



ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 502.335

EDN: NOSJSD

DOI: 10.21285/2686-9993-2025-48-1-6-23



О результатах исследований качества атмосферного воздуха в микрорайоне Иркутск-2 и поселке Боково (г. Иркутск, Юго-Западное Прибайкалье) методом снегогеохимической съемки

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

Резюме. Исследование снегового покрова является информативным методом комплексной оценки загрязнения атмосферного воздуха от различных техногенных источников, применимым на огромной площади северных территорий, для которых характерна длительная зима. При этом совершенствование методики снегогеохимической съемки способствует оптимизации решения таких актуальных задач освоения и сохранения геосистем северных районов, как оценка фоновое состояние окружающей среды перед началом новых инфраструктурных или горнодобывающих проектов, мониторинг влияния известных объектов на природные и природно-антропогенные комплексы. Целью проведенного исследования являлась оценка экологического состояния воздуха в микрорайоне Иркутск-2 и в прилегающем к нему поселке Боково (Иркутск, Юго-Западное Прибайкалье, Восточная Сибирь). Актуальность исследования связана с участвовавшими в последние годы фактами органолептической и приборной фиксации загрязнения атмосферы, которые вызывают недовольство жителей микрорайона. Для установления и картирования районов и степени воздействия от основных известных хозяйственных объектов, а также выявления потенциально возможных новых источников была проведена детальная снегогеохимическая съемка. В ходе работы были отобраны пробы сезонного снега, изучен химический состав твердой фазы снегового покрова на исследуемой территории и построены карты распределения различных загрязняющих веществ, предоставлена интерпретация полученных данных. Основные результаты работы представлены в картографическом виде в данной статье, расширенный набор материалов в интерактивном виде, позволяющем сопоставить выявленные ареалы загрязнения с интересующими местоположениями, представлен на публичном геопортале института «Сибирская Школа геонаук» Иркутского национального исследовательского технического университета (geo.istu.edu). Полученные данные характеризуются высокой информативностью, их уверенно картируют, что позволяет считать экспрессный подход на основе неразрушающего рентгенофлуоресцентного анализа вполне эффективным вариантом снегогеохимической съемки.

Ключевые слова: загрязнение атмосферы, снеговой покров, экологический мониторинг, Иркутск, Иркутск-2

Для цитирования: Качор О.Л., Паршин А.В., Икрамов З.Л., Трусова В.В., Курина А.В. О результатах исследований качества атмосферного воздуха в микрорайоне Иркутск-2 и поселке Боково (г. Иркутск, Юго-Западное Прибайкалье) методом снегогеохимической съемки // Науки о Земле и недропользование. 2025. Т. 48. № 1. С. 6–23. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2025-48-1-6-23>. EDN: NOSJSD.

GEOECOLOGY

Original article

On study results of atmospheric air quality in Irkutsk-2 microdistrict and Bokovo settlement (Irkutsk, Southwestern Baikal Region) using snow geochemical survey

Olga L. Kachor^{a,✉}, Alexander V. Parshin^b, Ziyoviddin L. Ikramov^c,
Valentina V. Trusova^d, Anastasia V. Kurina^e^{a-e}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia^{b,d}A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia

Abstract. The study of snow cover is an informative method for the comprehensive assessment of atmospheric air pollution from various man-made sources applicable to a vast area of the northern territories featuring long winter. At the same time,

© Качор О.Л., Паршин А.В., Икрамов З.Л., Трусова В.В., Курина А.В., 2025



improving the methodology of snow geochemical surveying helps optimize the solution of such urgent tasks of developing and preserving geosystems in northern regions as assessing the background state of the environment before starting new infrastructure or mining projects, monitoring the impact of explored objects on natural and anthropogenic complexes. The purpose of the study is to assess the ecological state of the air in the Irkutsk-2 microdistrict and in Bokovo settlement (Irkutsk, Southwestern Baikal Region, Eastern Siberia) adjacent to it. The relevance of the study is related to the currently increased frequency of organoleptic and instrument detection of atmospheric pollution, which causes the residents' discontent. A detailed snow and geochemical survey was carried out to identify and map the areas and the impact degree of the main known economic facilities, as well as identify potential new sources. The research involved taking seasonal snow samples, study of the chemical composition of the solid phase of the snow cover in the area under investigation, as well as mapping the distribution of various pollutants, and interpretation of the data obtained. The article presents the main results of the study in a cartographic form. An expanded set of interactive materials allowing to compare the identified pollution areas with the locations of interest is presented on the public geoportal of the Institute "Siberian School of Geosciences" of Irkutsk National Research Technical University (geo.istu.edu). The data obtained are characterized by high information content. They are confidently mapped, which makes it possible to consider the express approach based on non-destructive X-ray fluorescence analysis to be quite an effective variant of snow geochemical surveying.

Keywords: atmospheric pollution, snow cover, environmental monitoring, Irkutsk, Irkutsk-2

For citation: Kachor O.L., Parshin A.V., Ikramov Z.L., Trusova V.V., Kurina A.V. On study results of atmospheric air quality in Irkutsk-2 microdistrict and Bokovo settlement (Irkutsk, Southwestern Baikal Region) using snow geochemical survey. *Earth sciences and subsoil use*. 2025;48(1):6-23. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2025-48-1-6-23>. EDN: NOSJSD.

Введение

Иркутская область входит в число регионов России с максимальным загрязнением атмосферного воздуха [1, 2], периодически становясь лидером антирейтинга¹. Проблемам оценки и мониторинга качества воздуха, снижения техногенного влияния посвящено множество работ. Вблизи известных промышленных предприятий и в различных районах Иркутска расположены несколько пунктов постоянных мониторинговых наблюдений [3]. Значительное количество исследователей, стремящихся получить более детальную в пространственном отношении информацию и оценить загрязнение на удалении от известных источников и пунктов наблюдений, используют геохимические [4–8] и биогеохимические² методики или прямое моделирование [2, 9] для оценки качества воздуха на значительных площадях. Для информационного обеспечения местных жителей существует множество различных источников, посвященных качеству воздуха: от регулярно выкладываемых на веб-ресурсы табличных данных,

отражающих усредненную ситуацию в районах в целом или отдельных населенных пунктах^{3,4}, до публичных геопорталов, позволяющих оценить распределение загрязняющих веществ на территории в картографическом виде с довольно высокой детальностью⁵. Регулярной практикой является специальная реакция ведомственных экологических организаций, научных организаций и прессы на информацию о потенциально аномальных состояниях атмосферы, поступающую непосредственно от населения⁶, которое, естественно, заинтересовано в максимально детализированной оценке того, каким именно качеством обладает воздух возле дома, школы, работы.

В последние годы участились случаи обращения в надзорные органы по вопросам неудовлетворительного состояния атмосферного воздуха от граждан, проживающих в микрорайоне Иркутск-2. Особую актуальность эта проблема приобрела в феврале – марте 2025 г., когда были зафиксированы не единичные случаи, а массовые обращения населения, так

¹ Названы самые проблемные по качеству воздуха регионы России // Лента.Ру. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2022/09/19/problemair/> (дата обращения: 30.01.2025).

² Самый экологичный район Иркутска – Юбилейный // Общественно-политическая газета «Областная». Режим доступа: <https://www.ogirk.ru/2025/03/05/samyy-jekologichnyj-rajon-irkutskaja-jubilejnyj/> (дата обращения: 05.03.2025).

³ Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха на территории деятельности «Иркутского УГМС» // Иркутское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Режим доступа: <https://www.irmeteo.ru/index.php?id=42> (дата обращения: 04.03.2025).

⁴ Индекс качества воздуха (AQI) в Irkutsk. Загрязнение воздуха // AQI.in. Режим доступа: <https://www.aqi.in/ru/dashboard/russia/irkutskaya-oblast/irkutsk> (дата обращения: 03.03.2025).

⁵ Геопортал Сибирской школы геонаук. Режим доступа: <https://geo.istu.edu> (дата обращения: 01.03.2025).

⁶ Роспотребнадзор проверил качество воздуха после жалоб иркутян // ИА «Телеинформ». Режим доступа: <https://i38.ru/zhkch-obichnie/rospotrebнадзора-proveril-kachestvo-vozducha-posle-zhalob-irkutyay> (дата обращения: 30.01.2025).



как большинство жителей Иркутска-2 не только ощущали неприятный запах воздуха, но и жаловались на ухудшение самочувствия⁷⁻⁹. Граждане, а затем и сотрудники Роспотребнадзора отмечали едкий химический запах. Подобные ситуации, как правило, связаны с присутствием в воздухе органических загрязнителей или примесей кислот. Такие запахи быстро различимы и позволяют оперативно сообщить о них в контролирующие органы для своевременного отбора проб и принятия дальнейших действий для их устранения и последующего недопущения попадания в атмосферу.

В то же время присутствие в воздухе, например, пылевых частиц с тяжелыми металлами не всегда может быть определено органами чувств человека, а значит, без должной на то причины и при отсутствии каких-либо дополнительных предпосылок попытки для их обнаружения предприняты не будут. Как и в большинстве промышленных районов Прибайкалья, природно-антропогенный комплекс Иркутска-2 и окружающих его территорий не может не испытывать комплексной техногенной нагрузки от различных источников промышленности, теплоэнергетики, строительства, транспорта и т. д. Тем не менее только небольшое количество этих источников формирует воздействия, явно обнаруживаемые органолептически. В связи с этим для обеспечения населения микрорайона Иркутск-2 и органов власти информацией о комплексном состоянии окружающей среды следует провести детальное исследование антропогенной нагрузки на воздушную среду за продолжительный период времени. Длительный зимний период в Восточной Сибири позволяет применить для этого эффективный метод – снегогеохимическую съемку [10–16]. Снегогеохимические исследования обеспечивают одновременно высокую пространственную детальность, достоверность и значительный набор исследуемых параметров [17–19].

В 2024 году микрорайон Иркутск-2 и поселок Боково г. Иркутска стали очередными

объектами исследований программы изучения качества атмосферного воздуха, ежегодно реализуемой в рамках учебных дисциплин «Информационные технологии» и «Экологическая безопасность» студентов первого и второго курсов института «Сибирская школа геонаук» Иркутского национального исследовательского технического университета. В конце февраля – начале марта, в период максимального накопления влагозапаса в снежном покрове (начало марта), на территории были проведены отбор проб снега, последующие лабораторные исследования, геостатистическая обработка и создание картографических материалов, представленных и охарактеризованных в данной статье, а также на геопортале «Качество атмосферного воздуха Иркутской области» (geo.istu.edu).

Материалы и методы исследования

Иркутск-2, расположенный на северо-западе Иркутска и входящий в состав Ленинского административного округа города, является обособленным микрорайоном, население которого составляет порядка 60 тыс. человек. В северной части к микрорайону примыкает поселок Боково. Вдоль всего микрорайона проходят железнодорожные пути Транссибирской железной дороги, отделяющие его от другого микрорайона Ленинского округа – Ново-Ленино.

Для того чтобы дать характеристику хозяйственной деятельности на рассматриваемой территории, в первую очередь были выделены известные потенциальные источники воздействия на атмосферу. Так, в Боково располагается компания «СтройПроектСервис», которая занимается строительством промышленных объектов, в частности производством вагон-домов и модульных зданий с использованием инертных материалов, СИП-панелей, металлоконструкций, бетона и др.

Микрорайон и примыкающий к нему поселок Боково непрерывно застраиваются. Удобная инфраструктура с множеством школ,

⁷ Службой Госэконадзора Приангарья выявлен источник загрязнения воздуха в Иркутске-2 // Служба государственного экологического надзора Иркутской области. Режим доступа: <https://irkobl.ru/sites/baikal/news/detail.php?ID=4062025> (дата обращения: 01.03.2025).

⁸ Роспотребнадзор вновь обнаружил загрязнение воздуха во Втором Иркутске // Ирк.ру. Режим доступа: <https://www.irk.ru/news/20250303/air/> (дата обращения: 04.03.2025).

⁹ Жители Иркутска-2 пожаловались на ухудшающие здоровье выбросы с авиазавода // Альтаир. Режим доступа: https://altair.ru/new/incident/zhiteli_irkutsk-2_pozhalovalis_na_uhudshayushchie_zdorove_vibrosi_s_aviazavoda (дата обращения: 01.03.2025).



детских садов, наличием взрослой и детской поликлиник, больницы и роддома, парка отдыха, дворца культуры, бассейна, стадиона «Зенит», а также наличие крупнейшего предприятия района и источника большого количества рабочих мест – Иркутского авиационного завода создают привлекательные условия для проживания. На данный момент в Иркутске-2 возводятся сразу несколько современных жилых комплексов: «Взлетка», «Пулковский», «Иркут», «Витязь-3», Zenith.

Крупным объектом негативного воздействия на окружающую среду микрорайона и поселка является Иркутский авиационный завод (ИАЗ) – филиал ПАО «Яковлев», занимающийся выпуском летательных аппаратов. Он расположен на двух площадках: основной (территория 1), расположенной к северо-западу от микрорайона и занимающей значительную площадь, и дополнительной, расположенной внутри микрорайона (территория 2). На указанных территориях ведется металлургическое производство – работают литейный, кузнечный, термический и другие цеха, механосборочное производство со слесарно-сварочным, механосборочным цехами и пр., агрегатно-сборочное производство, где в разных цехах выполняется сверление, выполнение клепаных и болтовых соединений деталей, герметизация и заготовительно-штамповочное производство, включающее заготовительный, штамповочный цеха^{10–13}.

По данным, представленным в государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2023 году»¹³, в выбросах Иркутского авиационного завода присутствуют такие загрязняющие вещества, как оксид алюминия, диоксид титана, металлическая пыль, оксид железа, оксид магния, оксид меди, растворимые соли алюминия, свинец и его соединения, шестивалентный хром, оксид цинка, ферроцианид железа, мазутная зола, пыль неорганическая до 20 % оксида кремния (SiO_2), пыль неор-

ганическая более 70 % SiO_2 , зола угольная, пыль неорганическая SiO_2 (20–70 %), пыль стеклопластика, пыль меховая (войлочная), корунд белый, пыль древесная, пыль латуни, карбонат калия, хлорат магния, марганец и его соединения, растворимые соли никеля, оксид олова, хром трехвалентный, хлорид бария, бром.

На территории 1 расположены две котельные, одна из которых работает на угле, другая – на мазуте¹³. На территории 2 находится одна котельная, работающая на угле. По данным, представленным в государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2023 году», именно котельные являются основными загрязнителями атмосферы на заводе, поскольку их выбросы составляют 98,5 % валовых выбросов всего предприятия¹³. Кроме того, в пределах рассматриваемой территории расположены неидентифицированные промышленные площадки, информация о точном характере деятельности которых отсутствует в открытых источниках, а также очистные сооружения Иркутского авиационного завода.

11 марта 2024 г., в период максимального накопления влагозапаса в снежном покрове, сотрудниками и студентами института «Сибирская школа геонаук» Иркутского национального исследовательского технического университета был проведен отбор проб снега с целью оценки качества атмосферного воздуха в микрорайоне Иркутск-2 и частично в поселке Боково. Всего было отобрано 25 проб снега (рис. 1). На значительном удалении от жилых домов и дорог в лесной зоне была отобрана фоновая проба.

Проведенный пробоотбор снега был произведен с учетом требований ГОСТ Р 70282-2022 «Охрана окружающей среды. Поверхностные и подземные воды. Общие требования к отбору проб льда и атмосферных осадков»¹⁴. Пробы отбирались с открытых площадок, расположенных на удалении от автодорог

¹⁰ Люди с железной хваткой // Dzen.ru. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/YnuksXYWbQ1X0lq9> (дата обращения: 30.01.2025).

¹¹ «Город изнутри»: Иркутский авиазавод // Ирсити.ру: сетевое издание. Режим доступа: <https://ircity.ru/text/economics/2014/11/12/70543445/> (дата обращения: 30.01.2025).

¹² Как делают самолеты Су-30 и Як-130. Иркутский авиационный завод // DRIVE2.RU: автомобильная социальная сеть // Drive2.ru. Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1385365/> (дата обращения: 30.01.2025).

¹³ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2023 году». Иркутск: Максима, 2024. 308 с.

¹⁴ ГОСТ Р 70282-2022. Охрана окружающей среды. Поверхностные и подземные воды. Общие требования к отбору проб льда и атмосферных осадков. М.: Российский институт стандартизации, 2022. 8 с.

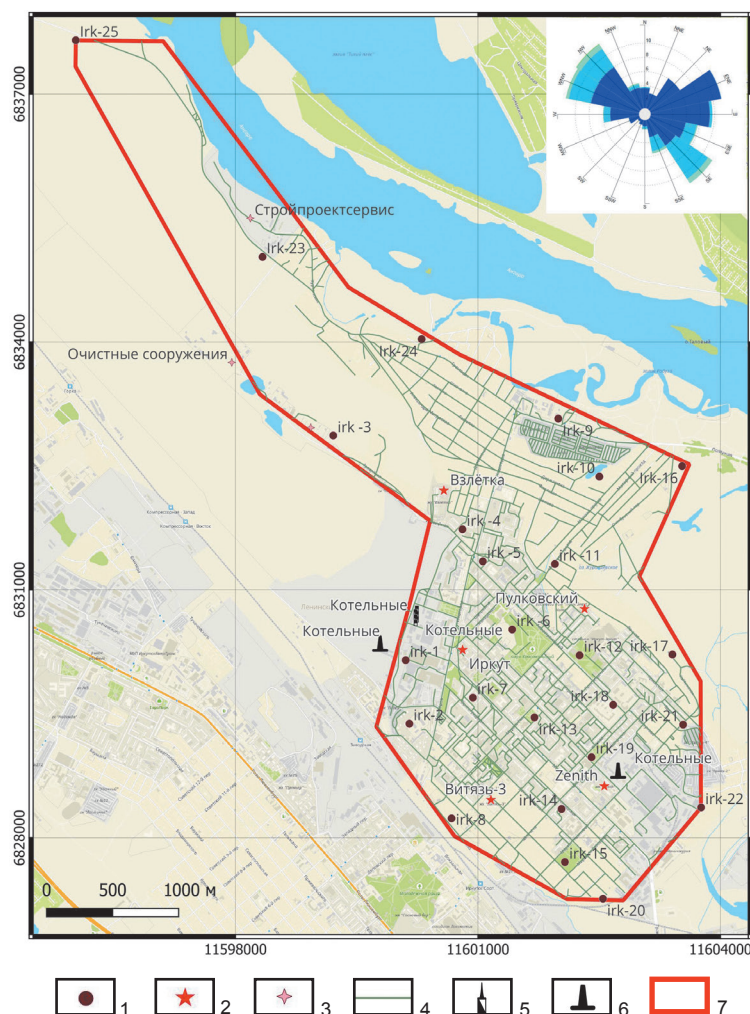


Рис. 1. Схема отбора проб снега в микрорайоне Иркутск-2 и поселке Боково:

1 – точки пробоотбора; 2 – новостройки; 3 – промышленные объекты; 4 – дороги; 5 – котельная, работающая на мазуте; 6 – котельная, работающая на угле; 7 – граница исследованного участка

Fig. 1. Diagram of snow sampling in the Irkutsk-2 microdistrict and Bokovo settlement:

1 – sampling points; 2 – recent development; 3 – industrial facilities; 4 – roads; 5 – boiler house operating on fuel oil; 6 – boiler house operating on coal; 7 – boundary of the surveyed area

или других явных источников локальных воздействий, с помощью пластиковых лопаток, и помещались в полиэтиленовые мешки. Глубина снегового покрова и площадь лунки фиксировались, площадь лунок составляла не менее 50×50 см.

После отбора пробы снега доставлялись в Химиико-аналитическую лабораторию Сибирской школы геонаук Иркутского национального исследовательского технического университета, где после снелотаяния и фильтрации анализировались твердый остаток на фильтрах и отфильтрованная талая вода. Твердый остаток высушивался при комнатной температуре и взвешивался с помощью лабораторных весов Analytical XP204 с чувствительностью $\pm 0,1$ мг.

Анализ твердого остатка проводился методом рентгенофлуоресцентного анализа [20].

Химический анализ проб на содержание металлов в талой снеговой воде проводился на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой (ICP-AES, от англ: Inductively coupled plasma, Atomic emission spectroscopy).

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные благодаря проведенному исследованию результаты были подвергнуты предварительному математическому анализу с целью изучения диапазонов их изменчивости и оценки качества получаемого химико-аналитического результата (рис. 2).

Из рис. 2 следует, что рентгенофлуоресцентный анализ обеспечивает достаточную чувствительность для исследования вари-

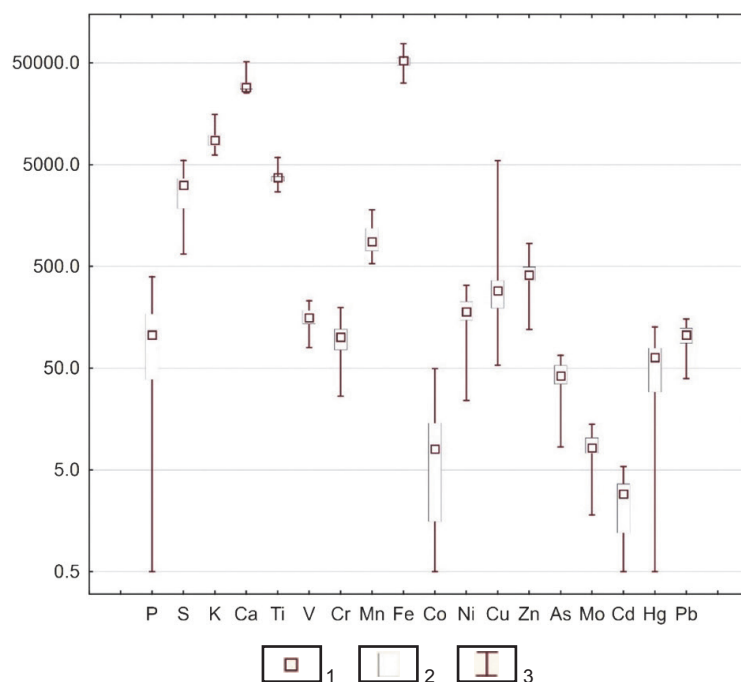


Рис. 2. Диаграммы размаха для результатов химико-аналитических исследований твердого остатка:

1 – медиана; 2 – 25–75 %; 3 – минимум – максимум

Fig. 2. Range diagrams for the results of chemical analytical studies of solid residue:

1 – median; 2 – 25–75 %; 3 – minimum – maximum

большинства концентраций основных тяжелых металлов и ряда других химических параметров в твердом остатке. Все указанные параметры имеют существенную изменчивость, медианные значения их концентраций лежат выше пределов обнаружения используемой аппаратуры [20]. Визуально сомнения может вызвать показатель кадмия (Cd), тем не менее

и в этом случае медианное значение концентрации составляет 2,9 ppm при пределе обнаружения в 2 ppm, следовательно все данные могут быть подвергнуты дальнейшему анализу и интерпретации. Для всех определенных в твердом остатке снежного покрова веществ были рассчитаны коэффициенты корреляции, представленные на рис. 3.

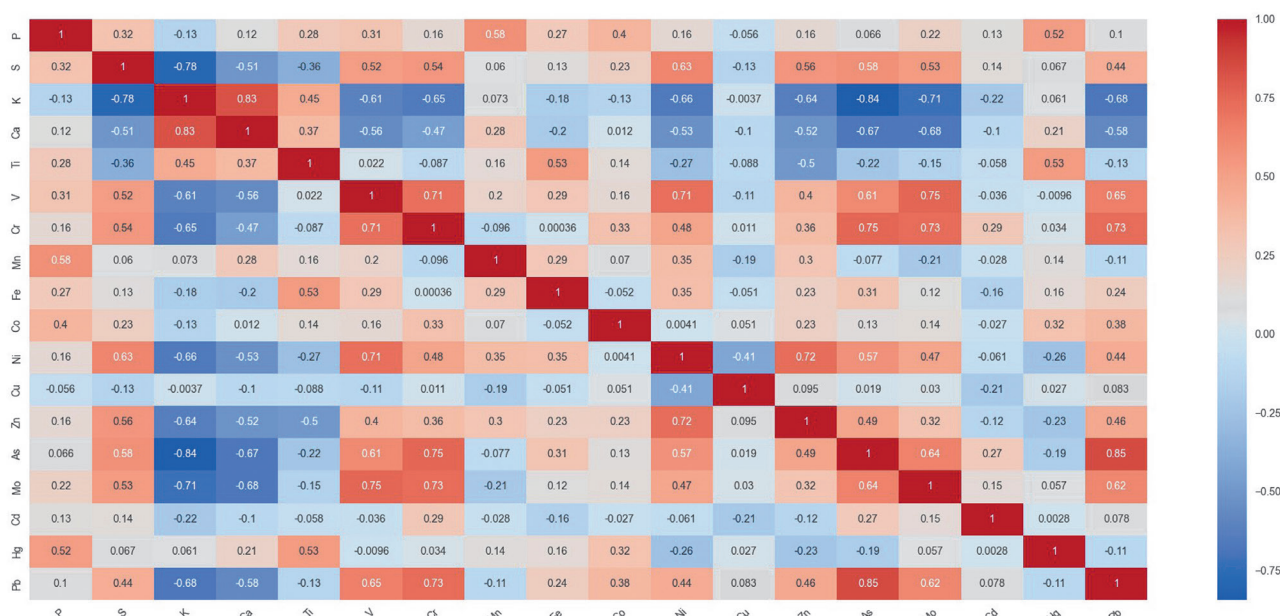


Рис. 3. Коэффициенты корреляции загрязняющих веществ, выявленных в твердом остатке

Fig. 3. Correlation coefficients of pollutants detected in solid residue



Как показано на рис. 3, существует хорошая корреляционная зависимость между мышьяком и свинцом (0,85) и мышьяком и хромом (0,75), а также между хромом и свинцом (0,73). Это позволяет сделать вывод об общем источнике происхождения трех указанных загрязнителей атмосферного воздуха. У хрома также установлена корреляционная связь с молибденом (0,73), со свинцом и мышьяком у этого компонента связь слабее: 0,64 и 0,62 соответственно. У меди значимых корреляционных связей ни с кем не установлено. Подобная ситуация с отсутствием корреляции и у кобальта. У марганца также значимых корреляционных связей не обнаружено. Для никеля установлены корреляционные связи с цинком (0,72) и ванадием (0,71). Для цинка других значимых корреляций не обнаружено.

Исходя из полученных корреляционных связей, были выбраны и представлены наиболее

информативные карты распределения, позволяющие оценить качество воздуха в изучаемом районе. При этом в первую очередь следует отметить, что нормативов содержания загрязняющих веществ в жидкой или твердой фазе (нерастворенный остаток на фильтрах) снега не существует, вследствие чего интерпретировать картографические представления возможно только при сравнении обнаруженных концентраций с содержанием в фоновых пробах.

Что касается результатов исследований снеговой воды, то в этом случае дополнительно обосновывать достаточную чувствительность стандартно применяемой в таких задачах методики ICP-AES необходимости нет. В таблице представлена основная описательная статистика полученных измерений в сопоставлении с принятыми фоновыми параметрами.

В качестве фона в таблице представлены результаты анализа снежного покрова, ото-

Концентрации некоторых веществ в снеговой воде Concentrations of some substances in snow melt water

Точка пробоотбора	Массовая доля содержания химических элементов, мг/дм ³								
	K	Ca	Si	Mg	Cu	As	Na	Pb	Zn
IRK-20	0,66	7,1	0,13	1,09	0,004	<0,005	0,56	<0,003	0,015
IRK-2	7,5	7,8	0,72	1,55	0,019	0,007	0,59	0,003	0,022
IRK-14	1,8	10,3	0,325	1,33	0,005	<0,005	0,56	<0,003	0,013
IRK-1	1,27	7,5	0,24	1,08	0,005	<0,005	1,30	<0,003	0,015
IRK-13	5,00	8,2	0,27	1,32	0,013	<0,005	0,67	<0,003	0,015
IRK-11	1,69	6,2	0,17	0,89	0,006	<0,005	0,23	<0,003	0,009
IRK-7	0,59	7,6	0,13	0,77	0,003	<0,005	0,39	<0,003	0,016
IRK-19	0,082	8,7	0,18	1,12	0,003	<0,005	0,60	<0,003	0,011
IRK-21	3,76	7,9	0,3	1,05	0,007	<0,005	1,07	<0,003	0,019
IRK-15	0,57	7,5	0,13	1,12	0,003	<0,005	0,41	<0,003	0,012
IRK-5	2,53	6,5	0,21	0,91	0,067	<0,005	0,50	<0,003	0,014
IRK-4	4,09	11,5	0,29	1,59	0,014	<0,005	0,68	<0,003	0,026
IRK-10	0,28	3,7	0,15	0,52	0,002	<0,005	0,16	<0,003	0,035
IRK-8	0,74	7,0	0,14	0,90	0,004	<0,005	0,29	<0,003	0,012
IRK-6	0,80	19,8	1,02	1,54	0,003	<0,005	0,45	<0,003	0,006
IRK-3	0,26	6,5	0,19	0,74	0,003	<0,005	0,18	<0,003	0,009
IRK-23	0,89	11,8	0,51	1,15	0,002	<0,005	0,49	<0,003	0,003
IRK-9	1,02	6,2	0,19	0,90	0,004	<0,005	0,86	<0,003	0,005
IRK-17	0,81	9,1	0,27	1,11	0,005	<0,005	0,34	<0,003	0,008
IRK-12	0,62	8,7	0,12	0,84	0,003	<0,005	0,38	<0,003	0,010
IRK-18	1,08	9,8	0,15	1,26	0,003	<0,005	0,69	<0,003	0,006
IRK-25	2,76	7,3	0,19	1,11	0,005	<0,005	0,60	<0,003	0,030
IRK-22	1,80	9,1	0,21	1,1	0,007	<0,005	0,56	<0,003	0,013
IRK-24	1,26	7,3	0,14	0,71	0,004	<0,005	0,45	<0,003	0,013
Фон	<1	0,3	<0,05	0,06	0,004	<0,005	<1	<0,001	0,006
Превышение в n раз	7,5–1,02	66–12,3	20,4–2,6	26,5–11,8	16,75–1,25	–	1,3–1,07	–	5,8–1,3



бранного в районах, не подверженных антропогенному влиянию (Арктические районы Сибири, Дальнего Востока). Среднее содержание таких веществ, как калий, кальций, кремний, магний, медь, мышьяк, натрий, свинец, цинк в талой снеговой воде этих территорий имеет следующие значения в мг/дм^3 : $\text{K} < 1$; $\text{Ca} 0,3$; $\text{Si} < 0,05$; $\text{Mg} 0,06$; $\text{Cu} (0,001-0,0067)$; $\text{As} < 0,005$; $\text{Na} < 1$; $\text{Pb} < 0,001-0,002$; $\text{Zn} < 0,005-0,0063$ [21]. При этом твердой фазы (нерастворимого твердого остатка на фильтрах) в количестве, пригодном для анализа, в таких пробах вообще нет, поскольку существенная пылевая нагрузка зачастую является особенностью снега только в районах с антропогенной деятельностью или на природных территориях с явными

естественными источниками пыли в зимний период (обильное выветривание).

Из таблицы видно, что в снеговой воде растворимых форм мышьяка и свинца в содержаниях, превышающих предел обнаружения, практически нет (за исключением пробы IRK-2, где превышение крайне незначительно – в 1,4 и 1,1 раза соответственно). Превышение содержания натрия также незначительно (в 1,3 и 1,07 раза), оно отмечалось всего в двух точках: IRK-1 и IRK-21. По калию отмечается превышение от 1,02 до 7,5 раза в 13 точках. А по кальцию – во всех обследованных пробах с диапазоном превышений от 12,3 до 66 раз. Такая же ситуация отмечена с содержанием кремния и магния, которые присутствуют во всех указанных точках

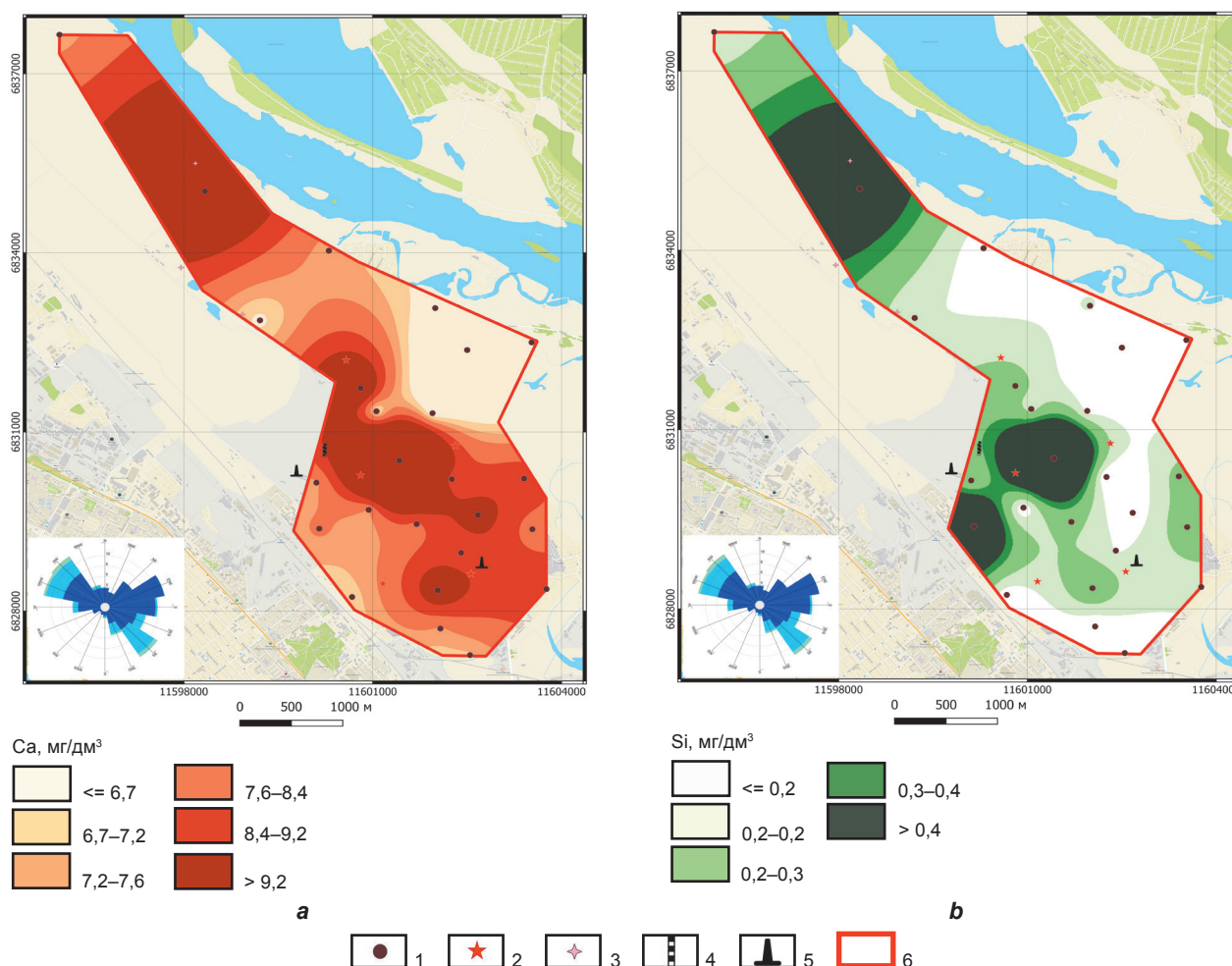


Рис. 4. Карты распределения концентраций кальция и кремния в талой снеговой воде на территории микрорайона Иркутск-2:

а – распределение концентрации кальция; б – распределение концентрации кремния
 1 – точки пробоотбора; 2 – новостройки; 3 – промышленные объекты; 4 – котельная, работающая на мазуте; 5 – котельная, работающая на угле; 6 – граница исследованного участка

Fig. 4. Maps of calcium and silicon concentration distribution in snow melt water in the territory of the Irkutsk-2 microdistrict:

а – calcium concentration distribution; б – silicon concentration distribution
 1 – sampling points; 2 – recent development; 3 – industrial facilities; 4 – boiler house running on fuel oil; 5 – boiler house running on coal; 6 – boundary of the investigated area



с диапазонами превышения от 2,6 до 20,4 и от 11,8 до 26,5 раза соответственно. Кроме этого, в талой воде обнаружены превышения фона по тяжелым металлам: медь превышает фон в 10 точках с диапазонами концентраций от 1,25 до 16,75, а цинк в 20 точках, но с меньшим превышением (от 1,3 до 5,8 раза). На основании данных ICP-AES были построены карты распределения обнаруженных веществ с наиболее значимыми диапазонами изменения концентрации на исследованной территории. (рис. 4, 5)

Как показано на рис. 4, основные ареалы кальция распространены в центральной части микрорайона и на территории вблизи компании «СтройПроектСервис». Основные зоны загряз-

нения кремнием пространственно приурочены к территории Иркутского авиационного завода, к центральной части микрорайона, включая парковую зону, а также и к его юго-западной части, находящейся рядом с железнодорожными путями.

На рис. 5 показано, что самыми чистыми зонами в отношении загрязнения талой воды цинком являются парк, территория больницы и частный сектор в восточной части микрорайона Иркутск-2, а также за пределами поселка Бокowo, в районе расположения компании «СтройПроектСервис». В зону повышенного загрязнения входит новый жилой комплекс «Взлетка».

По содержанию меди картинка менее мозаичная – основные ареалы загрязнения сконцен-

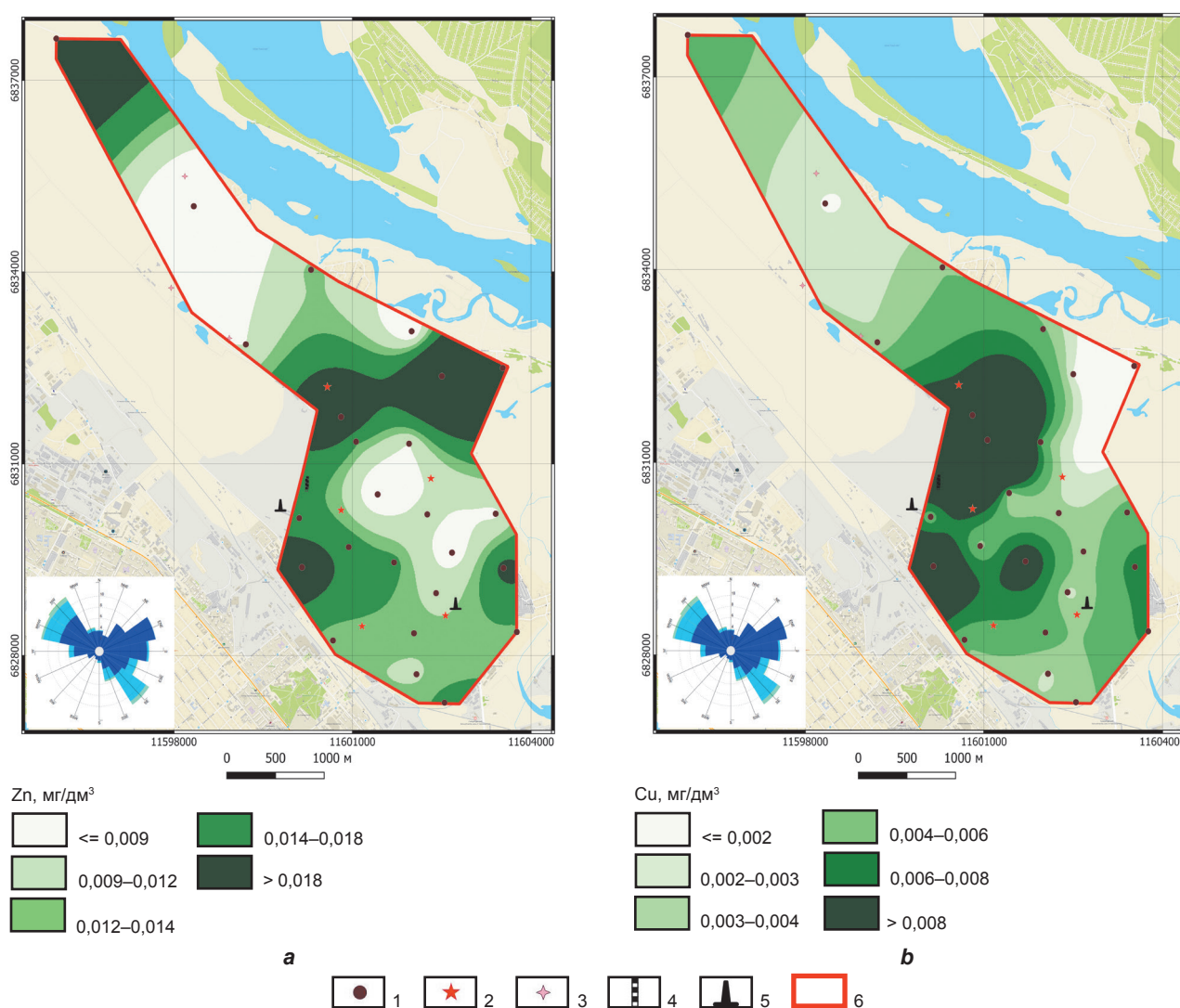


Рис. 5. Карты распределения концентраций цинка и меди в талой снежной воде на территории микрорайона Иркутск-2:

а – распределение цинка; б – распределение меди

Условные обозначения см. на рис. 4

Fig. 5. Maps of zinc and copper concentration distribution in snow melt water in the territory of the Irkutsk-2 microdistrict:

а – zinc distribution; б – copper distribution

The symbols are shown in Fig. 4



трированы вдоль территории Иркутского авиационного завода и железнодорожных путей. Концентрация меди начинает падать с удалением от этих участков. В зону загрязнения медью попадают 2 новостройки, которые относятся к жилым комплексам «Взлетка» и «Иркут».

На рис. 6–9 представлены карты распределения некоторых загрязняющих веществ в твердом остатке после фильтрования снеговой воды. В статье представлены карты распределения меди, свинца, мышьяка, хрома, кобальта, марганца, никеля и цинка. При этом мышьяк и свинец относятся к загрязня-

ющим веществам I класса опасности, медь, кобальт, никель, хром – к загрязняющим веществам II класса опасности. За фоновые значения в твердом остатке были приняты усредненные результаты проб, отобранных в лесном массиве далеко за пределами влияния различных источников негативного воздействия.

Как показано на рис. 6, основные зоны аномалий мышьяка и свинца имеют несколько схожий характер. На юго-западе зоны загрязнения в основном приурочены к железнодорожным путям, на юго-востоке – к допол-

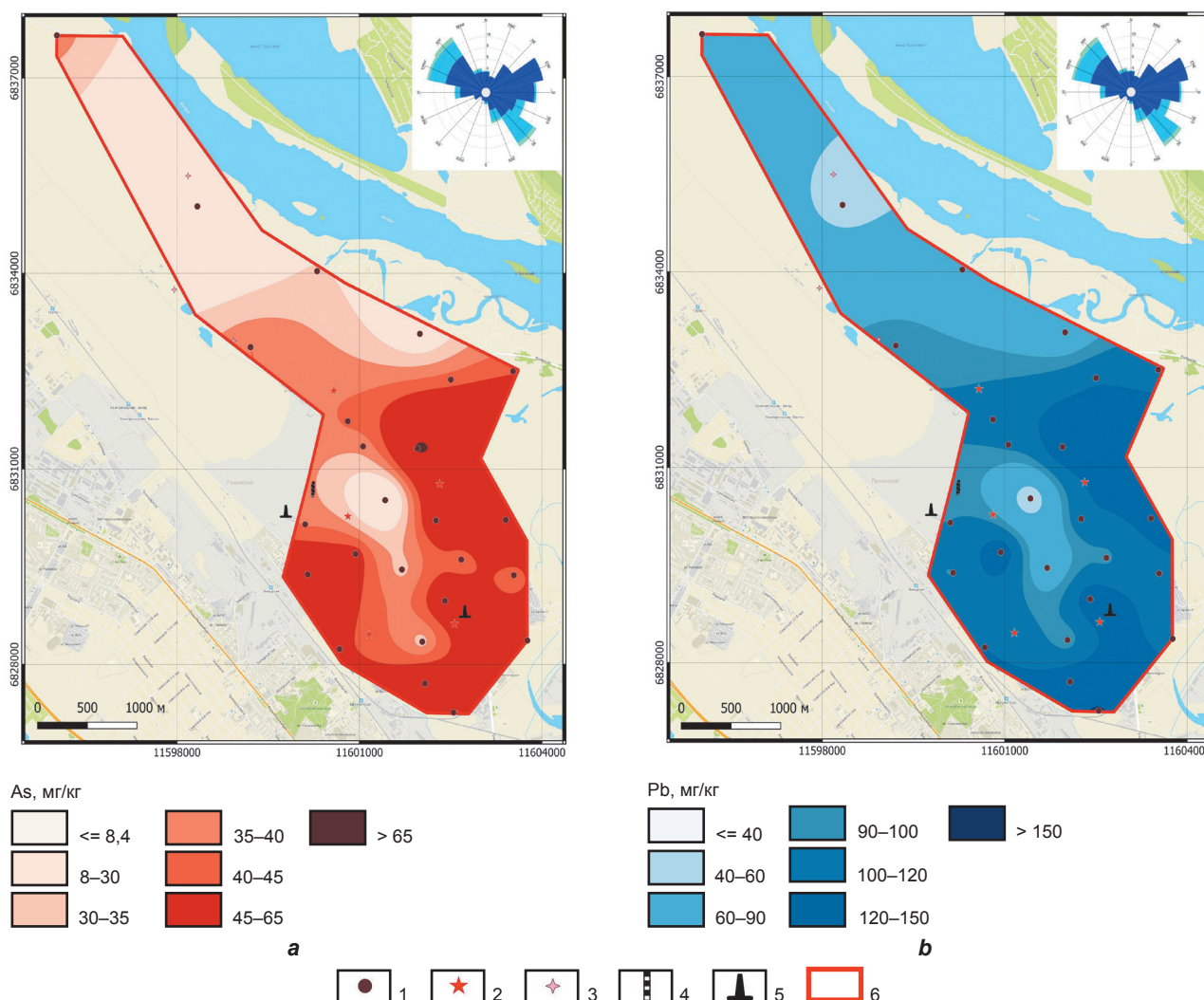


Рис. 6. Карты распределения концентрации мышьяка и свинца в твердом остатке (вещества I класса опасности):

a – распределение концентрации мышьяка (показатель фонового значения мышьяка равен 8,4 мг/кг);

b – распределение концентрации свинца (показатель фонового значения свинца равен 53,5 мг/кг)

Условные обозначения см. на рис. 4

Fig. 6. Maps of arsenic and lead concentration distribution in solid residue (hazard class I substances):

a – arsenic concentration distribution (the indicator of the background value of arsenic is 8.4 mg/kg);

b – lead concentration distribution (the indicator of the background value of lead is 53.5 mg/kg)

The symbols are shown in Fig. 4

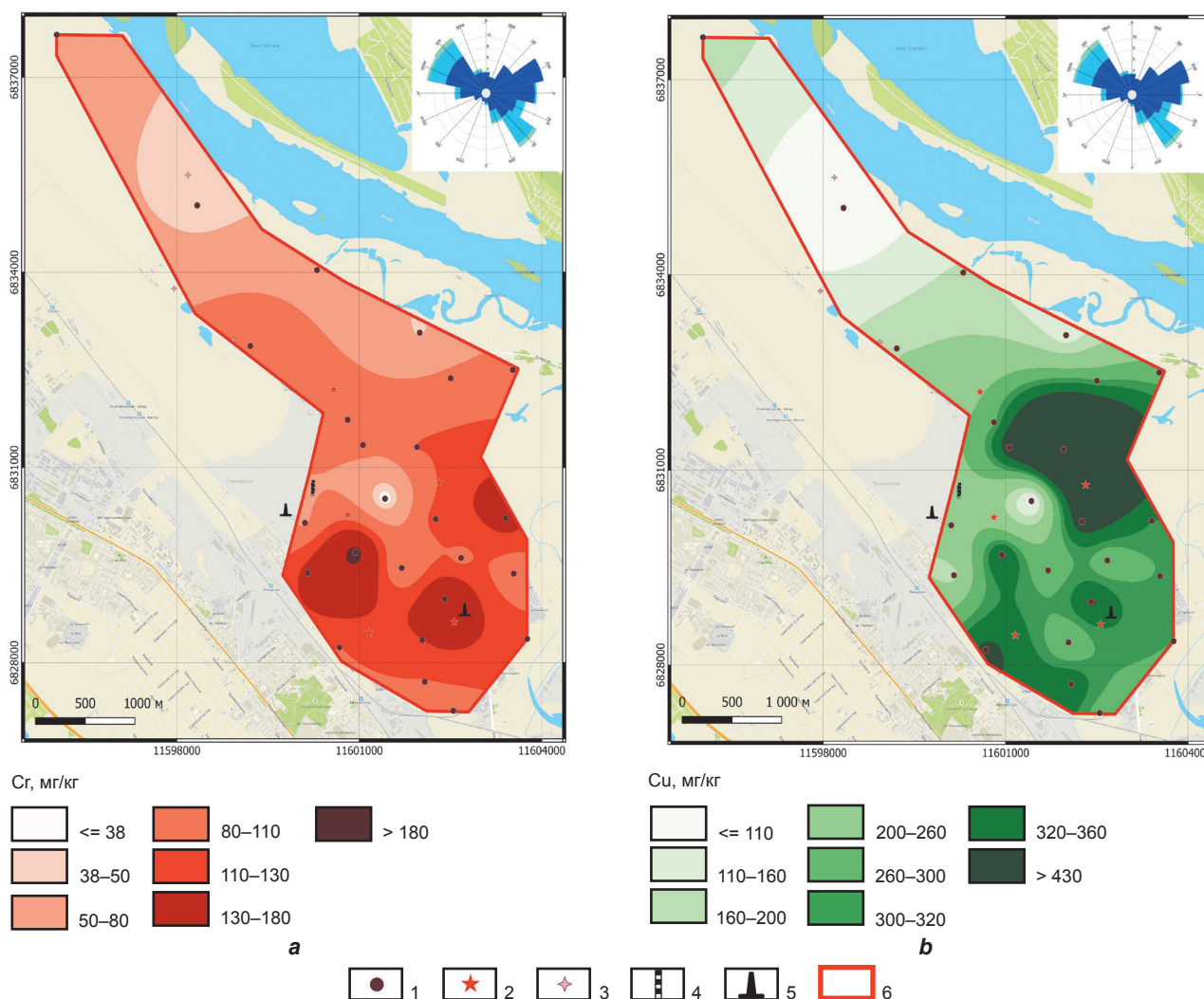


Рис. 7. Карты распределения концентраций хрома и меди в твердом остатке (вещества II класса опасности):

a – распределение концентрации хрома (показатель фоновое значения хрома равен 38 мг/кг);

b – распределение концентрации меди (показатель фоновое значения меди равен 53,5 мг/кг)

Условные обозначения см. на рис. 4

Fig. 7. Maps of chromium and copper concentration distribution in solid residue (hazard class II substances):

a – chromium concentration distribution (the background value of chromium is 38 mg/kg);

b – copper concentration distribution (the background value of copper is 53.5 mg/kg)

The symbols are shown in Fig. 4

нительной территории 2 Иркутского авиационного завода – «Объект». Источники аномалий в районе частного сектора на восточной стороне пока не установлены. Наибольшие превышения по мышьяку составили около 7,7 раза, при этом выделяются и условно чистые зоны (без превышения фона). Загрязнение свинцом присутствует на всей изучаемой территории со средним превышением фона от 1,5 до 3 раз.

Карта распределения хрома напоминает зоны аномалий по мышьяку и свинцу (см. рис. 6) – юго-западная, южная и вос-

точная части микрорайона. Вероятно, эти токсиканты имеют общие источники загрязнения. Максимальные уровни превышения фона по хромю составляют 4,7 раза с повсеместным загрязнением минимум в 1,3 раза. Основная зона загрязнения медью, в которой зафиксировано превышение относительного фоновое значения (53,5 мг/кг) в 8 раз, расположена к востоку от Иркутского авиационного завода в соответствии с розой ветров.

Как показано на рис. 8, наиболее значительные аномалии с максимальным со-

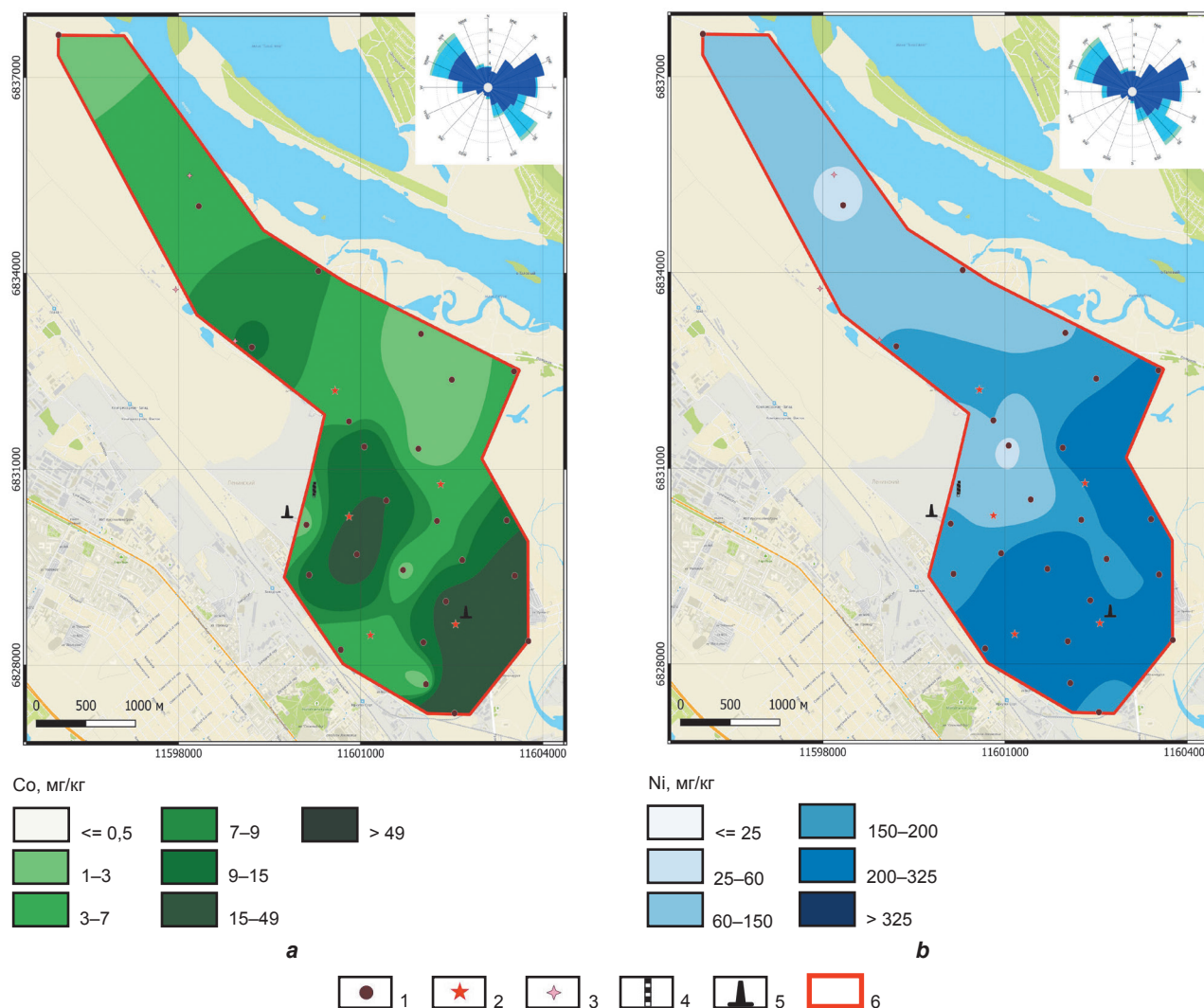


Рис. 8. Карты распределения концентраций кобальта и никеля в твердом остатке (вещества II класса опасности):

a – распределение кобальта (показатель фоновое значения кобальта равен 5,1 мг/кг);

b – распределение никеля (показатель фоновое значения никеля равен 48,5 мг/кг)

Условные обозначения см. на рис. 4

Fig. 8. Maps of cobalt and nickel concentration distribution in solid residue (hazard class II substances):

a – cobalt distribution (the indicator of the background value of cobalt is 5.1 mg/kg);

b – nickel distribution (the indicator of the background value of nickel is 48.5 mg/kg)

The symbols are shown in Fig. 4

держанием кобальта (с превышением фона почти в 10 раз) расположены вдоль улицы Новаторов между перпендикулярными ей улицами Авиастроителей и Ленинградской, а также к юго-востоку от территории-2 Иркутского авиационного завода. В этой зоне расположены жилые комплексы Zenith и «Иркут». Основные аномалии относительно содержания никеля также визуальнo совпадают с данными, представленными на картах распределения концентраций мышьяка и свинца (см. рис. 6) с максимальным превышением над фоном в 6,7 раза.

На рис. 9 показано, что основная аномалия по концентрации цинка связана с таким источником загрязнения, как угольная котельная, которая расположена на территории 2 Иркутского авиационного завода, с распространением загрязнения в соответствии с розой ветров. Наибольшие превышения относительно фона составляют от 7 раз. Основная зона загрязнения марганцем сконцентрирована на юге микрорайона, однако даже там превышения незначительные – в среднем в 1,5 раза.

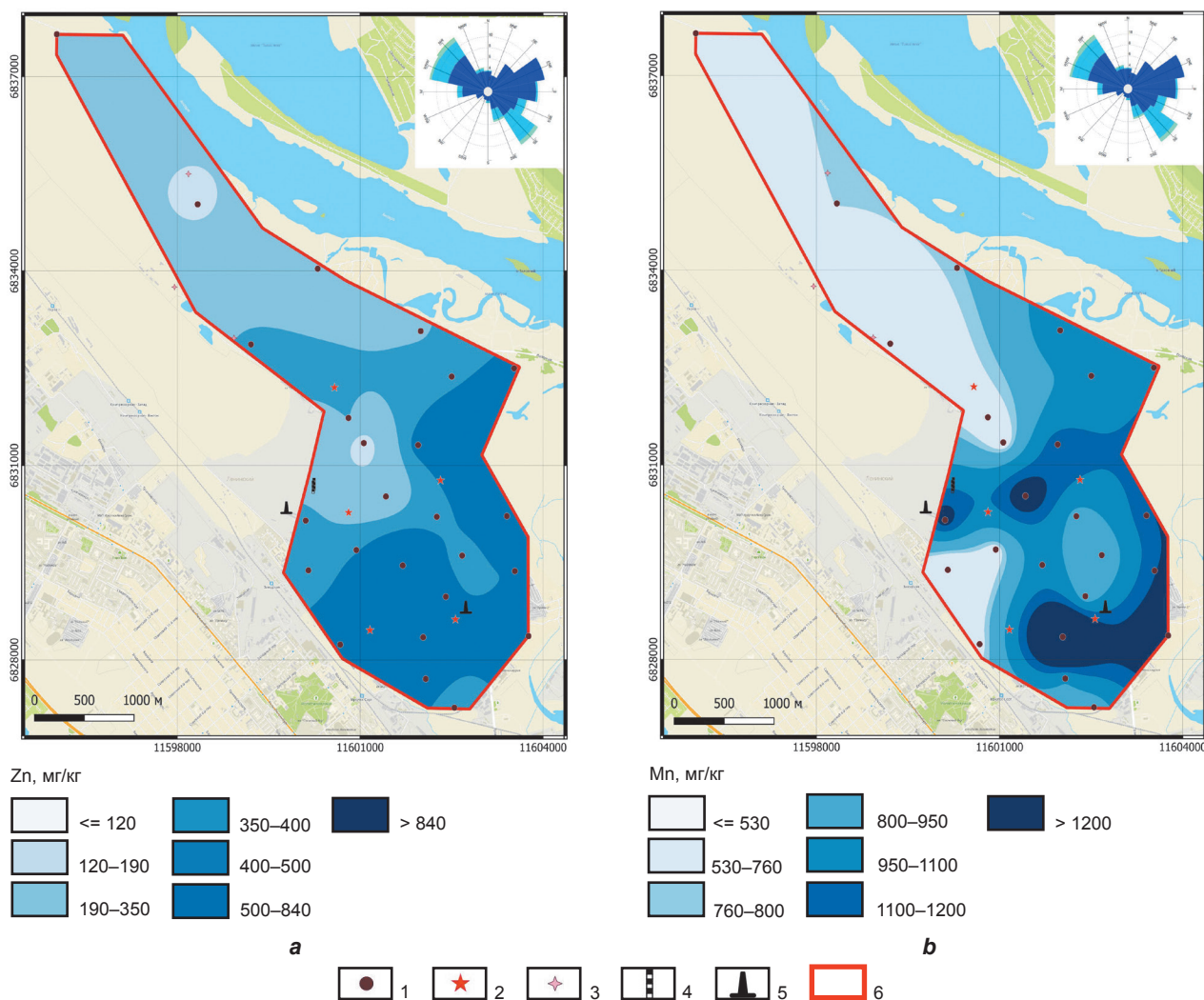


Рис. 9. Карты распределения концентраций цинка и марганца в твердом остатке:
 а – распределение концентрации цинка (показатель фонового значения цинка равен 120 мг/кг);
 б – распределение концентрации марганца (показатель фонового значения марганца равен 762,5 мг/кг)
 Условные обозначения см. на рис. 4

Fig. 9. Maps of zinc and manganese concentration distribution in solid residue:
 а – zinc concentration distribution (the indicator of the background value of zinc is 120 mg/kg);
 б – manganese concentration distribution (the indicator of the background value of manganese is 762.5 mg/kg)
 The symbols are shown in Fig. 4

Закключение

По результатам исследования состояния атмосферного воздуха на основании данных проведенной в 2024 г. снегогеохимической съемки в Иркутске-2 и поселке Боково появилась возможность охарактеризовать загрязнение воздуха в исследованном районе. Благодаря проведению анализа жидкой фазы снега было установлено загрязнение атмосферного воздуха растворимыми формами цинка и частично меди. Такой тип загрязнения вместе с водой хорошо переходит в почву, а затем в растения по трофической цепи. Участки с высоким уровнем техногенной нагрузки по указанным элементам расположены в районе

остановки общественного транспорта «Авиазавод» и тянутся в сторону поселка Боково вдоль улицы Морской проезд, второй ареал загрязнения расположен близ железнодорожной станции «Заводская». Основные ареалы загрязнения медью сконцентрированы вдоль улицы Новаторов и в районе станции «Заводская».

По результатам изучения твердой фазы снегового покрова – нерастворимых частиц загрязняющих веществ, переносимых вместе с пылевыми частицами, можно выделить две явные ассоциации токсикантов. В первую входят мышьяк, свинец и хром, основные ареалы повышения концентраций которых располо-



жены в юго-западной зоне близ железнодорожных путей, в юго-восточной части – около территории второй промплощадки Иркутского авиационного завода, и в восточной – в районе частного сектора. В этих аномалиях превышения мышьяка относительно фоновых значений составило 7,7 раза, свинца – до 3 раз, хрома – 4,7 раза. В зону влияния этой ассоциации входит большая часть микрорайона Иркутск-2, включающая такие новые жилые комплексы,

как «Пулковский», «Витязь-3», Zenith. Во вторую ассоциацию, связанную с зоной влияния территории второй промплощадки Иркутского авиационного завода, входят цинк и никель. Превышение над фоном этих двух токсикантов составляет 6,7–7 раз. Отдельную аномалию представляет загрязнение медью с максимальным превышением в 8 раз территории, расположенной к востоку от Иркутского авиационного завода в соответствии с розой ветров.

Список источников

1. Ключев Н.Н., Яковенко Л.М. «Грязные» города России: факторы, определяющие загрязнение атмосферного воздуха // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2018. Т. 26. № 2. С. 237–250. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250>. EDN: VODDOE.
2. Ахтиманкина А.В. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий Иркутской области // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2017. Т. 26. С. 15–27. EDN: ZFPJUF.
3. Новикова С.А. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха г. Иркутска // Национальные приоритеты России. 2019. № 1. С. 50–56. EDN: PDSWKT.
4. Просекин С.Н., Амосова А.А., Чубаров В.М., Бычинский В.А. Оценка эколого-геохимического состояния техногенно-нагруженных пригородных районов г. Шелехов и г. Иркутск по данным снежгеохимического мониторинга // Геосферные исследования. 2023. № 3. С. 140–153. <https://doi.org/10.17223/25421379/28/10>. EDN: JSGKSM.
5. Лисецкая Л.Г., Шаяхметов С.Ф. Оценка уровня загрязнения снежного покрова химическими соединениями и элементами на территории Шелеховского района в Восточной Сибири // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 12. С. 1443–1449. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1443-1449>. EDN: BPWYLC.
6. Филимонова Л.М., Паршин А.В., Бычинский В.А. Оценка загрязнения атмосферы в районе алюминиевого производства методом геохимической съемки снежного покрова // Метеорология и гидрология. 2015. № 10. С. 75–84. EDN: UYCNVJ.
7. Grebenschikova V.I., Kuzmin M.I., Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Donskikh I.V., Doroshkov A.A. Chemical contamination of soil on urban territories with aluminum production in the Baikal region, Russia // Air, Soil and Water Research. 2021. Vol. 14. <https://doi.org/10.1177/11786221211004114>.
8. Асфандиярова Л.Р., Забиров Т.З., Байтимилов А.Р. Анализ состояния атмосферного воздуха при помощи мониторинга снежного и почвенного покрова // Решение. 2020. Т. 1. С. 62–64. EDN: HSUPQW.
9. Вологжина С.Ж., Сафонова Е.В. Оценка загрязнения атмосферного воздуха Южного Прибайкалья выбросами промышленных предприятий // Географический вестник. 2018. № 2. С. 128–138. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-128-138>. EDN: UUUEBY.
10. Холодова М.С., Просекин С.Н., Тирских Э.Н., Долгих П.Г. Особенности микроэлементного состава снегового покрова г. Усолье-Сибирское // Геоморфология и физическая география Сибири в XXI веке: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного работника высшей школы Российской Федерации, почетного члена Русского географического общества, профессора, доктора географических наук Земцова Алексея Анисимовича (г. Томск, 18–19 февраля 2020 г.). Томск: Изд-во ТГУ, 2020. С. 150–153. EDN: TYQZFN.
11. Белозерцева И.А., Воробьева И.Б., Власова Н.В., Лопатина Д.Н., Янчук М.С. Загрязнение атмосферы и содержание фтора в снеге на акватории оз. Байкал // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2. С. 735. EDN: UZJITD.
12. Носова О.В., Каверзин А.В. Мониторинг снежного покрова селитебной зоны г. Норильска // Культура. Наука. Производство. 2019. № 4. С. 30–36. EDN: ZPFUYT.
13. Мищенко О.А., Шелганова А.А. Мониторинг состояния снежного покрова на территории Хабаровского края // Отходы и ресурсы. 2022. Т. 9. № 3. <https://doi.org/10.15862/11ECOR322>. EDN: QUVJWR.
14. Новороцкая А. Г. О результатах химического мониторинга снежного покрова Хабаровска // Успехи современного естествознания. 2018. № 12-2. С. 374–379. EDN: MLQEPB.
15. Ломсков М.А., Коновалов А.М., Шурухт К.И. Мониторинг содержания тяжелых металлов в снежном покрове отдельных участков трех парковых территорий Москвы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 3. С. 27–29. <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2022.03.23>. EDN: DJIKSU.
16. Качор О.Л., Сидоров И.М., Чайка Н.В., Шатрова А.С. Мониторинг загрязнений снежного покрова района МО «город Свирск» // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2013. № 10. С. 82–86. EDN: RGSXNR.
17. Таловская А.В., Языков Е.Г., Филимонов Е.А. Динамика загрязнения снегового покрова микроэлементами в окрестностях теплоэлектростанции (на примере Томской ГРЭС-2) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2019. Т. 25. № 2. С. 44–53. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2019-25-2-44-53>. EDN: PPVUTJ.



18. Холодова М.С., Пастухов М.В., Бычинский В.А., Просекин С.Н., Белозерова О.Ю. Минерально-вещественный состав твердого осадка снежного покрова в различных функциональных зонах г. Усолье-Сибирское // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. Т. 333. № 9. С. 219–230. <https://doi.org/10.18799/24131830/2022/9/3687>. EDN: IXLWDW.

19. Даунов Б.Я. Мониторинг загрязнения атмосферы и снежного покрова с целью предотвращения ЧС техногенного характера // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2018. Т. 1. С. 159–161. EDN: YXLNIL.

20. 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.

21. Parshin A. Ecological and geochemical features of ore-prospective geosystems in the Arctic part of eastern Eurasia // Arctic Ecological and Environment – Sentinel of Global Climate Change: International Arctic School, Harbin Institute of Technologies (Harbin, 22–26 July 2024). Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/390769261_ECOLOGICAL_AND_GEOCHEMICAL_FEATURES_OF_ORE-PROSPECTIVE_GEOSYSTEMS_IN_THE_ARCTIC_PART_OF_EASTERN_EURASIA (дата обращения: 05.03.2025).

References

1. Klyuev N.N., Yakovenko L.M. “Dirty” cities in Russia: factors determining air pollution. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2018;26(2):237-250. (In Russ.). <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2018-26-2-237-250>. EDN: VODDOE.

2. Akhtimankina A.V. Air pollution caused by emissions of industrial enterprises of Irkutsk Region. *The bulletin of Irkutsk State University. Series: “Earth Sciences”*. 2017;26:15-27. (In Russ.). EDN: ZFPJUF.

3. Novikova S.A. Estimation of the level of air pollution in Irkutsk. *Natsional'nye priority Rossii*. 2019;1:50-56. (In Russ.). EDN: PDSWKT.

4. Prosekin S.N., Amosova A.A., Chubarov V.M., Bychinsky V.A. Assessment of the ecological and geochemical state of technogenously loaded suburban districts of Shelekhov and Irkutsk cities according to the data of snow geochemical monitoring. *Geosphere Research*. 2023;3:140-153. (In Russ.). <https://doi.org/10.17223/25421379/28/10>. EDN: JSGKSM.

5. Lisetskaya L.G., Shayakhmetov S.F. Assessment of the level of pollution of the snow cover with chemical compounds and elements in the territory of the Shelekhov district in Eastern Siberia. *Hygiene and Sanitation*. 2022;101(12):1443-1449. (In Russ.). <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1443-1449>. EDN: BPWYLC.

6. Filimonova L.M., Bychinskii V.A., Parshin A.V. Assessment of air pollution in the area of aluminum production by the method of geochemical survey of snow cover. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2015;10:75-84. (In Russ.). EDN: UYCNVJ.

7. Grebenshchikova V.I., Kuzmin M.I., Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Donskikh I.V., Doroshkov A.A. Chemical contamination of soil on urban territories with aluminum production in the Baikal region, Russia. *Air, Soil and Water Research*. 2021;14. (In Russ.). <https://doi.org/10.1177/11786221211004114>.

8. Asfandiyarova L.R., Zabirov T.Z., Baitimirov A.R. Snow and soil cover monitoring-based analysis of atmospheric air conditions. *Reshenie*. 2020;1:62-64. (In Russ.). EDN: HSUPQW.

9. Vologzhina S.Zh., Safonova E.V. The assessment of air pollution of the Southern Baikal area by emissions of industrial enterprises. *Geographical Bulletin*. 2018;2:128-138. (In Russ.). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-128-138>. EDN: UUUEBY.

10. Kholodova M.S., Prosekin S.N., Tirskikh E.N., Dolgikh P.G. Features of microelement composition of snow cover of city of Ussolye-Sibirskoye. In: *Geomorfologiya i fizicheskaya geografiya Sibiri v XXI veke: materialy Vseros. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoi 100-letiyu so dnya rozhdeniya zaslužennogo rabotnika vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii, pochetnogo chlena Russkogo geograficheskogo obshchestva, professora, doktora geograficheskikh nauk Zemtsova Alekseya Anisimovicha = Geomorphology and physical geography of Siberia in the 21st century: materials of the global scientific and practical conference devoted to the 100th birth anniversary of the Honored Worker of Higher Education of the Russian Federation, Honorary Member of the Russian Geographical Society, Professor, Doctor of Geographic sciences Zemtsov Aleksey Anisimovich*. 18–19 February 2020, Tomsk. Tomsk: Tomsk State University; 2020, p. 150-153. (In Russ.). EDN: TYQZFN.

11. Belozertseva I.A., Vorobeva I.B., Vlasova N.V., Lopatina D.N., Yanchuk M.S. Pollution of an atmosphere and the maintenance of fluorine in a snow of lake Baikal water area. *Modern problems of science and education*. 2015;2-2:735. (In Russ.). EDN: UZJITD.

12. Nosova O. V., Kaverzin A.V. Monitoring of snow cover of the residential zone of the city of Norilsk. *Culture. Science. Production*. 2019;4:30-36. (In Russ.). EDN: ZPFUYT.

13. Mishchenko O.A., Shelganova A.A. Monitoring the state of snow cover in the Khabarovsk Territory. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2022;9(3). (In Russ.). <https://doi.org/10.15862/11ECOR322>. EDN: QUVJWR.

14. Novorotskaya A.G. On the results of chemical monitoring of snow cover of Khabarovsk. *Advances in Current Natural Sciences*. 2018;2:374-379. (In Russ.). EDN: MLQEPB.

15. Lomskov M.A., Konovalov A.M., Shurukht K.I. Monitoring of the content of heavy metals in the snow cover of individual sections of three park territories in Moscow. *Modern Science: Actual Problems of Theory And Practice. Series: Natural and Technical Sciences*. 2022;3:27-29. (In Russ.). <https://doi.org/10.37882/2223-2966.2022.03.23>. EDN: DJIKSU.



16. Kachor O., Sidorov I., Chaika N., Shatrova A. Snow cover pollution monitoring in "Town of Svirsk" municipal formation area. *Bulletin of the Irkutsk State Technical University*. 2013;10:82-86. (In Russ.). EDN: RGSXNR.
17. Talovskaya A., Yazikov E., Filimonenko E. Dynamic of snow pollution by trace elements within thermal power plant (case study: Tomsk GRES-2). *Transbaikalian State University Journal*. 2019;25(2):44-53. (In Russ.). <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2019-25-2-44-53>. EDN: PPVUTJ.
18. Kholodova M.S., Pastukhov M.V., Bychinsky V.A., Prosekin S.N., Belozeroва O.Yu. Mineral and material composition of solid sediment of snow cover in various functional zones of Usolye-Sibirskoe. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*. 2022;333(9):219-230. (In Russ.). <https://doi.org/10.18799/24131830/2022/9/3687>. EDN: IXLWDW.
19. Daunov B.Ya. Monitoring of atmospheric and snow cover pollution to prevent man-made emergencies. *Problemy obespecheniya bezopasnosti pri likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii*. 2018;1:159-161. (In Russ.). EDN: YXLNIL.
20. 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.
21. Parshin A. Ecological and geochemical features of ore-prospective geosystems in the Arctic part of eastern Eurasia. In: *Arctic Ecological and Environment – Sentinel of Global Climate Change: International Arctic School, Harbin Institute of Technologies*. 22–26 July 2024, Harbin. Available from: https://www.researchgate.net/publication/390769261_ECOLOGICAL_AND_GEOCHEMICAL_FEATURES_OF_ORE-PROSPECTIVE_GEOSYSTEMS_IN_THE_ARCTIC_PART_OF_EASTERN_EURASIA [Accessed 5th March 2025].

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

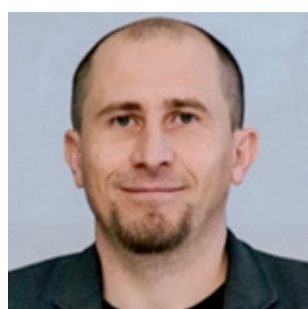
<https://orcid.org/0000-0003-1889-9934>

Olga L. Kachor,

Dr. Sci. (Eng.),
Head of the Geoecology Department,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,

✉ olgakachor@geo.istu.edu

<https://orcid.org/0000-0003-1889-9934>



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 of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,

Irkutsk, Russia,

sarhin@geo.istu.edu

<https://orcid.org/0000-0003-3733-2140>



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>



Трусова Валентина Валерьевна,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник департамента геоэкологии,
институт «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,
vvtrusova@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-8168-9537>
Valentina V. Trusova,
Cand. Sci. (Eng.),
Senior Researcher of the Geoecology Department,
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 of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences,
Irkutsk, Russia,
vvtrusova@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0000-0002-8168-9537>



Курина Анастасия Владимировна,
инженер-исследователь департамента геоэкологии,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
kurinanaya@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0009-0001-0434-5642>
Anastasia V. Kurina,
Research Engineer of the Geoecology Department,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
kurinanaya@geo.istu.edu
<https://orcid.org/0009-0001-0434-5642>

Вклад авторов / Contribution of the authors

О.Л. Качор – проведение исследования, разработка методологии, административное руководство исследовательским проектом, написание черновика рукописи.

А.В. Паршин – разработка концепции, предоставление ресурсов, валидация результатов, написание черновика рукописи, редактирование рукописи.

З.Л. Икрамов – курирование данных, проведение исследования, разработка программного обеспечения, визуализация.



В.В. Трусова – проведение исследования, валидация результатов, редактирование рукописи.
А.В. Курина – проведение исследования, валидация результатов, редактирование рукописи.
Olga L. Kachor – investigation, methodology, project administration, writing – original draft.
Alexander V. Parshin – conceptualization, resources, validation, writing – original draft, writing – editing.
Ziyoviddin L. Ikramov – data curation, investigation, software, visualization.
Valentina V. Trusova – investigation, validation, writing – editing.
Anastasia V. Kurina – investigation, validation, writing – editing.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Паршин А.В. является членом редакционной коллегии журнала «Науки о Земле и недропользование» с 2023 года, но не имеет отношения к решению опубликовать эту статью. Статья прошла принятую в журнале процедуру рецензирования. Об иных конфликтах авторы не заявляли.

Alexander V. Parshin has been a member of the editorial board of the Earth Sciences and Subsoil Use journal since 2023, but he did not take part in making decision about publishing the article under consideration. The article was peer reviewed following the journal's review procedure. The authors do not report any other 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 07.03.2025; одобрена после рецензирования 14.03.2025; принята к публикации 21.03.2025.

The article was submitted 07.03.2025; approved after reviewing 14.03.2025; accepted for publication 21.03.2025.