

Гидрометеорология и экология. 2026. № 84. С. 498—509.

Hydrometeorology and Ecology. 2026;(84):498—509.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК [504.5:546.3]:502.51(268.45)

doi: 10.33933/2713-3001-2026-84-498-509

Оценка загрязнения вод и донных отложений бухты Новик (залив Петра Великого, Японское море) тяжелыми металлами

***Евгения Александровна Петрова¹, Александр Владимирович Зязя²,
Валерий Иванович Петухов², Алексей Валерьевич Кирьянов²,
Яна Юрьевна Блиновская², Полина Павловна Зацепина²***

¹ ФГБУН «Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН»,
Владивосток, Россия

² ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, Россия,
blinovskaia.iaiu@dvfu.ru

Аннотация. В исследовании представлен анализ загрязнения вод и донных отложений бухты Новик (Японское море) тяжелыми металлами. Выявлены и проанализированы основные источники загрязнения акватории. Проведена оценка уровня загрязнения донных отложений относительно фоновых концентраций, нормативных показателей по «Голландским листам» и с помощью индексов загрязнения (I_{geo} , EF , Z_c). Установлена динамика индекса геоаккумуляции (I_{geo}) за период с 2016 г. по 2023 г., отмечен устойчивый рост концентраций Ni , Cd и Hg за весь период наблюдения, а также обнаружено превышение предельно допустимой концентрации Mn на всех станциях отбора проб воды.

Ключевые слова: морская вода, донные отложения, бухта Новик, залив Петра Великого, тяжелые металлы, индексы загрязнения.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания ТОИ ДВО РАН по теме «Исследование структуры и динамики вод Мирового океана в условиях современных климатических изменений», регистрационный № 124022100079-4.

Для цитирования: Петрова Е. А., Зязя А. В., Петухов В. И. и др. Оценка загрязнения вод и донных отложений бухты Новик (залив Петра Великого, Японское море) тяжелыми металлами // Гидрометеорология и экология. 2026. № 84. С. 498—509. doi: 10.33933/2713-3001-2026-84-498-509.

Original article

Assessment of water and bottom sediment pollution in Novik Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) by heavy metals

***Evgenia A. Petrova¹, Alexandr V. Zyazya², Valery I. Petukhov²,
Alexey V. Kiryanov², Yana Yu. Blinovskaya², Polina P. Zatsepina²***

¹ V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia

² Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

Summary. The study presents an analysis of waters and bottom sediments pollution of Novik Bay by heavy metals. The main sources of the water area pollution have been identified and analyzed. The pollution level of bottom sediments was assessed against background concentrations, Dutch Sheets standards and pollution indices (I_{geo} , EF , Z_o). The dynamics of the geoaccumulation index (I_{geo}) for the 2016—2023 period was established, a steady increase in the concentrations of Ni , Cd and Hg was noted for the entire observation period, and an excess of the maximum permissible concentration of Mn was found at all water sampling stations. Studies showed that in the spring-summer period in the bottom part of the water area there is not only a stressed oxygen regime, but also increased concentrations of heavy metal ions (TM) in bottom sediments. The presence of metal-resistant (Ni , Cd , Cu , Zn) microorganisms was also recorded, which necessitates regular monitoring of the bay ecosystem in order to assess the anthropogenic impact and develop environmental measures. It should also be noted the likelihood of secondary pollution caused by changes in redox conditions. Thus, the use of integral indicators made it possible to objectively assess the geoecological state of Novik Bay by the main natural environments.

Keywords: seawater, bottom sediments, Novik Bay, Peter the Great Bay, heavy metals, pollution indices.

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the state assignment of the TOI FEB RAS on the topic «Study of the structure and dynamics of the waters of the World Ocean under modern climatic changes», registration No. 124022100079-4.

For citation: Petrova E. A., Zyazya A. V., Petukhov V. I. Assessment of water and bottom sediment pollution in Novik Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) by heavy metals. *Gidrometeorologiya i Ekologiya = Journal of Hydrometeorology and Ecology*. 2026;(84):(498—509). doi: 10.33933/2713-3001-2026-84-498-509. (In Russ.).

Введение

Бухта Новик — узкая длинная акватория между мысами Елагина и Старицкого, отделяющая полуостров Саперный от основной части острова Русский. Протяженность бухты составляет 13 км, ширина на входе — 1,5 км, максимальная глубина — 20,7 м. Берега бухты преимущественно высокие, обрывистые, за исключением мелководной вершины, где побережье пологое и окаймлено осушкой [1]. До начала 2000-х гг. в бухте располагались военные подразделения Тихоокеанского флота РФ, что делало ее закрытой для исследований. С 2008 г. началось активное развитие на острове гражданской инфраструктуры, в том числе строительство кампуса Дальневосточного федерального университета, завершившееся в 2012 г. к проведению саммита Азиатско-Тихоокеанского экономического

сотрудничества. Это привело к новому витку освоения бухты Новик, которая стала рассматриваться, в том числе, как объект рекреации, базирования маломерных судов и других видов антропогенной деятельности.

Среди источников загрязнения акватории следует выделить канализационные очистные сооружения (КОС) «Лесная», сбрасывающие воды в вершину бухты, выпуски КГУП «Приморский водоканал»: «Экипажный», «Мелководный», «Парис», стоки которых поступают в центральную часть акватории, а также ливневые стоки с прилегающих территорий острова Русский.

Гидрологический режим бухты характеризуется затрудненным водообменом и сезонной стратификацией, что способствует интенсивному накоплению загрязняющих веществ в воде и в донных отложениях. Гидродинамика подчиняется муссонной циркуляции: при северных ветрах возникает нагонный эффект в кутовой части, при южных — ослабление циркуляции из-за орографии острова [2, 3].

Исследования [4, 5] показали, что в весенне-летний период в придонной части акватории отмечается не только напряженный кислородный режим, но и повышенные концентрации ионов тяжелых металлов (ТМ) в донных осадках. Также зафиксировано наличие металл-резистентных (*Ni*, *Cd*, *Cu*, *Zn*) микроорганизмов [5], что обуславливает необходимость проведения регулярного мониторинга экосистемы бухты с целью оценки антропогенного воздействия и разработки природоохранных мероприятий. В связи с этим целью статьи является оценка степени загрязненности водной среды и донных отложений (ДО) тяжелыми металлами и анализ многолетней динамики их накопления в бухте Новик.

Материалы и методы

В исследовании изучались пробы морской воды и донных отложений, полученные в мае 2023 г. с 6 станций, равномерно распределенных по акватории бухты Новик (рис. 1). Отбор проб воды проводился с борта маломерного судна батометром Нискина с поверхностного и придонного горизонтов в соответствии с ГОСТом Р 59024-2020, ДО — дночерпателем Ван Вина по ГОСТу 17.1.5.01-80. Анализ содержания ТМ проведен в аккредитованной лаборатории ООО «Экоаналитика» методами атомно-абсорбционной спектрометрии согласно РД 52.10.775-2013 (осадки) и ПНД Ф 14.1:2.4.214-06 (вода).

Качество воды устанавливалось на основе нормативов, определенных Приказом Федерального агентства по рыболовству № 296 от 26.05.2025 г. «*Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения*».

Для ДО ввиду отсутствия нормативов, регламентирующих содержание загрязняющих веществ, были использованы для сравнения фоновые концентрации (условно «чистые» акватории) залива Петра Великого [6, 7] и «Голландские ли-сты» (ДК) (целевые концентрации при хроническом воздействии) [8].

Кроме того, для оценки интегральных значений степени загрязнения ДО были рассчитаны коэффициент геоаккумуляции (I_{geo}), фактор обогащения (EF) и суммарный показатель загрязнения (Z).

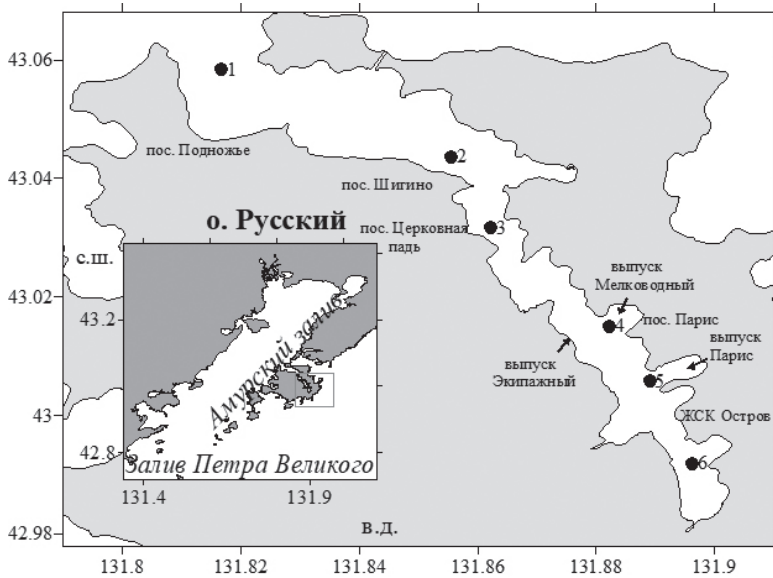


Рис. 1. Схема распределения станций отбора проб морской воды и донных отложений в бухте Новик.

Fig. 1. Novik Bay sampling station distribution scheme.

Коэффициент геоаккумуляции (I_{geo}) характеризует накопление металла относительно фоновых значений с учетом литогенных вариаций и рассчитывается как:

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1,5 \times B_n), \quad (1)$$

где C_n — концентрация металла в пробе, B_n — геохимический фон, а уровень загрязнения определяется на основе шкалы из семи классов [9].

Фактор обогащения (EF) позволяет выявить антропогенный вклад в накопление того или иного элемента и определяется по формуле:

$$EF = \frac{\left(\frac{M_e}{F_e}\right)_{\text{образец}}}{\left(\frac{M_e}{F_e}\right)_{\text{фон}}}, \quad (2)$$

где M_e — концентрация анализируемого элемента в изучаемом образце, F_e — концентрация реперного (контрольного) элемента в том же образце. В знаменателе рассчитываются соотношения тех же элементов в материале из фоновой станции. Уровень загрязнения устанавливается в соответствии с пятью градациями [10].

Суммарный показатель загрязнения (Z_c) используется для оценки комплексного воздействия группы загрязняющих веществ, позволяет ранжировать территории по степени загрязнения и служит индикатором потенциального риска. Он рассчитывается по формуле:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} - (n-1), \quad (3)$$

где C_i — концентрация i -го металла, $ПДК_i$ — его допустимый уровень по «Голландским листам» [8]. На основе многолетних исследований разработана четырехступенчатая шкала, которая связывает Z_c с категориями загрязнения [12]. Анализ многолетней динамики выполнен научным коллективом департамента природно-технических систем и техносферной безопасности ДВФУ [12, 13, 14].

Результаты и обсуждение

Результаты анализа проб воды показывают, что содержание ТМ на всех станциях мониторинга не превышают допустимых значений, за исключением марганца (*Mn*) (табл. 1). Его концентрация варьировалась в диапазоне от 0,069 до 0,084 мг/л, что выше ПДК в 1,4—1,7 раза.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в акватории бухты Новик по состоянию на 2023 г., мг/л

Heavy metals content in the water area of Novik Bay as of 2023, mg/l

Элемент	Минимум	Максимум	ПДК*
Fe	0,015	0,044	0,05
Mn	0,069	0,084	0,05
Cr	0,003	0,005	0,02
Zn	0,001	0,019	0,05
Cd	0,001	0,004	0,01
Cu	0,0009	0,0024	0,005
Pb	0,0007	0,0010	0,01
Ni	0,0006	0,0009	0,01
Co	0,0001	0,0003	0,005
As	0,002	0,003	0,01
Hg	0,000009	0,000042	0,0001

Примечание: * Приказ Росрыболовства от 26 мая 2025 г. № 296.

Превышение концентрации *Mn* может быть как следствием природных факторов (выщелачивание подстилающих пород, обогащенных *Mn*, разложение водных организмов, особенно сине-зеленых и диатомовых водорослей), так и антропогенных (коррозия корпусов судов, ливневые стоки с береговых объектов). В работах [4, 5] также отмечаются аномалии *Mn*, что обуславливает необходимость комплексного изучения природы поступления данного поллютанта и факторов, влияющих на формы его нахождения.

В отличие от водной толщи формирование донных отложений является финальным этапом миграции осадочного материала. Химический состав грунтов отражает результат всего комплекса биогеохимических процессов, происходящих на этапе мобилизации на суше, миграции с поверхностными стоками, осаждения в водной толще и диагенетического преобразования в верхнем слое. Таким образом, пути

попадания ТМ в донный грунт чрезвычайно разнообразны и их содержание может отражать объективную картину уровня антропогенной нагрузки на акваторию.

Как показано в табл. 2 превышение фоновых значений и ДК большинства контролируемых параметров указывает на устойчивое антропогенное воздействие практически на всей исследуемой акватории. Существенное превышение доли никеля (*Ni*) и кобальта (*Co*) зафиксировано на всех станциях, что может быть связано с активной навигационной деятельностью и поверхностными стоками. Максимальные концентрации цинка (*Zn*), кадмия (*Cd*), меди (*Cu*) и ртути (*Hg*) приурочены к станциям 4 и 5, где гидродинамика ослаблена, причем в непосредственной близости имеются выпуски сточных вод, что приводит к более активной аккумуляции загрязнения. Массовая доля остальных ТМ не превышает ни фоновых, ни допустимых значений, однако общие тенденции накопления загрязнителей могут служить сигналом напряженной экологической ситуации. В соответствии с этим были рассчитаны интегральные показатели загрязнения донных отложений.

На рис. 2 приведены результаты распределения индекса геоаккумуляции (I_{geo}), являющегося количественным показателем превышения содержания химического элемента относительно его фоновой концентрации. Таким образом, в соответствии с принятой классификацией ДО станция 5 по *Ni* и *Co* характеризуется как категория «от умеренно до сильно загрязненных» ($I_{geo} = 1,9$ и $2,1$ соответственно), по *Cd*, *Cu*, *Hg* — «умеренно загрязненная» ($I_{geo} = 1,2—1,3$).

Фактор обогащения (*EF*) используется для оценки степени антропогенного влияния на распределение химических элементов в ДО и позволяет дифференцировать естественные и антропогенные источники их поступления. Расчеты показали, что *Cd* имеет техногенное происхождение, что особенно ярко выражено на станциях 1, 5 и 6 (табл. 3). Для остальных ТМ установлено минимальное обогащение. С одной стороны, такие показатели характерны для литогенной составляющей, но с другой, учитывая наличие источников, загрязнение определяет необходимость регулярного мониторинга ДО.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях бухты Новик по состоянию на 2023 г., мг/кг

Heavy metals content in the bottom sediments of Novik Bay as of 2023, mg/kg

Ст.	<i>Cr</i>	<i>Zn</i>	<i>Cd</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>As</i>	<i>Hg</i>
1	48,9	128,6	1,46	20,1	35,1	53,8	32,4	15,0	0,060
2	43,1	87,0	0,58	19,3	29,4	39,5	29,1	16,8	0,110
3	56,3	118,9	0,68	19,9	47,5	43,9	29,3	15,0	0,140
4	64,7	143,1	0,78	30,6	76,5	46,4	47,5	11,2	0,150
5	60,6	155,9	1,30	61,9	73,7	78,4	51,8	18,0	0,589
6	51,4	71,9	1,09	20,7	23,8	45,5	29,7	14,0	0,016
Фон*	7,0	40,0	0,10	10,0	10,0	10,0	8,0	1,5	0,020
ДК**	100	140	0,8	36	85	35	9	29	0,3

Примечание: * фоновые значения для залива Петра Великого [7]; ** контрольный уровень при хроническом воздействии по «Голландским листам» [8].

Таблица 3

Оценки фактора обогащения (EF)
для донных отложений бухты Новик по состоянию на 2023 г.
Enrichment factor (EF) for Novik Bay sediments as of 2023

Ст.	Cr	Zn	Cd	Cu	Pb	Ni	Co	As	Hg
1	0,8	1,1	3,8	0,4	0,9	1,0	1,2	0,8	0,2
2	0,8	0,8	1,6	0,5	0,8	0,8	1,2	1,0	0,4
3	0,9	1,0	1,7	0,4	1,2	0,8	1,1	0,8	0,4
4	0,9	1,0	1,7	0,5	1,6	0,7	1,5	0,5	0,4
5	0,8	1,1	2,8	1,1	1,6	1,2	1,7	0,8	1,5
6	0,9	0,6	3,0	0,5	0,6	0,9	1,2	0,8	0,05

Примечание: $EF < 2$ — обогащение минимальное, источник элемента преимущественно природный; $2 \leq EF < 5$ — умеренное обогащение; $5 \leq EF < 20$ — значительное обогащение; $20 \leq EF < 40$ — очень высокое обогащение; $EF \geq 40$ — экстремальное обогащение, связанное преимущественно с техногенным воздействием.

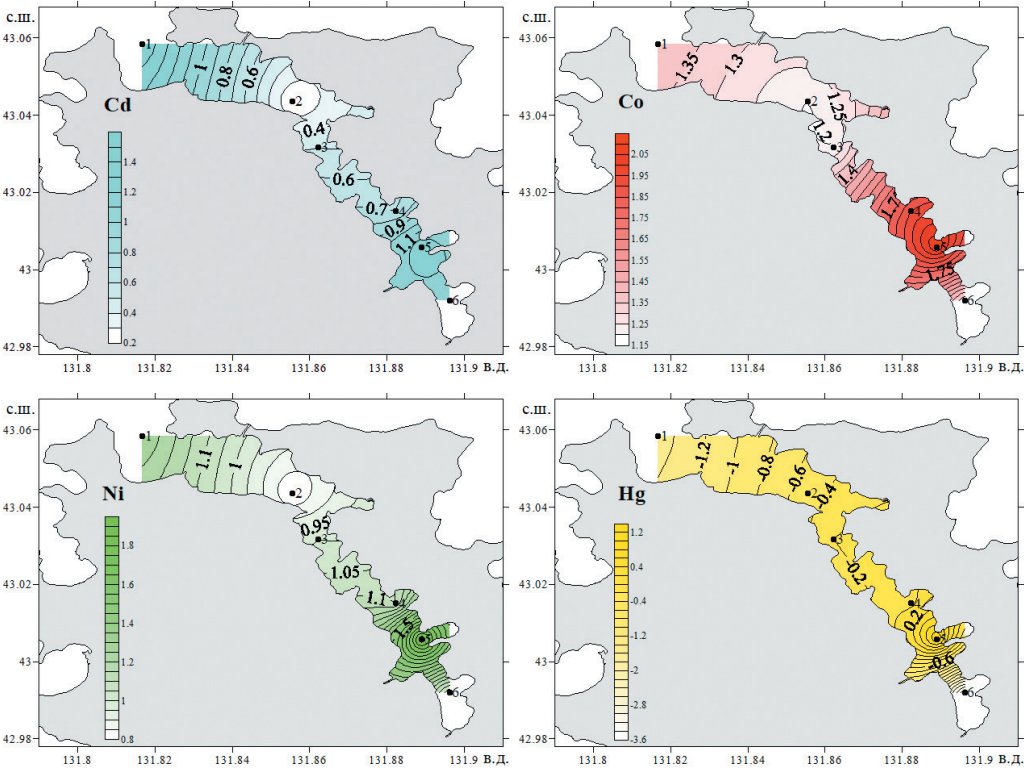


Рис. 2. Распределение индекса геоаккумуляции (I_{geo}) в бухте Новик.

Fig. 2. Geoaccumulation index (I_{geo}) distribution in Novik Bay.

Расчет суммарного показателя загрязнения (Z_c) показал, что ДО бухты Новик характеризуются допустимым загрязнением ($Z_c < 16$) (рис. 3). Однако в бухте выделяется зона с более высоким значением: это станция 5, где была получена максимальная для акватории величина ($Z_c = 15,3$), что, вероятно, связано как с затрудненным водообменом, так и наличием выпуска сточных вод. На станциях 1 и 4 установлены средние для бухты показатели — 7,2 и 7,8 соответственно. Данные участки характеризуются более активным судоходством и наличием береговых источников загрязнения, однако здесь отмечается более активная гидродинамика, способствующая перемешиванию и перемещению осадков.

Для анализа многолетней динамики загрязнения ДО использованы данные, полученные на этих же станциях в период с 2016 г. по 2018 г. [12, 13]. В результате было подтверждено более интенсивное антропогенное влияние на станцию 5 (рис. 4). Сравнение с ранее полученными данными показало устойчивый рост концентраций Ni , Cd и Hg . Индекс I_{geo} по Ni вырос с 0,0 (практически незагрязненная среда) до 1,9 (умеренно загрязненная среда); по Hg — с -1,5 до 1,2; по Cd — с 0,1 до 1,3 (от практически незагрязненной до умеренно загрязненной среды). Это свидетельствует о продолжающемся накоплении этих токсикантов в ДО бухты Новик.

Таким образом, применение интегральных показателей позволило объективно оценить геоэкологическое состояние бухты Новик по основным природообразующим средам.

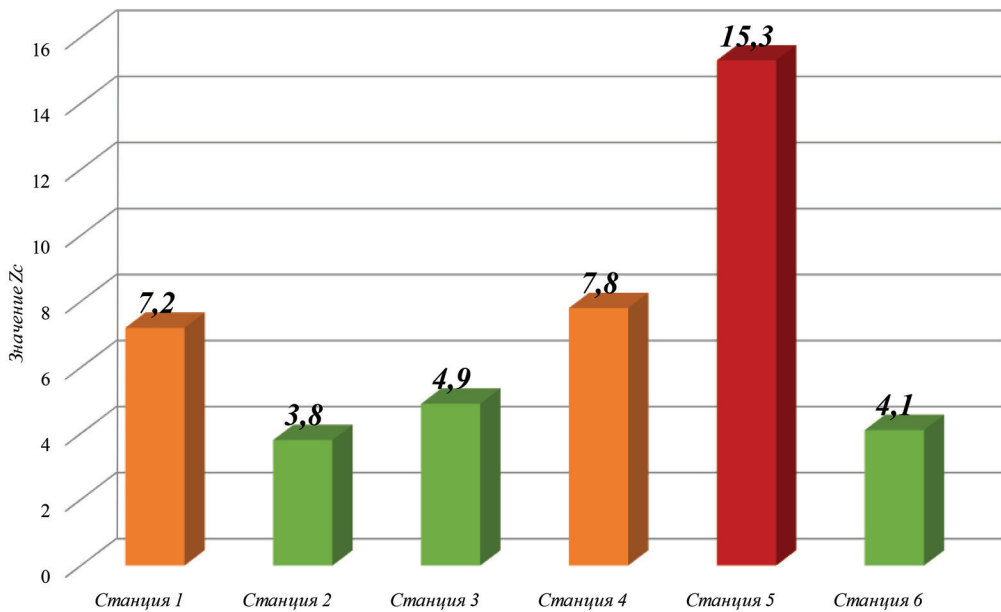


Рис. 3. Результаты расчета суммарного показателя загрязнения (Z_c).

Fig. 3. Calculation results of total pollution index (Z_c).

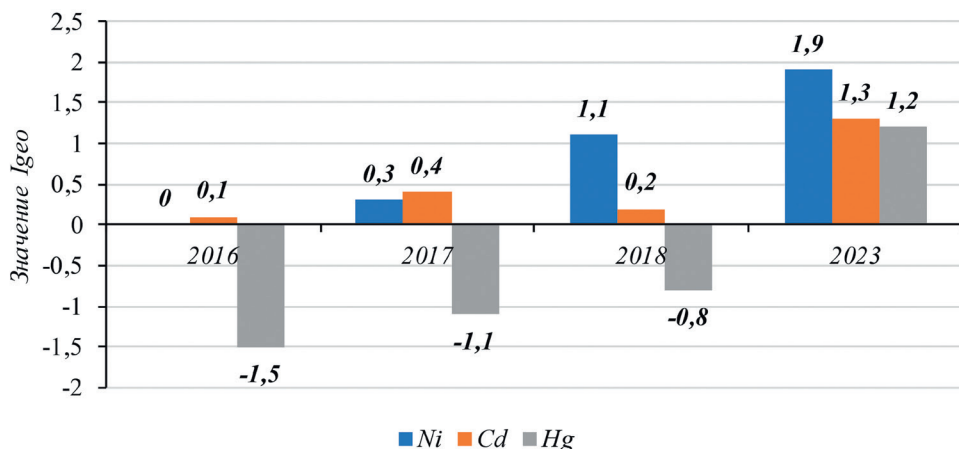


Рис. 4. Динамика индекса геоаккумуляции (I_{geo}) в период с 2016 г. по 2023 г. на станции 5.

Fig. 4. Dynamics of the geoaccumulation index (I_{geo}) in 2016—2023 at station 5.

Водная толща. Соответствие качества вод нормативам (кроме *Mn*) свидетельствует об относительно эффективной работе очистных сооружений. Повышенные концентрации *Mn*, вероятно, связаны как с природными, так и с антропогенными факторами, что обуславливает необходимость проведения регулярного мониторинга водной среды.

Донные отложения. I_{geo} и EF указывают на два типа загрязнения:

1. Фоновое (природное) — для *Cr*, *As*, частично *Ni* и *Co* ($EF < 1,5$ на большинстве станций);
2. Антропогенное (локальное) — для *Cd*, *Pb*, *Zn*, *Cu*, *Hg* на станциях 4—5 в районе выпуска сточных вод Мелководный и Парис. EF для *Cd* достигает 3,8, что подтверждает влияние выпусков сточных вод.

Особую тревогу вызывает рост I_{geo} для *Ni*, *Cd* и *Hg* на станции 5. Выявленные тенденции могут быть связаны с гидрологическими особенностями акватории (формирование застойных зон), что способствует накоплению поллютантов без их выноса придонными течениями. Также следует отметить вероятность вторичного загрязнения, вызванного изменениями редокс-условий (гипоксия в летний период) [6]. В этой связи станция 5 ($Z_c = 15,3$) должна рассматриваться как «горячая точка», т. е. зона, требующая проведения регулярного мониторинга и, возможно, проведения инженерно-экологических мероприятий (например, дноуглубления или локального удаления загрязненных осадков).

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

— По результатам проведенного в 2023 г. исследования, воды бухты Новик соответствуют рыбохозяйственным нормативам по содержанию тяжелых металлов, за исключением *Mn* (с превышением ПДК в 1,5 раза).

— Донные отложения характеризуются повышенным содержанием Ni , Co , Cd , Zn , Cu , Hg . Наибольшее загрязнение установлено для Ni и Co на станции 5.

— Фактор обогащения указывает на антропогенное происхождение Cd (EF до 3,8) в центральной части бухты.

— Участок акватории в районе станций 4 и 5 характеризуется повышенным экологическим риском, где Z_c достигает максимального значения (15,3).

— За период с 2016 г. по 2023 г. выявлен устойчивый рост содержания Ni , Cd и Hg , подтвержденный увеличением I_{geo} .

— Рекомендуются включить бухту Новик в программу регулярного мониторинга в рамках государственной системы наблюдений в заливе Петра Великого и провести дополнительные исследования для оценки риска вторичного загрязнения.

Список литературы

1. Лоща северо-западного берега Японского моря. СПб.: ГУНИО, 1996. 354 с.
2. Лазарюк А. Ю., Кильматов Т. Р., Марьина Е. Н., Кустова Е. В. Особенности сезонной изменчивости гидрологического режима бухты Новик (о. Русский, залив Петра Великого, Японское море) // Морской гидрофизический журнал. 2021. Т. 37. № 6. С. 680—695. <https://doi.org/10.22449/0233-7584-2021-6-680-695>.
3. Кильматов Т. Р. Искусственный канал на острове Русский для интенсификации циркуляции в целях самоочищения бухты Новик // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 2(59). С. 91—95. <https://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-2/91-95>.
4. Христофорова Н. К., Дегтева Ю. Е., Бердасова К. С. и др. Химико-экологическое состояние вод бухты Новик (остров Русский, зал. Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2016. Т. 186. С. 135—144. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2016-186-135-144>.
5. Христофорова Н. К., Лазарюк А. Ю., Бойченко Т. В., Емельянов А. А. Ранневесеннее опробование качества среды бухты Новик (о. Русский, зал. Петра Великого, Японское море) в апреле 2023 г. // Известия ТИНРО. 2023. Т. 203. № 3. С. 639—649. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2023-203-639-649>.
6. Шулькин В. М. Металлы в экосистемах морских мелководий. Владивосток: Дальнаука, 2004. 279 с.
7. Калинин В. В., Мишуков В. Ф., Елисафенко Т. Н., Аксентов К. И. Комплексные химико-экологические исследования прибрежной зоны северо-восточной части острова Русский // Вестник ДВО РАН. 2010. № 5. С. 96—106.
8. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001 // RIZA report 2002.009. Lelystad. Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95. 2002. 77 p.
9. Müller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River // GeoJournal. 1969. Vol. 2. No. 3. P. 108—118.
10. Sutherland R. A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii // Environmental Geology. 2000. Vol. 39. No. 6. P. 611—627.
11. Валиев В. С., Иванов Д. В., Зиганшин И. И. и др. Анализ распределения форм металлов в донных отложениях озер природных и урбанизированных территорий // Труды КарНЦ РАН. 2016. № 9. С. 45—53.
12. Петрова Е. А., Петухов В. И. Методические аспекты оценки загрязнения морских донных отложений тяжелыми металлами на примере залива Угловой (Амурский залив, Японское море) // Вестник СВНЦ ДВО РАН. 2025. № 3. С. 66—77. DOI: 10.34078/1814-0998-2025-3-66-77.
13. Петухов В. И., Петрова Е. А., Лосев О. В. Загрязнение вод залива Угловой тяжелыми металлами и нефтепродуктами в феврале 2010—2016 гг. // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 1. С. 102—113. <https://doi.org/10.31857/S0321-0596461102-113>.
14. Petukhov V., Petrova E., Kiryanov A., et al. Assessment of contamination of marine sediments and their potential toxicity in the Uglovoy Bay, Peter the Great Gulf, Sea of Japan/East Sea // Environmental

References

1. Lotcia severo-zapadnogo berega Yaponskogo moray = *Sailing directions of the Japan Sea Northwest Coast*. A textbook. St. Petersburg: GUNIO, 1996: 354 p. (in Russ.).
2. Lazaryuk A. Yu., Kilmатов T. R., Mar'ina E. N., Kustova E. V. Features of seasonal variability of the hydrological regime of Novik Bay (Russky Island, Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Morskoy gidrofizicheskiy zhurnal = Marine Hydrophysical Journal*. 2021; 37(3): (680—695) (in Russ.).
3. Kilmатов T.R. Artificial channel on Russky Island to intensify circulation for self-cleaning of Novik Bay. *Vestnik Inzhenernoy Shkoly Dalnevostochnogo federalnogo universiteta = Engineering School Bulletin of the Far Eastern Federal University*. 2024; 2(59): (91—95) (in Russ.).
4. Khristophorova N. K., Degteva Yu. E., Berdasova K. S. et al. Chemical and ecological state of the waters of Novik Bay (Russky Island, Hall. Peter the Great, Sea of Japan). *Izvestiya TINRO = News-bulletin TINRO*. 2016; 186: (135—144) (in Russ.).
5. Khristophorova N. K., Lazaryuk A. Yu., Boychenko T. V., Emelyanov A. A. Early spring testing of the quality of the Novik Bay environment (Russky Island, Hall. Peter the Great, Sea of Japan) in April 2023. *Izvestiya TINRO = News-bulletin TINRO*. 2023; 203 (3): (639—649) (in Russ.).
6. Shulkin V.M. *Metally v ekosistemakh morskikh melkovodiy = Metals in Marine Shallow Water Ecosystems*. Vladivostok: Dalnauka, 2004: 279 p. (in Russ.).
7. Kalinchuk V. V., Mishukov V. F., Elisaphenko T. N., Aksentov K. I. Comprehensive chemical and ecological studies of the coastal zone of the northeastern part of Russky Island. *Vestnik DVO RAN = Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2010; 5: (96—106) (in Russ.).
8. Warmer H., van Dokkum R. Water pollution control in the Netherlands. Policy and practice 2001. *RIZA report 2002.009*. Lelystad. Neue Niederlandische Liste. Altlasten Spektrum 3/95. 2002: 77 p.
9. Müller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*. 1969; 2(3): 108—118.
10. Sutherland R.A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*. 2000; 39(6): 611—627.
11. Valiev V. S., Ivanov D. V., Ziganshin I. I. Analysis of the Distribution of Metal Forms in the Bottom Sediments of Lakes in Natural and Urbanized Areas. *Trudy KarNC RAN = Proceedings of KarNC RAS*. 2016; 9: (45—53) (in Russ.).
12. Petrova E. A., Petukhov V. I. Methodological Aspects of Assessment of Pollution of Marine Bottom Sediments with Heavy Metals on the Example of Uglovoye Bay (Amur Bay, Sea of Japan). *Vestnik SVNC DVO RAN = VSNIS DVO RAS Bulletin*. 2025; 3: (66—77) (in Russ.).
13. Petukhov V. I., Petrova E. A., Losev O. V. Pollution of the waters of Ugolovoye Bay with heavy metals and petroleum products in February 2010-2016. *Vodniye resursy = Water Resources*. 2019; 46(1): (102—113) (in Russ.).
14. Petukhov V., Petrova E., Kiryanov A., et al. Assessment of contamination of marine sediments and their potential toxicity in the Uglovoy Bay, Peter the Great Gulf, Sea of Japan/East Sea. *Environmental Science and Pollution Research*. 2023. 30(31): 77798—77806.

Сведения об авторах

Петрова Евгения Александровна, кандидат географических наук, Тихоокеанский океанологический институт им. В. И. Ильичева ДВО РАН, лаборатория гидрологических процессов и климата, старший научный сотрудник, petrova@poi.dvo.ru.

Зязя Александр Владимирович, аспирант, Дальневосточный федеральный университет, Политехнический институт, Департамент природно-технических систем и техносферной безопасности, ziazia.av@dvfu.ru.

Петухов Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет, Политехнический институт, Департамент природно-технических систем и техносферной безопасности, профессор, petukhov.vi@dvfu.ru.

Кириянов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, Дальневосточный федеральный университет, Политехнический институт, Департамент электроники, телекоммуникации и приборостроения, доцент, kirianov.av@dvfu.ru.

Блиновская Яна Юрьевна, доктор технических наук, доцент, Дальневосточный федеральный университет, Политехнический институт, Департамент природно-технических систем и техносферной безопасности, профессор, blinovskaia.iaiu@dvfu.ru.

Зацепина Полина Павловна, аспирант, Дальневосточный федеральный университет, Политехнический институт, Департамент природно-технических систем и техносферной безопасности, zatsepina.pp@dvfu.ru.

Information about authors

Petrova Evgeniya Alexandrovna, candidate of science (geography), V. I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Laboratory of Hydrological Processes and Climate, Senior Researcher.

Zyazya Alexander Vladimirovich, postgraduate student, Far Eastern Federal University, Polytechnical institute, Natural and technical system and technosferical safety department.

Petukhov Valeriy Ivanovich, doctor of science (technical), professor, Far Eastern Federal University, Polytechnical institute, Natural and technical system and technosferical safety department, professor.

Kiryanov Alexey Valerievich, candidate of science (technical), Far Eastern Federal University, Polytechnical institute, Department of electronics, telecommunications and instrumentation engineering, associate professor.

Blinovskaya Yana Yurievna, doctor of science (technical), associate professor, Far Eastern Federal University, Polytechnical institute, Natural and technical system and technosferical safety department, professor.

Zatsepina Polina Pavlovna, postgraduate student, Far Eastern Federal University, Polytechnical institute, Natural and technical system and technosferical safety department.

Конфликт интересов: конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила 06.07.2026

Принята в печать 07.09.2026

The article was received on 06.07.2026

The article was accepted on 07.09.2026