

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ДОННЫХ ОСАДКАХ В РАЙОНЕ ХАЙДАРКАНСКОГО РТУТНОГО КОМБИНАТА

Кулданбаев Н.К.

Общественный фонд «Реласкоп», лаборатория гигиены окружающей среды и токсикологии  
Научно-производственного объединения «Профилактическая медицина» МЗ КР  
(доктор мед. наук, профессор А.А. Шаршенова)

Бишкек, Кыргызская Республика

**Резюме.** В работе изучено содержание тяжелых металлов в пробах почвы и донных осадках, отобранных в районе Хайдарканского ртутного комбината (Кыргызстан). Средние уровни Pb, Cd, Cu, Cr, As, Zn, Ni и Hg в почве и донных осадках исследуемого района превышали их установленные транслокационные ПДК от 1,3 до 41,0 раз. Суммарный показатель загрязнения почвы исследуемого района составляет 1083 отн. ед. Территория вдоль трассы Ош-Баткен в районе Хайдарканского ртутного комбината относится к категории чрезвычайно опасной и не может быть использована населением для сельскохозяйственных и других целей.

**Ключевые слова:** почва, гигиеническая оценка территорий, тяжелые металлы, ртуть.

## ХАЙДАРКАНДАГЫ СЫМАП КОМБИНАТЫ ЖАЙГАШКАН РАЙОНУНАН АЛЫНГАН ТОПУРАКТАГЫ ЖАНА ТӨМӨНКҮ ЧӨКМӨЛӨРДӨГҮ ООР МЕТАЛЛДАР

Кулданбаев Н.К.

Коомдук «Реласкоп» фонду, «Алдын алуучу медицина» Илимий-өндүрүштүк Бирикмеси,  
айлана-чөйрөнүн гигиенасы жана токсикология лабораториясы  
(медицина илимдеринин доктору, профессор А.А. Шаршенова)

Бишкек, Кыргыз Республикасы

**Корутунду.** Бул илимий иште Хайдаркандагы сымап комбинаты (Кыргызстан) жайгашкан районунан алынган топурактын жана төмөнкү чөкмөлөрдүн үлгүсүндө оор металлдар изилденген. Pb, Cd, Cu, Cr, As, Zn, Ni жана Hg орточо деңгээли изилдөөгө алынган райондун топурагында жана төмөнкү чөкмөлөрүндө аныкталган транслокациялык ЧМК (ПДК) 1,3 төн 41,0 эсе жогору болгон. Изилдөөгө алынган райондун жер кыртышынын булгануусунун суммардык көрсөткүчү салыштырмалуу 1083 бирдикти түзөт. Хайдаркандагы сымап комбинаты (Кыргызстан) жайгашкан районундагы Ош-Баткен жолундагы узатасынан кеткен территориялар өзгөчө кооптуу категорияга кирет жана калк тарабынан айыл чарбачылыгына жана башка максаттарга колдонууга мүмкүн эмес.

**Негизги сөздөр:** топурак, территорияны гигиеналык баалоо, оор металлдар, сымап.

## THE CONTENT OF HEAVY METALS IN SOILS AND SEDIMENTS NEARBY HAIDARKAN MERCURY PLANT

Kuldanbaev N. K.

Public Foundation «Relascope», Laboratory of environmental hygiene and toxicology of the Scientific and Production Center for Preventive Medicine  
(M.D., Prof. Ainash. A. Sharshenova)

Bishkek, Kyrgyz Republic

**Resume.** The content of heavy metals in soils and sediments sampled in the area of Haidarkan mercury plant (Kyrgyzstan) was studied in this paper. The average levels of Pb, Cd, Cu, Cr, As, Zn, Ni and Hg in soils and sediments of the study area exceeded their translocational MPC from 1,3 to 41,0 times. Total pollution index of the soil of the study area is 1083 relative units. The territory along of the Osh-Batken road near Haidarkan mercury plant is classified as extremely dangerous and cannot be used by people for agricultural and other purposes.

**Keywords:** soil, hygienic assessment of territories, mercury, heavy metals.

### Введение

При оценке влияния различных загрязняющих веществ на человека и природу, в том числе тяжелых металлов, поступающих через воздушную среду, исследованию содержания различных химических веществ в почве и донных осадках уделяется повышенное внимание.

Во-первых, эти объекты аккумулируют и хранят поллютанты в течение длительного периода времени, являясь индикаторами состояния окружающей среды. Во-вторых, это легкодоступные и информативные объекты при проведении исследований [1–8].

Систематический контроль качества и

свойств почвы позволяет выявлять изменения плодородия почвы, устанавливать возможное увеличение уровней загрязнителей, в том числе в результате неправильного землепользования. Это также дает возможность фермерам и управленцам на основе научных знаний использовать рекомендации по устойчивому управлению природными ресурсами [3, 9, 10].

**Цель:** анализ содержания тяжелых металлов в почве и донных осадках, отобранных вблизи Хайдарканского ртутного комбината, для гигиенической оценки территорий, используемых местным населением для сельскохозяйственной и различной хозяйственно-бытовой деятельности

## Материалы и методы

### Описание исследуемой местности

Поселок Хайдаркан, где работает одноименный ртутный комбинат, расположен в Хайдарканской впадине. Высота местности составляет 1700-2000 м над ур. м., которая ограничена Алай-Туркестанским хребтом на юге и горами Эшме – на севере. Средняя высота гор равняется 3000-4000 м над ур. м., высота пиков – более 5000 м, длина впадины – 50 км, ширина – от 10 до 40 км. Рельеф местности увалисто-волнистый и подгорно-низко-горный, сложен в основном рыхлыми отложениями четвертичного периода, пролювиальными конусами выноса из ущелий, образующих единый шлейф, который опоясывает подножье хребтов и гор. У перевала Хайдаркан расположен Хайдарканский ботанический заказник (для сохранения тюльпана) площадью 30 га [3, 11].

Климат в Хайдаркане является сухим континентальным климатом со среднегодовой температурой +6° С. Зимний средний минимум температуры составляет -20° С, а летний максимум – +25° С. Средний годовой уровень осадков – 415 мм [3, 11].

Ртутный комбинат в п. Хайдаркан начал свою деятельность в 1940 г. Главной продукцией комбината являются металлическая ртуть и ее соединения, а также сурьмяный и плавиковошпатовый концентраты. По первичным запасам металлов Хайдарканское ртутное месторождение относится к мировому уровню [11].

### Химический анализ почвы и донных осадков

Химический анализ проб почвы и донных осадков проводился в Центральной лаборатории Министерства природных ресурсов КР с

помощью атомно-эмиссионного спектрометра в соответствии со стандартными методами [12, 13, 16]. Отобранные образцы после предварительной обработки разлагались в царской водке, и раствор далее сканировался на содержание 29 химических элементов. Предел обнаружения прибора для Hg равнялся 0,5 мг/кг, что составляет ПДУ ртути в почве для населенных пунктов.

### Гигиеническая оценка почв

Для гигиенической оценки почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений, полученные значения по тяжелым металлам сравнивались с транслокационным показателем вредности – важным показателем при обосновании ПДК химических веществ в почве. Уровень транслокации определяет степень накопления токсикантов в продуктах питания [9, 10, 14, 15].

Оценка уровня химического загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводилась по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов (табл. 1) [15].

Таковыми показателями являются:

1. коэффициент концентрации химического вещества ( $K_c$ ), который определяется как отношение реального содержания вещества в почве ( $C$ ) к его фоновому значению ( $C_\phi$ ):

$$K_c = C/C_\phi \quad (1);$$

2. суммарный показатель загрязнения ( $Z_c$ ), который равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов и выражен следующей формулой:

$$Z_c = \sum_{j=1}^n K_{c_j}; \quad (2),$$

где  $n$  - число суммируемых элементов.

Оценка опасности загрязнения почвы комплексом металлов по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) проводилась по оценочной шкале, приведенной в табл. 1.

### Результаты исследования и их обсуждение Содержание тяжелых металлов в объектах окружающей среды

Результаты анализов проб почвы и донных осадков, отобранных вдоль трассы Ош-Баткен на протяжении п. Хайдаркан, приведены в табл. 2. Пробы донных осадков были отобраны по течению ручья «Шахтная» Хайдарканского ртутного комбината.

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Zc)

Категория загрязнения	Величина (Zc)	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечнососудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных)

### *Pb (свинец)*

Среднее содержание свинца в пробах почв и донных осадков, отобранных вдоль основной трассы п. Хайдаркан, было в 2 раза выше его транслокационной ПДК и составило  $71,1 \pm 30,1$  мг/кг. Эта величина превысила фоновый уровень свинца для региона Средней Азии в 3,5 раза, однако была в пределах ПДУ в 100 мг/кг. В отдельных пробах концентрация свинца в исследуемых объектах достигала величины в 606,3 мг/кг.

### *Cd (кадмий)*

Средняя концентрация кадмия в пробах окружающей среды (почва, донные осадки) изучаемой местности составила  $2,5 \pm 0,6$  мг/кг против его ПДК<sub>тр</sub> в 2 мг/кг, превысив тем самым его значение в 1,3 раза. Превышение регионального фонового уровня по кадмию составило 12,5 раза. Максимальная величина кадмия для почвы и донных осадков исследуемого участка составила 10,4 мг/кг.

### *Cu (медь)*

Средняя величина меди в пробах почв и донных осадков п. Хайдаркан была равна  $34,4 \pm 3,1$  мг/кг, которая превысила его транслокационную ПДК почти в 10 раз. Региональный фон меди был превышен в 1,8 раза, но оставался в пределах установленной ПДУ в 100 мг/кг. В отдельных пробах почвы и донных осадков уровень меди достигал 68,3 мг/кг.

### *Cr (хром)*

Среднее содержание хрома в почве и донных осадках, отобранных вдоль п. Хайдаркан в районе ртутного комбината, составило  $62,3 \pm 10,5$  мг/кг, которое превысило его транслокационную ПДК в 10 раз и региональный фон в 2 раза. Максимальное содержание хрома в почве и донных осадках исследуемой местности составило 225,8 мг/кг.

### *As (мышьяк)*

Высокое содержание мышьяка также было характерно для изучаемых объектов окружающей среды местности. Средняя концентрация мышьяка в почве была равна  $74,6 \pm 21,7$  мг/кг против его транслокационной ПДК в 1,8 мг/кг: превышение в 41 раза. Максимальная величина мышьяка в почве и донных осадках составила для изучаемой местности 382,8 мг/кг.

### *Zn (цинк)*

Средний уровень цинка в почве и донных осадках, отобранных вдоль трассы Ош-Баткен в районе Хайдарканского ртутного комбината, составил  $185,5 \pm 59,3$  мг/кг, который превысил его ПДК<sub>тр</sub> в 8 раз и региональный фон в 2,7 раза. При этом эта величина находилась в пределах установленной ПДУ в 300 мг/кг. Максимальная концентрация Zn в рассматриваемых объектах окружающей среды достигала 1282,6 мг/кг.

### *Ni (никель)*

Никель также не составил исключение для местности Хайдаркан: его средний уровень в пробах почвы и донных осадков

Таблица 2  
Содержание тяжелых металлов в пробах почвы и донных осадков, отобранных вдоль трассы Ош-Баткен на протяжении п. Хайдаркан и шахтных вод Хайдарканского ртутного комбината (n=21)

Элементы Кон-ция, мг/кг	Pb	Cd	Cu	Cr	As	Zn	Ni	Hg
ПДУ <sup>2</sup>	100	3	100	100	20	300	50	2
ПДК <sup>1</sup>	35	2	3,5	6	2	23	6,7	2,1
C	71,1±30,1	2,5±0,6	34,4±3,1	62,3±10,5	74,6±21,7	185,5±59,3	39,9±8,6	81,4±27,4
C <sub>φ</sub> <sup>3,4</sup>	20 <sup>4</sup>	0,2 <sup>3</sup>	19 <sup>4</sup>	31 <sup>4</sup>	1,8 <sup>3</sup>	69 <sup>4</sup>	16 <sup>4</sup>	0,08 <sup>3</sup>
K <sub>c</sub> = C/C <sub>φ</sub>	3,5	12,5	1,8	2	41	2,7	2,5	1017,5
Z <sub>c</sub> = ΣK <sub>c</sub> <sup>5</sup>	66							
max	606,3	10,4	68,3	225,8	382,8	1282,6	183,1	500,0
min	10,8	1,1	8,8	15,9	13,5	30,5	5,9	2,0

Примечания:

1. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Текст]. - М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. - 15 с.
2. Kloke, A. (1980). Contents of As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ni in Plants Grown on Contaminated Soil. Papers Presented to the Symposium on the Effects of Air-born Pollution on Vegetation, Bd. 109, H. 81, 192.
3. Taylor, S.R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. Geochimica et Cosmochimica Acta 28(8), 1273-1285.
4. Беспалытнов, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде [Текст] / Г. П. Беспалытнов, Ю. А. Кротов. - Л. : Химия, 1985. - 528 с.
5. Инструктивное письмо «О выполнении работ по определению загрязнения почв» №02-10/51-2333 от 10.12.1990 [Текст]. - М. : Госкомприрода СССР, 1990.

- 11 с.

равнялся  $39,9 \pm 8,6$  мг/кг, превысив тем самым его транслокационную ПДК в 6 раз и региональный фон в 2,5 раза. Максимальная концентрация никеля в исследуемых объектах окружающей среды составляла 183,1 мг/кг.

### *Hg (ртуть)*

В связи с тем, что основным продуктом Хайдарканского ртутного комбината является металлическая ртуть, было интересно рассмотреть содержание данного элемента в пробах почвы и донных осадков. Средняя концентрация ртути для исследуемых объектов окружающей среды равнялась  $81,4 \pm 27,4$  мг/кг, которая превысила его транслокационную ПДК и ПДУ в 41 раз, а региональный фон – более чем в 1000 раз. При этом максимальная концентрация ртути в пробах почвы и донных осадков достигала величины в 500 мг/кг.

Таким образом, по всем рассмотренным тяжелым металлам, которые относятся к I-III классам опасности по степени негативного воздействия на организм человека, были установлены превышения их транслокационных ПДК от 1,3 до 41 раз. Особое беспокойство вызывает факт широкого распространения ртути и сопутствующих при его производстве токсических веществ и элементов в окружающую среду района, которые далее по цепочке попадают в организм человека и животных.

Согласно В.Н. Богдецкому и соавт. (2009), шахтные воды Хайдарканского ртутного комбината без очистки отводятся в ручей «Шахтная». Эта вода используется жителями сел Эшме, Сур, Чечме для орошения земель общей площадью до 500 га (около четверти всех сельскохозяйственных земель Хайдарканской впадины), которые расположены ниже по течению. В самом же п. Хайдаркан использование воды на питьевое водоснабжение осуществляется полностью из поверхностных источников – с реки Гауян.

Результаты наших исследований подтверждают данные, указанные в отчете В.Н. Богдецкого и соавт. (2009). Согласно этому отчету, для ртути в сухом материале установлена величина в 126 мг/кг. При этом загрязнение окружающей среды ртутью, сурьмой, мышьяком идет преимущественно через воздушную среду через пыль при ветровой эрозии. Здесь же указано, что для данной местности потребление воды домашними животными вблизи хвостохранилища является частым явлением,

что вызывает особую озабоченность у местных жителей в плане дальнейшего воздействия токсических веществ на организм людей и животных.

### *Гигиеническая оценка территорий*

Гигиеническая оценка территорий с целью определения их экологического благополучия представляет повышенный практический интерес для органов здравоохранения. На основе результатов такой оценки должны проводиться соответствующие мероприятия по снижению вредных воздействий, в т.ч. профилактические. Для п. Хайдаркан эти мероприятия сегодня имеют особую актуальность: согласно данным Нацстаткома КР на 2009 г. общее количество населения поселка составляет 10957 чел., из них 50% - взрослое население и 50% - детское.

Для оценки опасности загрязнения почвы тяжелыми металлами в районе п. Хайдаркан был рассчитан показатель суммарного загрязнения почвы (табл. 2). Как видно из таблицы, для 7 тяжелых металлов суммарный показатель загрязнения почвы территории, размещенной вдоль трассы Ош-Баткен в районе Хайдарканского ртутного комбината, составил 66 отн. ед. без учета коэффициента ртути, а с учетом ртути – 1083 отн. ед., что позволяет классифицировать исследуемую местность как *чрезвычайно опасную*.

Согласно санитарно-гигиеническим требованиям, почва такой местности может быть использована только под технические культуры и должна быть полностью исключена из сельскохозяйственного использования. Однако на текущее время земли, расположенные вдоль ручья «Шахтная», применяются местными жителями для выращивания овощей, фруктов, а также используются для пастбищ и заготовки сена.

На участках категории *чрезвычайно опасная* необходимо вести постоянный контроль содержания токсических веществ в атмосферном воздухе и в местных водных объектах. Проживание людей в такой местности может явиться причиной увеличения заболеваемости, в первую очередь детей, а также нарушений репродуктивной функции женщин: увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофий новорожденных и т.п.

### **Выводы:**

1. Средние значения уровней содержания

свинца, кадмия, меди, хрома, мышьяка, цинка, никеля и ртути в почве и донных осадках, отобранных вдоль трассы Ош-Баткен в районе Хайдарканского ртутного комбината и ручья «Шахтная», превышали их установленные транслокационные ПДК от 1,3 раза до 41,0 раза.

2. Суммарный показатель загрязнения почвы исследуемого района с учетом содержания ртути составляет 1083 относительных единиц.

3. Территория вдоль трассы Ош-Баткен в районе Хайдарканского ртутного комбината по содержанию тяжелых металлов в почве и донных осадков относится к категории *чрезвычайно опасной* и не может быть использована населением для сельскохозяйственной деятельности и других целей.

## Благодарность

Работа была выполнена при поддержке проекта ТЕМР-СА (2008), финансируемой МИД Норвегии. Автор благодарит доктора, проф. Одда Эйлертсена с Норвежского института леса и ландшафта (г. Ос, Норвегия), доктора, проф. кафедры химии Университета Осло Рольфа Фогта за помощь в организации и выполнении полевых исследований.

## Литература:

1. Дмитриев М.Т., Казина Н.И., Клименко Г.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 95 с.
2. Зайнутдинова Д., Мурзаханов Р. Основные проблемы экологии в Узбекистане и приоритеты экологической политики // Экологическая безопасность и гражданская инициатива. – 2003. – №1. – С. 3-14.
3. Мамытов А.М. Почвенные ресурсы и вопросы земельного кадастра Кыргызской Республики. – Бишкек: Кыргызстан, 1996. – 240 с.
4. Brunetti, G., Farrag, K., Soler-Rovira, P. et al. (2012). Heavy metals accumulation and distribution in durum wheat and barley grown in contaminated soils under Mediterranean field conditions. *Journal of Plant Interactions*, 7(2), 160-174.
5. Lacatusu, R. (1998). Appraising levels of soil contamination and pollution with heavy metals. In: Heineke, H. J., Eckelmann, W., Thomasson, A. J. et al. (Eds.). *ESB Research Report №4: Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources. EUR 17729 EN. 546 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg*, 393-402.
6. Reis, A. P., Patinha, C., da Silva, E. F. et al. (2010). Assessment of human exposure to environmental heavy metals in soils and bryophytes of the central region of Portugal. *International Journal of Environmental Health Research*, 20(2), 87-113.

7. Tabatabai, M. A. (1982). Sulfur. In: Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph no. 9 (2<sup>nd</sup> ed.) ASA-SSSA, S. Segoe., Madison, WI 53711, USA*, 501-538.

8. Van, T. K., Kang, Y., Fukui, T. et al. (2006). Arsenic and heavy metal accumulation by *Athyrium yokoscense* from contaminated soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52(6), 701-710.

9. Неверова О.А. Биогеохимическая оценка городских почв (на примере Кемерово) // Гигиена и санитария. – 2004. – №2. – С. 18-21.

10. Романенко Н.А., Крятов И.А., Тонкопий Н.И. Методология оценки качества почвы для социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. – 2004. – №5. – С. 17-18.

11. Богдецкий В.Н., Ибраев К., Суюнбаева М. и др. Экономическая и инфраструктурная оценка. Обзор возможностей для альтернативного развития и потенциала для осуществления мер восстановления окружающей среды в районе Хайдаркана, Кыргызстан. – Бишкек-Женева, 2009. – 63 с.

12. Olsen, S. R. (1953). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *U. S. Department of Agriculture. Circular* 939.

13. Olsen, S. R., Sommers, L. E. (1982). Phosphorus. In: Page A. L., Miller R. H., Keeney D. R. (Eds.). *Methods of Soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph №9 (2nd edition) ASA-SSSA, S. Segoe., Madison, WI 53711, USA*, 403-430.

14. ГОСТ 12.1.007-76. Классификация и общие требования безопасности [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2007. – 7 с.

15. Инструктивное письмо «О выполнении работ по определению загрязнения почв» №02-10/51-2333 от 10.12.1990 [Текст]. – М.: Госкомприрода СССР, 1990. – 11 с.

16. Krogstad, T. (1992). *Methods for soil analysis (In Norwegian)*. NLH report №6. Institutt for Jordfag, Ås-NLH, ISSN 0803-1304. 32 pp.

17. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.

18. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве [Текст]. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с.

19. Allaway, W. H. (1968). Agronomic controls over the environmental cycling of trace elements. *Advan. Agronomy*, 29, 235-274.

20. Kloke, A. (1980). Contents of As, Cd, Cr, Pb, Hg and Ni in Plants Grown on Contaminated Soil. *Papers Presented to the Symposium on the Effects of Air-born Pollution on Vegetation*, Bd. 109, H. 81, 192.

21. Taylor, S. R. (1964). Abundance of chemical elements in the continental crust; a new table. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 28(8), 1273-1285.