

**АКВАКУЛЬТУРА
AQUACULTURE**

Научная статья

УДК 579.68:639.446**DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-506-517****EDN: JCLLNH****КАЧЕСТВЕННЫЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
БАКТЕРИОПЛАНКТОНА И БАКТЕРИОБЕНТОСА НА УЧАСТКАХ
ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА
ПРИМОРСКОГО ГРЕБЕШКА *MIZUHOPECTEN YESSOENSIS*
В ЗАЛ. АНИВА (О. САХАЛИН)****А.В. Полтева, Е.В. Галанина***Сахалинский филиал ВНИРО (СахНИРО),
693023, г. Южно-Сахалинск, ул. Комсомольская, 196

Аннотация. Представлены результаты микробиологических исследований воды и донных отложений, выполненных с мая по октябрь 2024 г. на участках естественного и искусственного воспроизводства приморского гребешка в зал. Анива. Общая численность бактериопланктона на участках в поверхностном горизонте варьировала в пределах 0,50–2,14, в придонном — 0,80–1,24 млн кл./мл, биомасса — соответственно 37,13–220,42 и 69,99–161,12 мг/м³. Концентрация бактериопланктона соответствовала мезотрофно-эвтрофным водам. Уровень численности сапротрофных бактерий в поверхностном слое менялся в течение периода исследований от 10² до 10⁵ кл./мл. В придонном слое и донных осадках сезонные изменения концентрации сапротрофной группы отсутствовали, диапазон численности ограничивался показателями в десятки-сотни тысяч клеток на миллиметр. Индикаторная санитарно-показательная микрофлора не выявлена, что свидетельствовало об отсутствии антропогенного влияния на участки. В воде и донных осадках обнаружены этиологически значимые бактерии *Vibrio parahaemolyticus* — возбудители пищевой токсикоинфекции у человека.

Ключевые слова: бактериопланктон, бактериобентос, *Vibrio parahaemolyticus*, приморский гребешок, *Mizuhopecten yessoensis*, воспроизводство, залив Анива, Сахалин

Для цитирования: Полтева А.В., Галанина Е.В. Качественные и количественные характеристики бактериопланктона и бактериобентоса на участках естественного и искусственного воспроизводства приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis* в зал. Анива (о. Сахалин) // Изв. ТИНРО. — 2025. — Т. 205, вып. 3. — С. 506–517. DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-506-517. EDN: JCLLNH.

* Полтева Александра Владимировна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией, poltevaav@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-3114-8326; Галанина Елена Владимировна, главный специалист, galaninaev@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-9745-2227.

© Полтева А.В., Галанина Е.В., 2025

Qualitative and quantitative characteristics of bacterioplankton and bacteriobenthos in the areas of natural and artificial reproduction of scallop *Mizuhopecten yessoensis* in Aniva Bay (Sakhalin Island)

Alexandra V. Polteva*, Elena V. Galanina**

*, ** Sakhalin branch of VNIRO (SakhNIRO),

196, Komsomolskaya Str., Yuzhno-Sakhalinsk, 693023, Russia

* Ph.D., head of laboratory, poltevaav@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0003-3114-8326

** chief specialist, galaninaev@sakhniro.vniro.ru, ORCID 0000-0002-9745-2227

Abstract. Results of microbiological tests of water and bottom sediments conducted at the sites of natural and artificial reproduction of scallop *Mizuhopecten yessoensis* in the Aniva Bay from May to October 2024 are presented. The total abundance of bacterioplankton at the sea surface ranged in $0.50\text{--}2.14 \cdot 10^6$ cells/mL, at the bottom — in $0.80\text{--}1.24 \cdot 10^6$ cells/mL, and their biomasses were $37.13\text{--}220.42$ and $69.99\text{--}161.12$ mg/m³, respectively. These values corresponded to mesotrophic-eutrophic class of water. The abundance of saprotrophic bacteria in the surface layer varied seasonally from 10^2 to 10^5 cells/mL. Such seasonal changes were not registered in the bottom layer and bottom sediments where their abundance varied within the orders of $10^4\text{--}10^5$ cells/mL. No species of sanitary and indicative microflora were detected that was a sign of absent anthropogenic influence. Etiologically significant *Vibrio parahaemolyticus* bacteria were found in water and bottom sediments which are the pathogens of food poisoning for humans.

Keywords: bacterioplankton, bacteriobenthos, *Vibrio parahaemolyticus*, yesso scallop, *Mizuhopecten yessoensis*, scallop reproduction, Aniva Bay, Sakhalin

For citation: Polteva A.V., Galanina E.V. Qualitative and quantitative characteristics of bacterioplankton and bacteriobenthos in the areas of natural and artificial reproduction of scallop *Mizuhopecten yessoensis* in Aniva Bay (Sakhalin Island), *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2025, vol. 205, no. 3, pp. 506–517. (In Russ.). DOI: 10.26428/1606-9919-2025-205-506-517. EDN: JCLLNH.

Введение

В Сахалинской области растет интерес к разведению приморского гребешка. Учитывая планы создания хозяйств марикультуры в регионе, и в частности в акватории зал. Анива, исследования условий среды обитания на участках воспроизводства моллюсков становятся крайне актуальными. Как показывает опыт искусственного воспроизводства, качество воды играет важнейшую роль при разведении моллюсков. Для характеристики условий среды в акватории хозяйства в комплекс показателей необходимо включать не только гидролого-гидрохимические, но и микробиологические показатели [Григорьева, 1999; Tun, 2000; Беленева и др., 2007]. Микробиологические показатели позволяют оценить санитарное состояние исследуемой акватории, ее трофический статус, выявить участки загрязнения органическими веществами, спрогнозировать риск возникновения заболеваний в природных популяциях гидробионтов в случае выявления возбудителей заболеваний моллюсков, а также угрозу для здоровья человека, употребляющего их в пищу.

Оценка условий среды необходима не только на этапе создания хозяйства, при выборе участка для разведения, но и в процессе его функционирования. Известно, что товарное разведение гидробионтов может оказывать негативное влияние на экологию водного объекта, проявляющееся в ускорении процессов эвтрофирования вод, заилении грунтов, угнетении бентосных сообществ и перестройке всей трофической структуры биотопа [Григорьева, 1999; Felsing et al., 2005; Plew, 2011]. Для контроля за ситуацией в районе действующих хозяйств необходим регулярный мониторинг состояния среды в процессе функционирования хозяйства, а также предваряющая мониторинговые исследования фоновая оценка акватории, в том числе на уровне микробного сообщества [Forrest et al., 2015; Масленников, Щукина, 2018]. Кроме того,

по мнению Е.В. Чуприной [2023], назрела необходимость в разработке критериев для оценки влияния хозяйств марикультуры на окружающую среду.

Сведений о характеристиках микробного сообщества воды и донных осадков зал. Анива на участках, где происходит искусственное или естественное воспроизводство приморского гребешка, в литературе нет. В 2024 г. были проведены микробиологические исследования, для получения фоновых качественных и количественных характеристик бактериопланктона и бактериобентоса на участке, где начато пастбищное выращивание приморского гребешка, и на полигоне экспериментальных работ в районе природного поселения. Цель настоящей работы — представить результаты проведенных исследований.

Материалы и методы

Микробиологические исследования воды и донных осадков на участках искусственного и естественного воспроизводства приморского гребешка в зал. Анива (см. рисунок) включали определение ряда показателей. В пробах воды с поверхностного и придонного горизонтов выявляли общую численность, биомассу бактериопланктона, численность сапротрофной группы, бактерий группы кишечных палочек (БГКП), присутствие бактерий, представителей р. *Vibrio*. В донных отложениях определяли численность сапротрофной группы, БГКП, выявляли бактерии р. *Vibrio*.



Районы отбора проб для микробиологических исследований:
1 — участок хозяйства марикультуры; 2 — район природного поселения моллюсков

Scheme of sampling for microbiological tests: 1 — marine farm;
2 — natural scallop settlement



Материал для исследований собирали с мая по октябрь 2024 г. Отбор проб воды в поверхностном слое выполняли с резиновой лодки на глубине 0,5 м, наполняя стерильную стеклянную емкость объемом 1 л. Пробы придонной воды и донных осадков (поверхностный слой) отбирал водолаз: воду — в стерильную емкость объемом 1 л, донные осадки — в стерильную банку объемом 500–800 мл. Всего за период исследований проанализировано 14 проб поверхностной и придонной воды и 6 проб донных осадков. В хозяйстве марикультуры по погодным и техническим причинам удалось отобрать только три пробы воды. Даты отбора проб, глубина и показатели температуры воды на участках представлены в табл. 1.

Для определения общей численности и биомассы бактерий отбирали 50 мл воды, вносили 1 мл безбактериального формалина (37 %) на 10 мл пробы для фиксации

Таблица 1

Гидрологические показатели на участках отбора проб воды

Table 1

Oceanographic parameters at the sites of water sampling

Район отбора	Дата	Глубина, м	Температура воды, °С	
			Поверхностный слой	Придонный слой
Участок 1	25.07.2024	10,0	9,0	—*
	28.08.2024	10,0	17,0	10,0
Участок 2	20.05.2024	14,0	5,5	2,7
	19.06.2024	14,5	12,7	11,7
	23.07.2024	13,0	18,7	13,8
	29.08.2024	14,0	18,4	15,3
	24.09.2024	14,5	14,1	13,2
	28.10.2024	15,0	10,0	10,0

* Нет данных.

клеток микроорганизмов. Пробы до исследований хранили при температуре 4 °С. Фиксированные, окрашенные красителем акридиновым оранжевым пробы воды (0,3 мл) фильтровали через черные поликарбонатные мембраны (GVS) с диаметром пор 0,2 мкм. Подсчет клеток микроорганизмов на фильтрах вели с использованием люминесцентного микроскопа Nikon Eclipse Ni-U в 20 полях зрения при увеличении в 1000 раз. Для определения биомассы бактерий проводили определение линейных размеров клеток с помощью окуляр-микрометра. Численность и биомассу бактерий на единицу объема рассчитывали по формулам, приводимым в методических указаниях [Руководство..., 1980].

Определение численности сапротрофной группы бактерий (СБ) в воде и донных отложениях выполняли методом предельных разведений [Родина, 1965; Руководство..., 1980]. Перед посевами донных отложений предварительно готовили суспензию из них на морской воде [Родина, 1965]. В качестве питательной среды для сапротрофной группы применяли ГРМ-бульон (Государственный научный центр прикладной микробиологии и биотехнологии, г. Оболенск), приготовленный на морской воде из зал. Анива. Посевы инкубировали в мае при температуре 6–8 °С, в остальное время при комнатной температуре. Результаты фиксировали на седьмые-десятые сутки роста. Численность гетеротрофных групп рассчитывали как наиболее вероятное число бактерий и выражали количеством клеток в 1 мл для воды и в 1 г для грунта [Руководство..., 1980].

Для оценки антропогенного влияния на участках определяли присутствие в воде и донных осадках санитарно-показательных бактерий — лактозоположительных БГКП. Выделение этой группы бактерий проводили на среде Эндо при 37 °С. У выросших за 24 ч колоний проверяли оксидазную активность, окраску по Грамму, ферментацию лактозы. Колонии оксидазо- и грамотрицательные, сбрасывающие лактозу с образованием кислоты и выделением газа, относили к группе кишечных палочек*.

Присутствие условно-патогенных бактерий из рода *Vibrio* в пробах воды и донных отложениях (только *Vibrio parahaemolyticus*) определяли ПЦР-методом. Тотальную ДНК, в которой выявляли присутствие ДНК вибрионов, выделяли в одних случаях при посеве воды и донных осадков из общей бактериальной биомассы, собранной бактериологической петлей с агаризованной среды (ГРМ-агар, приготовленный на морской воде из залива), в других — из общей биомассы, собранной в ходе фильтрации 1 л пробы воды.

Выделение ДНК из бактериальной биомассы выполняли с использованием набора D-Cells-250 (ООО «Биолабмикс», Новосибирск), из фильтратов — классическим фенол-хлороформным методом в модификации Н.Л. Бельковой и А.М. Андреевой [2009].

* МУ № 2260-80. Методические указания по гигиеническому контролю загрязнения морской среды. М.: Минздрав СССР, 1981. 18 с.

ПЦР-смесь готовили из компонентов набора Intifica TaqM мастер-микс (зеленый) (ООО «Компания Алкор Био», Санкт-Петербург) по прописи изготовителя. Для выявления бактерий из р. *Vibrio* использовали пару праймеров, предложенных ранее [Sawabe et al., 2007], для видовой детекции *V. parahaemolyticus* — другие праймеры [Cao et al., 2019].

Амплификацию проводили с использованием термоциклера T-100 ThermoCycler (Bio-Rad). Протокол реакции включал этапы: первичной денатурации при 95 °С в течение 3 мин; 25–35 циклов — денатурация при 95 °С 30 с, отжиг праймеров при 60 °С 30 с, элонгация при 72 °С 1 мин; финальной элонгации при 72 °С в течение 5 мин. Анализ продуктов ПЦР выполняли методом электрофореза в 1,5 %-ном агарозном геле с бромистым этидием в трис-ацетатном буфере.

Результаты и их обсуждение

По результатам микробиологических исследований воды и донных отложений общая численность бактериопланктона на участке 1 варьировала в поверхностном слое в пределах 0,50–0,77 млн кл./мл, на участке 2 — в поверхностном слое 0,79–2,14 млн кл./мл, в придонном — 0,80–1,24 млн кл./мл (табл. 2). В районе природного поселения моллюсков динамика изменения биомассы в целом совпадала с колебаниями численности бактерий как в поверхностном горизонте, так и в придонных слоях. Максимумы численности и биомассы бактериопланктона для этого участка были зафиксированы в конце июля. Отсутствие аналогичного ряда данных для участка 1 не позволяет оценить вариации численности и биомассы с весны до осени. Однако можно отметить сравнимые показатели численности бактерий в поверхностном слое на участках 1 и 2 (соответственно 0,77 и 0,90 млн кл./мл) в конце августа.

Показатели общей численности и биомассы бактериопланктона на участках воспроизводства приморского гребешка в зал. Анива в 2024 г.

Indices of total abundance and biomass of bacterioplankton at the sites of yesso scallop reproduction in Aniva Bay in 2024

Район исследований	Дата	Горизонт	Общая численность, млн кл./мл	Биомасса, мг/м ³
Участок 1	27.07.24	Поверхностный	0,50	46,18
	28.08.24		0,77	37,13
Участок 2	20.05.24	Поверхностный	1,31	82,89
		Придонный	1,05	69,99
	19.06.24	Поверхностный	1,23	101,43
		Придонный	1,14	114,78
	23.07.24	Поверхностный	2,14	220,42
		Придонный	0,80	127,79
	29.08.24	Поверхностный	0,90	87,73
		Придонный	1,10	97,48
	24.09.24	Поверхностный	1,29	182,34
		Придонный	1,24	161,12
	28.10.24	Поверхностный	0,79	82,52
		Придонный	0,95	88,59

К настоящему времени не разработаны критерии оценки морских вод по трофо-сапробиологическим показателям (в том числе численности бактериопланктона, сапротрофной и санитарно-показательной групп) подобно тем, что используются для комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши [Оксиюк и др., 1993]. Ретроспективная информация по количественным характеристикам (общей численности и биомассе бактериопланктона), необходимая для сравнительной оценки

по зал. Анива, в литературе отсутствует, однако имеются данные для открытых вод и шельфовой зоны Охотского моря, к бассейну которого относится залив. Так, согласно литературным данным [Сорокин и др., 1997] в июле-августе 1992 г. при численности более 1 млн кл./мл биомасса бактерий в верхнем слое была выше 70–100 мг/м³, что сопоставимо с уровнем развития бактериопланктона в мезотрофных водах. На шельфе биомасса выше 150–200 мг/м³ соответствовала эвтрофным водам.

Ориентируясь на приведенные критерии, выявленный уровень численности планктонных бактерий на описываемых участках можно оценить преимущественно как мезотрофный. Показатели численности и биомассы, соответствующие эвтрофным водам, зафиксированы на участке 2 в последней декаде июля в поверхностном слое, в сентябре — в поверхностном и придонном горизонтах.

Литературные данные [Вербина, 1980; Байтаз и др., 1996; Гордиенко, Ерохин, 2019] свидетельствуют о том, что в относительно чистых водах, не загрязненных органическими веществами, численно доминируют кокковые формы. Палочковидные, крупные формы бактерий преобладают при загрязнении трудноминерализуемыми органическими веществами антропогенного происхождения, коммунальными, производственными стоками в районах, богатых детритными частицами.

Анализ морфологической структуры бактериопланктона на участках показал доминирование кокковых форм в течение всего периода исследований как в поверхностной, так и в придонной воде. Среди кокковых форм доминировали клетки диаметром 0,20–0,49 мкм, реже — более мелкие клетки диаметром менее 0,20 мкм и крупные — 0,50–0,99 мкм, редко — относительно крупные кокки с диаметром 1,0–1,5 мкм. Среди палочковидных бактерий преобладали клетки длиной 1,0 мкм, диаметром 0,2–0,5 мкм. Немногочисленны были клетки длиной 1,5 мкм, диаметром 0,3–0,7 мкм. Единично присутствовали палочки длиной — 2,0–4,0 мкм.

Полагаясь на существующие в настоящее время представления о том, что морфологическая структура микробного сообщества отражает уровень загрязнения морских вод, и учитывая выявленное в ходе исследований устойчивое доминирование кокков, преимущественно мелких, в планктонном бактериальном сообществе, можно сделать вывод об отсутствии органического загрязнения и чистоте воды, омывающей участки, где воспроизводился гребешок.

Численность сапротрофной группы микроорганизмов в водных объектах коррелирует с содержанием легкоокисляемых органических веществ различного генезиса. Определение количественных показателей этой группы лежит в основе санитарно-бактериологического контроля водоемов, позволяет оценить степень загрязнения и качество исследуемых вод [ГОСТ 17.1.2.04-77; Мишустина и др., 1985; Баубекова, Проскурина, 2023]. Данные о численности сапротрофной группы на участках представлены в табл. 3.

Уровень численности сапротрофных бактерий менялся в течение периода исследований в поверхностном слое. Вслед за ростом температуры (коэффициент корреляции составил 0,92) происходило увеличение концентрации бактерий летом и снижение осенью. Максимум (250000 кл./мл) приходился на конец августа.

Показатели численности в придонном слое и в донных осадках были выше показателей поверхностного горизонта, не опускались ниже значений в десятки-сотни тысяч клеток в 1 мл. Сезонные изменения отсутствовали. Относительно высокая плотность сапротрофных бактерий в осадках, вероятнее всего, обусловлена их обилием в илистой фракции донных отложений, обволакивающей галечные грунты на рассматриваемых участках, в придонном слое — их вымыванием из грунта.

Опубликованные данные о вертикальном и горизонтальном распределении сапротрофной группы в заливе немногочисленны. По результатам исследований 2002 г. в акватории, граничащей с участком 2, в августе-октябре показатели численности сапротрофной группы варьировали в пределах 4,5–250,0 тыс. кл./мл в поверхностном слое [Полтева, 2005], что согласуется с показателями 2024 г.

Таблица 3

Численность планктонных и бентосных сапротрофных бактерий на участках воспроизводства в зал. Анива в 2024 г.

Table 3

Number of planktonic and benthic saprotrophic bacteria at the sites of yesso scallop reproduction in Aniva Bay in 2024

Район исследований	Дата	Горизонт	Сапротрофная группа, кл./мл (вода), кл./г (грунт)
Участок 1	27.07.24	Поверхностный	25000
	28.08.24	Поверхностный	250000
		Придонный	600000
		Донные осадки	600000
Участок 2	19.06.24	Поверхностный	2500
		Придонный	25000
		Донные осадки	250000
	23.07.24	Поверхностный	50000
		Придонный	60000
		Донные осадки	25000
	29.08.24	Поверхностный	60000
		Придонный	600000
		Донные осадки	50000
	24.09.24	Поверхностный	2500
		Придонный	60000
		Донные осадки	250000
	28.10.24	Поверхностный	600
		Придонный	25000
		Донные осадки	250000

В загрязненных морских акваториях, подверженных стокам с жилых, рекреационных, промышленных зон, концентрация сапротрофного бактериопланктона составляет миллионы клеток в 1 мл, достигая значений 10^{7-9} кл./мл [Журавель и др., 2012; Бойченко, Галышева, 2021]. Численность группы на участках была ниже, что является признаком сравнительно чистой воды в районах проведения исследований.

О наличии антропогенного прямого или опосредованного влияния на любой водный объект, в частности хозяйственно-коммунальных сбросов с береговой территории, можно говорить при обнаружении санитарно-показательных микроорганизмов в пробах воды из исследуемой акватории. Количество выявленной санитарно-индикаторной флоры позволяет оценить степень или уровень существующей нагрузки на водоем в период исследований.

Выживаемость санитарно-показательных микроорганизмов, таких как БГКП, при попадании в морскую воду низкая. Обнаружение этих бактерий в морской воде свидетельствует, как правило, о свежем поступлении органических веществ антропогенного происхождения или указывает на хроническое загрязнение акватории в ходе хозяйственной деятельности [Cavallo et al., 1999; Огородникова, 2001].

Описываемые участки в разной степени находятся в зоне влияния стоков с рекреационных и промышленной зон, жилых поселений. По результатам мониторинга воды и донных осадков представители санитарной группы за период исследований выделены не были, что подтверждает отсутствие хозяйственно-бытового загрязнения морских вод на участках.

В ходе микробиологических исследований воды определяли присутствие микроорганизмов из р. *Vibrio*, поскольку ряд представителей этого рода являются возбудителями бактериальных инфекций у двустворчатых моллюсков в аквакультуре [Thompson et al., 2004; Liu et al., 2013; Морозова и др., 2020; Гаврилова и др., 2021]. В результате

бактерии рода были выявлены на участках как в поверхностном, так и в придонном слое (табл. 4). Видовая идентификация обнаруженных вибрионов с целью выявления среди них возбудителей заболеваний у моллюсков, а также определение их биохимической активности, патогенности — предмет отдельного исследования, результаты которого будут опубликованы позднее.

Таблица 4

Присутствие бактерий из р. *Vibrio* в пробах воды

Table 4

Район отбора проб	Дата	Вода, горизонт	
		Поверхностный	Придонный
Участок 1	28.08.24	+	+
Участок 2	20.05.24	–	+
	19.06.24	+	+
	23.07.24	+	+
	29.08.24	–	+
	24.09.24	+	+
	28.10.24	–	–

Факт обнаружения бактерий из р. *Vibrio* свидетельствует о существовании потенциального риска возникновения заболеваний у молодежи и взрослых особей моллюсков в случае их массового разведения и о необходимости контроля за ситуацией при товарной аквакультуре.

Приморский гребешок — деликатесный продукт питания. При его разведении важно учитывать присутствие в районе хозяйства микроорганизмов — возбудителей заболеваний человека, поскольку в ходе питания и фильтрации воды моллюски могут накапливать бактерии в органах и тканях [Пученкова, 1991; Лаженцева и др., 2004].

Основное внимание в наших исследованиях было сосредоточено на выявлении вида *V. parahaemolyticus* — возбудителя тяжелой пищевой токсикоинфекции у человека (табл. 5).

Таблица 5

Присутствие бактерий *V. parahaemolyticus* в воде и донных отложениях в 2024 г.

Table 5

Район исследований	Дата	Вода, горизонт		Донные отложения
		Поверхностный	Придонный	
Участок 1	27.07.24	–	–	–
	28.08.24	–	+	–
Участок 2	20.05.24	–	+	–
	19.06.24	–	–	–
	23.07.24	–	+	–
	29.08.24	–	+	–
	24.09.24	–	–	+
	28.10.24	–	–	–

В результате выявлена приуроченность данного вида бактерий к придонным слоям воды и донным осадкам. Эту особенность пространственного распределения микроорганизмов следует учитывать при пастбищном выращивании моллюсков.

Заключение

Согласно данным, полученным в 2024 г., выявленный уровень общей численности планктонных микроорганизмов и показатели биомассы на участках естественного и

искусственного воспроизводства в зал. Анива соответствуют мезотрофному типу водоемов. Признаки эвтрофии вод отмечены при наибольшем прогреве поверхностного горизонта в конце лета. Отсутствие санитарной индикаторной микрофлоры и концентрация сапротрофного бактериопланктона, а также доминирование в морфологической структуре кокковых форм бактерий свидетельствуют о сравнительной чистоте природных вод на участках и отсутствии влияния разнообразной хозяйственной деятельности человека в береговой зоне.

Обнаружение в воде и донных осадках условно-патогенных микроорганизмов из р. *Vibrio*, потенциальных возбудителей заболеваний моллюсков и человека, требует контроля за содержанием патогенов как в объектах разведения, так и в окружающей среде при товарной аквакультуре гребешка.

Полученные качественные и количественные показатели микробного сообщества на участках залива можно рассматривать в качестве фоновых при мониторинге условий среды на участках, а также использовать при разработке региональных критериев для оценки воздействия аквакультуры на окружающую среду в зал. Анива.

Благодарности (ASKNOWLEDGEMENTS)

Авторы выражают благодарность сотрудникам лаборатории аквакультуры беспозвоночных и водорослей, лаборатории исследований среды и мониторинга антропогенного воздействия СахНИРО, а также руководителю хозяйства марикультуры В.А. Тену за помощь в отборе проб воды и донных отложений для исследований.

The authors are thankful to colleagues in SakhNIRO Lab. Aquaculture of invertebrates and seaweeds and Lab. Environmental studies and anthropogenic impact monitoring, as well as to V.A. Ten, director of marine farm, for their assistance in collecting the samples of water and bottom sediments for the study.

Финансирование работы (FUNDING)

Данная работа не имела дополнительного финансирования.
The study did not have any additional sponsor funding.

Соблюдение этических стандартов (COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS)

Все применимые международные, национальные и/или институциональные принципы ухода и использования животных были соблюдены. Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

All applicable international, national and/or institutional principles for the care and use of animals have been observed. The authors declare that they have no conflict of interest.

Информация о вкладе авторов (AUTHOR CONTRIBUTIONS)

Оба автора совместно проводили сбор, анализ данных, обсуждение результатов, занимались поиском литературы, написанием текста работы. А.В. Полтева осуществляла общую редакцию статьи.

Both authors jointly collected and processed samples, analyzed the data, discussed the results, and wrote and illustrated the text; A.V. Polteva made general editing of the article.

Список литературы

Байтаз В.А., Байтаз О.Н., Мишустина И.Е. Морфометрия клеток, численность и биомасса основных морфологических групп бактериопланктона Баренцева моря // Океанол. — 1996. — Т. 36, № 6. — С. 883–887.

Баубекова Д.Г., Проскурина В.В. Оценка влияния абиотических факторов на гетеротрофные бактериоценозы воды и донных отложений в северной части Каспийского моря // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. — 2023. — № 5. — С. 71–84. DOI: 10.35567/19994508_2023_5_6.

Беленева И.А., Жукова Н.В., Лу Лан Х., Нгуен Тран Д.Х. Таксономический состав микрофлоры, ассоциированной с культивируемыми моллюсками *Crassostrea lugubris* и *Perna viridis* и с водой в лагуне залива Нячанг, Вьетнам // Микробиология. — 2007. — Т. 76, № 2. — С. 253–262.

Белькова Н.Л., Андреева А.М. Введение в молекулярную экологию микроорганизмов : учебно-методическое пособие. — Ярославль : Принтхаус, 2009. — 91 с.

Бойченко Т.В., Галышева Ю.А. Эколого-функциональные группы бактерий в поверхностных водах и донных отложениях бухты Золотой Рог (залив Петра Великого, Японское море) // Актуальные научные исследования : сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. — Пенза : Наука и Просвещение, 2021. — С. 19–26.

Вербина Н.М. Гидромикробиология с основами общей микробиологии : учеб. пособие. — М. : Пищ. пром-сть, 1980. — 288 с.

Гаврилова Г.С., Мотора З.И., Поздняков С.Е. Результаты исследований состояния приморского гребешка (*Mizuhopecten yessoensis*) на плантациях марикультуры Приморья // Изв. ТИНРО. — 2021. — Т. 201, вып. 4. — С. 895–909. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-895-909. EDN: WYCLDU.

Гордиенко А.П., Ерохин В.Е. Морфологическая структура бактериопланктона открытых акваторий Средиземноморского бассейна // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : мат-лы 17-й Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. — Киров : ВятГУ, 2019. — Кн. 1. — С. 276–280.

Григорьева Н.И. Эколого-гидрологическая характеристика залива Посъета как района культивирования моллюсков : дис. ... канд. биол. наук. — Владивосток, 1999. — 136 с.

Журавель Е.В., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Токарчук Т.Н. Оценка состояния залива Восток (залив Петра Великого, Японское море) по гидрохимическим и микробиологическим показателям // Изв. Самар. науч. центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14, № 1–9. — С. 2325–2329.

Лаженцева Л.Ю., Шульгина Л.В., Гришин А.С. и др. Микробиологическая оценка анадарты (*Anadara broughtoni*) зал. Петра Великого // Изв. ТИНРО. — 2004. — Т. 138. — С. 389–396.

Масленников С.И., Щукина Г.Ф. Взаимодействие плантаций марикультуры и морских прибрежных экосистем // Рыб. хоз-во. — 2018. — № 4. — С. 96–99.

Мишустина И.Е., Щеглова И.К., Мицкевич И.Н. Морская микробиология : учеб. пособие. — Владивосток : ДВГУ, 1985. — 184 с.

Морозова М.А., Рыбальченко А.Д., Бугаев Л.А., Стрижакова Т.В. Аналитический обзор по наиболее значимым бактериальным заболеваниям морских двусторчатых моллюсков // Ветеринарная патология. — 2020. — № 3(73). — С. 48–53. DOI: 10.25690/VETPAT.2020.24.39.002.

Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого : моногр. — Владивосток : ТИНРО-центр, 2001. — 193 с.

Оксинок О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. — 1993. — Т. 29, № 4. — С. 62–76.

Полтева А.В. Индикаторные группы гетеротрофных микроорганизмов прибрежных вод залива Анива (пос. Пригородное) // Тр. СахНИРО. — 2005. — Т. 7. — С. 385–392.

Пученкова С.Г. Санитарно-микробиологические исследования устриц и морской воды у побережья Северного Кавказа // Гигиена и санитария. — 1991. — № 3. — С. 22–24.

Родина А.Г. Методы водной микробиологии : практическое руководство. — М. ; Л. : Наука, 1965. — 363 с.

Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. А.В. Цыбань. — Л. : Гидрометеиздат, 1980. — 193 с.

Сорокин Ю.И., Сорокин П.Ю., Мамаева Т.И., Сорокина О.В. Бактериопланктон и планктонные инфузории в Охотском море // Комплексные исследования экосистемы Охотского моря. — М. : ВНИРО, 1997. — С. 210–216.

Чуприна Е.В. Экологическое взаимодействие морской аквакультуры и окружающей среды // Экология гидросферы. — 2023. — № 1(9). — С. 1–7.

Cao X., Zhao L., Zhanga J. et al. Detection of viable but nonculturable *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp samples using improved real-time PCR and real-time LAMP methods // Food Control. — 2019. — Vol. 103(4). — P. 145–152. DOI: 10.1016/j.foodcont.2019.04.003.

Cavallo R.A., Rizzi C., Voza T., Stabili L. Viable heterotrophic bacteria in water and sediment in «Mar Piccolo» of Taranto (Ionian Sea, Italy) // J. Appl. Microbiol. — 1999. — Vol. 86, № 6. — P. 906–916. DOI: 10.1046/j.1365-2672.1999.00767.x.

- Felsing M., Glencross B., Telfer T.** Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment // *Aquaculture*. — 2005. — Vol. 243. — P. 159–174.
- Forrest B., Cornelisen C., Clement D. et al.** Monitoring framework for the Waikato Coastal Marine Area: Report 2 — Regional aquaculture monitoring priorities and guidance : Waikato Regional Council Technical Report 15/39. — Cawthron Report No. 2429. — 2015. — 67 p.
- Liu R., Qiu L.M., Yu Z. et al.** Identification and characterisation of pathogenic *Vibrio splendidus* from *Yesso scallop* (*Patinopecten yessoensis*) cultured in a low temperature environment // *J. Invertebr. Pathol.* — 2013. — Vol. 114(2). — P. 144–150. DOI: 10.1016/j.jip.2013.07.005.
- Plew D.R.** Shellfish farm-induced changes to tidal circulation in an embayment, and implications for seston depletion // *Aquac. Environ. Interact.* — 2011. — Vol. 1(3). — P. 201–214. DOI: 10.3354/aei00020.
- Sawabe T., Kita-Tsukamoto K., Thompson F.L.** Inferring the Evolutionary History of *Vibrios* by Means of Multilocus Sequence Analysis // *J. Bacteriol.* — 2007. — Vol. 189, № 21. — P. 7932–7936. DOI: 10.1128/JB.00693-07.
- Thompson F.L., Iida T., Swings J.** Biodiversity of *Vibrios* // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* — 2004. — Vol. 68, № 3. — P. 403–431. DOI: 10.1128/MMBR.68.3.403-431.2004.
- Tun T.** A review of mass mortalities in pearl oysters // *SPC Pearl Oyster Information Bulletin*. — 2000. — № 14. — P. 17–20.

References

- Baitaz, V.A., Baitaz, O.N., and Mishustina, I.E.,** Cell morphometry, abundance and biomass of main morphological groups of the Barents Sea bacterioplankton, *Oceanology*, 1996, vol. 36, no. 6, pp. 883–887.
- Baubekova, D.G. and Proskurina, V.V.,** Assessment of the influence of some abiotic factors on heterotrophic bacteriocoenosis of water and bottom sediments in the northern part of the Caspian Sea, *Water Sector of Russia: Problems, Technologies, Management*, 2023, no. 5, pp. 71–84. doi 10.35567/19994508_2023_5_6
- Beleneva, I.A., Zhukova, N.V., Le Lan, H., and Tran, D.H.N.,** Taxonomic composition of bacteria associated with cultivated mollusks *Crassostrea lugubris* and *Perna viridis* and with the water of the gulf of Nha Trang Lagoon, Vietnam, *Microbiology*, 2007, vol. 76, no. 2, pp. 220–228.
- Belkova, N.L. and Andreeva, A.M.,** *Vvedeniye v molekulyarnuyu ekologiyu mikroorganizmov* (Introduction to molecular ecology of microorganisms), Yaroslavl: Printhouse, 2009.
- Boychenko, T.V. and Galysheva, Yu.A.,** Ecological and functional groups of bacteria in the surface waters and bottom sediments of the Golden Horn Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan), in *Sb. statey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Aktual'nyye nauchnyye issledovaniya"* (Collection of articles from the International scientific and practical conference "Current scientific research"), Penza: Nauka i Prosveshcheniye, 2021, pp. 19–26.
- Verbina, N.M.,** *Gidromikrobiologiya s osnovami obshchey mikrobiologii* (Hydromicrobiology with the basics of general microbiology), Moscow: Pishchevaya Promyshlennost', 1980.
- Gavrilova, G.S., Motora, Z.I., and Pozdnyakov, S.E.,** Results of examination the state of yesso scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) on plantations of aquaculture in Primorye, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2021, vol. 201, no. 4, pp. 895–909. DOI: 10.26428/1606-9919-2021-201-895-909. EDN: WYCLDU.
- Gordienko, A.P. and Erokhin, V.E.,** Morphological structure of bacterioplankton of open waters of the Mediterranean basin, in *Materialy XVII Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem "Biodiagnostika sostoyaniya prirodnikh i prirodno-tekhnogennykh system"* (Proc. XVII All-Russ. Sci. and Pract. Conf. with international participation "Biodiagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems"), Kirov: Vyatka State University, 2019, book 1, pp. 276–280.
- Grigorieva, N.I.,** Ecological and hydrological characteristics of Posyet Bay as a mollusc cultivation are, *Cand. (Biol.) Dissertation*, Vladivostok, 1999.
- Zhuravel, E., Khristoforova, N., Drosdovskaya, O., and Tokarchuk, T.,** Estimation the water state of Vostok Gulf (Peter the Great Bay, Japan Sea) on hydrochemical and microbiological parameters, *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2012, vol. 14, no. 1–9, pp. 2325–2329.
- Lazhentseva, L.Yu., Shulgina, L.V., Grishin, A.S., Zagorodnaya, G.I., and Yavnov, S.V.,** Microbiological testing of anadara (*Anadara broughtoni*) from Peter the Great Bay, *Izv. Tikhookean. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2004, vol. 138, pp. 389–396.
- Maslennikov, G.I. and Shukina, G.F.,** Interaction between mariculture plantations and coastal ecosystems, *Rybn. Khoz.*, 2018, no. 4, pp. 96–99.
- Mishustina, I.E., Shcheglova, I.K., and Mitskevich, I.N.,** *Morskaya mikrobiologiya* (Marine microbiology), Vladivostok: DVGU, 1985.

Morozova, M.A., Rybalchenko, A.D., Bugaev, L.A., and Strizhakova, T.V., Analytical review on the most important bacterial diseases of marine bivalve molluscs, *Veterinarnaya patologiya*, 2020, no. 3(73), pp. 48–53. doi 10.25690/VETPAT.2020.24.39.002

Ogorodnikova, A.A., *Ekologo-ekonomicheskaya otsenka vozdeistviya beregovykh istochnikov zagryazneniya na prirodnyuyu sredyu i bioresursy zaliva Petra Velikogo* (Ecological and Economic Assessment of the Impact of Coastal Sources of Pollution on the Natural Environment and Bioresources of Peter the Great Bay), Vladivostok: TINRO-Tsentr, 2001.

Oksiyuk, O.P., Zhukinsky, V.N., Braginsky, L.P., Linnik, P.N., Kuzmenko, M.I., and Klenus, V.G., Complex ecological classification of quality of the land surface water, *Gidrobiol. Zh.*, 1993, vol. 29, no. 4, pp. 62–76.

Polteva, A.V., Indicator groups Ofheterotrophic microorganisms in the coastal waters of Aniva Bay (settlement Prigorodnoye), *Tr. Sakhalin. Nauchno-Issled. Inst. Rybn. Khoz. Okeanogr.*, 2005, vol. 7, pp. 385–392.

Puchenkova, S.G., Sanitary and microbiological studies of oysters and sea water off the coast of the North Caucasus, *Gigiyena i sanitariya*, 1991, no. 3, pp. 22–24.

Rodina, A.G., *Metody vodnoy mikrobiologii* (Methods of water microbiology), Moscow, Leningrad: Nauka, 1965.

Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozheniy (Guide to methods of biological analysis of sea water and bottom sediments), Tsyban, A.V., Ed., Leningrad: Gidrometeoizdat, 1980.

Sorokin, Yu.I., Sorokin, P.Yu., Mamaeva, T.I., and Sorokina, O.V., The Sea of Okhotsk bacterioplankton and planktonic ciliates, in *Kompleksnye issledovaniya ekosistemy Okhotskogo morya* (Complex Studies of the Sea of Okhotsk), Moscow: VNIRO, 1997, pp. 210–216.

Chuprina, E.V., Ecological relationship of marine aquaculture and the environment, *Ekologiya gidrosfery*, 2023, no. 1(9), pp. 1–7.

Cao, X., Zhao, L., Zhang, J., Chen, X., Shi, L., Fang, X., Xie, H., Chang, Y., and Wang, L., Detection of viable but nonculturable *Vibrio parahaemolyticus* in shrimp samples using improved real-time PCR and real-time LAMP methods, *Food Control*, 2019, vol. 103, no. 4, pp. 145–152. doi 10.1016/j.foodcont.2019.04.003

Cavallo, R.A., Rizzi, C., Voza, T., and Stabili, L., Viable heterotrophic bacteria in water and sediment in «Mar Piccolo» of Taranto (Ionian Sea, Italy), *J. Appl. Microbiol.*, 1999, vol. 86, no. 6, pp. 906–916. doi 10.1046/j.1365-2672.1999.00767.x

Felsing, M., Glencross, B., and Telfer, T., Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment, *Aquaculture*, 2005, vol. 243, pp. 159–174.

Forrest, B., Cornelisen, C., Clement, D., Keeley, N., and Taylor, D., Monitoring framework for the Waikato Coastal Marine Area: Report 2 — Regional aquaculture monitoring priorities and guidance, *Waikato Regional Council Technical Report 15/39*, Cawthron Report No. 2429, 2015.

Liu, R., Qiu, L.M., Yu, Z.A., Zi, J., Yue, F., Wang, L., Zhang, H., Teng, W., Liu, X., and Song, L., Identification and characterisation of pathogenic *Vibrio splendidus* from *Yesso scallop* (*Patinopecten yessoensis*) cultured in a low temperature environment, *J. Invertebr. Pathol.*, 2013, vol. 114, no. 2, pp. 144–150. doi 10.1016/j.jip.2013.07.005

Plew, D.R., Shellfish farm-induced changes to tidal circulation in an embayment, and implications for seston depletion, *Aquac. Environ. Interact.*, 2011, vol. 1, no. 3, pp. 201–214. doi 10.3354/aei00020

Sawabe, T., Kita-Tsukamoto, K., and Thompson, F.L., Inferring the Evolutionary History of Vibrios by Means of Multilocus Sequence Analysis, *J. Bacteriol.*, 2007, vol. 189, no. 21, pp. 7932–7936. doi 10.1128/JB.00693-07

Thompson, F.L., Iida, T., and Swings, J., Biodiversity of Vibrios, *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 2004, vol. 68, no. 3, pp. 403–431. doi 10.1128/MMBR.68.3.403-431.2004

Tun, T., A review of mass mortalities in pearl oysters, *SPC Pearl Oyster Information Bulletin*, 2000, no. 14, pp. 17–20.

MU № 2260-80. Metodicheskiye ukazaniya po gigiyenicheskomu kontrolyu zagryazneniya morskoy sredy (MU No. 2260-80. Methodological guidelines for hygienic control of pollution of the marine environment), Moscow: USSR Ministry of Health, 1981.

Поступила в редакцию 16.05.2025 г.

После доработки 30.06.2025 г.

Принята к публикации 8.09.2025 г.

The article was submitted 16.05.2025; approved after reviewing 30.06.2025;
accepted for publication 8.09.2025