



ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 504.064

EDN: OEXJEG

DOI: 10.21285/2686-9993-2024-47-4-453-467



Первые результаты переоценки состояния окружающей среды в зоне влияния бывшего мышьякового завода в поселке городского типа Вершино-Дарасунский (Забайкальский край)

О.Л. Качор^a, З.Л. Икрамов^b, А.В. Паршин^c^{a-c}Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия^cИнститут геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия

Резюме. Целью проведенного исследования являлось изучение геоэкологической обстановки в поселке городского типа Вершино-Дарасунский (Забайкальский край, Россия), где с 1930-х гг. до 1973 г. функционировал завод по производству белого мышьяка для изготовления боевых отравляющих веществ. После его закрытия рекультивация территории не проводилась, что представляет серьезную экологическую угрозу, которая на протяжении десятков лет не устраняется в связи с низким приоритетом данной территории в реестре объектов накопленного вреда окружающей среде. По мнению авторов, текущая оценка объекта, базирующаяся на данных о незначительном по площади участке в контурах бывшей промплощадки завода, является критически заниженной и представляет собой основную причину неуспешности ряда попыток запуска разработки проекта по ликвидации данного участка, которые на протяжении многих лет предпринимают уполномоченные органы власти. Проведенное исследование является показательным кейсом из реальной российской экологической практики и может представлять интерес для академического и профессионального сообществ. В ходе работы были проанализированы актуальная нормативная база по оценке и ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде и принятая методология этой оценки, проведен комплекс полевых и лабораторных исследований на площади 16,5 км², отобрано более 150 проб почвы. В статье представлены первые результаты геохимических исследований почв, согласно которым источником негативного воздействия на объекты окружающей среды является уже не только сама загрязненная промплощадка, но и вся изученная территория, которая за многие десятилетия изменила свои физико-химические параметры. Обнаружены аномалии мышьяка и тяжелых металлов, превышающие предельно допустимые и ориентировочно допустимые концентрации в сотни и тысячи раз, причем они локализованы не только в районе известного объекта накопленного вреда окружающей среде, но и еще в нескольких местах без очевидных на данный момент источников техногенных воздействий. Полученные результаты позволили заявить о необходимости расширения зоны рекультивационных работ за пределы непосредственной территории бывшего завода. В соответствии с принятыми критериями произведен перерасчет показателя экологической опасности и обоснована необходимость изменения приоритизации рекультивации данного объекта. Также, согласно существующей нормативной базе, даны рекомендации по дальнейшей оценке воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на жизнь и здоровье граждан.

Ключевые слова: мышьяк, объекты накопленного вреда окружающей среде, экологический мониторинг, загрязнение, тяжелые металлы, почва, техногенное воздействие, рекультивация

Финансирование: Работа выполнена при поддержке программы «Приоритет 2030» в рамках реализации стратегического проекта Иркутского национального исследовательского технического университета i.GeoDesign.

Для цитирования: Качор О.Л., Икрамов З.Л., Паршин А.В. Первые результаты переоценки состояния окружающей среды в зоне влияния бывшего мышьякового завода в поселке городского типа Вершино-Дарасунский (Забайкальский край) // Науки о Земле и недропользование. 2024. Т. 47. № 4. С. 453–467. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-4-453-467>. EDN: OEXJEG.



GEOECOLOGY

Original article

First reassessment results of environment state in former arsenic plant impact zone in Vershino-Darasunsky settlement (Transbaikal region)

Olga L. Kachor^a, Ziyoviddin L. Ikramov^b, Alexander V. Parshin^c

^{a-c}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

^cA.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia

Abstract. The purpose of the research is to study the geoecological situation in the urban-type settlement of Vershino-Darasunsky (Transbaikal region, Russia), where a plant producing white arsenic for chemical warfare agents operated from the 1930s until 1973. Reclamation did not follow the shutdown of the plant, which causes a serious environmental threat not eliminated with past decades due to the low priority of this territory in the register of objects of accumulated environmental damage. The authors consider the current facility assessment, which is based on data on the insignificant area in the boundaries of the former industrial site of the plant, to be critically underestimated. The latter is the main reason for the failure of a number of attempts made by executive authorities for years to launch the development of this site reclamation project. The conducted research is an illustrative case study from real Russian environmental practice and may be of interest to academic and professional communities. The study includes the analysis of the relevant regulatory framework for the assessment and elimination of the objects of accumulated environmental damage as well as the adopted methodology to carry out the assessment. A complex of field and laboratory studies was conducted on the area of 16.5 km², more than 150 soil samples were taken. The article presents the first results of geochemical soil studies, according to which it is not only contaminated industrial site, but also the entire studied territory, which has changed its physico-chemical parameters over many decades are the sources of negative impact on environmental objects. Anomalies of arsenic and heavy metals exceeding the maximum permissible and approximate permissible concentrations by hundreds and thousands of times have been detected, and they are localized not only in the area of the known facility of accumulated environmental damage, but also in several other places without currently visible sources of man-made impacts. The results obtained made it possible to declare the need to expand the reclamation area beyond the immediate territory of the former plant. In accordance with the accepted criteria, the environmental hazard indicator has been recalculated and the need to change the reclamation prioritization of this facility has been justified. Moreover, based on the existing regulatory framework, recommendations are given for further assessment of the impact of objects of accumulated environmental damage on the lives and health of citizens.

Keywords: arsenic, objects of accumulated environmental damage, environmental monitoring, contamination, heavy metals, soil, technogenic impact, reclamation

Funding: The work was carried out with the support of the Priority 2030 Federal State Program as a part of the Irkutsk National Research Technical University strategic project i.GeoDesign.

For citation: Kachor O.L., Ikramov Z.L., Parshin A.V. First reassessment results of environment state in former arsenic plant impact zone in Vershino-Darasunsky settlement (Transbaikal region). *Earth sciences and subsoil use*. 2024;47(4):453-467. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-4-453-467>. EDN: OEXJEG.

Введение

Экологическое благополучие населения Российской Федерации является одним из приоритетов государственной политики, гарантируется Конституцией РФ, отражено в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10 января 2002 г.¹, является одной из национальных целей развития страны на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. (согласно Указу Президен-

та «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» № 309 от 7 мая 2024 г.²). Одной из угроз экологическому благополучию населения являются объекты накопленного вреда окружающей среде (ОНВОС), значительная часть которых представляет собой заброшенные промплощадки закрытых советских предприятий, не имеющих действующего владельца

¹ Об охране окружающей среды: федер. закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ // Consultant.ru. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/?ysclid=m6r7foam27754083617 (дата обращения: 25.11.2024).

² О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года: указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 № 309 // Garant.ru. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/?ysclid=m6r8eug54i328984430> (дата обращения: 25.11.2024).



и перешедших в качестве пассива на баланс местных администраций. Выявление, оценка и ликвидация ОНВОС – несомненные условия для улучшения качества окружающей среды и, как следствие, экологического благополучия граждан. По данным на 26 ноября 2024 г., в государственном реестре объектов накопленного вреда окружающей среде (ГРОНВОС) присутствует 1068 объектов, небольшая часть из которых уже рекультивирована или находится на стадии рекультивации³.

В настоящее время продолжает реализовываться федеральный проект «Генеральная уборка», главной целью которого является решение проблемы ликвидации ОНВОС на всей территории России [1]. Посредством данного проекта осуществляется государственная поддержка субъектов РФ в виде софинансирования из федерального бюджета работ по ликвидации опасных с экологической точки зрения объектов. Выявление, обследование, оценка, ведение государственного реестра ОНВОС и их ликвидация строго регламентированы нормативными правовыми актами, способствующими унификации всех действий в целях улучшения качества, сроков и результатов работ по решению масштабной для страны проблемы накопленного экологического вреда. Тем не менее, понимая масштабы и сложность поставленной задачи, безусловно, следует рассчитывать на значительное количество случаев неверного категорирования объекта или отсутствия его в реестре [2]. Инициативные геоэкологические исследования, в том числе с привлечением значительного количества студентов, являются одним из рабочих механизмов обнаружения и изучения ОНВОС, позволяющим оптимизировать бюджеты администраций и ведомственных учреждений различного уровня и подчиненности и способствовать получению достоверной информации о качестве окружающей среды, на основе которой уполномоченные органы смогут ответственно и обоснованно запустить существующие процедуры рекультивации объектов. Предметом изучения в проведенной нами работе являлся показательный кейс, а именно результаты исследований по переоценке ОНВОС, который на протяжении многих лет не был рекультивирован – в пер-

вую очередь из-за недостаточности сведений, учтенных в ГРОНВОС. В качестве объекта выступила промплощадка бывшего мышьяковистого завода в поселке городского типа Вершино-Дарасунский Забайкальского края, обратившая на себя внимание слишком малой учтенной площадью (0,3 га). Вследствие этого фактора, в значительной степени определяющего низкую категорию приоритета объекта и выделение небольшого количества средств на проведение обследования, на протяжении десятков лет все конкурсные процедуры, которые добросовестно инициировали сотрудники уполномоченных органов и местной администрации, завершались без определения подрядчика, готового выполнить работы. Так как степень воздействия на окружающую среду аналогичных объектов не может ограничиваться контурами промплощадки, выполнение работ в рамках технического задания однозначно привело бы к быстрому вторичному загрязнению участка и штрафам для организации-исполнителя. После того как подобный конкурс, проводившийся в 2024 г., завершился без выхода на торги хотя бы одного потенциального подрядчика, были инициированы эколого-геохимические исследования, результаты которых станут подтверждением гипотезы о недооценке объекта и позволят повысить его категорию в ГРОНВОС в соответствии с существующей нормативной базой.

Материалы и методы исследования

С учетом поставленной цели – оптимизации процессов изучения и рекультивации ОНВОС – в первую очередь была рассмотрена существующая в России нормативно-методическая база по ликвидации ОНВОС. Она начала формироваться в 2017 г. с внесением в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ¹ статей 80.1–80.3, после чего последовала череда нормативных правовых документов, послуживших началом целому комплексу масштабных мероприятий по выявлению, оценке и ликвидации ОНВОС по всей территории Российской Федерации [3–7].

В соответствии с Постановлением Правительства РФ «Об утверждении Правил выявления объектов накопленного вреда окружа-

³ Ликвидация накопленного вреда окружающей среде // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации // Mnr.gov.ru. Режим доступа: https://www.mnr.gov.ru/activity/directions/likvidatsiya_nakoplennoego_vreda_okruzhayushchey_srede/ (дата обращения: 26.11.2024).



ющей среде» № 2239 от 21 декабря 2023 г.⁴ выявление ОНВОС применительно к территориям, расположенным в границах земельных участков, находящихся в собственности муниципальных образований, осуществляется органами местного самоуправления таких муниципальных образований, применительно к иным территориям – органами государственной власти субъектов РФ. Для включения в ГРОНВОС заявителем (органы государственной власти РФ, органы государственной власти субъектов РФ или органы местного самоуправления) подается заявление в Министерство природных ресурсов и экологии РФ с прилагаемыми к нему результатами инвентаризации объекта.

Согласно статье 80.1 Федерального закона «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ¹, при выявлении ОНВОС определяются:

– место нахождения объекта накопленного вреда окружающей среде;

– площадь территорий, на которых выявлен накопленный вред окружающей среде, целевое назначение земель и (или) земельных участков;

– вид хозяйственной и (или) иной деятельности, в результате осуществления которой возник накопленный вред окружающей среде;

– наличие объектов капитального строительства и (или) отходов производства и потребления на территориях, которые могут быть признаны объектами накопленного вреда окружающей среде;

– компоненты природной среды, на которые может быть оказано негативное воздействие объекта накопленного вреда окружающей среде;

– количество населения, проживающего на территории, окружающая среда на которой может быть подвержена негативному воздействию объекта накопленного вреда окружающей среде.

Порядок обследования и оценки ОНВОС утвержден Постановлением Правительства РФ

«Об утверждении Правил обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде» № 1967 от 23 ноября 2023 г.⁵ Данные мероприятия (за исключением оценки воздействия объекта накопленного вреда на жизнь и здоровье граждан) проводит Федеральная служба по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор), являясь участником федерального проекта «Генеральная уборка». То есть с 2024 г. после выявления объекта накопленного вреда муниципалитет передает информацию в Росприроднадзор, специалисты которого в ходе осуществления оценки устанавливают: массу загрязнителей, объем отходов и их класс опасности; площадь водных и земельных участков под объектом накопленного вреда, категорию земли; количество человек, проживающих в зоне потенциального влияния ОНВОС; степень отрицательного воздействия ОНВОС на окружающую среду; вероятность появления рисков, связанных с миграцией загрязнителей в компоненты природной среды; наличие опасных веществ, перечисленных в международных соглашениях.

Согласно распоряжению Росприроднадзора № 28-р от 1 июля 2024 г.⁶, утвержден график обследования и оценки ОНВОС на текущий год. Так, на 2025 г. он содержит 250 ОНВОС, в отношении которых специалистами ведомства будут проведены обследование и оценка состояния окружающей среды.

На последнем этапе, имея на руках результаты инвентаризации объекта (материалы о его выявлении, обследовании и оценке), орган государственной власти РФ, орган государственной власти субъекта РФ или орган местного самоуправления подает заявление о включении объекта в ГРОНВОС в соответствии с Постановлением Правительства РФ «О ведении государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде» № 2268 от 23 декабря 2023 г.⁷

⁴ Об утверждении Правил выявления объектов накопленного вреда окружающей среде: постановление Правительства РФ № 2239 от 21.12.2023 // Garant.ru. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408165793/?ysclid=m6r8e8ulit296679850> (дата обращения: 25.11.2024).

⁵ Об утверждении Правил обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде: постановление Правительства РФ № 1967 от 23.11.2023 // Garant.ru. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407970305/?ysclid=m6r8ol6l1i307968594> (дата обращения: 25.11.2024).

⁶ Распоряжение Росприроднадзора № 28-р от 01.07.2024 // Rpn.gov.ru. Режим доступа: https://rpn.gov.ru/upload/iblock/d79/p6sjqzdaibbugxf15s5u08be2bgade8e/28_r.pdf (дата обращения: 25.11.2024).

⁷ О ведении государственного реестра объектов накопленного вреда окружающей среде: постановление Правительства РФ № 2268 от 23.12.2023 // Garant.ru. Режим доступа: <https://base.garant.ru/408283005/?ysclid=m6r93dl1ip721926386> (дата обращения: 25.11.2024).



С 15 марта 2024 г. в России действуют обновленные правила ведения ГРОНВОС с установленными критериями определения объектов, накопленный вред окружающей среде на которых подлежит ликвидации в первоочередном порядке, каждый из них имеет свое числовое значение. Сумма значений каждого критерия и определяет порядок ликвидации объекта: чем выше значение суммы критериев, тем опаснее объект для окружающей среды и тем скорее его необходимо устранить. Указанные

критерии и диапазоны их возможных значений представлены в таблице.

До вступления в силу Постановления Правительства РФ «Об утверждении Правил обследования и оценки объектов накопленного вреда окружающей среде» № 1967 от 23 ноября 2023 г.⁵ выявление ОНВОС, их обследование и оценка осуществлялись целиком органами местного самоуправления муниципальных образований и органами государственной власти субъектов РФ – для территорий, не относя-

Критерии определения объектов, накопленный вред окружающей среде на которых подлежит ликвидации в первоочередном порядке
Criteria for determining objects whose accumulated environmental damage is subject to reclamation on a priority basis

Номер критерия	Суть критерия	Диапазон или варианты значений критерия
1	Масса или объем размещенных отходов производства и потребления конкретного класса опасности	0–0,75
2	Площадь территории (акватории), подверженной негативному воздействию (на которой расположен объект накопленного вреда окружающей среде)	0–0,75
3	Уровень и объем негативного воздействия на окружающую среду (превышение установленных значений нормативов качества окружающей среды)	0,15–0,75
4	Наличие на объекте накопленного вреда окружающей среде опасных, в том числе радиоактивных, высокотоксичных, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами веществ (веществ I и II классов опасности), концентрация которых превышает установленные нормативы качества и (или) санитарно-гигиенические нормативы, включая предельно допустимые концентрации химических веществ в водах водных объектов, атмосферном воздухе и почве	0/0,1
5	Расположение объекта накопленного вреда окружающей среде в границах населенного пункта, имеющего статус города	0/1
6	Количество населения, проживающего на территории, окружающая среда на которой может быть подвержена негативному воздействию объекта накопленного вреда окружающей среде	0–1
7	Расположение объекта накопленного вреда окружающей среде в Арктической зоне Российской Федерации	0/0,5
8	Категория риска вредного воздействия объекта накопленного вреда окружающей среде на жизнь и здоровье граждан	0–3
9	Расположение объекта накопленного вреда окружающей среде на землях особо охраняемых природных территорий, в охранный зоне особо охраняемой природной территории, в округе санитарной охраны лечебно-оздоровительных местностей, курортов и природных лечебных ресурсов	0/0,5
10	Расположение объекта накопленного вреда окружающей среде на Байкальской природной территории	0/0,5
11	Расположение объекта накопленного вреда окружающей среде в водоохранной зоне водного объекта, прибрежной защитной полосе, зоне санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, рыбохозяйственной заповедной зоне	0/0,5
12	Расположение объекта накопленного вреда окружающей среде, на котором размещены твердые коммунальные отходы, в границах первой – шестой подзон приаэродромной территории	0/0,5



щихся к собственности муниципальных образований, посредством различных контрактов, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ и пр. Такой подход, зачастую не обеспеченный устойчивым плановым финансированием, не гарантировал самого факта изучения территорий либо мог привести к некорректной оценке степени опасности обследуемого ОНВОС вследствие несоответствия объемов финансирования масштабам решаемой задачи [8]. Как известно, недофинансированность и (или) ограниченность исследований, реализуемых на целевые государственные средства на инженерно-экологические изыскания, строгими нормативными требованиями по предельным видам и объемам работ может привести к занижению масштабов негативного влияния объекта накопленного вреда на весь природно-техногенный комплекс [8–12]. Легко получить неверную оценку при первичном и одностадийном исследовании сложного объекта, когда границы участка воздействия априори неизвестны, особенности распределения и миграции загрязняющих веществ и отклик объектов окружающей среды достоверно не установлены, также крайне важно применять максимально широкий комплекс методов геоисследований для получения полной картины

о состоянии изучаемого объекта [9–14]. Данная ситуация является одним из важнейших факторов, сформировавших недостатки системы категорирования ОНВОС, внесенных в реестр до 2024 г., которым уже присвоено значение критериев.

Поселок городского типа Вершино-Дарасунский Тунгокоченского района, основанный в 1865 г. с момента обнаружения там россыпного золота, является одним из старейших золотодобывающих поселений Забайкалья. Его население на 2018 г., по данным ГРОНВОС, составляло 5478 человек, оно стабильно снижалось и продолжает снижаться в последние полвека. В 1930-х гг. XX в. в поселке был построен один из нескольких в стране заводов по выпуску белого мышьяка на основе добываемой здесь и в восточных границах Забайкалья (поселок Запокровский) арсенопиритной руды для производства боевого отравляющего вещества – люизита. В дальнейшем из-за мирового запрета использования боевых отравляющих веществ и отсутствия необходимости в большом количестве мышьяка в стране завод был закрыт (1973 г.) без ликвидации самой промплощадки (рис. 1).

До настоящего времени на заброшенной промплощадке, соседствующей с действующей



Рис. 1. Общий вид на промплощадку бывшего мышьяковистого завода (2016 г.)
Fig. 1. General view of the industrial site of the former arsenic plant (2016)



щей золотоизвлекательной фабрикой компании Highland Gold, находятся развалины нескольких зданий (основной цех, где ранее происходил обжиг арсенопиритной руды; цех рафинации мышьяка с кулерами и хорошо

различимыми на них следами полупродукта серого оттенка – триоксида мышьяка; вспомогательные корпуса), а также производственные отходы в виде отвалов огарков (рис. 2, 3).



Рис. 2. Вид на промплощадку и здание основного цеха:

а – 2016 г.; б – 2024 г.

Fig. 2. View of the industrial site and the main workshop building:

а – in 2016; б – in 2024



Рис. 3. Цех рафинации мышьяка с кулерами (2016 г.)
Fig. 3. Arsenic refining plant with coolers (2016)

Промплощадка завода представляет собой серьезную угрозу для всех объектов окружающей среды [15] и здоровья местного населения, так как расположена практически в центре поселка вдоль основной транспортной улицы города, не огорожена, знаки химической опасности отсутствуют [16]. Следовательно, происходит перенос загрязняющих веществ ветром и поверхностными водами за пределы промплощадки и включение их в биогеохимические круговороты, из-за чего формируется особый техногенно измененный геохимический фон изучаемой территории. Оценка данного геохимического фона была произведена в рамках проведенной нами работы.

Вопрос ликвидации источника потенциального загрязнения мышьяком на территории поселка Вершино-Дарасунский с 2004 г. по настоящее время поднимался неоднократно. При этом важно отметить, что вошедшему в 2018 г. в ГРОНВОС объекту было присвоено значение общего влияния на состояние экологической безопасности, равное 1,95 (при формировании данной оценки учитывалась площадь всего в 0,3 га).

Последняя попытка разработки проекта рекультивации указанной площади была осуществлена в 2024 г. 24 мая на сайте госзакупок Ми-

нистерство природных ресурсов Забайкальского края в очередной раз объявило аукцион на 20 млн руб. для создания проекта демонтажа двух цехов бывшего мышьякового завода⁸. Согласно техническому заданию, подрядчик должен был разработать проект демонтажа цеха завода и цеха рафинации мышьяка, а также и рекультивации территории с учетом требований, предъявляемых к содержанию мышьяка. Финансирование было запланировано из краевого бюджета, тем не менее, как и во всех предыдущих случаях, конкурс не состоялся, так как на него не поступило ни одной заявки.

Есть основания полагать, что сложившаяся ситуация связана с крайне низким заложенным финансированием столь сложного объекта (местоположение, основное загрязняющее вещество, продолжительность влияния и пр.) и явной недооценкой площади, которую необходимо детально изучить в пределах как непосредственно самой промплощадки, так и близлежащих территорий. Очевидно, что недоизученность прилегающей местности может привести, например, к непрогнозируемому вторичному загрязнению рекультивированной по проекту территории промплощадки, так как за ее пределами содержание мышьяка в почве будет значительно превышать нормативные

⁸ Протокол подведения итогов определения поставщика (подрядчика, исполнителя) № ИЭА1 от 03.07.2024 // Zakupki.gov.ru. Режим доступа: <https://zakupki.gov.ru/epz/order/notice/ea20/view/protocol/protocol-docs.html?regNumber=089120000624006413&protocolId=45592863> (дата обращения: 25.11.2024).



значения, а также к возможному ухудшению состояния здоровья населения поселка и сотрудников золотодобывающей фабрики при разборке зданий, загрязненных мышьяком. Исходя из этого, разработка и реализация проекта рекультивации в текущем варианте технического задания – это не просто бессмысленная трата времени и средств, но и возможность создания серьезных рисков для компании-подрядчика, и поскольку это очевидно, исполнители на данную работу не находятся.

Таким образом, для решения проблемы ликвидации источника экологической опасности в первую очередь необходимо исследовать реальную геоэкологическую ситуацию на всей территории потенциального влияния ОНВОС в поселке Вершино-Дарасунский, а не только в пределах установленных границ объекта. Следует оценить текущее состояние объектов окружающей среды с уточнением в них диапазонов концентраций приоритетных загрязнителей, выявлением основных ореолов аномалий загрязняющих веществ, определением границ распространения многолетнего негативного влияния бывшего мышьяковистого завода. В основе нашей гипотезы ле-

жит предположение, что степень загрязнения всего поселка многократно превышает существующие представления. В таком случае будут получены данные, на основании которых ответственные субъекты государственного управления смогут запланировать масштабные работы на значительной площади и в итоге успешно решить проблему.

В сентябре 2024 г. коллективом института «Сибирская школа геонаук» Иркутского национального исследовательского технического университета были проведены исследования на территории поселка Вершино-Дарасунский площадью 16,5 км² (рис. 4). Перед выездом в среде QGIS/QField был создан проект отбора проб, включающий 152 пробы почвы (в том числе фоновые). Сеть проботбора утверждалась с учетом местоположения источника загрязняющих веществ (в районе промплощадки увеличено количество проб на пробной площадке), а также в соответствии с розой ветров. Поскольку в поселке преобладает западный и северо-западный ветер, частота точек проботбора в восточном и юго-восточном направлениях от источника воздействия также была увеличена. На рис. 4 представлена схема проботбора.

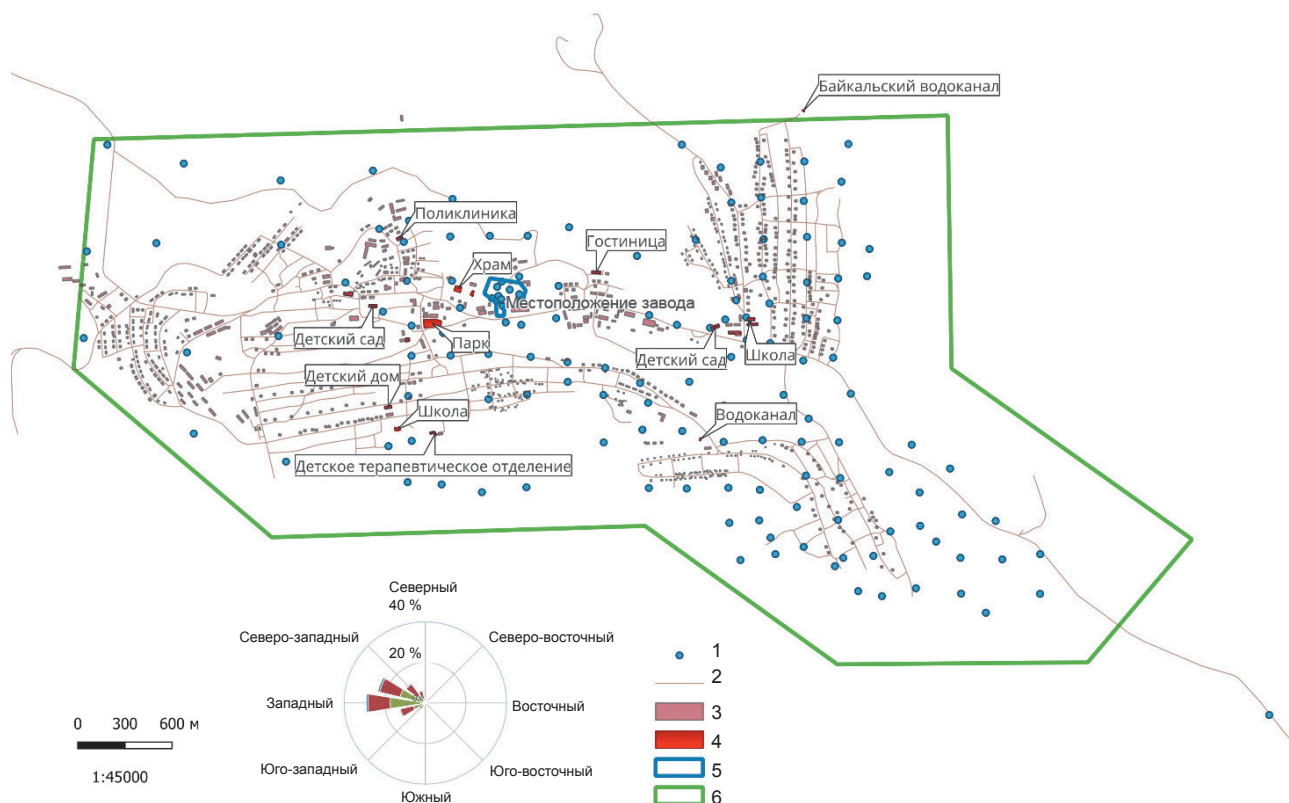


Рис. 4. Схема проботбора почвы в поселке городского типа Вершино-Дарасунский:

1 – точки проботбора; 2 – дороги; 3 – здания; 4 – социально значимые объекты;

5 – граница бывшей промплощадки; 6 – граница исследованного участка

Fig. 4. Soil sampling diagram in Vershino-Darasunsky settlement:

1 – sampling points; 2 – roads; 3 – buildings; 4 – socially significant facilities;

5 – boundary of the former industrial site; 6 – boundary of the studied area



Отбор проб, который проводился с верхнего горизонта 0–20 см, был осуществлен в соответствии с требованиями ГОСТ 17.4.3.01-2017⁹. Поскольку целью исследования являлось установление концентраций приоритетных загрязняющих веществ (мышьяка и тяжелых металлов), пробы отбирались пластиковыми шпателями. Полученные материалы были доставлены в Иркутск в Химико-аналитическую лабораторию института «Сибирская школа геонаук», где прошли пробоподготовку в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017¹⁰ и были подвергнуты химическому анализу. Аналитические исследования проб на валовое содержание мышьяка, тяжелых металлов и прочих элементов (всего 23 химических элемента) проводились рентгенофлуоресцентным методом анализа с помощью XRF-анализатора SciAps X200 в режиме «Почва» [17–19].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенных химико-аналитических исследований проб почв поселка Вершино-Дарасунский были выявлены значительные превышения предельно допустимых и ориентировочно допустимых концентраций (ПДК/ОДК): в тысячи раз по мышьяку (ОДК 2–10 мг/кг); в сотни раз по никелю (ОДК 20–80 мг/кг) и меди (ОДК 33–132 мг/кг); в десятки раз по свинцу (ОДК 32–130 мг/кг), ртути (ПДК 2,1 мг/кг), цинку (ОДК 55–220 мг/кг), кадмию (ОДК 0,5–2 мг/кг). При этом основное загрязняющее вещество (мышьяк) в соответствии с ГОСТ Р 70281-2022¹¹ относится к первому классу опасности химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов, при избыточном внесении.

На рис. 5 и 6 представлены карты распределения мышьяка и меди, составленные на основании полученных данных о валовых содержаниях загрязняющих веществ в почве на территории поселка Вершино-Дарасунский.

Как видно из рис. 5, по всей территории поселка почва загрязнена мышьяком, то есть

содержание данного элемента повсеместно выше значений допустимого норматива. Наиболее значительная аномалия, связанная с экстремально высокими содержаниями мышьяка (более 1000 мг/кг), наблюдается возле самой промплощадки завода и на близлежащей территории. В указанную зону входят такие социально значимые объекты, как храм, парк, пожарно-спасательная часть. Вторая значительная мышьяковистая аномалия расположена на юго-востоке на выезде из поселка (на удалении от основной автодороги и видимых источников загрязнения). Точные причины ее возникновения на данном этапе установить не удалось – для этого требуются дополнительные исследования.

Загрязнение медью имеет не такой повсеместный характер, на большей части территории превышение незначительное (до 1,5 ОДК) или вообще отсутствует (см. рис. 6). Две из выявленных аномалий соответствуют аномалиям мышьяка (см. рис. 5), тем не менее зона максимальной концентрации первой аномалии сдвинута от промплощадки в юго-восточном направлении, причину этого предстоит установить на следующих этапах изучения геоэкологической ситуации в поселке Вершино-Дарасунский.

На основании первых полученных данных уже можно сделать вывод о необходимости внесения изменений в ГРОНВОС. Так, в данном случае критерий 2 (площадь территории, подверженной негативному воздействию) составляет 16,5 км², что соответствует значению 0,75 (см. таблицу). Критерий 3 (превышение норматива больше 50 ПДК/ОДК) – 0,75. Значение критерия 4 (наличие веществ первого класса опасности) равно 0,1. Наличие населения, подверженного негативному воздействию (критерий 6), формирует коэффициент 0,6. Значение общего влияния на состояние экологической безопасности на основании уже первых данных не может быть меньше 2,2 (при текущей оценке 1,95), при этом в нем пока еще не учтены масса отходов определен-

⁹ ГОСТ 17.4.3.01-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб // Tunadzor.ru. Режим доступа: http://tunadzor.ru/upload/doc/departments/298/gost_17.4.3.01-2017.pdf (дата обращения: 25.11.2024).

¹⁰ ГОСТ 17.4.4.02-2017. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа // Tunadzor.ru. Режим доступа: http://tunadzor.ru/upload/doc/departments/277/m_gost_17.4.4.02-2017.pdf (дата обращения: 25.11.2024).

¹¹ ГОСТ Р 70281-2022. Национальный стандарт Российской Федерации. Охрана окружающей среды. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения // Docs.cntd.ru. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200193598> (дата обращения: 25.11.2024).

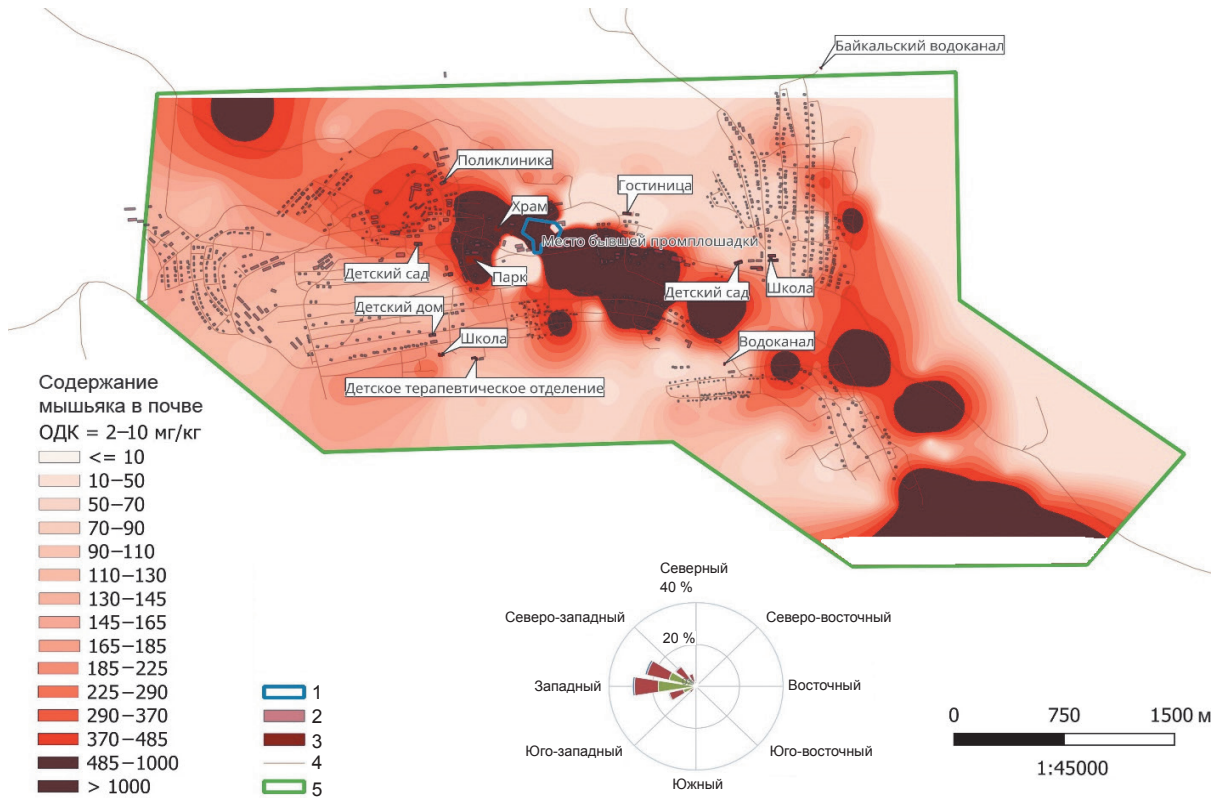


Рис. 5. Карта распределения содержания мышьяка в почве поселка городского типа Вершино-Дарасунский:

1 – граница бывшей промплощадки; 2 – здания;

3 – социально значимые объекты; 4 – дороги; 5 – граница исследованного участка

Fig. 5. Map of arsenic content distribution in Vershino-Darasunsky settlement soil:

1 – boundary of the former industrial site; 2 – buildings;

3 – socially significant facilities; 4 – roads; 5 – boundary of the studied area

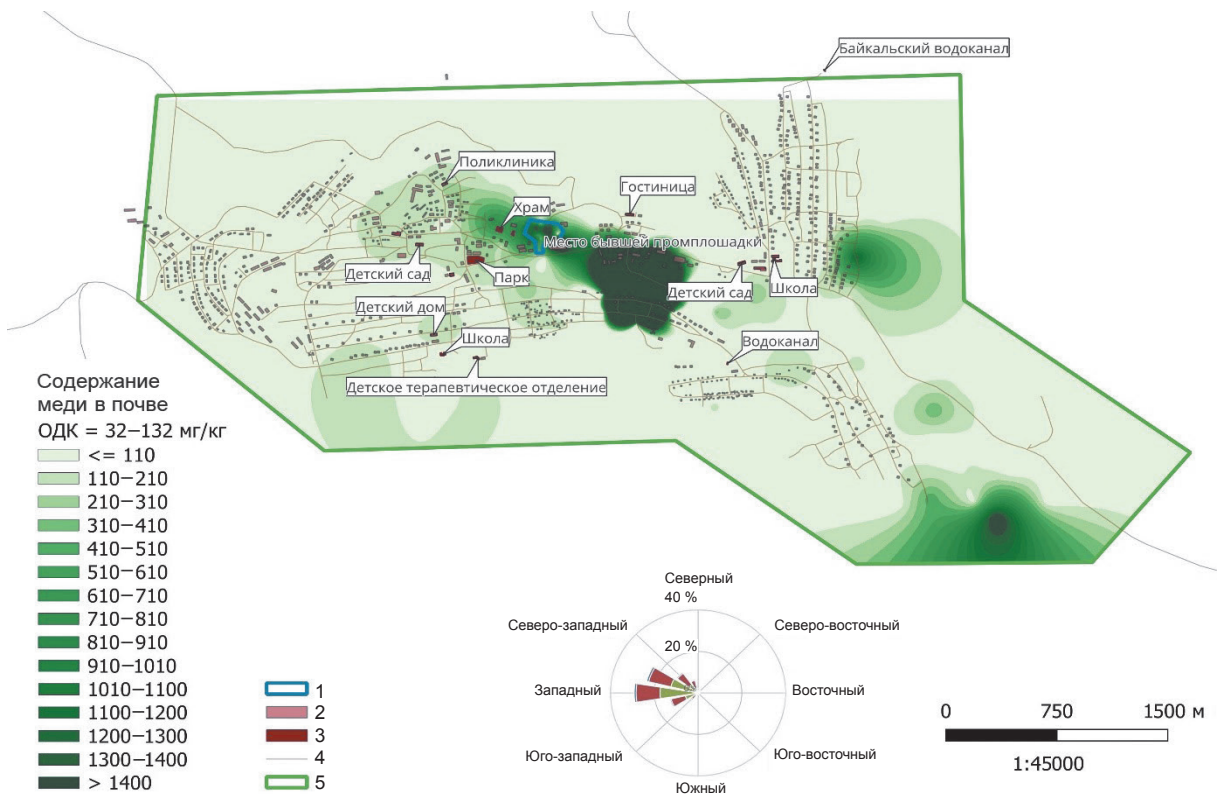


Рис. 6. Карта распределения содержания меди в почве поселка городского типа Вершино-Дарасунский:

1 – граница бывшей промплощадки; 2 – здания;

3 – социально значимые объекты; 4 – дороги; 5 – граница исследованного участка

Fig. 6. Map of copper content distribution in Vershino-Darasunsky settlement soil:

1 – boundary of the former industrial site; 2 – buildings;

3 – socially significant facilities; 4 – roads; 5 – boundary of the studied area



ного класса опасности (не менее 0,3, вероятно 0,45) и оценка риска здоровью населения (при наличии даже умеренного риска принимает значение, соответствующее 1 (как минимум), учитывая, что в пределах значительных аномалий загрязнения расположены социально значимые и жилые объекты). Таким образом, итоговое значение общего влияния на состояние экологической безопасности, вероятно, уже находится на уровне не ниже 3,5, то есть сопоставимо с такими известными объектами НВОС федерального значения, как, например, промплощадка «Усолъехимпрома» в г. Усолъе-Сибирском Иркутской области, находящаяся в фокусе внимания как местных администраций, так и федеральной власти.

Заключение

В ходе проведенного исследования геоэкологического состояния района поселка городского типа Вершино-Дарасунский установлено загрязнение мышьяком и тяжелыми металлами на площади, составляющей по крайней мере 16,5 км², что в тысячи раз превышает площадь самой промплощадки бывшего мышьяковистого завода и значительно превосходит возможные расчетные прогнозы [20]. При этом учтенный на данный момент в ГРОНВОС объект накопленного экологического вреда имеет площадь всего 0,3 га. Таким образом, источником негативного воздействия на объекты окружающей среды является уже не только сама загрязненная промплощадка, но и вся территория, которая за многие десятилетия изменила свои физико-химические параметры.

Обнаруженные аномалии мышьяка, меди и других загрязняющих веществ, превышающие ПДК/ОДК в сотни и тысячи раз, локализованы не только в районе известного объекта НВОС, но и еще в нескольких местах без оче-

видных источников техногенных воздействий. Установить причины возникновения данных аномалий предполагается на следующих этапах исследования. Полученные в ходе проведенной работы результаты обосновывают необходимость расширения зоны рекультивационных работ за пределы непосредственной территории бывшего завода.

Полученные на текущем (раннем) этапе исследования данные убедительно доказывают необходимость переоценки территории изученного объекта в ГРОНВОС и, как следствие, изменение приоритизации его рекультивации. Таким образом, муниципальной и (или) областной администрации следует обратиться в Росприроднадзор для включения данного объекта в план-график обследования и оценки ОНВОС на 2026 г., а также в Роспотребнадзор для осуществления оценки его воздействия на жизнь и здоровье граждан.

Осуществление подобных проведенному исследований требует не столько значительных финансовых затрат, сколько квалифицированных кадровых ресурсов (в данном случае к ним относятся и студенты) и необходимой лабораторной базы, имеющейся в любом университете, который реализует образовательные программы в областях наук о Земле или окружающей среде. В связи с этим авторы видят значительный потенциал в развитии постоянных прикладных студенческих исследований как основы повышения экологического благополучия населения нашей страны и способа оптимизации бюджетов местных и краевых администраций, которые на основании подобных материалов могут с полной ответственностью инициировать существующую с 2024 г. процедуру кондиционной переоценки и рекультивации ОНВОС, расположенных в пределах территорий их ответственности.

Список источников

1. Алыкова О.И., Арнаут Ю.И., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Ликвидация объектов накопленного вреда окружающей среде в рамках федерального проекта «Генеральная уборка» // Астраханский вестник экологического образования. 2023. № 4. С. 51–58. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-4-51-58>. EDN: TRXXCK.
2. Алыкова О.И., Чуйкова Л.Ю., Чуйков Ю.С. Накопленный экологический вред: проблемы и последствия. Сообщение 2. Анализ ситуации // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 2. С. 114–137. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-2-114-137>. EDN: FMUSDM.
3. Петрова А.С. Реализация экологических проектов Госкорпорацией «Росатом» // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 4. С. 28–34. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-4-028-034>. EDN: LQZLNV.
4. Пинаев В.Е., Ледащева Т.Н., Головачёва И.В. Ликвидация накопленного экологического вреда – организационные и правовые аспекты. М.: Мир науки, 2023. 118 с.
5. Кабацкая Л.Н. Применение механизма государственно-частного партнерства при ликвидации накопленного вреда окружающей среде // Государственная власть и местное самоуправление. 2020. № 1. С. 15–20. <https://doi.org/10.18572/1813-1247-2020-1-15-20>. EDN: MHJTM D.



6. Выпханова Г.В. Теоретико-правовые и практические проблемы ликвидации накопленного вреда окружающей среде // *Экологическое право*. 2020. № 1. С. 11–13. <https://doi.org/10.18572/1812-3775-2020-1-11-13>. EDN: IANRMI.
7. Пичугин Е.А., Дьяков М.С., Зырянова Е.В., Соловьёва А.С. Аналитический обзор типовых технологических решений, применяемых при ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде // *Астраханский вестник экологического образования*. 2022. № 5. С. 20–32. <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2022-5-20-32>. EDN: JOODKS.
8. Качор О.Л., Трусова В.В., Гантимурова С.А., Горячев И.Н., Икрамов З.Л., Паршин А.В. Территория бывшей промплощадки Ангарского металлургического завода (г. Свирск) 10 лет спустя: современное геохимическое состояние и анализ межгодовых изменений по данным дистанционного зондирования Земли // *Науки о Земле и недропользование*. 2024. Т. 47. № 1. С. 66–89. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-1-66-89>. EDN: LPXNLT.
9. Крупская Л.Т., Шугалей И.В., Возняковский А.П., Филатова М.Ю., Леоненко А.В. Теоретические основы оценки влияния техногенной системы на экосферу для обеспечения экологической безопасности // *Экологическая химия*. 2022. Т. 31. № 3. С. 148–157. EDN: MIDXYL.
10. Качор О.Л., Паршин А.В., Трусова В.В. Комплексный подход к геоэкологической оценке объектов накопленного вреда // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 4. С. 65–71. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-4-065-071>. EDN: ADEBVY.
11. Ашихмина Т.Я., Скугорева С.Г., Адамович Т.А., Товстик Е.В. Оценка состояния поверхностных водных объектов в районе полигона захоронения ядохимикатов // *Теоретическая и прикладная экология*. 2021. № 1. С. 104–111. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-104-111>. EDN: YEGIGM.
12. Макаров И.Н. Влияние объектов накопленного вреда на окружающую среду в арктической территории Якутии (на примере хвостохранилища Депутатского ГОК) // *Проблемы региональной экологии*. 2023. № 5. С. 16–20. <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2023-5-16-20>. EDN: KNYVSV.
13. Ашихмина Т.В., Каверина Н.В. Геоэкологический мониторинг накопленного экологического вреда при обращении с отходами животноводства в Воронежской области // *Региональные геосистемы*. 2022. Т. 46. № 4. С. 596–614. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-4-596-614>. EDN: JWXKVK.
14. Чертес К.Л., Букин А.А., Машкова А.И., Лаврусевич А.А., Тупицына О.В. Применение геофизических методов изысканий в проектах ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде // *Экология и промышленность России*. 2023. Т. 27. № 4. С. 56–60. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-4-56-60>. EDN: VZBEGE.
15. Качор О.Л. Геоэкологическая оценка влияния накопленных отходов бывшего мышьяковистого завода поселка Вершино-Дарасунский на объекты окружающей среды // *Науки о Земле и недропользование*. 2019. Т. 42. № 3. С. 279–286. EDN: UTZSWA.
16. Растанина Н.К., Крупская Л.Т., Голубев Д.А. Влияние горного техногенеза на окружающую среду и здоровье населения горняцкого поселка в Приамурье // *Экологические системы и приборы*. 2020. № 7. С. 41–50. <https://doi.org/10.25791/esip.07.2020.1170>. EDN: KBKUQY.
17. Кузнецова О.В., Качор О.Л., Матюхин И.А., Икрамов З.Л., Паршин А.В. Экспрессный рентгенофлуоресцентный анализ как современная альтернатива традиционным спектральным методам при решении задач геохимических поисков // *Науки о Земле и недропользование*. 2023. Т. 46. № 4. С. 390–401. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-390-401>. EDN: XMXIYB.
18. Sarala P., Koskinen H. Application of the portable X-Ray Diffraction (pXRD) analyser in surficial geological exploration // *Geologi*. 2018. Vol. 70. P. 58–68.
19. Gazley M., Fisher L. A review of the reliability and validity of portable X-ray fluorescence spectrometry (pXRF) data // *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice* Edition. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2014. P. 69–82.
20. Анисимов П.И., Пичугин Е.А. Оценка площади загрязненной территории вблизи объектов накопленного вреда окружающей среде // *Экология и промышленность России*. 2024. Т. 28. № 8. С. 42–47. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-8-42-47>. EDN: NNKJEL.

References

1. Alykova O., Arnaut Yu., Chuikova L., Chuikov Yu. Liquidation of objects of accumulated environmental damage within the framework of the federal project “General cleaning”. *Astrakhan Bulletin for Environmental Education*. 2023;4:51-58. (In Russ.). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2023-4-51-58>. EDN: TRXXCK.
2. Alykova O., Chuikova L., Chuikov Yu. Accumulated environmental damage: problems and consequences. Message 2. Analysis of the situation. *Astrakhan Bulletin for Environmental Education*. 2021;2:114-137. (In Russ.). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2021-2-114-137>. EDN: FMUSDM.
3. Petrova A.S. Implementation of environmental projects by Rosatom State Corporation. *Theoretical and Applied Ecology*. 2023;4:28-34. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-4-028-034>. EDN: LQZLNV.
4. Pinaev V.E., Ledashcheva T.N., Golovacheva I.V. *Elimination of accumulated environmental damage: managerial and legal aspects*. Moscow: Mir nauki; 2023, 118 p. (In Russ.).
5. Kabatskaya L.N. Application of the public private partnership mechanism in liquidation of the accumulated damage to the environment. *State Power and Local Self-government*. 2020;1:15-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.18572/1813-1247-2020-1-15-20>. EDN: MHJTMD.
6. Vypkhanova G.V. Theoretical, legal and practical issues of liquidation of the accumulated damage to the environment. *Environmental Law*. 2020;1:11-13. (In Russ.). <https://doi.org/10.18572/1812-3775-2020-1-11-13>. EDN: IANRMI.



7. Pichugin E.A., Dyakov M.S., Zyryanova E.V., Solovieva A.S. Analytical review of typical technological solutions used in the elimination of objects of accumulated environmental harm. *Astrakhan Bulletin for Environmental Education*. 2022;5:20-32. (In Russ.). <https://doi.org/10.36698/2304-5957-2022-5-20-32>. EDN: JOODKS.
8. Kachor O.L., Trusova V.V., Gantimurova S.A., Goryachev I.N., Ikramov Z.L., Parshin A.V. The former industrial site of the Angarsk Metallurgical Plant (Svirsk, Russia) 10 years later: current geochemical state and interannual change analysis based on Earth remote sensing data. *Earth sciences and subsoil use*. 2024;47(1):66-89. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-1-66-89>. EDN: LPXNLT.
9. Krupskaya L.T., Shugaley I.V., Voznyakovskiy A.P., Filatova M.Yu., Leonenko A.V. Theoretical foundations for assessing the impact of a man-made system on the ecosphere to ensure environmental safety. *Ecological Chemistry*. 2022;31(3):148-157. (In Russ.). EDN: MIDXYL.
10. Kachor O.L., Parshin A.V., Trusova V.V. An integrated approach to the geoecological assessment of accumulated damage objects. *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;4:65-71. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-4-065-071>. EDN: ADEBXY.
11. Ashikhmina T.Ya., Skugoreva S.G., Adamovich T.A., Tovstik E.V. Assessment of the state of surface water bodies in the area of the landfill for pesticides. *Theoretical and Applied Ecology*. 2021;1:104-111. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-1-104-111>. EDN: YEGIGM.
12. Makarov I.N. The impact of accumulated damage objects on the environment in the arctic territory of Yakutia: a case study of the tailing dump of the Deputatsky Mining and Processing Plant. *Regional Environmental Issues*. 2023; 5:16-20. (In Russ.). <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2023-5-16-20>. EDN: KNYVSV.
13. Ashikhmina T.V., Kaverina N.V. Geoecological monitoring of accumulated environmental damage in the handling of livestock waste in the Voronezh Region. *Regional Geosystems*. 2022;46(4):596-614. (In Russ.). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-4-596-614>. EDN: JWXKVK.
14. Chertes K.L., Bukin A.A., Mashkova A.I., Lavrusevich A.A., Tupitsyna O.V. Application of geophysical survey methods in projects for the elimination of objects of accumulated environmental damage. *Ecology and Industry of Russia*. 2023;27(4):56-60. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2023-4-56-60>. EDN: VZBEGJ.
15. Kachor O.L. Environmental impact of the accumulated industrial waste: geo-ecological evaluation (a case study of the former arsenic plant, Vershino-Darasunsky settlement). *Earth sciences and subsoil use*. 2019;42(3):279-286. (In Russ.). EDN: UTZSWA.
16. Rastanina N.K., Krupskaya L.T., Golubev D.A. The impact of mining technogenesis on the environment and health of the population of a mining village in the Amur Region. *Ecological Systems and Devices*. 2020;7:41-50. (In Russ.). <https://doi.org/10.25791/esip.07.2020.1170>. EDN: KBKUQY.
17. Kuznetsova O.V., Kachor O.L., Matyuhin I.A., Ikramov Z.L., Parshin A.V. Rapid X-ray fluorescence analysis as a modern alternative to traditional spectral methods in geochemical prospecting. *Earth sciences and subsoil use*. 2023;46(4):390-401. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-390-401>. EDN: XMXIYB.
18. Sarala P., Koskinen H. Application of the portable X-Ray Diffraction (pXRD) analyser in surficial geological exploration. *Geologi*. 2018;70:58-68.
19. Gazley M., Fisher L. A review of the reliability and validity of portable X-ray fluorescence spectrometry (pXRF) data. *Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice Edition*. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy; 2014, p. 69-82.
20. Anisimov P.I., Pichiughin E.A. Assessment of the area of contaminated territory near facilities of accumulated environmental damage. *Ecology and Industry of Russia*. 2024;28(8):42-47. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2024-8-42-47>. EDN: NNKJEL.

Информация об авторах / Information about the authors



Качор Ольга Леонидовна,
доктор технических наук,
руководитель департамента геоэкологии,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
✉ olgakachor@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0003-1889-9934>
Olga L. Kachor,
Dr. Sci. (Eng.),
Head of Geoecology Department,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
✉ olgakachor@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0003-1889-9934>



Икрамов Зиёвиддин Лутфиддин угли,
инженер-исследователь,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
ziyoviddin.ikramov1992@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2708-0989>
Ziyoviddin L. Ikramov,
Research Engineer,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
ziyoviddin.ikramov1992@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-2708-0989>



Паршин Александр Вадимович,
кандидат геолого-минералогических наук,
научный руководитель института «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
старший научный сотрудник лаборатории геохимии рудообразования
и геохимических методов поисков,
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,
г. Иркутск, Россия,
sarhin@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0003-3733-2140>
Alexander V. Parshin,
Cand. Sci. (Geol. & Mineral.),
Scientific Director of the Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
Senior Researcher of the Laboratory of Geochemistry of Ore Formation
and Geochemical Prospecting Methods,
A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS,
Irkutsk, Russia,
sarhin@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0003-3733-2140>

Вклад авторов / Contribution of the authors

О.Л. Качор – разработка концепции, разработка методологии, административное руководство исследовательским проектом, написание черновика рукописи, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

З.Л. Икрамов – проведение исследования, визуализация, курирование данных.

А.В. Паршин – разработка методологии, получение финансирования, административное руководство исследовательским проектом, написание черновика рукописи, написание рукописи – рецензирование и редактирование.

Olga L. Kachor – conceptualization, methodology, project administration, writing – original draft, writing – review & editing.

Ziyoviddin L. Ikramov – investigation, visualization, data curation.

Alexander V. Parshin – methodology, funding acquisition, project administration, writing – original draft, writing – review & editing.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 27.11.2024; одобрена после рецензирования 06.12.2024; принята к публикации 13.12.2024.

The article was submitted 27.11.2024; approved after reviewing 06.12.2024; accepted for publication 13.12.2024.