

© Авторы, 2025 г.
Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)



© The Authors, 2025.
Content is available under Creative Commons Attribution License 4.0 International (CC BY 4.0)

УДК 504.064:504.423

<https://doi.org/10.30730/gtr.2025.9.1.092-106>
<https://www.elibrary.ru/awwefw>

Подход к определению региональных нормативов содержания веществ двойного генезиса в морских водах побережья юго-западного Сахалина с учетом естественного гидрохимического фона

Т. Г. Коренева[@], И. В. Сырбу, А. А. Ведерникова, В. Е. Марыжихин, А. Д. Мазанова
^{@E-mail:} korenevatg@sakhniro.vniro.ru

Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия

Резюме. Сохранение стабильного функционирования прибрежных морских экосистем в условиях трансформирующегося антропогенного воздействия требует объективной оценки их экологического состояния. Регламентация веществ двойного генезиса – природного и антропогенного – с использованием общероссийских нормативов предельно допустимых концентраций не всегда достоверно характеризует благополучие водных объектов. В связи с этим предложены уточнения к определению региональных нормативов содержания ряда веществ с учетом природного гидрохимического фона. На основе статистической обработки данных гидрохимического мониторинга побережья юго-западного Сахалина за 2007–2022 гг. с использованием параметрических и непараметрических методов установлено, что фоновые (природные) содержания ряда веществ двойного генезиса превышают или находятся значительно ниже общероссийских нормативов. В перечень показателей состояния вод, требующих регламентации с учетом сложившихся природно-климатических условий, включены следующие вещества – азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный, фосфор фосфатный, железо (общее), биохимическое потребление кислорода, фенолы и нефтепродукты. При установлении региональных нормативов более корректным для расчета фоновых концентраций отдельных веществ признано использование нижней границы квантиля порядка 0.75 ($P = 0.95$), учитывающего особенности распределений для наиболее неблагоприятных в отношении качества воды полигона и сезона года.

Ключевые слова: побережье юго-западного Сахалина, предельно допустимая концентрация (ПДК), региональный норматив, вещества двойного генезиса

An approach to determining regional standards for the concentration of natural or anthropogenic substances in the coastal waters of southwestern Sakhalin, taking into account the natural hydrochemical background

Tatyana G. Koreneva[@], Irina V. Syrbu, Anna A. Vedernikova, Vsevolod E. Maryzhikhin, Anastasia D. Mazanova

^{@E-mail:} korenevatg@sakhniro.vniro.ru

Sakhalin Branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia

Abstract. Preserving stable functioning of coastal marine ecosystems under transforming anthropogenic impact requires an objective assessment of their ecological state. Regulation of natural or anthropogenic substances using the all-Russian standards of maximum allowable concentrations does not always reliably evaluate the well-being of water bodies. Therefore, existing approaches to determining regional standards of the concentration of some substances were

clarified, taking into account the natural hydrochemical background. Based on the statistical processing of hydrochemical monitoring data of the southwestern coast of Sakhalin from 2007 to 2022, using parametric and non-parametric methods, it was established that the background concentrations of some natural or anthropogenic substances exceed or are significantly lower than the all-Russian standards. The list of indicators of water state that require regulation, taking into account the current natural and climatic conditions, includes the following substances: nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, ammonium nitrogen, phosphate phosphorus, iron (total), biochemical oxygen demand, phenols, and petroleum products. When establishing regional standards, it was recognized that it was more correct to use the lower quantile limit of 0.75 ($P = 0.95$) for calculating background concentrations of individual substances, which considers the distribution features for the most unfavorable testing site and season of the year in terms of water quality.

Keywords: southwestern coast of Sakhalin, maximum allowable concentration, regional standard, natural and anthropogenic substances

Для цитирования: Коренева Т.Г., Сырбу И.В., Ведерникова А.А., Марыжихин В.Е., Мазанова А.Д. Подход к определению региональных нормативов содержания веществ двойного генезиса в морских водах побережья юго-западного Сахалина с учетом естественного гидрохимического фона. *Геосистемы переходных зон*, 2025, т. 9, № 1, с. 92–106. <https://doi.org/10.30730/grtz.2025.9.1.092-106>; <https://www.elibrary.ru/awwefit>

For citation: Koreneva T.G., Syrbu I.V., Vedernikova A.A., Maryzhikhin V.E., Mazanova A.D. An approach to determining regional standards for the concentration of natural or anthropogenic substances in the coastal waters of southwestern Sakhalin, taking into account the natural hydrochemical background. *Geosistemy perexodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2025, vol. 9, No. 1, pp. 92–106. (In Russ., abstr. in Engl.). <https://doi.org/10.30730/grtz.2025.9.1.092-106>; <https://www.elibrary.ru/awwefit>

Финансирование и благодарности

Исследования выполнены в рамках государственного задания ГНЦ РФ ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» (№ 076-00004-23-00).

Авторы выражают искреннюю признательность сотрудникам лаборатории аквакультуры беспозвоночных и водорослей Сахалинского филиала ВНИРО за помощь при выполнении экспедиционных работ. Особая благодарность начальнику отдела рыбохозяйственной экологии Департамента водных биоресурсов и среды их обитания ВНИРО Е.В. Оганесовой за ценные советы при подготовке работы.

Funding and Acknowledgements

The research was carried out within the framework of the state assignment of the State Scientific Center of the Russian Federation the Federal State Budgetary Institute “All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography” (No. 076-00004-23-00). The authors express their sincere gratitude to the staff of the Laboratory of aquaculture of invertebrates and algae of the Sakhalin Branch of the VNIRO for their assistance in carrying out the fieldwork. Special thanks go to the Head of the Fisheries Ecology Department of the Department of Aquatic Bioresources and Their Habitats at the VNIRO E. Oganeso for her valuable advice during the preparation of the study.

Введение

Для оценки состояния вод водных объектов рыбохозяйственного значения установлено, согласно Приказу Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552¹, более 1000 нормативов и предельно допустимых концентраций (ПДК_{рх}) загрязняющих веществ. Основным недостатком процедуры установления ПДК_{рх} является отсутствие критериев перехода от лабораторных моделей к водным объектам, характеризующимся региональными природными услови-

ями и особенностями состояния, что приводит к недоучету специфики функционирования экосистем и процессов взаимодействия их компонентов [1, 2]. Использование одинаковых для всей России ПДК_{рх} наиболее опасно с точки зрения ошибочных оценок в отношении веществ двойного генезиса, образующихся в природных водах как по естественным причинам, так и в результате антропогенного воздействия. Поскольку водные объекты различных природно-климатических зон и геохимических провинций характеризуются широким спек-

¹ Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения 26.06.2024).

тром химических веществ, естественные концентрации которых часто оказываются выше ПДК_{рх}, оценка экологического состояния водных экосистем требует учета природной составляющей гидрохимического фона [3]. Кроме того, негативное воздействие на состояние водных объектов может наблюдаться при концентрациях химических веществ значительно более низких, чем ПДК_{рх}. К таковым относятся соединения биогенных элементов, активно участвующих в продукционных процессах и определяющих характер структуры и функционирования водных экосистем [4]. Происходящие в них изменения гидрохимических условий под влиянием естественных причин и человеческой деятельности могут приводить к активизации процессов эвтрофирования природных вод. Поэтому нормирование содержания биогенных элементов с использованием относительно высоких общероссийских ПДК_{рх} далеко не всегда приемлемо с экологических позиций. Объективная оценка благополучия водных экосистем требует учета природных особенностей их формирования и состояния.

Для природных вод Дальневосточного региона практически повсеместно характерно повышенное содержание органических веществ, в том числе фенолов, в отдельных случаях нефтепродуктов, обусловленное в большей степени естественными процессами их продуцирования. Для поверхностных пресных вод Сахалина часто фиксируют превышающие ПДК_{рх} природные концентрации биогенных элементов, в частности азота и фосфора. Особенно высокие содержания последних наблюдаются в воде рек осенью после нереста лососевых пород рыб [4, 5]. Для морских вод побережья юго-западного Сахалина, напро-

тив, характерны низкие уровни содержания биогенных элементов в воде [6–8], и применение общероссийских ПДК_{рх} приводит к неоднозначной оценке их качества. В условиях антропогенного воздействия на побережье Сахалина при освоении и эксплуатации нефтегазовых месторождений на шельфе острова проблема объективного анализа состояния компонентов его экосистемы становится все более актуальной.

Нормирование веществ двойного генезиса, концентрации которых в природных водах отдельных геохимических провинций часто оказываются выше или ниже нормативов ПДК_{рх}, предусмотрено Методическими указаниями². Более того, требование разработки и установления региональных нормативов качества воды в рамках регулярных наблюдений за состоянием окружающей среды определено в Постановлении Правительства РФ от 13.02.2019 № 149 (п. 5, 6)³.

Цель исследования – на основе данных многолетнего мониторинга морской прибрежной акватории у юго-западного Сахалина предложить перечень нормируемых веществ двойного генезиса и подход к определению региональных нормативов их содержания с учетом естественного гидрохимического фона.

Материал и методы исследования

Объект исследования – район Татарского пролива, вызывающий большой интерес в связи с использованием его биологических ресурсов. Он расположен у юго-западного побережья Сахалина в границах координат 47.08.469° N, 142.03.267° E – 46.32.399° N, 141.48.554° E (рис. 1). Материалы исследова-

² Приказ Федерального агентства по рыболовству от 04.08.2009 г. № 695 «Об утверждении Методических указаний по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/902172637> (дата обращения 07.10.2024).

³ Постановление Правительства Российской Федерации от 13 февраля 2019 года № 149 «О разработке, установлении и пересмотре нормативов качества окружающей среды для химических и физических показателей состояния окружающей среды, а также об утверждении нормативных документов в области охраны окружающей среды, устанавливающих технологические показатели наилучших доступных технологий». [Электронный ресурс]. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201902190010> (дата обращения 07.10.2024).

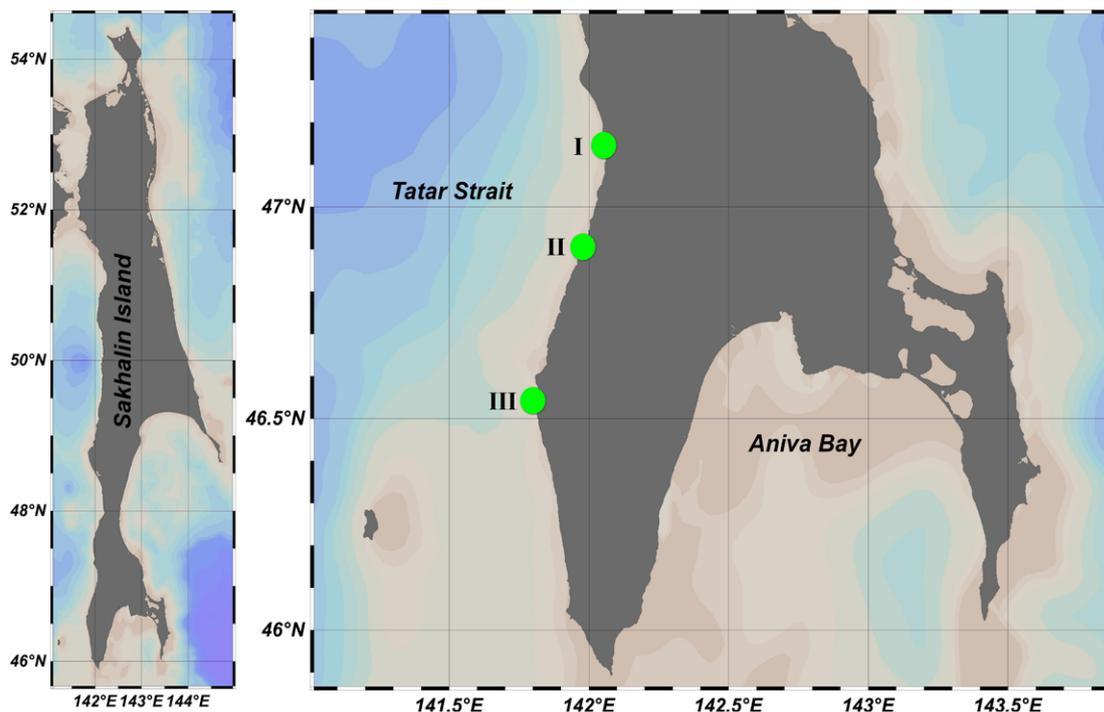


Рис. 1. Карта-схема полигонов у юго-западного побережья Сахалина: I – Антоново; II – Люблино; III – Шебунино.
 Fig. 1. Schematic map of testing sites off the southwestern coast of Sakhalin: I, Antonovo; II, Lyublino; III, Shebunino.

ния – пробы воды в количестве более 5 тыс. шт., отобранные на прибрежных полигонах в период 2007–2022 гг. в рамках гидрохимического мониторинга. Критериями выбора полигонов служили однотипность их водосборного бассейна, геоморфологического строения мелководной зоны, гидрологических условий, а также отсутствие значимых источников антропогенного загрязнения (промышленных и с/х предприятий, крупных населенных пунктов, портовой инфраструктуры и т.д.). Объем и периодичность отбора проб соответствовали требованиям Росгидромета⁴. Исследования охватывали все гидрологические сезоны, сроки наступления и продолжительность которых установлены с учетом годового хода температуры водных масс [9].

Пробы воды на каждом полигоне отбирали на трех станциях – прибрежной; внутрилагунной, расположенной на расстоянии 200–250 м от уреза воды; морской. В зависимости от глубины станции определяли количество гори-

зонтов отбора: до 1.5 м – один (поверхность); более 1.5 м – два (поверхность, дно). Отбор проб на мелководье осуществляли специально подготовленными емкостями, на глубоководных станциях – при помощи пробоотборной системы ПЭ-1420 («Экрос», Россия) с борта моторной лодки. Исследования выполняли по 20 ингредиентам на базе аккредитованной лаборатории Сахалинского филиала ВНИРО.

Выбор нормируемых веществ проводили исходя из того, соответствуют ли их природные (фоновые) концентрации нормативам для водных объектов рыбохозяйственного значения. Обнаруженные несоответствия свидетельствовали о некорректности применения ПДК_{рх} для характеристики благополучия прибрежной экосистемы. Следовательно, в данном случае региональные нормативы требовали уточнения с учетом природной составляющей гидрохимического фона. В итоговом списке оказались вещества двойного генезиса, которые включают биогенные элементы – азот

⁴ РД 52.24.622-2017 Порядок проведения расчета условных фоновых концентраций химических веществ в воде водных объектов для установления нормативов допустимых сбросов сточных вод. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/555606876> (дата обращения 27.06.2024).

нитритный ($N-NO_2$), азот нитратный ($N-NO_3$), азот аммонийный ($N-NH_4$), фосфор фосфатный ($P-PO_4$), общее железо ($Fe_{\text{общ}}$), а также органические вещества (ОВ) – легко окисляемые, оцениваемые по величине биохимического потребления кислорода (BPK_5), и трудно окисляемые (фенолы и нефтепродукты (НП)). Определение массовых концентраций данных веществ в воде осуществляли с применением аттестованных методик⁵.

Статистический анализ массива данных, полученных по единым методам отбора и анализа проб, осуществляли с помощью пакета программ «MS Excel» и «Statistika 10.0». Значения, находящиеся ниже предела обнаружения методик, принимали за 1/2 от его величины. Исходные данные проверяли на нормальность распределения с помощью теста Колмогорова–Смирнова и по основным характеристикам выборки – среднему значению (C_{cp}), коэффициентам вариации (C_v), асимметрии (A_s) и эксцесса (Ex). Фоновые сезонные концентрации веществ для каждого полигона устанавливали по их средним значениям после исключения непоказательных экстремальных данных ($C_{0.5}$), а также по нижней границе квантиля порядка 0.75 ($C_{0.75}$) с одинаковым уровнем доверительной вероятности ($P = 0.95$). Фоновые концентрации веществ двойного генезиса в воде побережья у юго-западного Сахалина рассчитывали также с применением двух подходов – по верхней доверительной границе варьирования средних значений концентрации ($C_{\text{фон } 0.5}$) (согласно РД 52.24.622-2017) и по нижней границе 0.75 квантиля ($C_{\text{фон } 0.75}$) [10] для наиболее неблагоприятных в отно-

шении качества воды полигона и сезона года. Для обоснования разработки региональных нормативов ($ПДК_{\text{пер}}$) веществ двойного генезиса использовали принципы, основанные на учете региональных особенностей формирования и состояния водных объектов, и методы с применением непараметрических критериев оценки гидрохимической информации, изложенные в ряде работ [10–13].

Результаты исследования

Для рядов данных, сформированных по результатам гидрохимического мониторинга у побережья юго-западного Сахалина в 2007–2022 гг., рассчитали сезонные и годовые среднемноголетние статистические характеристики концентраций веществ двойного генезиса для каждого полигона и для района в целом (табл. 1). Анализ полученной информации выявил значительные пределы варьирования изученных показателей ($C_v = 71–261\%$). Проверка рядов исходных данных на нормальность показала, что функции их распределения не подчиняются нормальному закону. Отмечена значительная положительная асимметрия ($A_s = 0.32–1.14$) и остроконечный пик ($Ex = 20–84$) распределений концентрации всех ингредиентов. Их средние многолетние значения на отдельных станциях достоверно не различаются ($p < 0.05$; $n = 72–347$), на полигонах отмечено достоверное различие ($p < 0.05$; $n = 91–274$). Так, наиболее высокие концентрации биогенных элементов и нефтепродуктов в воде наблюдаются на полигоне I,

⁵ Методика измерения массовой концентрации нитритного азота и массовой концентрации нитратного азота в природных (морских и пресных) водах и очищенных сточных водах фотометрическим методом. Разраб. ФГУП «СахНИРО», св-во о метрологической аттестации методики измерений № 223.0178/01.00258/2014. Южно-Сахалинск, 2014. 27 с.; РД 52.10.772-2013 Массовая концентрация азота аммонийного в морских водах: Методика измерения фотометрическим методом в виде индофенолового синего. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200113208> (дата обращения 27.06.2024); РД 52.10.738–2010 Массовая концентрация фосфатов в морских водах: Методика измерений фотометрическим методом. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200088047> (дата обращения 27.06.2024); ПНД Ф 14.2:3:4.123-97 (ФР.1.31.2007.03796) Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода после n-дней инкубации (БПКполн.) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. М.: ФГУ «ФЦАО», 2004. 15 с.; ПНД Ф 14.1:2:4.182-02 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций фенолов в пробах природной, питьевой и сточной воды на анализаторе «Флюорат-02». М.: НПО «Люмэкс», 2010. 29 с.; ПНД Ф 14.1:2:4.128-96 (М 01-05-2012) Методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод на анализаторе жидкости «Флю-орат-02»). М.: НПО «Люмэкс», 2012. 25 с.; РД 52.24.358-2019 Массовая концентрация железа общего и железа валового в водах. Методика измерений фотометрическим методом с 110-фенантролином. Ростов-на-Дону: ФГБУ «ГХИ», 2019. 21 с.

Таблица 1. Статистические характеристики концентраций веществ двойного генезиса на прибрежных полигонах юго-западного Сахалина, 2007–2022 гг.
Table 1. Statistical characteristics of natural or anthropogenic substances in testing sites off the southwestern coast of Sakhalin from 2007 to 2022

Полигон	Сезон	N-NO ₂ , мкг/дм ³	N-NO ₃ , мкг/дм ³	N-NH ₄ ⁺ , мкг/дм ³	P-PO ₄ ⁻³ , мкг/дм ³	БПК ₅ , мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	НП, мг/дм ³	Fe _{общ} , мг/дм ³
I	Зима	<0.5–30.70 2.26±0.46	<5.0–311.8 59.5±7.2	<20.0–114.1 45.3±3.7	<5.0–123.3 19.8±2.2	<0.5–4.22 1.42±0.14	<0.0005–0.0026 0.0005±0.0001	<0.005–0.222 0.019±0.007	<0.02–0.537 0.062±0.010
	Весна	<0.5–12.90 1.65±0.14	<5.0–654.7 51.2±7.0	<20.0–97.9 34.3±2.1	<5.0–399.1 24.0±2.3	<0.5–3.06 1.11±0.07	<0.0005–0.0020 0.0007±0.0001	<0.005–0.740 0.023±0.010	<0.02–0.591 0.093±0.009
	Лето	<0.5–14.37 1.64±0.20	<5.0–191.1 17.3±3.1	<5.0–445.2 40.4±8.7	<5.0–489.4 47.6±9.2	<0.5–4.01 1.11±0.10	<0.0005–0.0020 0.0009±0.0001	<0.005–0.180 0.016±0.004	<0.02–2.299 0.104±0.034
	Осень	<0.5–18.50 1.95±0.25	<5.0–130.5 42.0±3.5	<20.0–124.3 32.4±2.5	<5.0–45.4 13.6±1.0	<0.5–3.49 1.25±0.11	<0.0005–0.0010 <0.0005	<0.005–0.175 0.012±0.005	<0.02–1.304 0.107±0.023
	Год	<0.5–30.7 1.88±0.26	<5.0–654.7 42.5±5.2	<5.0–445.2 38.1±4.3	<5.0–489.4 26.3±3.7	<0.5–4.22 1.22±0.11	<0.0005–0.0026 0.0006±0.0001	<0.005–0.740 0.018±0.007	<0.02–2.299 0.092±0.019
II	Зима	<0.5–3.60 2.19±0.18	<5.0–147.1 34.4±6.9	<20.0–289.3 50.5±10.3	<5.0–42.1 16.4±1.9	<0.5–5.41 1.46±0.24	<0.0005–0.0020 0.0006±0.0001	<0.005–0.190 0.018±0.007	<0.02–0.150 0.041±0.007
	Весна	<0.5–5.80 1.27±0.28	<5.0–127.9 20.5±6.1	<20.0–86.0 24.8±4.0	<5.0–60.5 11.0±2.4	<0.5–7.00 1.52±0.22	<0.0005–0.0018 0.0006±0.0001	<0.005–0.112 0.018±0.004	<0.02–0.383 0.075±0.017
	Лето	<0.5–2.70 1.06±0.19	<5.0–240.4 20.9±13.1	<20.0–58.3 <20.0	<5.0–103.9 21.9±6.6	<0.5–2.80 1.82±0.14	<0.0005–0.0019 0.0008±0.0002	<0.005–0.011 0.006±0.001	<0.02–0.096 0.041±0.006
	Осень	<0.5–12.45 1.72±0.36	<5.0–106.3 36.6±7.2	<20.0–58.7 20.8±3.3	<5.0–30.5 12.8±1.6	<0.5–1.80 0.96±0.09	<0.0005–0.0012 <0.0005	<0.005–0.027 0.008±0.001	<0.02–0.158 0.051±0.008
	Год	<0.5–12.45 1.56±0.26	<5.0–240.4 28.1±8.3	<20.0–289.3 26.5±5.9	<5.0–103.9 14.9±3.1	<0.5–7.00 1.42±0.17	<0.0005–0.0020 0.0005±0.0001	<0.005–0.190 0.013±0.003	<0.02–0.383 0.052±0.010
III	Зима	<0.5–5.20 1.63±0.17	<5.0–408.8 39.7±7.5	<20.0–137.9 40.3±4.9	<5.0–239.9 16.2±3.9	<0.5–10.01 1.41±0.23	<0.0005–0.0015 <0.0005	<0.005–0.067 0.009±0.001	<0.02–0.407 0.062±0.010
	Весна	<0.5–9.49 1.42±0.20	<5.0–149.5 11.2±3.1	<20.0–85.0 28.7±2.9	<5.0–181.9 15.7±3.5	<0.5–5.02 1.44±0.13	<0.0005–0.0048 0.0007±0.0002	<0.005–0.099 0.018±0.003	<0.02–0.849 0.117±0.018
	Лето	<0.5–4.20 0.74±0.10	<5.0–27.0 <5.0	<20.0–85.1 20.5±2.7	<5.0–170.4 14.1±3.5	0.71–2.99 1.70±0.10	<0.0005–0.0023 0.0007±0.0001	<0.005–0.130 0.017±0.004	<0.02–0.598 0.083±0.015
	Осень	<0.5–9.71 1.76±0.29	<5.0–136.3 47.8±5.3	<20.0–143.2 26.6±4.6	<5.0–130.3 16.3±2.9	<0.5–3.70 1.39±0.11	<0.0005–0.0018 0.0006±0.0001	<0.005–0.028 0.008±0.001	<0.02–0.919 0.107±0.023
	Год	<0.5–9.7 1.39±0.19	<5.0–408.8 25.3±5.3	<20.0–143.2 29.0±3.8	<5.0–239.9 15.6±3.5	<0.5–10.01 1.49±0.14	<0.0005–0.0048 0.0007±0.0001	<0.005–0.130 0.013±0.002	<0.02–0.919 0.092±0.017
Для района в целом		<0.5–30.70 1,54±0,24	<5.0–654.7 32,0±6,3	<20.0–445.2 31,2±4,7	<20.0–489.4 18,9±3,4	<0.5–10,01 1,38±0,14	<0.0005–0.0048 0.0006±0.0001	<0.005–0.740 0.015±0.004	<0.02–2.299 0.079±0.015
C _V		161	169	126	204	71	108	261	178
A _S		0.53	0.55	0.57	0.43	1.14	0.56	0.32	0.49
E _X		82	32	30	62	20	28	52	84

Примечания. Верхняя строка – пределы концентраций, нижняя – среднее значение с ошибкой среднего (P = 0.95). Коэффициенты: C_V – вариации, A_S – асимметрии, E_X – эксцесса.

Notes. The top line is concentration limits, the bottom line is the average value with an error of the average (P = 0.95). Coefficients: C_V – variations; A_S – asymmetries; E_X, kurtosis.

Таблица 2. Значения фоновых сезонных концентраций веществ двойного генезиса со стандартной ошибкой на прибрежных полигонах юго-западного Сахалина, рассчитанные по квантилям порядка 0.5 ($C_{0.5}$) и 0.75 ($C_{0.75}$) ($P = 0.95$).

Table 2. Background seasonal concentration values of natural or anthropogenic substances with a standard error in testing sites off the southwestern coast of Sakhalin calculated by quantiles of 0.5 ($C_{0.5}$) and 0.75 ($C_{0.75}$), ($P = 0.95$).

Полигон	Сезон	Показатель									
		N-NO ₃ , мкг/дм ³	N-NO ₃ , мкг/дм ³	N-NH ₄ , мкг/дм ³	P-PO ₄ , мкг/дм ³	БПК ₅ , мг/дм ³	Фенолы, мг/дм ³	НП, мг/дм ³	Fe _{общ} , мг/дм ³		
I	$C_{0.5}$	Зима	1.35±0.11	52.8±5.6	45.3±3.7	18.5±1.6	1.11±0.13	<0.0005	0.007±0.001	0.049±0.005	
		Весна	1.14±0.12	26.6±4.6	34.3±2.1	20.1±1.6	1.25±0.11	0.0007±0.0001	0.012±0.003	0.079±0.005	
		Лето	0.58±0.10	<5.0	<20.0	16.6±2.3	1.11±0.12	0.0009±0.0001	0.008±0.001	0.059±0.005	
		Осень	1.33±0.12	42.6±4.0	32.4±2.7	13.8±1.1	1.21±0.10	<0.0005	0.006±0.001	0.050±0.005	
	$C_{0.75}$	Зима	2.15±0.67	83.3±7.2	65.8±3.8	20.6±2.2	2.11±0.20	<0.0005	0.008±0.005	0.069±0.009	
		Весна	1.79±0.19	36.2±9.5	54.1±3.7	29.0±3.1	1.53±0.13	0.0011±0.0001	0.018±0.005	0.127±0.009	
		Лето	0.92±0.22	5.2±4.5	22.2±8.1	22.0±8.8	1.53±0.11	0.0015±0.0001	0.017±0.003	0.098±0.025	
		Осень	2.04±0.15	72.1±4.0	32.4±3.1	20.4±0.9	1.47±0.11	<0.0005	0.012±0.004	0.087±0.020	
	II	$C_{0.5}$	Зима	1.60±0.20	29.3±6.5	35.2±5.2	12.2±1.7	1.19±0.22	<0.0005	0.009±0.002	0.044±0.005
			Весна	1.10±0.22	20.9±2.5	24.2±3.3	7.8±1.4	1.20±0.13	0.0005±0.0001	0.011±0.002	0.048±0.004
			Лето	0.61±0.19	<5.0	<20.0	5.6±4.0	1.77±0.54	0.0007±0.0001	0.006±0.001	0.041±0.006
			Осень	1.34±0.31	49.1±5.9	20.8±3.1	10.0±1.6	0.46±0.09	<0.0005	0.007±0.001	0.039±0.004
$C_{0.75}$		Зима	2.02±0.13	38.9±7.8	48.1±10.2	15.5±1.7	1.88±0.23	0.0006±0.0001	0.015±0.005	0.057±0.007	
		Весна	1.42±0.20	23.8±10.3	27.9±3.9	10.2±1.6	1.60±0.21	0.0009±0.0001	0.017±0.005	0.065±0.015	
		Лето	0.82±0.20	11.8±12.7	<20.0	9.1±2.2	1.86±0.13	0.0011±0.0002	0.007±0.002	0.055±0.005	
		Осень	1.79±0.25	64.4±6.7	20.1±3.0	13.4±6.0	1.78±0.09	<0.0005	0.009±0.003	0.073±0.005	
III		$C_{0.5}$	Зима	1.30±0.14	32.1±4.4	40.3±4.9	12.1±0.94	1.15±0.12	<0.0005	0.007±0.001	0.044±0.004
			Весна	1.12±0.13	20.9±1.6	27.6±2.8	11.2±1.3	1.30±0.08	0.0006±0.0005	0.012±0.002	0.090±0.009
			Лето	0.67±0.02	<5.0	<20.0	10.9±0.19	1.46±0.02	0.0007±0.0004	0.011±0.001	0.063±0.001
			Осень	1.25±0.17	44.2±5.0	20.0±2.5	13.7±1.3	1.39±0.11	0.0006±0.0004	0.008±0.001	0.053±0.014
	$C_{0.75}$	Зима	1.92±0.17	46.4±7.5	52.9±4.8	17.8±3.8	1.68±0.22	0.0006±0.0001	0.008±0.001	0.059±0.010	
		Весна	1.37±0.16	26.4±3.0	47.8±2.9	15.4±3.3	1.80±0.13	0.0009±0.0001	0.017±0.003	0.137±0.018	
		Лето	0.92±0.08	5.8±4.9	25.5±2.6	13.7±0.44	1.79±0.08	0.0010±0.0001	0.015±0.002	0.101±0.007	
		Осень	1.71±0.28	67.4±5.3	25.2±4.5	21.1±2.9	1.77±0.12	0.0008±0.0001	0.009±0.001	0.100±0.015	

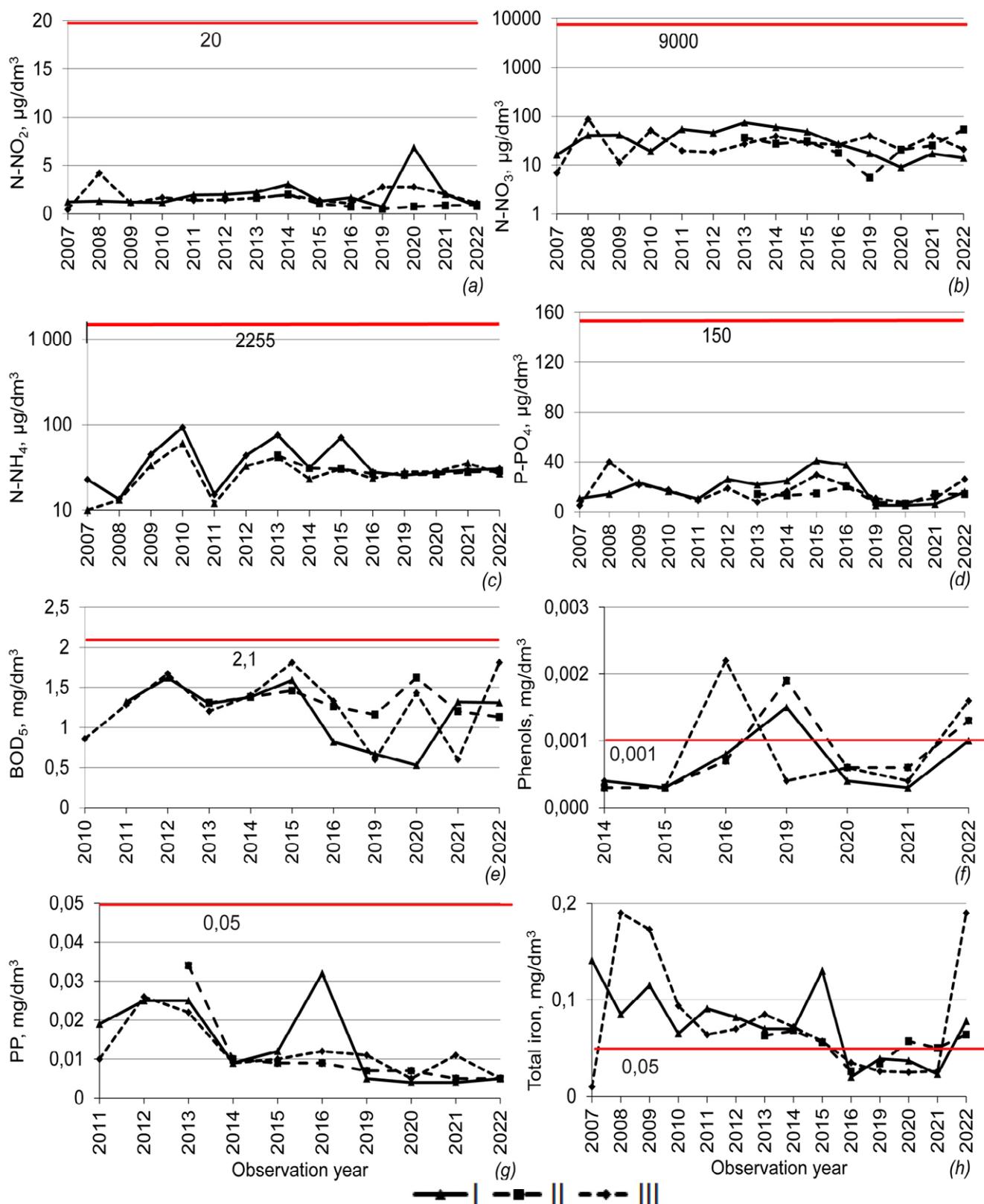


Рис. 2. Среднегодовые значения гидрохимических показателей в воде прибрежных полигонов (см. рис. 1) юго-западного побережья Сахалина относительно нормативов ПДК_{рх} (красная линия на графиках), 2007–2022 гг.

Fig. 2. Average annual values of hydrochemical parameters in the waters of testing sites (see in Fig. 1) off the southwestern coast of Sakhalin relative to the standards and maximum allowable concentrations (red line on the graphs) from 2007 to 2022.

Таблица 3. Средние и фоновые концентрации веществ двойного генезиса в воде прибрежья юго-западного Сахалина по данным 2007–2022 гг.**Table 3.** Average and background concentrations of natural or anthropogenic in the waters off the southwestern coast of Sakhalin according to the data from 2007 to 2022

Показатель	Объем выборки	C_{cp}	$C_{фон 0.5}$	$C_{фон 0.75}$	Нормативы ПДК _{рх}
N-NO ₂ , мкг/дм ³	821	1.7	1.9	2.2	20
N-NO ₃ , мкг/дм ³	821	32.0	64.1	83.3	9000
N-NH ₄ , мкг/дм ³	766	31.2	52.6	65.8	2300
P-PO ₄ , мкг/дм ³	821	18.9	22.6	29.0	150
БПК ₅ , мг/дм ³	501	1.38	1,87	2.11	Не более 2.1
Фенолы, мг/дм ³	274	0.0006	0.0011	0.0015	0.001
НП, мг/дм ³	483	0.015	0.017	0.018	0.05
Fe _{общ} , мг/дм ³	657	0.079	0.108	0.137	0.05

Примечание. Выделены значения показателей, превышающие ПДК_{рх}.*Note.* Indicator values exceeding the maximum permissible concentration for fishery water bodies are highlighted.

а легко окисляемых органических веществ (по БПК₅) – на полигоне III. Пониженные среднесезонные уровни всех гидрохимических показателей характерны для полигона II.

Фоновые сезонные концентрации (табл. 2) свидетельствуют, что доминирующей формой минерального азота в водах прибрежья юго-западного Сахалина является N-NO₃, на его долю приходится до 50 % от суммы всех форм минерального азота. Максимум концентрации нитратов наблюдается осенью и зимой, минимум – летом. Для летнего периода характерны также наиболее низкие в сезонной динамике содержания N-NO₂, N-NH₄ и P-PO₄, некоторый рост их наблюдается осенью и зимой. Повышенное количество Fe_{общ} и НП отмечено весной, фенолов – весной и летом, значение БПК₅ в сезонном аспекте изменяется слабо.

Сравнение среднесезонных статистических характеристик, рассчитанных для всего массива данных (табл. 1), и фоновых сезонных концентраций гидрохимических показателей (табл. 2) с федеральными нормативами показало отклонение от требований к качеству воды объектов рыбохозяйственного значения для одного ингредиента – Fe_{общ}. Его среднесезонные, годовые и фоновые концентрации на отдельных полигонах и в целом по району были выше ПДК_{рх} в 1.04–2.0 раза. Вместе

с тем максимальные концентрации превышали установленные нормативы по большинству показателей: для N-NO₂ – в 1.5 раза; P-PO₄ – в 3.3; БПК₅ и фенолам – в 4.8; НП – в 14.8; Fe_{общ} – в 46 раз. Нарушения требований ПДК_{рх} в отдельные годы отмечены также для среднегодовых содержаний фенолов в 1.5–2.2 раза (рис. 2 f) и Fe_{общ} в 1.4–3.6 раза (рис. 2 h), тогда как для остальных ингредиентов они соответствовали установленным нормативам (рис. 2 a–e, g). Различия между максимальными и минимальными среднегодовыми концентрациями в период мониторинга достигают 10–14 раз для минеральных форм азота и фосфора, а для БПК₅, железа общего, нефтепродуктов и фенолов снижаются до 4–7 раз.

Фоновые концентрации веществ двойного генезиса в воде изученного района у юго-западного Сахалина, рассчитанные по наиболее загрязненному полигону и наиболее неблагоприятному сезону года с использованием двух подходов (табл. 3), для ряда показателей (N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄, НП) лежат значительно ниже рыбохозяйственных нормативов ПДК. Повышенную относительно нормативов ПДК_{рх} природную концентрацию, оцененную по верхнему доверительному интервалу ее среднего значения (при P = 0.95), имеют два показателя – фенолы и Fe_{общ}.

При применении квантиля порядка 0.75 фоновые уровни, превышающие установленные рыбохозяйственные нормативы, имеют три показателя – БПК₅, фенолы и Fe_{общ}.

Обсуждение результатов

Результаты данных экологического мониторинга показали значительную изменчивость гидрохимических показателей в прибрежье у юго-западного Сахалина, что отражают соответствующие им высокие коэффициенты вариации (табл. 1). Неоднородность распределения веществ двойного генезиса, которыми являются изученные ингредиенты, обусловлена взаимодействием большого числа факторов различной природы, в том числе – особенностями взаимодействия поверхностного стока с подстилающей поверхностью на водосборе [4], гидродинамическим режимом акватории и антропогенным прессом [8, 14–16]. Вместе с тем сходство климатических условий, однотипность водосборного бассейна и отсутствие признаков техногенного загрязнения обусловили отсутствие достоверных различий гидрохимических условий на отдельных станциях. Гидрохимический режим изученной акватории в значительной мере определяется естественными природными факторами, о чем свидетельствуют гораздо более низкие содержания нефтепродуктов, а также минеральных форм азота и фосфора, чем ПДК_{рх}. Причиной повышенных концентраций фенолов в воде на отдельных полигонах может быть деятельность живых организмов (морские растения и животные, гетеротрофные бактерии) в береговой зоне [17, 18]. Высокое содержание Fe_{общ} типично для вод прибрежья Сахалина в связи с почвенно-геохимическими условиями водосборной территории [7, 15].

Сезонная динамика среднесезонных концентраций минеральных форм азота и фосфора у юго-западного побережья Сахалина обусловлена продукционно-деструкционными процессами, прибрежным апвеллин-

гом, поступлением соединений биогенных элементов в воды с водосборной территории [7, 8, 19]. Очевидно, что снижение содержания биогенных элементов в прибрежных водах летом (табл. 2) связано с их утилизацией автотрофными водорослями, а рост осенью и зимой – с подъемом богатых биогенными элементами глубинных вод и терригенным стоком. При отсутствии значимых антропогенных источников загрязнения повышенные концентрации фенолов летом в условиях максимального прогрева вод, по-видимому, обусловлены процессами метаболизма растительных организмов [20], обилие которых отмечается на донном грунте и в береговой зоне. Речные воды, наибольшее влияние которых наблюдается весной [21, 22], приносят с водосборной территории повышенные количества НП и Fe_{общ}.

Исходя из того, что функции распределения рядов исходных данных не подчиняются нормальному закону ($p < 0.05$), использование традиционных схем расчета их статистических характеристик, основанных на представлении о нормальности распределений ингредиентов, некорректно и возможно только после исключения экстремальных непоказательных значений. Однако процедура такой отбраковки является сомнительной, поскольку может привести к недоучету концентраций, имеющих другой по сравнению с основным массивом данных генезис и механизм формирования [23]. В качестве определенного компромисса в научной литературе расчет фоновых характеристик гидрохимических показателей, распределение которых отклоняется от нормального, осуществляют по нижней границе квантиля порядка 0.75 ($P = 0.95$) [10–13]. Данный расчет за рубежом используют при установлении целевых показателей качества воды [24, 25], а также в качестве «желательного» показателя [26]. Характеристики гидрохимического фона, полученные по средним значениям и с применением квантиля определенного порядка, принципиально различны: в первом случае наблюдается их увеличение с уменьшением объема выборки,

а во втором – снижение, что методически более обоснованно [10].

Рассчитанные для вод побережья юго-западного Сахалина с использованием двух подходов фоновые концентрации веществ двойного генезиса различаются (табл. 3). Расчет их по нижней границе 0.75 квантиля ($P = 0.95$), когда 75 % значений концентрации ингредиентов лежит ниже ее предельного значения, по нашему мнению, более адекватно отражает гидрохимическую ситуацию, поскольку учитывает больший объем гидрохимической информации, позволяя повысить информативность результатов наблюдений и тем самым обеспечить достоверность контроля состояния вод. Исходя из этого, для установления региональных нормативов изученных веществ в воде прибрежной акватории корректнее использовать квантиль порядка 0.75 ($C_{\text{фон } 0.75}$) (табл. 3) для наиболее загрязненного полигона и наиболее неблагоприятного сезона года. Вместе с тем использование параметрических методов считается оправданным для анализа большого объема рядов гидрохимических показателей в случае, если их выборочные средние значения подчиняются нормальному закону, в то время как распределение исходных переменных отличается от такового [27].

Нормирование изученных веществ может происходить как в сторону увеличения их концентраций по сравнению с ПДК_{рх}, так и в сторону снижения [2, 3, 25, 27 и др.]. Так, для ряда веществ (N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄, НП), фоновые концентрации которых в морских водах юго-западного побережья Сахалина значительно ниже их ПДК_{рх} (табл. 3), требуется снижение регионального норматива. Использование высоких федеральных нормативов ПДК для этих параметров обуславливает получение информации, не отражающей реального состояния водной экосистемы побережья, а значит, создается видимость экологического благополучия и отсутствия рисков негативных последствий (изменения видового состава и трофической структуры, исчезновения отдельных видов водных организмов,

нарушения их биологических циклов и др.). Для ряда показателей (БПК₅, фенолы, Fe_{общ}), фоновые концентрации которых превышают ПДК_{рх}, напротив, требуется установление более высокого регионального норматива, поскольку при использовании федеральных нормативов качество воды акватории оказывается неадекватно отнесенным к не соответствующему установленным требованиям.

Статистически обоснованные характеристики веществ двойного генезиса для морских вод у юго-западного побережья Сахалина (табл. 3), полученные в рамках многолетнего экологического мониторинга, говорят о необходимости разработки региональных нормативов качества с учетом природного гидрохимического фона. Для регионального нормирования могут быть применены фоновые концентрации веществ двойного генезиса, рассчитанные с использованием нижней границы 0.75 квантиля по наиболее загрязненному полигону и наиболее неблагоприятному сезону года (табл. 3, $C_{\text{фон } 0.75}$). В связи с единичными естественными механизмами и факторами формирования гидрохимических условий, обусловленными сходством климатических условий и однотипностью водосборного бассейна, данные ПДК_{рег} предлагается использовать в пределах всего изученного района.

Заключение

Анализ данных экологического мониторинга прибрежных вод юго-западного Сахалина в 2007–2022 гг. позволил выявить значительную пространственно-временную изменчивость ряда гидрохимических показателей – веществ двойного генезиса, связанную с взаимодействием большого числа факторов различной природы, и несоответствие их фоновых (природных) концентраций установленным ПДК_{рх}. Установлено, что федеральные рыбохозяйственные нормативы по одним показателям (N-NO₂, N-NO₃, N-NH₄, P-PO₄, НП) необоснованно завышены относительно фоно-

вых характеристик и не отражают реального состояния водной экосистемы исследуемого региона, а по другим (БПК₅, фенолы, Fe_{общ}) – занижены, поэтому не могут быть соблюдены в силу причин, обусловленных природными гидрохимическим фоном. Таким образом, обоснована необходимость определения региональных нормативов их содержания с учетом реальной гидрохимической обстановки в морской прибрежной акватории.

Установление фоновых концентраций показателей качества вод основывается на анализе функций распределения ряда данных, которые для изученного района не подчиняются нормальному закону. В связи с этим более адекватно отражает гидрохимическую ситуацию, по нашему мнению, расчет фоновых концентраций показателей по нижней границе квантиля порядка 0.75 (P = 0.95), учитывающий особенности их распределений. С использованием данного подхода для морского побережья юго-западного Сахалина предложен перечень веществ двойного генезиса и следующие их содержания для регионального нормирования с учетом фоновых (природных) концентраций: N-NO₂ – 2.2 мкг/дм³; N-NO₃ – 83.3 мкг/дм³; N-NH₄ – 65.8 мкг/дм³; P-PO₄ – 29.0 мкг/дм³; БПК₅ – 2.11 мг/дм³; фенолы – 0.0015 мг/дм³; НП – 0.018 мг/дм³; Fe_{общ} – 0.137 мг/дм³.

Список литературы

- Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н. **2004**. *Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга*. М.: НИА-Природа, 271 с.
- Чеботарев Г.Н., Моисеенко Т.И., Бородач М.В., Гладун Е.Ф., Кремлева Т.А. **2012**. Обоснование региональных нормативов качества вод и правовых механизмов их установления на уровне субъектов Российской Федерации. *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование*, 12: 227–237. URL: https://vestnik.utmn.ru/upload/uf/c43/vestnik_№12_2012.pdf (дата обращения 23.07.2024).
- Лепихин А.П. **2022**. К совершенствованию технологии регламентации антропогенных нагрузок на водные объекты. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 4: 100–102. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49350340_82237527.pdf (дата обращения 04.01.2025).
- 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. URL: <http://lamb.viniti.ru/sid2/sid2free?sid2=J1449900X> (дата обращения 23.07.2024).
- Кузьмич В.Н., Янин Е.П., Иваницкий О.М. **2020**. О региональных нормативах качества поверхностных пресных вод, устанавливаемых для химических показателей в границах бассейновых округов с учетом геохимических особенностей территорий. В сб.: *Труды IX Международной науч.-практ. конф. «Экологические проблемы. Взгляд в будущее» (Ростов-на-Дону, 22–23 октября 2020 года)*. Ростов-на-Дону: Южный федеральный ун-т, с. 394–398. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46412598_23368661.pdf (дата обращения 23.07.2024).
- Латковская Е.М., Никулина Т.В., Могильникова Т.А., Коренева Т.Г. **2014**. Материалы к изучению гидрохимических параметров и альгофлоры рек южной части о-ва Сахалин. В кн.: *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*, вып. 6: 380–392.
- Могильникова Т.А., Никулина Т.В., Коренева Т.Г., Латковская Е.М., Ведерникова А.А. **2017**. Фитопланктон и химические показатели прибрежных вод юго-западного и южного Сахалина (Татарский пролив и залив Анива). В кн.: *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*, вып. 7: 151–167.
- Шевченко Г.В., Марыжихин В.Е., Частиков В.Н. **2023**. Гидролого-гидрохимическая структура вод в зоне апвеллинга у юго-западного побережья о. Сахалин. *Океанологические исследования*, 51(1): 54–70. [https://doi.org/10.29006/1564-2291.jor-2023.51\(1\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.jor-2023.51(1).3)
- Пищальник В.М., Бобков А.О. **2000**. *Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин*. Ч. 1. Южно-Сахалинск: Изд-во СахГУ, 174 с.
- Возняк А.А., Лепихин А.П. **2018**. Разработка региональных ПДК: необходимость, методика, пример. *Географический вестник*, 2(45): 103–115. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35303043_41847665.pdf (дата обращения 25.07.2024).
- Лепихин А.П., Возняк А.А. **2012**. Статистические функции распределения гидрохимических показателей качества воды поверхностных водных объ-

- ектов. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 4: 21–32. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17879597_29471566.pdf (дата обращения 26.07.2024).
12. Лепихин А.П., Мирошниченко С.А., Веницианов Е.В., Губернаторова Т.Н. **2015**. Построение региональных нормативов качества воды (на примере бассейна Верхней Камы). В сб.: *Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.»*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 1: 315–321. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_26905149_93626229.pdf (дата обращения 26.07.2024).
 13. Возняк А.А., Лепихин А.П. **2020**. Разработка методических указаний для региональных ПДК. Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2: 68–71. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26905149_68147561.pdf (дата обращения 27.07.2024).
 14. Коренева Т.Г., Шевченко Г.В., Марьжихин В.Е. и др. **2017**. Результаты исследований условий окружающей среды в районе аварии танкера «Надежда» (прибрежные воды Татарского пролива у юго-западного Сахалина). *Вода: химия и экология*, 11/12: 3–13.
 15. Ведерникова А.А., Коренева Т.Г., Латковская Е.М., Марьжихин В.Е. **2018**. Изучение качества морской среды побережья юго-западного Сахалина по показателям содержания некоторых органических поллютантов. В кн.: *Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2018*: сб. ст. по материалам междунар. науч.-практ. конф. (24–27 сентября 2018 г.). Севастополь: СевГУ, с. 218–221.
 16. Шевченко Г.В., Частиков В.Н., Марьжихин В.Е. **2018**. Сезонные вариации морских гидрологических характеристик у юго-западного побережья острова Сахалин. *Метеорология и гидрология*, 12: 98–104.
 17. Морозова Т.В., Орлова Т.Ю. **2005**. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря. *Биология моря*, 31(1): 11–16.
 18. Локтионова Е.Г., Болонина Г.В., Яковлева Л.В. **2012**. Мониторинг загрязнения фенолами, нефтепродуктами и синтетическими поверхностно-активными веществами внутренних водоемов г. Астрахани. *Вестни ОГУ*, 6(142): 112–116. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17988769_75971200.pdf (дата обращения 27.07.2024).
 19. Пропп Л.Н., Гаврина Л.Ю. **2019**. Сезонные вариации гидролого-гидрохимических параметров и хлорофилла-а в проливе Лаперуза (Соя) и прилегающих регионах Охотского и Японского моря в 1996–1997 гг. *Труды СахНИРО*, 15: 243–279.
 20. Кондратьева Л.М. **2005**. *Экологический риск загрязнения водных экосистем*. Владивосток: Дальнаука, 299 с.
 21. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. **1973**. Т. 18: Дальний Восток. Вып. 22: Сахалин и Курилы. Л.: Гидрометеиздат, 162 с.
 22. *Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши*. **1987**. Т. 1: РСФСР. Вып. 22: Бассейны рек Сахалинской области. Л.: Гидрометеиздат, 228 с.
 23. Беляев С.Д., Прохорова Н.Б. **2019**. Проблемы целеполагания при государственном планировании водоохранных мероприятий в речных бассейнах. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 4: 12–31. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-4-1>
 24. Беляев С.Д. **2007**. Использование целевых показателей качества воды при планировании водоохраной деятельности. *Водное хозяйство России*, 3: 3–17.
 25. Рисник Д.В., Беляев С.Д., Булгаков Н.Г., Левич А.П., Максимов В.Н., Мамихин С.В., Милько Е.С., Фурсова П.В., Ростовцева Е.Л. **2012**. Подходы к нормированию качества окружающей среды. Законодательные и научные основы существующих систем экологического нормирования. *Успехи современной биологии*, 132(6): 531–550. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18152660_20579507.pdf (дата обращения 27.07.2024).
 26. *Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Lakes and Reservoirs*. **2000**. US Environmental Protection Agency. Washington, DC, EPA-822-B00-001. URL: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/nutrient-criteria-manual-lakes-reservoirs.pdf> (accessed 22.09.2024).
 27. Шашуловская Е.А. **2022**. О необходимости региональной регламентации органического вещества и биогенных элементов в нижневолжских водохранилищах. *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*, 1: 25–38. http://www.doi.org/10.35567/19994508_2022_1_2

References

1. Levich A.P., Bulgakov N.G., Maksimov V.N. **2004**. [Theoretical and methodological basis for the technology of regional environmental control based on environmental monitoring data]. Moscow: NIA-Priroda, 271 p. (In Russ.).
2. Chebotarev G.N., Moiseenko T.I., Borodach M.V., Gladun E.F., Kremleva T.A. **2012**. Rationale for regional normative standards of water quality and their

- regulations in the Regional Laws of the Russian Federation. *Vestnik Tiimenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopol'zovanie*, 12: 227–237. (In Russ.). URL: https://vestnik.utmn.ru/upload/uf/c43/vestnik_№12_2012.pdf (accessed 23.07.2024).
3. Lepikhin A.P. **2022**. On the issue of upgrading the anthropogenic loads regulation technique. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 4: 100–102. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_49350340_82237527.pdf (accessed 04.01.2025).
 4. Yanin E.P., Kuz'mich V.N., Ivanitskiy O.M. **2016**. [Regional natural heterogeneity of the chemical composition of land surface waters and the necessity of taking it into account when assessing their ecological state and the intensity of industrial pollution]. *Problems of environment and natural resources: Review information*, 6: 3–72. (In Russ.). URL: <http://lamb.viniti.ru/sid2/sid2free?sid2=J1449900X> (accessed 23.07.2024).
 5. Kuz'mich V.N., Yanin E.P., Ivanitskiy O.M. **2020**. On regional Quality Standards for surface fresh water established for chemical indicators in the boundaries of basin districts taking into account the geochemical features of territories. In: *Trudy IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Environmental problems. Looking to the future"* (Rostov-na-Donu, 22–23 okt. 2020 g.). Rostov-na-Donu: Southern Federal University, p. 394–398. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_46412598_23368661.pdf (accessed 23.07.2024).
 6. Latkovskaya E.M., Nikulina T.V., Mogil'nikova T.A., Koreneva T.G. **2014**. Materials for studying of hydrochemical parameters and algal flora of rivers from southern part of the Sakhalin Island. In: *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova = Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 6: 380–392. (In Russ.).
 7. Mogil'nikova T.A., Nikulina T.V., Koreneva T.G., et al. **2017**. [Phytoplankton and chemical indices of coastal waters off southwestern and southern Sakhalin (Tatar Strait, Aniva Bay)]. In: *Chteniya pamyati Vladimira Yakovlevicha Levanidova = Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*, 7: 151–167. (In Russ.).
 8. Shevchenko G.V., Maryzhikhin V.E., Chastikov V.N. **2023**. Hydrological and hydrochemical water structure in the upwelling zone off the southwestern coast of Sakhalin Island. *Journal of Oceanological Research*, 51(1): 54–70. (In Russ.). [https://doi.org/10.29006/1564-2291.jor-2023.51\(1\).3](https://doi.org/10.29006/1564-2291.jor-2023.51(1).3)
 9. Pishchal'nik V.M., Bobkov A.O. **2000**. [*Oceanographic atlas of the shelf zone of Sakhalin Island*]. Pt 1. Yuzhno-Sakhalinsk: SakhGU, 174 p. (In Russ.).
 10. Vozniak A.A., Lepikhin A.P. **2018**. [Development of regional MACs: necessity, methodology, example]. *Geograficheskii vestnik = Geographical Bulletin*, 2(45): 103–115. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35303043_41847665.pdf (accessed 25.07.2024).
 11. Lepikhin A.P., Vozniak A.A. **2012**. [Statistical distribution functions of hydrochemical indicators of water quality of surface water bodies]. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 4: 21–32. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17879597_29471566.pdf (accessed 26.07.2024).
 12. Lepikhin A.P., Miroshnichenko S.A., Venitsyanov E.V., Gubernatorova T.N. **2015**. [Development of regional water quality standards (using the example of the Upper Kama basin)]. In: *Nauchnoe obespechenie realizatsii "Vodnoi strategii Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 g"*. Petrozavodsk: Karel'skii nauchnyi tsentr RAN, 1: 315–321. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_26905149_93626229.pdf (accessed 26.07.2024).
 13. Voznyak A.A., Lepikhin A.P. **2020**. [Development of guidelines for regional MACs]. *Vodoochistka. Vodopodgotovka. Vodosnabzhenie*, 2: 68–71. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26905149_68147561.pdf (accessed 27.07.2024).
 14. Koreneva T.G., Shevchenko G.V., Maryzhikhin V.E., et al. **2017**. [Results of the studies of environmental conditions in the area of the Nadezhda tanker accident (coastal waters of the Tatar Strait near southwestern Sakhalin)]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 11-12: 3–13. (In Russ.).
 15. Vedernikova A.A., Koreneva T.G., Latkovskaya E.M., Maryzhikhin V.E. **2018**. [Study of the quality of marine environment of the coastal area of southwestern Sakhalin in terms of the content of some organic pollutants]. In: *Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost' – 2018: sbornik statei po materialam mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (24–27 sentyabrya 2018 g.)*. Sevastopol': SevGU, p. 218–221. (In Russ.).
 16. Shevchenko G.V., Chastikov V.N., Maryzhikhin V.E. **2018**. Seasonal variations in marine hydrological characteristics off the southwestern coast of Sakhalin Island. *Russian Meteorology and Hydrology*, 43(12): 865–870. <https://doi.org/10.3103/s1068373918120087>
 17. Morozova T.V., Orlova T.Yu. **2005**. Monitoring of phytoplankton in the area of a sea farm in Vostok Bay (Sea of Japan). *Russian J. of Marine Biology*, 31: 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11179-005-0036-3>

18. Loktionova E.G., Bolonina G.V., Yakovleva L.V. **2012**. [Monitoring of pollution by phenols, oil products and synthetic surfactants of inland water bodies in Astrakhan]. *Vesti OGU*, 6(142): 112–116. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17988769_75971200.pdf (accessed 27.07.2024).
19. Propp L.N., Gavrina L.Yu. **2019**. Seasonal variations of hydrologic-hydrochemical parameters and chlorophyll a in the La Perouse (Soya) Strait and adjoining areas of Okhotsk and Japan seas in 1996–1997. *Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas: Transactions of the "SakhNIRO"*, 15: 243–279. (In Russ.).
20. Kondrat'eva L.M. **2005**. *Ecological risk of water ecosystems pollution*. Vladivostok: Dal'nauka, 299 p. (In Russ.).
21. *Surface water resources of the USSR*. **1973**. Vol. 18. Far East, Iss. 22. Sakhalin and the Kuril Islands. Leningrad: Gidrometeoizdat, 162 p.
22. [State water cadastre. Long-term data on the regime and resources of land surface waters]. **1987**. Vol. 1. RSFSR, Iss. 22. River basins of the Sakhalin region. Leningrad: Gidrometeoizdat, 228 p.
23. Belyaev S.D., Prokhorova N.B. **2019**. Problems of the goal-setting in public planning of water/protective measures in river basins. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 4: 12–31. (In Russ.). <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-4-1>
24. Belyaev S.D. **2007**. [Use of water quality targets when planning water protection activities]. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 3: 3–17. (In Russ.).
25. Risnik D.V., Belyaev S.D., Bulgakov N.G., Levich A.P., Maksimov V.N., Mamikhin S.V., Milko E.S., Fursova P.V., Rostovtseva E.L. **2012**. Approaches to standardizing environmental quality: Legislative and scientific basis of current systems for ecological standardization. *Uspekhi sovremennoi biologii = Biology Bulletin Reviews*, 132(6): 531–550. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_18152660_20579507.pdf (accessed 04.01.2025).
26. *US EPA*. **2000**. *Nutrient Criteria Technical Guidance Manual: Lakes and Reservoirs*. US Environmental Protection Agency. Washington, DC, EPA-822-B00-001. First Ed. URL: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-10/documents/nutrient-criteria-manual-lakes-reservoirs.pdf> (accessed 22.09.2024).
27. Shashulovskaya E.A. **2022**. [On the necessity of regional regulation of organic matter and nutrients in the Lower Volga reservoirs]. *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 1: 25–38. (In Russ.). http://www.doi.org/10.35567/19994508_2022_1_2

Об авторах

Сотрудники лаборатории исследований среды и мониторинга антропогенного воздействия (ЛИСМАВ), Сахалинский филиал Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО), Южно-Сахалинск, Россия:

Коренева Татьяна Георгиевна (<https://orcid.org/0000-0003-1030-3286>), кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, korenevatg@sakhniro.vniro.ru

Сырбу Ирина Викторовна, ведущий инженер, irus67@inbox.ru

Ведерникова Анна Алексеевна (<https://orcid.org/0009-0003-2205-5141>), главный специалист, vedernikovaaa@sakhniro.vniro.ru

Марыжихин Всеволод Евгеньевич (<https://orcid.org/0000-0002-2775-4991>), заведующий лабораторией, maryzhihinve@sakhniro.vniro.ru

Мазанова Анастасия Дмитриевна, ведущий специалист, tochka6410@bk.ru

Поступила 09.10.2024

Принята к публикации 25.11.2024

About the Authors

Employees of the Laboratory for environmental studies and monitoring of anthropogenic impact, Sakhalin Branch of Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (SakhNIRO), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia:

Koreneva, Tatiana G. (<https://orcid.org/0000-0003-1030-3286>), Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, korenevatg@sakhniro.vniro.ru

Syrbu Irina V., Leading Engineer, irus67@inbox.ru

Vedernikova Anna A. (<https://orcid.org/0009-0003-2205-5141>), Chief Specialist, vedernikovaaa@sakhniro.vniro.ru

Maryzhikhin Vsevolod E. (<https://orcid.org/0000-0002-2775-4991>), Head of the Laboratory, maryzhihinve@sakhniro.vniro.ru

Mazanov Anastasia D., Leading Specialist, tochka6410@bk.ru

Received 9 October 2024

Accepted 25 November 2024