

## МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ТЕРРИТОРИИ ЧАЯНДИНСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*А.В. Махорин<sup>1</sup>, О.В. Агамедова<sup>1</sup>, М.В. Бультинов<sup>1</sup>, О.В. Цыденова<sup>1</sup>, И.В. Ядрихинский<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup> ООО «Газпром добыча Ноябрьск», г. Ноябрьск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Северо-восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,  
г. Якутск, Российская Федерация

\*yadroid@mail.ru

### Аннотация

Исследование приобретает особую актуальность в связи с растущим воздействием человека на экосистемы Арктики и Субарктики, вызванным активным освоением нефтегазовых месторождений. Одним из крупнейших и стратегически значимых объектов в системе газопровода «Сила Сибири» является Чаюндинское нефтегазоконденсатное месторождение (НГКМ), расположенное в Республике Саха (Якутия). Эксплуатация любого месторождения на разных этапах разработки сопровождается выбросами загрязняющих веществ, таких как диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), метан (CH<sub>4</sub>) и оксид углерода (CO). Этот факт требует постоянного мониторинга и анализа для минимизации экологических рисков в регионе. Цель работы – провести комплексный анализ состояния атмосферного воздуха на Чаюндинском лицензионном участке в период с 2021 по 2023 год. Для этого были использованы данные производственного экологического мониторинга (ПЭМ). Методы исследования: инструментальные измерения концентраций загрязняющих веществ, статистическая обработка данных, картографический анализ пространственного распределения загрязнений и оценка метеорологических параметров. Результаты показали, что в целом качество атмосферного воздуха на территории месторождения соответствует нормативным требованиям, при этом в период обустройства были зафиксированы локальные превышения предельно допустимых концентраций. Практическая ценность работы заключается в разработке рекомендаций по сокращению выбросов, включающих модернизацию очистных систем, оптимизацию транспортных потоков, мониторинг утечек метана и предложения по проектированию обустройства месторождений. Реализация указанных мер, по мнению авторов, приведет к снижению загрязнения на 30–40 %. Данные настоящей статьи могут быть использованы при проектировании и совершенствовании экологического контроля на промышленных объектах Крайнего Севера.

**Ключевые слова:** атмосферный воздух, экологический мониторинг, загрязняющие вещества, предельно допустимые концентрации (ПДК), Чаюндинское месторождение, нефтегазовый комплекс, диоксид серы (SO<sub>2</sub>), оксиды азота (NO<sub>x</sub>), метан (CH<sub>4</sub>)

**Для цитирования:** Махорин А.В., Агамедова О.В., Бультинов М.В., Цыденова О.В., Ядрихинский И.В. Мониторинг качества атмосферного воздуха территории Чаюндинского нефтегазоконденсатного месторождения. *Вестник СВФУ*. 2025;(4): 76-85. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-76-85

## MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR QUALITY IN THE TERRITORY OF THE CHAYANDA OIL AND GAS CONDENSATE FIELD

Andrey V. Makhorin<sup>1</sup>, Oksana V. Agamedova<sup>1</sup>, Maxim V. Bultinov<sup>1</sup>,  
Olga V. Tsydenova<sup>1</sup>, Ivan V. Yadrikhinsky<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Gazprom dobycha Noyabrsk LLC, Noyabrsk, Russia

<sup>2</sup> M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russian Federation

\*yadroid@mail.ru

### Abstract

The study is becoming particularly relevant due to the growing human impact on the ecosystems of the Arctic and Subarctic caused by the intensive development of oil and gas fields. One of the largest and significant facilities in the Power of Siberia gas pipeline is the Chayanda oil and gas condensate field located in Yakutia. The operation of any field at different stages of development is accompanied by emissions of sulfur dioxide, nitrogen oxides, methane and carbon monoxide. This fact requires constant monitoring and analysis to minimize environmental risks in the region. The purpose of the work is to conduct a comprehensive analysis of the air condition at the Chayanda license area in 2021–2023. For this purpose, data from industrial environmental monitoring was used. Research methods: instrumental measurements, statistical data processing, cartographic analysis of the spatial distribution of pollutants and assessment of meteorological parameters. The results showed that, in general, the quality of atmospheric air in the field meets regulatory requirements, while local exceedances of the maximum permissible concentrations were recorded during the development period. The practical value of the work lies in the development of recommendations for reducing emissions, including the modernization of treatment systems, optimization of traffic flows, monitoring of methane leaks and proposals for the design of field development. The implementation of these measures will lead to a reduction in pollution by 30–40 %. The data in this article can be used in the design and improvement of environmental control at industrial facilities in the Far North.

**Keywords:** atmospheric air, environmental monitoring, pollutants, maximum permissible concentrations (MPC), Chayanda field, oil and gas industry, sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), methane (CH<sub>4</sub>)

**For citation:** Makhorin A.V., Agamedova O.V., Bultinov M.V., Tsydenova O.V., Yadrikhinsky I.V. Monitoring of atmospheric air quality in the territory of the Chayanda oil and gas condensate field. *Vestnik of North-Eastern Federal University. Earth Sciences*. 2025;(4): 76–85. DOI: 10.25587/2587-8751-2025-1-76-85

### Введение

Атмосферный воздух является неотъемлемой частью окружающей среды, и его качество непосредственно влияет на здоровье людей и устойчивость экосистем [1]. Чаяндинское нефтегазо-конденсатное месторождение (НГКМ) (рис. 1), расположенное в Республике Саха (Якутия), представляет собой крупный объект промышленного освоения, эксплуатация которого сопровождается выбросами загрязняющих веществ в результате деятельности множества различных организаций.

Актуальность исследования заключается в необходимости комплексного анализа данных производственного экологического мониторинга, проведенного в период с 2021 по 2023 годы. Такой анализ позволит выявить тенденции и разработать эффективные меры, направленные на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

В научной литературе по оценке качества атмосферного воздуха района исследования нет данных. Лишь найдены публикации о перспективах освоения разведанных запасов углеводородов, а также о проекте внедрения новых технологий Чаяндинского месторождения (2–5) Обзор научной литературы показывает, что промышленные выбросы в северных регионах имеют свои уникальные особенности. Низкие температуры и слабый ветер способствуют накоплению загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. При этом существующие методы мониторинга часто требуют адаптации к сложным климатическим условиям Крайнего Севера [6].

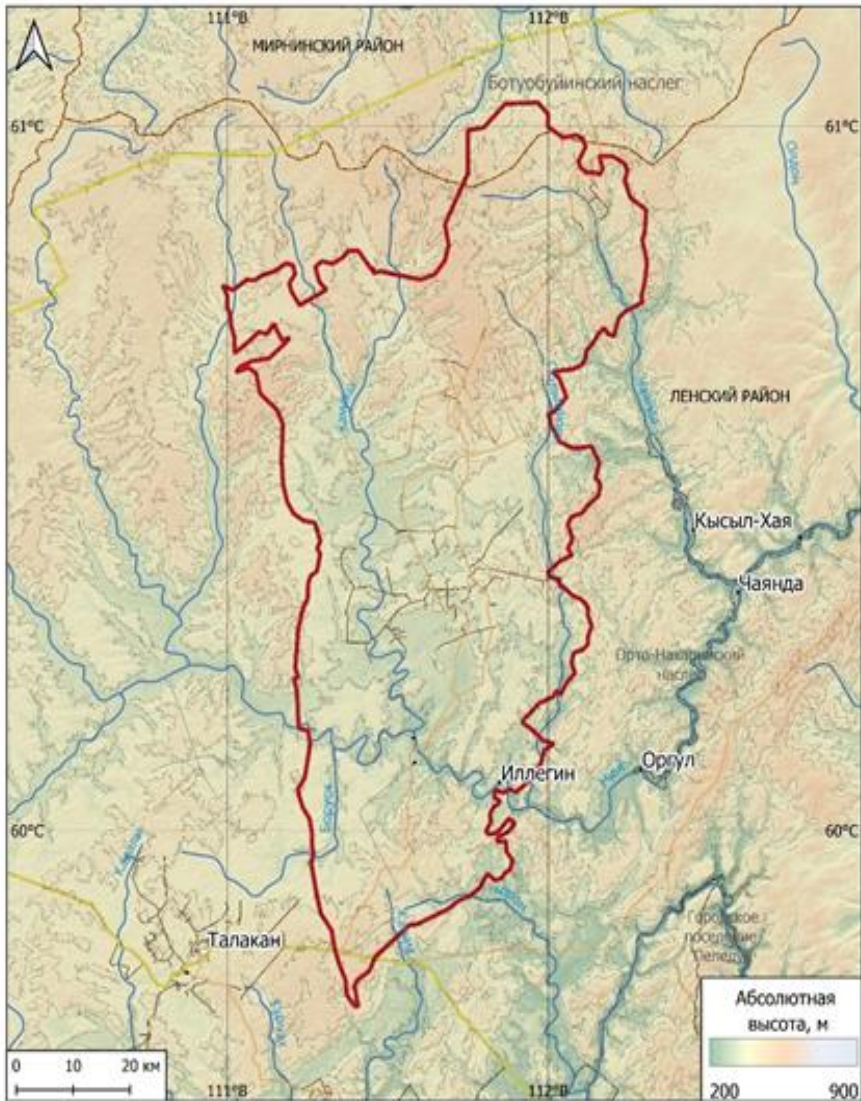


Рис. 1. Картограмма расположения Чаяндинского НГКМ

Fig. 1. Map of the location of the Chayanda OGCF

Главная цель исследования – оценить влияние промышленности на качество атмосферного воздуха в условиях резко континентального климата. В районе исследования в зимний период температуры могут опускаться до  $-55^{\circ}\text{C}$ , а ветры дуют слабо – со скоростью  $0,8-2,4$  м/с, что значительно затрудняет естественное рассеивание загрязняющих веществ. Кроме того, в это время года активизируется работа дизельных электростанций, приводящих к увеличению выбросов диоксида серы и керосина.

В рамках данного исследования был проведен анализ состояния атмосферного воздуха на Чаяндинском месторождении за трехлетний период с 2021 по 2023 год, сформулированы научно обоснованные рекомендации по оптимизации природоохранных мероприятий. В ходе исследования выполнен анализ пространственно-временного распределения основных загрязняющих веществ, выявлены ключевые источники выбросов, проведен анализ влияния климатических факторов и сформулированы предложения по снижению антропогенной нагрузки на окружающую среду [7].

### Материалы и методы исследования

Исследование основано на результатах производственного экологического мониторинга, проводившегося в течение трех лет на десяти стационарных станциях ООО «Газпром добыча Ноябрьск». Для точного измерения концентраций загрязняющих веществ использовался современный газоанализатор ГАНК-4. Этот прибор позволяет с высокой точностью определять содержание диоксида серы, оксидов азота, оксида углерода и метана в атмосферном воздухе. Для отбора проб взвешенных частиц применялись аспираторы ПА-300М и ПУ-4Э.

В процессе мониторинга контролировались следующие показатели: диоксид азота ( $\text{NO}_2$ ), оксид азота ( $\text{NO}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), оксид углерода ( $\text{CO}$ ), диоксид серы ( $\text{SO}_2$ ), керосин, взвешенные частицы, бенз(а)пирен, пыль и углеводороды. В данной работе приведен анализ данных производственного экологического мониторинга, проведенного в период с 2021 по 2023 годы на пяти (АВ 1-5) стационарных станциях ЧНГКМ (рис. 2).



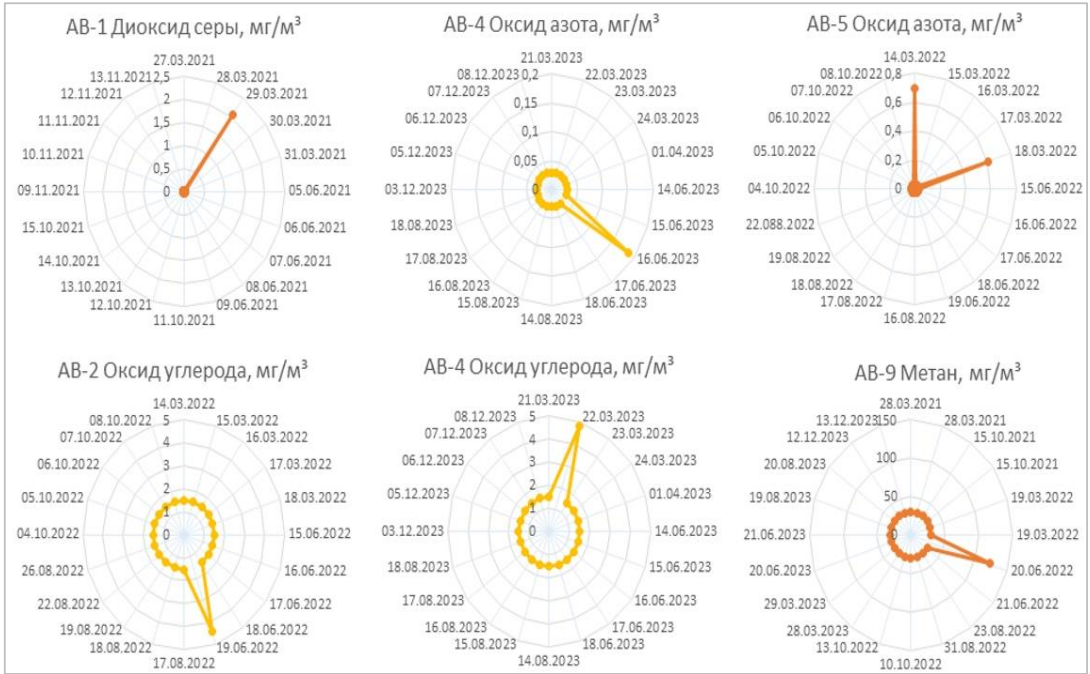
Рис. 2. Картограмма расположения стационарных станций по точкам отбора Чаиндинского НГКМ

Fig. 2. Map of the location of stationary stations at the sampling points of the Chayanda OGCF

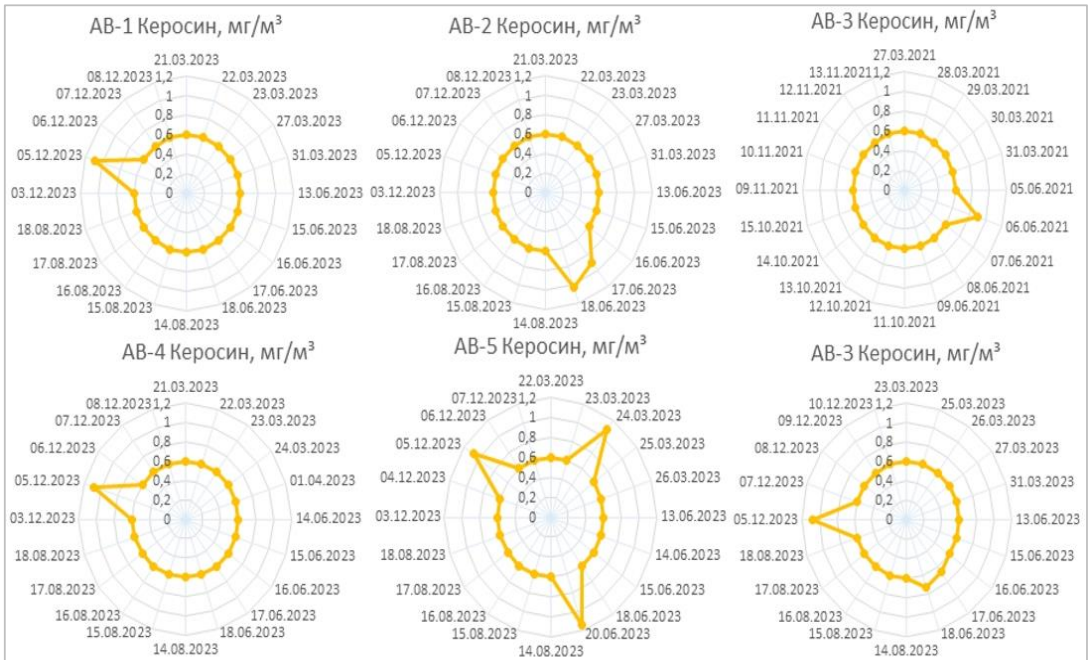
### Результаты

В ходе исследований была обнаружена значительная изменчивость концентраций загрязняющих веществ как во времени, так и в пространстве. На представленных диаграммах (рис. 3-4) отображена динамика веществ, концентрации которых превышали 70 % от ПДК. Такой способ визуализации данных был выбран в связи с тем, что остальные контролируемые показатели оставались на стабильно низком уровне и не приближались к опасным значениям. Это позволяет сконцентрировать внимание на наиболее значимых с точки зрения экологического риска веществах и выявить потенциально проблемные участки. Ниже приведена характеристика изменения концентраций загрязняющих веществ, превышающих хотя бы единожды 70 % ПДК.

Уровень диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ) в большинстве случаев не превышал допустимую концентрацию ( $0,5 \text{ мг/м}^3$ ), но 29 марта 2021 года на станции АВ-1 было зафиксировано значительное повышение ( $2,052 \text{ мг/м}^3$ ), составляющее 410 % от ПДК. Причиной такого резкого скачка могли стать выбросы от промышленных предприятий, использующих сернистое топливо, а также проведение пуско-наладочных работ на объектах инфраструктуры месторождения.



**Рис. 3.** Случаи повышения концентраций в атмосферном воздухе загрязняющих веществ  
**Fig. 3.** Cases of increased concentrations of pollutants in atmospheric air



**Рис. 4.** Случаи повышения концентрации керосина  
**Fig. 4.** Cases of increased kerosene concentration

На станции AV-5 в 2022 году было зарегистрировано два превышения ПДК по NO: 0,7 мг/м<sup>3</sup> и 0,61 мг/м<sup>3</sup>, при норме 0,2 мг/м<sup>3</sup>. Вероятно, повышенные концентрации оксида азота связаны с интенсивным движением грузового транспорта в непосредственной близости от станции. Концентрации оксида азота на станции AV-4 в течение периода наблюдений оставались

в пределах допустимых значений. Максимальный уровень, зафиксированный 16 июня 2023 года, составил 94 % от ПДК и достиг значения 0,188 мг/м<sup>3</sup>. Такое повышение концентрации вероятно было вызвано увеличенной нагрузкой на системы отопления и ухудшением условий рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере.

Уровень концентрации угарного газа (СО) в атмосферном воздухе Чаяндинского месторождения в период 2021–2023 гг. оставался в пределах нормы – 5 мг/м<sup>3</sup>. Однако на станции АВ-2 19 июня 2022 года и 18 июня 2023 года были зафиксированы значения 4,46 мг/м<sup>3</sup> (89 % от ПДК) и 1,09 мг/м<sup>3</sup> (91 % от ПДК) соответственно. Возможной причиной отмеченных возрастных содержания СО является усиление промышленной активности и ухудшение условий рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере. На станции АВ-4 22 марта 2023 года была зафиксирована концентрация оксида углерода равная 4,83 мг/м<sup>3</sup>, что составляет 96 % от ПДК. Результаты рассмотрения структуры проводимых на Чаяндинском месторождении мероприятий указывают на то, что отмеченное повышение концентраций, вероятно, связано с проведением плановых работ на фонде скважин при проведении отжига скважинной продукции.

В 2023 году концентрации керосина в целом соответствовали установленным нормам. Максимальное значение было зафиксировано на станции АВ-1 – 1,09 мг/м<sup>3</sup>, что составляет 91 % от ПДК. На станции АВ-5 5 июня 2021 года было отмечено максимальное разовое значение близкое к ПДК – 1,14 мг/м<sup>3</sup>. На станции АВ-3 концентрации керосина в целом соответствовали установленным нормам. 6 июня 2021 года и в декабре 2023 г. здесь зафиксированы повышенные его содержания в воздухе – 0,9 мг/м<sup>3</sup> (75 % от ПДК) и 0,95 мг/м<sup>3</sup> соответственно (79 % от ПДК). Отмеченные всплески концентрации керосина в воздухе на Чаяндинском месторождении могут быть связаны с выбросами дизельных электростанций (ДЭС) и автомобильного транспорта в период их активной работы.

20 июня 2022 года на станции АВ-9 было зафиксировано значительное превышение ПДК метана – 122 мг/м<sup>3</sup> (244 % ПДК), что вероятно связано с плановыми геологическими работами на фонде газодобывающих скважин. Установленный факт превышения ПДК обуславливает целесообразность установки датчиков утечки для предотвращения возможных утечек метана в будущем.

В таблице представлены сводные данные по всем контролируемым показателям, включая ПДК, максимальные и средние значения, а также случаи превышения этих показателей. Эти данные дают возможность произвести комплексную оценку состояния атмосферного воздуха на территории Чаяндинского НГКМ и выявить наиболее проблемные участки.

Таблица

**Сводные данные по контролируемым показателям в атмосферном воздухе на Чаяндинском месторождении**

Table

**Summary data on controlled parameters in the atmospheric air at the Chayanda field**

Параметр		ПДК (мг/м <sup>3</sup> )	Максимальное значение (мг/м <sup>3</sup> )			Среднее значение (мг/м <sup>3</sup> )	Кол-во превышений ПДК	Наличие превышения
			значение	№ станции	Дата отбора			
Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	0,4	0,115	АВ-8	11.10.2022	<0,02	0	Нет
Оксид азота	NO	0,2	0,7	АВ-5	14.03.2022	<0,03	2	Разовое
Метан	CH <sub>4</sub>	50	122	АВ-9	20.06.2022	<30	1	Разовое

Оксид углерода	CO	5	4,83	AB-4	22.03.2023	<1,5	0	Нет
Бенз(а)пирен		0,0000001	<0,00000005			<0,00000005	0	Нет
Керосин		1,2	1,14	AB-5	20.06.2023	<0,6	0	Нет
Диоксид серы	SO <sub>2</sub>	0,5	2,052	AB-1	29.03.2021	<0,025	1	Разовое
Пыль		0,5	0,282	AB-1	06.06.2021	<0,26	0	Нет
Взвешенные частицы		0,15	0,061	AB-3	29.03.2021	<0,03	0	Нет
Углеводороды	C12-C19	1	0,055	AB-2	31.03.2021	<0,8	0	Нет

В целом, качество атмосферного воздуха на территории месторождения соответствует нормативным требованиям. Большинство контролируемых показателей не превышают установленных ПДК, а средние концентрации загрязняющих веществ остаются на низком уровне, что свидетельствует об эффективности действующих природоохранных мероприятий.

По некоторым видам загрязняющих веществ были зафиксированы разовые превышения установленных норм ПДК. Это может быть связано с периодом обустройства инфраструктуры месторождения и локальной деятельностью строительных организаций на его территории.

В июне 2022 года на станции AB-9 был зафиксирован высокий уровень метана, что вызывает серьезную обеспокоенность. Указанный факт требует повышенного внимания и контроля на этапах эксплуатации коммуникаций и объектов инфраструктуры.

Основные источники выбросов загрязняющих веществ можно классифицировать следующим образом: дизельные электростанции (их доля составляет 35 %); работы по вводу объектов инфраструктуры в эксплуатацию (30 %); автомобильный транспорт (25 %).

Анализ влияния климатических факторов на загрязнение воздуха показал, что в зимний период, при температурах ниже -30°C, концентрации оксида углерода и оксидов азота в среднем увеличиваются на 30 % по сравнению с летними показателями. Такое положение дел, вероятно, связано со слабым рассеиванием, которое обусловлено явлениями температурной инверсии, характерным для данного региона. В то же время, летом зафиксирован рост концентраций SO<sub>2</sub> и керосина, что обусловлено возрастанием промышленной активности на территории месторождений.

Таким образом, проведенный анализ изменений основных показателей качества атмосферного воздуха позволил получить общее представление о его состоянии и выявить проблемные зоны, требующие разработки и внедрения мер по снижению антропогенного воздействия.

### Обсуждение

Полученные результаты указывают, что климатические условия значительно влияют на концентрации загрязняющих компонентов в атмосферном воздухе на Чаяндинском месторождении, что, вероятно, обусловлено изменениями характера протекания процессов рассеивания в атмосфере. Выявленные пространственные закономерности распределения загрязнений позволяют определить наиболее проблемные участки на исследуемой территории, которые требуют особого внимания природоохранных служб. При этом стоит отметить некоторые ограничения исследования, связанные с отсутствием данных о фоновых концентрациях и относительно коротким периодом наблюдений.

Практическая значимость работы заключается в том, что ее результаты могут быть использованы для улучшения системы экологического контроля на промышленных объектах. В частности, рекомендуется установить каталитические очистители на дизельных электростанциях, внедрить систему мониторинга утечек метана в режиме реального времени и оптимизировать

транспортные маршруты для снижения выбросов оксидов азота. Перспективным направлением для дальнейших исследований может стать изучение долгосрочного воздействия промышленных выбросов на арктические экосистемы.

По итогам рассмотрения, систематизации и анализа материалов исследования определены следующие меры, направленные на повышение экологической эффективности:

- на этапе проектирования и обустройства месторождения необходимо предусматривать установку систем каталитической очистки выхлопных газов ДЭС;
- необходимо осуществлять регулярный мониторинг газовых коммуникаций с целью своевременного выявления и предотвращения утечек;
- оптимизация расположения пунктов мониторинга с учетом выявленных сезонных изменений характера атмосферной циркуляции.

### Заключение

Результаты проведенного анализа показали, что качество атмосферного воздуха на Чайнинском НГКМ соответствует установленным нормам. Однако в период активного освоения и запуска месторождения в эксплуатацию были зафиксированы разовые превышения допустимых значений по ряду загрязняющих веществ, что требует дополнительных мер для снижения локальных превышений. С учетом разницы между средними и максимальными значениями показателей концентрации выбросов загрязняющих веществ, реализация предложенного авторами комплекса мер обладает перспективами к снижению уровня загрязнения на 30–40 % в течение двух-трех лет.

### Литература

1. Ашихмина, Т.Я., Кантор, Г.Я., Васильева, А.Н. *Экологический мониторинг: учебно-методическое пособие*. Москва: Академический проект. 2020. 415. Доступно на: <https://profspo.ru/books/110087> (дата обращения: 12 февраля 2025).
2. Перепеличенко, В.Ф. Перспективы освоения уникального нефтегазоконденсатного месторождения Якутии. *Георесурсы, геоэнергетика, геополитика*. 2012; 1(5): 67.
3. Крючков, В.Е. и Пензин, А.А. Перспективы увеличения разведанных запасов углеводородов Чайнинского нефтегазоконденсатного месторождения. *Научно-технический сборник – Вести газовой науки*. 2016; 1(25): 34–39.
4. Крючков, В.Е. и Медведев, А.Г. Литолого-фациальные и геодинамические условия формирования вендских отложений Чайнинского месторождения. *Научно-технический сборник – Вести газовой науки*. 2012; 3(25): 202–207.
1. Давыдов, А.В., Погрещкий, А.В., Смирнов, О.А. и др. Чайнинское месторождение – проект внедрения новых технологий в Восточной Сибири. *Вестник ПНИПУ. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2017; 2:113–128.
2. Латышенко, К.П. *Экологический мониторинг: учебник и практикум для вузов*. 3-е изд., перераб. и доп. Москва: Юрайт. 2025. 450. Доступно на: <https://urait.ru/bcode/560602> (дата обращения: 11 февраля 2025).
3. Сурикова, Т.Б. *Экологический мониторинг: учебник*. 4-е изд., перераб. и доп. Старый Оскол: ТНТ. 2020. 344. Доступно на: <https://www.tnt-ebook.ru/library/book/211> (дата обращения: 17 февраля 2025).

### References

1. Ashikhmin, T.Ya., Kantor, G.Ya., Vasilyeva, A.N., et al. *Environmental Monitoring: Educational and Methodological Guide*. 4th ed. Moscow: Academic Project; 2020. Available at: <https://profspo.ru/books/110087> (accessed: 12 February 2025) (in Russian).
1. Perepelichenko V.F. Prospects for the development of the unique oil and gas condensate field in Yakutia. *Georesources, Geoeconomics, Geopolitics*. 2012;1(5):67 (in Russian).
2. Kryuchkov V.E., Penzin A.A. Prospects for increasing the proved hydrocarbon reserves of the Chayanda oil and gas condensate field. *Scientific and Technical Collection – Gas Science News*. 2016;1(25):34–39 (in Russian).

3. Kryuchkov V.E., Medvedev A.G. Lithological-Facies and Geodynamic Conditions of Formation of the Vendian Deposits of the Chayandinsky Field. *Scientific and Technical Collection – Gas Science News*. 2012;3(25):202–207 (in Russian).

4. Davydov A.V., Pogretsky A.V., Smirnov O.A., et al. The Chayanda Field – a Project for Introducing New Technologies in Eastern Siberia. *Bulletin of PNRPU. Geology. Oil and Gas Industry and Mining*. 2017;(2):113–128 (in Russian).

5. Latyshenko K.P. *Environmental Monitoring: Textbook and Workshop for Universities*. 3rd ed., revised and expanded. Moscow: Yurayt; 2025. Available at: <https://urait.ru/bcode/560602> (accessed: 11 February 2025) (in Russian).

6. Surikova T.B., 2020. *Environmental monitoring: a textbook*. 4th ed., revised and add. Stary Oskol: TNT. Available at: <https://www.tnt-ebook.ru/library/book/211> (accessed: 17 February 2025) (in Russian).

### Об авторах

*МАХОРИН Андрей Васильевич* – нач. отдела охраны окружающей среды ООО «Газпром добыча Ноябрьск», SPIN-код: 2268-3824, AuthorID: 558385

e-mail: mahorin.av@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*АГАМЕДОВА Оксана Викторовна* – зам. Нач. отдела охраны окружающей среды ООО «Газпром добыча Ноябрьск»

e-mail: agamedova.ov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*БУЛЬГИНОВ Максим Владимирович* – гл. инженер Чайдинского нефтегазопромышленного управления ООО «Газпром добыча Ноябрьск»

e-mail: bultinov.mv@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*ЦЫДЕНОВА Ольга Вячеславовна* – зам. нач. отдела охраны окружающей среды Чайдинского нефтегазопромышленного управления ООО «Газпром добыча Ноябрьск», SPIN-код: 3658-2126, AuthorID: 1322747

e-mail: tsidenva.ov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*ЯДРИХИНСКИЙ Иван Васильевич* – к.г.н, доц., СВФУ им. М.К. Аммосова, SPIN-код: 3493-9605, AuthorID: 747609

e-mail: yadroid@mail.ru

### About the authors

*Andrey V. MAKHORIN* – Head of the Environmental Protection Department, Gazprom Dobycha Noyabrsk, LLC, Noyabrsk, Russian Federation, SPIN code: 2268-3824, AuthorID: 558385

e-mail: mahorin.av@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*Oksana V. AGAMEDOVA* – Deputy Head of the Environmental Protection Department, Gazprom Dobycha Noyabrsk, LLC, Noyabrsk, Russian Federation

e-mail: agamedova.ov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*Maxim V. BULTINOV* – Chief Engineer, Chayanda Oil and Gas Field Management, Gazprom Dobycha Noyabrsk, LLC, Noyabrsk, Russian Federation

e-mail: bultinov.mv@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*Olga V. TSIDENOVA* – Deputy Head of the Environmental Protection Department, Chayanda Oil and Gas Production Administration, Gazprom Dobycha Noyabrsk, LLC, Noyabrsk, Russian Federation, SPIN-код: 3658-2126, AuthorID: 1322747

e-mail: tsidenva.ov@noyabrsk-dobycha.gazprom.ru

*Ivan V. YADRIKHINSKY* – Cand. Sci. (Geography), Associate Professor, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, SPIN-код: 3493-9605, AuthorID: 747609

e-mail: yadroid@mail.ru

### Вклад авторов

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации

**Authors' contribution**

All authors made equivalent contributions to the publication.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Conflict of interests**

The authors declare no relevant conflict of interests

*Поступила в редакцию / Submitted 24.09.2025*

*Поступила после рецензирования / Revised 10.11.2025*

*Принята к публикации / Accepted 24.12.2025*