

УДК 504.05  
AGRIS F30

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/126/14>

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН БАТКЕНСКОГО РЕГИОНА ПРОБЛЕМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

©*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*

©*Калыкбердиева А. М.*, ORCID: 0009-0006-8507-9353,

*Ошский технологический университет им. М. М. Адышева,  
г. Ош, Кыргызстан, aidakalykberdieva77@gmail.com*

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

©*Жантураева Б.*, *Ошский технологический университет  
им. М. М. Адышева, г. Ош, Кыргызстан, barna.kg0867@gmail.com*

## ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF INDUSTRIAL ZONES IN THE BATKEN REGION PROBLEMS OF HEAVY METAL POLLUTION

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

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

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

©*Zhanturaeva B.*, *Osh Technological University named after M. Adyshev,  
Osh, Kyrgyzstan, barna.kg0867@gmail.com*

*Аннотация.* Экологическая ситуация в Баткенской области Кыргызстана в 2026 году остается одной из наиболее сложных в Центральноазиатском регионе. Это обусловлено многолетней деятельностью горнодобывающих и металлургических предприятий, оставивших после себя масштабное техногенное наследие. Цели исследования: провести анализ проблем загрязнения тяжелыми металлами промышленных зон региона. Материалы и методы исследования: объектом исследования являлись промышленные зоны Баткенского региона Кыргызской Республики, характеризующиеся наличием горнодобывающих, перерабатывающих и вспомогательных промышленных предприятий. Особое внимание уделялось территориям, расположенным вблизи хвостохранилищ, рудников, металлургических объектов, а также зонам с высокой антропогенной нагрузкой. Результаты расчетов показывают, что почвы промышленных зон Баткенского региона характеризуются многокомпонентным загрязнением, при этом кадмий и свинец являются приоритетными загрязнителями и формируют основной экологический риск. В перспективе для снижения экологической нагрузки и минимизации рисков для здоровья населения целесообразно внедрение комплекса природоохранных мероприятий, направленных на рекультивацию загрязненных территорий, модернизацию промышленных объектов, снижение выбросов и сбросов загрязняющих веществ, а также повышение экологической осведомленности населения.

*Abstract.* Research relevance: the environmental situation in the Batken Oblast of Kyrgyzstan in 2026 remains one of the most challenging in the Central Asian region. This is due to the long-term activities of mining and metallurgical enterprises, which have left behind a large-scale technogenic

legacy. Objectives of the study: to analyze the problems of heavy metal pollution in the industrial zones of the region. The objects of the study were industrial zones of the Batken region of the Kyrgyz Republic, characterized by the presence of mining, processing, and auxiliary industrial enterprises. Particular attention was paid to areas located near tailings storage facilities, mines, metallurgical sites, as well as zones with a high anthropogenic load. The calculation results show that the soils of the industrial zones of the Batken region are characterized by multicomponent pollution, with cadmium and lead being the priority pollutants and forming the main environmental risk. Conclusions: in the long term, in order to reduce the environmental burden and minimize risks to public health, it is advisable to implement a complex of environmental protection measures aimed at the reclamation of contaminated areas, modernization of industrial facilities, and the reduction of pollutant emissions.

*Ключевые слова:* экологическая оценка, Баткенский регион, проблемы загрязнения, тяжелые металлы, источники загрязнения.

*Keywords:* environmental assessment, Batken region, pollution problems, heavy metals, sources of pollution.

Основными центрами экологического напряжения в Баткенском регионе являются города Кадамжай, Айдаркен и поселок Советский. Главными источниками загрязнения являются хвостохранилища и отвалы, объекты бывшего Кадамжайского сурьмяного комбината и Хайдарканского ртутного комбината (Рисунок 1 и 2).



Рисунок 1. Хвостохранилище сурьмяного комбината Кадамжайского района

Хвостохранилище – это комплекс специальных сооружений и оборудования, которые предназначены для хранения или захоронения радиоактивных, токсичных и других отходов горноперерабатывающей промышленности [1].

Айдаркенский (Хайдаркенский) ртутный завод (ХРЗ) расположенный в городе Айдаркен Кадамжайского района Баткенской области, остается одним из крупнейших производителей

первичной ртути в мире. Производства ртути привело к наследственному загрязнению окружающей среды. Хайдаркенский ртутный завод охватывает около 1417 га [2].

Несмотря на снижение мощностей по сравнению с советским периодом, предприятия продолжают оказывать нагрузку на экосистему. Воздушные и водные потоки разносят частицы металлов на сопредельные территории Узбекистана и Таджикистана. Исследования фиксируют превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по следующим тяжелым металлам:

*Ртуть (Hg)*. Основной загрязнитель в районе Айдаркена. Ртуть обладает высокой способностью к биоаккумуляции и миграции в пищевых цепях.

*Сурьма (Sb)*. Концентрируется в районе Кадамжая. Сурьма и её соединения токсичны, поражают сердечно-сосудистую и нервную системы.

*Мышьяк (As)*. Часто сопутствует добыче сурьмы и ртути, является сильным канцерогеном.

*Свинец (Pb) и Кадмий (Cd)*. Содержатся в отходах обогащения руд, негативно влияют на репродуктивную функцию и состояние костных тканей населения.

Механизмы распространения в экосистемах. Загрязнение в Баткенском регионе имеет комплексный характер. Тяжелые металлы накапливаются в верхних горизонтах почв, что делает невозможным безопасное ведение сельского хозяйства вблизи промзон. Особую опасность представляет загрязнение рек Шахимардан и Сох. Вымывание металлов из хвостохранилищ во время паводков или селей ведет к попаданию токсинов в ирригационные каналы. По данным В. В. Ермакова (1991), концентрации ртути в почвах Айдаркена колебались от 0,110 до 24,050 мг/кг, в отвалах от 29,380 до 297,750 мг/кг, а по данным Б. М. Дженбаева, от 0,042 до 34,837 мг/кг сухого вещества [3].

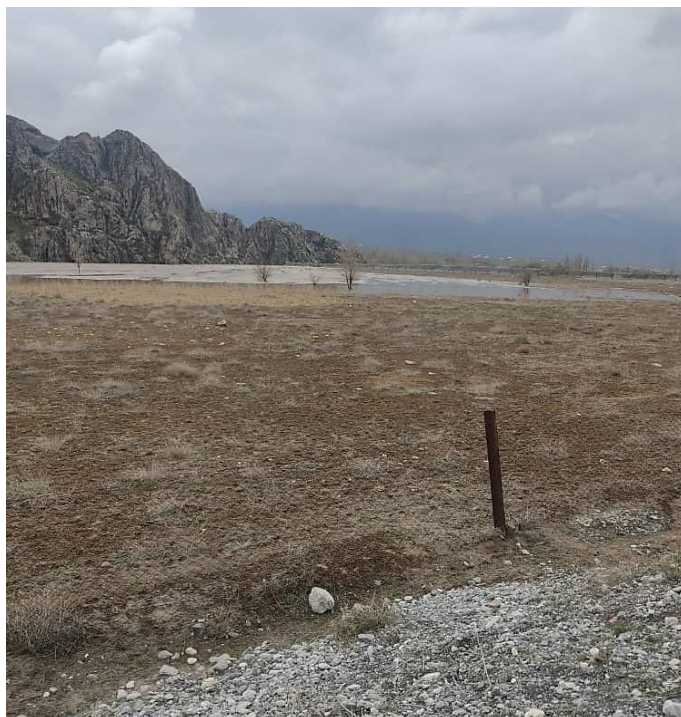


Рисунок 2. Хвостохранилище ртутного комбината села Сур в Айдаркене

Экологическая опасность воздействия техногенных минеральных объектов на окружающую среду усиливается, если отходы складываются в местах их добычи и переработки, как это имеет место в подавляющем большинстве горнопромышленных районов

Кыргызстана (Ак-Тюз, Кадамжай, Кан, Майлуу-Суу, Мин-Куш, Орловка, Сумсар, Терек-Сай, Хайдаркан, Чаувай). Дело в том, что в этом случае происходит поступление техногенных выбросов из плохо содержащихся хранилищ отходов в ландшафты, сформировавшиеся в ореолах рассеяния рудных месторождений, в которых воды, почвы и растения, и без того обогащённые тяжёлыми и редкими металлами, быстро достигают критических пределов для нормальной жизнедеятельности человека и биоты ландшафта [4].

Пыление сухих хвостохранилищ в засушливый период способствует вдыханию мелкодисперсных частиц, содержащих металлы, местными жителями.

Медико-экологические исследования показывают корреляцию между уровнем загрязнения и ростом специфических заболеваний у населения Баткенской области. Высокий уровень патологий дыхательных путей. Рост эндокринных нарушений и специфических кожных заболеваний. На текущий момент (2026 г.) экологическая оценка региона требует внедрения новых подходов таких как рекультивацию хвостохранилищ, глубокую изоляцию отходов для предотвращения их попадания в грунтовые воды. Проекты, поддерживаемые международными донорами, продолжают реализацию, но их темпы часто недостаточны. Мониторинг в реальном времени требует внедрения автоматизированных систем контроля качества воды и воздуха в санитарно-защитных зонах. Экспериментальные методы очистки почв с использованием специальных растений, аккумулирующих металлы, показывают локальные успехи в Кадамжайском районе. Проблема загрязнения тяжёлыми металлами требует не только локальных технических решений, но и долгосрочной стратегии по детоксикации территорий и трансформации экономики региона в сторону более экологичных производств. Без радикальных мер по реабилитации хвостохранилищ риск экологической катастрофы регионального масштаба остается стабильно высоким.

#### *Материал и методы исследования*

Район исследования отличается сложными природно-климатическими условиями, горным рельефом, сейсмической активностью и ограниченными возможностями естественного самоочищения экосистем, что усиливает экологические риски загрязнения тяжёлыми металлами.

Отбор проб осуществлялся в соответствии с действующими государственными и международными стандартами (ГОСТ, ISO). Пробы отбирались в нескольких точках на разном удалении от источников загрязнения с учетом розы ветров и гидрологических условий. Для повышения репрезентативности применялся метод смешанных проб. Подготовка проб включала сушку, измельчение, минерализацию кислотами ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ) в лабораторных условиях. Контроль качества анализа обеспечивался использованием стандартных образцов, холостых проб и повторных измерений.

Статистическая обработка данных проводилась с применением методов корреляционного, факторного и кластерного анализа с использованием программных пакетов Excel, Statistica и SPSS.

#### *Результаты и обсуждение*

Оценка уровня загрязнения и экологических рисков. Для комплексной оценки загрязнения применялись следующие показатели: коэффициент концентрации (Кс); интегральный индекс загрязнения почв (Zс); индекс геоаккумуляции (Igeo); потенциальный экологический риск.

Полученные значения сравнивались с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и фоновыми значениями, принятыми для региона Центральной Азии. С целью оценки

биологического воздействия тяжелых металлов использовались: фитотоксикологические тесты (прорастание семян, рост корней); анализ накопления металлов в растительных тканях; расчет коэффициента биологического накопления (КБН). Это позволило определить степень миграции тяжелых металлов по трофическим цепям и потенциальную угрозу для здоровья населения. Ниже приведён пример расчёта индексов загрязнения на основе характерных (типичных для Баткенского региона) данных, используемых в научных публикациях по районам горнодобычи и хвостохранилищ. Почвенные пробы были отобраны вблизи промышленной зоны района хвостохранилища. Определялись концентрации тяжёлых металлов в слое 0–20 см. Пример расчёта индексов загрязнения Баткенского региона приведен в Таблице.

Таблица

РАСЧЁТ ИНДЕКСОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ БАТКЕНСКОГО РЕГИОНА

Металлы	Фактическая концентрация, мг/кг	Фоновая концентрация, мг/кг	ПДК, мг/кг
Pb	65	20	32
Cd	1,8	0,3	1,0
Cu	55	20	55
Zn	140	50	100

Расчёт коэффициента концентрации (Кс) проводили по формуле:

$$K_c = C_i / C_f \quad (1)$$

Свинец:  $K_c = 65 / 20 = 3,25$

Кадмий:  $K_c = 1,8 / 0,3 = 6,0$

Медь:  $K_c = 55 / 20 = 2,75$

Цинк:  $K_c = 140 / 50 = 2,8$

Наибольший вклад в загрязнение вносит кадмий, что типично для горнорудных районов Баткенской области.  $Z_c < 16$  — допустимый уровень загрязнения, однако присутствует локальное превышение по Cd и Pb.

Индекс геоаккумуляции (Igeo) на примере кадмия.

$$I_{geo} = \log_2(C_i / 1,5 \cdot C_f) = \log_2(1,8 / (1,5 \cdot 0,3)) = \log_2(4) = 2$$

$I_{geo} = 2$  умеренно загрязнённая среда. Потенциальный экологический риск рассчитан по формуле:

$$E_{ri} = T_{ri} \cdot K_{ci} \quad (2)$$

Коэффициенты токсичности: Cd = 30, Pb = 5, Cu = 5, Zn = 1

Кадмий:  $E_r = 30 \cdot 6,0 = 180$

Свинец:  $E_r = 5 \cdot 3,25 = 16,25$

Медь:  $E_r = 5 \cdot 2,75 = 13,75$

$$PERI = 180 + 16,25 + 13,75 + 2,8 = 212,8$$

Оценка риска токсичности  $150 \leq PERI < 300$  умеренный экологический риск, основной вклад обусловлен кадмием.

Коэффициент биологического накопления для Zn.

Концентрация Zn в растениях составляет 70 мг/кг.

$$K_{BH} = 70 / 140 = 0,5$$

*накоплению цинка.*

В результате длительной эксплуатации месторождений ртути и сурьмы накопилось большое количество твердых отходов в виде отвальных пород, шлаков, огарков, шламообразных хвостов обогащения и флотации. Эти отходы содержат сотни тысяч тонн соединений ртути и сурьмы, мышьяк, флюориты, соединений тяжелых металлов и другие токсичные элементы.

Установлено, что, в хвостохранилищах Хайдарканского ртутного комбината среднее содержание ртути и других элементов составляет: As — 0,23%; Hg — 0.0046%, Sb — 0.36%. В огарках среднее содержание этих элементов составляет: As — 0,061%; Hg — 0.0017%, Sb — 0.106%. Содержание в отвалах составляет: 0,047%; 0,01%; 0,63% [5].

В селе Эшме, где в качестве поливной воды используют шахтную воду из рудника ХРК, были отобраны пробы свежей картошки. Результаты анализов показали превышение ПДК ртути в 2-2,5 раза. Необходимо также учесть, что пробы отбирали в середине вегетационного периода. Результаты анализа проб из родников вокруг отвалов Хайдарканского ртутного комбината показали превышение ПДК ртути в воде в 400 раз [6].

*Вывод*

В результате комплексной экологической оценки установлено, что промышленные зоны Баткенского региона подвергаются значительному антропогенному воздействию, связанному преимущественно с горнодобывающей и перерабатывающей промышленностью, эксплуатацией хвостохранилищ и недостаточно эффективными системами экологической безопасности. Специфика природно-климатических условий региона (горный рельеф, засушливость, слабая самоочищающая способность экосистем) способствует аккумуляции тяжёлых металлов в компонентах окружающей среды.

*Список литературы:*

1. Закон Кыргызской Республики «О хвостохранилищах и горных отвалах». 26.06.2001. №57. Бишкек.
2. Анарбай кызы С. Экологическое состояние Хайдарканского ртутного комбината, промышленные отходы // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №12. С. 141-145. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/18>
3. Дженбаев Б. М., Иматали кызы К. Современное эколого-биогеохимическое состояние ртутной провинции Айдаркен (хайдаркан, Кыргызстан) // Universum: химия и биология. 2016. №1-2 (20). С. 1-17.
4. Торгоев И. А., Алёшин Ю. Г. Геоэкология и отходы горнопромышленного комплекса Кыргызстана. Бишкек, 2009. 240 с.
5. Абдурахмонов Г. А., Лоцев Г. В. Производство тяжелых металлов в южных регионах Кыргызстана и их влияние на окружающую среду // Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. 2019. Т. 19. №4. С. 83-85.
6. Айтиева Т. А. Оценка современного состояния окружающей среды Баткенского региона // Известия Ошского технологического университета. 2022. №2. С. 185-190.

*References:*

1. Zakon Kyrgyzskoj Respubliki «O khvostokhranilishchakh i gornyx otvalakh». 26.06.2001. №57. Bishkek.

2. Anarbay kyzy, S. (2024). Ecological State of the Khaidarkan Mercury Plant, Industrial Waste. *Bulletin of Science and Practice*, 10(12), 141-145. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/109/18>

3. Dzhenbaev, B. M., & Imatali kyzy, K. (2016). Sovremennoe ekologo-biogeokhimicheskoe sostoyanie rtutnoj provintsii Ajdarken (khajdarken, Kyrgyzstan). *Universum: khimiya i biologiya*, (1-2 (20)), 1-17. (in Russian).

4. Torgoev, I. A., & Alèshin, Yu. G. (2009). Geoekologiya i otkhody gornopromyshlennogo kompleksa Kyrgyzstana. Bishkek. (in Russian).

5. Abdurakhmonov, G. A., & Lotsev, G. V. (2019). Proizvodstvo tyazhelykh metallov v yuzhnykh regionakh Kyrgyzstana i ikh vliyanie na okruzhayushchuyu sredu. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossijskogo Slavyanskogo universiteta*, 19(4), 83-85. (in Russian).

6. Ajtieva, T. A. (2022). Otsenka sovremennogo sostoyaniya okruzhayushchej sredy Batkenskogo regiona. *Izvestiya Oshskogo tekhnologicheskogo universiteta*, (2), 185-190. (in Russian).

Поступила в редакцию  
06.02.2026 г.

Принята к публикации  
15.02.2026 г.

*Ссылка для цитирования:*

Айтиева Т. А., Калыкбердиева А. М., Сыдыкбаева К. А., Жантураева Б. Экологическая оценка промышленных зон Баткенского региона проблем загрязнения тяжелыми металлами // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №5. С. 116-122. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/126/14>

*Cite as (APA):*

Aitieva, T., Kalykberdieva, A., Sadykbaeva, K., & Zhanturaeva, B. (2026). Environmental Assessment of Industrial Zones in the Batken Region: Problems of Heavy Metal Pollution. *Bulletin of Science and Practice*, 12(5), 116-122. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/126/14>