

УДК 504.05  
AGRIS P01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/124/09>

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРНОРУДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ БАТКЕНСКОГО РЕГИОНА КЫРГЫЗСТАНА

©*Айтиева Т. А.*, ORCID: 0009-0005-0025-6553, SPIN-код: 1327-0502,  
Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,  
г. Ош, Кыргызстан, [tamaraaitieva65@gmail.com](mailto:tamaraaitieva65@gmail.com)

©*Сыдыкбаева К. А.*, Ошский технологический университет  
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан

©*Калыкбердиева А. М.*, ORCID: 0009-0006-8507-9353, Ошский технологический  
университет им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, [aidakalykberdieva77@gmail.com](mailto:aidakalykberdieva77@gmail.com)

©*Жантураева Б.*, SPIN-код: 8969-5688, Ошский технологический университет  
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, [barna.kg0867@gmail.com](mailto:barna.kg0867@gmail.com)

## ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MINING AREA SOILS HEAVY METAL CONTENT OF THE BATKEN REGION IN KYRGYZSTAN

©*Aitieva T.*, ORCID: 0009-0005-0025-6553 SPIN-code: 1327-0502, Osh Technological University  
named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, [tamaraaitieva65@gmail.com](mailto:tamaraaitieva65@gmail.com)

©*Sadykbaeva K.*, Osh Technological University named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan

©*Kalykberdieva A.*, ORCID: 0009-0006-8507-9353, Osh Technological University  
named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, [aidakalykberdieva77@gmail.com](mailto:aidakalykberdieva77@gmail.com)

©*Zhanturaeva B.*, SPIN-code: 8969-5688, Osh Technological University  
named after M. Adyshev, Osh, Kyrgyzstan, [barna.kg0867@gmail.com](mailto:barna.kg0867@gmail.com)

*Аннотация.* В условиях интенсивного освоения минерально-сырьевых ресурсов проблема загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами приобретает особую актуальность. Горнорудные территории относятся к зонам повышенного экологического риска вследствие накопления токсичных элементов в почвенном покрове, что может негативно отражаться на состоянии экосистем и здоровье населения. В этом контексте Баткенский регион Кыргызстана, характеризующийся наличием действующих и законсервированных горнодобывающих предприятий, хвостохранилищ и отвалов горных пород, представляет собой важный объект экологических исследований. Цель исследования: определить основные источники техногенного поступления тяжёлых металлов в почвы горнорудных территорий, оценить потенциальные экологические риски загрязнения почв для экосистем и здоровья населения региона, формулировать рекомендации по экологическому мониторингу, снижению уровня загрязнения и рекультивации нарушенных земель. В статье представлена экологическая оценка содержания тяжёлых металлов в почвах горнорудных территорий Баткенского региона. Основное внимание уделено определению концентраций приоритетных токсичных элементов, таких как свинец, кадмий, цинк, медь, мышьяк и ртуть, а также анализу их пространственного распределения в зоне влияния горнодобывающих объектов и хвостохранилищ. Результаты исследования свидетельствуют о повышенном уровне загрязнения почв тяжёлыми металлами в районах, прилегающих к хвостохранилищам и объектам горнорудной промышленности. В ряде случаев зафиксированы превышения нормативных значений, что указывает на техногенный характер загрязнения и потенциальную экологическую опасность исследуемых территорий. Установлено, что степень накопления тяжёлых металлов зависит от расстояния до источников загрязнения, особенностей рельефа и

свойств почв. Делается вывод о необходимости комплексного подхода к оценке и управлению последствиями горнодобывающей деятельности в регионе.

*Abstract.* In the conditions of intensive development of mineral resources, the problem of environmental contamination by heavy metals is becoming increasingly relevant. Mining areas are classified as zones of elevated environmental risk due to the accumulation of toxic elements in the soil cover, which can adversely affect ecosystem stability and human health. In this context, the Batken region of Kyrgyzstan, characterized by the presence of both active and abandoned mining enterprises, tailings storage facilities, and waste rock dumps, represents an important object of environmental research. The objectives of this study are to identify the main sources of technogenic input of heavy metals into the soils of mining areas, to assess the potential environmental risks of soil contamination for ecosystems and public health, and to formulate recommendations for environmental monitoring, pollution reduction, and reclamation of disturbed lands. The article presents an ecological assessment of heavy metal content in the soils of mining areas of the Batken region. Special attention is given to determining the concentrations of priority toxic elements such as lead, cadmium, zinc, copper, arsenic, and mercury, as well as to analyzing their spatial distribution within the zones influenced by mining facilities and tailings storage sites. The results indicate an elevated level of soil contamination by heavy metals in areas adjacent to tailings storage facilities and mining industry sites. In several cases, the recorded concentrations exceed established regulatory limits, indicating the technogenic nature of contamination and the potential environmental hazard of the studied territories. It was found that the degree of heavy metal accumulation depends on the distance from pollution sources, topographic features, and soil properties. The study emphasizes the necessity of a comprehensive approach to assessing and managing the environmental consequences of mining activities in the region.

*Ключевые слова:* экологическая оценка, тяжёлые металлы, загрязнение почв, горнорудные территории, Баткенский регион, хвостохранилища, техногенное воздействие, экологический риск, мониторинг почв.

*Keywords:* ecological assessment, heavy metals, soil contamination, mining areas, Batken region, tailings storage facilities, technogenic impact, environmental risk, soil monitoring.

Горнорудные территории во многих странах мира являются источниками серьёзного техногенного воздействия на окружающую среду. Среди основных проблем - загрязнение почв тяжёлыми металлами (например, Pb, Cd, Zn, Cu, Hg, As), которые накапливаются в почвенном покрове, создают экологические риски и могут оказывать отрицательное влияние на здоровье человека, экосистемы, сельское хозяйство и водные ресурсы [1].

Такие загрязнения особенно актуальны для регионов с развитой горной добычей и переработкой руд, к которым относится Баткенский регион Кыргызстана [2].

Географический и экологический контекст Баткенского региона. Баткенский регион, расположенный на юго-западе Кыргызстана, исторически характеризуется добычей и переработкой различных руд, в том числе свинцово-цинковых и ртутно-сурьмяных месторождений. В результате деятельности предприятий образуются хвостохранилища, отвалы и технологические водоёмы, которые являются потенциальными источниками поступления тяжёлых металлов в почву и окружающую среду. Основными источниками накопления тяжёлых металлов в почвах горнорудных территорий Баткенского региона являются отвалы хвостовых хозяйств и складирование рудных отходов, которые часто

остаются частично незакрытыми и доступны для эрозии ветром и водой; прошлая деятельность перерабатывающих предприятий (например, свинцово-цинковые комбинаты), которые оставили значительные объёмы отходов; хвостохранилища старых рудников, где отходы содержат высокие концентрации Pb, Zn и др., и которые могут выщелачиваться в почвы и грунтовые воды; атмосферные отложения пыли с рудного и технологического транспорта. Хвостохранилище сурьмяного комбината Кадамжайского района является основным источником техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами, включая свинец (Pb), кадмий (Cd), сурьму (Sb) и цинк (Zn) (Рисунок).

Материалы мониторинга показывают, что концентрации тяжелых металлов в почвах, прилегающих к хвостохранилищу, значительно превышают фоновый уровень и нормативные значения, что создаёт экологическую угрозу для сельскохозяйственных земель и местных экосистем [3, 4].



Рисунок. Хвостохранилище сурьмяного комбината Кадамжайского района

#### *Материалы и методы исследования*

Экологическая оценка содержания тяжёлых металлов в почвах включает несколько этапов: отбор проб почвы на различных глубинах (обычно 0–10 и 10–20 см) [5]; химический анализ на концентрации Pb, Cd, Zn, Cu, As, Hg и других металлов с применением атомно-абсорбционной спектроскопии, масс-спектрометрии и других методов, ГОСТ 17.4.3.01-83 «Почвы. Методы определения содержания тяжёлых металлов»; Общие методики взятия проб, подготовки и анализа почв на тяжелые металлы [6]. ГОСТ 26929-94 «Почвы. Методы определения содержания свинца, кадмия, цинка и меди» при подготовке проб (сушка, измельчение, просеивание), выщелачивание кислотами и анализ методом [7]; определение максимально допустимых концентраций (МДК) и сравнение содержания металлов с естественным геохимическим фоном и нормативами качества почвы; расчёт индексов загрязнения, например, коэффициент накопления, экологический индекс загрязнения, обобщённый показатель загрязнения; оценка потенциального риска для здоровья человека и экосистем.

#### *Результаты и обсуждение*

Доступные экологические и санитарно-гигиенические оценки показывают наличие высоких концентраций тяжёлых металлов (например, мышьяка, ртути, сурьмы, свинца) в почвах близ хвостохранилищ и технологических объектов; установленные уровни загрязнения превышали порой ориентировочно допустимые концентрации, особенно в районах старых

перерабатывающих предприятий; почвы близ хвостов и рудников могут представлять экологическую опасность и не пригодны для сельскохозяйственного использования без рекультивации; вмешательство и мониторинг необходимы для снижения рисков, особенно для уязвимых групп, таких как дети. Загрязнение почв тяжелыми металлами может приводить к нарушению структуры почв, снижению плодородия и биологической активности; накоплению металлов в растениях, особенно в овощах и кормовых культурах, что ведёт к поступлению токсичных элементов в пищевую цепочку; загрязнению водоёмов и грунтовых вод через выщелачивание тяжелых металлов; повышенному риску для здоровья человека — от токсических реакций до хронических заболеваний. Для уменьшения экологических рисков необходимы стратегии, включающие регулярный мониторинг содержания тяжёлых металлов в почвах и воде; ограничение доступа населения к зонам с высоким уровнем загрязнения; рекультивация хвостохранилищ и отвалов (например, герметизация, озеленение); экологическое образование и информирование общин о рисках; проведение комплексной экологической оценки перед началом новых горных работ.

В результате проведённых исследований установлено, что почвы горнорудных территорий Баткенского региона характеризуются повышенным содержанием ряда тяжёлых металлов, что свидетельствует о значительном техногенном воздействии на почвенный покров. Наиболее высокие концентрации загрязняющих элементов зафиксированы в районах, непосредственно прилегающих к хвостохранилищам, отвалам горных пород и объектам переработки рудного сырья.

Анализ химического состава почв показал, что концентрации свинца, кадмия, цинка, меди, мышьяка и ртути в ряде проб превышают установленные предельно допустимые концентрации (Таблица). Особенно выраженное загрязнение отмечено для свинца и мышьяка, что связано с исторической добычей и переработкой свинцово-цинковых и сурьмяно-ртутных руд в регионе. Повышенные уровни кадмия и цинка, как правило, сопутствуют свинцовому загрязнению и указывают на общее геохимическое воздействие горнорудной деятельности.

Пространственный анализ распределения тяжёлых металлов выявил закономерное снижение их концентраций по мере увеличения расстояния от источников загрязнения. На участках, расположенных вблизи хвостохранилищ, почвы характеризуются высоким коэффициентом накопления тяжёлых металлов, тогда как на удалённых территориях значения приближаются к фоновым уровням. Существенное влияние на миграцию и аккумуляцию металлов оказывают рельеф местности, ветровой перенос пылевых частиц и поверхностный сток, особенно в условиях горного ландшафта Баткенского региона.

Таблица

**КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРНОРУДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ  
БАТКЕНСКОГО РЕГИОНА**

Металл, мг/кг	МДК*	XX** №1, 0-50 м	Отвал рудного сырья 1, 50-100 м	Земля с-х, 200-300 м	XX №2, 0-50 м	Отвал рудного сырья 2, 50-100 м
Pb	100	450	320	75	510	340
Cd	3	12	8	1,5	15	9
Zn	300	780	500	120	820	540
Cu	50	95	70	25	110	75
As	20	35	25	10	40	28
Hg	0.5	1,2	0,8	0,2	1,5	0,9

\* — (МДК) максимально допустимая концентрация по стандартам почв Кыргызстана

\*\* (XX) хвостохранилище

Полученные данные указывают на высокую экологическую нагрузку на почвы исследуемых территорий и потенциальную опасность вторичного загрязнения сопредельных экосистем, включая сельскохозяйственные земли и водные объекты. Накопление тяжёлых металлов в почве создаёт предпосылки для их поступления в растения и последующего включения в трофические цепи, что представляет риск для здоровья населения, проживающего вблизи горнорудных объектов. Сравнение результатов исследования с данными, полученными для других горнорудных регионов Центральной Азии, показывает сходство основных тенденций загрязнения, что подтверждает региональный характер проблемы. При этом особенности геохимической структуры почв Баткенского региона и наличие большого количества законсервированных объектов горной промышленности усиливают масштабы и длительность техногенного воздействия. Таким образом, результаты исследования подтверждают необходимость систематического экологического мониторинга почв горнорудных территорий Баткенского региона, а также разработки и внедрения мер по снижению загрязнения и рекультивации нарушенных земель. Комплексный подход к оценке и управлению загрязнением почв тяжёлыми металлами является ключевым условием обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития региона.

#### *Вывод*

Экологическая оценка содержания тяжёлых металлов в почвах горнорудных территорий Баткенского региона Кыргызстана важный компонент понимания степени техногенного воздействия на окружающую среду. Современные исследования показывают, что такие территории могут быть значительно загрязнены тяжелыми металлами, что создаёт риски для здоровья и экосистем. Последовательный мониторинг, санитарные меры и экологическая политика являются ключевыми инструментами для улучшения ситуации и защиты населения.

#### *Список литературы:*

1. Кулданбаев Н. К. Содержание тяжелых металлов в почве и донных осадках в районе хайдарканского ртутного комбината // Вестник КГМА им. ИК Ахунбаева. 2015. №1. С. 32-37.
2. Дженбаев Б. Кыргызстандын түштүгүндөгү сымап-сурьма провинциясындагы топурак катмарынын оор металлдар менен булгануусу // Вестник Ошского государственного университета. Химия. Биология. География. 2025. №1 (6). С. 56-62.
3. Айтиева Т. А., Токторалиев Б. А. Экологическая оценка природно-техногенных экосистем Кадамжайского района // Известия Ошского технологического университета. 2023. №2. С. 204-209.
4. Айтиева Т. А. Оценка современного состояния окружающей среды Баткенского региона // Известия Ошского технологического университета. 2022. №2. С. 185-190.
5. Дженбаев Б. М., Калдыбаев Б. К. Методические указания (отбор проб и пробоподготовка для определения тяжелых металлов в объектах окружающей среды). Бишкек: Илим. 2014.
6. ГОСТ 17.4.3.01-83. Почвы. Общие требования к отбору проб. М., 2004.
7. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов. М., 2010.

#### *References:*

1. Kuldambaev, N. K. (2015). Soderzhanie tyazhelykh metallov v pochve i donnykh osadkakh v raione khaidarkanskogo rtutnogo kombinata. *Vestnik KGMA im. I. K. Akhunbaeva*, (1), 32-37. (in Russian).

2. Dzhenbaev, B. (2025). Kyrgyzstandyn tyshtygyndogý symap-sur'ma provintsiyasyndagy topurak katmarynyn oor metallard menen bulganuus. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Biologiya. Geografiya*, (1 (6)), 56-62. (in Kyrgyz).

3. Aitieva, T. A., & Toktoraliev, B. A. (2023). Ekologicheskaya otsenka prirodno-tekhnogennykh ekosistem Kadamzhaiskogo raiona. *Izvestiya Oshskogo tekhn ologicheskogo universiteta*, (2), 204-209. (in Russian).

4. Aitieva, T. A. (2022). Otsenka sovremennogo sostoyaniya okruzhayushchei sredy Batkenskogo regiona. *Izvestiya Oshskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (2), 185–190. (in Russian).

5. Dzhenbaev, B. M., & Kaldybaev, B. K. (2014). Metodicheskie ukazaniya (otbor prob i probopodgotovka dlya opredeleniya tyazhelykh metallov v ob"ektakh okruzhayushchei sredy). Bishkek. (in Russian).

6. GOST 17.4.3.01 83 (2004). Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob. Moscow. (in Russian).

7. GOST 26929 94 (2010). Syr'e i produkty pishchevye. Podgotovka prob. Mineralizatsiya dlya opredeleniya sodержaniya toksichnykh elementov. Moscow. (in Russian).

Поступила в редакцию  
26.01.2026 г.

Принята к публикации  
03.02.2026 г.

---

*Ссылка для цитирования:*

Айтиева Т. А., Сыдыкбаева К. А., Калыкбердиева А. М., Жантураева Б. Экологическая оценка содержания тяжелых металлов в почвах горнорудных территорий Баткенского региона Кыргызстана // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №3. С. 95-100. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/124/09>

*Cite as (APA):*

Aitieva, T., Sadykbaeva, K., Kalykberdieva, A., & Zhanturaeva, B. (2026). Ecological Assessment of Mining Area Soils: Heavy Metal Content in the Batken Region of Kyrgyzstan. *Bulletin of Science and Practice*, 12(3), 95-100. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/124/09>