

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ КАРЬЕРОВ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Семенова И.Н.<sup>1,2</sup>, Биктимерова Г.Я.<sup>1</sup>, Ильбулова Г.Р.<sup>2</sup>, Исанбаева Г.Т.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГАНУ Институт региональных исследований, г. Сибай Республики Башкортостан, Сибай, Россия (453830, Сибай Республика Башкортостан, ул. К.Цеткин, 2), e-mail: alexa-94@mail.ru

<sup>2</sup>Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Башкирский государственный университет» Сибай, Россия (453830, Сибай Республика Башкортостан, ул. Белова, 21)

---

Изучено загрязнение тяжёлыми металлами почв окрестностей трех карьеров по добыче полезных ископаемых – угля (Коркинский угольный разрез), известняка (Агаповское месторождение флюсовых известняков) и медно-цинковой руды (месторождение «Молодежное»). Объекты исследования расположены в Челябинской области, на территории которой находится большое количество разнообразных промышленных предприятий, являющихся источником загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами. В результате исследования выявлено, что валовое содержание меди в почвах варьировало от 11,8 до 136,3 мг/кг, содержание подвижных форм – от 3,5 до 19,3 мг/кг. Концентрация валовых форм Zn изменялась от 47,3 до 480,3 мг/кг, подвижных форм – от 5,5 до 89,8 мг/кг. Содержание подвижных форм Fe варьировало в пределах от 497,0 до 1309,5 мг/кг. Концентрация валовых форм Ni находилась в диапазоне от 26,0 до 84,5 мг/кг, подвижных форм – от 3,0 до 13,5 мг/кг. Концентрация валовых форм Cd изменялась от 0,3 до 1,3 мг/кг. Содержание кобальта, свинца и подвижной формы кадмия не превышало предельно допустимых концентраций. Наибольшее содержание тяжёлых металлов было выявлено в почвах окрестностей месторождения «Молодежное». Делается вывод о необходимости организации мониторинговых исследований на территориях региона, находящихся в зоне влияния действующих и отработанных объектов горнорудной промышленности.

---

Ключевые слова: тяжёлые металлы, месторождения полезных ископаемых, карьеры, горнорудная промышленность, Южный Урал.

## CONTENTS OF HEAVY METALS IN SOIL AROUND QUARRIES CHELYABINSK REGION

Semenova I.N.<sup>1,2</sup>, Biktimerova G.J.<sup>1</sup>, Ilbulova G.R.<sup>2</sup>, Isanbaeva G.T.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>State Autonomous Scientific Enterprise (SASE) Institute of Regional Studies, Sibai, Republic of Bashkortostan (2, K.Zetkin Str., Sibai, 453830), e-mail: alexa-94@mail.ru

<sup>2</sup>Sibaisky Institute (branch) «The Bashkir state University», Sibay, Republic of Bashkortostan, Russia (453838, Sibay, Belova street, 21)

---

Studied soil contamination with heavy metals neighborhoods three quarries mining – coal (Korkinsky coal mine), limestone (Agapovsky fluxing limestone deposit) and copper-zinc ore deposits («Molodezhnoye»). Research facilities are located in the Chelyabinsk region, in whose territory is a wide variety of industrial enterprises, which are a source of environmental contamination with heavy metals. The study revealed that the total content of copper in soils ranged from 11.8 to 136.3 mg / kg, the content of mobile forms - from 3.5 to 19.3 mg / kg. The concentration of total forms of Zn varied from 47.3 to 480.3 mg / kg, the mobile forms - ranging from 5.5 to 89.8 mg / kg. The content of mobile forms of Fe ranged from 497.0 to 1309.5 mg / kg. The concentration of total Ni forms ranged from 26.0 to 84.5 mg / kg, the mobile forms - ranging from 3.0 to 13.5 mg / kg. Cd concentration of total forms ranged from 0.3 to 1.3 mg / kg. The content of cobalt, lead and mobile forms of cadmium does not exceed the maximum allowable concentrations. The highest content of heavy metals in soils was determined neighborhoods field «Molodezhnoye». The conclusion about the necessity of monitoring studies in the region, located in the zone of influence of the existing waste facilities and mining industry.

---

Keywords: heavy metals, mineral deposits, quarries, mining, Southern Urals.

На территории Южного Урала расположены многочисленные месторождения медноколчеданных, скарново-магнетитовых, титано-магнетитовых, окисных никелевых и хромитовых руд, золота, а также нерудных полезных ископаемых, залежи угля. Наряду с естественными геохимическими аномалиями, связанными с рудной минерализацией,

существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносят предприятия черной и цветной металлургии, теплоэнергетики и автотранспорт.

Целью данного исследования явилось изучение загрязнения тяжелыми металлами (ТМ) почв окрестностей 3 разных карьеров по добыче полезных ископаемых – угля (Коркинский угольный разрез), известняка (Агаповское месторождение флюсовых известняков) и медно-цинковой руды (месторождение «Молодежное»).

Объектами исследования являются карьеры по добыче разных полезных ископаемых, расположенные на территории Челябинской области – района, включающего территории сосредоточения разнообразного спектра промышленных объектов. Эти условия способствуют накоплению различного рода ТМ в объектах окружающей среды, которые накладываются на естественный повышенный фон, что особенно хорошо видно в контрольных образцах, отобранных вдали от мест добычи и переработки полезных ископаемых.

Коркинский угольный разрез, расположенный в Коркинском районе Челябинской области, является одним из самых больших в мире разрезов по добыче угля и одним из самых крупных техногенных нарушений России, глубиной около 500 метров, диаметром около 4 км. Был открыт в 1931 году. На данный момент шахта Коркинская закрыта [6].

Агаповское месторождение флюсовых известняков расположено в Агаповском районе Челябинской области и разрабатывается открытым способом с применением взрывных работ с 1931 г. по настоящее время.

Месторождение медной руды «Молодежное», открытое в 1961 г., расположено в поселке Межозёрный Верхнеуральского района Челябинской области. В 1977 г. была начата вскрыша месторождения, а добыча медно-цинковой руды – в 1981 г. Руда отличалась высоким содержанием меди (2,6 %) и цинка (3,4 %). Отработка основных рудных тел осуществлялась более 25 лет и была завершена в начале 2003 г. Фактическая глубина карьера от земной поверхности оставляет от 200 до 260 м. В настоящее время производится доработка остальных, более мелких рудных тел, расположенных на дне и в бортах карьера.

### **Материалы и методы исследования**

Пробы почв были отобраны на пробных площадках на удалении 20, 50, 100, 500 и 1000 м от источника загрязнения. Отбор образцов почв из слоя 0–10 см методом «конверта», их транспортировка и хранение были проведены в соответствии с общепринятой методикой отбора проб для проведения почвенного мониторинга [3,4,5]. Валовое содержание ТМ (Cu, Zn, Pb, Cd, Fe, Mn, Ni, Co) и их подвижные формы, извлекаемые из почвы аммонийно-ацетатным буфером при pH 4,8, были определены методом атомной абсорбции в соответствии с методическими указаниями ЦИНАО [7]. Для оценки степени загрязнения

почв ТМ по меди, цинку, никелю, марганцу, свинцу и подвижному кадмию и кобальту были использованы общепринятые в экологии значения ПДК [1] либо ОДК для почв, близких к нейтральным, нейтральным (суглинистым и глинистым), рН КС1 > 5,5 [2], валовому содержанию железа, кобальта и кадмия – РГФ [8,9,10].

### Результаты исследования и их обсуждение

Данные по содержанию ТМ в исследуемых почвах приведены в таблице 1:

**Таблица 1**

Содержание ТМ в верхнем слое почвы окрестностей карьеров (мг/кг почвы)  
(жирным шрифтом выделены значения, превышающие ПДК либо РГФ)

Место отбора проб	Содержание тяжелых металлов (min-max), мг/кг							
	Cu	Zn	Fe	Ni	Mn	Cd	Pb	Co
Содержание валовых форм ТМ								
Коркинское месторождение	31,3- <b>127,3</b>	48,3- <b>262,0</b>	23700,0- <b>78100,0</b>	35,8-84,5	428,0-847,5	0,3- <b>1,3</b>	6,0-24,5	0,8-2,0
Агаповское месторождение	11,8- <b>57,0</b>	47,3- <b>480,3</b>	<b>34625,0-72950,0</b>	26,0-59,8	393,5-1160,5	0,3- <b>1,0</b>	17,3- <b>34,0</b>	0,3-3,0
Месторождение Молодежное	17,8- <b>136,3</b>	76,3- <b>177,5</b>	<b>39775,0-105525,0</b>	27,0-50,8	214,0-870,5	0,3- <b>1,3</b>	7,3-16,0	0,3-1,3
<b>ПДК /ОДК (*РГФ)</b>	<b>55/132 (49*)</b>	<b>100/220 (223*)</b>	<b>27533*</b>	<b>85/80</b>	<b>1500</b>	<b>/2,0 (0,22*)</b>	<b>32/130</b>	<b>15*</b>
Содержание подвижных форм ТМ								
Коркинское месторождение	<b>3,5-11,5</b>	5,5- <b>76,5</b>	545,0-1309,5	3,5- <b>9,8</b>	21,8-76,0	<0,001	0,3-1,0	<0,001
Агаповское месторождение	<b>6,0-13,8</b>	6,0- <b>57,0</b>	603,5-1219,8	3,5- <b>10,3</b>	18,5-60,5	<0,001	0,5-2,0	<0,001
Месторождение Молодежное	<b>9,5-19,3</b>	16,0- <b>89,8</b>	497,0-1305,8	3,0- <b>13,5</b>	11,0-76,8	<0,001	0,3-1,8	<0,001
<b>ПДК</b>	<b>3</b>	<b>23</b>	-	<b>4</b>	<b>140</b>	-	<b>6</b>	<b>5</b>

**Медь.** Валовой РГФ Cu установлен на уровне 49 мг/кг, для черноземов – 25 мг/кг.

Валовое содержание меди в изучаемых почвах варьировало в широких пределах от 11,8 до 136,3 мг/кг, и в основном находилось в пределах ПДК, за исключением пробных площадок, расположенных на удалении 20 м от Коркинского карьера и 100 и 1000 м – от месторождения «Молодежное». Содержание подвижных форм Cu в исследуемых почвах изменялось в пределах от 3,5 до 19,3 мг/кг и во всех случаях превышало ПДК, наибольшее количество отмечено в почвах окрестностей месторождения «Молодежное».

**Цинк.** РГФ для валового содержания Zn составляет 223, а ПДК 100 мг/кг. ПДК для подвижного цинка составляет 23 мг/кг. Концентрация валовых форм Zn была ниже РГФ и изменялась в пределах от 47,3 до 480,3 мг/кг, превышая ПДК в почвах некоторых площадок. Содержание подвижных форм Zn в исследуемых почвах варьировало в диапазоне от 5,5 до 89,8 мг/кг, превышая ПДК в 20 м от ИЗ в Коркинском и Агаповском карьерах, а в «Молодежном» – в 100-1000 м от ИЗ, достигая значений до 4 ПДК.

**Железо.** РГФ для валового содержания Fe установлен на уровне 27533 мг/кг, кларк – 25000 мг/кг. Валовое содержание Fe превышало кларк практически во всех изученных почвах, а содержание подвижных форм Fe варьировало в пределах от 497,0 до 1309,5 мг/кг.

**Никель.** РГФ для валового содержания Ni составляет 58,7 мг/кг, фон для черноземов – 45 мг/кг. Концентрация валовых форм Ni находилась в диапазоне от 26,0 до 84,5 мг/кг, в пределах ПДК. Содержание подвижных форм Ni в исследуемых почвах варьировало в пределах от 3,0 до 13,5 мг/кг, что превышало ПДК, в особенности, в почвах окрестностей Молодежного карьера.

**Марганец.** РГФ для валового содержания Mn в почвах исследуемых территорий составляет 525,4 мг/кг. Содержание валовых форм Mn находилось в диапазоне от 214,0 до 1160,5 мг/кг, что превышало РГФ, но было ниже уровня ПДК. Содержание подвижных форм Mn в исследуемых почвах варьировало в пределах от 11,0 до 76,8 мг/кг и не превышало допустимых значений.

**Кадмий.** РГФ для валового содержания Cd составляет 0,22 мг/кг/ Концентрация валовых форм Cd была значительно выше этой величины и изменялась в пределах от 0,3 до 1,3 мг/кг. Содержание подвижных форм Cd в исследуемых почвах во всех случаях значительно ниже ПДК.

**Свинец.** РГФ для валового содержания Pb составляет 21,8 мг/кг. Концентрация валовых форм Pb в почвах, находящихся под воздействием карьеров, варьировала от 6,0 до 34,0 мг/кг, но не превышала ПДК, за исключением площадки в 20 м от Агаповского карьера. Содержание подвижных форм Pb в исследуемых почвах было в пределах допустимых значений и варьировало от 0,3 до 2 мг/кг.

**Кобальт.** Для валовых форм РГФ установлен на уровне 15,0 мг/кг, для черноземов 15 мг/кг. Валовое содержание Co в почвах изученных карьеров изменялось от 0,3 до 3,0 мг/кг в пределах РГФ. Содержание подвижных форм металла значительно ниже ПДК.

Таким образом, в окрестностях карьеров по добыче полезных ископаемых (Коркинский угольный разрез, Агаповское месторождение флюсовых известняков, месторождение медно-цинковой руды «Молодежное»), а также на контрольных площадках вдали от мест добычи и переработки полезных ископаемых отмечено превышение ПДК по валовым формам Cu, Zn, Fe, Cd, по подвижным формам – по Cu, Zn, Ni. Значительное превышение меди и цинка в месторождении «Молодежное» по сравнению с другими связано с добычей медно-цинковой руды. Несмотря на прекращение разработки карьера, почвы его окрестностей по-прежнему остаются загрязненными ТМ, что создает угрозу экологической безопасности региона. Этот факт диктует необходимость организации мониторинговых исследований на территориях

региона, находящихся в зоне влияния действующих и отработанных объектов горнорудной промышленности.

### Список литературы

1. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. От 23 января 2006 г. – № 1.
2. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2042-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. От 23 января 2006 г. – № 2.
3. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
4. ГОСТ 4979-49. Почвы. Отбор, хранение и транспортировка проб. – М.: Изд-во стандартов, 1980.
5. ГОСТ 5681-84. Полевые исследования почвы. Порядок и способ определения работ. Основные требования к результатам. – М.: Изд-во стандартов, 1984.
6. Кабанов М.Ю. Угольный разрез «Коркинский»//Уголь. – 2005. – № 8. – С. 54-55.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 40 с.
8. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю. и др. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала: экологическое состояние фоновых территорий // Вестник СПбГУ. Сер. 7. – 2001. – Вып. 4. (№ 31). – С. 45-53.
9. Опекунова М.Г., Алексеева-Попова Н.В., Арестова И.Ю. и др. Тяжелые металлы в почвах и растениях Южного Урала. II. Экологическое состояние антропогенно нарушенных территорий // Вестник СПбГУ. Сер. 7. – 2002. – Вып. 1 (№ 7). – С. 63-71.
10. Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т., Ильбулова Г.Р. Биологическая активность почв как индикатор их экологического состояния в условиях техногенного загрязнения тяжелыми металлами. – Уфа: Гилем, 2012. – 196 с.

### Рецензенты:

Суюндуков Я.Т., д.б.н., профессор, директор ГАНУ Институт региональных исследований Республики Башкортостан, г. Сибай;

Янтурин С.И., д.б.н., профессор, зав. кафедрой экологии Сибайского института (филиала) Башгосуниверситета, г. Сибай.