

УДК 556: 57.045

АМУРСКИЙ ЗАЛИВ: ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ПЕРИОД ДЕЙСТВИЯ ЛЕТНЕГО МУССОНА

© 2024 г. А. Ю. Лазарюк^{1, 2} (ORCID: 0000-0003-4231-9653),
Н. К. Христофорова^{3, 4} (ORCID: 0000-0002-9559-8660),
Т. В. Бойченко³ (ORCID: 0000-0002-1338-9479)

¹Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева (ТОИ) ДВО РАН,
Владивосток 690041, Россия

²Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского (ННЦМБ) ДВО РАН,
Владивосток 690041, Россия

³Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), Владивосток 690922, Россия

⁴Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, Владивосток 690041, Россия
e-mail: lazaryuk@poi.dvo.ru

Поступила в редакцию 03.12.2023 г.

После доработки 18.06.2024 г.

Принята к публикации 19.06.2024 г.

Выполненная в июле 2022 г. комплексная гидролого-микробиологическая съемка Амурского залива показала, что уровни и распределение термохалинных и гидрохимических параметров отражают влияние летнего муссона и речного стока. Под воздействием южного ветра происходил сгон поверхностных вод вдоль западного берега, обуславливая относительно восточного побережья понижение температуры воды на 0.3–1°C и повышение солёности на 2.6 епс. Одновременно на северо-востоке залива наблюдался эффект нагона с запиранием опресненных и обогащенных биогенными элементами относительно теплых поверхностных вод. Эти благоприятные условия вызывали цветение фитопланктона, которое сопровождалось высокой концентрацией хлорофилла *a* (до 6–9 мкг/л) и насыщением вод кислородом (до 120%). В придонных слоях этого сектора, как следствие развития процесса эвтрофикации, наблюдалась гипоксия с концентрацией кислорода менее 5%. Согласно результатам микробиологического исследования, воды Амурского залива летом 2022 г. относились к мезосапробным, обогащенным органическими соединениями, накопление органического вещества преобладало над его деструкцией. На биологическое загрязнение вод указывала высокая численность бактерий санитарно-показательной группы, превышающая ПДК, а на активность растительных сообществ – присутствие в больших количествах фенол-резистентных микроорганизмов. Нефтяное загрязнение выявлено только вблизи источников поступления нефтеуглеводородов – нефтебазы и узловой железнодорожной станции. О незначительности специализированного (техногенного) пресса на воды залива на момент взятия проб свидетельствовала низкая численность металл-резистентных микроорганизмов.

Ключевые слова: STD-данные, гидрохимический анализ, микробная индикация, Амурский залив, Японское море, южный муссон

DOI: 10.31857/S0134347524050057

Амурский залив – полузакрытая северо-западная часть зал. Петра Великого Японского моря. Его западной границей является материковый берег, восточной – побережье п-ова Муравьева-Амурского и уходящих от него на юго-запад островов Русский, Попова, Рейнеке, Рикорда, Циволько и Желтухина. От южной границы (линии от мыса Брюса к о-ву Желтухина) залив вдаётся в материк на север на 70 км. На севере залива в него впадает

р. Раздольная — самая крупная после р. Туманной река южного Приморья, на северо-востоке — реки Шмидтовка и Богатая, на северо-западе — небольшие реки Амба, Барабашевка и Нарва. Дно залива представляет собой слабо-наклонную в сторону моря аккумулятивную равнину. Глубина залива нарастает постепенно от 0 до 53 м. Средняя глубина — 15 м. Полоса мелководья до 5 м огибает вершину залива (шириной 1–5 км) и северо-западный берег. Юго-восточный берег залива горист, западное и северное побережье почти на всем протяжении низменное, местами заболоченное с песчаным берегом. Особенностью подводного рельефа Амурского залива, как и Уссурийского, является наличие большого вала субширотного простираения. В Амурском заливе вал известен под названием Муравьевского порога, который поднимается над дном на 8–15 м. Вал простирается от южной оконечности п-ова Песчаный до о-ва Русский. Из-за вала в северной части залива происходит аккумуляция почти всего материала твердого стока р. Раздольная (Гомоюнов, 1927; Петренко, Мануйлов, 1988; Подорванова и др., 1989; Лоция ..., 1996).

Среди ряда акваторий дальневосточных морей России Амурский залив относится к наиболее продуктивным районам, испытывающим мощный антропогенный пресс (Шулькин, Семькина, 2012; Петухов и др., 2019; Лосев, 2019; Михайлик и др., 2020; Чернова, Коженкова, 2020; Тищенко и др., 2021; Semkin et al., 2022). На побережье залива расположен крупный город-порт Владивосток, а в бассейне его водосбора находится промышленный г. Уссурийск. В долине р. Раздольная развито сельское хозяйство. Залив характеризуется активным судоходством, на его берегах имеются портовые сооружения и судоремонтные предприятия, нефтебаза и рыбокомбинат. В то же время значительная часть побережья используется для рекреации, что приводит к появлению в среде большого количества аллохтонных микроорганизмов, включающих в свой пул условно-патогенную и патогенную микрофлору (Бойченко и др., 2009; Христофорова, Бойченко, 2018а). В результате акватория залива подвергается повышенной антропогенной нагрузке и требует постоянного контроля за состоянием среды и биоты (Христофорова, Бойченко, 2018б).

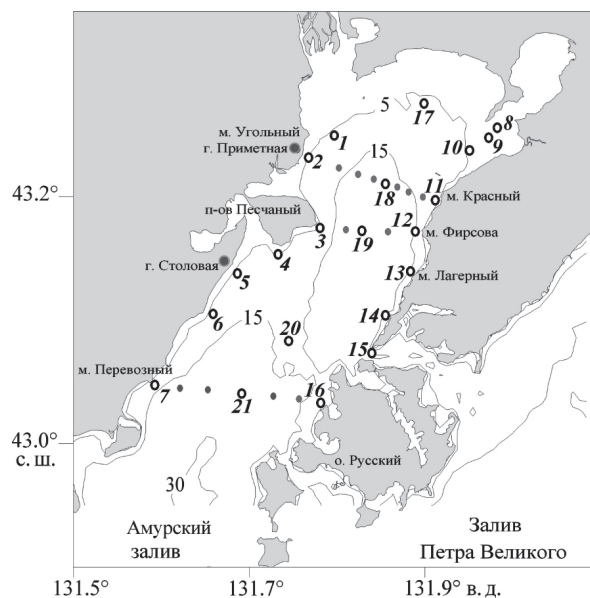


Рис. 1. Рельеф дна Амурского залива (изобаты 5, 15 и 30 м) и схема расположения гидрологических и микробиологических станций (отмечены цифрами).

В настоящем исследовании внимание акцентируется на гидролого-гидрохимических показателях водной толщи, а также на микробиологическом контроле поверхностных вод залива.

Цель работы — оценить современное состояние поверхностных вод Амурского залива в летнее время на основе данных CTD профилирования водной толщи и микробной индикации поверхностных вод.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Гидролого-гидрохимическое обследование состояния вод Амурского залива проводили 2–3 июля 2022 г. Наблюдения включали профилирование водной толщи автономным CTD зондом на 35-ти гидрологических станциях, на 21-й из них отбирали пробы воды из поверхностного слоя на микробную индикацию. Места отбора проб воды (номера станций указаны на рис. 1), которые определяли с учетом предполагаемых источников загрязнения, в основном располагались на мелководье вдоль западного (ст. 1–7) и восточного (ст. 8–16) побережий. Фоновые станции (ст. 17–21) выбраны на осевой линии залива, где глубина достигала 25 м. Предназначенные для уточнения распределения контролируемых параметров

Таблица 1. Метрологические характеристики автономного CTD-зонда ASTD102-Rinko

Характеристики	Диапазон	Точность	Разрешение	Инерционность, с
Температура, °C	−5±40	0.01	0.001	0.2
Электропроводность, мСм/см	0–65	0.01	0.001	0.2
Давление, дбар	0–1000	0.3	0.02	0.2
Соленость, епс*	2–40	0.02		
Мутность, NTU**	0–1000	2%	0.03	0.2
Концентрация хлорофилла, мкг/л	0–400	1%	0.01	0.2
Концентрация кислорода, мг/л	0–20	0.4	0.001	1

*Единица практической солености (The Acquisition, Calibration and Analysis ..., 1988).
**Условная единица мутности, 1 NTU = 1 мг/л (каолин)

дополнительные станции, на которых выполняли только CTD профилирование, располагались на трех поперечных разрезах: г. Приметная – мыс Красный (ст. 2, 18 и 11), п-ов Песчаный – мыс Фирсова (ст. 3, 19 и 12) и мыс Перевозный – мыс Михайловского на о-ве Русский (ст. 7, 21 и 16) (рис. 1).

Профилирование водной толщи залива осуществляли автономным CTD-зондом ASTD102 (JFE Advantech Co. Ltd., Япония), который с частотой 10 Гц измеряет температуру, давление, соленость и мутность воды, а также концентрации хлорофилла *a* и растворенного кислорода. Метрологические характеристики зонда ASTD102, заявленные изготовителем, представлены в табл. 1. По результатам первичной обработки CTD-данных, выполненной с применением оригинальных программных продуктов (Лазарюк, Кошелева, 2014), получены ряды параметров воды с оптимальным для последующего анализа шагом 0.5 м по глубине.

Координаты гидрологических станций определяли по навигатору Garmin eTrex. Погодные условия анализировали по архиву метеоданных WMO_ID = 31960, который содержит непрерывные ряды срочных (восемь раз в сутки) наблюдений на метеостанции Владивосток-гора (Архив погоды г. Владивосток, 2024).

Координаты станций отбора проб на микробиологический анализ приведены в табл. 2. Пробы воды отбирали из поверхностного слоя (10–20 см) в стерильные пластиковые емкости,

транспортировали в лабораторию согласно ГОСТ (ГОСТ 31942–12 ..., 2013) и анализировали с соблюдением сроков хранения проб.

Общую численность колониеобразующих сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов в 1 мл воды определяли методом десятикратных разведений с последующим высевом аликвоты в трех повторностях на питательную среду для морских микроорганизмов с добавлением 1.5% агара (Наливайко, 2006; Youshimizu et al., 1976). Количество олиготрофов в 1 мл воды определяли этим же методом на твердой модифицированной для морских микроорганизмов среде Миллса (Ильинский и др., 2010). Нефте- и фенол-устойчивые микроорганизмы определяли на голодной среде, в которую добавляли нефть или фенол в конечной концентрации 0.1% как единственный источник углерода для развития бактерий (Руководство ..., 1980). Количество металл-резистентных форм в сообществе гетеротрофных культивируемых микроорганизмов определяли, используя селективные среды, приготовленные на основе среды для морских микроорганизмов с добавками солей металлов в концентрациях, ингибирующих рост чувствительных форм бактерий. В качестве добавок использовали хлориды тяжелых металлов Zn, Cu, Cd, Ni, Pb (Димитриева, 1999; Димитриева, Безвербная, 2002). Санитарно-показательные микроорганизмы – бактерии группы кишечной палочки (общие колиформные бактерии) обнаруживали, используя селективную среду Эндо. Определяли каталазоположительные и

Таблица 2. Координаты станций, время отбора проб воды на микробную индикацию и значения характеристик, измеренных зондом ASTD102 в поверхностном слое Амурского залива 2–3 июля 2022 г.

№ ст.	Дата	Время	Широта, N	Долгота, E	T, °C	S, епс	Chl, мкг/л	O ₂		Trb, NTU
								растворенный, мг/л	насыщение, %	
1	3.07	10:52	43° 15.0′	131° 47.7′	20.81	23.29	2.6	7.3	94.1	1.6
2	3.07	10:38	43° 14.2′	131° 46.0′	20.49	24.55	1.7	7.3	94.3	0.8
3	2.07	12:46	43° 10.5′	131° 46.9′	19.84	25.09	1.9	6.7	85.8	1.3
4	2.07	12:18	43° 9.2′	131° 44.0′	19.1	27.48	1.7	7.3	92.8	0.6
5	2.07	11:58	43° 8.5′	131° 41.4′	18.3	28.58	2.2	7.4	93.6	1.7
6	2.07	11:38	43° 6.4′	131° 40.0′	18.6	29.27	1.5	7.5	95.7	0.4
7	2.07	10:56	43° 2.82′	131° 35.28′	<i>17.88</i>	30.68	<i>0.8</i>	7.5	95.5	0.5
8	3.07	12:43	43° 15.46′	131° 58.91′	22.6	18.32	5.7	7.8	100	3.4
9	3.07	11:58	43° 14.94′	131° 58.43′	23.01	17.31	7	8.4	108.2	2.4
10	3.07	13:31	43° 14.2′	131° 57.0′	22.94	<i>16.08</i>	6.1	8.7	111.1	2.1
11	3.07	9:30	43° 11.98′	131° 54.9′	21.23	20.01	5.6	7.7	98.9	1.7
12	2.07	13:37	43° 10.4′	131° 53.3′	21.12	22.44	1.9	7.6	96.5	0.9
13	2.07	13:54	43° 8.4′	131° 53.4′	20.24	26.52	2.6	7.6	97.2	1
14	2.07	14:17	43° 6.2′	131° 51.5′	19.58	28.3	1.7	7.6	96.5	0.5
15	2.07	14:35	43° 4.37′	131° 50.6′	19.51	28.66	1.7	7.5	96.8	0.5
16	2.07	9:38	43° 2.0′	131° 47.2′	18.25	29.52	1.2	7.4	93.5	0.4
17	3.07	11:30	43° 16.7′	131° 54.0′	21.59	18.49	9.7	9.6	123.2	2.8
18	3.07	9:51	43° 12.3′	131° 52.9′	20.62	23.29	2.4	7.6	97.4	0.7
19	2.07	13:12	43° 10.4′	131° 50.0′	20.84	22.47	2.6	7.6	96.7	1.1
20	2.07	9:19	43° 5.0′	131° 45.0′	18.69	28.75	1.8	7.4	94.3	<i>0.5</i>
21	2.07	10:14	43° 2.55′	131° 41.5′	18.58	27.67	1.8	7.4	93.6	0.9

Примечание. Здесь и в табл. 3–5 полужирным шрифтом выделены наибольшие значения показателей, курсивом – наименьшие. Условные обозначения: T – температура, S – соленость, Chl – концентрация хлорофилла *a*, O₂ – концентрация растворенного кислорода, Trb – мутность.

оксидазоотрицательные грамотрицательные бактерии (Руководство ..., 1980). Данные, полученные по результатам лабораторных исследований, обрабатывали общепринятыми статистическими методами.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Согласно данным, полученным с помощью профилографа на станциях отбора проб воды (табл. 2), температура воды в поверхностном слое изменялась от 17.9°C до 23°C, наименьшее значение выявлено вблизи мыса Перевозный, наибольшее – на мелководье между мысом Де-Фриза и ж/д ст. Океанская. Пространственное распределение солености имело противоположный характер, варьируя от 16 до 30.7 епс. При этом пул станций с наименьшей величиной

солености и максимальной мутностью воды (до 3.4 NTU) концентрировался в северо-восточном секторе залива, вода на южных станциях была более соленой и прозрачной (менее 1 NTU). Концентрации хлорофилла *a* и растворенного кислорода повторяли абрис мутности, варьируя от 0.8 до 9.7 мкг/л и от 6.7 до 9.6 мг/л соответственно. При этом максимум насыщения вод кислородом достигал 123% на самой северной станции 17.

Общая численность гетеротрофов изменялась от 3×10^2 до 9×10^4 КОЕ/мл, хотя на большинстве станций наблюдали концентрацию $> 10^4$ КОЕ/мл. Численность олиготрофов была заметно ниже, варьируя от 10 до 10^4 КОЕ/мл с преобладанием 10^2 КОЕ/мл. На десяти из 21 станции обнаружены бактерии группы кишечной палочки, их максимальная концентрация, превышающая

Таблица 3. Численность эколого-трофических групп микроорганизмов и индекс олиготрофности в поверхностных водах Амурского залива 2–3 июля 2022 г.

№ ст.	Численность микроорганизмов, КОЕ/мл				Индекс олиготрофности
	КГМ	О	БГКП	Анаэробные	
1	$(4.8 \pm 0.22) \times 10^4$	$(3.0 \pm 0.13) \times 10^2$	0	$(3.9 \pm 0.14) \times 10$	<0.01
2	$(3.8 \pm 0.31) \times 10^4$	$(1.3 \pm 0.13) \times 10^4$	$(3.2 \pm 0.14) \times 10$	0	0.34
3	$(6.4 \pm 0.14) \times 10^3$	$(1.4 \pm 0.11) \times 10$	0	$(4.2 \pm 0.22) \times 10$	<0.01
4	$(8.5 \pm 0.23) \times 10^3$	$(8.7 \pm 0.13) \times 10$	0	$(2.7 \pm 0.23) \times 10$	0.01
5	$(3.5 \pm 0.21) \times 10^3$	$(3.7 \pm 0.18) \times 10^2$	0	0	1.05
6	$(9.4 \pm 0.14) \times 10^4$	$(1.4 \pm 0.13) \times 10$	$(2.8 \pm 0.12) \times 10^2$	$(1.4 \pm 0.13) \times 10$	<0.01
7	$(2.8 \pm 0.32) \times 10^4$	$(1.1 \pm 0.31) \times 10$	0	$(5.7 \pm 0.13) \times 10^2$	<0.01
8	$(3.3 \pm 0.13) \times 10^4$	$(5.3 \pm 0.13) \times 10$	$(8.7 \pm 0.22) \times 10$	0	<0.01
9	$(2.4 \pm 0.14) \times 10^4$	$(1.1 \pm 0.14) \times 10$	$(4.4 \pm 0.21) \times 10$	$(1.7 \pm 0.18) \times 10^2$	<0.01
10	$(3.5 \pm 0.23) \times 10^4$	$(1.5 \pm 0.23) \times 10$	$(4.6 \pm 0.13) \times 10^2$	0	<0.01
11	$(1.5 \pm 0.21) \times 10^4$	$(7.5 \pm 0.2) \times 10^3$	$(1.1 \pm 0.11) \times 10$	0	0.5
12	$(1.4 \pm 0.18) \times 10^4$	$(1.1 \pm 0.11) \times 10$	$(7.3 \pm 0.12) \times 10$	$(2.7 \pm 0.23) \times 10$	<0.01
13	$(8.8 \pm 0.22) \times 10^4$	$(1.2 \pm 0.18) \times 10^2$	$(1.3 \pm 0.17) \times 10^2$	$(4.6 \pm 0.23) \times 10^2$	<0.01
14	$(2.3 \pm 0.31) \times 10^3$	$(4.3 \pm 0.11) \times 10^3$	0	$(1.7 \pm 0.22) \times 10$	1.86
15	$(2.4 \pm 0.14) \times 10^3$	$(3.4 \pm 0.11) \times 10^3$	0	$(1.3 \pm 0.23) \times 10$	1.41
16	$(7.5 \pm 0.36) \times 10^4$	$(1.5 \pm 0.36) \times 10$	0	0	<0.01
17	$(4.5 \pm 0.24) \times 10^4$	$(1.5 \pm 0.24) \times 10^2$	$(5.1 \pm 0.28) \times 10$	$(4.9 \pm 0.27) \times 10$	<0.01
18	$(7.4 \pm 0.31) \times 10^4$	$(6.4 \pm 0.21) \times 10^2$	$(2.1 \pm 0.31) \times 10$	0	<0.01
19	$(9.8 \pm 0.26) \times 10^4$	$(3.4 \pm 0.17) \times 10^2$	0	$(3.5 \pm 0.35) \times 10$	<0.01
20	$(8.3 \pm 0.33) \times 10^2$	<i>$(1.1 \pm 0.33) \times 10$</i>	0	$(7.0 \pm 0.22) \times 10$	0.01
21	<i>$(3.4 \pm 0.21) \times 10^2$</i>	$(3.9 \pm 0.18) \times 10^2$	0	$(3.9 \pm 0.32) \times 10$	1.14

Условные обозначения: КГМ – колониеобразующие сапрофитные гетеротрофные микроорганизмы; О – олиготрофные микроорганизмы; БГКП – бактерии группы кишечной палочки.

10^2 КОЕ/мл, отмечена на восточном побережье в районе Первой речки (мыс Лагерный) и между о-вом Скребцова и мысом Де-Фриза, а также на западном побережье южнее устья р. Барабашевка (ст. 6). Бактерии-анаэробы отсутствовали на трети станций, в местах их преобладания численность превышала 10^2 КОЕ/мл (табл. 3).

Одновременное выявление сапрофитов и олиготрофов и сравнение их количества показывает степень минерализации органического вещества, а также дает количественный показатель – индекс олиготрофности, величина которого отражает степень обогащенности местообитания азотсодержащим органическим веществом и интенсивность его минерализации (Наливайко, 2006). Значения индекса,

превышающие 0.01, выявлены на шести станциях (табл. 3).

Бактерии, растущие на среде с сырой нефтью, проявились в пробах восьми станций, и только на четырех из них численность деструкторов нефти превышала 10^2 КОЕ/мл. Фенол-окисляющие бактерии присутствовали практически повсеместно, на половине станций их численность превышала 10^2 КОЕ/мл. Металл-резистентные микроорганизмы встречались редко и в малых количествах: Си-резистентные не выявлены вообще, Рb-резистентные обнаружены только на одной станции, устойчивые к Ni – на двух, к Zn – на восьми и к Cd – на девяти станциях (табл. 4).

Таблица 4. Численность индикаторных групп микроорганизмов в поверхностных водах Амурского залива 2–3 июля 2022 г.

№ ст.	Численность, КОЕ/мл				
	Фенол-резистентные	Нефть-резистентные	Cd-резистентные	Zn-резистентные	Ni-резистентные
1	$(8.9 \pm 0.17) \times 10$	$(2.5 \pm 0.25) \times 10$	0	0	0
2	$(4.9 \pm 0.14) \times 10^2$	0	$(6.0 \pm 0.33) \times 10$	$(4.6 \pm 0.21) \times 10$	0
3	$(6.0 \pm 0.33) \times 10$	0	$(1.1 \pm 0.24) \times 10$	$(2.0 \pm 0.13) \times 10$	$(1.2 \pm 0.11) \times 10$
4	$(2.0 \pm 0.15) \times 10$	$(3.0 \pm 0.22) \times 10$	0	0	0
5	0	$(1.8 \pm 0.24) \times 10^2$	0	0	0
6	$(1.3 \pm 0.23) \times 10^2$	0	0	$(7.9 \pm 0.16) \times 10$	0
7	$(1.1 \pm 0.13) \times 10$	$(3.7 \pm 0.14) \times 10^3$	0	0	0
8	$(2.6 \pm 0.11) \times 10^2$	$(9.0 \pm 0.23) \times 10^2$	$(7.9 \pm 0.31) \times 10$	$(9.2 \pm 0.33) \times 10$	0
9	$(4.5 \pm 0.24) \times 10^2$	0	$(3.0 \pm 0.21) \times 10$	$(7.0 \pm 0.31) \times 10$	0
10	$(2.0 \pm 0.25) \times 10$	$(4.0 \pm 0.18) \times 10$	0	0	0
11	$(4.7 \pm 0.22) \times 10^2$	0	$(9.2 \pm 0.17) \times 10$	$(8.7 \pm 0.15) \times 10$	0
12	$(1.2 \pm 0.17) \times 10^2$	0	$(2.0 \pm 0.11) \times 10$	0	$(2.8 \pm 0.2) \times 10$
13	$(3.7 \pm 0.14) \times 10^2$	$(2.6 \pm 0.11) \times 10^3$	0	$(5.9 \pm 0.18) \times 10$	0
14	$(3.2 \pm 0.31) \times 10^2$	0	0	0	0
15	$(1.7 \pm 0.12) \times 10^2$	0	$(3.1 \pm 0.12) \times 10$	$(2.0 \pm 0.13) \times 10$	0
16	$(3.0 \pm 0.11) \times 10$	0	0	0	0
17	$(9.7 \pm 0.21) \times 10$	0	0	0	0
18	$(2.9 \pm 0.31) \times 10^2$	$(3.0 \pm 0.22) \times 10$	$(7.5 \pm 0.31) \times 10$	0	0
19	$(4.3 \pm 0.27) \times 10^2$	0	$(2.9 \pm 0.17) \times 10$	0	0
20	$(2.0 \pm 0.12) \times 10$	0	0	0	0
21	$(1.3 \pm 0.22) \times 10$	0	0	0	0

Примечание. Cu-резистентные микроорганизмы не выявлены; Pb-резистентные обнаружены только на ст. 6 в количестве $(2.1 \pm 0.1) \times 10$.

ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения выполняли в течение двух дней с аномально теплой погодой, когда температура воздуха в полуденные часы достигала 26°C (рис. 2а), что характерно для южного муссона (Гайко, 2017). В течение первого дня съемки (2 июля), когда работы выполнялись в южной части акватории (включая разрез мыс Песчаный – мыс Фирсова), и в предшествующие сутки скорость ветра южных направлений достигала 5–7 м/с. Под его воздействием вдоль материкового побережья сформировался сгонный эффект, который проявился в пониженной температуре и повышенной солености вод, несмотря на значительные июньские осадки

(190 мм) и обильный сток рек Раздольная, Амба и Барабашевка. Например, на южном разрезе в поверхностном слое у мыса Перевозный температура воды и соленость составляли 17.88°C и 30.7 епс (ст. 7, табл. 2), у мыса Михайловского – $18.25^\circ\text{C}/29.5$ епс, а на разрезе мыс Песчаный – мыс Фирсова соответственно $19.8^\circ\text{C}/25.1$ епс и $21.1^\circ\text{C}/22.44$ епс. В следующие сутки съемка, начавшаяся при штилевой погоде, продолжилась при постепенном усилении южного ветра (рис. 2б). Характер распределения термохалинных параметров сохранялся. Так, у материкового берега вблизи горы Приметная (ст. 2), несмотря на влияние стока р. Раздольная, наблюдалась более холодная (20.5°C) и соленая

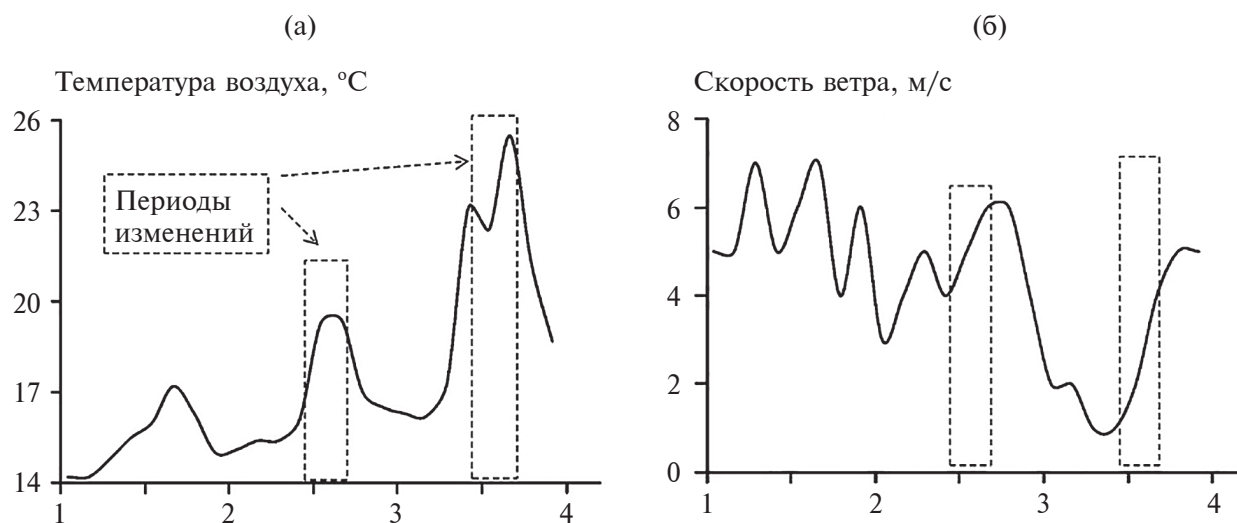


Рис. 2. Температура воздуха (а) и модуль скорости ветра (б) с 1 по 3 июля 2022 г. (по: Архив погоды ..., 2024).

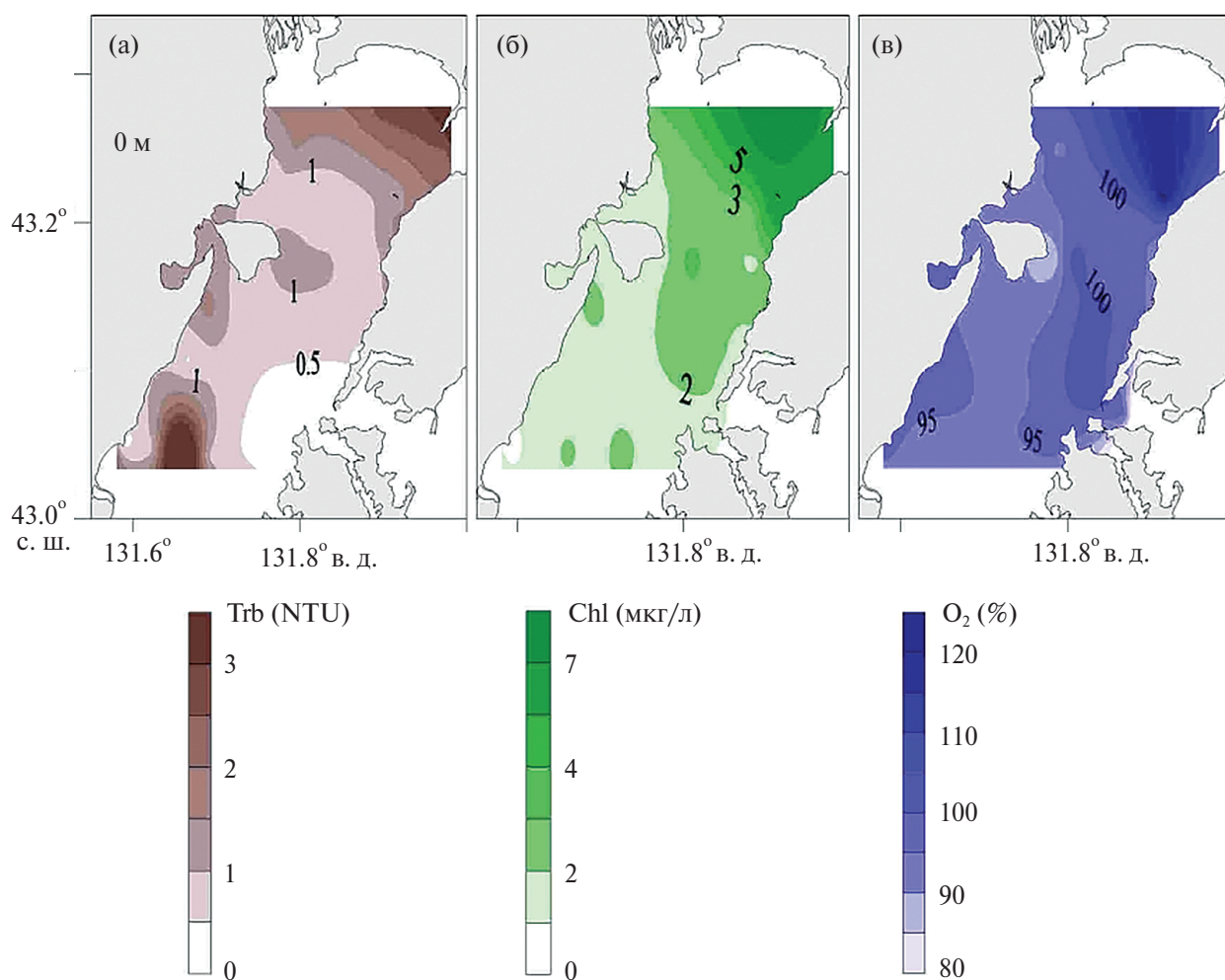


Рис. 3. Распределение мутности (а), концентрации хлорофилла *a* (б) и содержания растворенного кислорода (с) в поверхностном слое Амурского залива 2–3 июля 2022 г. Обозначения здесь и на рис. 4 и 5: Т – температура, S – соленость, Chl – концентрация хлорофилла *a*, Trb – мутность, O₂ – концентрация (насыщение, %) растворенного кислорода.

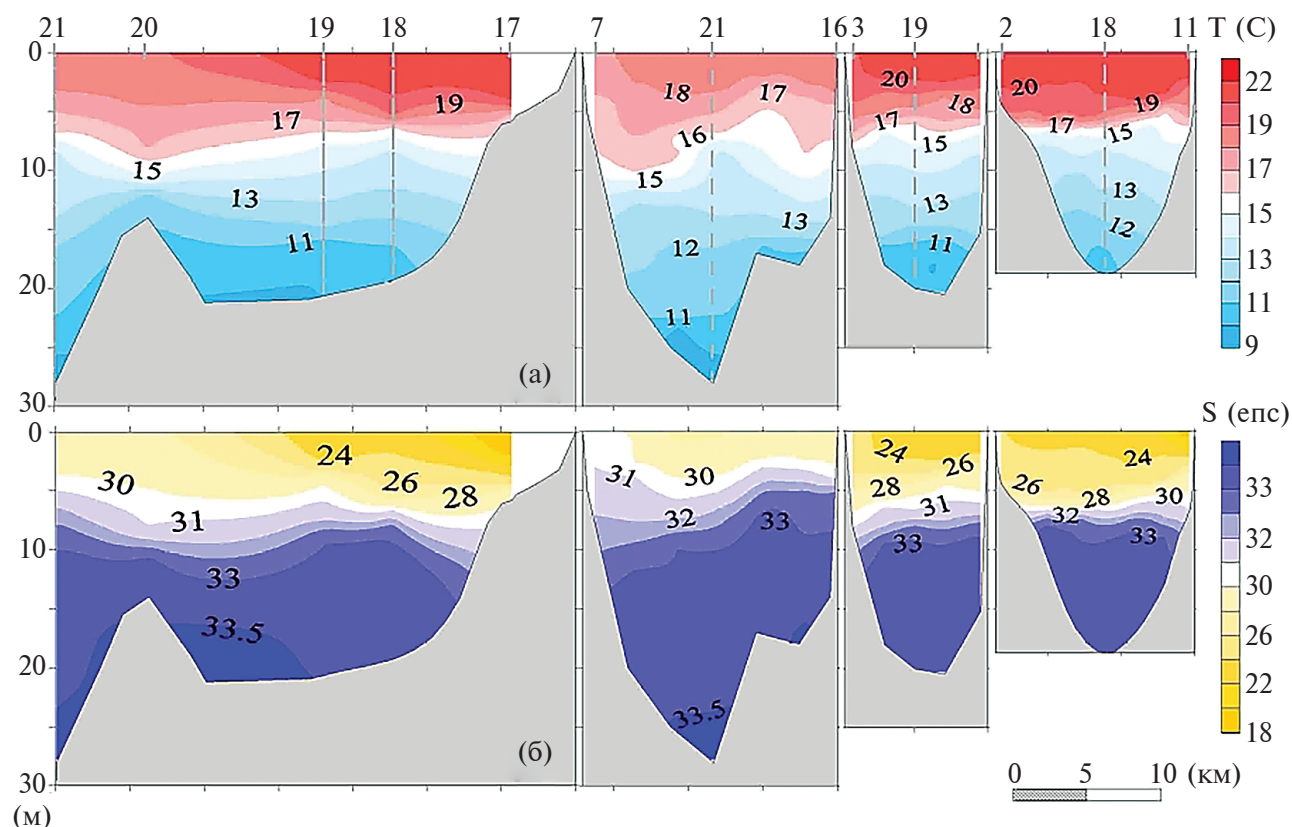


Рис. 4. Распределение температуры (а) и солёности (б) в толще вод залива на осевом и поперечных разрезах 2–3 июля 2022 г. Станции, расположенные на пересечении разрезов, отмечены вертикальными пунктирами.

(24.5 ‰) вода, чем у восточного побережья вблизи устья р. Седанка – 22.9°C/16 ‰ и у мыса Красный – 21.5°C/20 ‰. Параметры мутности, концентраций хлорофилла *a* и кислорода уточняют картину влияния динамических процессов на поверхностный слой Амурского залива. Пятнистое повышение мутности, вызванное прибрежным апвеллингом (рис. 3а–3в), наблюдалось вдоль западного побережья и распространялось сплошным полем на северном мелководье залива. В то же время на востоке и северо-востоке эффектом нагона вызвано нарастание содержания хлорофилла *a* и кислорода.

Более ярко сгонный эффект проявился в распределении всех параметров среды на осевом и трех поперечных разрезах (рис. 4а, 4б, 5а–5в). Разрез, расположенный южнее Муравьевского порога между мысом Михайловского и мысом Перевозный (рис. 1), в отличие от остальных, находится под влиянием открытых и более

свежих вод зал. Петра Великого. Это выражается повышенной солёностью 29–32 ‰ поверхностного 5-метрового слоя по сравнению с солёностью в водах севернее порога, которая ниже на 2–3 ‰ (рис. 4б). Сгонный эффект вблизи западного берега хорошо заметен по характерному изгибу изотерм и изогалин. Соответствующий интенсивный подъем вод из нижних слоев к поверхности приводит к выносу тонких илистых фракций и сопровождается повышением мутности вблизи дна на всем участке западного склона разреза. Пятно повышенной концентрации хлорофилла *a* в его центре, по-видимому, вызвано разнонаправленной динамикой поверхностных вод.

Проявление сгонного эффекта вблизи восточного берега Амурского залива, предположительно, обусловлено локальными особенностями орографии. При преимущественно юго-юго-восточном ветре (регистрируемом на метеостанции Владивосток-гора) эффект

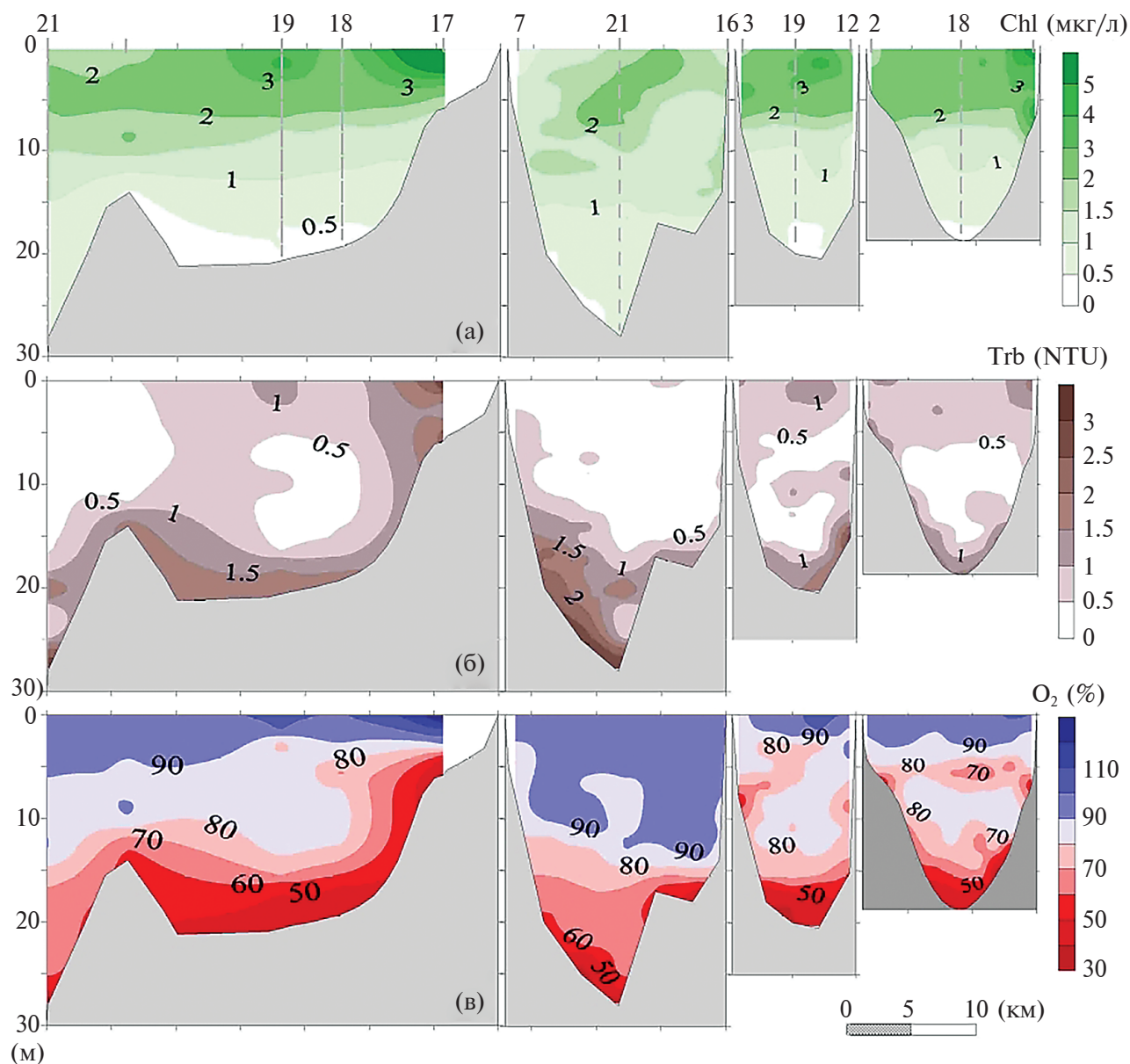


Рис. 5. Распределение концентраций хлорофилла *a* (а), мутности (б) и содержания растворенного кислорода (в) в толще вод залива на осевом и поперечных разрезах 2–3 июля 2022 г.

апвеллинга должен наблюдаться и у о-ва Русский, но гористый рельеф острова заметно его ослабляет в ближней прибрежной зоне. Тем не менее, он присутствует и выявляется повышением солёности и понижением температуры на промежуточной станции южного поперечного разреза (рис. 4а, 4б). Конфигурация изолиний контролируемых параметров на северных разрезах подтверждает описанную выше гидродинамику, обусловленную южными ветрами: нагон вод с юга на север при их явном

сгоне вдоль западного берега и менее выраженном потоке от противоположной стороны. Такая разнонаправленная динамика проявляется в повышенной мутности и концентрациях хлорофилла *a* и кислорода на станциях осевого разреза (рис. 5а–5в).

Анализ распределения хлорофилла *a* и насыщения вод кислородом выявил их высокие уровни (соответственно > 2 мкг/л и $> 80\%$) в пределах верхнего 5-метрового слоя (рис. 5а, 5в), что свидетельствует об активизации цветения

фитопланктона. Падение содержания кислорода до 50% и менее в придонном слое севернее и южнее Муравьевского порога указывает на начало тотального развития сезонной гипоксии. Ее ежегодное присутствие в водах Амурского залива обусловлено эффектом эвтрофикации (Звалинский и др., 2012), который к моменту проведения съемки из-за муссонного нагона уже проявился на северо-восточном мелководье (о-в Скребцова – устье р. Седанка). Здесь из-за цветения микроводорослей в поверхностном слое содержание хлорофилла *a* достигало 6–9 мкг/л, процент насыщения вод кислородом превышал 100%, а в придонном слое кислород практически отсутствовал (<5%). В промежуточной толще вод на осевом и поперечных разрезах наблюдались лучшие экологические условия (70–80% кислорода).

Гетеротрофный бактериопланктон – это один из основных компонентов водных экосистем, через него проходит более 40% общего потока углерода в планктонных трофических цепях. Благодаря гетеротрофным микроорганизмам осуществляется деструкция органического вещества и обеспечивается самоочищение водных масс, по их количеству судят о сапробности вод (Общая и санитарная ..., 2004; Сахарова, Сахарова, 2011; Романова, Сажин, 2011). Численность колониеобразующих сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов в поверхностных водах Амурского залива распределялась от станции к станции практически равномерно (табл. 3), варьировала от 10^3 до 10^5 КОЕ/мл, составив преимущественно 10^4 КОЕ/мл, что характеризовало воды как мезосапробные, обогащенные органическим веществом. Такое распределение, очевидно, обусловлено интенсивной рекреационной деятельностью и поступлением органического вещества, как автохтонного, так и аллохтонного происхождения, включая хозяйственно-бытовые стоки. Согласно полученным данным, наибольшие уровни численности сапротрофов ($>5 \times 10^4$ КОЕ/мл) регистрировались не только в местах явных источников загрязнения (напротив устья р. Барабашевка, выше которого находится крупное поселение; вблизи мыса Лагерный, аккумулирующего бытовые стоки Первореченского района г. Владивостока; у мыса Михайловского, рядом с которым в б. Воєвода расположены грязелечебница и хозяйства

марикультуры), но и на станциях осевого разреза в северной части залива. Здесь выявлена самая высокая численность сапротрофов (около 10^5 КОЕ/мл), вероятно, обусловленная сочетанием влияния основных источников загрязнения, таких как реки Раздольная и Шмидтовка, а также коллекторов канализационно-очистных систем “Северная” в районе п-ова Де-Фриза и “Центральная” в районе устья Второй речки, а также разнонаправленностью гидродинамических процессов, обсуждавшихся выше.

Низкую численность сапротрофов ($<3 \times 10^3$ КОЕ/мл) наблюдали в прибрежье п-ова Шкота (ст. 14 и 15), где отсутствуют выходы бытовых стоков. Довольно низкими показателями численности колониеобразующих сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов ($<10^4$ КОЕ/мл) характеризовались поверхностные воды у п-ова Песчаный и южнее его. Наименьшее их содержание (3.4×10^2 КОЕ/мл) выявлено на самой южной станции осевого разреза.

Численность олиготрофной микрофлоры варьировала в более широких пределах, от 10 до 10^4 КОЕ/мл, хотя на большинстве станций не превышала 10^2 КОЕ/мл. Наиболее высокое количество олиготрофов ($>10^3$ КОЕ/мл) выявлено на станциях вдоль п-ова Шкота и вблизи горы Приметная (табл. 3).

В ходе экологического мониторинга водных экосистем для определения характера процессов аккумуляции и деструкции органического вещества используют количественные данные о содержании сапрофитных и олиготрофных микроорганизмов в составе микрофлоры водоема (Наливайко, 2006). Сапрофитная микрофлора в водоемах – наиболее активный участник процессов разложения органических веществ, надежный и экспрессный показатель качественной направленности многих экологических процессов. В нашем исследовании значение индекса олиготрофности, характеризующего степень минерализации органического вещества, превышало единицу только на двух станциях (табл. 3), т. е. на большей части акватории в поверхностном слое аккумуляция органического вещества в биоценозе преобладала над его деструкцией, и процессы самоочищения характеризовались низкой скоростью.

На половине станций отмечены бактерии группы кишечной палочки, указывающие

Таблица 5. Примерные критерии загрязненности акватории тяжелыми металлами (ТМ) на основе микробиологических показателей (по: Димитриева, Безвербная, 2002)

Микробиологический показатель	Загрязненность			
	фоновая (< ПДК)	незначительная ($\approx$ ПДК)	ощутимая (1–3 ПДК)	значительная (>3 ПДК)
КГМ (кл/мл)	$<10^3$	10^3-10^4	10^4-10^5	$>10^5$
МИ				
Cd	<0.01	0.01–0.1	0.1–9	>9
Cu	<10	10–46	>46	нет данных
Pb	<10	10–46	>46	нет данных
Zn	<0.1	0.1–10	10–46	>46
Ni	<0.1	0.1–10	10–46	>46
Co	<1	1–20	20–46	>46

Условные обозначения: ПДК – предельно допустимая концентрация ТМ в воде (для водоемов рыбохозяйственного назначения); МИ – микробный индекс, % от численности колониеобразующих сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов.

на биологическое загрязнение вод залива. Наибольшее количество бактерий ($>10^2$ КОЕ/мл) этой группы выявлено в предустье р. Барабашевка, напротив устья р. Седанка и у мыса Лагерный (табл. 3).

Анализ численности бактерий, растущих на среде с сырой нефтью, показал, что воды большей части Амурского залива не загрязнены углеводородами нефти. На восьми станциях численность устойчивых к нефти микроорганизмов превышала 10 КОЕ/мл; на станциях рядом с ж/д станцией Океанская и нефтебазой в районе Первой речки, а также у мыса Перевозный их численность достигала 10^3 КОЕ/мл (табл. 4). На первых двух станциях этот техногенный эффект был ожидаемым, а максимальное количество нефтепродуктов, выявленное на самой южной, и, казалось бы, наименее загрязненной части акватории, вероятно, обусловлено отбором проб слишком близко к берегу, где наблюдались явные следы деятельности, связанной с регулярными погрузо-разгрузочными работами.

В ходе исследования выяснилось, что вся акватория залива в той или иной степени подвержена фенольному загрязнению, и концентрации фенол-резистентных организмов достигают 5×10^2 КОЕ/мл (табл. 4). Основными, но в нашем случае не актуальными, техногенными источниками фенолов являются предприятия

целлюлозно-бумажной, деревообрабатывающей промышленности (Сиротский, Климин, 2009) и применение хлорорганических пестицидов. Известно, что природным источником фенолов могут стать водоросли-макрофиты, а антропогенным – фекальные стеролы (Шрейбер, 1966; Сиренко, Козицкая, 1988). Поскольку фенолы являются опасными поллютантами и относятся к высокотоксичным веществам, то численность фенол-устойчивых микроорганизмов даже в 10^2 кл/мл, характеризует среду как ощутимо загрязненную (Димитриева, 1999).

Численность металл-резистентных микроорганизмов, относящихся к гетеротрофам, позволяет оценить уровень специализированного пресса на поверхностные воды залива. Если содержание ионов тяжелых металлов Cd, Pb, Ni и их комплексов в воде свидетельствует преимущественно о техногенном воздействии на среду, то присутствие Cu и Zn – об антропогенном (Христофорова, 1989). Результаты микробиологического обследования показали низкие значения численности металл-резистентных микроорганизмов и их мозаичное распределение (табл. 4); на десяти станциях металл-резистентные бактерии не отмечены. Наиболее распространенными эколого-трофическими группами, выявленными на большинстве станций, были Cd- и Zn-резистентные микроорганизмы, численность которых, однако, не превышала 10 КОЕ/мл. Cu-устойчивые микроорганизмы

не обнаружены. Рb-резистентные бактерии в минимальных количествах выявлены на одной станции (предустье р. Барабашевка).

Для перехода от микробиологических данных к экологической оценке степени загрязненности морской акватории тяжелыми металлами используется шкала, в которой микробный индекс (доля конкретной металл-резистентной группы в процентах от колониеобразующих сапрофитных гетеротрофных микроорганизмов) соотносится с ПДК тяжелых металлов для водоемов рыбохозяйственного назначения (Безвербная, 2002). Величина микробного индекса наглядно показывает степень устойчивости сообщества к воздействию поллютантов (табл. 5). При пересчете абсолютной численности металл-резистентных групп в формат микробных индексов и соотнесении их со шкалой оценки степени загрязненности по Димитриевой (Димитриева, 1999) мы наблюдаем относительно ровный фон в отношении всех металл-резистентных бактерий, свидетельствующий о концентрациях тяжелых металлов, не превышающих фоновых значений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты выполненной 2–3 июля 2022 г. комплексной гидролого-микробиологической съемки Амурского залива показали существенное влияние летнего муссона и речного стока на состояние среды и ее качество. Длительное воздействие южного ветра со скоростью до 7 м/с проявилось, прежде всего, в характерном сго-не поверхностных вод вдоль западного берега. Здесь, несмотря на обильные предшествующие осадки и большой объем поступающих пресных вод (реки Раздольная, Амба, Барабашевка), фиксировали пониженную на 0.3–1°C температуру и повышенную до 2.6 епс соленость относительно противоположной стороны залива. Соответственно, в северо-восточном секторе залива наблюдался эффект нагона, способствующий запиранию опресненных речным стоком поверхностных вод с характерным повышением температуры воды на 3–5°C, достигавшей 23°C, и понижением солености до 17–18 епс. Обогащенные биогенными элементами воды поверхностного слоя способствовали активному развитию фитопланктона (с концентрацией хлорофилла *a* до 6–9 мкг/дм³) и насыщению

кислородом (более 100%). Одновременно в придонных слоях этого сектора наблюдалась гипоксия с пониженными концентрациями кислорода (менее 5%), отражая развитие процесса эвтрофикации.

Согласно результатам микробиологического контроля, воды Амурского залива во время обследования летом 2022 г. относились к категории мезосапробных, обогащенных органическими соединениями; процессы накопления органического вещества в них преобладали над его деструкцией. На большинстве станций в достаточном количестве встречались бактерии санитарно-показательной группы, указывающие на биологическое загрязнение вод. На всех без исключения станциях обнаружены фенол-резистентные микроорганизмы, что же касается нефтяного загрязнения, то оно в заметном количестве выявлено только на станциях, расположенных вблизи нефтебазы и ж/д станции Океанская. Из анализа распределения металл-резистентных микроорганизмов следует, что на момент взятия проб уровень специализированного (техногенного) пресса на поверхностные воды залива был незначителен: микробные индексы, соответствующие относительной численности металл-резистентных микроорганизмов, были минимальными, указывая на концентрации металлов, не превышающие фоновых уровней.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарны рецензентам за ценные замечания, которые были учтены при подготовке настоящей рукописи к печати. Гидрологическое оборудование предоставлено Центром коллективного пользования “Морской биобанк” ННЦМБ ДВО РАН.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Гидрологическая часть работы выполнена по госбюджетной теме №124042300003-5. Анализ биологических параметров осуществляли при финансовой поддержке Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Договор № 169-15-2023-002 от 01.03.2023 г. Микробиологическая оценка морской среды проводили при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FZNS-2023-0011.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архив погоды г. Владивосток. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_во_Владивостоке (дата обращения: 14.06.2024).
- Безвербная И.П. Отклик микроорганизмов прибрежных акваторий Приморья на присутствие в среде тяжелых металлов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 2002. 26 с.
- Бойченко Т.В., Христофорова Н.К., Бузолева Л.С. Микробная индикация прибрежных вод северной части Амурского залива // Изв. ТИНРО. 2009. Т. 158. С. 324–332.
- Гайко Л.А. Гидрометеорологический режим залива Восток (Японское море). Владивосток: ТОИ ДВО РАН. 2017. 229 с. Деп. в ВИНТИ 28.11.2006. № 1471-B2006.
- Гомоюнов К.А. Гидрологический очерк Амурского залива и реки Суйфуна // Труды I конф. Производительные силы Дальнего Востока. Владивосток, 1927. Вып. 2. С. 73–91.
- ГОСТ 31942–2012 (ISO 19458:2006). Межгосударственный стандарт. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. М.: Стандартиформ, 2013. 23 с.
- Димитриева Г.Ю. Планктонные и эпифитные микроорганизмы: индикация и стабилизация состояния прибрежных морских экосистем: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток, 1999. 47 с.
- Димитриева Г.Ю., Безвербная И.П. Микробная индикация — эффективный инструмент для мониторинга загрязнения прибрежных морских вод тяжелыми металлами // Океанология. 2002. Т. 42. № 3. С. 408–415.
- Звалинский В.И., Тищенко П.П., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я. Эвтрофикация Амурского залива // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2012. С. 76–113.
- Ильинский В.В., Шадрина Н.А., Комарова Т.И. Гетеротрофные бактерии городских родников: Московский заповедник “Крылатские холмы” // Водные ресурсы. 2010. Т. 37. № 4. С. 494–501.
- Лазарюк А.Ю., Кошелева А.В. Коррекция данных глубоководных гидрологических наблюдений STD-зондов (“STD-data_Processing”) (Электронный ресурс). Электрон. дан. и прогр. Владивосток: ТОИ ДВО РАН. 2014. № гос. регистрации RU2014619779.
- Лосев О.В. Анализ источников загрязнения залива Угловой (залив Петра Великого) и факторов его загрязненности // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 2. С. 95–103.
- Лоция северо-западного берега Японского моря. СПб.: ГУНИО МО, 1996. 354 с.
- Михайлик Т.А., Недашковский А.П., Ходоренко Н.Д., Тищенко П.Я. Особенности эвтрофикации Амурского залива (Японское море) рекой Раздольной // Изв. ТИНРО. 2020. Т. 200. Вып. 2. С. 401–411. <https://doi.org/10.26428/1606-9919-2020-200-401-411>
- Наливайко Н.Г. Микробиология воды: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2006. 139 с.
- Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований. М.: Медицина, 2004. 576 с.
- Петренко В.С., Мануйлов В.А. Физическая география залива Петра Великого. Владивосток: ДВГУ, 1988. 147 с.
- Петухов В.И., Петрова Е.А., Лосев О.В. Загрязнение вод залива Угловой тяжелыми металлами и нефтепродуктами в феврале 2010–2016 гг. // Водные ресурсы. 2019. Т. 46. № 1. С. 102–113.
- Подорванова Н.Ф., Иващинникова Т.С., Петренко В.С. и др. Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море). Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. 114 с.
- Романова Н.Д., Сажин А.Ф. Методические аспекты определения численности, биомассы и продуктивности бактериопланктона // Океанология. 2011. Т. 51. № 3. С. 550–560.
- Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 193 с.
- Сахарова Т.Г., Сахарова О.В. Водная микробиология. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2011. 250 с.
- Сиренко Л.А., Козицкая В.Н. Биологически активные вещества водорослей и качество воды. Киев: Наукова думка, 1988. 256 с.
- Сиротский С.Е., Климин М.А. Источники поступления фенольных соединений в природные воды на

- примере бассейна реки Амур // Вопросы рыболовства. 2009. Т. 10. № 3 (39). С. 598–617.
- Тищенко П.П., Звалинский В.И., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я. Гипоксия залива Петра Великого // Изв. ТИНРО. 2021. Т. 201. Вып. 3. С. 600–639.
- Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.
- Христофорова Н.К., Бойченко Т.В. Микробная индикация состояния некоторых акваторий залива Петра Великого (Японское море) // Геосистемы в Северо-Восточной Азии. Типы, современное состояние и перспективы развития. Владивосток: Дальнаука, 2018а. С. 659–666.
- Христофорова Н.К., Бойченко Т.В. Сравнение экологического состояния прибрежных вод Амурского и Уссурийского заливов с использованием микробной индикации [Электронный ресурс] // Природа без границ: материалы XII Междунар. экол. форума (Владивосток, 18–19 окт. 2018 г.). Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2018б. С. 233–236.
- Чернова Е.Н., Коженкова С.И. Пространственная оценка загрязнения залива Петра Великого (Японское море) металлами с помощью бурой водоросли *Sargassum miyabei* // Океанология. 2020. Т. 60. № 1. С. 49–56.
- Шрейбер М.И. О значении фенола фекального происхождения // Гигиена и санитария. 1966. № 5. С. 78–79.
- 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-во ДВФУ, 2012. С. 252–287.
- Semkin P., Tishchenko P., Pavlova G. et al. O₂ and CO₂ responses of the synaptic period to under-Ice phytoplankton bloom in the eutrophic Razdolnaya River estuary of Amur Bay, the Sea of Japan // J. Mar. Sci. Eng. 2022. V. 10. № 12. Art. ID 1798. <https://doi.org/10.3390/jmse10121798>
- Yoshimizu M., Kimura T. Study of intestinal microflora of Salmonids // Fish. Pathol. 1976. V. 10. № 2. P. 243–259.
- The Acquisition, Calibration and Analysis of CTD Data: A Report of SCOR Working Group 51, UNESCO Technical Papers in Marine Science, № 54. Paris: UNESCO, 1988. P. 92.

Amur Bay: Hydrological, Hydrochemical, and Microbiological Characteristics during Summer Monsoon

A. Yu. Lazaryuk^{a, b}, N. K. Khristoforova^{c, d}, T. V. Boychenko^c

^aIl'ichev Pacific Oceanological Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

^bZhirmunsky National Scientific Center of Marine Biology, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

^cFar Eastern Federal University, Vladivostok 690922, Russia

^dPacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok 690041, Russia

An integrated hydrological and microbiological survey of Amur Bay in July 2022 showed that the levels and distribution of values of the thermohaline and hydrochemical parameters indicate the effect of the summer monsoon and river runoff. Under southerly winds, there was a setdown of the water surface along the western coast, which resulted in a decrease in temperature by 0.3–1°C and an increase in salinity by 2.6 psu relative to those near the eastern coast. At the same time, a setup effect with blocking of freshened and warm, nutrient-enriched surface waters was observed in the northeastern part of the bay. These favorable conditions caused phytoplankton blooms accompanied by high concentrations of chlorophyll a (up to 6–9 µg/L) and oxygen saturation of water (up to 120%). In the near-bottom layers of this sector, hypoxia with oxygen concentrations lower than 5% was observed as a consequence of developing eutrophication. According to the results of microbiological testing, the waters of Amur Bay in the summer of 2022 were classified as mesosaprobic, enriched in organic compounds, with accumulation of organic matter prevailing over its degradation. The biological pollution of water was evidenced by a high abundance of bacteria of the sanitary indicator group, which exceeded the maximum permissible concentration; the activity of plant communities was indicated by a high abundance of phenol-resistant microorganisms. Oil pollution was detected only in vicinities of sources of petroleum hydrocarbons: an oil terminal and a junction railway station. The low abundance of metal-resistant microorganisms indicated the insignificance of specialized (technogenic) pressure on the waters of the bay by the sampling time.

Keywords: CTD data, hydrochemical analysis, microbial indication, Amur Bay, Sea of Japan, southern monsoon