



# Мониторинг параметров качества водной среды, влияющих на промысловые характеристики серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*

<https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-5-59-64>

EDN: VFSJTO

Научная статья УДК 639.2/.3

**Слепченко Игорь Сергеевич** – аспирант, кафедра «Водные биоресурсы и аквакультура», Владивосток, Россия

**Матросова Инга Владимировна** – кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура», Владивосток, Россия

*E-mail:* matrosova.iv@dgtru.ru

Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет («Дальрыбвтуз»)

**Адрес:** Россия, 690087, Владивосток, ул. Луговая, д. 52 Б

**Аннотация.** Исследованы гидрохимические показатели качества природных морских вод прибрежных акваторий Японского моря в весенне-летний период 2024 года. Произведена оценка влияния исследуемых показателей на промысловые характеристики серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*. В б. Дунай зафиксировано превышение ПДК по хлорид-ионам, что свидетельствует о вероятном загрязнении сточными водами. Превышений по тяжелым металлам в донных отложениях не выявлено. У особей в б. Дунай отмечена наибольшая масса тела и достоверно более высокий гонадосоматический индекс, что указывает на значимое влияние условий среды на репродуктивную функцию. Полученные данные необходимы для научно обоснованной организации промысла и воспроизводства данного гидробионта.

**Ключевые слова:** серый морской еж, мониторинг, гидрохимические показатели, размерно-массовые характеристики, промысел

**Для цитирования:** Слепченко И.С., Матросова И.В. Мониторинг параметров качества водной среды, влияющих на промысловые характеристики серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* // Рыбное хозяйство. 2025. № 5. С. 59-64. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-5-59-64>

## MONITORING OF WATER QUALITY PARAMETERS AFFECTING THE COMMERCIAL CHARACTERISTICS OF THE SEA URCHIN *STRONGYLOCENTROTUS INTERMEDIUS*

**Igor S. Slepchenko** – Graduate student, Кафедра «Водные биоресурсы и аквакультура», Vladivostok, Russia

**IngaV. Matrosova** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Water Bioresources and Aquaculture, Vladivostok, Russia

Far Eastern State Technical Fisheries University (FESTFU)

**Address:** Russia, 690087 Vladivostok, B. Lugovaya Str., 52

**Annotation.** The hydrochemical parameters of natural seawater quality in the coastal waters of the Sea of Japan during the spring-summer period of 2024 were investigated. An assessment of the influence of the studied parameters on the commercial characteristics of the gray sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* was carried out. In Dunai Bay, an exceedance of the maximum allowable concentration (MAC) for chloride ions was recorded, indicating probable pollution by wastewater. No exceedances of heavy metals in bottom sediments were detected. Individuals in Dunai Bay were noted to have a greater body weight and a significantly higher gonadosomatic index, indicating a significant influence of environmental conditions on reproductive function. The obtained data are necessary for the science-based management of the fishery and reproduction of this aquatic organism.

**Keywords:** gray sea urchin, monitoring, hydrochemical parameters, size-weight characteristics, fishing

**For citation:** Slepchenko I.S. Matrosova I.V. (2025) Monitoring of water quality parameters affecting the commercial characteristics of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius*. // Fisheries. No. 5. Pp. 59-64. <https://doi.org/10.36038/0131-6184-2025-5-59-64>

*Рисунки и таблицы – авторские / The drawings and tables were made by the author*



Серый морской еж *Strongylocentrotus intermedius* – один из самых добываемых промысловых беспозвоночных в прибрежной зоне Приморья. С 1939 по 1979 годы промысловые запасы оценивались в 800 тонн [1]. В данный период численность иглокожих не испытывала существенных колебаний. С началом промысла в 1991 г. чрезмерная нагрузка на поселения морских ежей привела к снижению их численности и биомассы в Японском море. Немаловажным фактором является низкая величина пополнения популяции, вследствие высокой смертности на ранних стадиях онтогенеза, а также – уменьшение запасов ламинарии японской [2].

В результате многолетних работ были обследованы три района северного Приморья. Было выявлено, что размерный состав *S. intermedius* южного и центрального района имеет схожие значения – модальные классы 36-37 мм. В северном районе – 60-61 мм [3]. Также исследо-

ватели отмечают, что внутри трех рассматриваемых районов распределение размерных групп ежей имело свои особенности – в границах локальных участков, преобладали мелко-размерные особи, со временем чередующиеся с преобладанием промысловых и крупноразмерных гидробионтов. Данная особенность, в первую очередь, объясняется донным рельефом, составом грунта, водорослевым покрытием и гидродинамикой. Установлено, что на участке от мыса Поворотного до мыса Островного преобладали промысловые особи. Доля непромысловых составляла до 15%. На участке от мыса Туманного до зал. Ольги преобладали непромысловые особи (67%) [3].

Промысловых размеров особи достигают на 4-5 году жизни. В размерной группе 45-70 мм (по диаметру панциря) отмечается преобладание самцов. В размерной группе с более крупным диаметром панциря преобладают самки [4].

Промысел *S. intermedius* в центральном и южном районах проходит с апреля-мая и продолжается до августа, в северном районе – с апреля по июль и с октября по ноябрь. Особям, обитающим в южной части Приморья, для созревания гонад требуется 1450-1500 градусо-дней. В данный период гонады ежей находятся в нерестовом состоянии в течение 2,5 месяцев [3]. Минимальная сумма тепла – 1100-1250 градусо-дней необходима для созревания гонад ежей в северном районе. Массовый нерест начинается во второй половине июля и длится по первую декаду августа [5]. Цветность гонад у морских ежей напрямую связана со степенью зрелости половых желез, которая зависит от суммы тепла. Поэтому счи-



тается, что высокими товарными качествами гонад обладают ежи из южного района.

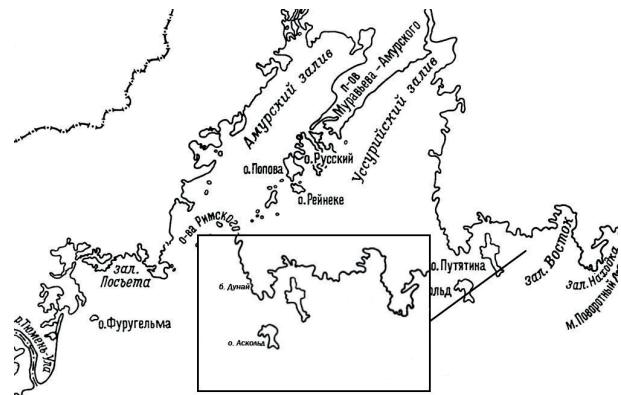
Морские ежи чувствительны к условиям морской среды, изменениям климата и загрязнениям окружающей среды, которые оказывают негативное воздействие на представителей данного вида [6]. Наибольшее воздействие указанные факторы оказывают на интенсивность роста молоди, отличающейся повышенной чувствительностью к условиям обитания. Заливы и бухты, в разной степени изолированные от открытой акватории, как известно, служат аккумуляторами различных веществ и элементов как природного, так и антропогенного происхождения, включая тяжелые металлы. Поступая в водную среду, тяжелые металлы мигрируют или накапливаются, передаваясь в трофических цепях, что способно вызвать токсическое воздействие и создает экологическую угрозу для гидробионтов, а в конечном счете – и для человека [7]. В связи с этим регулярное потребление морепродуктов из экосистем с высокой степенью загрязнения токсичными элементами потенциально приводит к серьезным нарушениям здоровья людей, что обуславливает необходимость систематического мониторинга накопления опасных веществ в окружающей среде [7].

**Цель настоящей работы** – исследовать влияние гидрохимических показателей качества природных морских вод на промысловые характеристики серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius*.

Исследования проводились в весенне-летний период 2024 г. (табл. 1).

Районами исследования промысловых характеристик (рис. 1) *S. intermedius* являлись б. Дунай (Уссурийский залив, Японское море), восточное побережье о-ва Аскольд (пролив Аскольд, Японское море).

Водолазным способом в процессе промысла были отобраны особи серого морского ежа, достигшие товарных размеров (диаметр панциря не менее 25 мм). Для отобранных особей был проведен комплексный биологический анализ, в который вошли: измерение диаметра панциря штангенциркулем ( $D_{панц}$ ) (с точностью до 1 мм), взвешивание общей массы тела ( $W$ ) и массы гонад ( $W_{гонад}$ ) на аналитических весах (с точностью  $\pm 0,01$  г), определение возрастного



**Рисунок 1.** Карта района работ (зал. Петра Великого, Японское море) [8]

**Figure 1.** Map of the area of work (Peter the Great Gulf, Sea of Japan) [8]

состава на основе данных о размерно-возрастной структуре, установление пола по классификации Хотимченко с помощью микроскопии прижизненных мазков, а также расчет гонадосоматического индекса (как отношение массы гонад к общей массе тела, ГИ) [9].

Сбор проб поверхностных морских вод производился в соответствии с ГОСТ Р 59024-2020 «Общие требования к отбору проб» [10]. Сбор проб донных отложений осуществлялся водолазным способом, для предотвращения негативного воздействия на донные организмы. С каждого района отбиралось 6 проб поверхностных морских вод и донных отложений. Измерения массовой концентрации общих фенолов, хлорид-ионов, сульфат-ионов проводилось с применением системы капиллярного электрофореза «Капель» [11]. Содержание органических соединений определялось спектрофотометрическим методом. Измерение массовой концентрации АПВ осуществлялось экстракционно-фотометрическим методом. Определение концентрации тяжелых металлов в донных отложениях проводилось методом атомно-абсорбционного анализа на спектрофотометре Shimadzu. Статистическая обработка данных осуществлялась в программе MS Office Excel.

Существенным антропогенным источником загрязнения прибрежных вод акваторий Уссу-

**Таблица 1.** Материал, положенный в основу работы /  
**Table 1.** The material used as the basis of the work

Дата	Наименование района	Количество особей, изъятых для биологического анализа, экз.	Количество проб поверхностных морских вод и донных отложений, шт.
20.05.2024 – 18.06.2024	б. Дунай	57	6
	о. Аскольд	61	6



рийского залива является поверхностный сток с территории бывшего полигона ТБО г. Владивосток и золоотвалов ТЭЦ-2. Согласно данным биомониторинга, основными контаминантами являются Cu и Pb, а сопутствующими – Zn, Mn, Fe и Ni [12], которые накапливаются в слоевищах макрофитов, являющихся кормовой базой *S. intermedius*.

Согласно данным, представленным в таблице 2, концентрации хлорид-ионов, превышающие предельно допустимые концентрации (ПДК) были обнаружены в б. Дунай. Содержание Cl<sup>-</sup> в поверхностных водах подвержена сезонным колебаниям, вследствие опреснения, однако высокие значения данного показателя могут свидетельствовать о загрязнении водоема сточными водами.

Поступление тяжелых металлов в морскую среду обеспечивается, главным образом, речным стоком и разнообразными антропогенными источниками. К последним относятся коммунально-бытовые и промышленные стоки, поверхностный смык с урбанизированных территорий, фильтрационные воды полигонов ТБО, коррозия объектов портовой инфраструктуры и затонувших судов, а также – атмосферные осадки [13].

При исследовании донных осадков превышения установленных нормативов выявлено не было (табл. 3). Максимальные концентрации металлов характерны для приусььевых районов. Вместе с тем, в мористых районах содержание металлов в поверхностных и донных пробах

может превышать ПДК при наличии локальных очагов загрязнения, таких как смык токсичных веществ с прибрежного полигона ТБО [14].

По результатам исследований промысловых характеристик *S. intermedius* в акватории Японского моря, состояние гидробионтов находится в пределах нормы при концентрациях органических и неорганических веществ, не превышающих фоновые значения.

В б. Дунай и в районе о-ва Аскольд в мае-июне 2024 г. наибольшую массу тела в выборке имели особи в диапазоне 61-80 г, что составило 20,41% от общего количества экземпляров (табл. 4).

В результате анализа данных возрастного состава *S. intermedius*, в исследуемых районах установлено, что в б. Дунай преобладали особи возрастом 4 года (21,63%), в прибрежье о-ва Аскольд – 3 года (24,45%).

При изучении полового состава и репродуктивных характеристик серого морского ежа, в выборках особи обоих полов присутствовали в равных количествах, с преобладанием самцов (53,41%). В обследованных акваториях масса гонад варьировалась от 0,79 до 30,72 граммов. В выборке большинство особей имели гонадосоматический индекс от 16 до 25%, что составило 47,51% от общего количества экземпляров (табл. 5).

На основании проведенного анализа проб воды, донных отложений и биологических характеристик серого морского ежа *Strongylocentrotus intermedius* в двух акваториях, можно констатировать наличие выраженных

**Таблица 2.** Содержание органических и неорганических веществ в пробах поверхностных вод в б. Дунай и в районе о. Аскольд в мае-июне 2024 года /

**Table 2.** The content of organic and inorganic substances in surface water samples in the Dunay Bay and in the area of Askold Island in May-June 2024

Район исследования	БПК <sub>5</sub> , мг/л	РО <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/л	АПАВ, мг/л	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мкг/л	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мкг/л	Нефте-продукты, мкг/л	Фенолы, мг/л	Cl <sup>-</sup> , мг/л	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л
б. Дунай	2,64±0,41	< 0,05	< 0,1	65,3±14,5	5,27±0,50	< 40,0	< 0,005	13700*	3076
о. Аскольд	1,25±0,63	< 0,05	< 0,1	62,1±11,8	3,24±0,16	< 40,0	< 0,005	10200	2611

Примечание: \* – превышение предельно допустимой концентрации

**Таблица 3.** Содержание тяжелых металлов в пробах донных отложений в б. Дунай и в районе о. Аскольд в мае-июне 2024 года / **Table 3.** Heavy metal content in sediment samples in the Dunay Bay and in the area of Askold Island in May-June 2024

Район исследования	Pb, мкг/г	Cu, мкг/г	Cd, мкг/г	Ni, мкг/г	Zn, мг/г	Fe, мг/г	Mn, мг/г	Hg, мкг/г
б. Дунай	1,51±0,11	1,13±0,40	<0,05	2,64±0,23	0,024±0,005	0,056±0,009	0,023±0,008	0,051±0,009
о. Аскольд	1,04±0,21	1,58±0,14	<0,05	1,12±0,45	0,011±0,003	0,023±0,008	0,0014±0,005	0,027±0,013



**Таблица 4.** Общая масса тела и размер панциря серого морского ежа в б. Дунай и в районе о. Аскольд в мае-июне 2024 года / **Table 4.** The total body weight and shell size of the grey sea urchin in the Dunay Bay and in the area of Askold Island in May-June 2024

Район исследования	W, г			D <sub>панцирь</sub> , мм			Кол-во, экз.
	X <sub>max</sub>	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	X <sub>min</sub>	
б. Дунай	156,94	79,03±4,01	9,65	75	47,95±1,53	25	57
о. Аскольд	144,65	74,79±3,58	7,59	73	44,56±1,24	27	61

**Таблица 5.** Масса гонад и гонадосоматический индекс серого морского ежа в б. Дунай и в районе о. Аскольд в мае-июне 2024 года / **Table 5.** Gonadal mass and gonadosomatic index of the grey sea urchin in the Dunay Bay and in the area of Askold Island in May-June 2024

Район исследования	W <sub>гонад</sub> , г			ГИ%			Объем выборки, экз.
	X <sub>max</sub>	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	$\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$	X <sub>min</sub>	
б. Дунай	30,72	18,73±1,32	1,12	26,75	21,58±0,65	10,63	57
о. Аскольд	19,84	13,96±1,41	0,79	23,79	12,51±0,17	6,85	61

ной взаимосвязи между качеством морской среды и состоянием гидробионтов.

Повышенные концентрации хлорид-ионов и величины БПК<sub>5</sub>, зарегистрированные в б. Дунай, могут свидетельствовать о наличии антропогенной нагрузки, связанной, вероятно, с поступлением коммунально-бытовых стоков. В то же время, в районе о. Аскольд анализируемые гидрохимические параметры соответствуют фоновым значениям.

Сравнительный анализ биологических характеристик *S. intermedius* выявил определенные различия между указанными районами. Наблюдаемые в б. Дунай несколько более высокие средние значения массы и диаметра панциря по сравнению с районом о. Аскольд могут быть интерпретированы как возможная реакция на измененные трофические условия. Наиболее существенные различия отмечены в репродуктивных характеристиках. Так, значения гонадосоматического индекса (ГИ%) в б. Дунай были статистически значимо выше, а также зафиксирован больший разброс максимальных значений массы гонад. Полученные данные позволяют предположить, что условия в б. Дунай могут оказывать модулирующее влияние на энергетическое распределение и репродуктивные процессы у *S. intermedius*, что выражается в перераспределении ресурсов в пользу репродуктивной системы.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что репродуктивные параметры, в частности – гонадосоматический индекс, могут являться чувствительными индикаторами состояния среды обитания серого морского ежа. Полученные данные согласуют-

ся с положением о том, что организмы, в условиях умеренного антропогенного воздействия, могут демонстрировать изменения физиологического состояния, наиболее выраженно проявляющиеся на уровне репродуктивной функции. Для установления более точных причинно-следственных связей необходимо проведение дальнейших долгосрочных мониторинговых исследований.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. Вклад в работу авторов: Слепченко И.С. – подготовка обзора литературы, подготовка статьи; Матросова И.В. – идея статьи, подготовка статьи.

*The authors advertise the rejection of the conflict of interests. Contribution to the work of the authors: I.S. Slepchenko – preparation of a literature review, preparation of the article; I.V. Matrosova – the idea of the article, preparation of the article.*

## ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

- Бирюлина М.Г. Распределение и запасы морских ежей *Strongylocentrotus nudus* и *Strongylocentrotus intermedius* в заливе Петра Великого (Японское море) // Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР. 1975. Т. 9. С. 102-113.
- Сухин И.Ю., Турабжанова И.С., Битюков М.В. Результаты мониторинга состояния поселений сеевых (*Strongylocentrotus intermedius*) и черных (*Mesocentrotus nudus*) морских ежей в б. Киевка Японского моря // Актуальные проблемы биоразнообразия и природопользования. 2019. С. 412-418.
- Викторовская Г.И., Седова Л.Г., Борисовец Е.Э., Матвеев В.И., Калинина М.В., Брегман Ю.Э. Биологическая характеристика скоплений серого мор-



- ского ежа *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) в прибрежной зоне Приморья (Японское море) // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыболово-промышленного центра). 2004. Т. 139. С. 225-259.
4. Брыков В.А. Об индивидуальном возрасте и продолжительности жизни некоторых видов морских ежей Японского моря // Биология моря. 1975. № 2. С. 39-44.
  5. Ващенко М.А., Жадан П.М., Латыпова Е.В. Мониторинг состояния гонад морских ежей *Strongylocentrotus intermedius* из Амурского залива (Японское море) // Тез. докл. конф. мол. уч. «Биомониторинг и рациональное использование морских и пресноводных гидробионтов». – Владивосток: ТИНРО-центр, 1999. С. 128-130.
  6. Zhadan P.M., Vaschenko M.A., Almyashova T.N. Effects of environmental factors on reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* // Sea urchin—from environment to aquaculture and biomedicine. Rejeka: INTECH. 2017. С. 35-69.
  7. Galysheva Y.A., Pelekh A.D., Boychenko T.V. Assessment of environmental risk to Vladimir Bay, Sea of Japan, exposed to heavy metal pollution // 2022 International Conference on Ocean Studies (ICOS). IEEE, 2022. С. 122-126.
  8. Карта. Залив Петра Великого. URL: [https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen\\_doc/5233638/pub\\_64dc0aedd9846708a1d199cb\\_64dc27fe8dbf9b6d1566d5ec/scale\\_1200](https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen_doc/5233638/pub_64dc0aedd9846708a1d199cb_64dc27fe8dbf9b6d1566d5ec/scale_1200) (дата обращения: 29.11.2024).
  9. Хотимченко Ю.С., Деридович И.И., Мотавкин П.А. Биология размножения и регуляция гаметогенеза и нереста у иглокожих. – Москва: Наука, 1993. 167 с.
  10. ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб. // Кодекс: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175475> (дата обращения: 29.11.2024).
  11. ПНД Ф 14.1:2:4.157-99. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза «Капель» // Кодекс: [сайт]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080615> (дата обращения: 29.11.2024).
  12. Коженкова С.И., Христофорова Н.К., Чернова Е.Н., Кобзарь А.Д. Долговременный биомониторинг загрязнения Уссурийского залива Японского моря тяжелыми металлами // Биология моря. 2021. Т. 47. №. 4. С. 235-243.
  13. Христофорова Н.К., Гамаюнова О.А., Афанасьев А.П. Состояние бухт Козьмина и Врангеля (залив Петра Великого, Японское море): динамика загрязнения тяжелыми металлами // Известия ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыболово-промышленного центра). 2015. Т. 180. С. 179-186.
  14. Христофорова Н.К., Пелех А.Д., Колышкина А.В. Тяжелые металлы в бурых водорослях залива Восток // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей. 2020. С. 327-341.
  2. Suhin I.Yu., Turabzhanova I.S., Bityukov M.V. (2019). Results of monitoring the condition of settlements of gray (*Strongylocentrotus intermedius*) and black (*Mesocentrotus nudus*) sea urchins in the Kievka Bay of the Sea of Japan // Actual problems of biodiversity and environmental management. Pp. 412-418. (In Russ.)
  3. Viktorovskaya G.I., Sedova L.G., Borisovets E.E., Matveyev V.I., Kalinina M.V., Bregman Yu.E. (2004). Biological Characteristics of the Grey Sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* (Agassiz) in the Coastal Zone of Primorye (Sea of Japan) // Izvestiya TINRO (Pacific Research Fisheries Center). V. 139. Pp. 225-259. (In Russ.)
  4. Brykov V.A. (1975). On the individual age and life expectancy of some species of sea urchins in the Sea of Japan // Biology of the Sea. No. 2. Pp. 39-44. (In Russ.)
  5. Vashchenko M.A., Zhadan P.M., Latypova E.V. Monitoring of the gonad condition of sea urchins *Strongylocentrotus intermedius* from the Amur Bay (Sea of Japan) // Abstracts of the Conference of Young Scientists "Biomonitoring and Rational Use of Marine and Freshwater Hydrobionts". Vladivostok: TINRO-Center, 1999. Pp. 128-130
  6. Zhadan P.M., Vaschenko M.A., Almyashova T.N. (2017). Effects of environmental factors on reproduction of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* // Sea urchin—from environment to aquaculture and biomedicine. Rejeka: INTECH. С. 35-69.
  7. Galysheva Y.A., Pelekh A.D., Boychenko T.V. (2022). Assessment of environmental risk to Vladimir Bay, Sea of Japan, exposed to heavy metal pollution // International Conference on Ocean Studies (ICOS). IEEE. Pp. 122-126.
  8. Map. Peter the Great Bay. URL: [https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen\\_doc/5233638/pub\\_64dc0aedd9846708a1d199cb\\_64dc27fe8dbf9b6d1566d5ec/scale\\_1200](https://avatars.dzeninfra.ru/get-zen_doc/5233638/pub_64dc0aedd9846708a1d199cb_64dc27fe8dbf9b6d1566d5ec/scale_1200) (дата обращения: 29.11.2024). (In Russ.)
  9. Khotimchenko Yu.S., Deridovich I.I., Motavkin P.A. (1993). Biology of Reproduction and Regulation of Gametogenesis and Spawning in Echinoderms. – Moscow: Nauka. 167 p. (In Russ.)
  10. GOST R 59024-2020. Water. General Requirements for Sampling. // Code: [website]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175475> (accessed on 29.11.2024). (In Russ.)
  11. ПНД Ф 14.1:2:4.157-99. Method for measuring the mass concentrations of chloride ions, nitrite ions, sulfate ions, nitrate ions, fluoride ions, and phosphate ions in samples of natural, drinking, and treated wastewater using the Kapel capillary electrophoresis system // Code: [website]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200080615> (accessed: 29.11.2024). (In Russ.)
  12. Kojevnikova S.I., Khristoforova N.K., Chernova E.N., Kobzar A.D. (2021). Long-term biomonitoring of heavy metal pollution in the Ussuri Bay of the Sea of Japan // Marine Biology. Vol. 47. No. 4. Pp. 235-243. (In Russ.)
  13. Khristoforova N.K., Gamayunova O.A., Afanasyev A.P. (2015). The state of Kozmin and Wrangel bays (Peter the Great Bay, Sea of Japan): dynamics of heavy metal pollution // Izvestiya TINRO (Pacific Research Fisheries Center). V. 180. Pp. 179-186. (In Russ.)
  14. Khristoforova N.K., Pelekh A.D., Kolyushkina A.V. (2020). Heavy Metals in Brown Seaweed of the Vostok Bay // Conservation of Biodiversity of Kamchatka and Adjacent Seas. Pp. 327-341. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию / Received 22.09.2025  
Принят к публикации / Accepted for publication 25.09.2025