

## ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЕРРИТОРИЙ ОТРАБОТАННЫХ РУДНИКОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ (НА ПРИМЕРЕ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ)

Семенова И.Н.<sup>1,3</sup>, Рафикова Ю.С.<sup>1,3</sup>, Суюндуков Я.Т.<sup>1</sup>, Рафиков С.Ш.<sup>2</sup>,  
Биктимерова Г.Я.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Государственное автономное научное учреждение «Институт стратегических исследований Республики Башкортостан», Сибай, e-mail: ifaganu@mail.ru;

<sup>2</sup>ГОУ ВПО БГМУ Минздрава РФ, Уфа;

<sup>3</sup>ГБУЗ Центральная городская больница г. Сибай, Сибай

---

В статье приведены результаты исследований содержания тяжелых металлов в почвах на территории бывших разработок месторождений полиметаллических руд, расположенной в Зауральской зоне Республики Башкортостан. Показано, что содержание металлов в почвенном покрове превышает предельно допустимые концентрации Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Cd, а также региональный геохимический фон по валовому содержанию Fe и Co. Наибольшие концентрации тяжелых металлов отмечены в почвах поселка Тубинск. В валовой форме основными загрязнителями почвы являются: Fe (45 %), Zn (14 %), Co (10 %), Cu (8 %), Cd (8 %), в подвижной – Fe (43,0 %), Cu (24,0 %), Zn (13 %) и Ni (6 %). Максимальная величина суммарного показателя загрязнения почвы отмечается на территории пос. Тубинск. По валовому содержанию все изученные территории относятся к высокоопасной категории загрязнения, по подвижным формам – территория пос. Тубинск имеет указанную категорию, остальные поселки – допустимую категорию загрязнения. Расчет риска неканцерогенных эффектов у жителей исследуемого региона при поступлении тяжелых металлов из почвы показал, что этот показатель не превышает  $1 \cdot 10^{-6}$ , следовательно, вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении металлов характеризуется как допустимая.

---

Ключевые слова: тяжелые металлы, отработанные рудники, Башкирское Зауралье.

## ECOLOGICAL AND HYGIENIC ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION BY HEAVY METALS ON THE TERRITORY OF THE MINE WASTE (IN TERMS OF TRANS-URALS BASHKORTOSTAN)

Semenova I.N.<sup>1,3</sup>, Rafikova Yu.S.<sup>1,3</sup>, Sujundukov Ja.T.<sup>1</sup>, Rafikov S.Sh.<sup>2</sup>,  
Biktimerova G.Ya.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Strategic researches of the Republic of Bashkortostan, Sibai, e-mail: ifaganu@mail.ru;

<sup>2</sup>Bashkir State Medical University, Ufa;

<sup>3</sup>Sibai Central City hospital, Sibai

---

The results of research of heavy metals in soils in the former development of polymetallic ore deposits, located in the Trans-Ural region of Bashkortostan Republic. It has been shown that the metal content in the soil cover is greater than the maximum permissible concentrations of Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Cd, and a regional geochemical background for the gross content of Fe and Co. The highest concentrations of heavy metals in soils marked village Tubinsk. The gross shape of the main pollutants of soil are: Fe (45 %), Zn (14 %), Co (10 %), Cu (8 %), Cd (8 %), a mobile – Fe (43,0 %), Cu (24,0 %), Zn (13 %) and Ni (6 %). The maximum value of the total soil pollution index marked on the territory of the village Tubinsk. On gross content of all the studied areas are high-risk category of pollution, the mobile forms – the territory of the village Tubinsk has the specified category, the remaining settlements – allowable pollution category. Calculation of non-carcinogenic effects of risk among residents of the study area for admission of heavy metals from the soil showed that this figure does not exceed  $1 \cdot 10^{-6}$ , therefore, the probability of a person of harmful effects is described as permissible in the daily admission of metals.

---

Keywords: heavy metals, waste mines, Bashkir Trans-Urals.

Геохимическая провинция Зауралья Республики Башкортостан характеризуется уникальным скоплением крупных месторождений медноколчеданных руд, а также наличием

коренных месторождений и россыпей золота, залежей хромитов, марганцевых руд, бокситов, пирофиллита, цеолитов и др. [3]. В почве, воде, произрастающей растительности и других объектах окружающей среды выявлен повышенный уровень ряда химических элементов, прежде всего Cu, Zn, Fe, Cd [1,6-12].

Горнодобывающие предприятия, ведущие в течение длительного времени интенсивную разработку месторождений медно-цинковой руды в Башкирском Зауралье (БЗ), являлись и являются одним из основных источников ухудшения экологического состояния природной среды в местах добычи, переработки минерального сырья и на территориях складирования отходов производства.

Помимо действующих горнорудных предприятий на данной территории расположены также отработанные карьеры и шахты, представляющие собой экологическую угрозу для населения расположенных вблизи них поселков. К сельским поселениям такого рода относятся поселки Ишмурзино, Тубинск и Семеновск Баймакского района, население которых в прошлом веке было занято на разработке крупных месторождений полиметаллических руд. В настоящее время в связи с истощением запасов руды разработка месторождений прекращена, и население занимается в основном сельскохозяйственным производством.

Несмотря на прекращение активной производственной деятельности экологические проблемы, в том числе связанные с повышенным содержанием тяжелых металлов в объектах окружающей среды, не потеряли своей актуальности.

Население, проживающее на территории геохимической провинции, подвержено воздействию двоякого рода: техногенному со стороны горнорудного производства (шахты, карьеры, обогатительные фабрики, отвалы породы, хвостохранилища) и природному, обусловленному повышенным содержанием ряда химических элементов в объектах окружающей среды.

Целью работы является гигиеническая оценка потенциальной опасности для здоровья населения со стороны приоритетных контаминантов почвы территорий отработанных рудников (на примере Баймакского района Республики Башкортостан).

Для достижения указанной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- Провести эколого-гигиеническое исследование почв территории пос. Ишмурзино, Тубинск, Семеновск, Уральское Баймакского района Республики Башкортостан и сформировать базу данных для идентификации опасности и оценки экспозиции факторов риска.
- Определить химическую нагрузку на организм жителей с оценкой риска здоровью от воздействия металлов.

## **Объекты и методы исследования**

Эколого-гигиенические исследования проведены на территории Зауральской зоны Республики Башкортостан (пос. Ишмузино, Тубинск, Семеновск, Уральское Баймакского района).

Образцы почв были отобраны методом конверта из десятисантиметрового слоя почвы в трех повторностях согласно общепринятой методике проведения почвенного мониторинга [4]. Пробы анализировались в соответствии МУ РД 52.18.685. В качестве экстрагента применяли 5М азотную кислоту. Подвижные формы соединений ТМ в почвах извлекались ацетатно-аммонийным буферным раствором с  $\text{pH} = 4,8$  (ААБ).

Для экотоксикологической оценки почв использовали предельно-допустимые концентрации (ПДК) ТМ для их валовых и подвижных форм [5]. Степень загрязнения почв ТМ оценивали по коэффициенту  $Z_c$ . Критические значения, характеризующие суммарное загрязнение  $Z_c$  по степени опасности, таковы: при  $Z_c < 16$  загрязнение считается допустимым; при  $16 < Z_c < 32$  умеренно опасным; при  $32 < Z_c < 128$  – высоко опасным [2,5].

Для обработки полученных данных использовали пакет прикладных программ STATISTICA 6.0.

Риски здоровью населения при воздействии тяжелых металлов оценивали согласно «Руководству по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (Р 2.1.10.1920-04).

Статистическую обработку результатов проводили с использованием компьютерного обеспечения спектрометра и пакета прикладных программ «Microsoft Excel» и «Statistica».

## **Результаты и обсуждение**

Почва как биологическая среда служит первичным звеном в пищевой цепочке человека, поэтому определение в ней уровня содержания токсичных элементов является важным для оценки антропогенного воздействия.

Накопление большинства элементов в почвах районов обусловлено их наличием в коренных породах, добываемых рудах, газопылевых выбросах предприятий-загрязнителей и трансрегиональным переносом с сопредельных территорий. В немалой степени на уровень содержания элементов в почве влияет направление и скорость господствующих ветров и, кроме того, ландшафтная обстановка.

Оценку степени загрязнения почвы химическими элементами проводили путем сравнения уровня содержания элемента в почве с ПДК. Данный норматив является комплексным интегральным показателем безвредного содержания химического вещества в почве. Отражая объективные закономерности взаимоотношений организма с химическим веществом почвы, ПДК позволяют предупредить отрицательное влияние токсикантов на

контактирующие среды и здоровье человека, сохранить барьерную функцию почвы, прогнозировать возможные изменения в связи существующим загрязнением почв. В ряде случаев ПДК для химических элементов не установлена, поэтому для расчетов мы использовали показатели регионального геохимического фона (РГФ) и среднее содержание в почвах мира (кларк).

Как показали исследования, почвенный покров на территории Баймакского района значительно загрязнен тяжелыми металлами. Среднее валовое содержание в почве составляет: Cu в пределах от 0,6 до 1,9 ПДК, Zn – от 1,2 до 3,9 ПДК, Fe – от 1,5 до 18,9 кларка, Ni – от 0,5 до 0,6 ПДК, Mn – от 0,9 до 1,5 ПДК, Pb – от 0,5 до 1,3 ПДК, Cd от 1,2 до 1,3 ПДК, Co от 1,3 до 1,6 РГФ. По содержанию в почве подвижных форм металлов уровень загрязнения территорий был гораздо выше, чем в валовой форме. По среднему содержанию подвижных форм выявлены следующие показатели: Cu в пределах от 4,0 до 7,4 ПДК, Zn – от 1,3 до 7,2 ПДК, Fe – от 3,4 до 25,6 кларка, Ni – от 1,0 до 1,9 ПДК, Mn – от 0,5 до 2,9 ПДК, Pb – от 0,9 до 1,0 ПДК, Cd от 0,3 до 1,0 ПДК, Co от 0,7 до 0,9 ПДК (рис. 1).

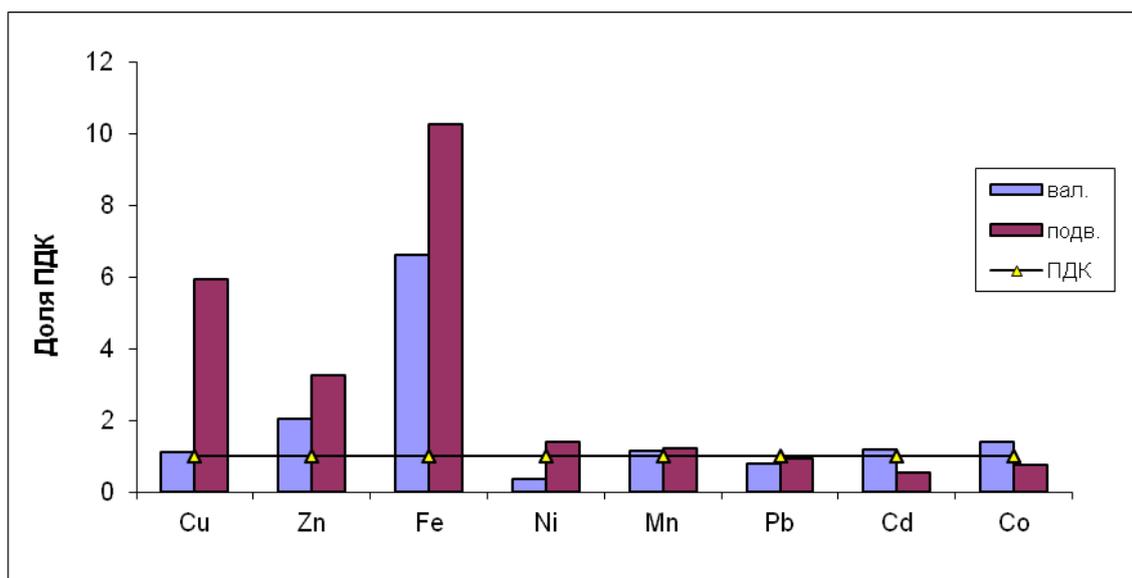
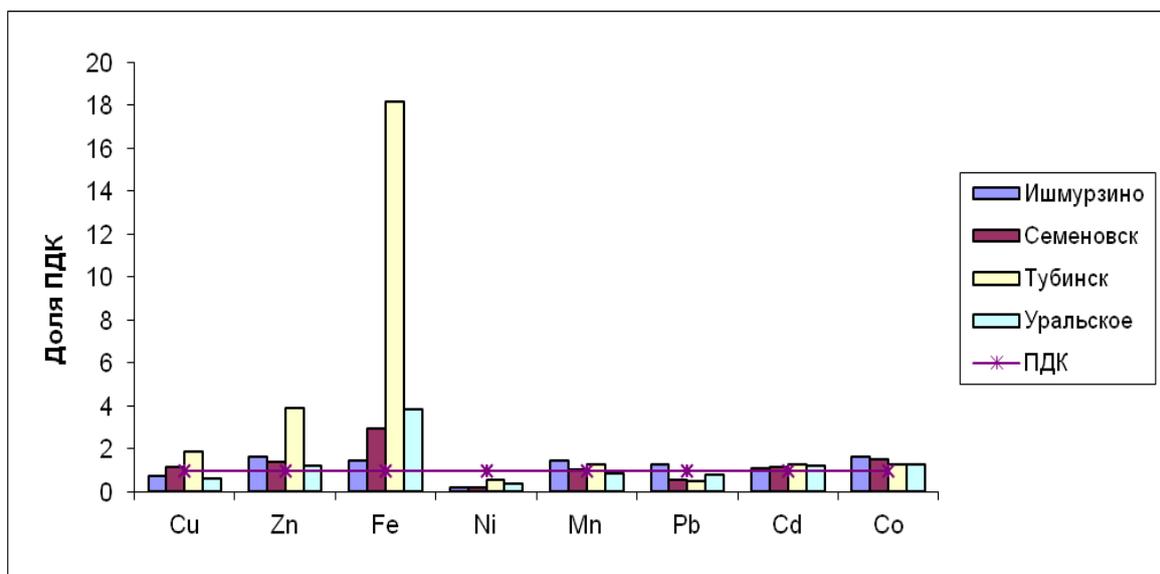
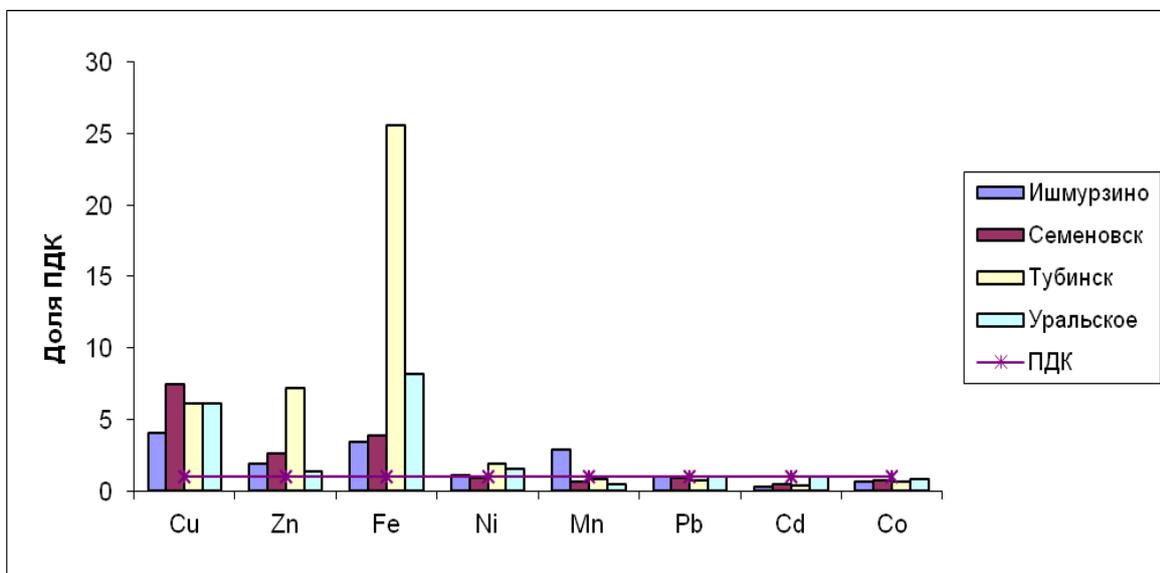


Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в почвах Баймакского района (в долях от ПДК)

Сравнительное изучение содержания тяжелых металлов в почвах изученных сел Баймакского района выявило, что наибольший уровень зарегистрирован на территории пос. Тубинск (превышение ПДК составило по валовому содержанию Cu 1,9 раз, Zn – 3,9 раз, превышение кларка по валовому содержанию Fe – 18,9 раз, по подвижным формам Cu – 6,1 раз, Zn – 7,1 раз, превышение кларка по валовому содержанию Fe – 25,6 раз) (рис.2).



А

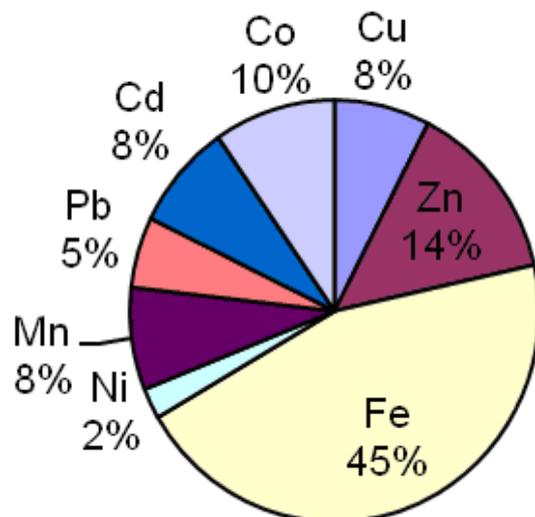


Б

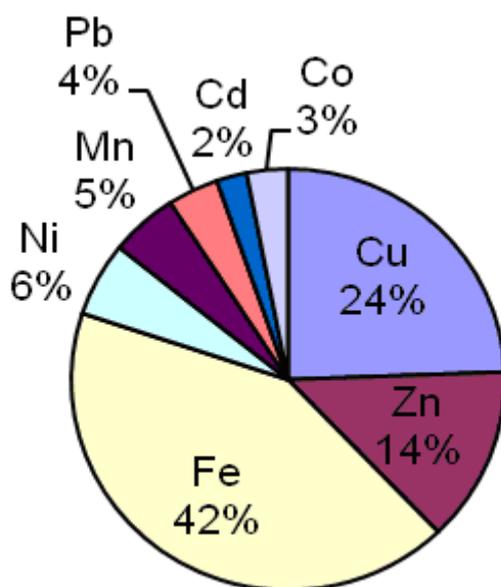
Рис.2. Среднее содержание тяжелых металлов в почвах сел Баймакского района (в долях от ПДК): А – валовое содержание, Б – подвижные формы

Максимальная величина суммарного показателя загрязнения почвы отмечается на территории пос. Тубинск. По валовому содержанию все изученные территории относятся к высокоопасной категории загрязнения, по подвижным формам – территория пос. Тубинск имеет указанную категорию, остальные поселки – допустимую категорию загрязнения.

На основании полученных результатов были определены основные металлы-контаминанты, представляющие наибольшую экологическую опасность для Баймакского района: в подвижной форме Fe (43,0 %), Cu (24,0 %), Zn (13 %) и Ni (6 %). В валовой форме основными загрязнителями почвы являются: Fe (45 %), Zn (14 %), Co (10 %), Cu (8 %), Cd (8 %) (рис.3).



А



Б

*Рис.3. Удельный вклад химических элементов в загрязненность почвенного покрова на территории Баймакского района (А – валовое содержание, Б – подвижные формы металлов)*

Расчет риска неканцерогенных эффектов у жителей исследуемого региона при поступлении тяжелых металлов из почвы показал, что этот показатель не превышает  $1 \cdot 10^6$ , следовательно, вероятность развития у человека вредных эффектов при ежедневном поступлении металлов характеризуется как допустимая.

### **Заключение**

Эколого-гигиенические исследования населенных пунктов, расположенных на

территории обработанных рудников Баймакского района Республики Башкортостан, выявили, что содержание металлов в почвенном покрове превышает ПДК Cu, Zn, Ni, Mn, Pb, Cd, а также региональный геохимический фон по валовому содержанию Fe и Co. Максимальные концентрации элементов отмечены в почвах пос. Тубинск. В валовой форме основными загрязнителями почвы являются: Fe (45 %), Zn (14 %), Co (10 %), Cu (8 %), Cd (8 %), в подвижной – Fe (43,0 %), Cu (24,0 %), Zn (13 %) и Ni (6 %).

*Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ и Правительством Республики Башкортостан научного проекта №15-16-02003.*

### Список литературы

1. Антропогенная трансформация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности /Я.Т. Суяндукоев, И.Н. Семенова, А.Б. Зулкарнаев, И.К. Хабиров. – Уфа: Гилем, 2014. –123 с.
2. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 3 с.
3. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и окружающей среды Республики Башкортостан в 2015 году // <https://ecology.bashkortostan.ru/upload/iblock/584/gosdoklad-2015.pdf>.
4. Опекунова М.Г. Биоиндикация загрязнений: учеб. пособие. – СПб.: Изд.-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 228 с.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.
6. Рафикова Ю.С. Содержание тяжелых металлов в питьевой воде юго-восточных районов Республики Башкортостан /Ю.С. Рафикова, И.Н. Семенова, Г.Я. Биктимерова // Естественные и технические науки. – 2016. – № 1 (91). – С. 20-23.
7. Семенова И.Н. Биологическая активность как индикатор техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами: дис. ... д-ра биол. наук. – Уфа: БГАУ, 2013. – 330 с.
8. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Сибай Республики Башкортостан тяжелыми металлами // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8-3. – С. 491-495.
9. Семенова И.Н., Ильбулова Г.Р., Биктимерова Г.Р., Бускунова Г.Г. Биологическая аккумуляция тяжелых металлов растениями в зоне воздействия горно-обогатительного комбината // Актуальные вопросы университетской науки. – Уфа, 2016. – С. 420-428.

10. Суюндуков Я.Т., Семенова И.Н., Зулкарнаев А.Б. Физическая и химическая деградация почв города Сибай в зоне влияния предприятий горнорудной промышленности (Южный Урал) // Экология урбанизированных территорий. – 2013. – № 1. – С.50-54.
11. Суюндуков Я.Т., Янтурин С.И., Сингизова Г.Ш. Накопление и миграция тяжелых металлов в основных компонентах антропогенных экосистем Башкирского Зауралья в зоне влияния объектов горнорудного комплекса. – Уфа: Гилем, 2013. – 155 с.
12. Усманов И.Ю., Семенова И.Н., Щербаков А.В., Суюндуков Я.Т. Эндемичные экологические ниши Южного (Башкирского) Зауралья: многомерность и флуктуирующие режимы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 1 (29). – С. 16-22.