

Геоэкология

Геоэкология

Geoeecology

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-3-11-22.28>

МРНТИ 87.15.15; 87.21.09; 87.19.15
УДК 504.53; 504.4.054

Р. А. Салимбаева¹, А. Н. Даулбаева^{*2}, Ж. Ы. Молдагазыева³, Ж. Ж. Есенкулова⁴

¹ К.э.н., ассоциированный профессор (НАО «Университет нархоз», Алматы, Казахстан; salimbaeva.rasima@narxoz.kz)

² *PhD, ассоциированный профессор (НАО «Университет нархоз», Алматы, Казахстан; almira.daulbayeva@narxoz.kz)

³ К.х.н., профессор (НАО «Университет нархоз», Алматы, Казахстан; zhanar.moldagazieva@narxoz.kz)

⁴ К.с.-х.н., профессор (НАО «Университет нархоз», Алматы, Казахстан; zhaukhar.esenkulova@narxoz.kz)

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И ВОДНЫХ РЕСУРСОВ КАРАГАНДИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Карагандинская область расположена в центральной части Казахстана, где идет интенсивная добыча и переработка рудно-минерального сырья, что приводит к высокому уровню загрязнения почвенного покрова различными поллютантами, особенно тяжелыми металлами. Различные токсиканты, содержащиеся в почве в результате естественных процессов миграции, как правило, попадают в поверхностные и подземные воды. Цель этой работы – проанализировать уровень загрязнения тяжелыми металлами почвенного покрова и поверхностных вод в моногородах Карагандинской области. Отбор почвенных образцов проводился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84. При этом исследовано более 15 проб почвы, отобранных в определенных точках таких городов, как Темиртау, Балхаш и Шахтинск. Рассмотрены особенности распределения уровня загрязнения с 2020 по 2024 год. Анализ показал значительные превышения ПДК с учетом фона химических веществ в почве по таким показателям, как медь, цинк, свинец, кадмий и хром. Особенно высокие концентрации этих металлов обнаружены в г. Балкаше. Общее количество ингредиентов в поверхностных водах в моногородах Карагандинской области превышает ПДК, многие из них относятся к первому и второму классу опасности. Основные поллютанты – ртуть, медь, цинк, фенолы и нефтепродукты. Дана санитарно-химическая характеристика поверхностных вод рек Нура, Кара, Кенгир, Соқыр, Шерубайнура.

Ключевые слова: почва, поверхностные воды, загрязнители, тяжёлые металлы, ПДК, моногорода Карагандинской области.

Введение. Охрана окружающей среды в крупных промышленных центрах Республики Казахстан остается актуальной проблемой. Антропогенное воздействие на все земные оболочки с каждым годом увеличивается, вызывая необратимые процессы, которые усиливают деградацию экосистем различного уровня. Все это, в свою очередь, оказывает негативное воздействие на здоровье населения. Так, экологическое состояние самой крупной по территории области в РК – Карагандинской (428 тыс. км²) в значительной степени обусловлено именно антропогенными факторами. В области сосредоточено практически 100 % запасов марганцевых руд, 80% вольфрама, более 50% свинца, а также большие запасы редких и редкоземельных металлов, таких, как сурьма, висмут, никель, кобальт [1]. Основная часть черной, цветной и энергетической промышленности расположена в Центральном Казахстане, что приводит к ухудшению качества окружающей среды.

По данным проведенных исследований в почвах Карагандинской области наблюдались превышения ПДК, с учетом фона, по таким загрязнителям, как свинец и кадмий. При этом превышение свинца – 17,8% обнаружено в промышленных зонах, а кадмия – 4%, и загрязнение носило, как правило, точечный характер [2]. Наиболее загрязненная почва оказалась в районе Балхашского горно-металлургического комбината (БГМК). Здесь были выявлены высокие концентрации свинца – 12,7 ПДК, меди – 34,5 ПДК [3]. Свинец является наиболее агрессивным металлом с точки зрения реакционной способности по отношению к воде. Так, по данным [4], в артезианской воде близ города Жезказгана содержание свинца превышало норму в два раза (ПДК 0,03 мг/л), в открытых водоемах – в четыре раза. Помимо свинца и кадмия к химическим токсичным веществам, обнаруженным в почвах Карагандинской области, относятся хром, мышьяк, сурьма, таллий, бериллий [5].

Все эти элементы имеют тенденцию накапливаться в почвенных слоях, тем самым значительно ухудшая агрохимические и физико-химические свойства почвы. Структура почвы становится более плотной, что препятствует полноценной аэрации и водопроницаемости для корневой системы растений. Кроме того, избыточное накопление обозначенных веществ блокирует поступление других элементов (азота, фосфора), снижая доступность питательных веществ для растений. По данным исследования [6], высокие уровни свинца и кадмия в промышленных городах оказывают вредное воздействие на биологическую активность почвы, снижая её способность поддерживать растительность.

В связи с этим Карагандинскую область характеризуют как регион с высокими показателями заболеваемости и смертности населения [7]. По данным Министерства здравоохранения Республики Казахстан за 2023 год Карагандинская область занимает 3-е место по уровню смертности (9,44 на 1000 человек населения) после Северо-Казахстанской, Восточно-Казахстанской и Костанайской областей. Необходимо также отметить, что Карагандинская область занимает 8-е место из всех областей Казахстана по показателям смертности от злокачественных новообразований и 6-е место по смертности от болезней системы кровообращения за 2023 год, что составляет 188,62 на 100 тыс. человек. Довольно высокий уровень заболеваемости прослеживается уже длительное время на протяжении нескольких десятилетий (2003-2018 гг.) и имеет устойчивую динамику к росту, что в последнее время сильно беспокоит население [8].

Для создания более качественных условий проживания людей и снижения нагрузки на окружающую среду необходимо проводить мониторинг и давать объективную оценку сложившейся экологической ситуации. Только тогда может быть принято верное решение по урегулированию качественных и количественных показателей нагрузки на окружающую среду.

Цель работы – эколого-гигиеническая оценка загрязнения почвенного покрова и водных ресурсов моногородов Карагандинской области.

Основными задачами являются определение уровня загрязнения почвенного покрова и поверхностных вод Карагандинской области, а также среднего содержания основных загрязнителей и тяжелых металлов в почве и воде.

Материалы и методы исследования. Нами использован определенный комплекс стандартных методов – эколого-гигиенические, химические и статистические. При этом отбор проб почвенного покрова проводился согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 «Отбор почв для химического анализа», где почвенные образцы отбирались на глубине 0-10 см конвертным методом смешанных образцов. Как правило, точки отбора располагались вдоль основных центральных автотрасс. Отбор поверхностных вод проводился конвертным или обычным методом с применением пластиковых тар согласно СТ РК ГОСТ Р 51592-2003. Аспирационный метод применялся в труднодоступных местах, не предназначенных для обычного забора воды, с помощью насоса.

Оценка и мониторинг за загрязнением почв тяжелыми металлами и поверхностных вод близ городов Балхаш, Темиртау, Шахтинск проводились на основании Национальных докладов о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов РК, ежегодных отчетов филиала РГП «Казгидромет» по Карагандинской области, информационных бюллетеней о состоянии окружающей среды Карагандинской области Министерства экологии и природных ресурсов РК.

В рамках исследования проанализированы концентрации тяжелых металлов — меди, хрома, цинка, свинца и кадмия в почвах с 2020 по 2024 год.

Выявлены загрязняющие ингредиенты поверхностных вод: хром, цинк, ртуть, кадмий, фенолы и нефтепродукты. Санитарно-гигиеническая оценка воды проводилась согласно «Санитарно-эпидемиологическим требованиям по охране поверхностных вод от загрязнения» № 506, от 2004 г. Анализы осуществлялись фотометрическим и атомно-адсорбционным методами, что позволило определить количество тяжелых металлов в воде и почвенных образцах в аккредитованной лаборатории ТОО «ЕcoPartnership».

С помощью программ MS Excel 2010 и STATISTICA 10 выполнены расчеты показателей по полученным данным.

Необходимо отметить резко континентальный климат Карагандинской области с холодной зимой и жарким летом. Такое сочетание влияет на формирование специфических характеристик почв, а также на их способность к регенерации и самоочищению. Поэтому при детальном анализе состояния почвенного покрова области, особенно содержания тяжелых металлов, необходимо учитывать и данное обстоятельство.

Результаты и их обсуждение. *Загрязнение почвенного покрова.* Приведем показатели основных загрязнителей почвенного покрова в моногородах Карагандинской области. На рисунке 1 показаны диаграммы средней концентрации тяжелых металлов в городах Балкаше и Темиртау с 2020 по 2024 год. Город Балкаш характеризуется самым высоким уровнем загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами – медь, хром, свинец, цинк и кадмий.

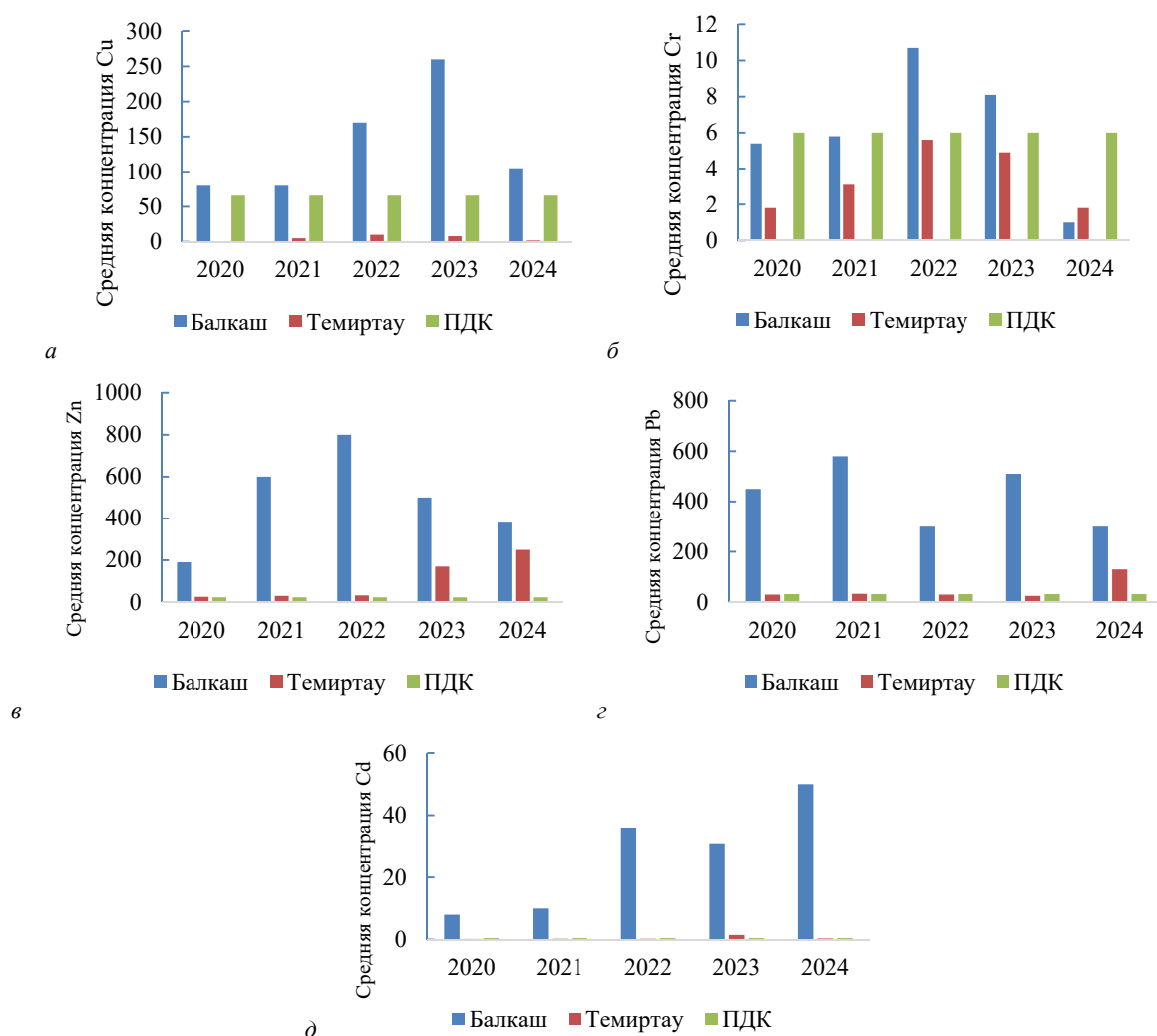


Рисунок 1 – Усредненные концентрации тяжелых металлов (Cu, Cr, Zn, Pb, Cd) в почвах на территориях городов Балкаш и Темиртау (2020-2024 гг.) [9]

Figure 1 – Average concentrations of heavy metals mg/kg (Cu, Cr, Zn, Pb, Cd) in soils in the territories of Balkhash and Temirtau in the period from 2020 to 2024 [9]

Из представленных диаграмм видно, что значительные колебания концентрации тяжелых металлов в Балкаше в разные годы сильно варьируют. Таким образом, самые высокие значения меди, более 250 мг/кг, были зарегистрированы в 2023 году, а более высокие концентрации хрома и цинка – в 2022 году. Концентрации свинца превышали средние значения в 2021 и 2023 годах, а средняя концентрация кадмия возрасла к 2024 году. Также в 2022-2023 годах наблюдается резкое увеличение выбросов или загрязняющих факторов. Такие колебания возможны по ряду причин: из-за климатических особенностей региона, техногенной нагрузки. С другой стороны, в Темиртау уровень загрязнения в основном остается в допустимых пределах, но к 2024 году было зарегистрировано увеличение концентрации свинца и цинка.

Для более детального анализа были составлены таблицы 1 и 2 среднегодового профицита ПДК, а также индекс загрязнения почв (ИЗП), позволяющий оценить общий уровень антропогенной нагрузки на территориях. Эти объединенные данные служат основой для определения приоритетных мер по экологическому восстановлению почвенного покрова с акцентом на наиболее токсичные элементы – кадмий и свинец.

Таблица 1 – Средние значения концентраций загрязняющих веществ в почвах г. Балкаша (превышение ПДК)

Table 1 – Average values of pollutant concentrations in soils of Balkhash (exceedance of MAC)

Год	Cu	Cr	Zn	Pb	Cd
2020	1,22*	0,89*	0,87*	14,1*	16,2*
2021	1,20*	0,96*	2,71*	18,1*	19,5*
2022	2,58*	1,79*	3,61*	9,19*	71,3*
2023	4,04*	1,34*	2,28*	15,9*	61,7*
2024	1,57*	0,15*	1,73*	9,17*	100,3*
<i>Примечание.</i> Здесь и в таблице 2 звездочка указывает во сколько раз имеется превышение.					

Из таблицы 1 можно понять, что в г. Балкаше сохраняются стабильно высокие уровни загрязнения по ряду тяжелых металлов. Особое внимание вызывает динамика содержания кадмия, концентрации которого в 2024 году превышали ПДК в 100,3 раза. Кроме того, концентрация свинца в течение этого периода поддерживается на очень высоком уровне, который в 9-18 раз превышает ПДК. Содержание меди и цинка в почвах повышаются периодически, особенно в 2022-2023 годах. Например, в 2023 году содержание меди превысило ПДК в 4,04 раза, а кадмия – в 61,7 раза, что свидетельствует о значительной техногенной нагрузке на почвенный покров. Так как кадмий является сопутствующим элементом переработки меди и полиметаллических руд, то выбросы пыли, попадающие в атмосферу во время обогащения и плавки руды, осаждаются в прилегающих районах. Кадмий, в свою очередь, обладает способностью накапливаться на поверхности почвы из-за слабой миграции в более глубокие слои.

Таблица 2 – Средние значения концентраций загрязняющих веществ в почве г. Темиртау (превышение ПДК)

Table 2 – Average values of pollutant concentrations in soils of Temirtau (exceedance of MAC)

Год	Cu	Cr	Zn	Pb	Cd
2020	0,03*	0,29*	0,10*	0,90*	0,94*
2021	0,05*	0,50*	0,11*	1,10*	0,80*
2022	0,14*	0,95*	0,13*	0,93*	1,34*
2023	0,12*	0,83*	0,75*	0,74*	1,94*
2024	0,04*	0,30*	1,10*	4,03*	1,48*

По данным таблицы 2, в Темиртау с 2020 по 2023 год концентрация большинства металлов в почве, за исключением кадмия и свинца, не превышала ПДК. В 2024 году наблюдался резкий рост концентраций свинца в 4,03 раза и цинка в 1,10 раза, что может указывать на местные источники загрязнения или изменения производственной нагрузки. В то же время показатели меди, хрома и цинка остаются на низком уровне и не вызывают серьезных экологических проблем.

В Балкаше уровень загрязнения, связанный с деятельностью БГМК, достаточно высок, а в Темиртау превышения имеют локальный и эпизодический характер, низкую интенсивность и масштабы. Результаты исследования говорят о необходимости разработки приоритетных мер экологической реабилитации в Балкаше и постоянного мониторинга в Темиртау.

Для наглядного представления уровня загрязненности почв тяжелыми металлами в городах Балкаше и Темиртау составлен график (рисунок 2), который показывает среднее содержания загрязнителей.

В течение периода исследования в почве были обнаружены такие тяжелые металлы – цинк, хром, свинец, медь и кадмий.

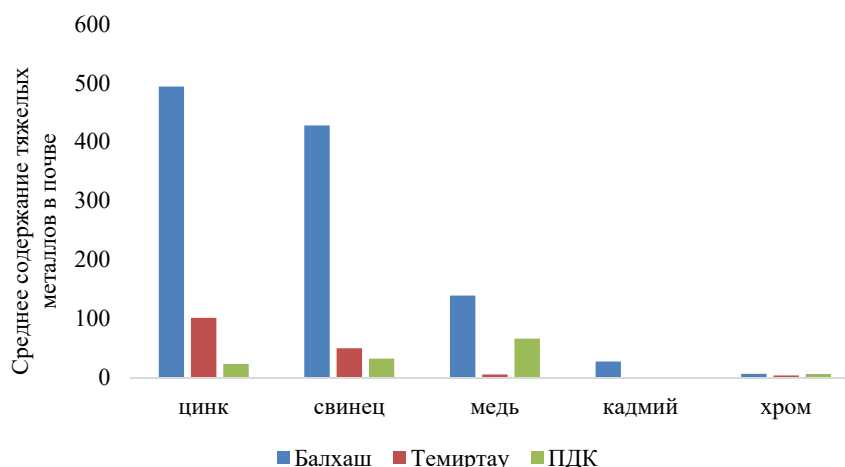


Рисунок 2 – Концентрация тяжелых металлов в почвах в городах Балкаше и Темиртау (2020-2024 гг.), мг/кг

Figure 2 – The concentration of heavy metals in soils in the cities of Balkhash and Temirtau (2020-2024), mg/kg

Из графика следует, что концентрация всех металлов в г. Балкаше достаточно высокая, особенно по содержанию свинца, цинка и меди, а в 2022-2024 годах наблюдались резкие скачки по ряду показателей:

кадмий – значительное повышение концентрации в 2022 году – 50 мг/кг;

цинк – резкий рост в 2022 году из-за выбросов, связанных с металлургической промышленностью;

медь – повышение концентрации в 2023 году – 260 мг/кг.

В Темиртау концентрации тяжелых металлов в почвах остаются относительно низкими и стабильными, но к 2024 году отмечалось увеличение по таким металлам, как свинец и цинк, что может указывать на рост техногенной нагрузки или изменение условий миграции загрязняющих веществ в почве.

Для более полного расчета проанализированы концентрации загрязнителей за декабрь и рассчитаны ранги, соответствующие средней концентрации каждого металла за указанный срок (таблицы 3-5) [10].

В результате исследований установлено, что в образцах, взятых в Балкаше, повышенное содержание таких металлов, как свинец, кадмий и медь, что можно объяснить близким расположением к БГМК. Индекс загрязнения почвы в регионе Балкаша колеблется от 4 до 7, что указывает на высокий уровень загрязнения. Этот факт требует принятия мер по улучшению состояния почвы с акцентом на снижение уровня содержания свинца и кадмия. ИЗП в Темиртау варьирует от 3 до 6, что также свидетельствует о достаточно высоком уровне загрязнения.

Для сравнения отобраны пробы почв в г. Шахтинске, где зафиксировано превышение ПДК свинца, кадмия и ртути из-за близости к предприятиям по добыче и переработке угля. Наибольшие опасения вызывает присутствие ртути как высокотоксичного элемента, который значительно снижает природный потенциал почвы. ИЗП для Шахтинска изменяется от 3 до 5, что указывает на высокий уровень загрязнения.

Таблица 3 – Средняя концентрация загрязняющих веществ в почве г. Балкаша

Table 3 – Average concentration of pollutants in the soil of Balkhash

Металл	Диапазон, мг/кг	Среднее значение, мг/кг	Ранг
Медь (Cu)	100-300	$(100+300)/2 = 200$	2
Цинк (Zn)	200-400	$(200+400)/2 = 300$	1
Свинец (Pb)	50-150	$(50+150)/2 = 100$	3
Кадмий (Cd)	1-5	$(1+5)/2 = 3$	4

Таблица 4 – Средняя концентрация загрязняющих веществ в почве г. Темиртау

Table 4 – Average concentration of pollutants in the soil of Temirtau

Металл	Диапазон, мг/кг	Среднее значение, мг/кг	Ранг
Железо (Fe)	До 10,000	$10,000/2 = 5,000$	1
Марганец (Mn)	500-1000	$(500+1000)/2 = 750$	2
Цинк (Zn)	150-300	$(150+300)/2 = 225$	3
Хром (Cr)	20-50	$(20+50)/2 = 35$	4

Таблица 5 – Средняя концентрация загрязняющих веществ в почве г. Шахтинска

Table 5 – Average concentration of pollutants in the soil of Shakhtinsk

Металл	Диапазон, мг/кг	Среднее значение, мг/кг	Ранг
Медь (Cu)	4500-10500	$(4500+10500)/2 = 7500$	1
Ртуть (Hg)	50-150	$(50+150)/2 = 100$	4
Свинец (Pb)	180-320	$(180+320)/2 = 250$	2
Кадмий (Cd)	120-280	$(120+280)/2 = 200$	3

Основываясь на расширенном анализе средней концентрации металлов в декабре 2024 года, можно сделать вывод, что в городе Балкаше отмечается самая высокая концентрация цинка в почвенном покрове (см. таблицу 3).

В Темиртау самое высокое среднее содержание железа, за ним следуют марганец, цинк и хром (см. таблицу 4). В Шахтинске наблюдаются самые высокие концентрации меди (см. таблицу 5). Это указывает на локальные и техногенные нагрузки, связанные с промышленной деятельностью в регионе.

Исследование включало оценку ИЗП, который учитывает наличие токсичных элементов выше ПДК и характеризует уровень антропогенного воздействия на почву.

Почвы всех трех изученных городов требуют комплексного подхода к снижению загрязнения тяжелыми металлами. Для этого необходимо:

уменьшить содержание тяжелых металлов в почве, в том числе путем известкования, реализовать меры биологической и химической стабилизации с применением фосфатных и органических удобрений, что будет способствовать снижению подвижности металлов;

использовать биосорбенты (глины, цеолиты, активированный уголь, биоуголь): они закрепят тяжелые металлы в верхних слоях почвы и уменьшат их доступность для растений, увеличат их миграцию в грунтовые воды;

применять фиторемедиацию путем посадки растений, которые могут собирать и удалять из почвы тяжелые металлы (подсолнечник, горчица, люпин), а затем утилизация фиторемедиантов для уменьшения общей массы загрязняющих веществ;

после принятых мер нужно постоянно отслеживать состояние почвы и динамику изменения концентрации металлов.

Загрязнение поверхностных вод. Следующий этап исследования состоял в определении уровня загрязнения поверхностных вод Карагандинской области.

Такие загрязнители, как тяжелые металлы, сельскохозяйственные химикаты и промышленные сточные воды, могут проникать в системы питьевого водоснабжения. Это, в свою очередь, может привести к острым проблемам со здоровьем. Ключевой характеристикой воздействия химических веществ является их зачастую скрытый характер. Многие вредные вещества не вызывают немедленных симптомов, что может задержать распознавание и реагирование на них [11].

Необходимо отметить, что все реки Карагандинской области являются равнинными, в водном режиме которых прослеживается хорошо выраженное весеннее половодье с меженью в летний период, поэтому накопление поллютантов происходит в течение весеннего периода и аккумуляции в летний сезон. Основными водными источниками области являются:

реки Нура, Кара-Кенгир, Сокры, Шерубайнура;
водохранилища Самаркан и Кенгир;
озеро Балкаш.

В последние годы эти водоемы в контрольных створах классифицируются как умеренно загрязненные. В таблице 6 представлено качественное состояние водоемов Карагандинской области по Единой системе классификации качества поверхностных вод [9, 12].

Таблица 6 – Качество поверхностных вод Карагандинской области за 2024 г.

Table 6 – Quality of surface waters in Karaganda region for 2024

Водоем	Класс загрязненности	Загрязняющие вещества
Самарканское водохранилище	5 класс	Взвешенные вещества, нефтепродукты, медь, ртуть, железо
Река Нура	Выше 5 класса	Взвешенные вещества, фенолы, ртуть, нефтепродукты, нитриты
Река Сокры	Выше 5 класса	Марганец, аммоний-ион, азотсодержащие вещества, БПК
Шерубайнуринское водохранилище	2 класс	—
Река Шерубайнура	Выше 5 класса	Взвешенные вещества, марганец, нитриты, БПК
Озеро Балкаш	3 класс	Медь, цинк, нефтепродукты, фенолы, взвешенные вещества
Кенгирское водохранилище	2 класс	Нефтепродукты, фенолы
Река Кара-Кенгир	Выше 5 класса	Нефтепродукты, фенолы, цинк, марганец, аммоний ион

Согласно данным таблицы 6, Самарканское водохранилище имеет 5-й класс загрязненности. Предельно допустимые концентрации были зафиксированы по таким показателям, как нефтепродукты, медь, ртуть, железо [9]. Такие превышения обусловлены сезонностью поступления загрязнителей из верховий реки Нура, а также связаны с вторичным загрязнением из донных отложений вследствие деятельности производственных предприятий.

Река Нура имеет в некоторых створах уровень загрязнения, относящийся к 5-му классу, что указывает на высокую степень опасности. В воде присутствуют такие загрязняющие вещества, как фенол, ртуть, нефтепродукты, нитриты, взвешенные вещества. Наличие этих компонентов объясняется загрязнением водоема из Самарканского водохранилища, а также является следствием первичного и вторичного загрязнения. Примерами первичного загрязнения могут быть сбросы отходов производства, которые содержат различные химические вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы, непосредственно в водоемы. Вторичное загрязнение связано с образованием новых загрязняющих веществ в результате химических и биологических процессов, где активное участие принимают первичные загрязнители, попадающие в воду. В результате образуются диоксины, хлорорганические соединения, наблюдается усиление бактериального загрязнения и т.д. Присутствие нитритов связано с деятельностью сельского хозяйства.

Уровень загрязнения реки Сокры также оценивается как высокий, на некоторых участках наблюдается повышенное загрязнение выше 5-го класса, возможно, вследствие слабой работы очистных сооружений на предприятиях, связанных с производством строительных и железобетонных изделий (ЖБИ Энергострой, KazBeton, СтройPoint и. т. д.). Превышения наблюдались по

азотсодержащим веществам, характерным для хозяйственных сточных вод, а также по биохимическому потреблению кислорода (БПК) [9].

Наиболее чистым водоемом области оказалось Шерубайнуринское водохранилище с показателем, относящимся ко второму классу соответствующей классификации чистых вод. Превышения предельно допустимой концентрации не обнаружено, что свидетельствует о высоком качестве водоема.

Одним из важнейших природных водоемов Карагандинской области является озеро Балкаш, класс загрязнения которого третий, что относится к умеренно загрязненной категории. В этом водоеме обнаружены медь, цинк, нефтепродукты и фенолы, что может быть вызвано несколькими факторами: техногенным загрязнением, нарушением гидрологического режима и антропогенной деятельностью.

Уровень загрязнения Кенгирского водохранилища относится ко второму классу, превышения зафиксированы по нефтепродуктам и фенолам. Такие виды загрязнений могут поступать с обогащенных предприятий, связанных с горнодобывающей и металлургической промышленностью (ТОО «Казахмыс»), и оказывать значительное влияние на качество воды.

Обсуждение. Согласно классификации вода реки Кара-Кенгир характеризуется как очень загрязненная. Здесь были обнаружены нефтепродукты, фенолы, цинк и медь.

Химические, физические и бактериальные характеристики воды определяют ее полезность для различных целей. Химический анализ поверхностных вод включает в себя определение концентраций неорганических веществ, pH и удельной электропроводности. Температура, цвет, мутность, запах и вкус оцениваются с помощью физического анализа. Бактериологический анализ обычно состоит из тестов для выявления присутствия микроорганизмов, образующих кишечную палочку.

Этот процесс включает систематический сбор данных, их анализ и интерпретацию для понимания концентрации загрязняющих веществ и их опасности для здоровья человека. Использование точных методов оценки может помочь в принятии регулирующих мер, информировании общественности и разработке эффективных стратегий восстановления.

Уникальной особенностью химического анализа является его способность обнаруживать широкий спектр загрязняющих веществ. Например, можно проводить тесты на нитраты, фосфаты и даже промышленные химикаты. К преимуществам относятся надежность и точность, которые необходимы для соблюдения нормативных требований.

Микробиологическое тестирование направлено на выявление и количественную оценку микроорганизмов в водоемах. Оно имеет жизненно важное значение в связи с потенциальной возможностью возникновения заболеваний, передаваемых через воду, которые могут быть вызваны бактериями группы кишечной палочки или патогенами. Особенность микробиологического тестирования заключается в его способности определять не только наличие вредных микроорганизмов, но и общее санитарное качество воды.

Физико-химические параметры водных объектов Карагандинской области по данным РГП «Казгидромет» приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Физико-химические параметры вод Карагандинской области [9]

Table 7 – Physicochemical parameters of waters in the Karaganda region [9]

Водоем	Температура, °C	Водородный показатель	Концентрация растворенного в воде кислорода, мг/дм ³	БПК ₅ , мг/дм ³	Прозрачность, см
Река Нура	0,2-23,6	7,20-7,94	6,71-12,01	1,09-2,34	20-26
Водоохранилище Самаркан	10,8-22,8	7,91-8,31	6,72-10,68	2,14-3,66	18-25
Река Соқыр	0,2-22	7,18	4,52	1,25	19
Река Шерубайнура	0,2-23	7,22	4,06	1,72	19
Озеро Балкаш	10,0-26,0	8,4-8,78	6,03-8,96	0,34-2,20	37-22
Кенгирское водохранилище	15,6-28,2	7,7-8,62	8,64-9,46	0,9-1,1	20-21
Река Кара-Кенгир	3,2-6,8	7,66-7,74	4,71-8,92	0,88-1,44	22-24

При изучении физико-химических параметров поверхностных вод в отбираемых пробах воды определяется ряд физико-химических показателей качества: температура воды, взвешенные вещества, прозрачность, растворенный кислород, водородный показатель, БПК.

Температурный режим оказывает влияние на растворимость кислорода, а также скорость химических реакций и активность биоты. Повышенная температура в летний период способствует понижению концентрации кислорода. По результатам анализа температура воды варьирует от 0 до 28 °С в зависимости от времени года.

По водородному показателю наблюдается незначительное превышение от нейтрального значения, равного 7, на реке Нура, Сокры, Шерубайнура, Кара-Кенгир, отклонение – в водохранилище Самаркан, Кенгир и озере Балкаш. Отклонения от нормы могут быть связаны с геохимическими особенностями и следствием загрязнений.

Уровень концентрации растворенного в воде кислорода и биохимическое потребление кислорода (БПК₅) всех водоемов в пределах нормы. По прозрачности воды, характеризующей глубину проникновения света, наилучшие показатели у озера Балкаш, водохранилища Самаркан, рек Нура и Кара-Кенгир.

Качество воды в большинстве водоемов Карагандинской области находится в пределах третьего класса загрязненности [12]. Загрязнение воды в основном происходит за счет сбросов сточных вод от промышленных предприятий, а также вторичного загрязнения, вызванного накоплением загрязняющих веществ в донных отложениях. Вторичное загрязнение связано с образованием новых загрязняющих веществ в результате химических и биологических процессов, где активное участие принимают первичные загрязнители, попадающие в воду. В результате образуются диоксины, хлорорганические соединения, наблюдается усиление бактериального загрязнения и т. д.

В связи с этим необходимы постоянный контроль за сбросами сточных вод, а также восстановление экосистем водоемов, в том числе путем очистки донных отложений и улучшения работы очистных сооружений.

Представленные данные показывают влияние техногенной деятельности на качество водоемов Карагандинской области и необходимость ликвидации сбросов неочищенных сточных вод и реконструкции водоотводящих сетей.

Заключение. В г. Балкаше в почвенном покрове обнаружена самая высокая концентрация поллютантов: 494 мг/кг цинка, 428 мг/кг свинца, 27 мг/кг кадмия и 139 мг/кг меди.

Оценены диапазоны концентраций по каждому металлу и рассчитаны соответствующие ранги. Самый высокий диапазон в г. Балкаше показали медь – от 100-300 мг/кг, что соответствует второму рангу, и цинк – от 200-400 мг/кг, что относится к первому рангу. В Темиртау высокий диапазон показали железо – до 10 000 мг/кг, первый ранг, марганец – от 500-1000 мг/кг, второй ранг, и цинк – от 150-300 мг/кг, третий ранг. В Шахтинске в почвенном покрове обнаружены наибольшие концентрации меди, свинца, кадмия и ртути. Индекс почвенного загрязнения от 3 до 5, что говорит об умеренно высоком уровне загрязнения.

Индекс почвенного загрязнения (ИПЗ) в районе Балкаша составил от 4 до 7, что указывает на высокий уровень загрязнения, в Темиртау индекс варьируется от 3 до 6 – умеренно высокий уровень загрязнения.

Таким образом, во всех трех моногородах требуется комплексный подход в борьбе с загрязнением почв, включая биологическую и химическую стабилизацию загрязняющих веществ, использование сорбентов, а также фиторемедиацию.

Процесс био- и фиторемедиации включает в себя несколько этапов:

1. Оценку степени загрязнения территории, где определяется концентрация основных загрязнителей. Затем выбирают растения (фиторемедиация), которые устойчивы к тяжелым металлам и другим загрязнителям. Такие растения, как полынь и ива, подходят для долгосрочного восстановления почв г. Балкаша, а для почв г. Темиртау – тыква или масличная редька, которые эффективно накапливают кадмий и свинец.

2. Подготовка территории является следующим этапом, почве необходима определенная обработка, которая включает в себя аэрацию, внесение удобрений или, если понадобится, известкование.

3. Высаживание растений и мониторинг являются наиболее важным этапом, так как необходимо постоянно отслеживать рост и состояние растений, проводить анализ почвы для оценки эффективности снижения уровня загрязнения почвенного покрова. Далее необходимы уборка и утилизация растений, накопивших за этот период загрязняющие вещества.

4. Завершающий процесс включает в себя корректировку: если загрязнение достигло минимального уровня, то почвы относят к пригодным для использования.

Исследование загрязнения поверхностных вод показало, что в большинстве реки относятся к 3-му классу опасности, что определяет их как умеренно загрязненные.

Необходимо отметить, что, несмотря на умеренно загрязненную степень опасности, поверхностные воды Карагандинской области имеют в своем составе различные загрязнители. Так, р. Нура загрязнена фенолом, ртутью, нефтепродуктами, нитритами, а выше своего сброса – медью. Оз. Балкаш содержит довольно высокий уровень меди, цинка, фенола и нефтепродуктов. Источником такого высокого уровня загрязнения поверхностных вод Карагандинской области является с промышленное производство, а также интенсивное сельское хозяйство. Например, реки Шерубайнура, Сокур имеют высокую степень загрязнения азотсодержащими веществами, БПК и нитритами. Поэтому важность дальнейшего контроля за загрязнением почвенного и водного покрова Карагандинской области остается в приоритете.

Финансирование. Работа выполнена в рамках проекта АР № 23489358 «Разработка методики оценки устойчивости проектов в моногородах в контексте достижения Целей устойчивого развития» (НАО «Университет Нархоз»), финансируемого научным комитетом Министерства науки и высшего образования Республики Казахстана.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2020 год // Министерство экологии, геологии и природных ресурсов РК [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа URL: https://www.gov.kz/uploads/2022/1/21/195d4245b75123a2c2a6c3ed1ccb39_original.38998496.pdf
- [2] Обухов Ю. Д., Цешковская Е. А., Оралова А. Т., Алейников В. А., Цой Н. К. Оценка почв горнопромышленных районов на содержание тяжелых металлов (на примере Акмолинской и северной части Карагандинской области) // Труды университета. – 2023. – № 2(91). – С. 104-108.
- [3] Программа работ по разработке целевых показателей качества окружающей среды Карагандинской области ГУ «Управление природных ресурсов и регулирования природопользования Карагандинской области» ТОО «ЭКОЭКСПЕРТ».
- [4] Бөрібай Э. С., Молдағазыева Ж. Ы., Усубалиева С. Дж., Тыныбеков Б. М., Сүлейменова М. Ш. Оценка экологической обстановки промышленных территорий Карагандинской и Акмолинской областей // Почвоведение и агрохимия. – 2020. – № 1. – С. 70-80.
- [5] Сембаев Ж. Х., Хантурина Г. Р., Бактыбаева З. Б., Сулейманов Р. А., Валеев Т. К., Рахматуллин Н. Р. Загрязнение почвенного покрова горнорудных территорий Республик Казахстан и Башкортостан тяжелыми металлами // Медицина труда и экология человека. – 2019. – № 1. – С. 17-22.
- [6] Тукунова З. А., Алимжанова М. Б., Акылбекова Т. Н., Ашимулы К., Куандыкова А. Д. Экологическая оценка влияния тяжелых металлов на биологические свойства светло-каштановых почв юго-востока Казахстана // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1. – С. 52-61.
- [7] Статистический сборник «Здоровье населения Республики Казахстан и деятельность организаций здравоохранения в 2023 году»: Министерство здравоохранения Республики Казахстан. – Астана, 2023. – <https://www.gov.kz/memleket/entities/dsm/documents/details/583047?lang=ru>
- [8] Нурмадиева Г. Т., Жетписбаев Б. А. Влияние экосистемы на здоровье человека в промышленно развитых регионах Казахстана // Наука и здравоохранение. – 2018. – Т. 20, № 4. – С. 107-132.
- [9] Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2020-2024 г. [Электронный ресурс]: Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан. РГП «Казгидромет». – Режим доступа URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy>
- [10] Об утверждении критериев оценки экологической обстановки территорий (приказ и.о. министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 августа 2021 года, № 327. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 16 августа 2021 года № 23994).
- [11] Jessica Briffa, Emmanuel Sinagra, Renald Blundell. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // Heliyon. – 2020. – № 6. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020315346>
- [12] Об утверждении единой системы классификации качества воды в водных объектах от 20.03.2024. – Режим доступа URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513#z7>

REFERENCES

- [1] National report on the state of the environment and the use of natural resources of the Republic of Kazakhstan for 2020 // Ministry of Ecology, Geoecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan [Electronic resource]. 2020. URL: https://www.gov.kz/uploads/2022/1/21/195d4245b75123a2c2a2ce3ed1ccb39_original.38998496.pdf (in Russ.).
- [2] Obukhov Yu. D., Tseshkovskaya E. A., Oralova A. T., Aleinikov V. A., Tsoi N. K. Assessment of soils of mining areas for heavy metal content (on the example of Akmola and northern parts of the Karaganda region) // Proceedings of the University. 2023. No. 2(91). P. 104-108 (in Russ.).
- [3] Work program for the development of target indicators of environmental quality in the Karaganda region State Institution "Department of Natural Resources and Nature Management Regulation of the Karaganda Region" LLP "ECOEXPERT" (in Russ.).
- [4] Boribay E. S., Moldagazyeva Zh. Y., Usabalieva S. J., Tynybekov B. M., Suleimenova M. Sh. Assessment of the environmental situation in industrial territories of the Karaganda and Akmola regions // Soil Science and Agrochemistry. 2020. No. 1. P. 70-80 (in Russ.).
- [5] Sembaev Zh. Kh., Khanturina G. R., Baktybaeva Z. B., Suleymanov R. A., Valeev T. K., Rakhmatullin N. R. Contamination of the soil cover of mining areas of the Republics of Kazakhstan and Bashkortostan with heavy metals // Occupational Medicine and Human Ecology. 2019. No. 1. P. 17-22 (in Russ.).
- [6] Tukenova Z. A., Alimzhanova M. B., Akylbekova T. N., Ashimuly K., Kuandykova A. D. Ecological assessment of the influence of heavy metals on the biological properties of light chestnut soils in the southeast of Kazakhstan // Soil Science and Agrochemistry. 2022. No. 1. P. 52-61 (in Russ.).
- [7] Statistical collection "Health of the population of the Republic of Kazakhstan and the activities of health care organizations in 2023": Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, Astana, 2023. <https://www.gov.kz/memleket/entities/dsm/documents/details/583047?lang=ru> (in Russ.).
- [8] Nurmadiyeva G. T., Zhetpisbayev B. A. The impact of the ecosystem on human health in industrially developed regions of Kazakhstan // Science and Healthcare. 2018. Vol. 20, No. 4. P. 107-132 (in Russ.).
- [9] Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan for 2020-2024 [Electronic resource]: Ministry of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan. RSE Kazhydromet – Access mode: <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ezhemesyachnyy-informacionnyy-byulleten-o-sostoyanii-okruzhayushchey-sredy> (in Russ.).
- [10] On approval of criteria for assessing the environmental situation of territories (Order of the Acting Minister of Ecology, Geology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan dated August 13, 2021. No. 327. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on August 16, 2021 No. 23994) (in Russ.).
- [11] Jessica Briffa, Emmanuel Sinagra, Renald Blundell. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // Heliyon. 2020. No. 6. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020315346>
- [12] On approval of a unified system for classifying water quality in water bodies from 20.03.2024. Access mode URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513#z7> (in Russ.).

Р. А. Сәлімбаева¹, А. Н. Дауылбаева^{*2}, Ж. Ы. Молдағазиева³, Ж. Ж. Есенқұлова⁴

¹ Э.ғ.к., доцент (Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан; salimbaeva.rasima@narxoz.kz)

² Ph.D., доцент (Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан; almira.daulbayeva@narxoz.kz)

³ Х.ғ.к., профессор (Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан; zhanar.moldagazieva@narxoz.kz)

⁴ Ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор
(Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан; zhaukhar.esenkulova@narxoz.kz)

ҚАРАҒАНДЫ ОБЛЫСЫ ТОПЫРАҚ ҚАБЫЛДАУЫ ЖӘНЕ СУ РЕСУРСЫНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН ТАЛДАУ

Аннотация. Қарағанды облысының аумағы Қазақстанның орталық бөлігінде орналасқан, мұнда кенді және минералды шикізатты қарқынды өндіру және өңдеу жүзеге асырылады, бұл топырақтың әртүрлі ластанушы заттармен, әсіресе ауыр металдармен ластануының жоғары деңгейіне әкеледі. Табиғи миграциялық процестер нәтижесінде топырақ құрамында болатын әртүрлі токсиканттар, әдетте, жер үсті және жер асты суларына түседі. Сондықтан бұл жұмыстың мақсаты Қарағанды облысының монокалаларындағы топырақ жамылғысы мен жер үсті суларының ауыр металдармен ластану деңгейін талдау болды. Топырақ сынамаларын іріктеу ГОСТ 17.4.4.02-84 бойынша жүргізілді, ал Теміртау, Балқаш және Шахтинск сияқты қалалардағы белгілі бір сынама алу орындарында 15-тен астам топырақ үлгілері зерттелді. 2020 жылдан 2024 жылға дейінгі кезеңде ластану деңгейінің таралу ерекшеліктерін зерттеу нәтижелері қарастырылды. Жүргізілген талдаудың бағасы топырақтағы фон, мг/кг химиялық заттардың құрамын ескере отырып, ШЖҚ-да айтарлықтай асып кетуді көрсетті, мыс, мырыш, қорғасын, кадмий және хром сияқты көрсеткіштер бойынша, әсіресе Балқаш қаласында осы металдардың жоғары концентрациясы анықталды. Қарағанды облысының монокалаларындағы жер үсті суларында болатын ингредиенттердің жалпы мөлшері ШРҚ-дан

асады, олардың көпшілігі бірінші және екінші қауіптілік кластарына жатады. Негізгі ластаушы заттар сынап, мыс, мырыш, фенолдар және мұнай өнімдері болды. Жер үсті суларының санитарлық-химиялық сипаттамасы берілген: Нұра, Қара, Кеңгір, Соқыр, Шерубайнұра өзендері.

Түйін сөздер: топырақ, жер үсті сулары, ластаушы заттар, ауыр металдар, ШПК, Қарағанды облысының моноқалалары.

R. A. Salimbayeva¹, A. N. Dauylbayeva^{*2}, Zh. Y. Moldagazyeva³, Zh. Zh. Yessenkulova⁴

¹Candidate of Economic Sciences, Associate Professor (Narxoz University, Almaty, Kazakhstan; salimbaeva.rasima@narxoz.kz)

^{2*}PhD., Associate Professor (Narxoz University, Almaty, Kazakhstan; almira.daulbayeva@narxoz.kz)

³Candidate of Chemical Sciences, Professor (Narxoz University, Almaty, Kazakhstan; zhanar.moldagazieva@narxoz.kz)

⁴Candidate of Agricultural Sciences, Professor (Narxoz University, Almaty, Kazakhstan; zhaukhar.esenkulova@narxoz.kz)

ANALYSIS OF SOIL AND WATER POLLUTION LEVELS IN KARAGANDA REGION

Abstract. The territory of the Karaganda region is located in the central part of Kazakhstan, where intensive mining and processing of ore and mineral raw materials takes place, which leads to a high level of soil pollution with various pollutants, especially heavy metals. Various toxicants contained in the soil as a result of natural migration processes, as a rule, end up in surface and groundwater. Therefore, the purpose of this work was to analyze the level of heavy metal pollution of the soil cover and surface waters in single-industry towns of the Karaganda region. Soil sampling was carried out in accordance with GOST 17.4.4.02-84, while more than 15 soil samples were studied, collected at certain sampling points in such cities as Temirtau, Balkhash and Shakhtinsk. The results of the study of the features of the distribution of the pollution level in the period from 2020 to 2024 are considered. The assessment of the conducted analysis showed significant excesses in the MAC taking into account the background, mg / kg of chemical substances in the soil, for such indicators as copper, zinc, lead, cadmium and chromium, especially high concentrations of these metals were found in the city of Balkhash. The total amount of ingredients present in surface waters in single-industry towns of the Karaganda region exceeds the MAC, many of which belong to the first and second hazard classes. The main pollutants were mercury, copper, zinc, phenols and oil products. The sanitary and chemical characteristics of surface waters are given: the Nura, Kara, Kengir, Sokyr, Sherubaynura rivers.

Keywords: soil, surface water, pollutants, heavy metals, MAC, single-industry towns of the Karaganda region.