за источник загрязнения (ИЗ): в восточном направлении – на расстояниях 0,5 км (П1), 5 км (П2), 10 км (П3), в юго-восточном – соответственно 5 км (П4), 10 км (П5), 15 км (П6) и северо-восточном – 5 км (П7), 10 км (П8), 15 км (П9). Отбор почвенных образцов проводили в 3-кратной повторности из слоя 0-30 см; подготовка и анализ проб велись в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01–83, ГОСТ 17.4.3.03–85, ГОСТ 17.4.4.02–84. Содержание тяжелых металлов определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии. В качестве экстрагента использовалась 5М HNO₃, а также аммонийно-ацетатный буфер (рН 4,8). Загрязнение почвы оценивалось по суммарному показателю Z_с, рассчитываемому по формуле $Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n-1)$, где n – число определяемых ингредиентов; K_с – коэффициент концентрации элемента, определяемый

отношением его содержания в загрязненной почве к фоновому.

Для изучения влияния ТМ на биологическую активность почв на опытном участке ГАНУ Институт региональных исследований АН РБ был заложен полевой мелкоделяночный двухфакторный опыт. Cu, Zn, Cd, Pb вносили в форме ацетатов в концентрации 1, 5 и 10 ПДК (ГН 2.1.7.2041-06). Определение общей численности микроорганизмов проводили прямым подсчетом клеток с использованием метода люминесцентной микроскопии с акридиновым оранжевым (Теппер и др., 2004). Уреазная активность определялась по методу Т.А.Щербаковой (1983), протеазная активность – методом Ф.Х. Хазиева и Я.М. Агафаровой (1975), целлюлозоразлагающая активность почв - аппликационным методом.

Статистическую обработку данных осуществляли общепринятыми методами 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. Деградация почв г.Сибай под влиянием антропогенных факторов

В результате исследований нами были выявлены следующие основные категории почв:

- а) целинные - ненарушенные почвы, не подверженные заметным механическим воздействиям;
- б) пахотные - включает садово-огородные почвы, без добавления насыпного гумусированного грунта,
- в) залежные – почвы бывших пахотных угодий,
- г) антропогенно-преобразованные – профили с измененной (улучшенной или ухудшенной) верхней частью и ненарушенной средней или нижней частью профиля,

д) рекультивированные – насыпные почвы, сформированные при рекультивации различных территорий,

е) погребенные – почвы с полностью или частично сохранным профилем, оставшиеся под отвалами и завалами грунтов, извлеченных из карьеров комбината.

Физическая деградация почв г.Сибай

Ухудшение физических и водно-физических свойств, нарушение почвенного профиля рассматривается как физическая деградация почвы (Снакин и др., 1992; Деградация ..., 2002). Результаты определения общих физических свойств и мощности горизонтов почв г.Сибай приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение мощности и общих физических свойств почв г.Сибай

Горизонт	Мощность горизонта, см	Общие физические свойства		
		Плотность, г/см ³	Плотность твёрдой фазы, г/см ³	Общая пористость, %
Целина				
Ад	7	0,96	2,61	63,2
A ₁	22	1,08	2,61	58,6
AB	16	1,21	2,65	54,3
Залежь (почва со вновь сформированным дерновым горизонтом) (среднее по 8-и однотипным разрезам)				
Ад	3,9±0,40	1,09±0,019	2,62	58,4
A ₁	21,8±1,64	1,18±0,017	2,61	54,8
AB	16,8±2,44	1,26±0,024	2,61	51,7
Залежь (почва без дернового горизонта) (среднее по 6-и однотипным разрезам)				
A ₁	25,8±1,45	1,22±0,017	2,60	53,1
AB	17,3±1,89	1,33±0,011	2,62	49,2
Антропогенно-преобразованная (огородная) почва (разрез 3-13-09)				
A _{пах}	27,5±0,99	1,12±0,014	2,59	56,8
A ₁	15,5±1,31	1,16±0,028	2,62	55,7
AB	15,0±1,18	1,23±0,011	2,64	53,4
Антропогенно-преобразованная (восстановленная) почва (разрез 3-1-10)				
U ₁	51,0±5,34	1,19±0,034	2,58	54,6
U ₂	59,2±4,57	1,29±0,020	2,63	51,0
Погребенная почва (разрез 3-7-10)				

Ад	2,3±0,33	Не опр.	Не опр.	Не опр.
A ₁	19,0±1,57	1,31±0,011	2,60	49,6
AB	14,7±1,63	1,39±0,010	2,61	46,7

Как видно из таблицы, **мощность** гумусоаккумулятивных горизонтов большинства городских почв мало отличается от показателя целинной почвы. У почв с частично сохраненной или вновь сформированной дерниной, а также у залежных почв (без дернины) по данному признаку деградация отсутствует. У погребенной почвы общая мощность гумусовых горизонтов значительно уменьшилась (на 20% относительно целины) и соответствует 1-й степени деградации («слабодеградированная») (Методика определения ... (1994).

В г.Сибай большую долю земельных территорий занимают сады-огороды населения. По данным разреза 3-13-09 можно видеть значительное увеличение общей мощности гумусового слоя (58 см), что связано с периодическим внесением повышенных доз органических удобрений, а также привнесением готового перегнойного горизонта

Из таблицы 1 видно, что все рассматриваемые категории почв по равновесной **плотности** выше по сравнению с целинной. Согласно шкале Ф.Ш.Гарифуллина (1984) плотность огородной почвы оценивается как «оптимальная», в горизонте A₁ залежной почвы – переходит в категорию «уплотненная». Горизонт A₁ погребенной почвы соответствует категории «плотная». Согласно Методике Роскомзема по изменению плотности у залежной почвы отмечается 1-я степень деградации (слабодеградированная), у погребенной почвы – 1-2-я степени деградации (слабо- и среднедеградированная). Остальные группы почв по изменению плотности относятся к категории недеградированных.

Пористость горизонта A₁ целинной и A_{пах} огородной почв согласно шкале Н.А.Качинского (1958) относится к категории «отличная». Значительно снижается она у почв с дерниной, а также у восстановленной и залежной почв, переходя в горизонте A₁ в категорию «удовлетворительная». Пористость

гумусоаккумулятивных горизонтов погребенной почвы оценивается как «неудовлетворительная».

Результаты определения **структурно-агрегатного состояния** изученных категорий почв города Сибай приведены в таблице 2.

Данные сухого и мокрого просеивания свидетельствуют о том, что целинная почва имеет «отличную» (по шкале Долгова и Бахтина) структуру в горизонтах A_1 и АВ при очень высокой водопрочности агрегатов. Восстановленная после строительных работ и огородная почвы значительно уступает показателям целинной почвы и оцениваются по структурному состоянию на «хорошо».

Таблица 2. Динамика структурно-агрегатного состояния почв г.Сибай

Горизонт	Структурные агрегаты (мм) и их содержание, %			Водопрочность, %
	> 10	10 – 0,25	< 0,25	
Целина (разрез 3-1-09)				
Ад	9,4	78,5	12,1	78,7
A ₁	8,5	84,3	7,2	88,2
AB	7,1	86,2	6,7	88,0
Залежь (почва со вновь сформированным дерновым горизонтом) (среднее по 8-и однотипным разрезам)				
Ад	22,3	59,63±2,03	18,1	48,14±1,85
A ₁	20,3	64,34±1,20	15,4	52,63±1,25
AB	19,8	68,23±1,43	12,0	61,79±1,47
Залежь (почва без дернового горизонта) (среднее по 6-и однотипным разрезам)				
A ₁	31,2	53,29±1,53	15,5	44,34±2,12
AB	20,1	69,25±2,50	10,7	48,41±1,89
Антропогенно-преобразованная (огородная) почва (разрез 3-13-09)				
A _{пах}	12,6	75,17±5,01	12,2	63,45±4,12
A ₁	10,3	81,72±2,97	8,0	70,13±2,95
AB	7,4	83,25±2,36	9,3	64,28±2,17
Антропогенно-преобразованная (восстановленная) почва (разрез 3-1-10)				
U ₁	31,7	62,35±3,76	6,0	63,45±3,58
U ₂	42,1	44,12±3,37	13,8	41,87±2,66
Погребенная почва (разрез 3-7-10)				
Ад	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.
A ₁	25,4	68,57±3,26	6,0	50,55±3,55
AB	25,3	65,83±3,17	8,8	44,27±1,96

Почвы залежи, в особенности горизонт А₁, характеризуются «удовлетворительными» показателями структурности и водопрочности агрегатов, достоверно уступая почве с дерновым горизонтом. Анализ проб погребенной почвы показал «хорошее» структурное состояние при «удовлетворительной» водопрочности агрегатов.

Таким образом, под влиянием антропогенных факторов в почвах г. Сибай, за исключением садово-огородных, происходит физическая деградация: ухудшение структурно-агрегатного состояния, уплотнение, снижение пористости и уменьшение мощности гумусоаккумулятивных горизонтов. Формирование дернового горизонта у залежной почвы способствует улучшению структурно-агрегатного состояния.

Химическая деградация почв г.Сибай (загрязнение тяжелыми металлами)

Результаты исследований содержания в почвах изучаемых территорий **тяжелых металлов** приведены в таблице 3.

Таблица 3. Содержание ТМ (мг/кг) в почве в зоне воздействия СОФ (над чертой – валовое содержание, под чертой – содержание подвижных форм)

Площадка	Cu	Zn	Cd,	Pb,	Z _c	Категория загрязнения
П1	<u>786,8</u> 73,5	<u>553,8</u> 150,2	<u>4,4</u> 0,18	<u>33,3</u> 0,3	47	Высоко-опасная
П2	<u>203,1</u> 13,3	<u>583,9</u> 15,9	<u>5,2</u> 0,1	<u>21,9</u> 2,6	40	Высоко-опасная
П3	<u>40,9</u> 6,4	<u>104</u> 3,2	<u>3,9</u> 0,16	<u>18,1</u> 0,01	25	Умеренно опасная
П4	<u>57,5</u> 35,6	<u>446</u> 74,2	<u>2,7</u> 0,01	<u>9,8</u> 2,3	19	Умеренно опасная
П5	<u>49,9</u> 6,5	<u>108,2</u> 2,6	<u>4,9</u> 0,01	<u>17,3</u> 4,6	32	Умеренно опасная
П6	<u>60,1</u> 7,9	<u>124,1</u> 1,2	<u>3,6</u> 0,01	<u>20,9</u> 0,01	24	Умеренно опасная
П7	<u>81,5</u>	<u>215</u>	<u>2,9</u>	<u>19,2</u>	20	Умеренно опасная

	22,9	17,2	0,08	3,8		
П8	<u>68,8</u> 19,6	<u>142,2</u> 28,4	<u>5,0</u> 0,01	<u>17,1</u> 0,01	33	Умеренно опасная
П9	<u>62,5</u> 12,3	<u>106,5</u> 13,1	<u>4,1</u> 0,08	<u>13,7</u> 5,3	27	Умеренно опасная
ПДК	<u>55</u> 3	<u>100</u> 23	<u>5</u>	<u>32</u> 6	-	-

Наибольшее содержание валовых форм Cu, превышающее предельно-допустимую концентрацию (ПДК) в 14,3 раза, наблюдалось на пробной площадке П1 в 0,5 км от ИЗ. По мере удаления от обогатительной фабрики содержание металла снижалось: в восточном направлении на удалении 5 км от ИЗ (П2) этот показатель уменьшался до 3,7 ПДК, на удалении 10 км (П3) был ниже уровня ПДК. В северо-восточном направлении в почвах пробных площадок П7, П8 и П9 этот показатель достоверно снижался, превышая ПДК соответственно в 1,5; 1,3 и 1,1 раза, а в юго-восточном направлении уменьшался до уровня ПДК уже на удалении 5 км от ИЗ и далее был примерно одинаков. Некоторое повышение содержания Cu в почве пробной площадки П6 на удалении 15 км от ИЗ, видимо, связано с наличием в Башкирском Зауралье естественных геохимических аномалий (Шагиева, Суюндуков, 2001).

По валовому содержанию Zn превышение ПДК отмечено на всех пробных площадках, что свидетельствует о загрязненности данным металлом значительных территорий в черте города и за его пределами. В целом закономерность его снижения в направлении удаления от ИЗ сохраняется. Исключением является максимальное значение валового содержания Zn в почвах площадки П2, превышающее ПДК в 5,8 раз. В почвах площадки П1 в 0,5 км от ИЗ этот показатель был несколько ниже (5,5 ПДК). В восточном и юго-восточном направлениях на расстоянии 10 км, а в северо-восточном – на удалении 15 км оно снижалось почти до уровня ПДК.

Валовое содержание Cd превышало ориентировочно допустимую концентрацию (ОДК) и региональный геохимический фон (РГФ) на всех

исследуемых площадках, в то время как содержание Pb в почвах г.Сибай превышало ПДК только на пробной площадке П1.

Оценка уровня загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды. Расчеты показали, что уровень загрязненности почвы ТМ в радиусе 0,5 км от ИЗ, а также на расстоянии 5 км в восточном направлении от ИЗ, относится к категории высоко-опасного (Z_c равен соответственно 47 и 40). Почвы остальных изученных территорий относятся к умеренно опасной категории загрязнения (Z_c от 19 до 33).

По содержанию **подвижных форм** превышение наблюдали для Cu (на всех исследуемых участках) и для Zn (П1, П4, П8). Превышение по содержанию Pb и Cd отмечено не было (табл. 3).

Таким образом, в почвах в черте города г. Сибай установлено повышенное содержание Cu, Cd и Zn. Общей закономерностью изменения содержания ТМ является их снижение по мере удаления от источника загрязнения.

Глава 5. Исследование биологической активности почвы в условиях загрязнения тяжелыми металлами

В полевом опыте была исследована биологическая активность чернозема обыкновенного при его загрязнении ТМ.

5.1. Ферментативная активность чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами (полевой опыт)

Результаты изучения влияния ТМ на ферментативную активность почвы представлены на рисунке 1. При этом ферментативная активность незагрязненной почвы принималась за 100%.

Из рисунка очевидно, что воздействие ТМ на ферментативную активность почвы определяется как природой металла, так и его концентрацией.

Влияние свинца на ферментативную активность почвы. Показано, что присутствие Pb неблагоприятно для проявления *уреазной* активности.

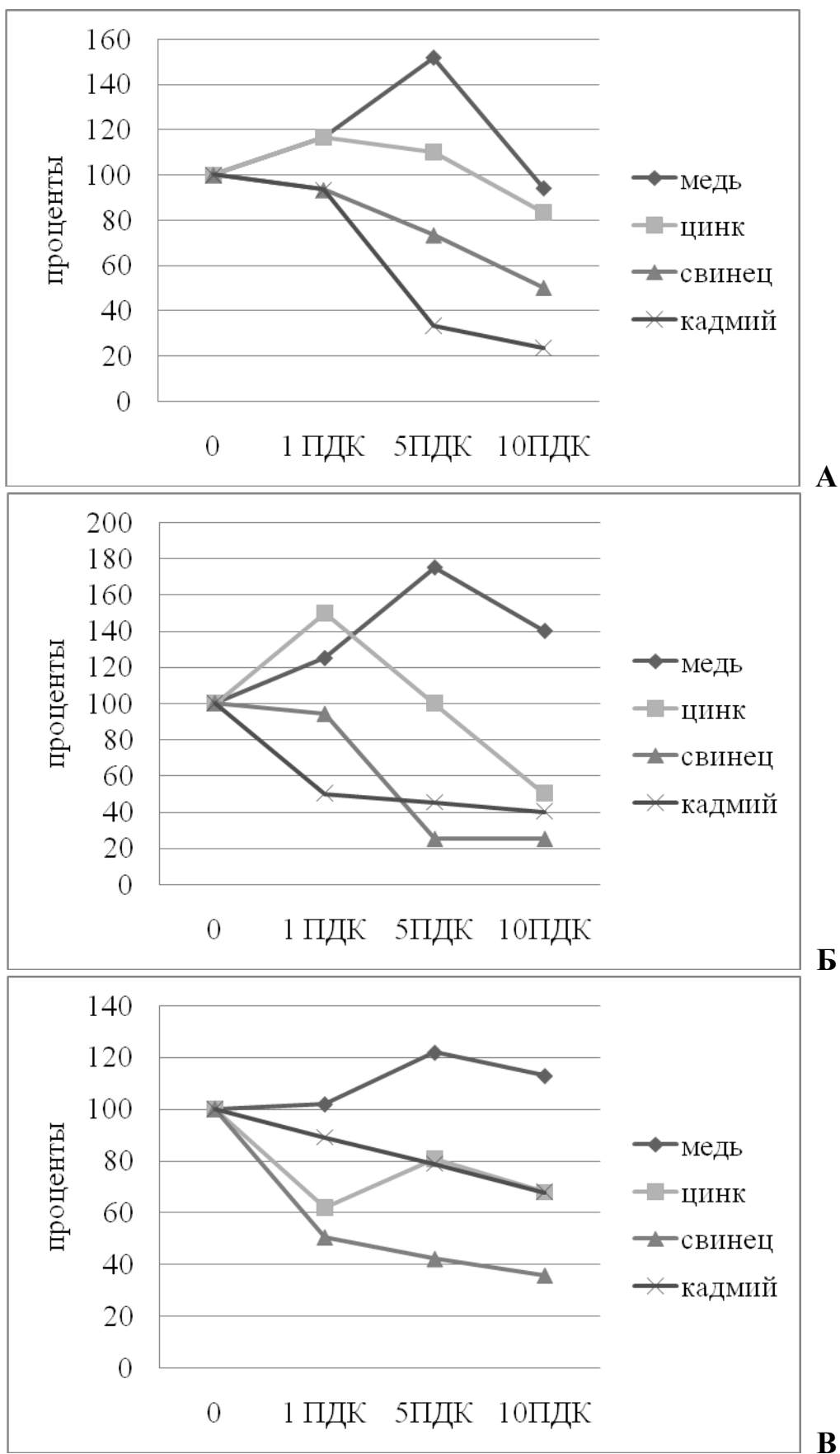


Рис. 1. Изменение активности ферментов (А – уреазы, Б – протеазы, В – целлюлазы) под воздействием ТМ (% от активности в незагрязненной почве).

При содержании свинца в концентрации 1 ПДК уреазная активность составила 93%, при 5 ПДК – 73%, а при 10 ПДК – 50% от активности в незагрязненной почве.

Присутствие Pb в почве также отрицательно сказалось и на активности *протеазы*: при 5ПДК ее величина составила 25% от первоначального значения, при 10 ПДК этот показатель не изменился.

Исследования активности *целлюлазы* показали, что под действием Pb (10 ПДК) она уменьшилась на 60%.

По чувствительности к свинцу ферменты формируют ряд: протеаза>целлюлаза>уреаза

Влияние кадмия на ферментативную активность почвы. Отмечено значительное снижение активности *уреазы*: при 1, 5 и 10 ПДК она составила соответственно 93, 33 и 23% от контрольного значения.

В присутствии Cd происходило значительное снижение активности *протеазы*: при 1 ПДК – до 50%, при 5 ПДК – до 45%, при 10 ПДК – до 40% от контрольного значения.

Загрязнение почвы Cd приводило к некоторому снижению *целлюлозолитической* активности: при 1 ПДК – 90%, при 5ПДК – 80%, при 10 ПДК – 70% от контрольного значения.

Таким образом, присутствие в почве Cd приводило к значительному снижению уреазной и протеазной, в меньшей степени - целлюлозолитической активности, особенно при высоких концентрациях.

По чувствительности к Cd изученные ферменты формировали ряд: уреаза > протеаза> целлюлаза.

Влияние цинка на ферментативную активность почвы. Показано отсутствие значительного угнетающего воздействия Zn на активность изученных ферментов. Более того, при концентрации 1 и 5 ПДК происходило

увеличение активности *уреазы* в 1,1 раза, и только лишь при 10 ПДК – наблюдали снижение на 17%.

Загрязнение почвы Zn приводило к значительному снижению активности *протеазы*, хотя при 1 ПДК имело место, напротив, повышение активности данного фермента.

Присутствие в почве Zn приводило к некоторому снижению *целлюлозолитической* активности: при 1 ПДК она составила 60%, при 5 ПДК – 80%, при 10 ПДК – 70% от контрольного значения.

Таким образом, по чувствительности к Zn изученные ферменты формировали ряд: протеаза > уреаза > целлюлаза.

Влияние меди на ферментативную активность почвы. Присутствие в почве Cu не приводило к значительному снижению *уреазной* активности. Даже при высоких концентрациях, равных 10 ПДК, снижение составляло всего 6%, более того, при 5 ПДК наблюдалось увеличение активности фермента в 1,5 раза.

Загрязнение почвы Cu привело к повышению активности *протеазы* по сравнению с незагрязненными образцами: при 1 ПДК на 25%, при 5 ПДК – на 75%, при 10 ПДК – на 40% от контрольного значения.

Загрязнение почвы Cu также приводило к некоторому повышению *целлюлозолитической* активности: при 5 ПДК – 120%, при 10 ПДК – 110% от контрольного значения.

5.2. Влияние тяжелых металлов на общее количество микроорганизмов почв

Результаты изучения влияния ТМ на общее количество микроорганизмов в почве представлены на рисунке 2. Внесение в почву ТМ приводило к уменьшению этого показателя по сравнению с незагрязненными почвами.

В почве, загрязненной Cu в концентрации 1 и 5 ПДК, наблюдалось практически одинаковое количество микроорганизмов, которое составляло

74% от контрольной величины. При повышении концентрации Cu до 10 ПДК этот показатель снижался до 58%. При внесении в почву Zn количество микроорганизмов составило при 10 ПДК 41 % от контрольной величины. Наибольшее снижение численности микроорганизмов наблюдали в варианте опыта с внесением Pb. При этом при 10 ПДК количество микроорганизмов составило 37%. В случае внесения Cd максимальное снижение наблюдали при 5 ПДК, в то время как при 10 ПДК этот показатель увеличился и составил 67% от контроля. Возможно, что в силу высокой токсичности Cd присутствие его в больших концентрациях привело к отмиранию части растений и микроорганизмов, которые явились субстратом для развития новых клеток, что и способствовало увеличению их численности.

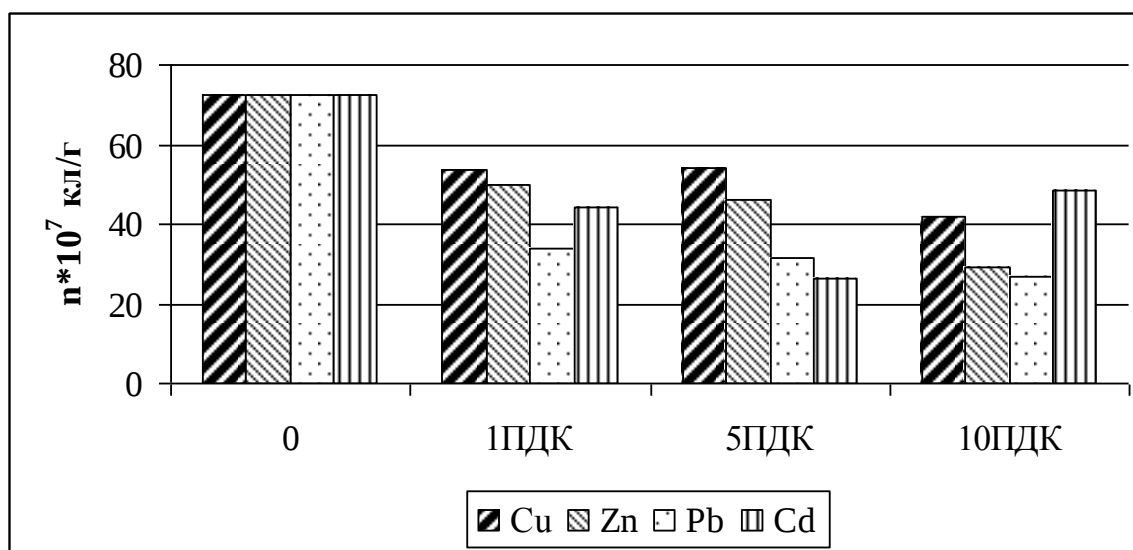


Рис. 2. Численность микроорганизмов в почве, загрязненной тяжелыми металлами

Таким образом, внесение ТМ металлов в почву приводило к снижению общего количества микроорганизмов. При этом наибольшее воздействие оказывало внесение в почву Pb.

ВЫВОДЫ

1. По степени антропогенной деградации в г.Сибай различаются следующие основные группы почв: а) целинные - ненарушенные почвы, не подверженные заметным механическим воздействиям; б) пахотные - садово-огородные почвы, без добавления насыпного гумусированного грунта, в) залежные – почвы бывших пахотных угодий, г) антропогенно-преобразованные – почвы, имеющие профили с измененной (улучшенной или ухудшенной) верхней частью и ненарушенной средней или нижней частью профиля, д) рекультивированные – насыпные почвы, сформированные при рекультивации различных территорий, е) погребенные – почвы с полностью или частично сохранным профилем, оставшиеся под отвалами и завалами грунтов, извлеченных из карьеров комбината.
2. В целом, черноземы обыкновенные, являющиеся фоновой почвой для территории города, обладают высокой толерантностью к влиянию факторов урбанизации. Тем не менее, они подвержены процессам физической деградации: ухудшению структурно-агрегатного состояния, уплотнению, снижению пористости и уменьшению мощности гумусоаккумулятивных горизонтов.
3. Анализ уровня загрязнения территории города показал, что почвы, расположенные в радиусе 0,5 км от Сибайской обогатительной фабрики, загрязнены Cu, Zn, Cd и Pb, а в радиусе 5 км – Cu, Zn и Cd. Уровень загрязненности почвы в радиусе 0,5 км от ИЗ, а также на расстоянии 5 км в восточном направлении от ИЗ, относится к категории высоко-опасного (суммарный показатель загрязнения Z_c равен 47) . Основной «вклад» при этом вносят Cu и Cd, а также Zn. Почвы остальных изученных территорий относятся к умеренно опасной категории загрязнения (Z_c колеблются в пределах от 19 до 33).
4. Эксперимент по оценке влияния тяжелых металлов на биологическую

активность почв выявил зависимость данного воздействия как от природы металла, так и его концентрации. По отношению к уреазе наиболее токсичным металлом является Cd, затем в убывающей последовательности Pb и Zn. Cu оказывает как стимулирующее (при концентрациях 1 и 5 ПДК), так и ингибирующее (при 10ПДК) влияние. По отношению к протеазе и целлюлазе наиболее токсичным является Pb. По степени угнетения активности в почвах, загрязненных ТМ, ферменты располагаются в ряду: уреазы > протеазы > целлюлаза.

Основные положения диссертационной работы изложены в публикациях:

В научных журналах, рекомендованных ВАК:

1. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т., Зулкарнаев А.Б. Влияние природных цеолитов на функциональную активность микробных сообществ, загрязненных тяжелыми металлами // Аграрная наука. 2011. №2. С. 12-14.
2. **Зулкарнаев А. Б.** Ильбулова Г.Р., Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т. Тяжёлые металлы в почвах города Сибай // Аграрная наука. 2011. № 4. С.10-11.
3. Семенова И.Н., **Зулкарнаев А.Б.**, Ильбулова Г.Р., Суюндуков Я.Т. Мониторинг микробных сообществ почв, расположенных в окрестностях Сибайской обогатительной фабрики, методом мультисубстратного тестирования // Фундаментальные исследования. 2011. № 9 (часть 1). С.139-141.
4. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., **Зулкарнаев А.Б.**, Суюндуков Я.Т. Влияние цеолитов на ферментативную активность чернозема обыкновенного при загрязнении свинцом // Вестник ОГУ. 2011. №12. С. 17-18.
5. Семенова И.Н., **Зулкарнаев А.Б.** Влияние цеолитов на ферментативную активность чернозема обыкновенного при загрязнении цинком //

Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. URL: www.science-education.ru/100-4916.

Список публикаций в других изданиях:

6. Суюндуков Я.Т., Ахметшина Л.А., **Зулкарнаев А.Б.** Урбанизированные почвы Башкирского Зауралья на примере города Сибай. Научные доклады региональной конференции «Неделя науки – 2007». Ч.1 Естественно-технические науки / изд-е Сибайского института БашГУ. Уфа: РИЦ БашГУ, 2007. С. 109-113.
7. Суюндуков Я.Т., **Зулкарнаев А.Б.** К проблеме изучения экологии городских почв (на примере г.Сибай). Проблемы и перспективы конкурентноспособного воспроизводства в Башкирском Зауралье / Материалы Республиканской научно-практической конференции (25 сентября 2008г.). Ч.III. Уфа: РИЦ БашГУ, 2008. С.179-182.
8. **Зулкарнаев А.Б.** Морфогенетическая характеристика почв города Сибай // Уральский регион Республики Башкортостан: Человек, природа, общество: Материалы региональной научно-практической конференции (11 ноября 2010 г). – Сибай: Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2010. С.270-273.
9. **Зулкарнаев А.Б.** Физическая деградация почв г.Сибай // Уральский регион Республики Башкортостан: Человек, природа, общество: Материалы региональной научно-практической конференции (18 ноября 2011 г). – Сибай: Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2011. С.260-264.
10. **Зулкарнаев А.Б.**, Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Влияние цеолитов и органических удобрений на численность микроорганизмов при загрязнении почв тяжелыми металлами // Уральский регион Республики Башкортостан: Человек, природа, общество: Материалы региональной научно-практической конференции (18 ноября 2011 г). – Сибай: Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2011. С.264-268.
11. **Зулкарнаев А.Б.**, Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Экологическая оценка

состояния городских почв, подверженных техногенному воздействию // Уральский регион Республики Башкортостан: Человек, природа, общество: Материалы региональной научно-практической конференции (18 ноября 2011 г). – Сибай: Изд-во ГУП РБ «СГТ», 2011. С.269-272.