МРНТИ 87.53.91 https://doi.org/10.26577/EJE208830326

Г.С. Кенжибаева[1], С.Д. Балыбек[1*], А.А. Абдуова[1], Ж.Д. Пернебаев[2], А.М. Есимова[1], Е.К. Есимов[1]

[1]Южно-Казахстанский исследовательский университет имени Мухтара Ауэзова, Шымкент, Казахстан
[2]ТОО «Центр научных исследований и экологической экспертизы "KazEcoHolding"», Шымкент, Казахстан
*e-mail: ecology_uko@mail.ru

КОМПЛЕКСНАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ (на примере г. Шымкента)

В статье представлена комплексная экологическая оценка техногенных отходов промышленных предприятий г. Шымкента с учетом их классификации и воздействия их на окружающую среду. Актуальность исследования обусловлена ростом промышленного производства, сопровождающимся увеличением объемов отходов и усилением антропогенной нагрузки на атмосферный воздух, почвы и водные ресурсы.

Проведен анализ распределения промышленных предприятий по категориям экологической опасности в соответствии с Экологическим кодексом РК, а также выявлены основные источники образования отходов, включая металлургические, нефтеперерабатывающие и химические предприятия. Рассмотрены особенности накопления как текущих, так и исторически сформированных отходов.

На основе полевых и лабораторных исследований установлены превышения загрязняющих веществ, подтверждающие наличие экологических рисков. Дополнительно использованы данные космического мониторинга для выявления несанкционированных свалок.

Результаты исследования подчеркивают необходимость совершенствования системы управления отходами и внедрения современных методов экологического контроля для обеспечения устойчивого развития региона.

Ключевые слова: техногенные отходы, экологическая оценка, промышленность, загрязнение.

G.S. Kenzhibayeva[1], S.D. Balybek[1*], A.A. Abduova[1], Z.Pernebayev[2], A. M. Esimova[1], E.K. Yessimov[1]

[1]Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent, Kazakhstan
[2] LLP «Centre for Scientific Research and Ecological Expertise «KazEcoHolding», Shymkent, Kazakhstan
*e-mail: ecology_uko@mail.ru

Comprehensive environmental assessment of industrial technogenic waste and its impact on the environment (case study of Shymkent city)

This article presents an environmental assessment of technogenic waste generated by industrial enterprises in the city of Shymkent, considering its classification and environmental impact. The relevance of the study is driven by industrial growth and increasing waste volumes, which intensify pressure on air, soil, and water resources.

An analysis of industrial enterprises by environmental hazard categories in accordance with the Environmental Code of the Republic of Kazakhstan was conducted. In addition, the main sources of waste generation, including metallurgical, oil refining, and chemical enterprises, were identified. The characteristics of current and historically accumulated waste were also examined.

Based on field and laboratory investigations, exceedances of pollutant concentrations were identified, confirming environmental risks. In addition, remote sensing data were used to detect unauthorized waste disposal sites.

The findings highlight the need to improve the waste management system and implement environmental monitoring methods to ensure the sustainable development of the region.

Keywords: technogenic waste, environmental assessment, industry, pollution.

 © 2026 Al-Farabi Kazakh National University

Г.С. Кенжибаева[1], С.Д. Балыбек[1*], А.А. Абдуова[1],
Ж.Д. Пернебаев[2], А.М. Есимова[1], Е.К. Есимов[1]
[1]Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан
[2]«KazEcoHolding» ғылыми зерттеулер және экологиялық сараптама орталығы» ЖШС, Шымкент, Қазақстан
*e-mail: ecology_uko@mail.ru

Өнеркәсіптік кәсіпорындардың техногендік қалдықтарын кешенді экологиялық бағалау және олардың қоршаған ортаға әсері (Шымкент қаласы мысалында)

Мақалада Шымкент қаласындағы өнеркәсіптік кәсіпорындардың техногендік қалдықтарына кешенді экологиялық бағалау жүргізілді. Зерттеудің өзектілігі өнеркәсіп өндірісінің қарқынды дамуы мен қалдықтар көлемінің ұлғаюына байланысты қоршаған ортаға түсетін антропогендік жүктеменің күшеюімен түсіндіріледі. Техногендік қалдықтардың атмосфералық ауаға, топырақ-қа және су ресурстарына әсері қарастырылған. Экологиялық кодекс талаптарына сәйкес кәсіпорындар экологиялық қауіптілік деңгейлері бойынша жіктеліп, негізгі қалдық көздері анықталған.

Сонымен қатар қазіргі және тарихи қалдықтардың жинақталу ерекшеліктері мен олардың қоршаған ортаға ұзақ мерзімді әсері талданды. Далалық зерттеулер мен зертханалық талдаулар нәтижесінде бірқатар ластаушы заттардың шекті рұқсат етілген мөлшерден асу фактілері анық-талды. Зерттеу нәтижелері қалдықтарды басқару жүйесін жетілдіру және экологиялық қауіпсіз-дікті арттыру қажеттігін көрсетеді.

Далалық және зертханалық зерттеулердің нәтижелері бойынша ластаушы заттардың рұқсат етілген шекті мөлшерден асуы анықталып, олардың экологиялық тәуекелдер тудыратыны рас-талды. Бұдан басқа, рұқсатсыз қалдықтар орналасқан орындарды анықтау мақсатында ғарыш-тық мониторинг деректері пайдаланылды.

Зерттеудің нәтижелері өңірдің тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін қалдықтарды басқару жүйесін жетілдіру және экологиялық бақылаудың заманауи әдістерін енгізу қажеттігін көрсетеді.

Түйін сөздер: техногендік қалдықтар, экологиялық бағалау, өнеркәсіп, ластану.

Введение

В современных условиях индустриального развития проблема образования и накопления техногенных отходов приобретает особую актуальность и рассматривается как одна из ключевых экологических угроз. Интенсивные рост промышленного производства сопровождается увеличением объемов отходов, оказывающих негативное воздействие на атмосферный воздух, почвенный покров и водные ресурсы, а также создающих риски здоровья населения. Наиболее остро данная проблема проявляется в крупных промышленных центрах с высокой концентрацией предприятий различных отраслей, одним из которых является г. Шымкент, где сосредоточены предприятия металлургической, химической, нефтеперерабатывающей и строительной промышленности. В процессе их деятельности образуется разнообразные виды техногенных отходов, включая шламы, шлаки, твердые отходы и пылевые выбросы. Значительные объемы текущих и исторически накопленных отходов формируют устойчивое антропогенное воздействие на окружающую среду, способствуя загрязнению природных компонентов и усилению экологических рисков. Несмотря на наличие нормативно-правовой базы, система управления отходами в ряде случаев остается недостаточно эффективной, что требуется совершенствования механизмов экологического контроля и мониторинга, а также внедрения современных методов моделирование систем управления промышленными отходами (Campana et al., 2025; Wang et al., 2023).

В этой связи возникает необходимость комплексной экологической оценки техногенных отходов с учетом их источников, объемов, состава и условий размещения, а также анализа их воздействия на окружающую среду.

Целью настоящего исследования является проведение комплексной экологической оценки техногенных отходов промышленных предприятий г. Шымкента, определение основных источников их образования, особенности накопления и размещение, и оценка их воздействия на окружающую среду. анализ связанных с ними экологических рисков для окружающей среды.

Вопросы образования, накопления и экологического воздействия техногенных отходов промышленных предприятий являются одним из приоритетных направлений современных экологических исследований. В научной литературе отмечается, что рост промышленного производства приводит к увеличению объемов отходов, что усиливает нагрузку на атмосферный воздух,

почвенный покров и водные ресурсы, а также создает долгосрочные экологические риски для здоровья населения (Pernebayev et al., 2026; United Nations Environment Programme, 2019; World Bank, 2018).

Значительное внимание уделяется проблеме обращения с промышленными отходами в индустриально развитых регионах, где наблюдается высокая концентрация металлургических, химических и нефтеперерабатывающих предприятий. Согласно исследованиям отечественных авторов (Иванов и др., 2020; Ахметов, 2021), наиболее опасными являются отходы металлургического производства, содержащие тяжелые металлы и токсичные соединения, которые способны накапливаться в окружающей среды и мигрировать по трофическим цепям.

В работах по управлению отходами подчеркивается необходимость перехода от линейной модели «производство-потребление-захоронение» к циркулярной экономике, предполагающей повторное использование и переработку отходов как вторичных ресурсов (Иванов и др., 2020; Ellen MacArthur Foundation, 2015). Также отмечается эффективность внедрения технологий переработки шламов, шлаков и нефтесодержащих отходов для снижения экологической нагрузки (Świnder et al., 2024; Zhang et al., 2020).

Мировой опыт показывает, что переработка техногенных отходов рассматривается как ключевое направление «зеленой экономики» и циркулярного производства (circular economy). В странах ЕС, США, Японии активно развиваются технологии извлечения металлов из шлаков и хвостов (Kumar & Singh, 2020; Lee et al., 2021), синтеза строительных материалов из золошлаковых смесей (Li et al., 2022), извлечение редкоземельных элементов (REE) и цинка из шлаков полиминеральной свинцово-цинковой металлургии; показано, что можно извлечь до ~99,6 % REE и ~67 % Zn с концентрированием (Świnder et al., 2024).

В статье Хамида и соавт. (2025) рассмотрена роль промышленных отходов в развитии зелёных технологий: переработка, извлечение ценностей, преобразование в материалы и энергию. Авторы Wang и соавт. (2023) рассматривали техногенные отходы, содержащие ценные компоненты, которые могут стать сырьём для индустрии, а также цифровые модели управления техногенными потоками. Однако большинство существующих решений ориентированы на конкретные виды отходов и не учитывают региональные особенности их состава, климата и инфраструктуры.

Авторы Wang и Wang (2019) в работе анализируют применение ИИ и цифровых двойников (digital twins) в управлении отходами: оптимизация потоков, прогнозирование, интеграция больших данных.

В работе Campana и соавт. (2025) проведен библиометрический и тематический анализ применения искусственного интеллекта и цифровых двойников в управлении отходами: выявлены ключевые направления, тенденции и взаимосвязи между цифровизацией, экономикой замкнутого цикла и управлением потоками, что подчёркивает переход к цифровым и предиктивным системам управления отходами – мировая тенденция.

Отдельное направление исследований связано с применением дистанционного зондирования и геоинформационных систем для мониторинга мест размещения отходов. Данные методы позволяют оперативно выявлять несанкционированные свалки и оценивать динамику изменения загрязненных территорий (Li et al., 2019).

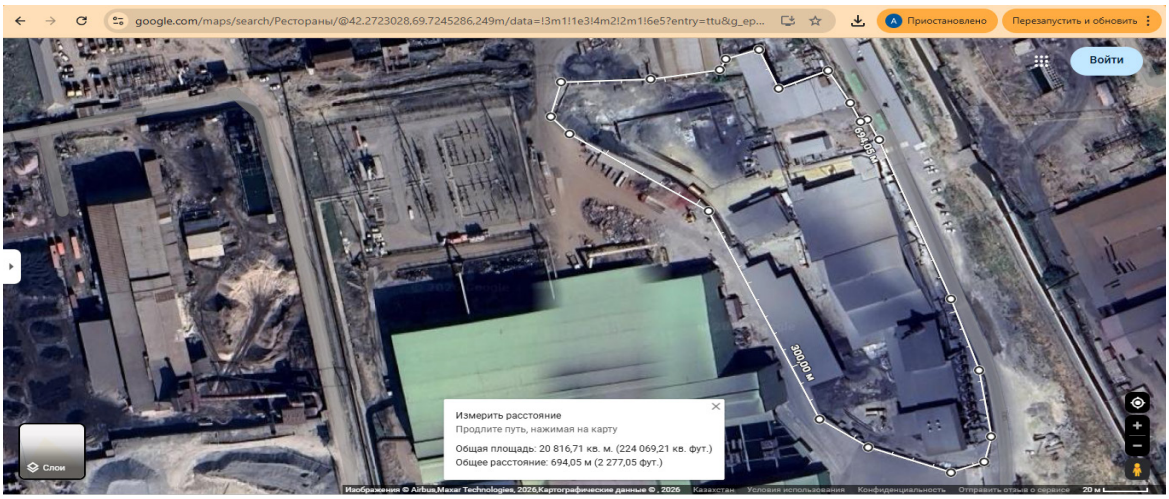
В Казахстане исследования техногенных отходов промышленности, включая работы по регионам Южного Казахстана, указывают на высокую концентрацию исторически накопленных отходов фосфорного и металлургического производства, представляющих значительную экологическую опасность (Сейдуллаев, 2022; Нуртаев, 2023). Техногенных отходы промышленных регионов оказывают существенное влияние на состояние почвенного покрова, атмосферного воздуха и водных ресурсов, вызывая их деградацию и снижение экологической устойчивости территорий (Колесников и др., 2022). В работах также подчеркивается необходимость системного подхода к оценке воздействия отходов, включающего анализ их физико-химических характеристик и путей распространения в окружающей среде.

Кроме того, важное значение имеют методы экологической оценки и мониторинга техногенных отходов, позволяющие своевременного выявлять источники загрязнения и прогнозировать их дальнейшее воздействие. Как отмечается в исследованиях, применение современных методов мониторинга способствует повышению эффективности природоохранных мероприятий и снижению экологической нагрузки на окружающую среду (Колесников & Смагулова, 2021).

Рассмотрим предприятия, относящие к объектам I категории: ТОО «Polymettech», ТОО «Glometech», ТОО «Гермес-Б.Е.», ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа», ТОО «KazFerro», ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)», ТОО «ПетроКазахстанОйлПродактс», ТОО «ЮгСтройСервисЛТД».

Особое место среди объектов I категории занимают предприятия по производству цветных металлов ТОО «Polymettech», расположенный в восточной части г. Шымкента (рисунок 1).

Рисунок 1
Карта накопления отходов ТОО «Polymettech»



Сырьем для получения готового продукта является – кек, пыль, шлам и другие свинецсодержащие материалы и промпродукты свинцовых, медных и цинковых заводов. В результате технологических процессов ежегодно образуются мышьяксодержащий кек в среднем 19440 т/год и гранулированный шлак 16636 т/год, который направляется на полигон ТОО «Glometech» для дальнейшего захоронения.

В ходе обследования (март 2026 г.) прилегающей территории производственной площадки ТОО «Polymettech» были выявлены участки несанкционированного размещения отходов, расположенной между индустриальными зонами «Оңтүстік» и «Ордабасы» (рисунок 2).

Рисунок 2
Карта несанкционированного размещения отходов вблизи ТОО «Polymettech»



Важным элементом инфраструктуры обращения с отходами является единственный полигон промышленных отходов ТОО «Glometech» для долговременного хранения и захоронения токсичных отходов, расположенный в юго-западной части города. В районе полигона отсутствуют водные объекты. Река Бадам протекает с севера на расстоянии 12 км. Участок полигона со всех сторон окружен земельными участками из состава земель сельскохозяйственного назначение (рисунок 3).

Предприятие ТОО «Гермес-Б.Е.» осуществляет переработку вторичного металлического сырья с получением заготовок, которые в дальнейшем подвергаются прокатке с выпуском готовой продукции в виде арматуры, уголка и катанки (рисунок 4). В процессе производственной деятельности образуются отходы, включая зольные остатки, котельные шлаки и зольную пыль 2,89 т/год, доменные шлаки 42 т/год, а также огнеупорные материалы и футеровку 30 т/год. Все образующиеся отходы своевременно вывозятся специализированным автотранспортом и передаются лицензированным организациям для последующей переработки или утилизации.

Рисунок 3
Карта полигона промышленных отходов ТОО «Glometech»



Рисунок 4
Карта накопления отходов по производству металлопроката ТОО «Гермес-Б.Е.»



В ходе обследования прилегающей территории производственной площадки ТОО «Гермес-Б.Е.» были выявлены участки несанкционированного размещения отходов, расположенные напротив индустриальной зоны «Ордабасы», вдоль реки Сайрамсу (рисунок 5).

Рисунок 5
Карта несанкционированного размещения отходов вблизи ТОО «Гермес-Б.Е.»



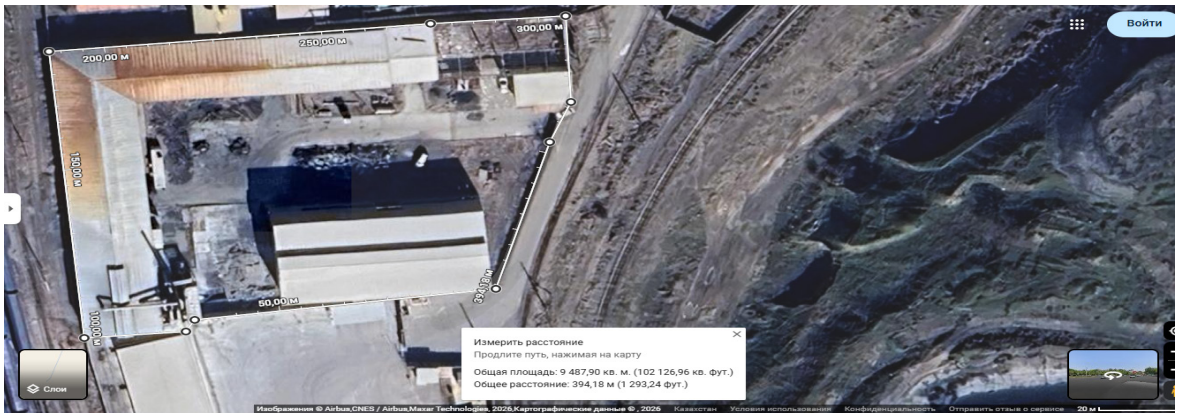
Основной деятельностью предприятия ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа» является производство ферросплавов с использованием технологических процессов плавки, в процессе эксплуатации образуются промышленные отходы, в том числе шлак (4200 т/год), шлам от промывки руды 350 т/год и пыль, улавливаемая фильтрами 440 т/год (рисунок 6).

Предприятие ТОО «KazFerro», предназначено для получения медного штейна свинца, в процессе изготовления продукции образуется шлак в объёме 720,72 т/год (рисунок 7).

Рисунок 6
Карта накопления отходов ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа»



Рисунок 7
Карта накопления отходов ТОО «KazFerro»



Предприятие по регенерации отработанных масел и производству смазочных материалов ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)» занимается регенерацией отработанных масел и производством пластичных смазок. В процессе деятельности предприятия образуются нефтешламы, замазученные грунты и другие опасные отходы, часть которых подлежит термической утилизации (рисунок 8).

Рисунок 8
Карта накопления отходов ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)»



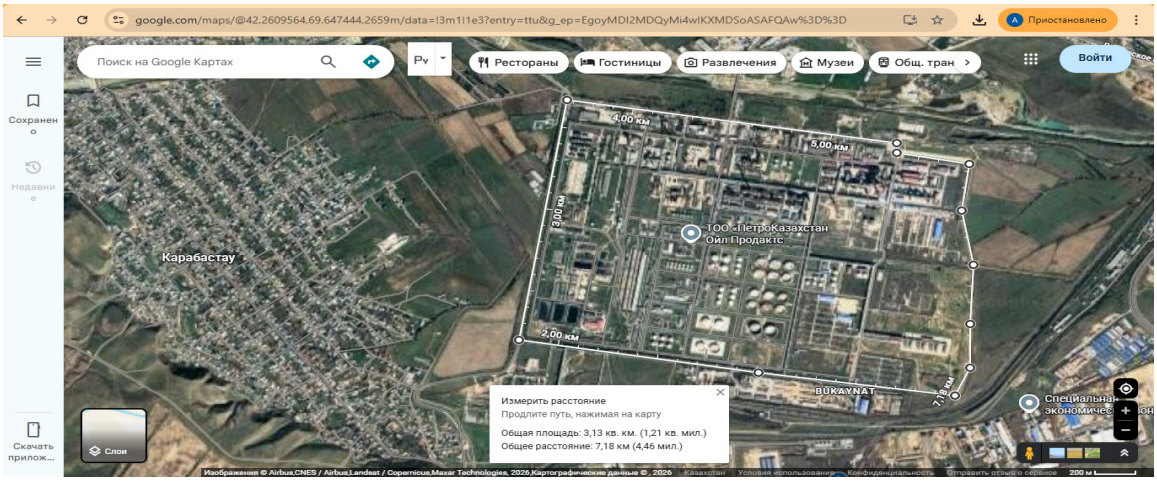
В ходе обследования прилегающей территории производственной площадки ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)» были выявлены участки несанкционированного размещения отходов (рисунок 9).

К числу крупнейших источников образования промышленных отходов в г. Шымкент относится нефтеперерабатывающий завод ТОО «ПетроКазахстанОйлПродактс», перерабатывающий до 6 млн тонн нефти в год. В процессе технологических операций формируются нефтесодержащие отходы, включая нефтешламы до 8093 т/год и твёрдая фракция (кек) около 500 т/год (рисунок 10).

Рисунок 9
Карта несанкционированного размещения отходов вблизи ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)»



Рисунок 10
Карта накопления отходов ТОО «ПетроКазахстанОйлПродактс»



Производственные отходы ТОО «ЮгСтройСервисЛТД» представлены гранулированным электротермофосфорным шлаком в объеме около 2 500 000 т. Это отходы бывшего фосфорного производства (рисунок 11).

Кроме того, на территории города функционирует предприятие ТОО «Эко Шина», которое занимается переработкой изношенных автомобильных шин. В результате технологического процесса образуются отходы, включая технический углерод в объёме 1320 т/год и смешанные металлы в объеме 500 т/год (рисунок 12) (Кенжибаева и др., 2026).

В целом анализ показывает, что структура промышленных отходов в г. Шымкент характеризуется доминированием минеральных отходов металлургического и химического производства (шлаки, шламы, золошлаковые материалы), значительными объемами нефтесодержащих отходов, а также наличием исторически накопленных токсичных отходов, содержащих мышьяк, свинец и фосфор. Концентрация крупных объемов отходов на ограниченном числе предприятий и специализированных полигонов свидетельствует о необходимости совершенствования системы обращения с промышленными отходами, внедрения технологий их переработки и вовлечения во вторичное использование, что позволит снизить нагрузку на окружающую среду и сократить площади, занятые объектами их хранения.

Рисунок 11
Карта расположения отходов бывшего фосфорного производства



Рисунок 12
Карта накопления отходов ТОО «Эко Шина»



В Казахстане исследования в данном направлении осуществлялись преимущественно в рамках отдельных проектов, посвященных переработке металлургических шлаков или хвостов обогащения (Айдарханова и др., 2019; Кенжебеков и др., 2021; Батырханова и др., 2024). Несмотря на наличие определенных научных и практических результатов, комплексный подход к оценке потенциала использования различных видов промышленных отходов региона и формированию единой цифровой модели управления их переработкой в настоящее время недостаточно развит.

Материалы и методы исследования

Объект исследования: техногенные отходы промышленных предприятий г. Шымкента.

Проведен анализ промышленных предприятий и характеристика образуемых отходов (таблица 2).

Таблица 2
Характеристика отходов промышленных предприятий

№	Наименование предприятия	Вид деятельности	Вид отходов	Объем, т/год
1	2	3	4	5
1	ТОО «Polymettech»	Производство цветных металлов	Гранулированный шлак	16636
			Арсенат кальции, мышьяксодержащий кек	19440
2	ТОО «Гермес-Б.Е.»	Производство металлопроката	Котельные шлаки и зольную пыль	2,89
			Доменные шлаки	42
			Огнеупорные материалы и футеровку	30
3	ТОО «KazFerro»	Производство свинцовых сплавов	Шлак	720,72
4	ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа»	Производство ферросиликомарганцевого сплава	Шлак	4200
			Шлам от промывки руды	350
			Пыль, улавливаемая фильтрами	440
5	ТОО «AluTech»	Производство алюминиевого прута	Шлак от первичного и вторичного производства свинца	240
6	ТОО «ЦветЛит»	Производство алюминиевого прута	Шлак	240
7	ТОО «Element 5 KZ»	Производство сплавов вторичного алюминия, латуни и меди от вторичного сырья в виде лома цветных металлов	Черные шлаки (окалина) вторичной плавки (алюминия)	429,3
8	ТОО «Sin Yuan Steel (Син Юань Стил)»	Металлургический завод	Шлак от плавильных печей	250
			Пыль дымовых газов	530
9	ТОО «VEGAsmelting»	Производство свинцовых сплавов	Шлаки от первичного и вторичного производства свинца	2525
10	АО «Химфарм»	Фармацевтическое предприятие	Специализированный шротоотвал	400000
11	ТОО «Rich smelting»	Производство свинцовых сплавов	Шлаки от первичного и вторичного производства свинца	25,25
12	ТОО «HYP-KZ»	Цех переплавки лома цветных металлов	Непереработанный шлак	1440,14
			Отработанные материалы	3,616
			Твердые отходы от газоочистки	8,022
13	ТОО «Shymkent Temir»	Сталелитейное производство	Пыли, уловленные в фильтрах, пыль дымовых газов	1662
			Непереработанный шлак	2150
14	ТОО «KazFerroGroup»	Производство ферросиликомарганцевых сплавов	Пыль дымовых газов	40
			Шламы и осадки на фильтрах от газоочистки	1710
15	ТОО «Standard Steel KZ»	Переработка свинцовых отходов с получением концентрата цветных металлов	Шлак бывшего Шымкентского свинцового завода	1 800 000
16	ТОО «High Industrial Lubricants & Liquids Corporation (HILL)»	Производство моторных масел	Промасленной глины (бентонита), предназначенной для сжигания в инсинераторной печи	732,5
17	ТОО «ЭКО Шина»	Переработка изношенных автомобильных шин	Технический углерод	1 320
18	ТОО «Афинаж»	Цех по удалению и восстановлению отходов	Золошлаковые отходы (включая отходы газоочистки)	272,641

Продолжение таблицы

№	Наименование предприятия	Вид деятельности	Вид отходов	Объем, т/год
1	2	3	4	5
19	ТОО «ПетроКазахстан Ойл Продактс»	Переработка нефти	Обезвоженный кек из нефтешлама	500
			Нефтешламы	8093
			Отработанные катализаторы	2342,95
			Донные осадки из буферного пруда и грунт после биологической очистки с аварийного амбара	5200
			Иловый шлам	360
			Абсорбенты, фильтровальные материалы, ткани для вытирания, защитная одежда, активированный уголь, керамические шары, регенеративный патрон	1030,7
			Синтетические моторные, трансмиссионные и смазочные масла	200,07
			Отработанные катализаторы, загрязненные опасными веществами	6000
			Тара из-под химреагентов	400,005
			Пирофорные сульфиды железа	200
20	ИП Абдуманап М.А.	Переработка нефтешламов	Донные шламы	200
			Нефтешламы	0,1
			Зольный остаток, котельные шлаки и зольная пыль от процессов совместного сжигания, содержащие опасные вещества	40
21	ТОО «Кайнар»	Утилизация фосфоросодержащих шламов	Фосфоритных и кварцитовых фракций отходы бывшего фосфорного завода	1 914 415
22	ТОО «Юг Строй Сервис ЛТД»	Погрузка гранулированного электротермофосфорного шлака для дальнейшей передачи в другое предприятие	Электротермофосфорный шлак бывшего фосфорного завода г. Шымкент	2 500 000
23	ТОО «Шымкентцемент»	Производство цемента	Отходы отработанной футеровки	500
24	ТОО «Стандарт Цемент»	Производство цемента	Отходы отработанной футеровки	400
25	ТОО «DIP TRANS LOGISTICS»	Полигон ТБО	Смешанные коммунальные отходы (ТБО)	401 031
26	ТОО «Водные ресурсы-Маркетинг»	Водоснабжение и очистка бытовых сточных вод	Отходы от удаления песка	3120,75
			Отходы очистки сточных вод	2929,94
			Отходы очистки сточных вод (Мусор (отбросы) с защитных решеток)	1384
27	ТОО «Glometech»	Полигон захоронение промышленных отходов	Законсервированная карта № 1 с арсенатом кальция	21400*
			Законсервированная карта № 2 с арсенатом кальция, закисленным грунтом и мышьяксодержащим кеком	16071
			Заполненная карта №3 в виде прямоугольного углубления	40000
			Действующая карта №4	130 000

* *м^3 – Объем карт №1, №2, №3 и №4.*

Проведены исследования наиболее опасных производственных отходов промышленных предприятий (рисунок 13-19): ТОО «ЮгСтройСервисЛТД» (образец №1), ТОО «ЭкоШина» (образец №2), ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)» (образец №3), ТОО «Гермес-Б.Е.» (образец №4), ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа» (образец №5), ТОО «Polymettech» (образец №6), ТОО «KazFerro» (образец №7) с выявлением элементного анализа с применением растровой электронной микроскопии (РЭМ).

Рисунок 13

Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «ЮгСтройСервисЛТД»

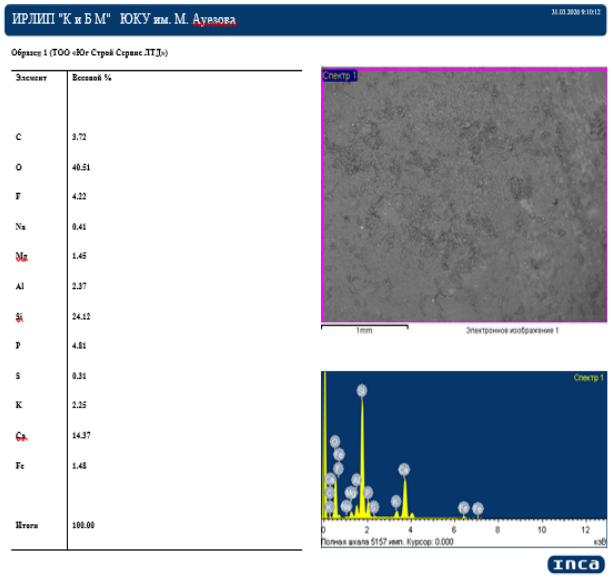


Рисунок 14

Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «ЭкоШина»

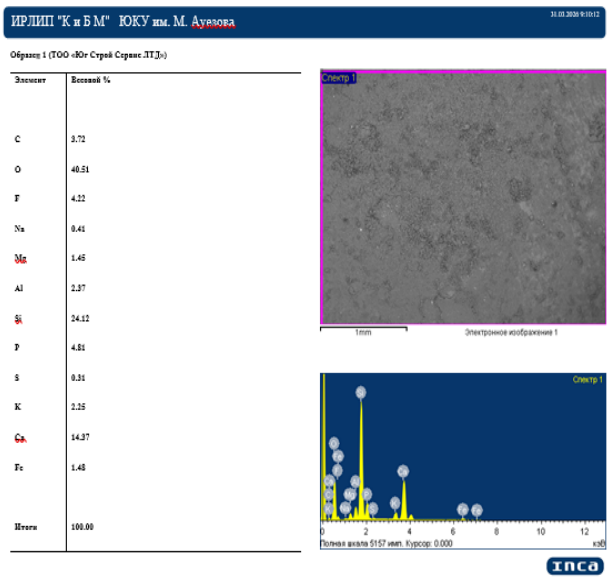


Рисунок 15

Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)»

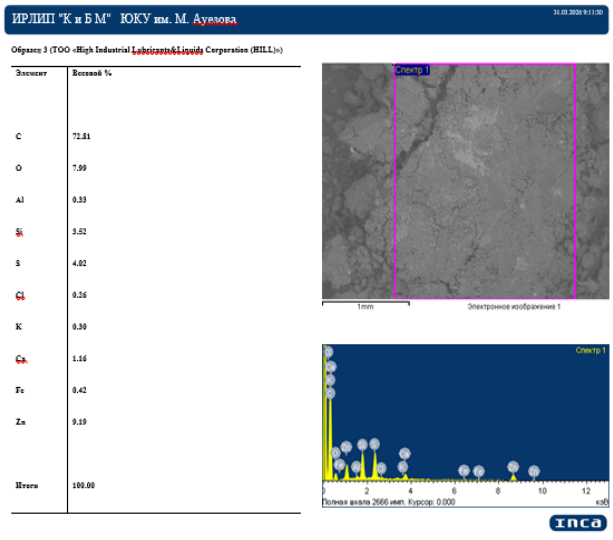


Рисунок 16

Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «Гермес-Б.Е.»

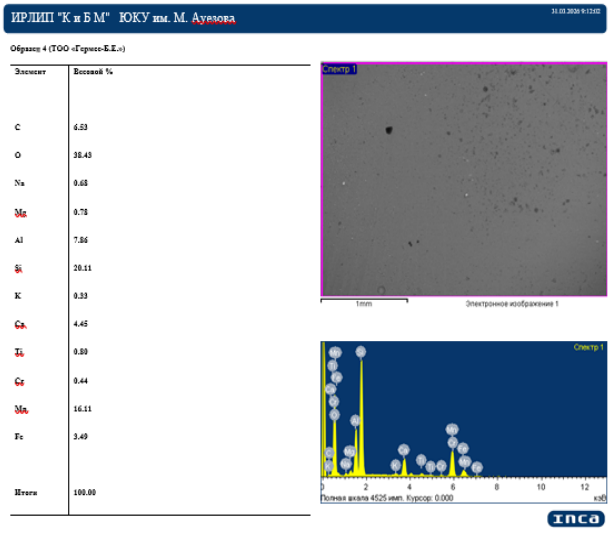
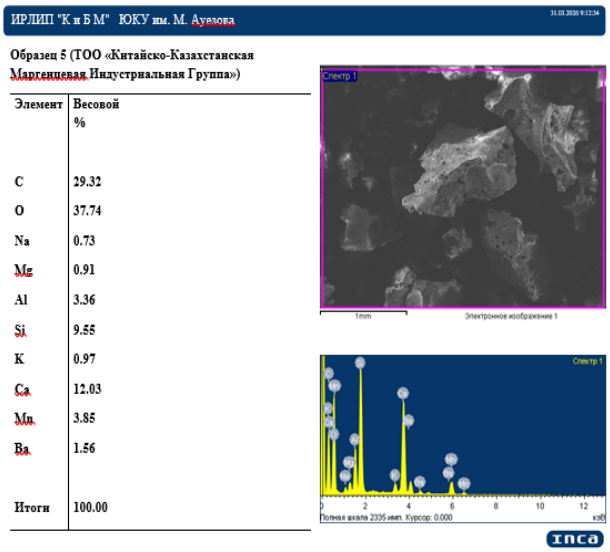


Рисунок 17

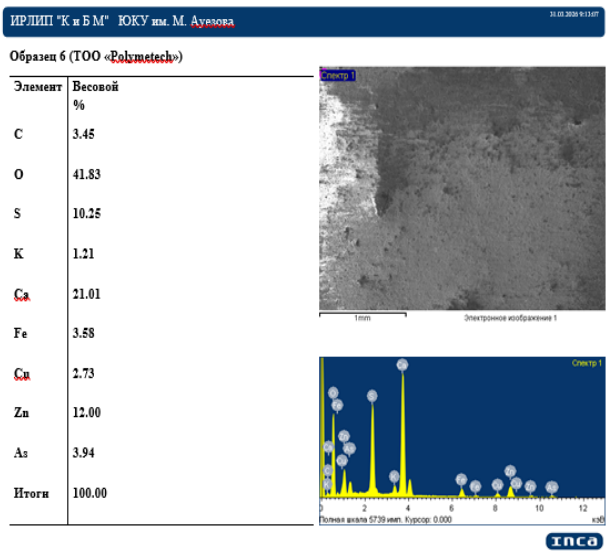
Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа»



Элемент	Весовой %
C	29.32
O	37.74
Na	0.73
Mg	0.91
Al	3.36
Si	9.55
K	0.97
Ca	12.03
Mn	3.85
Ba	1.56
Итоги	100.00

Рисунок 18

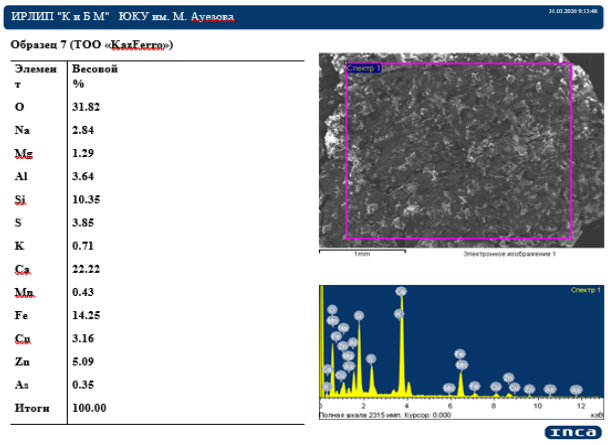
Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «Polymettech»



Элемент	Весовой %
C	3.45
O	41.83
S	10.25
K	1.21
Ca	21.01
Fe	3.58
Cu	2.73
Zn	12.00
As	3.94
Итоги	100.00

Рисунок 19

Результаты анализа химического состава производственных отходов ТОО «KazFerro»

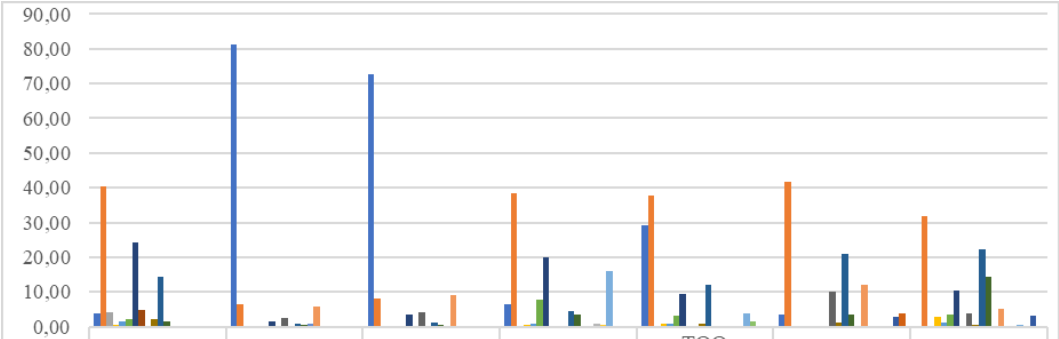


Элемент	Весовой %
O	31.82
Na	2.84
Mg	1.29
Al	3.64
Si	10.35
S	3.85
K	0.71
Ca	22.22
Mn	0.43
Fe	14.25
Cu	3.16
Zn	5.09
As	0.35
Итоги	100.00

Результаты элементного анализа отходов исследуемых предприятий свидетельствуют о значительных различиях их химическом составе, обусловленных спецификой технологических процессов и используемого сырья (рисунок 20).

Рисунок 20

Химический состав производственных отходов



	ТОО «Юг Строй Сервис ЛТД»)	ТОО «ЭкоШина»	ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)»	ТОО «Гермес-Б.Е.»	ТОО «Китайско-Казахстанская Маргенцевая Индустриальная Группа»	ТОО «Polymetech»	ТОО «KazFerro»
C	3,72	81,23	72,81	6,53	29,32	3,45	
O	40,51	6,65	7,99	38,43	37,74	41,83	31,82
F	4,22						
Na	0,41			0,68	0,73		2,84
Mg	1,45			0,78	0,91		1,29
Al	2,37	0,31	0,33	7,86	3,36		3,64
Si	24,12	1,54	3,52	20,11	9,55		10,35
P	4,81						
S	0,31	2,44	4,02			10,25	3,85
K	2,25		0,3	0,33	0,97	1,21	0,71
Ca	14,37	0,85	1,16	4,45	12,03	21,01	22,22
Fe	1,48	0,41	0,42	3,49		3,58	14,25
Cl		0,81	0,26				
Zn		5,74	9,19			12	5,09
Ti				0,8			
Cr				0,44			
Mn				16,11	3,85		0,43
Ba					1,56		
Cu						2,73	3,16
As						3,94	0,35

В целом результаты исследования показывают, что отходы предприятий содержат как природные минеральные компоненты, так и элементы, обладающие потенциальной экологической опасностью. Наличие тяжелых металлов и токсичных элементов, включая мышьяк, хром, медь, цинк и марганец, указывает на необходимость обеспечения надлежащего контроля за условиями хранения, транспортировки и утилизации отходов с целью минимизации риска загрязнения окружающей среды.

В 2024 году нами совместно с Департаментом экологии по городу Шымкент были проведены исследования почвы в санитарно-защитной зоне (далее-СЗЗ) и производственного полигона ТОО «Glometech» (таблица 3,4). Этот полигон принимает отходы ТОО «Polymettech». В ходе визуального осмотра было выявлено, что территория СЗЗ полигона способствует распространению загрязнения почв.

Результаты химического анализа почвенных образцов, отобранных на территории полигона в 2024 году, свидетельствуют о наличии устойчивого техногенного воздействия на почвенный покров. Установлены значительные превышения фоновых концентраций по ряду показателей, включая плотный остаток, хлориды, сульфаты, бикарбонаты, кальций, магний, подвижный фосфор, нефтепродукты, а также тяжелые металлы (мышьяк и свинец).

Таблица 3

Результаты химического анализа почвенных образцов СЗЗ (Протокол испытания почвы № 17 от 25.05.2024 г.)

№	Наименование загрязняющего вещества	Нормативный документ на метод испытания	Концентрация		Превышение
			фактическая	ПДК (фоновая)	
1	Плотный остаток, %	ГОСТ 26423-85 – «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки»	1,094	0,116	в 9,04 раза
2	Хлорид (Cl^-), %	ГОСТ 26425 – «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке»	0,0026	0,0018	в 1,4 раза
3	Сульфат (SO_4^{2-}), %	ГОСТ 26426-85 – «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке»	0,48	0,06	в 8,0 раза
4	Бикарбонат (HCO_3^-), %	ГОСТ 26424-85 – «Почвы. Методы определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке»	0,0031	0,0015	в 2,1 раза
5	Кальций (Ca), %	ГОСТ 26428-85 – «Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке»	0,035	0,02	в 1,75 раза
6	Магний (Mg), %		0,153	0,0046	в 33,3 раза
7	Фосфор подвижный (P_2O_5), мг/кг	ГОСТ 26205-91 – «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО»	33,5	3,5	в 10,2 раза

Таблица 4

Результаты химического анализа почвенных образцов производственного полигона ТОО «Glometech» (Протокол испытания почвы № 28 от 27.12.2024 г., № 99 от 30.12.2024 г.).

№	Наименование загрязняющего вещества	Нормативный документ на метод испытания	Концентрация		Превышение
			фактическая	ПДК (фоновая)	
1	Плотный остаток, %	ГОСТ 26423-85 – «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, pH и плотного остатка водной вытяжки»	1,09	0,062	в 17,5 раза
2	Хлорид (Cl^-), %	ГОСТ 26425 – «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке»	0,0044	0,0018	в 2,4 раза
3	Сульфат (SO_4^{2-}), %	ГОСТ 26426-85 – «Почвы. Методы определения иона сульфата в водной вытяжке»	0,72	0,012	в 60 раз
4	Бикарбонат (HCO_3^-), %	ГОСТ 26424-85 – «Почвы. Методы определения ионов карбоната и бикарбоната в водной вытяжке»	0,0061	0,0046	в 1,3 раза
5	Кальций (Ca), %	ГОСТ 26428-85 – «Почвы. Методы определения кальция и магния в водной вытяжке»	0,25	0,00125	в 20 раз
6	Магний (Mg), %		0,027	0,0046	в 5,8 раза
7	Фосфор подвижный (P_2O_5), мг/кг	ГОСТ 26205-91 – «Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО»	34,6	3,5	в 9,8 раза
8	Нефтепродукт, мг/кг	СТ РК 2.378-2015 – «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости»	3,5	2,25	в 1,5 раза
9	Мышьяк (As), мг/кг	М 049-П/10 – «Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв рентгенофлуоресцентным методом»	219,4	2,0	в 109,7 раза
10	Свинец (Pb), мг/кг		193,1	32,0	в 6,0 раза

В 2024 году нами совместного с Департаментом экологии по городу Шымкент были проведены исследования атмосферного воздуха, почвы и сброс сточных вод в близи производственного объекта ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)» (таблица 5).

В 2024 году совместно с Департаментом экологии по городу Шымкент были проведены исследования атмосферного воздуха в санитарно-защитной зоне и на производственном объекте ТОО «Гермес-Б.Е.» (таблица 6).

Также в 2023 году совместно с Департаментом экологии по городу Шымкент были проведены исследования атмосферного воздуха в санитарно-защитной зоне и на производственном объекте ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа» (таблица 7).

А в 2026 году были проведены исследования атмосферного воздуха на производственном объекте ТОО «Polymettech» (таблица 8).

В 2024 году нами совместно с Департаментом экологии по городу Шымкент были проведены исследования атмосферного воздуха на производственном объекте ТОО «ЭкоШина» (таблица 9).

Таблица 5

Результаты исследования химического анализа промышленных отходов ТОО «High Industrial Lubricants&Liquids Corporation (HILL)»

Наименование загрязняющего вещества	Нормативный документ на метод испытания	Концентрация, мг/кг		Превышение
		Фактическая	ПДК (фоновая)	
Результаты исследования химического анализа почвенных образцов (Протокол испытания почвы № 5 от 11.04.2024 г.)				
Нефтепродукты	СТ РК 2.378-2015 – «Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв»	12240,0	64,0	в 191,2 раза
Результаты исследования проб атмосферного воздуха на источниках производственного объекта (Протокол № 17 от 11.04.2024 г.)				
Оксид углерода (CO)	СТ РК 1877-2009 – «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения выброса оксида углерода из стационарных источников загрязнения»	0,2803	0,1832	в 1,53 раза
Результаты исследования проб ливневых стоков с лотка возле старого отстойника (Протокол испытания воды № 15 от 19.04.2024 г.)				
Нефтепродукты	СТ РК 2328-2013 – «Вода. Определение содержания нефтепродуктов флуориметрическим методом»	40,60	-	-

Таблица 6

Результаты исследования атмосферного воздуха в санитарно-защитной зоне и на производственном объекте ТОО «Гермес-Б.Е.»

№	Наименование загрязняющего вещества	Нормативный документ на метод испытания	Концентрация, мг/м^3		Превышение
			фактическая	ПДК	
Результаты исследования проб атмосферного воздуха СЗЗ (Протокол № 68 от 05.08.2024 г.)					
1	Оксид углерода (CO)	СТ РК 2.302-2021 – «Государственная система обеспечения единства измерений РК. Методика выполнения измерений. Определение массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросов газоанализатором»	5,51	5,0	в 1,702 раза
2	Диоксид серы (SO_2)		0,64	0,5	в 1,28 раза
Результаты исследования проб на источнике загрязнения №0004 на производственного объекта ТОО «Гермес-Б.Е.» (Протокол № 100 от 10.09.2024 г.)					

Продолжение таблицы

№	Наименование загрязняющего вещества	Нормативный документ на метод испытания	Концентрация, мг/м³		Превышение
			фактическая	ПДК	
3	Оксид углерода (CO)	СТ РК 1877-2009 – «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения выброса оксида углерода из стационарных источников загрязнения»	0,3785	0,052	в 0,3265 раза
4	Оксид азота (NO)	ПЭП-МВИ-004-22 (№kz.06.01.00571-2023) – «Методические указания (методика выполнения измерений) по организации и порядку проведения аналитического контроля источников загрязнения атмосферы»	0,00129	0,0005	в 0,00079 раза
5	Диоксид азота (NO_2)		0,00793	0,0031	в 0,00483 раз
6	Сероводород (H_2S)		0,00083	---	в 0,00083 раз

Таблица 7

Результаты исследования проб на источнике загрязнения производственного объекта ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа»

Наименование загрязняющего вещества	Нормативный документ на метод испытания	Концентрация, мг/м³		Превышение
		фактическая	ПДК	
Результаты исследования проб атмосферного воздуха СЗЗ (Протокол № 57 от 26.06.2023 г.)				
Пыль	СТ РК 2.302-2021 – «Государственная система обеспечения единства измерений РК. Методика выполнения измерений. Определение массовой концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, в воздухе рабочей зоны, в промышленных выбросов газоанализатором»	1,2	0,5	в 2,4 раза

Таблица 8

Результаты исследования проб на источнике загрязнения на производственном объекте ТОО «Polymettech»

№	Наименование загрязняющих веществ	Нормативный документ на метод	Концентрация, г/с		Превышение
			Фактическая	ПДВ	
1	2	3	4	5	6
Результаты исследования проб на источнике загрязнения №0001 – большой шахтовой печи (Протокол № 26 от 01.04.2026 г.).					
1	Оксид углерода (CO)	СТ РК 1877-2009 – «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения выброса оксида углерода из стационарных источников загрязнения»	49,4952	0,2747	в 180,1 раза
2	Диоксид серы (SO_2)	СТ РК ГОСТ Р ИСО 7935-2010 – «Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации диоксид серы. Характеристики автоматических методов измерений в условиях применения»	56,4506	0,0083	в 79090,0 раза
Результаты исследования проб на источнике загрязнения №0002 – сушильный барабан (Протокол № 13 от 18.03.2026 г.).					
3	Оксид углерода (CO)	СТ РК 1877-2009 – «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения выброса оксида углерода из стационарных источников загрязнения»	0,208	0,0029	в 71,7 раза

Продолжение таблицы

№	Наименование загрязняющих веществ	Нормативный документ на метод	Концентрация, г/с		Превышение
			Фактическая	ПДВ	
1	2	3	4	5	6
4	Диоксид серы (SO_2)	СТ РК ГОСТ Р ИСО 7935-2010 – «Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации диоксид серы. Характеристики автоматических методов измерений в условиях применения»	0,06285	0,000055	в 1142,72 раза
5	Оксид азота (NO)	ПЭП-МВИ-004-22 (№kz.06.01.00571-2023) – «Методические указания (методика выполнения измерений) по организации и порядку проведения аналитического контроля источников загрязнения атмосферы»	0,00036	0,0001186	в 30,35 раза
6	Диоксид азота (NO_2)		0,00223	0,00073	в 3,05 раза
7	Взвешенные вещества	СТ РК ГОСТ Р 50820-2005 – «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков»	0,5398	0,00339	в 159,2 раза
Результаты исследования проб на источнике загрязнения №0001 – маленькой шахтовой печи (Протокол № 23 от 31.03.2026 г.)					
8	Оксид углерода (CO)	СТ РК 1877-2009 – «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения выброса оксида углерода из стационарных источников загрязнения»	36,18	0,2747	в 131,7 раза
9	Диоксид серы (SO_2)	СТ РК ГОСТ Р ИСО 7935-2010 – «Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации диоксида серы. Характеристики автоматических методов измерений в условиях применения»	12,19	0,0083	в 1468,67 раза
10	Сероводород (H_2S)	СТ РК 2.297-2014 – «Государственная система обеспечения единства измерений РК. Методика выполнения измерений массовой концентрации и определения массового выброса загрязняющих веществ в отходящих газах топливо сжигающих установок с применением газоанализатор различных типов»	0,329	-	-
11	Взвешенные вещества	СТ РК ГОСТ Р 50820-2005 – «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков»	0,802	0,00377	в 212,7 раза
Результаты исследования проб на источнике загрязнения б/н сушильная камера (Протокол № 27 от 02.04.2026 г.).					
12	Сероводород (H_2S)	СТ РК 2.297-2014 – «Государственная система обеспечения единства измерений РК. Методика выполнения измерений массовой концентрации и определения массового выброса загрязняющих веществ в отходящих газах топливо сжигающих установок с применением газоанализатор различных типов»	0,0022	-	-
13	Диоксид серы (SO_2)	СТ РК ГОСТ Р ИСО 7935-2010 – «Выбросы стационарных источников. Определение массовой концентрации диоксид серы. Характеристики автоматических методов измерений в условиях применения»	0,1159	-	*
14	Взвешенные вещества	СТ РК ГОСТ Р 50820-2005 – «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков»	0,0484	-	-

Таблица 9

Результаты исследования проб на источнике загрязнения на производственном объекте ТОО «ЭкоШина»

№	Наименование загрязняющих веществ	Нормативный документ на метод	Концентрация, г/с		Превышение
			Фактическая	ПДВ	
Результаты исследования проб на источнике загрязнения №0002 – пиролизный печь (Протокол № 99 от 14.08.2025 г.).					
1	Сероводород (H_2S)	СТ РК 2.297-2014 – «Государственная система обеспечения единства измерений РК. Методика выполнения измерений массовой концентрации и определения массового выброса загрязняющих веществ в отходящих газах топливо сжигающих установок с применением газоанализатор различных типов»	0,003	-	-
2	Взвешенные вещества	СТ РК ГОСТ Р 50820-2005 – «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков»	0,0657	-	-
Результаты исследования проб на источнике загрязнения – изготовление модульных покрытий и линия по брикетированию технического углерода (Протокол № 101 от 14.08.2025 г.).					
3	Оксид углерода (CO)	СТ РК 1877-2009 – «Охрана природы. Атмосфера. Методы определения выброса оксида углерода из стационарных источников загрязнения»	0,00612	-	-
4	Взвешенные вещества	СТ РК ГОСТ Р 50820-2005 – «Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газопылевых потоков»	0,00076	-	-

Оксид углерода является одним из основных продуктов неполного сгорания топлива и отходов. Превышение нормативных концентраций данного вещества свидетельствует о недостаточной эффективности процесса сжигания и повышенной антропогенной нагрузке на атмосферный воздух. Накопление оксида углерода ухудшает качество атмосферного воздуха в зоне воздействия предприятия и способствует формированию неблагоприятной экологической обстановки. Кроме того, результаты исследования атмосферного воздуха в санитарно-защитных зонах предприятий показали превышение нормативных значений предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ (Министерство здравоохранения Республики Казахстан & Министерство охраны окружающей среды Республики Казахстан, 2004).

Количественная оценка антропогенного воздействия промышленных предприятий г. Шымкента на окружающую среду выполнена с применением расчетного метода. Расчет осуществлялся по следующей формуле (Республика Казахстан, 2014):

$$\textit{Сумма штрафа} = \textit{Объем превышения загрязняющих веществ} * \textit{* Ставка платы за 1 тонну х МРП} * \textit{*10000\%,} \quad (1)$$

где: МРП – месячный расчетный показатель, установленный на соответствующий период, тенге, ставка платы за 1 тонну – определяется в размере, кратном месячному расчетному показателю, действующему на первое число налогового периода (Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан, 2022).

Общее суммарное антропогенное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду г. Шымкента за период 2023–2026 гг. представлено в таблице 10.

Таблица 10

Общее суммарное антропогенное воздействие промышленных предприятий на окружающую среду за период 2023–2026 гг.

№	Наименование предприятий	Размер антропогенного воздействия, тенге
1	ТОО «High Industrial Lubricants & Liquids Corporation (HILL)»	282 483,0
2	ТОО «Гермес-Б.Е.»	99 579 561,0
3	ТОО «Китайско-Казахстанская Марганцевая Индустриальная Группа»	13 512 316,0
4	ТОО «Polymettech»	63 960 372,0
5	ТОО «ЭкоШина»	306 402,0
	Общая сумма	177 641 134,0

В целом результаты проведенных исследований подтверждают, что применение расчетных методов экономической оценки антропогенного воздействия на окружающую среду позволит объективно определить масштабы негативного воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду и обеспечить реализацию принципа экономической ответственности природопользователей. Общий размер экономической оценки антропогенного воздействия для обследованных промышленных предприятий составил 177 641 134,0 тенге, что свидетельствует о необходимости дальнейшего совершенствования систем экологического менеджмента, внедрения эффективных технологий очистки выбросов и усиления государственного экологического контроля за соблюдением требований природоохранного законодательства.

Результаты и их обсуждение

Проведенная комплексная экологическая оценка позволила установить, что структура техногенных отходов промышленных предприятий г. Шымкента характеризуется высокой неоднородностью как по объёмам образования, так и по химическому составу. Наибольший вклад в образование отходов вносят предприятия металлургической, нефтеперерабатывающей и химической промышленности, а также объекты хранения исторически накопленных отходов фосфорного производства.

Анализ количественных характеристик показал, что основная масса накопленных отходов представлена металлургическими шлаками, шламами, нефтесодержащими отходами и фосфорсодержащими материалами. При этом значительная часть отходов сосредоточена на ограниченном количестве промышленных объектов, что формирует локальные зоны повышенной экологической нагрузки. Подобная пространственная концентрация загрязнителей повышает вероятность миграции токсичных компонентов в почвенный покров, поверхностные и подземные воды, а также увеличивает риск вторичного загрязнения атмосферного воздуха.

Результаты элементного анализа подтвердили, что химический состав отходов определяется особенностями технологических процессов каждого предприятия. Наряду с преобладающими минеральными компонентами установлено присутствие потенциально опасных элементов – мышьяк, свинца, хрома, меди, цинка и марганца. Наличие данных компонентов свидетельствует о высокой экологической опасности отдельных видов отходов и необходимости их длительного хранения исключительно в инженерно-защищенных объектах либо последующей переработки с извлечением ценных компонентов.

Особое внимание заслуживают результаты исследований почвенного покрова в районе полигона промышленных отходов ТОО «Glometech». Существенное фоновых концентраций по мышьяку, свинцу, сульфатам, нефтепродуктам и другим показателям свидетельствует о формировании устойчивого техногенного геохимического ореола. Полученные данные подтверждают, что длительное размещение токсичных отходов оказывает влияние не только на территорию полигона, но и на прилегающую санитарно-защитную зону.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что экологическая опасность промышленных предприятий определяется не только объемом образующихся отходов, но и их физико-химическими свойствами, условиями хранения и эффективностью природоохранных мероприятий. Даже сравнительно небольшие объемы

токсичных отходов могут представлять большую экологическую угрозу, чем значительные массы инертных минеральных материалов.

Выполненная экономическая оценка антропогенного воздействия показала существенную дифференциацию предприятий по уровню экологического ущерба. Наибольшие значения установлены для металлургических предприятий, что подтверждает их приоритетное значение при разработке мероприятий по снижению техногенной нагрузки. Результаты исследования свидетельствуют о необходимости перехода от преимущественного накопительной модели обращения с промышленными отходами к их комплексной переработке и повторному использованию в качестве вторичных материальных ресурсов. Перспективным направлением является применение металлургических шлаков и золошлаковых материалов в производстве строительных материалов, что позволит одновременно сократить объемы захоронения отходов и снизить потребление природного сырья.

Заключение

Выполненное исследование позволило разработать комплексную экологическую оценку техногенных отходов промышленных предприятий г. Шымкента и выявить основные факторы формирования экологических рисков в промышленно развитой городской среде.

Показано, что определяющее влияние на состояние окружающей среды оказывают предприятия металлургического, нефтеперерабатывающего и химического профиля, а также объекты хранения исторически накопленных промышленных отходов. Наиболее значимыми экологическими факторами являются наличие токсичных компонентов в составе отходов, высокая концентрация накопителей отходов и превышение нормативных показателей загрязнения отдельных компонентов окружающей среды.

Полученные результаты подтверждают необходимость совершенствования действующей системы управления промышленными отходами на основе риск-ориентированного подхода, предусматривающего постоянный экологический мониторинг, цифровой учет образования, накопления и движения отходов, модернизацию газоочистного оборудования и развитие технологий глубокой переработки техногенных материалов.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных данных при экологическом нормировании деятельности промышленных предприятий, разработке региональных программ обращения с отходами, совершенствовании производственного экологического контроля и принятии управленческих решений, направленных на снижение антропогенной нагрузки и повышение экологической безопасности г. Шымкента.

Конфликт интересов

Авторы подтверждают, что ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликтов интересов.

Финансирование

Работа выполнена в рамках ГБНИР №26-32-04 «Оценка экологического состояния Туркестанского региона и обеспечение его устойчивого развития посредством внедрения зелёных технологий.» на 01.07.2026 г.–31.12.2026 г. раздел 2 «Исследование экологически безопасных технологий извлечения тяжёлых металлов из минерального сырья и техногенных отходов.» при поддержке Комитета науки Министерства образования и науки РК.».

Вклад авторов

Г.С. Кенжибаева: разработка концепции исследования, сбор и обработка исходных данных, проведение экологической оценки и подготовка первоначального варианта рукописи; С.Д. Балыбек: разработка методологии исследования, проведение полевых и аналитических исследований, обработка и интерпретация результатов, подготовка и редактирование рукописи, автор для переписки; А.А. Абдуова: проведение полевых исследований, отбор проб, подготовка экспериментальных данных и графических материалов; Ж.Д. Пернебаев: участие в экологическом мониторинге, проведение инструментальных исследований и предоставление материалов по промышленным объектам; А.М. Есимова: анализ научной литературы, статистическая обработка результатов исследования, подготовка таблиц и оформление рукописи; Е.К. Есимов – анализ результатов исследования, проверка корректности расчетов, редактирование текста и оформление списка литературы.

Литература

Campana, P., Censi, R., Tarola, A. M., & Ruggieri, R. (2025). Artificial intelligence and digital twins for sustainable waste management: A bibliometric and thematic review. *Applied Sciences, 15*(11), 6337. https://doi.org/10.3390/app15116337

Ellen MacArthur Foundation. (2015). *Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition*. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-a-circular-economy-business-rationale-for-an-accelerated-transition

Hamid, H., Ahmad, N., & Shaarani, S. (2025). The role of industrial waste in green and sustainable technology: A review. *International Journal of Research and Innovation in Social Science*. https://doi.org/10.47772/IJRISS.2025.90300398

Kumar, R., & Singh, P. (2020). Technological advancements in industrial waste recycling: A review on circular economy approaches. *Resources, Conservation and Recycling, 162*, 105036.

Lee, S., Park, J., & Kim, H. (2021). Recovery of valuable metals from metallurgical slags using innovative hydrometallurgical processes. *Journal of Cleaner Production, 286*, 125451.

Li, Y., Zhao, X., & Chen, L. (2022). Utilization of fly ash and slag in eco-friendly building materials: Advances and challenges. *Construction and Building Materials, 330*, 127207.

Li, X., Gong, P., & Liang, L. (2019). Remote sensing of urban environments and applications in waste monitoring. *Remote Sensing of Environment, 233*, 111379.

Pernebayev, Z., Kenzhibayeva, G., Issayeva, A., Tileuberdi, A., Balybek, S., & Nurseiit, K. (2026). An environmental assessment of the heavy metal impact on the soil cover: The case study of Shymkent. *Engineering, Technology & Applied Science Research, 16*(3), 36790–36795. https://doi.org/10.48084/etasr.19108

United Nations Environment Programme. (2019). *Waste management outlook for West Asia 2019: Waste to wealth*. https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/31205

Wang, Q., Zhang, T., & Liu, J. (2023). Digital twin and intelligent modeling of industrial waste management systems. *Environmental Science & Technology, 57*(4), 1812–1825.

Wang, X. V., & Wang, L. (2019). Digital twin-based WEEE recycling, recovery and remanufacturing in the background of Industry 4.0. *International Journal of Production Research, 57*(12), 3892–3902. https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1497819

World Bank. (2018). *What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050*. https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0

Zhang, L., Xu, Z., & Zhao, Y. (2020). Industrial waste management and resource recovery: Current status and future directions. *Journal of Cleaner Production, 267*, 122106.

Świnder, H., Lejwoda, P., Krawczyk, P., Cempa, M., & Bauerek, A. (2024). Potential for the recovery of selected metals and critical raw materials from slags from polymineral Zn–Pb ore metallurgy–Part II. *Minerals, 14*(11), 1091. https://doi.org/10.3390/min14111091

Aydarkhanova, G. Zh., Seidullaeva, A. M., & Kuanyshbaeva, D. K. (2019). Issledovanie vozmozhnosti pererabotki zoloshlakovykh otkhodov teploenergetiki Kazakhstana [Study of the possibility of processing ash and slag waste from Kazakhstan's thermal power industry]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta imeni K. I. Satpaeva*, (5), 74–80. (In Russian)

Akhmetov, K. B. (2021). Problemy utilizatsii i pererabotki promyshlennykh otkhodov v Kazakhstane [Problems of industrial waste disposal and processing in Kazakhstan]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta. Seriya ekologicheskaya, 67*(2), 78–84. (In Russian)

Batyrkhanova, A., Isaeva, R., Sarsenbaev, B., Sauganova, G., & Abduova, A. (2024). Tekhnogennye otkhody promyshlennosti – tsennoe syr'e dlya proizvodstva stroitel'nykh materialov [Industrial technogenic waste as valuable raw material for the production of construction materials]. *Eurasian Journal of Ecology, 80*(3), 35–42. https://doi.org/10.26577/EJE.2024.v80.i3-03 (In Russian)

Ivanov, I. I., Petrov, P. P., & Sidorov, A. A. (2020). Ekologicheskie aspekty obrashcheniya s otkhodami metallurgicheskogo proizvodstva [Environmental aspects of metallurgical waste management]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii, 24*(5), 45–52. (In Russian)

Kenzhebekov, B. A., Myrzakulov, K. A., & Nurgalieva, A. T. (2021). Perspektivy utilizatsii metallurgicheskikh shlakov v stroitel'noi industrii Kazakhstana [Prospects for the utilization of metallurgical slag in Kazakhstan's construction industry]. *Izvestiya Natsional'noi inzhenernoi akademii Respubliki Kazakhstan*, (2(80)), 112–118. (In Russian)

Kenzhibaeva, G. S., Balybek, S. D., & Bekebaev, A. P. (2026). [Nazvanie doklada ne ukazano v iskhodnom spiske] [Title of the presentation not provided in the original list]. In *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Auezovskie chteniya-24: Kazakhstan v epokhu iskusstvennogo intellekta: aktual'nye zadachi i ikh resheniya cherez tsifrovuyu transformatsiyu"* [Proceedings of the international scientific and practical conference "Auezov Readings-24: Kazakhstan in the era of artificial intelligence: Current challenges and their solutions through digital transformation"] (Vol. 8, pp. 124–134). (In Russian)

Kolesnikov, A. S., Zholdasbekova, A. A., & Sadykov, N. S. (2022). Otsenka vozdeistviya tekhnogennykh otkhodov na komponenty okruzhayushchei sredy v promyshlennykh regionakh [Assessment of the impact of technogenic waste on environmental components in industrial regions]. *Ekologiya i promyshlennost' Kazakhstana, 76*(4), 34–41. (In Russian)

Kolesnikov, A. S., & Smagulova, G. T. (2021). Metody ekologicheskoi otsenki i monitoringa tekhnogennykh otkhodov [Methods for environmental assessment and monitoring of technogenic waste]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta. Seriya ekologicheskaya, 68*(3), 52–59. (In Russian)

Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan, & Ministerstvo okhrany okruzhayushchei sredy Respubliki Kazakhstan. (2004). *Ob utverzhdenii normativov predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv, vrednykh mikroorganizmov i drugikh*

veshchestv, zagryaznyayushchikh pochvu [On approval of maximum permissible concentrations of harmful substances, harmful microorganisms, and other soil pollutants] (Joint Order No. 99 of January 30, 2004, and No. 21-P of January 27, 2004). (In Russian)

Ministerstvo ekologii, geologii i prirodnykh resursov Respubliki Kazakhstan. (2022). *Ob utverzhdenii formy otcheta po inventarizatsii otkhodov i instruktsii po ee zapolneniyu* [On approval of the waste inventory report form and instructions for completing it] (Order No. 14 of January 18, 2022). https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200026577 (In Russian)

Nyptaev, M. K. (2023). Otsenka vozdeistviya promyshlennykh otkhodov na okruzhayushchuyu sredu i zdorov'e naseleniya [Assessment of the impact of industrial waste on the environment and public health]. *Ekologiya i promyshlennost' Kazakhstana, 79*(3), 22–29. (In Russian)

Respublika Kazakhstan. (2014). *Kodeks Respubliki Kazakhstan ob administrativnykh pravonarushениях* [Code of the Republic of Kazakhstan on Administrative Offenses] (No. 235-V ZRK of July 5, 2014). https://adilet.zan.kz/rus/docs/K1400000235 (In Russian)

Seidullaev, A. T. (2022). Ekologicheskie problemy nakoplennykh tekhnogennykh otkhodov v yuzhnykh regionakh Kazakhstana [Environmental problems associated with accumulated technogenic waste in the southern regions of Kazakhstan]. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo universiteta. Seriya ekologicheskaya, 70*(1), 56–64. (In Russian)

Сведения об авторах:

Кенжибаева Гульмира Советовна – кандидат технических наук, профессор Южно-Казахстанского исследовательского университета имени Мухтара Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: Sovetovna.g7272@gmail.com).

С.Д. Балыбек (автор-корреспондент) – докторант Южно-Казахстанского исследовательского университета имени Мухтара Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: ecology_uko@mail.ru).

А.А. Абдуова – кандидат технических наук, доцент Южно-Казахстанского исследовательского университета имени Мухтара Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: aisulu.abduova@mail.ru).

Ж.Д. Пернебаев – сотрудник ТОО «Центр научных исследований и экологической экспертизы "KazEcoHolding"» (Шымкент, Казахстан, e-mail: zhaksylykpernebaev@gmail.com).

А.М. Есимова – кандидат технических наук, доцент Южно-Казахстанского исследовательского университета имени Мухтара Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: anar_esimova@mail.ru).

Е.К. Есимов – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, доцент Южно-Казахстанского исследовательского университета имени Мухтара Ауэзова (Шымкент, Казахстан, e-mail: esimov58@mail.ru).

Information about the authors:

G.S. Kenzhibayeva – candidate of technical sciences, professor, Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: Sovetovna.g7272@gmail.com).

S.D. Balybek (corresponding author) – PhD student, Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ecology_uko@mail.ru).

A.A. Abduova – candidate of technical sciences, associate professor, Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: aisulu.abduova@mail.ru).

Z. Pernebayev – employee, LLP «Centre for Scientific Research and Ecological Expertise «KazEcoHolding» (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: zhaksylykpernebaev@gmail.com).

A. M. Esimova – candidate of technical sciences, associate professor, Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: anar_esimova@mail.ru).

E.K. Yessimov – candidate of technical sciences, associate professor at Mukhtar Auezov South Kazakhstan Research University (Shymkent, Kazakhstan, e-mail: esimov58@mail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

Г.С. Кенжибаева – техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті (Шымкент, Қазақстан, e-mail: Sovetovna.g7272@gmail.com).

С.Д. Балыбек (корреспонденттік автор) – докторант, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті (Шымкент, Қазақстан, e-mail: ecology_uko@mail.ru).

А.А. Абдуова – техника ғылымдардың кандидаты, доцент, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, (Шымкент, Қазақстан, e-mail: aisulu.abduova@mail.ru).

Ж.Д. Пернебаев – қызметкер, «KazEcoHolding» ғылыми зерттеулер және экологиялық сараптама орталығы» ЖШС (Шымкент, Қазақстан, e-mail: zhaksylykpernebaev@gmail.com).

А.М. Есимова – техника ғылымдардың кандидаты, доцент, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті (Шымкент, Қазақстан, e-mail: anar_esimova@mail.ru).

Е.К. Есимов – техника ғылымдардың кандидаты, қауымдастырылған профессор, доцент, Мұхтар Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті (Шымкент, Қазақстан, e-mail: esimov58@mail.ru).

Поступила 25 апреля 2026 года
Принята 23 сентября 2026 года