



Пространственно-временные изменения устьевой области реки Черная Речка и оценка состояния среды прилегающего района Амурского залива (Японское море)

Константин Анатольевич ЛУТАЕНКО¹
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
lutaenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5946-4075>

Нина Ивановна ГРИГОРЬЕВА¹
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
grigoryeva04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-4354>

Татьяна Владимировна НИКУЛИНА²
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
nikulinatv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4520-5731>

¹Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
Владивосток, Россия

²Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН,
Владивосток, Россия

Аннотация. В статье представлен краткий обзор состояния экосистемы эстуарно-прибрежной зоны р. Черная Речка (б. Бражникова, Амурский залив, Японское море) по литературным данным (включая состояние биоты, донных сообществ и абиотические условия) и в летне-осенний период по оригинальным данным 2022–2024 гг. Описаны термогалинные условия в эстуарии. В июне температура воды в реке была более низкой, чем на взморье, изменялась в эстуарии с 14,0 до 15,4 °С, соленость составляла 0,15–0,16 ‰, на взморье за баром и вокруг него вода прогревалась до 18,8–23,5 °С, соленость варьировала в пределах 9,0–17,7 ‰. Осенью, в октябре, температура воды в эстуарии изменялась от 6,3–6,9 °С до 11,1–12,5 °С, на взморье от 6,1 до 12,5 °С; в ноябре в реке была выше, чем на взморье (до 7,9 °С), в эстуарии 5,2–6,0 °С, на взморье от 4,3 до 6,7 °С, вода в эстуарии и протоках была практически пресной – от 0,11 до 0,47 ‰; на взморье соленость приближалась к морской – от 27,73 до 30,14 ‰. Дана морфометрическая характеристика дельты реки до и после паводковых наводнений июля–августа 2023 г. и установлено, что выносимые осадки создают дополнительные местообитания бентоса на литорали. Наводнения лета–осени 2023 г. перестроили морфометрию устьевой зоны Черной Речки, в результате чего был перемыт прежний основной водоток, в дельте реки образовались два новых водотока. Очертания эстуария сильно изменились, а лагуна перед баром частично заполнилась наносами. Береговая линия и бар выдвинулись на расстояние до 5–10 м в море. Показано, что эстуарно-прибрежная экосистема находится в стрессовом состоянии из-за загрязнения вод, а донная биота испытывает последствия эвтрофикации.

Ключевые слова: экосистема, эстуарий, биота, река Черная Речка, Амурский залив

Для цитирования: Лутаенко К.А., Григорьева Н.И., Никулина Т.В. Пространственно-временные изменения устьевой области реки Черная Речка и оценка состояния среды прилегающего рай-

Original article

Spatio-temporal changes in the estuary area of the Chernaya Rechka River and assessment of the state of the environment in the adjacent region of Amursky Bay (Sea of Japan)

Konstantin A. LUTAENKO¹

Candidate of Biological Sciences, Leading research associate
lutaenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5946-4075>

Nina I. GRIGORYEVA¹

Candidate of Biological Sciences, Senior research associate
grigoryeva04@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-4354>

Tatyana V. NIKULINA²

Candidate of Biological Sciences, Senior research associate
nikulinatv@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4520-5731>

¹A.V. Zhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology FEB RAS, Vladivostok, Russia

²Federal Scientific Center of the East Asia Terrestrial Biodiversity FEB RAS, Vladivostok, Russia

Abstract. This paper presents a brief overview of the ecosystem status of the Chernaya Rechka River estuarine and coastal region (Brazhnikov Bay, Amursky Bay, Sea of Japan) based on published data (biota, bottom communities and abiotic environment) and on the original data from 2022–2024 during the summer–autumn period. Thermohaline conditions in the estuary are described. In June, the water temperature in the river was lower than on the coast, it changed in the estuary from 14.0 to 15.4 °C, salinity was 0.15–0.16 ‰, on the coast behind the bar and around it the water warmed up from 18.8–23.5 °C, salinity varied within the range of 9.0–17.7 ‰. In autumn, in October, the water temperature in the estuary changed from 6.3–6.9 °C to 11.1–12.5 °C, on the coast it varied from 6.1 to 12.5 °C; in November, the water temperature in the river was higher than on the coast (up to 7.9 °C), in the estuary 5.2–6.0 °C, on the coast from 4.3 to 6.7 °C, water in the estuary and channels was nearly fresh – from 0.11 to 0.47 ‰; on the coast, salinity approached sea water – from 27.73 to 30.14 ‰. Morphometric characteristics of the river delta before and after the July–August 2023 floods are provided and new intertidal habitats are added due to sediments accumulation. The floods of summer–autumn 2023 restructured the morphometry of the mouth zone of the Chernaya Rechka River, as a result the former main watercourse was washed away, and two new watercourses were formed in the river delta. The estuary’s contours changed significantly, and the lagoon in front of the bar partially filled with sediments. The shoreline and bar extended 5–10 meters into the sea. It is shown that the estuarine-coastal ecosystem is under stress due to water pollution, and the benthic biota is experiencing the effects of eutrophication.

Keywords: ecosystem, estuary, biota, temperature, salinity, Chernaya Rechka River, Amursky Bay, Peter the Great Bay, Sea of Japan

For citation: Lutaenko K.A., Grigoryeva N.I., Nikulina T.V. Spatio-temporal changes in the estuary of the Chernaya Rechka River and assessment of the state of the environment in the adjacent region of Amursky Bay (Sea of Japan). *Pacific Geography*. 2026;(2):58–72. (In Russ.). https://doi.org/10.35735/26870509_2026_26_5

Введение

Устьевые области рек – это особые природные экосистемы, которые служат объектами всесторонних научных исследований [1–3]. Общеизвестно, что речные дельты, являясь одними из самых переменчивых географических объектов, весьма уязвимы к изменениям факторов среды и особенно зависят от колебаний объемов стока [4]. Без изучения реакции дельт на эти внешние воздействия невозможно прогнозировать их изменения в условиях ожидаемого в XXI в. дальнейшего потепления климата [5]. Интерес к данным географическим объектам также обусловлен их зависимостью от усиления хозяйственной деятельности в конкретном регионе. Изучение речного стока в Приморском крае особенно актуально, так как это развивающийся регион России, речная сеть которого остается мало изученной. Поэтому информация о геоморфометрических изменениях русел рек важна как для понимания динамики их экосистем, так и для оценки распространения биоты в устьевых областях.

Известно, что вершинная часть Амурского залива, куда впадает р. Черная Речка (рис. 1), испытывает значительные колебания естественных абиотических параметров – температуры и солености воды, а также постоянный антропогенный пресс [6–9]. В настоящее время в реку продолжают сливаться коммунальные стоки, ее состояние оценивается как «умеренно загрязненное», вся эта часть Амурского залива относится к области умеренного антропогенного воздействия [10]. Вследствие этого происходит нарушение естественного равновесия между составляющими речной экосистемы [11]. Наш интерес к малым рекам Приморья вызван тем, что они имеют низкую способность к самоочищению из-за особенностей гидрологического режима и малой протяженности русел [12], поэтому их исследования имеют не только научное, но и прикладное значение с точки зрения охраны и восстановления окружающей среды [13], особенно учитывая высокую скорость урбанизации.

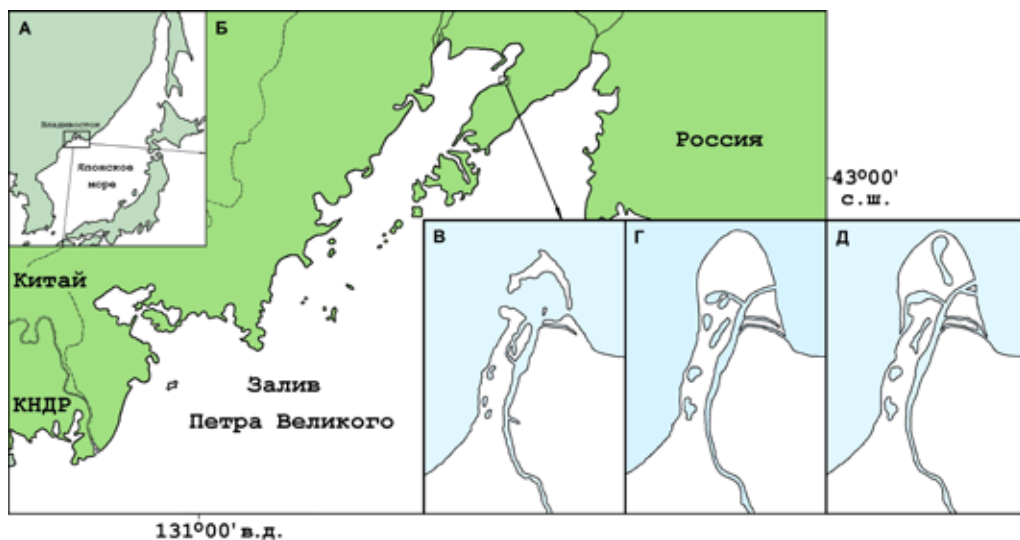


Рис. 1. Карта района работ (А, Б) и устьевой зоны р. Черная Речка (Амурский залив) до (В – в июне) и после наводнения (Г – в октябре и Д – ноябре) 2023 г. Точками показаны гидрологические станции

Fig. 1. Map of the studied area (А, Б) and the mouth zone of the Chernaya Rechka River (Amursky Bay) before (В, in June) and after the 2023 floods (Г, in October and Д, November). Hydrological stations are shown by dots

Цель настоящей работы – характеристика условий среды в эстуарно-прибрежной зоне р. Черная Речка (б. Бражникова) и антропогенного влияния на этот район Амурского залива, исследование морфометрических изменений дельты реки и предварительная оценка этого влияния (вынос осадков, опреснение) на биоту устьевой области в течение 2022–2024 гг.

Материалы и методы

Для анализа использовали данные собственных геоморфометрических и гидрологических наблюдений. Для сравнения состояния экосистемы были проанализированы все доступные литературные данные по донным сообществам прилегающего района Амурского залива.

Гидрологические работы проводили с июня по ноябрь 2023 г. в разные приливо-отливные фазы морского режима. Температуру и электропроводность (соленость) воды на реке и взморье определяли преимущественно на глубине 0,2 м; в отдельных локациях было проведено профилирование до глубин 0,4–0,6 м. Все измерения выполняли по сетке станций с помощью вспомогательного выносного устройства с прикрепленным зондом CastAway фирмы Sontek согласно нормативным документам (РД) Росгидромета в соответствии с международными стандартами (<http://ipk.meteorf.ru/>). Общее количество выполненных станций варьировало от 11 до 13. Положение и координаты станций определяли системой GPS, встроенной в прибор. Временной ход уровня моря получен с сайта Esimo (<http://esimo.oceanography.ru/tides/>). Поскольку в октябре и ноябре съемки проведены после затяжных ливневых дождей июля–августа, сопровождавшихся катастрофическими наводнениями в конце сезона, сетка станций была скорректирована с учетом изменения береговой черты в устье реки.

Во время геоморфологических наблюдений проводили мониторинг эстуария при приливах и отливах, анализировали состояние и морфометрию пляжа, бара и лагуны за баром, фиксировали появление протоков и промывов, мелких водоемов после наводнений, проводили фотосъемку (в том числе удаленную с высотных зданий), а также сравнивали с фотографиями 1960-х гг. (см. в тексте статьи).

Результаты и их обсуждение

Физико-географическая характеристика района

Река Черная Речка берет свое начало на склонах сопок с отметками абсолютных высот около 400 м, течет в основном в широтном направлении, в среднем течении изменяя направление к северу (рис. 1). Впадает в б. Бражникова Амурского залива южнее р. Богатая, в нескольких сотнях метров от железнодорожной станции Океанская. Верхняя и средняя части водотока расположены в зоне городской застройки; в низовьях река протекает по равнинной территории. Пойма реки пересеченная, луговая, слегка заболоченная, затапливаемая при катастрофических паводках. По гидролого-морфологической классификации [14, 15], устьевая область реки относится к дельтово-эстуарному типу. Река имеет разветвленную дельту выдвигания с несколькими рукавами и старицами. В устье, вследствие выноса осадков, располагается бар, который отделяет небольшой эстуарий от моря. Эстуарий по классификации, скорее, относится к лагунному типу, хотя присутствуют и признаки руслового типа.

Длина реки составляет около 6,5 км, площадь водосборного бассейна – 9,8 км² [16]. Ширина русла выше канализационной станции 2–3 м, в устье у железнодорожного моста 5–10 м, глубина от 0,2 до 0,6 м. Устьевое взморье отмелое с постепенно увеличивающейся глубиной.

Бухта Бражникова с юга ограничена м. Дальний, с севера – м. Клыкова. Ширина бухты на входе составляет 2,2 км, протяженность береговой линии 4,3 км. Площадь акватории 2,14 км². Бухта мелководна, наибольшая глубина не превышает 3 м. В бухту впадает две реки: на севере более полноводная, в нижнем течении с протоками и затонами р. Богатая, на юге мелководная и менее протяженная р. Черная Речка. Береговая линия бухты вогнутая и имеет узкий и каменисто-песчаный пляж; в центральной части спрямлена при

строительстве железнодорожных путей. Эстуарные части обеих рек имеют зоны выноса наносов и выдвинуты в море. Зимой эстуарий р. Черная Речка и вся поверхность б. Бражникова покрываются льдом так же, как и вершинная часть Амурского залива, толщина прибрежного льда достигает 1 м [7]. По величине приливов устьевая зона р. Черная Речка относится к микроприливной с высотой прилива около 0,2 м; вертикальное перемешивание вод смешанного типа, поскольку в разное время года степень осолонения эстуария и лагун может быть различной.

Проведенные гидрологические наблюдения показали значительную изменчивость распределения температуры и солености. В начале лета, в июне температура воды в реке была более низкой, чем на взморье, и в течение дня изменялась в эстуарии с 14,0 до 15,4 °С. Из-за интенсивных ливневых дождей в первой декаде июня поток речной воды доминировал по всему протяжению реки – соленость перед баром составляла 0,15–0,16 ‰. На взморье за баром и вокруг него вода за день прогревалась с 14,0 до 18,8–23,5 °С, соленость варьировала в пределах 9,0–17,7 ‰. В октябре температура воды в утренние часы составляла 6,3–6,9 °С, в вечерние – 11,1–12,5 °С, соответственно опускаясь за ночь до минимальных значений, за день вода прогревалась до максимальных показателей в самых мелких лагунах, оставшихся от бывшего эстуария. На устьевом взморье температура воды изменялась от 6,1 до 12,5 °С. Соленостный режим устьевой зоны поменялся кардинально вследствие геоморфометрических изменений дельты реки. В ноябре температура воды в реке была выше, чем на взморье, и изменялась в течение дня от 5,4 до 7,9 °С. В эстуарии вода была несколько холоднее из-за малой глубины – 5,2–6,0 °С. В нем и в протоках от разветвления от основного потока до места впадения в бухту вода была практически пресной – от 0,11 до 0,47 ‰. На взморье температура изменялась от 4,3 до 6,7 °С, соленость – от 27,73 до 30,14 ‰.

Антропогенное влияние на б. Бражникова и побережье Амурского залива

Хозяйственная деятельность на берегах б. Бражникова началась во второй половине XIX в.: в 1879 г. было создано фермерское молочное хозяйство К.Г. Гольденшtedта и появились дачи; в 1893 г. построена железнодорожная станция Хилково (ныне Океанская). В 1910 г. открылся Океанский фанерный завод (работавший до 1990-х гг.). В послевоенное время в северной части низменности, прилегающей к бухте, были возведены многоэтажные дома и склады; до 1960-х гг. на берегу располагалась база ремонта гидросамолетов. Здесь же расположены санатории «Строитель», «Приморье» и «Пограничник». С 1990-х гг. в долине р. Черная Речка началась интенсивная коттеджная застройка, площадь ее увеличилась за счет вспомогательных учреждений и магазинов. Наличие старой индустриальной зоны на станции Океанская и появление нового микрорайона (с 2000-х гг.) в южной части низменности, в который входят более десяти мало- и высокоэтажных домов (до 25 этажей), создали значительную антропогенную нагрузку на морскую среду в этой части Амурского залива. Сведение лесов в долине р. Черная Речка привело к увеличению твердого стока, в результате чего стала образовываться все более выдвинутая дельта в устье реки, не заметная на старых картах 1960-х гг.

Результатом урбанистического развития стали постоянные сбросы в р. Черная Речка канализационных вод, которые сопровождалась сильным гнилостным запахом и повышением мутности вод реки. Дополнительно в устье загрязнение органикой вызвало образование сероводорода в илах. Данные сбросы в р. Черная Речка и иные реки вершинной части Амурского залива привели к частичной деградации экосистемы прилегающей части залива, которая продолжается и в настоящее время. Видимым проявлением этой деградации явилось исчезновение лугов морских трав, возникновение явлений гипоксии. Вершинная часть залива стал источником углекислого газа для атмосферы [17]. Между тем еще в конце XIX в. в реки Пионерская (Седанка) и Богатая заходила крупная проходная рыба – кета [18]. Согласно последним данным, в октябре 2020 г. [17] из-за постоянных

сбросов коммунальных стоков вода в р. Черная Речка содержала повышенную концентрацию общего азота (145,15 мкмоль/л) и имела показатель pH (7,08), сдвинутый в щелочную сторону. Согласно схеме пространственного распределения преобладающих видов хозяйственной деятельности в прибрежно-морской зоне зал. Петра Великого [19], побережье б. Бражникова и прилегающие районы Амурского залива относятся к «наиболее загрязненным акваториям» и одновременно – к рекреационным участкам.

Также вместе с фекальными стоками в море в огромном количестве поступает патогенная и условно патогенная микрофлора, в частности, бактерии группы кишечной палочки. Показатели общего микробного числа (ОМЧ) в летний период достигали максимальных значений в районах ж/д станций Санаторная и Седанка [20], которые расположены недалеко от б. Бражникова. Вода здесь была сильно загрязнена энтеробактериями в июле и августе, чему способствовали высокие летние температуры. Количество энтерококков (свидетельство свежего фекального загрязнения) вдоль побережья Амурского залива в районе этих станций, являющемся в пределах г. Владивосток наиболее загрязненным по микробиологическим показателям [20], превышало допустимый уровень. Еще в 1960–х гг. при гельминтологическом обследовании р. Черная Речка в 12 из 14 проб было обнаружено высокое содержание яиц аскарид (135), тогда как в купальнях Амурского залива их было от 12 до 28 (объемы исследованной воды от 140 до 210 л) [21], что указывает на неблагоприятное санитарное состояние реки еще 60 лет назад. Очевидно, что деградация среды на этом участке залива происходила с самого начала хозяйственного освоения района. Поэтому вызывает удивление наличие вблизи эстуария р. Черная Речка оздоровительного пляжа санатория «Приморье» и массовая зимняя рыбалка на льду б. Бражникова.

Усиливает антропогенную нагрузку на прибрежную зону также автомобильный низководный мост, который соединяет п-ов Де-Фриз и п-ов Муравьев-Амурский и является частью трассы пос. Новый – Седанка – бухта Патрокл (протяженность 4378 м, ширина около 24 м, высота над уровнем моря 6 м, количество опор 81). Данное гидротехническое сооружение препятствует водообмену в северо-восточной части Амурского залива, так как его конструкция нарушает естественные гидрологические процессы, а опоры препятствуют сходу льда в некоторые холодные годы [22].

Донная биота и сообщества прилегающей акватории

Самые первые исследования бентоса Амурского залива проводили еще в довоенные годы, но северо-западное побережье акватории осталось не изученным. В дальнейшем район б. Бражникова и зал. Угловой в гидробиологическом отношении игнорировали вплоть до первой детальной работы Г.Н. Воловой [23, 24], которая в 1973–1975 гг. провела подробную съемку бентоса всего Амурского залива (литораль и верхняя сублитораль), обработав 175 количественных проб и обнаружив 327 видов животных, водорослей и трав. По ее данным, в этом районе был широко распространен биоценоз двустворчатого моллюска *Potamocorbula amurensis*, расположенный на заиленном песке, на глубинах 0–2,5 м, в состав которого входило 20 видов животных, преимущественно инфузорных. При этом плотность поселений руководящего вида достигала 87 экз./м² при биомассе 323 г/м². Также были многочисленны амфипода *Talorchestia pachypus* (293 экз./м²) и полихета *Lycastopsis augeneri* (150 экз./м²). Биомасса остальных видов (кроме потамокорбулы) варьировала от 0,004 до 7,5 г/м²; общая биомасса составляла 347 г/м². Таким образом, доля потамокорбулы в сообществе доходила до 94 %. Аналогичную картину мы наблюдали при сборах в 2022–2024 гг. на литорали в районе эстуария р. Черная Речка: *P. amurensis* в количественных пробах абсолютно доминировала, достигая сотен экземпляров на м² (данные в обработке).

В 2005 г. М.Б. Иванова с коллегами [25] провела наиболее детальное исследование литорали Амурского залива за весь период исследований. В районе б. Бражникова они изучали литораль на трансекте 3 (между ж/д станциями Санаторная и Океанская), но вдали

от устья р. Черная Речка. Эти авторы установили, что литораль здесь малообитаема, почти лишена макробентоса, с песчаными и галечными грунтами, на которых преобладали мелкие организмы псевдомейобентоса (олигохеты) с плотностью 1527 экз./м² при биомассе 0,14 г/м². Тем не менее было зафиксировано наличие в среднем и нижнем горизонтах литорали 11 видов макробентоса, в том числе таких доминант, как полихета *Hediste japonica* (количеством 1500–1750 экз./м² при биомассе 50,6–100,2 г/м² (нижняя и средняя литораль соответственно)), усоногий рак *Chtamalus dalli* (до 1680 экз./м², 5,8 г/м²) и изопода *Gnorimospaeroma ovatum* (до 200 экз./м², 0,4 г/м²). Примечательно, что потамокорбула здесь (вдали от устья реки) хотя и присутствовала, но с низкой плотностью – до 20 экз./м² при биомассе 0,64 г/м². Общая биомасса макробентоса достигала 103 г/м² [25].

В том же году А.В. Мощенко и Т.А. Белан [26] изучили макробентос в северо-восточной части Амурского залива на 4 станциях (3 – в зал. Угловой и 1 – в районе б. Бражникова). Эти станции были выделены в отдельное сообщество, которое по своим характеристикам (состав, обилие и биомасса) отличались от двух других сообществ в вершинной части залива. Сообщество включало 44 вида животных, среди которых по обилию доминировали амфиподы *Corophium crassicorne* (до 797 экз./м²) и *Corophium steinegeri* (до 257 экз./м²), гастропода *Fluviocingula nipponica* (до 440 экз./м²), полихета *Capitalla capitata* (122 экз./м²) и двустворчатые моллюски *P. amurensis* (268 экз./м²) и *Macoma balthica* (111 экз./м²), а по биомассе – двустворчатые моллюски *Macoma incongrua*, *Ruditapes philippinarum*, *Mya japonica*, *P. amurensis* и *M. balthica*.

Летом 2007 г. макрозообентос кутовой части Амурского залива в интервале глубин 2–18 м (27 станций) изучали с плавсредств ТИНРО-центра, при этом две станции (11 и 12, глубины 4,5 и 6,0 м) взяты в районе, приближенном к б. Бражникова [27]. Выявлено, что во всей вершинной части залива доминировали двустворчатые моллюски (74 % от общей биомассы) со средней биомассой 517 г/м², максимальной – 5545 г/м², но при этом *P. amurensis* не упоминался. Примечательно то, что выделенные этими авторами сообщества (по доминирующим по биомассе видам по методу Воробьева) не были обнаружены в предшествующих исследованиях [24, 28]. Этот факт авторы справедливо связывают с малым числом станций, однако данные качественного анализа распределения моллюсков (наличие / отсутствие вида) в Амурском заливе с построением карт [29, 30] указывают на широкое распространение в вершинной части тех же видов (*Callithaca adamsii*, *Macoma tokyoensis*, *Dosinia penicillata*), которые были обнаружены при бентосных съемках ТИНРО-центра [27]. Следует отметить, что здесь не исследовалась наиболее опресненная зона верхней сублиторали (до глубин 2 м), где широко представлено сообщество потамокорбулы *P. amurensis*. Хотя в другой локации на литорали у м. Речной (Тавричанский лиман) была отмечена наибольшая в Амурском заливе биомасса потамокорбулы – 899,5 г/м², при плотности поселения 31600 экз./м² на песчано-галечном грунте [31]. В целом же доминантный вид (*P. amurensis*) прибрежных литоральных и верхнесублиторальных донных сообществ этого района Амурского залива за последние 50 лет практически не поменялся. Мы назвали вершинную, самую мелководную часть Амурского залива «царством потамокорбулы» [32], однако этот моллюск является массовым и в распресненных частях заливов Посьета и Усурийского, существуя в регионе последние 5–7 тыс. лет [33, 34].

Также в выбросах и на литорали в приустьевой зоне р. Черная Речка мы обнаружили в значительных количествах раковины мелкого двустворчатого моллюска *Arcuatula senhousia*. Этот вид образует в илистом грунте своеобразные «гнезда» из биссуса и ила, иногда создавая сплошные поселения [32]. В зал. Петра Великого аркуатула обитает от нижней литорали до глубины 6 м в сообществе морской травы *Zostera marina*. На илисто-песчаном грунте этот моллюск образует поселения с плотностью до 65 экз./м² [26]. Известно, что аркуатула неустойчива к длительному распреснению и часто ее поселения редуют после прохождения тайфунов.

Следует отметить, что в изученном районе Амурского залива в равной мере широко распространены поселения устриц (*Crassostrea gigas*), на которые критическое влияние

может оказывать как речной сток, так и распреснение дождевыми водами. Максимального развития диффузные поселения устриц (устричные поля) достигают на нескольких удаленных от мест впадения пресных водотоков участках: между устьями рек Пионерская (Седанка) и Черная Речка, у п-ова Де-Фриз, между мысами Угольный и Клыкова. Они расположены на илисто-песчаных мелководьях на глубинах от 0,7 до 2–3 м, где обычно формируют небольшие друзы, свободно лежащие на дне с плотностью до 30 экз./м² и состоящие из одной или нескольких среднеразмерных особей с более мелкими экземплярами [35]. Площадь устричников может достигать несколько сотен гектаров [36]. Пустые раковины молодых и ювенильных устриц единично встречаются в приустьевой зоне р. Черная Речка. При этом донное население собственно б. Бражникова, его распределение, состав и влияние на него стока двух рек (Богатая и Черная Речка) детально не были изучены.

В 2022–2024 гг. визуальные маршрутные наблюдения показали, что в эстуарии р. Черная Речка танатоценозы моллюсков были достаточно обильными и плотными (состояли преимущественно из раковин двустворчатых моллюсков, среди которых, как и во многих эстуарных районах зал. Петра Великого, преобладали раковины мелкого вида *Potamocorbula amurensis*) и представляли собой событийные накопления раковинного материала (event concentrations). Они, как ранее было показано в других районах зал. Петра Великого [37], формируются в короткие промежутки времени штормов и тайфунов в бухтах полузакрытого типа, а не путем постоянного добавления раковин, как это происходит в преимущественно открытых районах побережья. Литораль была четко выражена и имела значительную ширину – от 5 м и более (рис. 2), при этом ее нижняя часть имела плотные скопления бентоса (моллюски, полихеты, водоросли), а на камнях часто отмечалось обрастание усоногими рачками (белянусами).

В эстуарной зоне р. Черная Речка (пресноводной части водотока, простирающейся на 50 м вглубь от песчаного бара) с ноября 2022 г. по ноябрь 2023 г. была изучена флора цианобактерий и водорослей обрастаний, поверхности дна, твердых субстратов и высших растений, погруженных в воду. В частности, диатомовая флора была представлена 114 видами и разновидностями, в ее систематической структуре наибольшее количество таксонов принадлежало родам *Gomphonema* (9 видов), *Navicula* (12 видов и вариаций) и *Nitzschia* (16 видов). Перифитонные сообщества характеризовались обильным развитием диатомей, отмеченных в разные периоды исследования в статусе как доминантов, так и субдоминантов *Melosira varians* C. Agardh, *Nitzschia* aff. *fonticola* Grunow, *N. frustulum* (Kützing) Grunow, *N. inconspicua* Grunow, *Hannaea recta* (Skvortzov et Meyer) Liu, Glushchenko, Kulikovskiy et Kociolek, *Navicula lanceolata* Ehrenberg, *N. cryptocephala* Kützing, *Meridion circulare* (Greville) C. Agardh, *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère и сопутствующих им субдоминантов *Bacillaria paxillifera* (O. Müller) Marsson, *Gomphonema sarcophagus* Gregory, *Meridion constrictum* Ralfs, *Nitzschia brevissima* Grunow, *N. paleacea* (Grunow) Grunow [38].

Состояние вод (наличие органического загрязнения) в эстуарии р. Черная Речка было оценено по методу Пантле-Букк в модификации Сладчека [39, 40]. Согласно рассчитанным индексам сапробности ($S = 1,72–2,02$), воды водотока в 2022–2023 гг. имели степени сапробности в–п, п–б и в, т. е. соответствовали бетамезосапробной зоне, III классу чистоты и классифицированы как слабо загрязненные воды [38].

Геоморфометрические наблюдения в районе эстуария р. Черная Речка

Летом 2022 г. в устье р. Черная Речка наблюдался классический бар, который имел форму полумесяца, почти закрытый в его правой части во время низкой воды, а в левой – с прорезанным руслом реки, которая здесь впадала в море (рис. 1, А, 2). Бар в основном находился в осушенном состоянии, лишь в периоды самых сильных приливов, совпадавших со штормами или нагонами, частично мог покрываться водой. На его поверхности четко различался пляж с полосами дрифта – береговых выбросов раковин моллюсков и высушенных водорослей, которые сохраняли расположение и структуру, т. е. не размы-

вались при приливах. При этом верхняя полоса соответствовала максимальному штормовому выбросу. В центре зоны эстуария, выдвинутого к морю, находилась мелководная лагуна (глубиной десятки сантиметров), периодически осушающаяся во время отливов и низкой воды и с правой стороны соединяющаяся с морем небольшой узкой протокой (ближе к железной дороге) в приливы, нагоны и половодье; ее дно было покрыто обрастаниями зеленого цвета. Вокруг бара отмечалась песчаная с щебнем и мелкими камнями подводная отмель, образовавшаяся в результате осаждения речных и морских наносов.

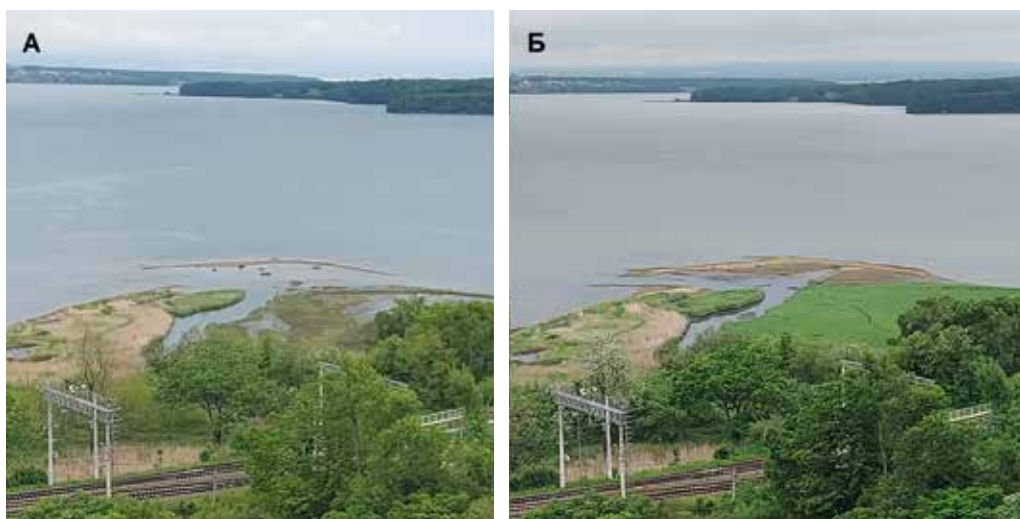


Рис. 2. Вид эстуария р. Черная Речка при приливе (А) и отливе (Б) в июне 2022 г. Река впадает в море в левой стороне дельты. Также видна неосушаемая часть бара и соединение лагуны с морем в прилив в правой части эстуария

Fig. 2. View of the Chernaya Rechka River estuary at high tide (A) and low tide (B) in June 2022. The river flows into the sea on the left side of the delta. Also visible are the undrained portion of the bar and the connection of the lagoon with the sea at high tide on the right side of the estuary

После ливневых дождей в июле и наводнения из-за пришедшего тайфуна в августе 2023 г. лагуна, эстуарий и бар оказались в значительной степени перемытыми (рис. 3). Согласно терминологии Д.В. Магрицкого [41], наводнение носило стоковый характер, вызванный максимальным расходом и критически высоким уровнем воды в реке. Река в устье пробила два новых водотока и стала выходить левее и правее от прежнего места впадения, которое оказалось засыпанным, а во всей дельте было обнаружено много антропогенного мусора. При этом общее количество наносов значительно увеличилось, а береговая линия в передней части дельты сдвинулась примерно на 5–10 м в сторону моря. Литоральная зона также сместилась мористее и, по-видимому, часть донного населения погибла от опреснения и/или была погребена под терригенными выносами. Известно, что в этот же период в районе п-ова Де-Фриз погибла часть устричников (неопубликованные данные Тихоокеанского филиала ВНИРО, личные сообщения). В сентябре основное русло осталось в правой стороне дельты (рис. 3,Б).

Осенью дожди продолжились, и в октябре очертание дельты вновь изменилось (см. рис. 1). Река образовала малую протоку в левой стороне, где летом было основное течение, но ее выход сильно сместился к югу, потому что она не смогла напрямую пробить намытый за прошедшее время штормами вал в старом русле. Активизировались и узкие протоки правой стороны: водоток в них усилился, при этом в месте впадения в бухту они слились. На месте бывшего эстуария образовалось несколько неглубоких лагун, в том числе и в северной части дельты, с незначительной глубиной (в пределах 0,1–0,2 м). В ноябре на севере небольшая лагуна преобразовалась в эстуарий и стала занимать значительную



Рис. 3. Вид дельты р. Черная Речка в августе (А) и сентябре (Б) 2023 г. Виден максимальный вынос терригенного стока и увеличение переднего края дельты. 1 – новое («правое») устье, промытое после наводнений

Fig. 3. View of the Chernaya Rechka River delta in August (A) and September (Б) 2023. The maximum input of terrigenous sediments and the increase in the delta's edge are visible. 1 – new ("right") mouth, washed out after the floods

площадь (в октябре это была небольшая лужа), поскольку из-за продолжающихся обильных дождей уровень реки оказался выше, чем в октябре (рис. 4).

Таким образом, наводнения лета–осени 2023 г. перестроили морфометрию устьевой зоны р. Черная Речка, в результате чего был перемыт прежний основной водоток и небольшой рукав левой стороны, а в дельте реки образовались два новых водотока. Очертания эстуария сильно изменились, а лагуна левой стороны стала частично заполнена наносами. Береговая линия и бар выдвинулись на расстояние до 5–10 м в море, при этом на пляже с обеих сторон дельты были образованы дополнительные промоины, соединившиеся с морем «мини-заливы», периодически ограждаемые намывными валами и вновь превра-



Рис. 4. Вид эстуария р. Черная Речка в октябре–ноябре 2023 г. с протоками левой (А) и правой стороны (Б) дельты. 1 – старое устье (замыто)

Fig. 4. View of the Chernaya Rechka River estuary in October–November 2023 with channels on the left (A) and right sides of the delta (Б). 1 – the old (clogged) mouth of the river

щаемые в обособленные лагуны с морской водой. По итогам гидрологических съемок лета–осени 2023 г. устье р. Черная Речка изменило свою форму, границы и размеры после катастрофического летнего наводнения. Основной перенос воды в реке стал осуществляться через правый рукав. Некоторые бывшие протоки по обеим сторонам реки оказались засыпанными грунтом или образовали старицы, не имеющие выхода к руслу. На месте бывшего эстуария образовались закрытые и полузакрытые лагуны, подверженные влиянию подпора со стороны моря, в пределах которых речные воды стали смешиваться с морскими. Дополнительно в дельте реки с левой стороны были образованы обширные лагуны, отделенные от моря барьерами, при этом вода в них оказалась соленой, близкой к показателям открытого моря.

Подобная перестройка эстуария и прибрежной зоны привела к следующим последствиям для биоты: литоральная зона существенно расширилась, сформировав дополнительное пространство для бентосного населения; произошла локальная гибель бентоса (вследствие засыпания осадками и опреснения).

Заключение и выводы

Проведенные исследования показали, что эстуарий р. Черная Речка оказался подвержен большой изменчивости морфометрических и гидрологических характеристик, вызванных сильным влиянием дождевых паводков с большим выносом терригенных наносов. В период исследований в 2022–2024 гг. произошло активное выдвигание устьевой зоны в море со скачкообразным изменением очертания дельты реки и полной перестройкой ее гидрографической сети. Таким образом, изменения климата (потепление последних десятилетий) стали отчетливо проявляться в гидрологическом режиме исследованного района, обуславливая увеличение мощности наводнений и размыв берегов реки. Учитывая высокое влияние органического загрязнения (бытовые неочищенные стоки), интенсивное развитие прилегающей территории и загрязненность акватории б. Бражникова, необходимо дальнейшее проведение комплексных геоэкологических исследований этого района, включая р. Богатая и биоту сублиторали, т.к. риски наводнений, загрязнения, более интенсивного поступления терригенных осадков могут привести к значительным изменениям состояния среды и биоразнообразия.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ (темы № 124021900009-6, 124021900011-9, 124012400285-7). Авторы признательны анонимным рецензентам за конструктивные замечания, позволившие значительно улучшить рукопись.

Acknowledgments. The research was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (themes No. 124021900009-6, 124021900011-9, 124012400285-7). The authors are grateful to the anonymous reviewers for their constructive comments which allowed to significantly improve the manuscript.

Литература

1. Вшивкова Т.С., Омельченко М.В., Бурухина Е.В., Самчинская Л.П., Сибирская Е.К. Оценка влияния Партизанской ГРЭС на экологическое состояние р. Партизанская и р. Ключ Лозовый // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2005. Вып. 3. С. 139–155.
2. Тищенко П.Я., Звалинский В.И., Швецова О.В. Гидрохимические исследования эстуария река Раздольная – Амурский залив // Состояние морских экосистем, находящихся под влиянием речного стока. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 53–88.
3. Павлова Г.Ю., Тищенко П.Я., Семкин П.Ю., Шкирникова Е.М., Михайлик Т.А., Барабанщиков Ю.А. Гидрохимический режим эстуария реки Партизанской (залив Находка, Японское море) // Водные ресурсы. 2015. Т. 42, № 4. С. 396–405.

4. Михайлов В.Н., Михайлова М.В. Дельты как индикаторы естественных и антропогенных изменений режима рек и морей // *Водные ресурсы*. 2003. Т. 30, № 6. С. 655–666.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2022. 3056 p. doi: 10.1017/9781009325844.
6. Жадан П.М., Вашенко М.А., Альмяшова Т.Н., Слинко Е.Н. Мониторинг экологического состояния прибрежных экосистем Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) по биологическим и биохимическим показателям // *Состояние морских экосистем, находящихся под влиянием речного стока*. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 201–227.
7. Grigoryeva N.I. Geomorphological and hydrometeorological characteristics of the northern part of Amursky Bay (based on data of 1960–1980 and 2000–2005) // *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)*. Vladivostok: Dalnauka, 2008. Vol. 1. P. 44–60.
8. Lutaenko K.A., Vaschenko M.A. Amursky Bay – an ecosystem under stress // *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)*. Vladivostok: Dalnauka, 2008. Vol. 1. P. 7–29.
9. Черкашин С.А., Симоконов М.В., Пряжевская Т.С. Анализ экотоксикологического состояния Амурского залива (Японское море) на основе химических и токсикологических показателей // *Водные ресурсы*. Т. 46, № 3. С. 308–317.
10. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Христофорова Н.К., Дроздов К.А., Шамов В.В., Жарикова Е.А., Клышевская С.В., Ковкековдова Л.Т., Юрченко С.Г., Болдескул А.Г., Луценко Т.Н., Лупаков С.Ю., Бортин Н.Н. Горчаков А.М. Проблемы экологического состояния урбанизированных водотоков на территории Владивостокской городской агломерации // *Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова*. 2023. Вып. 10. С. 55–66.
11. Chapman P.M., Wang F. Assessing sediment contamination in estuaries // *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2001. Vol. 20, No. 1. P. 3–22.
12. Шулькин В.М., Семькина Г.И. Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем // *Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря*. Владивосток: Изд. дом ДВФУ, 2012. С. 252–287.
13. Вшивкова Т.С., Иваненко Н.В., Якименко Л.В., Дроздов К.А. Введение в биомониторинг пресных вод: учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2019. 240 с.
14. Михайлова М.В., Михайлов В.Н. Влияние многолетних изменений морских факторов на устья рек // *Водные ресурсы*. Т. 39, № 3. С. 367–379.
15. Михайлова М.В., Михайлов В.Н. Современное состояние и перспективы гидрологии устьев рек // *Избранные труды Института водных проблем РАН*. 2017. Т. 2. С. 252–280.
16. *Материалы по обоснованию генерального плана г. Владивостока*. Омск: Град, 2019. 331 с.
17. Тищенко П.Я., Барабанщиков Ю.А., Павлова Г.Ю., Рюмина А.А., Сагалев С.Г., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Уланова О.А., Швецова М.Г., Шкирникова Е.М., Тибенко Е.Ю. Гидрохимическое состояние залива Угловое (Амурский залив) в разные сезоны // *Известия ТИНРО*. 2021, Т. 201. № 1. С. 138–157.
18. Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Многолетняя динамика ихтиофауны залива Петра Великого как отражение природных и антропогенных воздействий на морскую биоту // *Реакция морской биоты на изменения природной среды и климата*. Владивосток: Дальнаука, 2007. С. 170–212.
19. Сорокин П.С. Хозяйственная деятельность в прибрежно-морской зоне залива Петра Великого (Японское море) // *Тихоокеанская география*. 2023. № 2. С. 94–104.
20. Дегтярева В.А., Бузолева Л.С. Оценка санитарно-микробиологического состояния прибрежных вод г. Владивосток // *Известия ТИНРО*. 2010. Т. 163. С. 349–354.
21. Ронис Г.Ф. Роль объектов внешней среды в распространении аскаридоза во Владивостоке // *Гигиена и санитария*. 1966. № 6. С. 86–87.
22. Petukhov V.I., Petrova E.A., Losev O.V. Water Pollution by Heavy Metals and Oil Products in Uglovoi Bay in February 2010–2016 // *Water Resources*. 2019. Vol. 46, No 1. P. 103–111. <https://doi.org/10.1134/S0097807818050160>
23. Волова Г.Н. Биоценозы прибрежных вод Амурского залива (Японское море) // *Фауна и экология морских организмов*. Владивосток: ДВГУ, 1984. С. 78–124.
24. Волова Г.Н. Донные биоценозы Амурского залива (Японское море) // *Известия ТИНРО*. 1985. Т. 110. С. 111–119.
25. Ivanova M.B., Belogurova L.S., Tsurpalo A.P. The composition and distribution of intertidal biota in the estuarine zone of Amursky Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan) // *Ecological Studies and the State of the Ecosystem of Amursky Bay and the Estuarine Zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)*. Vladivostok: Dalnauka, 2008. Vol. 1. P. 92–142.
26. Moshchenko A.V., Belan T.A. Ecological state and long-term changes of macrozoobenthos in the northern part of Amursky Bay (Sea of Japan) // *Ecological Studies and the State of the Ecosystem of Amursky Bay and the Estuarine Zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)*. Vladivostok: Dalnauka, 2008. Vol. 2. P. 61–91.
27. Галышева Ю.А., Надточий В.А. Макрозообентос мягких грунтов акваторий закрытого типа залива Петра Великого // *Известия ТИНРО*. 2008. Т. 155. С. 99–119.
28. Белан Т.А. Особенности обилия и видового состава бентоса в условиях загрязнения (залив Петра Великого, Японское море): дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 2001. 141 с.

29. Лутаенко К.А. Фауна двустворчатых моллюсков Амурского залива (Японское море) и прилегающих районов. Часть 1. Семейства Nuculidae – Cardiidae // Бюлл. Дальневост. малакол. об-ва. 2002. Вып. 6. С. 5–60.
30. Лутаенко К.А. Фауна двустворчатых моллюсков Амурского залива (Японское море) и прилегающих районов. Часть 2. Семейства Trapezidae – Periplomatidae. Эколого-биогеографическая характеристика // Бюлл. Дальневост. малакол. об-ва. 2003. Вып. 7. С. 5–84.
31. Иванова М.Б., Цурпало А.П. Двустворчатые моллюски литорали дальневосточных морей России // Бюлл. Дальневост. малакол. об-ва. 2019. Вып. 23, № 1/2. С. 5–62.
32. Лутаенко К.А., Волвенко И.Е. Двустворчатые моллюски прибрежного мелководья залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2023. 190 с.
33. Лутаенко К.А. Раковины моллюсков в голоценовых отложениях на побережье вершинной части Уссурийского залива Японского моря // Биология моря. 1988. Т 14, № 6. С. 65–67.
34. Лутаенко К.А. Моллюски из голоценовых отложений Хасанского района (южное Приморье) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1993. Т. 1, № 6. С. 89–91.
35. Соколенко Д.А., Калинина М.В. Современное состояние и структура естественных поселений тихоокеанской устрицы в северной части Амурского залива (залив Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2018. Т. 195. С. 48–60.
36. Раков В.А. Распространение и экология устричных рифов северной части Амурского залива // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря. М.: ГЕОС, 2008. С. 278–291.
37. Лутаенко К.А. Тафономия раковин двустворчатых моллюсков на пляже бухты Муравьиной (Японское море, Уссурийский залив) // Бюлл. Дальневост. малакол. об-ва. 2022. Вып. 26, № 1/2. С. 53–127.
38. Никулина Т.В., Вшивкова Т.С., Лутаенко К.А. Диатомовые водоросли в альгосообществах эстуарной зоны р. Черная Речка (г. Владивосток, Приморье) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. 2025. Вып. 11. С. 142–151.
39. Сладечек В. Общая биологическая схема качества воды // Санитарная и техническая гидробиология. М.: Наука, 1967. С. 26–31.
40. Pantle F., Buck H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. 1955. Bd 96, 18. 604 S.
41. Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические явления и процессы в устьях рек: вопросы терминологии и классификации // Наука. Техника. Технология. 2016. № 2. С. 35–61.

References

1. Vshivkova, T.S.; Omelchenko, M.V.; Burukhina, E.V.; Samchinskaya, L.P.; Sibirskaia, E.K. Estimation of Partizanskaya power station influence at ecological state of Partizanskaya river and Lozovy stream. *Vladimir Ya. Levaniidov's Biennial Memorial Meetings*. 2005, 3, 139–155. (In Russian).
2. Tischenko, P.Ya.; Zvalinsky, V.I.; Shevtsova, O.V. Hydrochemical researches of estuary of the Razdolnaya river – Amursky Bay. In *Condition of Marine Ecosystems influenced by the River Flow* / edited by Gramm–Osipov L.M. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2005, 53–88. (In Russian).
3. Pavlova, G.Y.; Tishchenko, P.Y.; Semkin, P.Y.; Shkirmikova, E.M.; Mikhailik, T.A.; Barabanshchikov, Yu.A. Hydrochemical regime of the Partizanskaya R. estuary, Nakhodka Bay, Sea of Japan. *Water Resources*. 2015;42(4):468–476. (In Russian). <https://doi.org/10.1134/S0097807815040107>
4. Mikhailov, V.N.; Mikhailova, M.V. Deltas as Indicators of Natural and Human-Induced Changes in the Regimes of Rivers and Seas. *Water Resources*. 2003;30(6):602–612. (In Russian). <https://doi.org/10.1023/B:WARE.0000007585.01852.ee>
5. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Portner H.-O. et al. (eds.). Cambridge University Press: United Kingdom and New York, 2022. 3056 p. doi: 10.1017/9781009325844.
6. Zhadan, P.M.; Vaschenko, M.A.; Al'amyashova, T.N.; Slin'ko, E.N. Monitoring of an ecological state of the coastal ecosystems in Amursky Bay (the Peter the Great Bay, Sea of Japan) on biological and biogeochemical parameters. In *Condition of Marine Ecosystems influenced by the River Flow* / edited by Gramm–Osipov L.M. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2005, 201–227. (In Russian).
7. Grigoryeva, N.I. Geomorphological and hydrometeorological characteristics of the northern part of Amursky Bay (based on data of 1960–1980 and 2000–2005). In *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)* / edited by Lutaenko K.A. and Vaschenko M.A. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008, 1, 44–60.
8. Lutaenko, K.A.; Vaschenko, M.A. Amursky Bay – an ecosystem under stress. In *Ecological studies and the state of the ecosystem of Amursky Bay and the estuarine zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)* / edited by Lutaenko K.A. and Vaschenko M.A. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008, 1, 7–29.

9. Cherkashin, S.A.; Simokon, M.V.; Pryazhevskaya, T.S. Analysis of ecotoxicological condition of Amur Bay (the Sea of Japan) based on chemical and toxicological indicators. *Water Resources*. 2019;46(3):432–442. (In Russian). <https://doi.org/10.1134/S0097807819030059>
10. Vshivkova, T.S.; Nikulina, T.V.; Khristoforova, N.K.; Drozdov, K.A.; Shamov, V.V.; Zharikova, E.A.; Klyshevskaya, S.V.; Kovekovdova, L.T.; Yurchenko, S.G.; Boldescul, A.G.; Lutzenko, T.N.; Lupakov, S.Yu.; Bortin, N.N.; Gorchakov, A.M. Problems of the ecological state of urbanized streams in the territory of the Vladivostok city agglomeration. *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*. 2023, 10, 55–66. (In Russian).
11. Chapman, P.M., Wang F. Assessing sediment contamination in estuaries. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2001;20(1):3–22.
12. Shulkin, V.M.; Semykina, G.I. Input of pollutants in Peter the Great Bay and assessment of their role in forming of ecological problems. In *Current Ecological State of Peter the Great Bay, Sea of Japan* / edited by Khristoforova, N.K. Publishing House of DVFU: Vladivostok, Russia, 2012, 252–287. (In Russian).
13. Vshivkova, T.S.; Ivanenko, N.V.; Yakimenko, L.V.; Drozdov, K.A. Introduction to freshwater biomonitoring: a tutorial. Publishing House of VVSU: Vladivostok, Russia, 2019; 240 p. (In Russian).
14. Mikhailov, V.N.; Gorin, S.L. New definitions, regionalization, and typification of river mouth areas and estuaries as their parts. *Water Resources*. 2012;39(3):247–260. (In Russian). <https://doi.org/10.1134/S0097807812030050>
15. Mikhailova, M.V.; Mikhailov, V.N. Current state and prospects of river mouth hydrology. In *Selected works of the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences* / edited by Gelfan A.N. Publishing House of KURS: Moscow, Russia, 2017, 2, 252–280. (In Russian).
16. Materials for substantiating the general plan of Vladivostok. Publishing House of Grad: Omsk, 2019. 331 p. (In Russian).
17. Tishchenko, P.Ya.; Barabanshchikov, Yu.A.; Pavlova, G.Yu.; Ryumina, A.A.; Sagalaev, S.G.; Semkin, P.Yu.; Tishchenko, P.P.; Ulanova, O.A.; Shvetsova, M.G.; Shkirknikova, E.M.; Tibenko, E.Yu. Hydrochemical state of the Uglovoy Bay (Amursky Bay) in different seasons. *Izvestiya TINRO*. 2021;201(1):138–157. (In Russian).
18. Sokolovsky, A.S.; Sokolovskaya, T.G. Long-term dynamics of the ichthyofauna of Peter the Great Bay as a reflection of natural and anthropogenic impacts on marine biota. In *Response of marine biota to environmental and climatic changes* / edited by Adrianov A.V. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2007, 170–212. (In Russian).
19. Sorokin, P.S. Economic activity in the coastal zone of Peter the Great Bay (Sea of Japan). *Pacific Geography*. 2023;(2):94–104. (In Russian). https://doi.org/10.35735/26870509_2023_14_8.
20. Degtyareva, B.A.; Buzoleva, L.S. Evaluation of sanitary and microbiological conditions of coastal waters in Vladivostok. *Izvestiya TINRO*. 2010;(163):349–354. (In Russian).
21. Ronis, G.F. The role of environmental objects in the spread of ascariasis in Vladivostok. *Hygiene and Sanitation*. 1966;(6):86–87. (In Russian).
22. Petukhov, V.I.; Petrova, E.A.; Losev, O.V. Water Pollution by Heavy Metals and Oil Products in Uglovoi Bay in February 2010–2016. *Water Resources*. 2019;46(1):103–111. <https://doi.org/10.1134/S0097807818050160>
23. Volova, G.N. Biocenoses of the coastal waters of Amursky Bay (Sea of Japan). In: *Fauna and ecology of marine organisms*. Publishing House of DVFU: Vladivostok, Russia, 1984, 78–124. (In Russian).
24. Volova, G.N. Bottom biocenoses of Amursky Bay (Sea of Japan). *Izvestiya TINRO*. 1985;(110):111–119. (In Russian).
25. Ivanova, M.B.; Belogurova, L.S.; Tsurpalo, A.P. The composition and distribution of intertidal biota in the estuarine zone of Amursky Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan). In *Ecological Studies and the State of the Ecosystem of Amursky Bay and the Estuarine Zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)* / edited by Lutaenko K.A. and Vaschenko M.A. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008, 1, 92–142.
26. Moshchenko, A.V.; Belan, T.A. Ecological state and long-term changes of macrozoobenthos in the northern part of Amursky Bay (Sea of Japan). In *Ecological Studies and the State of the Ecosystem of Amursky Bay and the Estuarine Zone of the Razdolnaya River (Sea of Japan)* / edited by Lutaenko K.A. and Vaschenko M.A. Dalnauka: Vladivostok, Russia, 2008, 2, 61–91.
27. Galysheva, Yu.A.; Nadochy, V.A. Solt-bottom macrozoobenthos of closed secondary bays in Peter the Great Bay. *Izvestiya TINRO*. 2008;(155):99–119. (In Russian).
28. Belan, T.A. Features of abundance and species composition of benthos under pollution conditions (Peter the Great Bay, Sea of Japan). A candidate's dissertation in biological sciences. Publishing House of FESTU: Vladivostok, Russia, 2001, 141 p. (In Russian).
29. Lutaenko, K.A. Bivalve molluscan fauna of Amursky Bay (Sea of Japan/East Sea) and adjacent areas. Part. 1. Families Nuculidae – Cardiidae. *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*. 2002, 6, 5–60. (In Russian).
30. Lutaenko, K.A. Bivalve molluscan fauna of Amursky Bay (Sea of Japan/East Sea) and adjacent areas. Part. 2. Families Trapezidae – Periplomatidae. Ecological and biogeographical characteristics of the fauna. *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*. 2003;(7):5–84. (In Russian).
31. Ivanova, M.V.; Tsurpalo, A.P. Bivalve mollusks of the intertidal zone of the Far Eastern seas of Russia. *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*. 2019;23(1/2):5–62. (In Russian).
32. Lutaenko, K.A.; Volvenko, I.E. Shallow-water Bivalve Mollusks of Peter the Great Bay (Sea of Japan). Publishing House of DVFU: Vladivostok, Russia, 2023; 190 p. (In Russian).
33. Lutaenko, K.A. Mollusks shells in Holocene sediments on the coast of the upper part of Ussurisk Bay (Sea of Japan). *Russian journal of Marine Biology*. 1988;14(6):65–67. (In Russian).

34. Lutaenko, K.A. Mollusks from Holocene deposits of the Khasansky area (southern Primorye). *Stratigraphy. Geological correlation*. 1993;1(6):89–91. (In Russian).
35. Sokolenko, D.A., Kalinina, M.V. Current state and structure of native aggregations of pacific oyster in the northern Amur Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan). *Izvestiya TINRO*. 2018;(195):48–60. (In Russian).
36. Rakov, V.A. Distribution and ecology of oyster reefs in the northern part of Amursky Bay. In *Current environmental condition and trends in its changes in Peter the Great Bay, Sea of Japan* / edited by Akulichev V.A. et.al. GEOS: Vladivostok, Russia, 2008, 278–291. (In Russian).
37. Lutaenko, K.A. Taphonomy of bivalve shells on the beach of Muravyinaya Bay (Sea of Japan, Ussuriysky Bay). *Bulletin of the Russian Far East Malacological Society*. 2022;26(1/2):53–127. (In Russian).
38. Nikulina, T.V.; Vshivkova, T.S.; Lutaenko, K.A. Diatoms in algal communities of the estuary zone of the Chernaya Rechka river (Vladivostok, Primorye). *Vladimir Ya. Levanidov's Biennial Memorial Meetings*. 2025;(11):142–151. (In Russian).
39. Sladeczek, V. General biological scheme of water quality. *Sanitary and technical hydrobiology*. Nauka: Moscow, Russia, 1967, 26–31. (In Russian).
40. Pantle, F.; Buck, H. Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. 1955, 96, 18, 604 p.
41. Magritsky, D.V. Dangerous hydrological phenomena and processes in river mouths: terminology and classification. *Science. Engineering. Technology*. 2016;(2):35–61. (In Russian).

Статья поступила в редакцию 28.10.2025; одобрена после рецензирования 10.02.2026; принята к публикации 16.02.2026.

The article was submitted 28.10.2025; approved after reviewing 10.02.2026; accepted for publication 16.02.2026.

