



УДК 504.064.2
DOI 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-0
EDN RXBXS

Региональные особенности природной среды и их учёт при оценке химического загрязнения Арктики

¹Коробов В.Б., ^{1,2}Котова Е.И., ³Овсепян А.Э.

¹Институт океанологии имени П.П. Ширшова Российской Академии Наук
Россия, 117997, г. Москва, Нахимовский пр., 36

²Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, 163002, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17

³Южный федеральный университет
Россия, 344090, г. Ростов-на-Дону, ул. Зорге, 40
szoioran@mail.ru, ecopp@yandex.ru, ovsepleat@yandex.ru

Аннотация. Все характеристики природной среды отличаются высокой пространственной изменчивостью. От этого во многом зависит скорость распространения загрязнения в геосферах и процессы восстановления экосистем. Приведены соответствующие примеры химического загрязнения прибрежных арктических территорий, где природная изменчивость особенно велика. Но это обстоятельство не принимается во внимание при разработке критериев оценки качества окружающей среды: практически для всех показателей принимаются равные значения для всей территории страны. Авторы не считают такой подход верным, и являются сторонниками разработки региональных критериев, значения которых должны подлежать регулярному пересмотру по мере изменения вызывающих их характеристик природных условий. Однако вопрос как часто необходимо переопределять эти критерии остаётся пока открытым и требует специальной дискуссии. В статье аргументированно показано, что ключевой проблемой являются не сами токсикологические нормативы, а некорректная интерпретация превышений в условиях высокой естественной изменчивости фона. Авторы предлагают дополнить систему мониторинга использованием региональных фоновых критериев, которые служат инструментом для разграничения природных и антропогенных источников загрязнения.

Ключевые слова: химическое загрязнение, пространственная изменчивость, мониторинг, предельно-допустимые концентрации (ПДК), Арктическая зона Российской Федерации

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № FMWE-2024-0020

Для цитирования: Коробов В.Б., Котова Е.И., Овсепян А.Э. 2026. Региональные особенности природной среды и их учёт при оценке химического загрязнения Арктики. Региональные геосистемы, 50 (1): 118–130. DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-0 EDN: RXBXS

Regional Environmental Features and Their Consideration in Assessing Chemical Pollution in the Arctic

¹Vladimir B. Korobov, ^{1,2}Ekaterina I. Kotova, ³Asya E. Ovsepyan

¹Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences
36 Nakhimovsky Ave., Moscow, 117997, Russia

²Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arkhangelsk, 163002, Russia

³Southern Federal University
40 Zorge St., Rostov-on-Don, 344090, Russia
szoioran@mail.ru, ecopp@yandex.ru, ovsepleat@yandex.ru

Abstract. The study into the regional variability of the natural environment in the Arctic is of key importance for an accurate assessment of the impact produced by pollution, since uniform federal regulations often fail to consider natural fluctuations, resulting in errors in environmental monitoring and regulation. Addressing these gaps will allow for more effective environmental protection and sustainable management of fragile Arctic ecosystems. Currently, Russia lacks a systemic approach to the development of regionally adapted criteria for assessing chemical pollution in the Arctic, considering the high spatial and temporal variability of natural conditions and their influence on background concentrations of pollutants. Existing standards (for example, MPC) are based on national averages, which leads to a false determination of pollution levels and ineffective monitoring. The former stems from naturally high concentrations of metals or phenols in northern rivers and soils being mistakenly attributed to anthropogenic source, while the latter is linked to a sparse network of observations and ignoring the dynamics of coastal processes distort data. Another gap is the lack of a methodology for regular revision of standards, considering climatic changes and local geochemical features. The purpose of this work is to study the causes of spatial variability of characteristics using the example of Arctic coastal territories and to show their impact on the choice of criteria for assessing the quality of the natural environment. The significance of the study lies in the fact that the authors substantiate the need for regionally adapted environmental standards for the Arctic, using specific examples, and propose some algorithms for zoning territories according to the degree of natural variability of pollutants and the criteria for reviewing existing standards. The study demonstrates how natural factors, such as boggy soils and dynamic coastal processes, can lead to elevated concentrations of metals and phenols, often exceeding federal limits, without anthropogenic influence. The authors advocate for the development of region-specific environmental standards, regularly updated to reflect changing conditions. They also emphasize the need for expanded monitoring networks and interdisciplinary research to distinguish natural pollution sources from anthropogenic ones. The article concludes with recommendations for improving regulatory frameworks to better address regional environmental variability.

Keywords: chemical pollution, spatial variability, monitoring, maximum permissible concentrations (MPC), Arctic zone of the Russian Federation

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the state assignment, Topic no. FMWE-2024-0020

For citation: Korobov V.B., Kotova E.I., Ovsepyan A.E. 2026. Regional Environmental Features and Their Consideration in Assessing Chemical Pollution in the Arctic. *Regional Geosystems*, 50 (1): 118–130 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2026-50-1-1-0 EDN: RXBXSXV

Введение

Природа неоднородна. Этот факт давно известен и не подлежит обсуждению. Вопрос заключается в том, насколько пространственная изменчивость характеристик природной среды влияет на решение прикладных задач, в частности организации и проведения мониторинга.

У этой проблемы два аспекта: расположение сети наблюдений и выбор критериев контроля качества среды. Каждый из них представляет собой довольно сложную самостоятельную задачу. И если первому аспекту уделяется достаточно много внимания, то второй рассматривается глобально, т. е. применительно к территории всей страны. Но верно ли это? Ведь условия везде разные даже в пределах одной зоны, и влияние их на химические реакции и биоту различно. А значит, и критерии должны различаться, для чего необходимо установить причины, влияющие на выбор значений критериев оценки.

Цель настоящей работы – на примере арктических прибрежных территорий исследовать причины пространственной изменчивости характеристик и показать необходимость учёта региональных особенностей для идентификации источника загрязнения и применения соответствующих критериев оценки качества природной среды.

Прибрежные арктические и северные территории и акватории выбраны нами в качестве объекта исследования из-за высокой изменчивости практически всех природных характеристик, как на суше, так и на прилегающих к ней акваториях. Воздух в нижних слоях атмосферы на границе «суша – море» также отличается повышенной динамикой [Котова и др., 2024].

Предметом исследования выбрано химическое загрязнение, поскольку из всех видов загрязнения оно, как правило, в наибольшей степени влияет на общую экологическую ситуацию. Еще одна особенность химического загрязнения, которую необходимо, но сложно учитывать при оценке загрязнения – это суммарный эффект. Воздействие на окружающую среду может значительно возрасти при наличии нескольких загрязнителей, даже если их уровень относительно невелик. Так, комбинированное действие нетоксичных концентраций, соответствующих уровню ПДК для алюминия и максимально допустимой концентрации молибдена для роста распространённой на севере зелёной водоросли *Scenedesmus quadricauda* (Turp.) Breb., приводит к проявлению токсического эффекта [Габдуллина, Ипатова, 2020].

Важно подчеркнуть, что предлагаемый подход не ставит под сомнение токсикологическую основу федеральных ПДК, установленных в стандартных лабораторных условиях. Однако прямое перенесение этих нормативов на всё разнообразие природных сред, без учёта местных геохимических, климатических и гидрологических факторов, приводит к их некорректной интерпретации. Введение региональных фоновых критериев рассматривается не как замена ПДК, а как диагностический критерий, позволяющий ответить на вопрос: «Связано ли наблюдаемое превышение с хозяйственной деятельностью или оно обусловлено природными процессами?».

Объекты и методы исследования

Объектом настоящего исследования является неоднородность химического состава природной среды, которая показана на примере Арктической зоны Российской Федерации.

При подготовке материала применялись теоретические методы исследования, включающие поиск и систематизацию источников информации, выявление связей между ними, сравнительный анализ федеральных нормативов (ПДК) с фоновыми значениями, приведёнными в научной литературе, оценка степени соответствия/несоответствия региональных условий унифицированным критериям, выделение опорных идей и противоречий.

Результаты и их обсуждение

Анализируя состояние вопроса, обратимся к статье 1 «Основные понятия» ФЗ-7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002. Там говорится о том, что воздействие рассматривается только как нечто отрицательное и определяется следующим образом: «негативное воздействие на окружающую среду – воздействие хозяйственной и иной деятельности, последствия которой приводят к негативным изменениям качества окружающей среды». Для законодательства этого понятия, возможно, будет и достаточно, т.к. здесь основная цель – предотвращение ущерба. В реальности это далеко не так. Воздействие может быть и положительным, причём совсем не обязательно, чтобы это произошло в результате целенаправленных действий в рамках компенсационных мероприятий. К положительным воздействиям человека на биосферу можно отнести воспроизводство природных ресурсов, восстановление запасов подземных вод, полезащитное лесоразведение, рекультивацию земель на месте разработок полезных ископаемых и ряд других мероприятий. Практика показывает, что некоторые положительные для природной среды следствия от деятельности

человека могут происходить и непреднамеренно, как бы сами по себе, например, тепловое воздействие трубопроводов на тундру, лесотундру и северную тайгу, увеличивающее вегетационный период, что важно при дефиците корма в холодные зимы для животных.

Поэтому большинство авторов определяют химическое загрязнение традиционно как превышение содержания химических веществ в воздухе, воде и почве выше их естественного уровня или наличия нехарактерных для природной среды веществ на данном участке. Т.е. в отличие от закона, научное сообщество учитывает региональные особенности территории.

С таким подходом, пожалуй, можно согласиться. И вот почему. Ввиду разнообразия природных условий и пространственно-временной изменчивости природных процессов химические вещества неравномерно распределяются во всех средах. При этом нередко фиксируются случаи, когда естественные концентрации химических веществ в данной местности превышают, иногда значительно, установленные для всей страны предельно допустимые концентрации.

Происходит это в силу разных причин. Если говорить об Арктике, то в тундровых почвах и реках во многих случаях встречаются более высокие концентрации соединений некоторых металлов. Вызвано это тем, что в Арктике высокий процент заболоченности территорий. А в болотах, как известно, большое количество гуминовых кислот, которые с двух- и трехвалентными катионами некоторых металлов, а именно: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} и Al^{3+} образуют соли, легко выпадающие в осадок [Попов, 2004]. Накапливаясь в воде и почвах, они и дают высокие концентрации, превышающие предельно допустимые. Поэтому у вытекающих из болот ручьёв и рек часто вода имеет коричневый цвет.

Такая же ситуация возникает и с фенолами – органическими соединениями ароматического ряда, концентрации которых в арктических озерах часто превышают допустимые нормы. Поскольку фенолы используются в производстве пластмасс, лекарств, ядохимикатов и много чего ещё, возникает естественное желание объяснить их высокие концентрации в водоёмах антропогенным влиянием. Но это бывает далеко не всегда. Фенолы могут образовываться и естественным путём в результате деструкции растительности. При этом оба этих вида фенолов – естественных и техногенных, не так-то просто различить аналитическими методами, вследствие чего возникает проблема идентификации загрязнения. Хорошо, когда явных источников нет поблизости, а если есть? Тогда приходится проводить дополнительные исследования в рамках инженерно-экологических изысканий без гарантии получить точный ответ.

Когда мы определяем загрязнение как превышение максимального (естественного) содержания, необходимо также иметь в виду следующие обстоятельства. Во-первых, существует постоянная вероятность превышения со временем любого экстремума, причём никто не может сказать, когда это произойдёт. Но если такое происходит, чему мы постоянно являемся свидетелями, например, по концентрации взвешенных веществ, то приходится корректировать базы данных в сторону уменьшения числа случаев с загрязнением.

Во-вторых, территория Арктики не то, что большая, а огромная, при этом сеть государственного мониторинга очень редкая [Котова и др., 2018]. Следовательно, возможность обнаружения высоких концентраций при более густой сети отбора проб весьма велика. Особенно это характерно для загрязнения, носящего дискретный характер. Получается, что принятые для данной территории или акватории значения нуждаются в постоянном уточнении. Это же можно сказать и о любом измеряемом параметре, не только загрязняющем природную среду. К тому же при расчёте экстремальных характеристик их значения зависят от методологии подготовки и обработки информации

и могут сильно различаться при одних и тех же исходных данных наблюдений, в частности, при выборе теоретического закона распределения для аппроксимации выборок.

В-третьих, характеристики природной среды в прибрежной зоне, как отмечено выше, отличаются высокой динамикой водных объектов и приземного слоя атмосферы, более высокой по сравнению с прилегающими акваториями и территориями, что влияет не только на пространственно-временную изменчивость течений и ветра, но и благоприятствует распространению загрязнения вдоль побережья и в устьевых участках рек [Котова, Коробов, 2023]. А чем выше градиенты течений и ветра, тем интенсивнее перенос примесей.

В-четвёртых, во время природных катастроф – извержения вулканов, землетрясений, пожаров и др., возможны мощные выбросы различных веществ, концентрации которых многократно и на длительное время будут превосходить фоновые. Попавшим в зону воздействия популяциям растений и животных может быть нанесён огромный ущерб, вплоть до полной их гибели. Может даже произойти смена типа растительности и видового состава животных. Но, тем не менее, это – природные процессы.

В качестве яркого примера многогранности и разнородности состава компонентов окружающей среды может служить ртутное загрязнение. Как известно, ртуть – металл естественного происхождения, распространённый повсеместно в природе, и составляющий, в том числе в норме от 4 до 14 мкг/л крови человека [Cornelis et al., 1996].

В то же время – это высокотоксичный элемент, который является приоритетным токсикантом современности. Осознание величины и глубины охвата проблемы привели к принятию Минаматской конвенции [2025], подписанной, в том числе Российской Федерацией 24 сентября 2014 г., согласно которой предусмотрено поэтапное строгое ограничение, сокращение и отказ от использования ртути в промышленности, медицине, быту.

Учёные выяснили, что даже удалённые от промышленных центров районы планеты загрязнены ртутью [Steenhuisen, Wilson, 2022]. Например, для Арктики уровень содержания ртути в донных отложениях и перьях птиц оказался в три раза выше, чем в доиндустриальную эпоху [Zheng, 2015]. В то же время, изучая современные уровни ртути в прибрежных средах Арктического региона, обращает на себя внимание высокая вариабельность факторов, влияющих на миграцию, распределение, трансформацию, и в итоге – определяющих концентрации ртути в компонентах окружающей среды. Так, для европейского севера России характерны низкие фоновые концентрации ртути в горных породах, почвах, донных отложениях. Однако в результате антропогенного воздействия, связанного с применением ртути на хлор-щелочных производствах при целлюлозно-бумажных комбинатах, ртуть длительное время поступала в окружающую среду, вследствие чего сформировались зоны с повышенным относительно фона содержанием ртути в донных отложениях некоторых водных объектов, почвах, биоте [Тарханов, 2011; Fedorov et al., 2019; Овсепян, 2022], однако превышения предельно-допустимых концентраций отмечались лишь в единичных случаях для воды, и не были хроническими. Сравним с другим природным объектом, также испытывающим антропогенное воздействие – рекой Дон. Водосборный бассейн этой реки расположен в зоне ртутно-рудного пояса Земли (включает участки угольного бассейна), в устье расположен крупнейший на юге России город и промышленный центр – г. Ростов-на-Дону. Концентрации ртути в почвах сопоставимы с почвами города Архангельск и прилегающих территорий (в среднем изменялись в интервале 0,04–0,20 мкг/г с.м. в случае дельты Дона [Mikhailenko et al., 2024] и 0,03–0,09 мкг/г с.м. в случае устья Северной Двины [Ovseryan et al., 2016]).

Очевидно, что к антропогенным факторам, влияющим на уровни накопления токсиканта в почвах этих двух регионов – арктического и степного, присоединяются

природные факторы и условия среды, способствующие, либо препятствующие накоплению/очищению от ртути. При этом ПДК ртути в почвах едино для всей территории России и составляет 2,1 мкг/г с.м.

Другой пример – регуляция концентраций ртути в воде и донных отложениях реки Кянда, впадающей в Онежский залив Белого моря (территория входит в Арктическую зону РФ). Это удалённая от промышленных центров территория, практически не испытывающая антропогенного воздействия. Авторами было отмечено явление, когда повышение концентраций ртути в воде устья реки происходило в результате приливной волны. Была выявлена обратная линейная связь (R от $-0,52$ до $-0,40$; $p < 0,05$) между содержанием всех форм миграции элемента и валовой ртути, с одной стороны, и значениями температуры, рН, Eh, с другой. Тесная прямая связь (R от $0,56$ до $0,64$; $p < 0,01$) установлена между солёностью и всеми формами миграции ртути и её валовым содержанием в воде, при этом с растворённой формой миграции она была наивысшей. Это свидетельствует о том, что фактор солёности оказывает доминирующее влияние на распределение всех форм миграции ртути в воде по профилю «р. Кянда – Онежский залив», в то время как температура и рН играют меньшую роль. Отметим, что для маргинального фильтра р. Северная Двина между солёностью и содержанием растворённой ртути наблюдалась обратная зависимость [Fedorov et al., 2019]. Т.е. здесь приоритетным фактором, определяющим содержание ртути в воде и верхнем горизонте донных отложений, является природный.

Исследователи, проводившие работы в Баренцевом море [Новиков, Драганов, 2018], выделили несколько зон с различными фоновыми концентрациями тяжёлых металлов в их водных массах (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Фоновые значения содержания некоторых тяжёлых металлов в воде
Баренцева моря, мкг/л (составлено с использованием данных [Новиков, Драганов, 2018])
Background values of the content of some heavy metals in the water
of the Barents Sea, µg/l (compiled using data from [Novikov, Draganov, 2018])

Вещество	Арктические воды (северная часть моря)	Атлантические и собственно баренцевоморские воды	Мурманские и норвежские прибрежные воды	Восточные прибрежные воды	ПДК, мкг/л
Hg	0,015	0,019	0,036	0,024	0,1
Zn	13,8	15,9	32	19,8	50
Pb	0,16	0,21	0,29	0,54	10
Cr	2,54	2,78	3,0	2,73	–

Как видим, фоновые значения для одних и тех же веществ отличаются в водах Баренцева моря часто в 2 и более раз в зависимости от места формирования водной массы. Это характерно для концентраций ртути, цинка, свинца. В то же время значения фоновых содержаний всех веществ находятся ниже современных ПДК, действующих в РФ (например, в 2,7 раз ниже для ртути и 18,5 раз для свинца).

Общеизвестна и закономерность, когда в условиях северной таежной зоны, на территориях с высокой заболоченностью, – даже на удалённых от населённых пунктов и промышленно-развитых районах станциях мониторинга качества вод отмечаются превышения ПДК концентраций таких элементов, как железо, цинк, медь и некоторых других (табл. 2). Связано это с природными особенностями формирования гидрохимического состава вод.

Таблица 2
Table 2Концентрации загрязняющих веществ в воде северных рек, мкг/л
Concentrations of pollutants in the water of northern rivers, µg/l

Водный объект	Al	Zn	Cu	Fe	Источник
ПДК рыбхоз	0,04	0,01	0,001	0,1	[Об утверждении ..., 2025]
Северная Двина (средние концентрации)	0,1	0,006	0,001	0,14	[Отчет о гидрохимических..., 2021]
Северная Двина, ст. Усть-Пинега	–	0,023	0,004	0,41	[Ежегодник «Качество поверхностных ..., 2024]
Онега (средние концентрации)	0,17	0,020	0,003	0,43	[Отчет о гидрохимических..., 2021]
Онега, ст. Каргополь	–	0,036	0,004	0,30	[Ежегодник «Качество поверхностных..., 2024]
Амур (средние концентрации)	–	0,019	0,006	0,58	[Махинова, Махинов, 2024]
Мезень (средние концентрации)	0,08	0,016	0,003	0,56	[Ежегодник «Качество поверхностных..., 2024]

Согласно хрономическому принципу эволюции (от греческого хорос – место), сформулированному академиком Л.С. Бергом [1922], необходимо обязательно учитывать влияние местных условий на человека. Этой же точки зрения придерживался и Л.Н. Гумилёв [2007], изучавший влияние изменения природных условий на жизнедеятельность населения, и Л.И. Мечников [2013], исследовавший влияние великих рек на развитие цивилизаций. Н.Н. Коршунова и Н.В. Швець, [2023], исследовавшие изменение норм климатических параметров с 1961 года, – показали высокую неоднородность идущих процессов на территории России и в Арктической зоне РФ. В частности, отмечено замедление процесса потепления в последние 30 лет, и региональные особенности изменения норм климатических параметров: температура воздуха, количество осадков, атмосферное давление.

Исходя из этих теорий и большой изменчивости природных условий, напрашивается вывод, что критерии загрязнения должны разрабатываться применительно к конкретной местности с учётом их региональных особенностей.

Авторы из различных регионов РФ и областей деятельности периодически отмечают недостатки существующей системы нормирования качества окружающей среды. Так, Воробьева с соавторами [2019] обращают внимание на недостаточную прогностическую ценность существующей методики разработки федеральных рыбохозяйственных нормативов, поскольку она не учитывает природные особенности территории, что особенно значимо при разработке и применении нормативов для веществ «двойного генезиса». О необходимости учитывать региональную природную неоднородность химического состава поверхностных вод суши при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения посвящено исследование авторов [Янин и др., 2016]. Об особой важности разработки и обоснования региональных предельно допустимых концентраций металлов в трансграничных водных объектах рассуждают Фрумин и Негодина [2025].

Отметим также, что законодательство РФ изначально допускало возможность разработки региональных нормативов качества вод для водоёмов рыбохозяйственного значения. Примеры методики, обоснования и разработки таких нормативов имеются в научном обиходе [Венецианов и др., 2015; Возняк, Лепихин, 2018; Дрововозова, Марыгин, 2022; Лазарев и др., 2022]. Однако с 2016 до 2023 гг. этой возможностью воспользовались

лишь единожды – когда были разработаны и утверждены нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения для элемента бор реки Рудная (Приморский край). Но уже летом 2023 года с выходом Приказа Минсельхоза России от 22.08.2023 № 687 количество региональных нормативов увеличилось до 9. Так, для водных объектов в границах бассейнов р. Белая и оз. Большой Вудъявр (Мурманская область) разработаны региональные нормативы для веществ: Al, Mo (общий), фосфат-ион PO_4^{3-} . Для бассейна реки Ковдора, левый приток реки Ена Мурманской области (вместе с озером Ковдор и притоками) региональные ПДК утверждены для V (общий), Mn (II), Sr, фосфат-иона PO_4^{3-} . Отдельно также Приказом Минсельхоза России от 22.08.2023 № 687 нормируется содержание сульфат-аниона (SO_4^{2-}) для водных объектов в границах бассейна реки Кенти, Республика Карелия.

Как можем видеть, на сегодняшний день региональные нормативы качества для водоёмов рыбохозяйственного назначения разработаны только для нескольких веществ и всего для 4 водных объектов. По опасности эти вещества относятся к 3, 4 классам. Также можно предположить, что на данный момент разработкой и утверждением региональных ПДК занимаются преимущественно хозяйствующие субъекты – водопользователи, осуществляющие свою деятельность на водных объектах с относительно высоким природным фоном определённых веществ и желающие снизить выплаты за негативное воздействие на окружающую среду по выбросам характерных загрязняющих веществ. Это косвенно подтверждается, поскольку все утверждённые на сегодня региональные ПДК превышают федеральные значения. Так, для алюминия «федеральное» ПДК составляет 0,04 мг/л, региональное – 0,081 мг/л. Здесь необходимо уточнить, что для Арктического региона ПДК некоторых веществ, с большей вероятностью, необходимо снижать.

Таким образом, региональные нормативы на данный момент не являются прямой заботой государственных организаций. Имеет место и другая проблема: природные условия постоянно изменяются в пространстве и во времени, из чего следует необходимость постоянно пересчитывать фоновые характеристики применительно к данным условиям. Но тогда возникает вопрос: как часто это следует делать? Если очень часто, скажем, раз в 5 лет, то как это скажется на прогнозе экологического состояния территорий и акваторий при разработке проектной документации на строительство предприятий и осуществлении иной деятельности, связанной с опасностью загрязнения природной среды, скажем, транспортировкой нефтяных углеводородов?

Заключение

Характеристики природной среды, такие как средние и экстремальные значения, могут сильно отличаться от таких же характеристик в других зонах, и также различаться в пределах одной географической зоны. Они могут обладать изменчивостью во времени, т.е. иметь чётко выраженные тренды.

Из этого вытекает необходимость устанавливать региональные критерии качества природной среды. При этом необходимо определить – начиная с каких различий от стандартных это необходимо делать в обязательном порядке.

В условиях Арктической зоны Российской Федерации разграничение естественных и антропогенных источников загрязнения требует комплексных исследований. Высокая динамика природных процессов, редкая сеть экологического мониторинга и влияние климатических изменений усложняют оценку, что указывает на потребность в совершенствовании методологии и инструментов анализа. Учёт этих различий критически важен для точной оценки загрязнения и разработки эффективных мер охраны окружающей среды.

Существующие федеральные нормативы, такие как предельно допустимые концентрации (ПДК), часто не учитывают региональные особенности, что приводит к

необоснованным выводам о загрязнении территорий и акваторий. Например, естественные концентрации железа, меди и других металлов в арктических реках могут превышать установленные ПДК без антропогенного влияния. Таким образом, центральным становится вопрос не о пересмотре ПДК, а о корректной идентификации источника загрязнения. Федеральные ПДК, установленные по критичности воздействия на реципиентов в стандартных условиях, являются нормативом для оценки опасности. Однако в реальной практике мониторинга, особенно в таких уникальных регионах, как Арктика, необходим дополнительный диагностический уровень – региональный фоновый критерий. Его использование позволит избежать ошибочного приписывания естественных колебаний концентраций последствиям антропогенной деятельности и сконцентрировать усилия контроля на реальных, а не мнимых источниках загрязнения.

Исследования показали, что региональные нормативы, учитывающие местные фоновые концентрации, уже начали внедряться (например, для алюминия, молибдена в Мурманской области). Однако их применение остаётся ограниченным и требует расширения, особенно для Арктики, где природные условия сильно отличаются от других регионов. В настоящее время разработкой региональных нормативов занимаются преимущественно природопользователи водных объектов.

Для решения существующей проблемы необходимо:

- Разработать методики для регулярного обновления региональных нормативов с учётом изменений природных условий.
- Увеличить количество пунктов мониторинга в Арктике и других северных регионах для более точного определения фоновых концентраций.
- Проводить междисциплинарные исследования для разделения естественных и антропогенных факторов загрязнения.
- Создать законодательные механизмы, обязывающие учитывать региональные особенности при оценке экологического состояния территорий.

Таким образом, переход к регионально адаптированным критериям оценки качества окружающей среды не только повысит точность мониторинга, но и позволит более эффективно управлять экологическими рисками в условиях изменяющегося климата и растущего антропогенного давления.

Список источников

- Ежегодник «Качество поверхностных вод Российской Федерации, 2023». 2024. Ростов-на-Дону, Росгидромет, 596 с.
- Отчет о гидрохимических и экологических исследованиях, включая исследования на содержание микропластика, в устьевых участках рек Северная Двина и Онега и прибрежной территории Двинского залива Белого моря, проведенных в рамках проекта "Климатическая экспедиция". 2021. Москва, Российское экологическое общество, 40 с.
- Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Росрыболовства № 296 от 26 мая 2025 (Зарегистрирован в в Минюсте России 2.06.2025 № 82497). Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1312976080> (дата обращения 7 апреля 2025 г.).
- Минаматская конвенция о ртути. Электронный ресурс. URL: <https://mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-rus-full.pdf> (дата обращения 7 апреля 2025 г.).
- Steenhuisen F., Wilson S.J. 2022. Geospatially Distributed (Gridded) Global Mercury Emissions to Air from Anthropogenic Sources in 2015. Netherlands, University of Groningen. Electronic resource. URL: <https://dataverse.nl/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.34894/SZ2K0I> (accessed 7 April 2025)

Список литературы

- Берг Л.С. 1922. Номогенез, или эволюция на основе закономерностей. СПб., Государственное издательство, 306 с.
- Веницианов Е.В., Мирошниченко С.А., Лепихин А.П., Губернаторова Т.Н. 2015. Разработка и обоснование региональных показателей качества воды по содержанию тяжелых металлов для водных объектов бассейна Верхней Камы. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 3: 50–64.
- Возняк А.А., Лепихин А.П. 2018. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример. Географический вестник, 2(45): 103–115. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-103-115>
- Воробьева О.В., Филенко О.Ф., Медянкина М.В., Оганесова Е.В. 2019. Разработка региональных ПДК для воды водных объектов рыбохозяйственного значения. Экология производства, 11: 32–37.
- Габдуллина Р.И., Ипатов В.И. 2020. Оценка совместного действия двух металлов на культуру микроводоросли. Экологические системы и приборы, 8: 15–27. <https://doi.org/41.25791/esip.08.2020.1172>
- Гумилёв Л.Н. 2007. Этногенез и биосфера Земли. М., Эксмо, 736 с.
- Дровозова Т.И., Марыгин В.О. 2022. Разработка региональных ПДК для водотоков: ерик Бешеный, река Солёная бассейна Нижнего Дона. Природообустройство, 5: 93–99. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-5-93-99>
- Коршунова Н.Н., Швець Н.В. 2023. Региональные особенности изменения норм основных климатических параметров на территории России. Гидрометеорологические исследования и прогнозы, 1(387): 131–147. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-1-131-147>
- Котова Е.И., Коробов В.Б. 2023. Береговая зона Арктических морей как специальный объект экологического мониторинга. Проблемы региональной экологии, 1: 44–51. <https://www.doi.org/10.24412/1728-323X-2023-1-44-51>.
- Котова Е.И., Коробов В.Б., Павленко В.И. 2018. Экстремальные загрязнения на территории Арктической зоны Российской Федерации: случаи и анализ. Проблемы региональной экологии, 1: 67–72. <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-11067>
- Котова Е.И., Коробов В.Б., Шевченко В.П. 2024. Экологические проблемы Российской Арктики. Архангельск, КИРА, 228 с.
- Лазарев И.С., Кочетова Ж.Ю., Бударина В.А., Косинова И.И., Маслова Н.В. 2022. Проблемы нормирования качества поверхностных вод: методики, пример. Геополитика и экогеодинамика регионов, 8(2): 107–121.
- Махинова А.Ф., Махинов А.Н. 2024. Механизмы концентрирования и условия миграции загрязняющих веществ в реке Амур. В кн.: Современные проблемы гидрометеорологии. Материалы I Белорусского географического конгресса, Минск, 08–13 апреля 2024. Минск, Изд-во БГУ: 315–319.
- Мечников Л.И. 2013. Цивилизация и великие исторические реки. Москва, Айрис-пресс, 320 с.
- Новиков М.А., Драганов Д.М. 2018. Определение фоновых значений содержания Hg, Zn, Pb и Cr в водных массах Баренцева моря. Вестник Камчатской региональной ассоциации учебно-научный центр. Серия: Науки о Земле, 1(37): 72–83.
- Овсеян А.Э. 2022. Суточная динамика ртути в природных водах и факторы, её определяющие. Московский экономический журнал, 7(12): 28. https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_12_738.
- Попов А.И. 2004. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование. СПб., Изд-во Санкт-Петербургского университета, 248 с.
- Тарханов С.Н. 2011. Содержание серы и тяжелых металлов в хвойных насаждениях бассейна Северной Двины при аэротехногенном загрязнении. Лесоведение, 3: 26–33.
- Фруммин Г.Т., Негодина Е.С. 2025. Обоснование региональных предельно допустимых концентраций металлов в трансграничных водных объектах. Экологическая химия, 2 (34): 87–93.
- Янин Е.П., Кузьмич В.Н., Иваницкий О.М. 2016. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения. Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 6: 3–72.

- Cornelis R., Heinzow B., Herber R.F.M., Molin Christensen J., Poulsen O.M., ... Vesterberg O. 1996. Sample Collection Guidelines for Trace Elements in Blood and Urine. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 10: 103–127.
- Fedorov Yu.A., Ovsepyan A.E., Savitsky V.A., Zimovets A.A., Dotsenko I.V. 2019. Mercury in the Water of Small Rivers of the Onega Bay Basin of the White Sea. *Doklady Earth Sciences*, 487: 804–806. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19070109>
- Mikhailenko A.V., Fedorov Yu.A., Mikhailevich A.I., Kostenko D.F. 2024. Mercury in the Landscape Components of the Don River Delta. *E3S Web of Conferences*, 555: 01006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455501006>.
- Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. 2016. Estimation of Mercury Accumulation in the Objects of Animate and Inanimate Nature in the North of European Russia. In the World of Scientific Discoveries, Series B, 4(1–2): 4–16.
- Zheng J. 2015. Archives of Total Mercury Reconstructed with Ice and Snow from Greenland and the Canadian High Arctic. *The Science of the Total Environment*, 509–510: 133–144.

References

- Berg L.S. 1922. *Nomogenez, ili evoluciya na osnove zakonomernostey* [Nomogenesis, or Evolution Based on Patterns]. Sant-Peterburg, Publ. Gosudarstvennoe izdatel'stvo, 306 p.
- Venitsianov E.V., Miroshnichenko S.A., Lepikhin A.P., Gubernatorova T.N. 2015. *Razrabotka i obosnovanie regional'nykh pokazateley kachestva vody po sodержaniyu tyazhelykh metallov dlya vodnykh ob"ektov basseyna Verkhney Kamy* [Development and Substantiation of Regional Water Quality Indicators for Heavy Metal Content for Water Bodies in the Upper Kama River Basin]. *Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 3: 50–64.
- Wozniak A.A., Lepikhin A.P. 2018. Development of Regional MPC: Necessity, Methodology, Example. *Geographical Bulletin*, 2(45): 103–115 (in Russian). <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-2-103-115>
- Vorobeva O.V., Filenko O.F., Medyankina M.V., Oganeseva E.V. 2019. *Razrabotka regional'nykh PDK dlya vody vodnykh ob"ektov rybokhozyaystvennogo znacheniya* [Development of Regional MPCs for the Water of Water Bodies of Fisheries Importance. Ecology of Production]. *Ekologiya proizvodstva*, 11: 32–37.
- Gabdullina R.I., Ipatova V.I. 2020. Assessment of Joint Action of Two Metals on the Microalgaculture. *Ecological Systems and Devices*, 8: 15–27 (in Russian). <https://doi.org/10.25791/esip.08.2020.1172>
- Gumilev L.N. 2007. *Etnogenez i biosfera Zemli* [Ethnogenesis and the Biosphere of the Earth]. Moscow, Publ. Eksmo, 736 p.
- Drovovozova T.I., Marygin V.O. 2022. Development of Regional MPCs for Watercourses: Erik Beshenny, Solenaya River of the Lower Don basin. *Prirodoobustrojstvo*, 5: 93–99 (in Russian). <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-5-93-99>
- Korshunova N.N., Shvets N.V. 2023. Regional Features of Changes in the Normals of the Main Climatic Parameters in Russia. *Hydrometeorological Research and Forecasting*, 1(387): 131–147 (in Russian). <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2023-1-131-147>
- Kotova E.I., Korobov V.B. 2023. Arctic Seas Coastal Zone as a Special Object of Ecological Monitoring. *Regional Environmental Issues*, 1: 44–51 (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2023-1-44-51>.
- Kotova E.I., Korobov V.B., Pavlenko V.I. 2018. Extreme Pollution in the Arctic Zone of the Russian Federation: Cases and Analysis. *Regional Environmental Issues*, 1: 67–72 (in Russian). <https://doi.org/10.24411/1728-323X-2018-11067>
- Kotova E.I., Korobov V.B., Shevchenko V.P. 2024. *Ekologicheskie problemy Rossiyskoy Arktiki* [Environmental Problems of the Russian Arctic]. Arkhangelsk, Publ. KIRA, 228 p.
- Lazarev I.S., Kochetova Zh.Yu., Budarina V.A., Kosinova I.I., Maslova N.V. 2022. Problems of Rationing the Quality of Surface Waters: Methods, Example. *Geopolitics and Ecogeodynamics of regions*, 8(2): 107–121 (in Russian).
- Makhinova A.F., Makhinov A.N. 2024. *Mekhanizmy kontsentrirvaniya i usloviya migratsii zagryaznyayushchikh veshchestv v reke Amur* [Mechanisms of Concentration and Conditions of Migration of Pollutants in the Amur River]. In: *Sovremennye problemy gidrometeorologii* [Modern

- Problems of Hydrometeorology]. Proceedings of the First Belarusian Geographical Congress, Minsk, 08–13 April 2024. Minsk, Publ. BSU: 315–319.
- Mechnikov L.I. 2013. Tsivilizatsiya i velikie istoricheskie reki [Civilization and the Great Historical Rivers]. Moscow, Publ. Ayris-press, 320 p.
- Novikov M.A., Draganov D.M. 2018. Estimation of Background Values of the Hg, Zn, Pb and Cr Content in the Water Masses of the Barents Sea. Bulletin of the Kamchatka regional association "Educational-scientific Center". Series: Earth Sciences, 1(37): 72–83 (in Russian).
- Ovsepyan A.E. 2022. Daily Dynamics of Mercury in Natural Waters and Factors Determining It. Moscow economic journal, 7(12): 28 (in Russian). https://doi.org/10.55186/2413046X_2022_7_12_738.
- Popov A.I. 2004. Guminovye veshchestva: svoystva, stroenie, obrazovanie [Humic Substances: Properties, Structure, and Formation]. SPb., Publ. Izd-vo Sankt-Peterburzhskogo universiteta, 248 p.
- Tarkhanov S.N. The Content of Sulfur and Heavy Metals in Soils and Needles of Coniferous Stands under Aerotechnogenic Pollution in the Severnaya Dvina River Basin. Lesovedeniye, 3: 26–33 (in Russian).
- Frumin G.T., Negodina E.S. 2025. Obosnovanie regional'nykh predel'no dopustimykh kontsentratsiy metallov v transgranichnykh vodnykh ob"ektakh. [Substantiation of Regional Maximum Permissible Concentrations of Metals in Transboundary Water Bodies]. Ekologicheskaya khimiya, 2(34): 87–93.
- Yanin E.P., Kuzmich V.N., Ivanitskiy O.M. 2016. Regional'naya prirodnyaya neodnorodnost' khimicheskogo sostava poverkhnostnykh vod sushi i neobkhodimost' ee ucheta pri otsenkakh ikh ekologicheskogo sostoyaniya i intensivnosti tekhnogenogo zagryazneniya [Regional Natural Heterogeneity of the Chemical Composition of Land Surface Waters and the Need to Take it Into Account when Assessing Their Ecological Status and the Intensity of Anthropogenic Pollution]. Problemy okruzhayushchey sredy i prirodnykh resursov, 6: 3–72.
- Cornelis R., Heinzow B., Herber R.F.M., Molin Christensen J., Poulsen O.M., ... Vesterberg O. 1996. Sample Collection Guidelines for Trace Elements in Blood and Urine. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 10: 103–127.
- Fedorov Yu.A., Ovsepyan A.E., Savitsky V.A., Zimovets A.A., Dotsenko I.V. 2019. Mercury in the Water of Small Rivers of the Onega Bay Basin of the White Sea. Doklady Earth Sciences, 487: 804–806. <https://doi.org/10.1134/S1028334X19070109>
- Mikhailenko A.V., Fedorov Yu.A., Mikhailevich A.I., Kostenko D.F. 2024. Mercury in the Landscape Components of the Don River Delta. E3S Web of Conferences, 555: 01006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202455501006>.
- Ovsepyan A.E., Fedorov Yu.A., Zimovets A.A., Savitsky V.A. 2016. Estimation of Mercury Accumulation in the Objects of Animate and Inanimate Nature in the North of European Russia. In the World of Scientific Discoveries, Series B, 4(1–2): 4–16.
- Zheng J. 2015. Archives of Total Mercury Reconstructed with Ice and Snow from Greenland and the Canadian High Arctic. The Science of the Total Environment, 509–510: 133–144.

*Поступила в редакцию 25.07.2025;
поступила после рецензирования 06.10.2025;
принята к публикации 24.11.2025*

*Received July 25, 2025;
Revised October 06, 2025;
Accepted November 24, 2025*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Коробов Владимир Борисович, доктор географических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории исследований и моделирования геоэкологических процессов Северо-Западного отделения, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir B. Korobov, Doctor of Geographical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Research and Modeling of Geoecological Processes of the Northwestern Branch, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Котова Екатерина Ильинична, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории исследований и моделирования геоэкологических процессов Северо-Западного отделения, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва, Россия; доцент кафедры транспорта, хранения нефти, газа и нефтегазопромыслового оборудования, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск, Россия

Ekaterina I. Kotova, Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher at the Laboratory for Research and Modeling of Geocological Processes of the Northwestern Branch, Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; Associate Professor of the Department of Transport, Oil, Gas Storage and Oil and Gas Field Equipment, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

Овсепян Ася Эмильевна, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры физической географии, экологии и охраны природы Института наук о Земле, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Asya E. Ovsepyan, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Physical Geography, Ecology and Nature Protection of the Institute of Earth Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia