

Читайте
онлайн
Read
online

Мясников И.О., Новикова Ю.А., Кизеев А.Н., Федоров В.Н., Склизкова Н.А.

Оценка существующей системы мониторинга качества атмосферного воздуха на территории населённых пунктов – портов Северного морского пути

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Развитие инфраструктуры населённых мест Северного морского пути (СМП) приводит к повышению антропогенной нагрузки на среду обитания, может оказать негативное влияние на условия проживания и повысить заболеваемость населения. Несмотря на увеличение перевалки грузов в портах СМП, качество атмосферного воздуха систематически контролируется лишь в наиболее крупных населённых пунктах – портах СМП. Выбор приоритетных показателей для мониторинга является важным условием для получения объективных данных о негативном воздействии выбросов портовой инфраструктуры на здоровье населения.

Цель исследования – определение приоритетных показателей качества атмосферного воздуха в населённых пунктах (портах) СМП для формирования программ мониторинга.

Материалы и методы. Использованы результаты лабораторных исследований качества атмосферного воздуха, проводимых учреждениями Роспотребнадзора на территории населённых пунктов (портов) СМП, за период с 2021 по 2024 г. Анализ данных выполнен при помощи пакета MS Office Excel.

Результаты. Анализ программ мониторинга показал, что в 2021–2024 гг. качество атмосферного воздуха контролировалось в пяти населённых пунктах – портах СМП. Наиболее полный перечень приоритетных загрязнителей установлен для атмосферного воздуха в Мурманске и Архангельске, наименьший – в Анадыре и Певеке. Установлено, что для всех портов СМП характерны обусловленные перевалкой различных грузов специфические загрязнители атмосферного воздуха, что диктует необходимость их учёта при формировании программ мониторинга.

Ограничения исследования. В работе использованы исключительно результаты лабораторных исследований качества атмосферного воздуха, проводимых учреждениями Роспотребнадзора в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Заключение. Исследование показало неравномерный охват мониторингом качества атмосферного воздуха населённых пунктов – портов СМП, что позволило сформировать предложения для включения в программы мониторинга приоритетных загрязнителей с учётом специфики переваливаемых в портах грузов.

Ключевые слова: среда обитания; приоритетные показатели; атмосферный воздух; социально-гигиенический мониторинг; порты; Северный морской путь

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Мясников И.О., Новикова Ю.А., Кизеев А.Н., Федоров В.Н., Склизкова Н.А. Оценка существующей системы мониторинга качества атмосферного воздуха на территории населённых пунктов – портов Северного морского пути. Гигиена и санитария. 2025; 104(8): 966–973. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-966-973> <https://elibrary.ru/pgbhza>

Для корреспонденции: Кизеев Алексей Николаевич, e-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Участие авторов: Мясников И.О. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, ответственность за целостность и пропорциональность всех частей статьи; Новикова Ю.А. – анализ данных, корректировка дизайна исследования, редактирование текста статьи; Кизеев А.Н. – анализ литературы, анализ данных, редактирование текста статьи; Федоров В.Н. – статистический анализ, интерпретация результатов, редактирование текста статьи; Склизкова Н.А. – анализ данных, редактирование текста статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 25.04.2025 / Поступила после доработки: 28.08.2025 / Принята к печати: 29.08.2025 / Опубликовано: 25.09.2025

Igor O. Myasnikov, Yuliya A. Novikova, Aleksei N. Kizeev, Vladimir N. Fedorov,
Nadezhda A. Sklizkova

Evaluation of the existing system for ambient air quality monitoring in the territory of populated areas – ports of the Northern Sea Route

North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The development of the infrastructure of populated areas of the Northern Sea Route (NSR) leads to an increase in the anthropogenic load on the environment of the population and may have a adverse impact on living conditions and the morbidity rate in the population. Despite the increase in cargo handling in the NSR ports, the quality of atmospheric air is systematically monitored only in the largest populated areas – the NSR ports. The choice of priority indicators for monitoring is an important condition for obtaining objective data on the adverse impact of port infrastructure emissions on public health.

The purpose of the study. To determine priority indicators of atmospheric air quality under the influence of settlements (ports) of the NSR for the formation of monitoring programs.

Materials and methods. Official data from social and hygienic monitoring by Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing (Rospotrebnadzor) in twelve settlements and ports in the Northern Sea Route were used. An electronic database has been created. The analysis was carried out using MS Office Excel.

Results. The analysis of monitoring programs showed that over 2021–2024, the quality of atmospheric air was shown to be monitored in the territory of five settlements – ports of the NSR. The most complete list of priority pollutants is established for atmospheric air in the cities of Murmansk and Arkhangelsk,

the smallest — in the cities of Anadyr and Pevek. All ports of the NSR were found to be characterized by specific pollutants of atmospheric air caused by the transshipment of various cargoes, which dictates the need to take them into account when forming monitoring programs

Limitations. The work used the results of laboratory tests of atmospheric air quality conducted by Rospotrebnadzor institutions as part of social and hygienic monitoring, and did not involve data from other organizations.

Conclusion. The study showed uneven coverage of atmospheric air quality monitoring in populated areas — ports of the NSR, which made it possible to formulate proposals for inclusion in monitoring programs of priority pollutants, taking into account the specifics of the cargo handled in the ports.

Keywords: habitat; priority indicators; ambient air; social and hygienic monitoring; ports; Northern Sea Route

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of a biomedical ethics committee opinion or other documents.

For citation: Myasnikov I.O., Novikova Yu.A., Kizeev A.N., Fedorov V.N., Sklizkova N.A. Evaluation of the existing system for ambient air quality monitoring in the territory of populated areas — ports of the Northern Sea Route. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(8): 966–973. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-8-966-973> <https://elibrary.ru/pgbhza> (In Russ.)

For correspondence: Aleksei N. Kizeev, e-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Contribution: Myasnikov I.O. — concept and design of the study, collection and processing of material, responsibility for the integrity and proportionality of all parts of the article; Novikova Yu.A. — data analysis, correction of the research design, editing the text of the article; Kizeev A.N. — literature analysis, data analysis, editing of the text of the article; Fedorov V.N. — statistical analysis, interpretation of results, editing of the text of the article; Sklizkova N.A. — analysis data, editing of the text of the article. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 25, 2025 / Revised: August 28, 2025 / Accepted: August 29, 2025 / Published: September 25, 2025

Введение

Национальными целями развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. являются сохранение населения, укрепление здоровья и повышение благополучия людей, поддержка семьи, а также комфортная и безопасная среда для жизни. Актуальность санитарно-эпидемиологического благополучия населения Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) обусловлена задачами, поставленными Указом Президента Российской Федерации от 26.10.2020 г. № 645 «О Стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 года»¹.

Северный морской путь (СМП) — важная российская арктическая магистраль, ежегодный грузооборот которой продолжает стабильно расти на протяжении последних 10 лет. Увеличение техногенного воздействия на окружающую среду неизбежно отражается на качестве среды обитания населения, проживающего на территории населённых пунктов — портов СМП. В «Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» СМП отводится ведущая роль в развитии территорий, освоении месторождений полезных ископаемых, увеличении масштабов грузоперевозок и торговли^{2,3}. Для населённых пунктов (портов) СМП уже разработаны и одобрены или разрабатываются в настоящее время мастер-планы, которые включают базовый до 2035 г. и оптимистичный до 2040 г. сценарии [1–3]. В связи с этим обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения приобретает особую актуальность.

В рамках государственной программы «Развитие транспортной системы» расширяется магистральная транспортная инфраструктура, строятся новые морские порты и модернизируются существующие. В отечественных исследованиях представлены работы, посвящённые этой теме [4–10]. Программа развития СМП до 2035 г. предусматривает меры, направленные на развитие крупных портов, таких как Мурманск, Архангельск, Сабетта и др. 17 ведущих портов СМП нуждаются в модернизации и проведении

дноуглубительных работ для обеспечения приёма крупнотоннажных судов [11–13].

Развитие инфраструктуры населённых мест СМП неизбежно приводит к повышению антропогенной нагрузки на среду обитания населения и соответственно может оказать негативное влияние на условия проживания населения и повысить заболеваемость [14–16].

Для оценки возможного негативного воздействия на здоровье населения антропогенных факторов необходима объективная и достоверная информация о состоянии факторов среды обитания, которая может быть получена посредством системы мониторинга, в первую очередь — атмосферного воздуха. Одна из актуальных задач — установление перечня приоритетных показателей для дальнейшего мониторинга в населённых пунктах — портах СМП. В то же время исследований, связанных с анализом текущего состояния среды обитания населения и её изменений с учётом перспектив развития морских портов СМП, недостаточно [17–19]. Отдельного внимания заслуживают объекты береговой портовой инфраструктуры, которые также являются значимыми источниками загрязнения атмосферного воздуха [20, 21], поскольку большинство рассматриваемых портов расположено практически в черте населённых пунктов, вблизи жилой застройки [11].

Цель исследования — определение приоритетных показателей качества атмосферного воздуха в условиях воздействия портов СМП для формирования программ мониторинга.

Материалы и методы

В настоящей работе использованы результаты лабораторных исследований качества атмосферного воздуха, проводимых учреждениями Роспотребнадзора в рамках социально-гигиенического мониторинга на территории 12 населённых пунктов (портов) СМП, расположенных на побережье Северного Ледовитого океана, за период с 2021 по 2024 г. Это Мурманск, Архангельск, Нарьян-Мар, Певек, Анадырь, пгт Дудинка, Диксон, Тикси, Providения, Беринговский, Игарка и вахтовый посёлок Сабетта.

Проведён анализ программ мониторинга качества атмосферного воздуха, оценены перечни исследуемых показателей и кратность отбора проб. Проанализированы результаты исследований в части оценки значений среднегодовых и максимальных концентраций и кратности превышения гигиенических нормативов. Статистическая обработка и анализ данных выполнены с использованием пакета MS Office Excel.

¹ О стратегии развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечении национальной безопасности на период до 2035 года. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2020 г. № 645.

² Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года. Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 5 марта 2020 г. № 164.

³ Северный морской путь и его главные порты. <https://arctic-russia.ru/article/vekhi-bolshogo-puti/%282022.9.25.%29> (дата обращения: 16.04.2025 г.).



Рис. 1. Расположение населённых пунктов (портов) СМП в АЗРФ.
Fig. 1. Location of settlements (ports) of the Northern Sea Route (NSR) in the Russian Arctic.

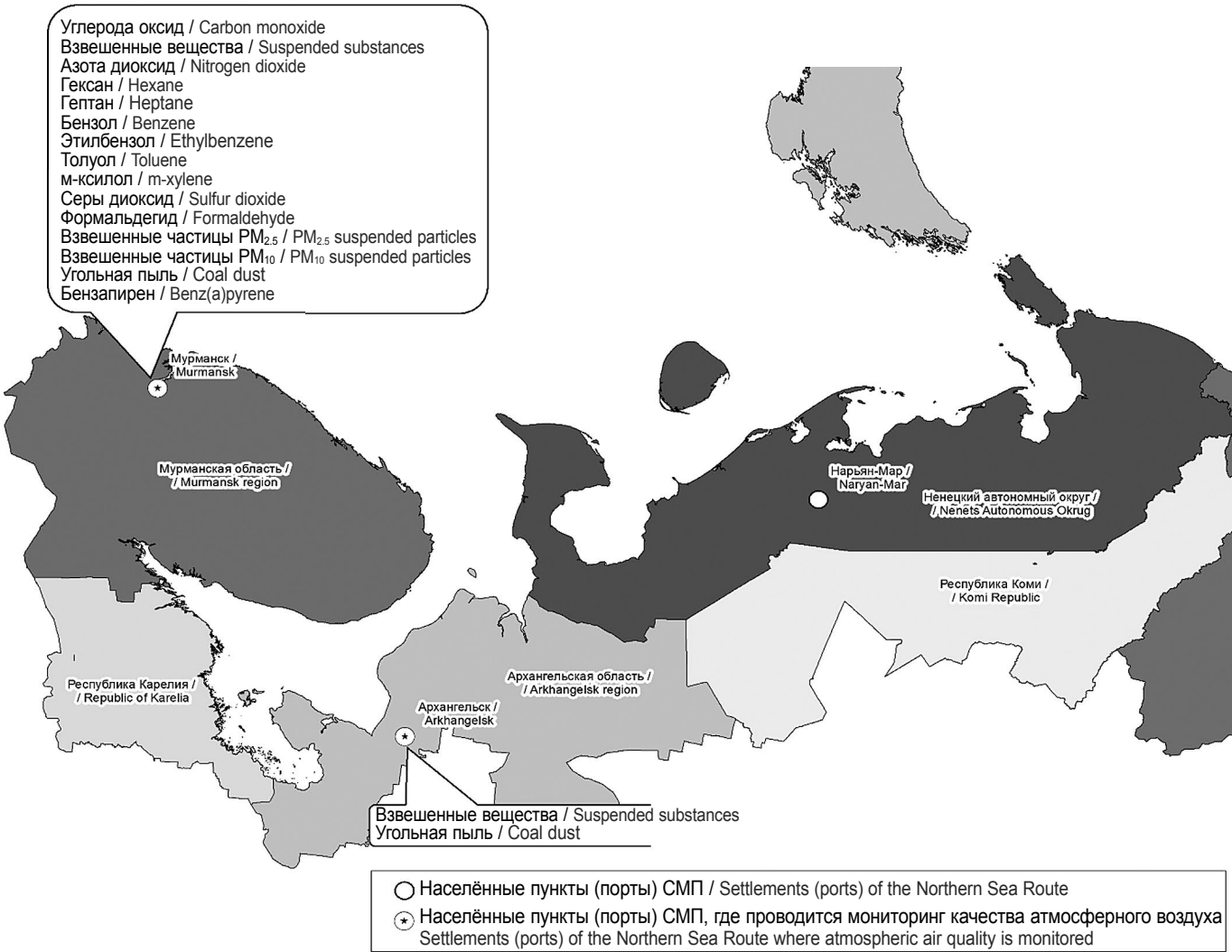


Рис. 2. Загрязняющие вещества, контролируемые в атмосферном воздухе населённых пунктов (портов) Мурманск и Архангельск.
Fig. 2. Pollutants controlled in the atmospheric air of settlements (ports) Murmansk and Arkhangelsk.

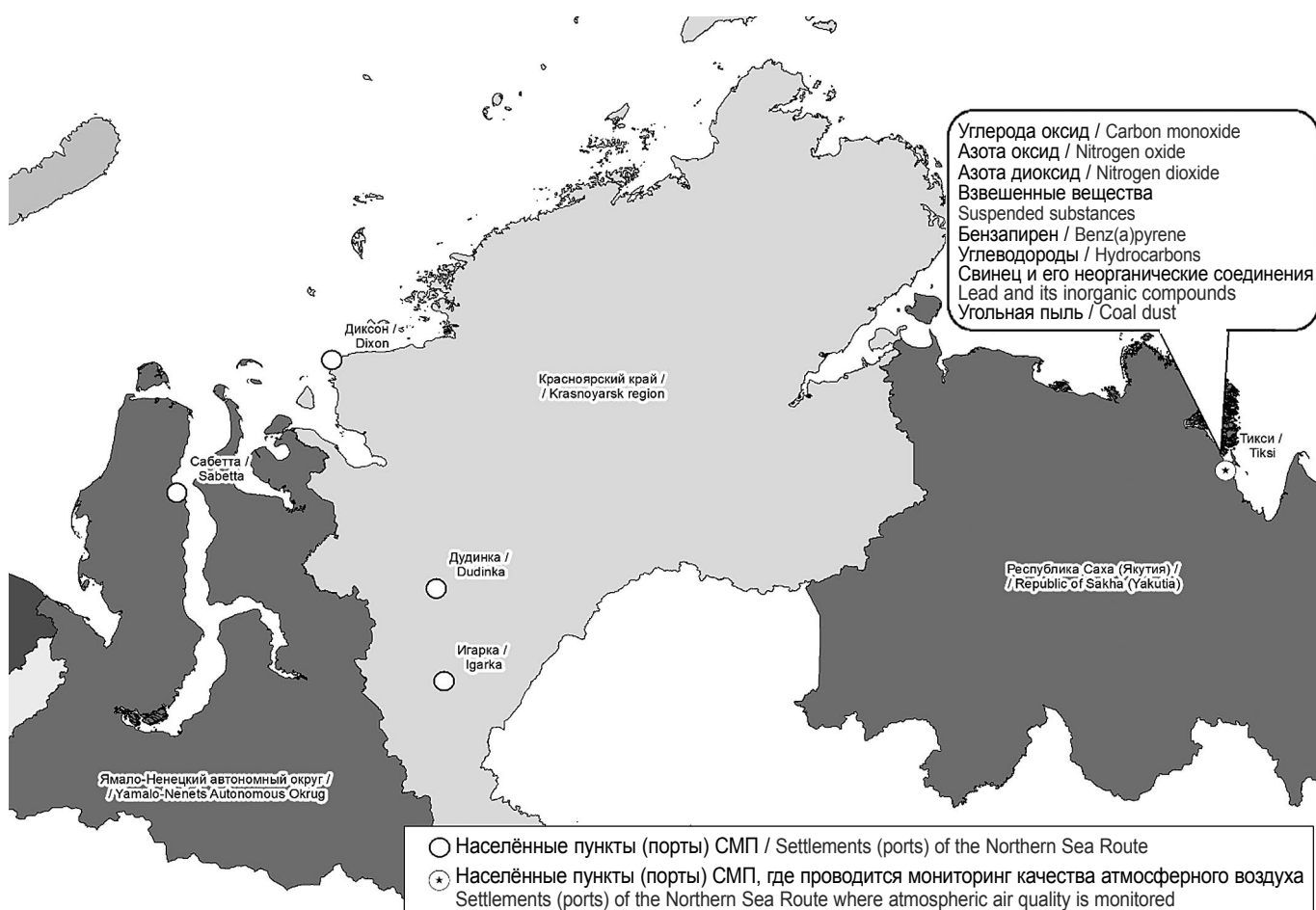


Рис. 3. Загрязняющие вещества, контролируемые в атмосферном воздухе населённого пункта (порта) Тикси.

Fig. 3. Pollutants controlled in the atmospheric air of the Tiksi settlement (port).

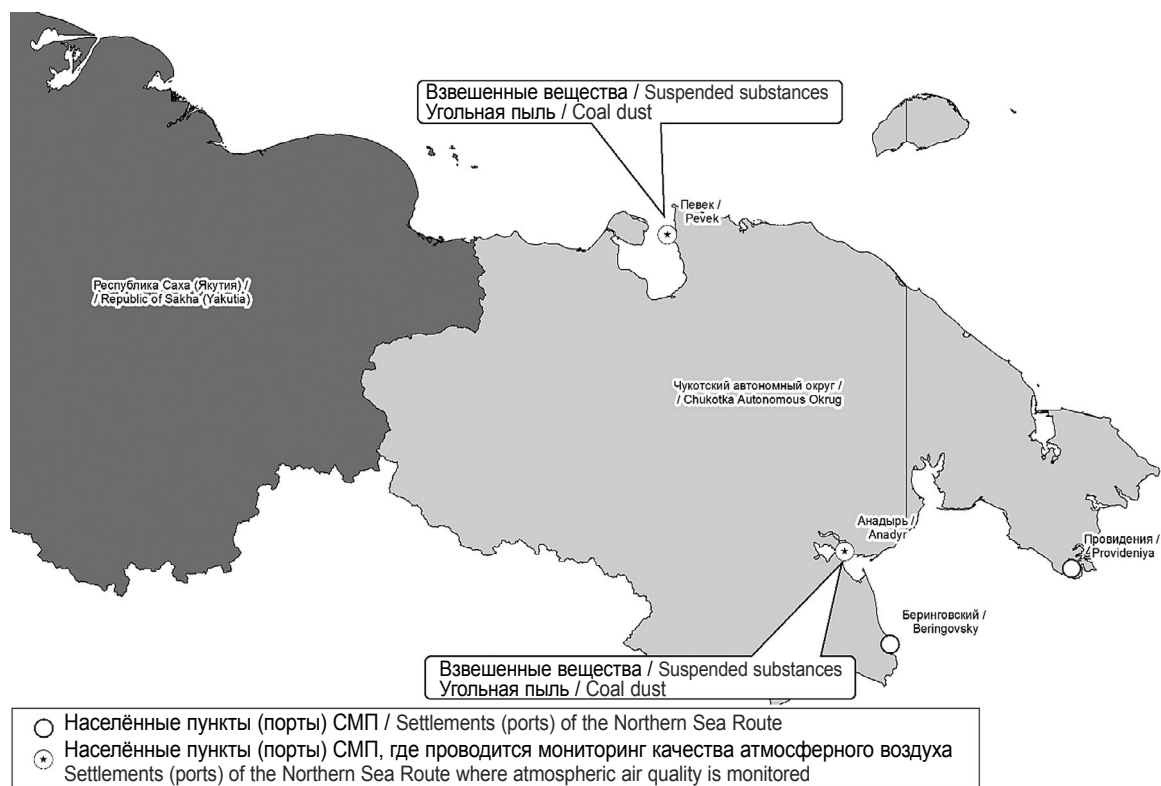


Рис. 4. Загрязняющие вещества, контролируемые в атмосферном воздухе населённых пунктов (портов) Певек и Анадырь.

Fig. 4. Pollutants controlled in the atmospheric air of settlements (ports) Pevek and Anadyr.

Результаты

Анализ программ мониторинга показал, что в 2021–2024 гг. качество атмосферного воздуха контролировалось на территории пяти населённых пунктов — портов СМП: в Анадыре, Архангельске, Мурманске, Певеке и Тикси. В то же время семь портовых населённых пунктов СМП не были охвачены мониторингом атмосферного воздуха, проводимым Роспотребнадзором: Нарьян-Мар, Сабетта, Игарка, Диксон, Дудинка, Провидения, Беринговский (рис. 1).

Наибольшее число показателей (23) определяли в атмосферном воздухе Мурманска: (1-метилэтил)бензол, 1,2-диметилбензол, 1,3-диметилбензол (3-метилтолуол; 3-ксилол; 1,3-ксилол), 1,4-дибромбензол, 1,4-диметилбензол, азота (II) оксид (азота монооксид), азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), аммиак (азота гидрид), бенз(а)пирен, бензол (циклогексатриен; фенилгидрид), взвешенные вещества, взвешенные частицы PM_{10} , взвешенные частицы $PM_{2.5}$, гексан (н-гексан; дипропил), гидроксibenзол (фенол), ди-гидросульфид (водород сернистый, ди-гидросульфид, гидро-сульфид), метилбензол (фенилметан), пыль каменного угля, свинец и его неорганические соединения (в пересчёте на свинец), серы диоксид, углерода оксид, формальдегид (муравьиный альдегид, оксометан, метиленоксид), этилбензол (фенилэтан). Наиболее полный перечень загрязняющих веществ, приоритетных в выбросах источников портовых комплексов и промышленных предприятий, также определяется в атмосферном воздухе Мурманска (рис. 2–4).

Наименьший охват наблюдается в городах Анадырь и Певек, где контролируются шесть показателей: азота (II) оксид (азота монооксид), азота диоксид (двуокись азота; пероксид азота), взвешенные вещества, пыль каменного угля, серы диоксид, углерода оксид.

За исследованный период наибольшее число проб атмосферного воздуха было отобрано в Мурманске (333 676) и Архангельске (208 424), наименьшее — в пгт Тикси (61). Характерно, что превышение гигиенических нормативов зарегистрировано также в Мурманске и Архангельске — 60 и 93 неудовлетворительные пробы соответственно. В Архангельске основная доля неудовлетворительных проб (92,5%) обусловлена бенз(а)пиреном, в Мурманске — диоксидом азота (36,7% проб), бенз(а)пиреном (28,3%) и формальдегидом (20%).

В Анадыре, Певеке и Тикси превышений гигиенических нормативов загрязняющих веществ в атмосферном воздухе за период с 2021 по 2024 г. зарегистрировано не было.

Обсуждение

Проведённое исследование показало неравномерность охвата мониторингом, проводимым Роспотребнадзором, атмосферного воздуха населённых пунктов — портов СМП. Несмотря на выраженный рост грузооборота и увеличение техногенной нагрузки на среду обитания за счёт перевалки различных грузов во всех портах СМП [11–16], мониторингом атмосферного воздуха охвачены лишь 5 из 12 населённых пунктов.

В работе М.А. Востриковой с соавт. отмечено, что интенсивность загрязнения атмосферного воздуха портов и населённых мест СМП, а также дальность распространения загрязняющих веществ зависят от объёмов и видов перевозимых грузов, технологий их перегрузки (крановая либо конвейерная), условий хранения, наличия и соблюдения мероприятий по охране атмосферного воздуха [22].

Одной из главных проблем является загрязнение воздуха выбросами вредных веществ от судов, портовой техники и автотранспорта, пылящих грузов. Большинство судов современного флота оборудовано дизельными двигателями, которые являются неорганизованными источниками загрязнения атмосферного воздуха твёрдыми и газообразными веществами. До 80–95% общей массы токсичных газообразных соединений приходится на долю пяти основ-

ных компонентов — оксида азота, оксида углерода, углеводородов, альдегидов и диоксида серы. При этом основными источниками загрязнения атмосферного воздуха на территории портов являются выбросы объектов портовой инфраструктуры [11, 23, 24], особенно перевалка каменного угля [25–28]. Угольная пыль на морских терминалах образуется в основном при механическом воздействии на уголь в процессе перегрузки, а также из-за ветровой эрозии открытых штабелей угля. При транспортировке угля также может происходить существенное загрязнение атмосферного воздуха морских портов и формироваться потенциальный источник поступления в окружающую среду токсичных микроэлементов и полициклических ароматических углеводородов [29–31]. Угольная пыль является основным загрязнителем атмосферного воздуха таких портов, как Мурманск, Ванино, Нарьян-Мар, Диксон, Тикси, Певек, Анадырь, Провидения, Беринговский и др. [11, 32]. Частицы угольной пыли могут переноситься ветром за территорию порта в пределах города. Повышенный уровень загрязнения атмосферного воздуха в Архангельском порту также обусловлен в первую очередь угольной пылью [32]. С увеличением грузооборота возрастёт и количество угольной пыли, что негативно повлияет на состояние атмосферного воздуха, промышленных вод и акваторию портов СМП.

Следует отметить, что перечень контролируемых в атмосферном воздухе показателей не отражает специфики переваливаемых в портах грузов и имеющихся выбросов промышленных предприятий, что затрудняет объективную оценку загрязнения [13].

Для портов Мурманска, Архангельска, Диксона, Тикси, Анадыря, пгт Провидения и Беринговского характерна специализация на перегрузке каменного угля, нефти и нефтепродуктов, а также оборудования, генеральных грузов и удобрений. В связи с этим следует прогнозировать поступления в атмосферный воздух таких загрязняющих веществ, как пыль каменного угля, алифатические и ароматические углеводороды, пыль с различным содержанием диоксида кремния. В то же время мониторинг перечисленных загрязнителей частично или полностью проводится лишь на территории Мурманска, Архангельска, Анадыря и Тикси, а в населённых пунктах Диксон, Провидения и Беринговский мониторинг атмосферного воздуха силами Роспотребнадзора не проводится. Порт Сабетта, который специализируется преимущественно на сжиженном природном газе, газовом конденсате и сырой нефти, также не охвачен мониторингом атмосферного воздуха⁴.

Для Певека характерна перевалка минерально-строительных грузов и лёгких сортов нефтепродуктов, поэтому приоритетными загрязнителями воздуха можно считать минеральную пыль с диоксидом кремния и различные углеводороды. Другим значимым источником загрязнения атмосферного воздуха на территории Певека является Чаунская ТЭЦ [21]. Однако в перечень контролируемых показателей включены лишь взвешенные вещества и пыль каменного угля (из числа твёрдых веществ), а углеводороды не контролируются. Таким образом, можно констатировать недостаточный охват мониторингом подлежащих контролю показателей.

Для Дудинки характерна специализация в первую очередь на продукции и сырье для ПАО «ГМК «Норильский никель»⁴, что предполагает возможность выбросов в атмосферный воздух минерального сырья, содержащего никель, кадмий и медь. По данным [21], значимым источником загрязнения атмосферного воздуха (кроме непосредственно порта) в Дудинке является АО «Таймырская топливная компания», тем не менее мониторинг атмосферного воздуха на территории города не проводится.

Выбор приоритетных загрязняющих веществ для наблюдения за состоянием атмосферного воздуха в зоне влияния

⁴ The Handbook of the Arctic. A Broad and Comprehensive Overview (дата обращения: 16.04.2025 г.).

выбросов предприятия осуществляется в соответствии с нормативно-методическими и информационными документами^{5,6}. В них рекомендуется использовать такие гигиенические подходы к выбору загрязняющих веществ, как «вещества — маркёры для данного предприятия; вещества I класса опасности; канцерогенные вещества; вещества с высоким уровнем фоновой загрязнённости; вещества, образующие группы суммации; вещества, образующиеся в результате трансформации в атмосфере; по данным отчёта 2ТП-воздух»⁷.

Заключение

Проведённое исследование показало неравномерный охват мониторингом атмосферного воздуха населённых пунктов — портов СМП. Из 12 портов, расположенных непосредственно на побережье Северного Ледовитого океана, играющих ключевую роль в арктической морской логистике, систематическое наблюдение за качеством атмосферного воздуха силами Роспотребнадзора проводится лишь в пяти населённых пунктах — Анадыре, Архангельске, Мурманске,

Певеке и Тикси. При этом перечень контролируемых в рамках мониторинга показателей содержит от 23 наименований (Мурманск) до 6 (Анадырь и Певек). Пропорционально различаются также кратность проводимых исследований и объёмы отбираемых проб.

В то же время увеличение объёмов перевалки грузов по маршруту СМП диктует необходимость организации мониторинга качества атмосферного воздуха в городах Нарьян-Мар, Диксон, пгт Игарка, Дудинка, Providения, Беринговский и вахтовом посёлке Сабетта.

С учётом специфики переваливаемых грузов считаем целесообразным включить в перечень приоритетных показателей программы мониторинга следующие загрязнители:

- пыль каменного угля, взвешенные вещества, пыль с содержанием диоксида кремния, азота диоксид, бенз(а)пирен, бензол, метилбензол, сера диоксид, углерод оксид, этилбензол в населённых пунктах Нарьян-Мар, Диксон, Игарка, Дудинка, Providения, Беринговский;
- азота диоксид, серы диоксид, углерода оксид, взвешенные вещества, бенз(а)пирен, бензол, метилбензол в вахтовом посёлке Сабетта.

Для населённых пунктов — портов СМП, где осуществляется мониторинг атмосферного воздуха в ограниченном объёме (Анадырь, Певек и Тикси), можно рекомендовать расширение перечня контролируемых показателей с включением в него следующих загрязнителей: пыль с содержанием диоксида кремния, бенз(а)пирен, бензол, метилбензол, этилбензол, никель и его соединения, свинец и его неорганические соединения.

Литература

1. Николаева А.Б. Северный морской путь: проблемы и перспективы. *Вестник Колского научного центра РАН*. 2011; (4): 108–12. <https://elibrary.ru/pbnlib>
2. Журавель В.П., Назаров В.П. Северный морской путь: настоящее и будущее. *Вестник Московского государственного областного университета*. 2020; (2): 140–58. <https://doi.org/10.18384/2224-0209-2020-2-1010> <https://elibrary.ru/wvnegs>
3. Козунова О.М., Сиротова А.А. Роль развития Северного морского пути в экономической деятельности Российской Федерации. *Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия I: Экономика и управление*. 2022; (2): 7–14. <https://doi.org/10.21777/2587-554X-2022-2-7-14> <https://elibrary.ru/awpuna>
4. Бакланов П.Я., Романов М.Т. Геополитические факторы долгосрочного развития восточных арктических районов России. *Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН*. 2015; (1): 95–9. <https://elibrary.ru/tqqrtn>
5. Воронина Е.П. Формирование опорных зон развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечение их функционирования: применение Гар-анализа. *Регионалистика*. 2017; 4(6): 60–9. <https://elibrary.ru/ymsif>
6. Кондратьева В.И. Северо-Якутская опорная зона Арктической зоны России в стратегии пространственного развития Российской Федерации. *Арктика XXI век. Гуманитарные науки*. 2017; (1): 4–12. <https://elibrary.ru/zaszkv>
7. Минакир П.А., Горюнов А.П. Пространственно-экономические аспекты освоения Арктики. *Вестник Мурманского государственного технического университета*. 2015; 18(3): 486–92. <https://elibrary.ru/uyzbqn>
8. Савченко А.Б., Трейвиш И.А. Историко-географические особенности освоения Северных и Арктических территорий России XVII–XIX веков. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2017; (3): 90–102. <https://doi.org/10.7868/S0373244417030082> <https://elibrary.ru/wfdyze>
9. Селин В.С., Селин И.В. Тенденции развития арктических морских портов. *Север и рынок: формирование экономического порядка*. 2018; (1): 55–66. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X-1-2018-57-55-66> <https://elibrary.ru/xrccl>
10. Скуфьина Т.П., Баранов С.В. Мурманский транспортный узел и обеспечение развития Арктической зоны Российской Федерации. *Фундаментальные исследования*. 2017; (11–2): 445–9. <https://elibrary.ru/zwnhzh>
11. Гурлев И.В., Маслובоев А.В., Малыгин И.Г. Ситуационная осведомленность о состоянии портов северного морского транспортного коридора в управлении экологической безопасностью Арктики. *Надежность и качество сложных систем*. 2022; (4): 120–34. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2022-4-13> <https://elibrary.ru/tyrguv>
12. Гурлев И.В., Макоско А.А., Малыгин И.Г. Анализ состояния и развития транспортной системы Северного морского пути. *Арктика: экология и экономика*. 2022; 12(2): 258–70. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-2-258-270> <https://elibrary.ru/fisped>
13. Гурлев И.В., Маслובоев А.В., Малыгин И.Г. Северный морской транспортный коридор как угроза экологии Арктики. *Труды Института системного анализа Российской академии наук*. 2022; 72(4): 82–95. <https://doi.org/10.14357/20790279220409> <https://elibrary.ru/mokoqf>
14. Лукьянова Т.О., Епишин И.В. О загрязнении Северного морского пути (СМП). *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки*. 2010; (1): 120–2. <https://elibrary.ru/ncinej>
15. Мясников И.О., Кизеев А.Н., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А. Проблемы организации мониторинга среды обитания в населённых пунктах (портах) Северного морского пути. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 808–13. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-808-813> <https://elibrary.ru/jczdlv>
16. Федоров В.Н., Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А., Копытенкова О.И., Мясников И.О. Мониторинг качества атмосферного воздуха в городах — участниках федерального проекта «Чистый воздух» Дальневосточного экономического района. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(6): 510–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-6-510-518> <https://elibrary.ru/bhzbkh>
17. Краснопольский Б.Х. Дальневосточная Арктика: роль инфраструктуры в экономическом развитии и системном образовании опорных зон. *Пространственная экономика*. 2018; (3): 165–81. <https://doi.org/10.14530/se.2018.3.165-181> <https://elibrary.ru/vaejqp>
18. Наумов Ю.А. Дальневосточные порты в системе Северного морского пути: история освоения, современное состояние и перспективы их развития. *Ойкумена. Регионоведческие исследования*. 2017; (3): 133–44. <https://elibrary.ru/zmoaun>
19. Иванова П.Ю., Потравная Е.В. Социально-экономическое развитие поселка Тикси в российской Арктике: стратегия и потенциал роста. *Арктика: экология и экономика*. 2020; (4): 117–29. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2020-4-117-129> <https://elibrary.ru/rqjcyd>
20. Леонтьева Е.О., Агафонов С.А. Современные перспективы развития портовой инфраструктуры Северного морского пути. *Арктика и инновации*. 2024; 2(1): 71–9. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-1-71-79> <https://elibrary.ru/vrjohx>
21. Заостровских Е.А. Морские порты Восточной Арктики и опорные зоны Северного морского пути. *Регионалистика*. 2018; 5(6): 92–106. <https://doi.org/10.14530/reg.2018.6.92> <https://elibrary.ru/vrjohx>
22. Вострикова М.А., Кашин Я.М., Шкода В.В. О загрязнении воздушного бассейна токсичными компонентами отработавших газов морских судов. *Булатовские чтения*. 2017; (4): 102–4. <https://elibrary.ru/xuvyvf>
23. Шмелев В.С., Мясков А.В., Севостьянова Е.В. Применение цифровых технологий для минимизации антропогенного воздействия в морских портах. *Автоматизация в промышленности*. 2023; (10): 58–62. <https://doi.org/10.25728/avtprom.2023.10.12> <https://elibrary.ru/kdjxka>

24. Гилева Е.Н. Разработка проекта предельно-допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух для объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. В кн.: *Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения: Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Выпуск 25. Часть I.* Новокузнецк; 2021: 224–7. <https://elibrary.ru/bfrsip>
25. Крашук Д.А. Пыление и пылеподавление при перевалке угля (на примере АО «Дальтрансуголь»). В кн.: *Технические и естественно-научные исследования в России и за рубежом: от теории к практике: Сборник научных статей.* Краснодар; 2024: 183–90.
26. Холодов А.С., Кириченко К.Ю., Захаренко А.М. Анализ атмосферной взвеси рабочего поселка Ванино (Хабаровский край). *Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук.* 2023; (4): 145–60. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2023_230_04_10
27. Васина Д., Рапопорт И., Тесленко И. Решение экологических проблем открытых угольных терминалов Владивостока. *International Journal of Professional Science.* 2021; (6): 27–36. <https://elibrary.ru/lcgrfs>
28. Майорова Л.П., Лукьянов А.И., Дахова Е.В. Влияние угольного кластера на окружающую среду. *Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса.* 2019; (1–2): 429–33. <https://elibrary.ru/dexouz>
29. Майорова Л.П., Лукьянов А.И., Дахова Е.В. Моделирование распространения взвеси угольной пыли при хранении и погрузочно-разгрузочных работах в портах (на примере порта Ванино). *Инновации и инвестиции.* 2021; (7): 89–94. <https://elibrary.ru/urydge>
30. Журавлева Е.В., Красилов В.А., Журавлева Н.В. Определение концентрации полициклических ароматических углеводородов в пыли каменного угля, образующейся на предприятиях по транспортировке и переработке угля. *Вестник Кузбасского государственного технического университета.* 2022; (4): 43–51. <https://doi.org/10.26730/1999-4125-2022-4-43-51> <https://elibrary.ru/wylswg>
31. Журавлева Е.В., Журавлева Н.В., Михайлова Е.С., Созинов С.А., Исмаилов З.Р. Изучение гранулометрического и морфологического состава угольных порошков. *Химия в интересах устойчивого развития.* 2021; 29(5): 539–49. <https://doi.org/10.15372/KhUR2021330> <https://elibrary.ru/fpmimc>
32. Воробьевская Е.Л., Седова Н.Б. Социально значимые проблемы города Мурманска: загрязнение угольной пылью. В кн.: *Инженерно-экологические изыскания — нормативно-правовая база, современные методы и оборудование: материалы Общероссийской научно-практической конференции.* М.: Геомаркетинг; 2020: 9–12. <https://elibrary.ru/jhwjpa>

References

1. Nikolaeva A.B. Northern Sea way: problems and prospects. *Vestnik Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN.* 2011; (4): 108–12. <https://elibrary.ru/pbnlib> (in Russian)
2. Zhuravel V.P., Nazarov V.P. Northern Sea Route: present and future. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblasnogo universiteta.* 2020; (2): 140–58. <https://doi.org/10.18384/2224-0209-2020-2-1010> <https://elibrary.ru/wvnegs> (in Russian)
3. Kozunova O.M., Sirotova A.A. The role of Northern Sea Route development in economic activities of the Russian Federation. *Vestnik Moskovskogo universiteta imeni S.YU. Vite. Seriya 1: Ekonomika i upravlenie.* 2022; (2): 7–14. <https://doi.org/10.21777/2587-554X-2022-2-7-14> <https://elibrary.ru/awpuna> (in Russian)
4. Baklanov P.Ya., Romanov M.T. Geopolitical factors of long-term development of Russia's eastern Arctic regions. *Vestnik Severo-Vostochnogo nauchnogo tsentra DVO RAN.* 2015; (1): 95–9. <https://elibrary.ru/tqnm> (in Russian)
5. Voronina E.P. Formation of support zones for the development of Arctic zone in Russian Federation and ensuring their functioning: gap-analysis. *Regionalism [Regionalistika].* 2017; 4(6): 60–9. <https://elibrary.ru/ymsfif> (in Russian)
6. Kondratyeva V.I. North Yakutian basic area of the Arctic zone of Russia in the strategy of spatial development of the Russian Federation. *Arktika XXI vek. Gumanitarnye nauki.* 2017; (1): 4–12. <https://elibrary.ru/zaskzv> (in Russian)
7. Minakir P.A., Goryunov A.P. Spatial and economic aspects of development of the Arctic. *Vestnik Murmanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta.* 2015; 18(3): 486–92. <https://elibrary.ru/uyzbqn> (in Russian)
8. Savchenko A.B., Treivish I.A. Historical and geographical features of the development of the Northern and Arctic areas of Russia in 17–19th centuries. *Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya.* 2017; (3): 90–102. <https://doi.org/10.7868/S0373244417030082> <https://elibrary.ru/wfdyze> (in Russian)
9. Selin V.S., Selin I.V. Trends in the development of Arctic seaports. *Sever i rynek: formirovanie ekonomicheskogo porjadka.* 2018; (1): 55–66. <https://doi.org/10.25702/KSC.2220-802X-1-2018-57-55-66> <https://elibrary.ru/xrccl> (in Russian)
10. Skufina T.P., Baranov S.V. Murman transport node and development of the Arctic zone of the Russian Federation. *Fundamental'nye issledovaniya.* 2017; (11–2): 445–9. <https://elibrary.ru/zwnhzh> (in Russian)
11. Gurlev I.V., Masloboev A.V., Malygin I.G. Situational awareness on ports state of the Northern Sea Route in environmental safety management of Arctic region. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem.* 2022; (4): 120–34. <https://doi.org/10.21685/2307-4205-2022-4-13> <https://elibrary.ru/typguv> (in Russian)
12. Gurlev I.V., Makosko A.A., Malygin I.G. Analysis of the state and development of the transport system of the Northern Sea Route. *Arktika: ekologiya i ekonomika.* 2022; 12(2): 258–70. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2022-2-258-270> <https://elibrary.ru/fisped> (in Russian)
13. Gurlev I.V., Masloboev A.V., Malygin I.G. The Northern Sea transport corridor as a threat to the environmental safety of the Arctic region. *Trudy Instituta sistemnogo analiza Rossiiskoi akademii nauk.* 2022; 72(4): 82–95. <https://doi.org/10.14357/20790272220409> <https://elibrary.ru/mokoqf> (in Russian)
14. Lukyanova T.O., Epishin I.V. About the pollution of the Northern Sea Route (NSR). *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblasnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki.* 2010; (1): 120–2. <https://elibrary.ru/ncinej> (in Russian)
15. Myasnikov I.O., Kizeev A.N., Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A. Problems of the management of habitat monitoring in settlements (ports) of the Northern Sea Route. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2024; 103(8): 808–13. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-808-813> <https://elibrary.ru/jczdlv> (in Russian)
16. Fedorov V.N., Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A., Kopytenkova O.I., Myasnikov I.O. Monitoring of atmospheric air quality in cities participating in the federal project “Clean Air” of the Far Eastern Economic Region. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2024; 103(6): 510–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-6-510-518> <https://elibrary.ru/bhzbkh> (in Russian)
17. Krasnopol'skiy B.Kh. The Far Eastern Arctic: the role of infrastructure in the economic development and system formation of support zones. *Prostranstvennaya ekonomika.* 2018; (3): 165–81. <https://doi.org/10.14530/se.2018.3.165-181> <https://elibrary.ru/vaejpk> (in Russian)
18. Naumov Yu.A. Far Eastern ports in the Northern Sea Route system: history of development, current state and prospects for their development. *Oikumena. Regionovedcheskie issledovaniya.* 2017; (3): 133–44. <https://elibrary.ru/zmoaun> (in Russian)
19. Ivanova P.Yu., Potravnaya E.V. Socio-economic development of the village of Tiksi in the Russian Arctic: strategy and growth potential. *Arktika: ekologiya i ekonomika.* 2020; (4): 117–29. <https://doi.org/10.25283/2223-4594-2020-4-117-129> <https://elibrary.ru/rqjcyd> (in Russian)
20. Leonteva E.O., Agafonov S.A. Modern prospects for the port infrastructure development of the Northern Sea Route. *Arktika i innovatsii.* 2024; 2(1): 71–9. <https://doi.org/10.21443/3034-1434-2024-2-1-71-79> <https://elibrary.ru/qvfczv> (in Russian)
21. Zaostrovskiy E.A. Eastern Arctic seaports and support zones of Northern Sea Route. *Regionalistika.* 2018; 5(6): 92–106. <https://doi.org/10.14530/reg.2018.6.92> <https://elibrary.ru/vrjohx> (in Russian)
22. Vostrikova M.A., Kashin Ya.M., Skoda V.V. About air pollution by toxic components of exhaust gases of marine vessels. *Bulatovskie chteniya.* 2017; (4): 102–4. <https://elibrary.ru/xuvyzt> (in Russian)
23. Shmelev V.S., Myasnikov A.V., Sevostyanova E.V. The use of digital technologies to minimize anthropogenic impact in seaports. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti.* 2023; (10): 58–62. <https://doi.org/10.25728/avtprom.2023.10.12> <https://elibrary.ru/kdjxka> (in Russian)
24. Gileva E.N. Development of a project for maximum permissible emissions of harmful (polluting) substances into the atmospheric air for facilities that have a negative impact on the environment. In: *Science and Youth: Problems, Searches, Solutions: Proceedings of the All-Russian Scientific Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists. Issue 25. Part I [Nauka i molodezh': problemy, poiski, resheniya: Trudy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. Vypusk 25. Chast' I].* Novokuznetsk; 2021: 224–7. <https://elibrary.ru/bfrsip> (in Russian)
25. Kraschuk D.A. Dusting and dust suppression during coal transshipment (on the example of JSC Daltransugol). In: *Technical and Natural Science Research in Russia and Abroad: From Theory to Practice: A Collection of Scientific Articles [Tekhnicheskie i estestvenno-nauchnye issledovaniya v Rossii i za rubezhom: ot teorii k praktike: Sbornik nauchnykh statei].* Krasnodar; 2024: 183–90. (in Russian)
26. Kholodov A.S., Kirichenko K.YU., Zakharenko A.M. Atmospheric suspension analysis of the Vanino work settlement (Khabarovsk Territory). *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk.* 2023; (4): 145–60. https://doi.org/10.37102/0869-7698_2023_230_04_10 (in Russian)
27. Vasina D., Rapoport I., Tselenko I. Solving environmental problems of open coal terminals in Vladivostok. *International Journal of Professional Science.* 2021; (6): 27–36. <https://elibrary.ru/lcgrfs> (in Russian)
28. Mayorova L.P., Lukyanov A.I., Dakhova E.V. Influence of coal cluster on the environment. *Dal'nii Vostok: problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo kompleksa.* 2019; (1–2): 429–33. <https://elibrary.ru/dexouz> (in Russian)
29. Mayorova L.P., Lukyanov A.I., Dakhova E.V. Modeling the spread of coal dust suspension during storage and loading and unloading operations in ports (for example, the port of Vanino). *Innovatsii i investitsii.* 2021; (7): 89–94. <https://elibrary.ru/urydge> (in Russian)

30. Zhuravleva E.V., Krasilova V.A., Zhuravleva N.V. Determination of the polycyclic aromatic hydrocarbons concentration in coal dust produced at coal transportation and processing enterprises. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2022; (4): 43–51. <https://doi.org/10.26730/1999-4125-2022-4-43-51> <https://elibrary.ru/wylswg> (in Russian)
31. Zhuravleva E.V., Zhuravleva N.V., Mikhailova E.S., Sozinov S.A., Ismagilov Z.R. Study of the granulometric and morphological composition of coal powders. *Chemistry for Sustainable Development*. 2021; 29(5): 525–35. <https://doi.org/10.15372/CSD2021330> <https://elibrary.ru/iadacg>
32. Vorobeyskaya E.L., Sedova N.B. Socially significant problems of the city of Murmansk: coal dust pollution. In: *Engineering and Environmental Surveys – Regulatory Framework, Modern Methods and Equipment: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference [Inzhenerno-ekologicheskie izyskaniya – normativno-pravovaya baza, sovremennye metody i oborudovanie: materialy Obshcherossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Moscow: Geomarketing; 2020: 9–12. <https://elibrary.ru/jhwpja> (in Russian)

Сведения об авторах

Мясников Игорь Олегович, канд. мед. наук, вед. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Новикова Юлия Александровна, канд. техн. наук, руководитель отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», вед. науч. сотр., 191036, Санкт-Петербург, Россия

Кизеев Алексей Николаевич, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Федоров Владимир Николаевич, ст. науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Склизкова Надежда Андреевна, науч. сотр. отд. социально-гигиенического анализа и мониторинга ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия

Information about the authors

Igor O. Myasnikov, PhD (Medicine), leading researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>

Yuliya A. Novikova, PhD (Engineering), leading researcher, head, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>

Aleksei N. Kizeev, PhD (Biology), senior researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8689-7327> E-mail: a.kizeev@s-znc.ru

Vladimir N. Fedorov, PhD (Engineering), senior researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>

Nadezhda A. Sklizkova, researcher, Department of social and hygienic analysis and monitoring, North-West Public Health Research Center, St. Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>