

Н.К. ХРИСТОФОРОВА, Т.В. БОЙЧЕНКО, А.Д. КОБЗАРЬ

## Гидрохимическая и микробиологическая оценка современного состояния вод залива Восток

*Проведены химико-экологические и микробиологические исследования современного состояния поверхностных прибрежных вод зал. Восток (Японское море). Наиболее напряженная экологическая ситуация отмечена в бухте Гайдамак, в районах у Волчанецкой протоки и устья р. Литовка. Протока, а также приустьевая зона р. Литовка являются главными тревожными участками в морском заказнике «Залив Восток».*

*Ключевые слова:* зал. Восток, морской заказник, гидрохимическое обследование, биоиндикация, эколого-трофические группы микроорганизмов.

**Hydrochemical and microbiological assessment of the current state of the Vostok Bay.**  
N.K. KHRISTOFOROVA<sup>1,2</sup>, T.V. BOYCHENKO<sup>1</sup>, A.D. KOBZAR<sup>1</sup> (<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, <sup>2</sup>Pacific Institute of Geography, FEB RAS, Vladivostok).

*The current state of the Vostok Bay water area (the Sea of Japan) is estimated using hydrochemical and microbiological indicators. The most intense environmental situation was noted for Gaydamak Bight, the area near the Volchanets duct and the mouth of the Litovka River. The duct, as well as the mouth of the Litovka River, are the main alarming sites in the Vostok Bay marine reserve.*

*Key words:* Vostok Bay, marine reserve, hydrochemical inspection, bioindication, ecological and trophic groups of microorganisms.

### Введение

Залив Восток – небольшой залив второго порядка, расположенный в восточной части зал. Петра Великого, с площадью водного зеркала 35,2 км<sup>2</sup> и объемом около 0,46 км<sup>3</sup>, окружен грядами невысоких холмов и гор, являющихся отрогами Сихотэ-Алиня, которые в ряде мест сбегают к морю, оканчиваясь скалистыми мысами, прибрежными рифами, кекурами, подводными камнями. Западный берег залива преимущественно скалистый, изрезан многочисленными бухтами. Около 60 % побережья залива занимают песчаные и галечные пляжи. Вершина залива отмеляя, на изобаты от 10 до 20 м приходится чуть более 52 % общей площади дна. На выходе из залива глубины достигают 30–32 м. Средняя глубина – 13 м. В залив впадает около 10 небольших водотоков. Наиболее крупными являются реки Волчанка и Литовка, устья которых расположены в северной части залива [19]. Река Литовка, начинающаяся на юго-восточных склонах Ливадийского хребта, впадает

---

ХРИСТОФОРОВА Надежда Константиновна – доктор биологических наук, профессор (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), ведущий научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток), БОЙЧЕНКО Татьяна Валерьевна – кандидат биологических наук, доцент, КОБЗАРЬ Анна Дмитриевна – старший преподаватель (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток).

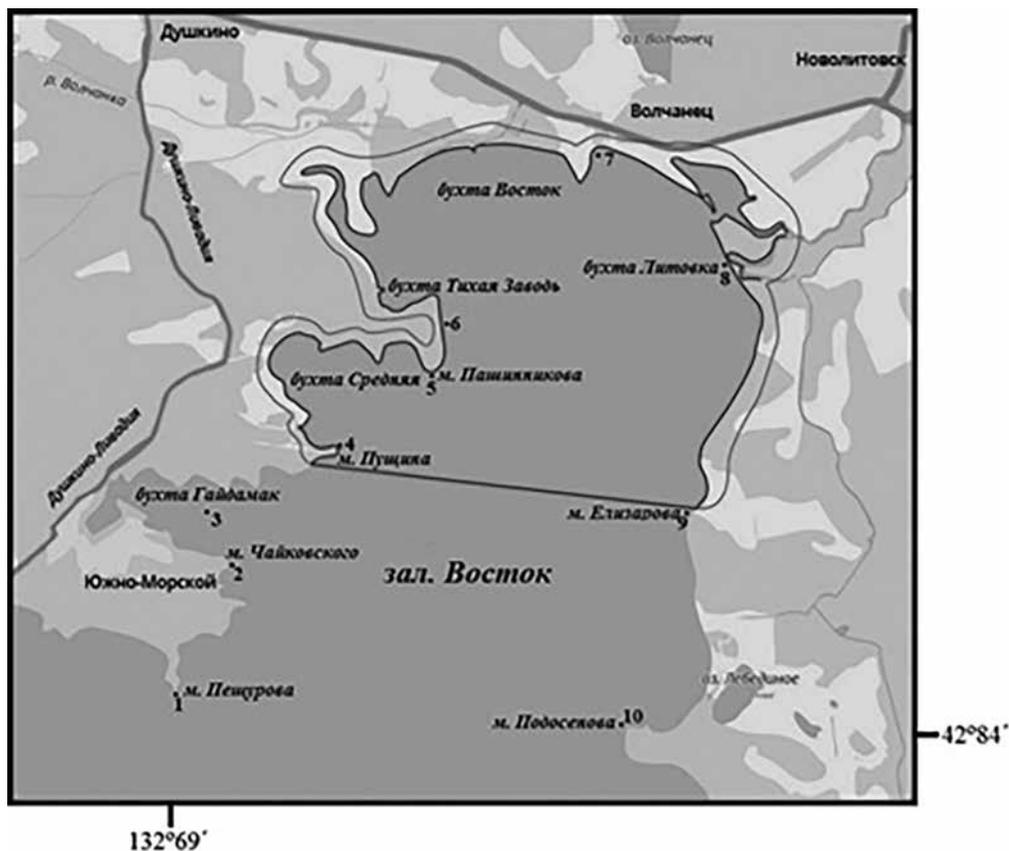
\*E-mail: more301040@gmail.com

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (соглашение № 14-50-00034).

в бухту Литовка [12]. Длина реки 30 км, площадь водосбора 446 км<sup>2</sup>. Река Волчанка меньше: ее длина 26 км, площадь водосбора 197 км<sup>2</sup>, впадает в бухту Восток [15].

Удаленный от промышленных центров зал. Восток до недавнего времени испытывал минимальную антропогенную нагрузку, поскольку в него поступает лишь незначительный объем неканализованных сточных вод, сбрасываемых в зал. Петра Великого. Более того, холодное Приморское течение при входе в зал. Петра Великого вдоль кромки шельфа с северо-востока отворачивает в сторону открытой части Японского моря, увлекая за собой загрязненные воды зал. Находка [4]. При оценке уровней загрязнения таких заливов второго порядка, как Амурский, Уссурийский, Находка, зал. Восток долгое время служил эталоном. Благополучный в экологическом отношении зал. Восток является по сути питомником для многих видов беспозвоночных, личинки которых разносятся циклоническими течениями по акваториям зал. Петра Великого, пополняя запасы промысловых объектов.

Часть акватории зал. Восток, включая бухты Средняя, Тихая заводь, Восток и Литовка, занимает Государственный природный комплексный морской заказник «Залив Восток», созданный в апреле 1989 г. [23] (см. рисунок). Заказник (площадь 1,82 тыс. га) включает кутовую часть зал. Восток к северу от линии, соединяющей мысы Пушина и Елизарова. Он имеет охранную зону (площадь 0,9 тыс. га) шириной 500 м от уреза воды вдоль его сухопутной границы (постановление Администрации Приморского края от 01.06.1994 г. № 257), расположенную на территории Партизанского муниципального района и Находкинского городского округа. На западной, более скалистой и



Карта зал. Восток, цифрами обозначены станции отбора проб: 1 – мыс Пещурова, 2 – мыс Чайковского, бухта Гайдамак, 3 – бухта Гайдамак, 4 – мыс Пушина, бухта Средняя, 5 – мыс Пашинникова, бухта Средняя, 6 – у биостанции «Восток», 7 – у Волчанецкой протоки, 8 – устье р. Литовка, 9 – мыс Елизарова, 10 – мыс Подосёнова

изрезанной стороне залива на небольшом полуострове, отделяющем бухты Тихая заводь и Восток от бухты Средняя, располагается морская биологическая станция «Восток» Национального научного центра морской биологии им. А.В. Жирмунского ДВО РАН с современными лабораториями, где ведется работа на живом материале, эллингами, аквариальной, домиками для сотрудников и гостей. Биостанция работает с начала 1970-х годов, принимала многих крупных отечественных и зарубежных ученых, она известна далеко за пределами России. В зал. Восток, по сравнению с другими, входящими в состав зал. Петра Великого, биота изучена наиболее полно; он выбран полигоном для реализации отечественных и международных программ долгосрочного мониторинга биоразнообразия в Восточной Азии<sup>\*</sup>. С конца 1990-х – начала 2000-х годов экологическая ситуация в зал. Восток стала меняться, особенно заметно ухудшаясь в его вершинной части под действием нарастающего рекреационного пресса [5, 24, 25], что и побудило нас провести оценку современного экологического состояния залива.

## Материал и методы

Оценка состояния морских прибрежных вод зал. Восток (станции отбора проб – см. рисунок) проводилась в июле 2017 г. В данной работе представлена информация по гидрохимическим и микробиологическим показателям, позволяющим получить представление об экологическом состоянии как залива в целом, так и расположенной в нем особо охраняемой природной территории/акватории – морского заказника «Залив Восток».

В предыдущей работе [10], где изучались сезонные изменения гидрохимических и микробиологических показателей в зал. Восток, было отмечено, что содержание аммонийного, нитритного и нитратного азота в большинстве случаев приближалось к нулю, поэтому в нашем наблюдении наряду с кислородными показателями мы определяли только один биогенный элемент – фосфор (минеральный и органический). На основе микробиологической индикации в той же статье отмечено, что численность нефтеокисляющих бактерий была незначительной, свидетельствуя о небольшом поступлении углеводов в среду. В недавней работе В.С. Барышевой с коллегами [2] на основе данных Гидрометеослужбы отмечалось, что вблизи мыса Елизарова, расположенного на восточной стороне залива, ближе к выходу из него, в июле 2017 г. концентрация нефтеуглеводородов (НУ) составляла 0,13 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК 0,05 мг/дм<sup>3</sup>), хотя в течение весны–лета–осени более холодного 2018 г. она была существенно ниже ПДК. Повышенные концентрации НУ летом 2017 г. авторы связывают с началом навигации маломерных судов и разгаром рекреационного сезона. Поскольку в нашей рабочей гипотезе приоритет загрязнения вод залива отдавался рекреационному воздействию, в число контролируемых микроорганизмов мы включили гетеротрофов и бактерии группы кишечной

---

\*В частности, в зал. Петра Великого на акватории Государственного морского биосферного заповедника и Государственного морского заказника вдоль стационарных подводных трансект, установленных в бухтах и заливах перпендикулярно берегу и охватывающих все типы подводных ландшафтов – от литорали через пояс макрофитов до каменистого свала и илистого «плато» (в соответствии с международными стандартами *Diversitas in Western Pacific and Asia – DIWPA*), организован долгосрочный видеомониторинг донных ландшафтов. Для этой цели впервые использованы необитаемые подводные аппараты TSL [1]. В зал. Восток в районе Морской биологической станции с 2002 г. ведется сезонное видеосканирование 140 м<sup>2</sup> вдоль трансекты, охватывающей 7 основных прибрежных ландшафтов: валунную литораль, верхнюю сублитораль – каменистую плиту и валуны с макрофитами, участки среднезернистого песка с куртинами морских трав (*Zostera marina*) и друзьями мидий (*Crenomytilus grayanus*), каменное плато с отдельными валунами и участками мелкозернистого заиленного песка, свал из камней и валунов, зону сильно заиленного песка, илистое плато (глубина 13 м). К 2005 г. в результате предварительных гидробиологических исследований в этом районе было описано более 1036 видов – представителей морских грибов, одноклеточных водорослей, макрофитов, зоопланктона, полихет, иглокожих, десятиногих ракообразных, остракод, нематод, рыб и др. Благодаря подводному аппарату впервые проведено видеосканирование на мягких грунтах на глубинах, недоступных для легководолазной техники.

палочки, а также косвенных, но целевых свидетелей антропогенного влияния на залив – группу устойчивых к металлам (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb) микроорганизмов.

Пробы на гидрохимический анализ отбирались батометром из поверхностного слоя (0,5 м). Пробы на микробиологический анализ из батометра помещали в стерильные пластиковые емкости, которые транспортировали в лабораторию согласно ГОСТ 31942-12 [6].

В качестве гидрохимических показателей для определения были выбраны концентрация растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>), перманганатная окисляемость (ПО) и содержание фосфора (минерального и органического), которые определяли с помощью стандартных методов – Винклера, Скопинцева, Морфи–Райли [11, 22, 27].

Среди кислородных показателей содержание растворенного O<sub>2</sub> является важнейшим. По его количеству судят о возможности жизни аэробных организмов, интенсивности протекания процессов самоочищения в водоемах, а его дефицит негативно отражается на качестве среды. Поэтому наблюдение за содержанием O<sub>2</sub> является обязательной частью программ мониторинга состояния природных вод. ПДК растворенного O<sub>2</sub> в летний период – не менее 6,0 мг/л [13, 17].

БПК<sub>5</sub> является показателем сапробности вод, т.е. величиной, указывающей на расход растворенного кислорода на окисление легко окисляемых органических веществ (как правило, метаболитов гидробионтов и организмов, обитающих на суше, но продукты жизнедеятельности которых поступают с поверхностным смывом в море). Как отмечали А.В. Готовцев с соавторами [7], показатели БПК<sub>5</sub> являются некоторой условной мерой загрязнения вод органическими соединениями, в особенности достаточно легко подвергающимися биохимической деградации. Предельной допустимой концентрацией БПК<sub>5</sub> для рыбохозяйственных водоемов является 2,1 мг/л [17].

ПО отражает содержание в воде трудноокисляемых веществ, это, например, продукты распада отмерших организмов, а также поступающие с поверхностным смывом и со стоками масла, мазут и др. Предельно допустимая величина перманганатной окисляемости для морских акваторий рыбохозяйственного назначения составляет 5 мг/дм<sup>3</sup> [13].

Растворенный фосфор присутствует в воде в виде минеральных (P<sub>мин</sub>) и органических (P<sub>орг</sub>) соединений. Первые поступают с поверхностным смывом, речным и хозяйственно-бытовым стоком, образуются при микробиологической переработке останков животных и отмерших растений. Вторые образуются в процессе деструкции, т.е. посмертного распада организмов, а также приносятся поверхностным смывом. Поступление биогенов, прежде всего фосфора, определяет степень трофности вод, вызывает «цветение» водорослей, изменение содержания растворенного кислорода, мутности.

О содержании органических веществ в воде судят по трем показателям – БПК<sub>5</sub>, ПО и P<sub>орг</sub>, но если БПК<sub>5</sub> свидетельствует о легкоокисляемой, в основном метаболитной органике, то ПО и P<sub>орг</sub> – о трудноокисляемой. О наличии легкоокисляемых органических веществ говорит также численность микроорганизмов-гетеротрофов.

Среди эколого-трофических групп микроорганизмов определяли колониеобразующие гетеротрофные (КГМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), металл-резистентные, применяя стандартные методы [3, 16, 18, 20, 29]. Количество металл-резистентных форм в сообществе гетеротрофных культивируемых микроорганизмов (МО) подсчитывали, пользуясь методом десятикратных разведений, используя селективные среды, приготовленные на основе среды СММ с добавками солей металлов в концентрациях, ингибирующих рост чувствительных форм бактерий [21]. Такими добавками были хлориды Zn, Cu, Cd, Ni, Pb [3, 9].

## Результаты и обсуждение

В табл. 1 приведены данные о термогалинных условиях в момент опробования вод залива, кислородных показателях и концентрации фосфатов.

Таблица 1

Гидрохимические показатели прибрежных вод зал. Восток, 22 июля 2017 г.

Номер и расположение станции	T, °C	S, ‰	O <sub>2</sub> , мг/л	БПК <sub>5</sub> , мг O <sub>2</sub> /л	ПО, мг O/л	P <sub>мин</sub> , мкг/л	P <sub>орг</sub> , мкг/л
1. Мыс Пещурова	21,02	31,67	8,25 ± 0,60	2,19 ± 0,37	2,16 ± 0,11	11,6 ± 0,9	1,4 ± 0,9
2. Мыс Чайковского, бухта Гайдамак	21,24	30,91	8,65 ± 0,07	1,92 ± 0,25	2,38 ± 0,21	11,6 ± 3,0	5,4 ± 3,0
3. Бухта Гайдамак	19,51	32,16	<b>11,36 ± 1,28</b>	<b>5,26 ± 0,05</b>	2,46 ± 0,11	19,0 ± 2,3	25,4 ± 2,3
4. Мыс Пушина, бухта Средняя	19,62	32,18	<b>9,00 ± 0,46</b>	2,00 ± 0,06	1,64 ± 0,00	27,9 ± 2,6	2,9 ± 2,1
5. Мыс Пашинникова, бухта Средняя	19,05	32,47	8,24 ± 1,31	1,71 ± 0,10	1,86 ± 0,53	17,3 ± 0,4	11,4 ± 0,4
6. У биостанции «Восток»	19,91	32,14	<b>9,54 ± 0,18</b>	2,67 ± 0,33	2,53 ± 0,00	20,0 ± 0,7	23,2 ± 0,7
7. У Волчанецкой протоки	23,12	23,59	<b>10,56 ± 0,98</b>	1,24 ± 0,65	<b>3,05 ± 0,11</b>	<b>54,9 ± 0,0</b>	32,2 ± 0,0
8. Устье р. Литовка	20,32	31,38	<b>10,02 ± 0,55</b>	<b>4,37 ± 0,12</b>	<b>3,12 ± 0,00</b>	<b>58,6 ± 2,0</b>	10,9 ± 2,0
9. Мыс Елизарова	19,43	31,31	<b>10,23 ± 1,03</b>	<b>3,95 ± 0,56</b>	2,60 ± 0,53	<b>47,7 ± 2,1</b>	8,8 ± 2,1
10. Мыс Подосёнова	19,26	32,75	8,25 ± 0,34	1,24 ± 0,10	1,79 ± 0,42	16,1 ± 6,6	<b>70,4 ± 6,6</b>

Примечание. T – температура, S – соленость. Остальные обозначения – см. Материал и методы. Здесь и в табл. 2 и 3 полужирным шрифтом выделены пиковые значения определяемых показателей.

Как следует из данных табл. 1, опробование пришлось на минимальное опреснение залива: даже в устье Литовки соленость составляла 31,38 ‰. Лишь у Волчанецкой протоки чувствовалось влияние речных вод – соленость была существенно ниже.

На биостанции с самого начала ее работы регулярно проводились измерения температуры прилегающих вод. Если в более теплые годы (например, с 1994 по 2000 г.) поверхностные воды в июле характеризовались средними значениями температуры 21,1–21,3 °C, то в более холодные (с 2002 по 2007 г.) – в пределах от 17,7 до 19,4 °C. Аномально холодным был июль 1986 г. – 15,8 °C [8]. Год нашего наблюдения, сравнивая с данными Н.И. Григорьевой и С.Д. Кашенко [8], был скорее теплым, чем холодным.

Типичный и характерный для многих акваторий зал. Петра Великого летний гидрохимический режим наблюдался у мысов Пещурова, Чайковского, Пашинникова, Подосёнова – содержание растворенного кислорода находилось в пределах 8,25–8,65 мг/л, БПК<sub>5</sub> – 1,24–2,19 мг/л. Однако в бухте Гайдамак отмечено явное обогащение поверхностных вод кислородом, вызванное, по-видимому, «цветением» микроводорослей, что подтверждается как очень высокой концентрацией O<sub>2</sub> (11,36 мг/л), так и величиной БПК<sub>5</sub> (5,26 мг/л), которые свидетельствуют о вспышке жизни и активном выделении метаболитов в воду. «Цветение» фитопланктона наблюдалось и в Волчанецкой протоке, и в устье Литовки, и у мыса Елизарова, что также подтверждается величинами содержания растворенного кислорода (10,56; 10,02; 10,23 мг/л соответственно) и БПК<sub>5</sub> (1,2; 4,37; 3,95 мг/л соответственно), хотя в протоке последняя величина была ниже.

Как у Волчанецкой протоки, так и в устье Литовки зафиксированы повышенные значения ПО (3,05 и 3,12 мг O/л), что говорит о поставке этими водотоками не только легко окисляемых микроорганизмами веществ, но и более трудно окисляемых, как выносимых, возможно, пресными водами, так и образующихся в морской среде при одновременно происходящей деструкции многочисленного фитопланктона. О выносе данными водотоками различных питательных веществ, способствующих «цветению» фитопланктона, говорят и наиболее высокие концентрации P<sub>мин</sub> в этих местах. Повышенная концентрация

$P_{\text{орг}}$  (71,4 мкг/л) наблюдалась только у мыса Подосёнова, что, скорее всего, обусловлено влиянием расположенных поблизости спортивного лагеря и парусного клуба.

Согласно микробной индикации (табл. 2), наибольшая численность колониеобразующих гетеротрофов, т.е. микроорганизмов, разлагающих легкоокисляемую органику, выявлена в устье Литовки, у Волчанецкой протоки и у мыса Чайковского на входе в бухту Гайдамак, являющуюся самой напряженной в техногенном отношении акваторией залива. Численность бактерий группы кишечной палочки была наиболее высокой у Волчанецкой протоки, наиболее низкой у м. Елизарова. Важно отметить, что *E. coli*, индикатор фекального загрязнения вод, в заметном количестве выявлена у Волчанецкой протоки и в небольшом – в бухте Гайдамак.

Среди металл-резистентных микроорганизмов обращают на себя внимание формы, устойчивые к Zn и Cu – элементам, свидетельствующим об антропогенной нагрузке на акваторию. Численность первых была самой высокой у Волчанецкой протоки, вторых – у мыса Подосёнова, хотя и у мыса Пушина она тоже была значительной. Распределение Ni-резистентных форм, появление которых мы связываем со сжиганием углеводородного топлива, содержащего значительное количество Ni, лодками и катерами, было практически равномерным, в основном с численностью  $10^3$  КОЕ/мл. Лишь в бухте Средняя их численность была несколько ниже. Численность Cd-резистентных организмов была также невелика, при этом (что приятно отметить) у биостанции она была наименьшей.

Таблица 2

Численность (КОЕ/мл) эколого-трофических групп микроорганизмов в поверхностных водах зал. Восток, июль 2017 г.

№ ст.	КГМ	БГКП / <i>E. coli</i> *	Металл-резистентные			
			Cu	Cd	Ni	Zn
1	$(2,5 \pm 0,25) \cdot 10^4$	$(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(2,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(5,3 \pm 0,12) \cdot 10^3$	$(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^3$
2	$(1,1 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(5,2 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(1,9 \pm 0,23) \cdot 10^3$	$(1,2 \pm 0,31) \cdot 10^3$
3	$(3,3 \pm 0,4) \cdot 10^5$	$(2,8 \pm 0,2) \cdot 10^3 / (3,54^4 \pm 0,2) \cdot 10$	$(3,3 \pm 0,1) \cdot 10$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(2,5 \pm 0,1) \cdot 10^2$
4	$(7,0 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$	$(3,4 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(5,4 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(7,2 \pm 0,2) \cdot 10^2$
5	$(6,5 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(4,8 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(1,4 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(6,0 \pm 0,1) \cdot 10^2$
6	$(3,0 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(4,5 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(2,2 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(4,9 \pm 0,1) \cdot 10$	$(4,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,8 \pm 0,1) \cdot 10^2$
7	$(1,5 \pm 0,2) \cdot 10^7$	$(6,4 \pm 0,3) \cdot 10^3 / (2,9 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(1,6 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(3,0 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(3,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$
8	$(2,1 \pm 0,3) \cdot 10^7$	$(7,5 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(4,0 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(3,3 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(8,0 \pm 0,1) \cdot 10$
9	$(6,3 \pm 0,2) \cdot 10^5$	$(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^2$	$(3,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(3,1 \pm 0,1) \cdot 10^2$
10	$(2,0 \pm 0,3) \cdot 10^5$	$(5,2 \pm 0,2) \cdot 10^2$	$(1,3 \pm 0,3) \cdot 10^4$	$(8,4 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(8,8 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(9,3 \pm 0,2) \cdot 10^2$

\**E. coli* обнаружена только на станциях № 3 и 7.

Примечание. Рb-резистентные микроорганизмы не выявлены.

Как отмечалось ранее при изучении донных отложений зал. Восток [26], из водотоков, выпадающих в залив, наиболее загрязненной являлась протока Волчанецкая, соединяющая оз. Волчанец с заливом, вбирающая в себя хозяйственно-бытовые, сельскохозяйственные и промышленные стоки расположенного на берегу пос. Волчанец, где находились ремонтные мастерские. Грунты протоки более всего загрязнены цинком. Этот же металл в значительных количествах присутствовал в донных осадках бухт Гайдамак и Тихая заводь, где в то время существовал небольшой пирс и швартовались суда, а также предустья р. Литовка. Кроме того, в грунтах протоки было высоко содержание свинца, то же отмечено в бухтах Гайдамак и Тихая заводь. На втором месте по суммарному загрязнению донных отложений металлами, особенно Co, Ni, Pb и Cu, находилась р. Подосёнова, в долине которой разрабатывались золотоносные россыпи и велись сельскохозяйственные работы. В донных осадках этой реки выявлено наибольшее количество никеля, а повышенные концентрации данного металла были обнаружены в грунтах бухт Гайдамак и Тихая заводь.

Как свидетельствуют данные табл. 2, металл-резистентные микроорганизмы, изучавшиеся летом 2017 г., отразили загрязнение воды, соответствующее контаминации грунтов, показанной еще в 2004 г. [26]. Самая высокая численность устойчивых к Zn микроорганизмов обнаружена в морских водах у Волчанецкой протоки, к Cu – у мыса Подосёнова. Современное опробование подтверждает, что эта протока, а также устье Литовки, на побережье которой разрослась рекреационная зона, существенно усилившая антропогенный пресс на вершину залива по сравнению с началом века [5, 25], являются главными тревожными участками в заказнике «Залив Восток».

При проведении экологической оценки загрязнения донных осадков зал. Восток в августе 2015 г. коллективом исследователей из ДВФУ и ТИНРО [14] выявлено превышение допустимых концентраций металлов на двух станциях: у мыса Чайковского и в куту бухты Гайдамак, при этом на первой речь шла о цинке и свинце, на второй – о цинке и меди, что связывалось авторами с деятельностью судоремонтного и рыбоперерабатывающего предприятий. Подчеркивалось, что, согласно рассчитанному коэффициенту степени загрязнения донных осадков [28], грунты в куту бухты характеризовались очень высоким уровнем загрязнения, у входного мыса бухты – высоким. В результате расчета индекса экологического риска отмечено, что донные отложения, отобранные на обеих станциях, характеризуются как умеренно токсичные, могущие оказывать негативное воздействие на гидробионтов.

Для сравнения с ситуацией, наблюдаемой в зал. Восток (см. табл. 2), мы приводим собственные данные о численности тех же эколого-трофических групп микроорганизмов тем же летом в других районах зал. Петра Великого – как очень чистых, так и чрезвычайно загрязненных (табл. 3).

Как следует из данных табл. 3, на большинстве станций в зал. Посыета, особенно расположенных в пределах Морского заповедника, численность исследованных эколого-трофических групп микроорганизмов в основном имела нулевые значения. Гетеротрофов

Таблица 3

**Сравнительные данные о численности (КОЕ/мл) эколого-трофических групп микроорганизмов в отдельных районах зал. Петра Великого, июль 2017 г.**

Станция	КГМ	БГКП / <i>E. coli</i> *	Металл-резистентные			
			Zn	Cu	Ni	Cd
Бухта Сивучья (ДВГМЗ)	$(6,8 \pm 0,3) \cdot 10^3$	0	$(5,0 \pm 0,3) \cdot 10^3$	$(1,2 \pm 0,1) \cdot 10^4$	0	$(1,5 \pm 0,41) \cdot 10^3$
Западный берег бухты Рейд Паллада	$(3,1 \pm 0,21) \cdot 10^4$	0	0	$(1,5 \pm 0,22) \cdot 10^3$	0	0
Мыс Острена (ДВГМЗ)	$(1,4 \pm 0,11) \cdot 10^4$	0	0	0	0	0
Мыс Мраморный (ДВГМЗ)	$(6,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$	0	0	$(3,8 \pm 0,3) \cdot 10^3$	0	0
Оконечность косы Назимова (бухта Экспедиции)	$(8,5 \pm 0,11) \cdot 10^4$	0	0	$(7,4 \pm 0,6) \cdot 10^3$	$(2,1 \pm 0,22) \cdot 10^3$	0
Бухта Новгородская, порт Посыет	$(6,8 \pm 0,1) \cdot 10^4$	$(5,1 \pm 0,1) \cdot 10^3$	$(2,5 \pm 0,21) \cdot 10^4$	$5,6 \cdot 10^4$	$(5,9 \pm 0,1) \cdot 10^4$	0
Бухта Миноносок (ДВГМЗ)	$(5,9 \pm 0,3) \cdot 10^3$	0	0	0	0	0
Бухта Витязь, восточный мыс	$(2,95 \pm 0,3) \cdot 10^4$	0	0	0	0	0
Мыс Лагерный (Первая Речка)	$(6,3 \pm 0,25) \cdot 10^7$	$(8,9 \pm 0,4) \cdot 10^6 /$ $(2,6 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(5,1 \pm 0,3) \cdot 10^2$	$(5,3 \pm 0,1) \cdot 10$	$(7,3 \pm 0,23) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,3) \cdot 10^3$
Мыс Фирсова (Вторая Речка)	$(7,0 \pm 0,13) \cdot 10^7$	$(3,2 \pm 0,3) \cdot 10^4 /$ $(4,1 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(4,3 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(7,0 \pm 0,1) \cdot 10$	$(2,5 \pm 0,2) \cdot 10^3$	$(5,5 \pm 0,24) \cdot 10^3$

\**E. coli* обнаружена только на двух станциях (г. Владивосток).

Примечание. Рb-резистентные микроорганизмы были выявлены только у мыса Острена –  $(1,4 \pm 0,1) \times 10^3$  КОЕ/мл.

насчитывалось не более  $10^4$  КОЕ/мл, в то время как в зал. Восток на всех станциях, кроме мыса Пещурова, их концентрация превысила  $10^5$  КОЕ/мл, а на трех станциях (мыс Чайковского, Волчанецкая протока, устье Литовки) достигала даже  $10^7$  КОЕ/мл. На наиболее загрязненных участках побережья г. Владивосток, обращенного к Амурскому заливу (мысы Лагерный и Фирсова), численность гетеротрофов, бактерий группы кишечной палочки и непосредственно *E. coli* была «ураганной». Лишь на фоне этих двух городских станций зал. Восток выглядит не так удручающе.

## Заключение

Пресс отдыхающих – одна из главных причин загрязнения воды в зал. Восток – к осени резко снижается. Кроме того, добавляется такой восстанавливающий фактор, как интенсивность осенней гидродинамики, способствующий очистке вод залива. Все это вместе взятое – и снижение температуры воды, и практическое исчезновение воздействия рекреантов, и вынос загрязненных вод из акватории залива – будет, очевидно, способствовать восстановлению за осенне-зимне-весеннее время состояния экосистемы этой особо охраняемой водной акватории. В то же время постоянно растущий пресс отдыхающих, чьи легкие домики и более комфортабельные строения (и даже гостиница!) постепенно заполняют всю удобную линию побережья, требует регулярного мониторинга состояния как среды, так и биоты залива в целом и его ООПТ – заказника «Залив Восток» – в частности. Важно подчеркнуть, что из двух морских особо охраняемых природных территорий юга Приморского края – Дальневосточного государственного биосферного морского заповедника (ДВГМЗ) и государственного комплексного морского заказника «Залив Восток» первый имеет федеральное значение, второй – региональное, т.е. ответственность и забота о его состоянии лежит в первую очередь на администрации Находкинского городского округа.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Адрианов А.В., Тарасов В.Г., Щербатюк А.Ф. Применение и перспективы сезонного видеомониторинга на особо охраняемых морских акваториях залива Петра Великого (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2005. № 1. С. 19–26.
2. Барышева В.С., Чернова Е.Н., Патрушева О.В. Загрязнение морской среды залива Восток Японского моря органическими веществами (2016–2018 гг.) // Вестн. ДВО РАН. 2019. № 2. С. 87–94.
3. Безвербная И.П. Отклик микроорганизмов прибрежных акваторий Приморья на присутствие в среде тяжелых металлов: дис. ... канд. биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 2002. 177 с.
4. Вышкварцев Д.И. О недопустимости строительства нефтеперерабатывающего завода в заливе Восток (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2010. № 1. С. 85–95.
5. Галышева Ю.А., Христофорова Н.К. Среда и макробентос залива Восток Японского моря в условиях рекреационного воздействия // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 149. С. 270–309.
6. ГОСТ 31942-2012. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. – <http://docs.cntd.ru/document/gost-31942-2012> (дата обращения: 12.01.2020 г.).
7. Готовцев А.В., Даналов-Данильян В.И., Никаноров А.М. Проблемы мониторинга БПК // Вод. ресурсы. 2012. Т. 39, № 5. С. 510–520.
8. Григорьева Н.И., Кашенко С.Д. Исследование межгодовой и сезонной изменчивости термогалинных условий в заливе Восток (залив Петра Великого, Японское море) // Изв. ТИНРО. 2010. Т. 162. С. 242–255.
9. Димитриева Г.Ю. Планктонные и эпифитные микроорганизмы: индикация и стабилизация состояния прибрежных морских экосистем: дис. ... д-ра биол. наук. Владивосток: ДВГУ, 1999. 408 с.
10. Журавель Е.В., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Токарчук Т.Н. Оценка состояния вод залива Восток (залив Петра Великого, Японское море) по гидрохимическим и микробиологическим показателям // Изв. СамНЦ РАН. 2012. Т. 14, № 1-9. С. 2325–2329.
11. Качество морских вод по гидрохимическим показателям: Ежегодник. 2013 / ред. А.Н. Коршенко. М.: Наука, 2014. 200 с.
12. Кожевникова З.Д. Река Литовка. – [https://primpogoda.ru/articles/reki\\_primorya/reka\\_litovka](https://primpogoda.ru/articles/reki_primorya/reka_litovka) (дата обращения: 12.01.2020 г.).

13. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды: справочник / под ред. Л.К. Исаева. СПб: Эколого-аналит. информ. центр «Союз», 1998. 896 с.
14. Мазур М.А., Журавель Е.В., Ковековдова Л.Т., Черняев А.П. Интегральная экологическая оценка загрязнения донных осадков залива Восток (Японское море) // Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы: II Всерос. конф. с междунар. участием, приуроченная к Году экологии в России, Владивосток, 3–4 окт. 2017 г.: сб. материалов. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2017. С. 59–60.
15. Микуленко М.Н. Сяудеми – река Волчанка. – [https://primpogoda.ru/articles/reki\\_primorya/syaudemi](https://primpogoda.ru/articles/reki_primorya/syaudemi) (дата обращения: 12.01.2020 г.).
16. Наливайко Н.Г. Микробиология воды: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2006. 139 с.
17. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: прил. к приказу Минсельхоза от 13 дек. 2016 г. № 552. – <https://base.garant.ru/71586774/53f89421bbdaf741eb2d1ec44db4c33/> (дата обращения: 12.01.2020 г.).
18. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований: учеб. пособие / под ред. А.С. Лабинской. М.: Медицина, 2004. 576 с.
19. Разработка бонитета некоторых акваторий залива Петра Великого, перспективных для марикультуры: Отчет о НИР (по договору ИБМ и ТИНРО от 01.08.1984 г. № 8) / ДВНЦ АН СССР. Инв. № 195567. Владивосток, 1985. 180 с.
20. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / под ред. Н.С. Егорова М.: МГУ, 1983. 186 с.
21. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений / под ред. А.В. Цыбань. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 193 с.
22. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана. М.: ВНИРО, 2003. 202 с.
23. Тюрин А.Н. Морской заказник «Залив Восток» // Биол. моря. 1996. Т. 22, № 1. С. 58–63.
24. Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Григорьева Н.И., Чернова Е.Н., Рисунова М.А. Оценка качества вод залива Восток Японского моря // Пробл. регион. экологии. 2001. № 2. С. 59–69.
25. Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Миронова Ю.А. Рекреационное воздействие на залив Восток (Японское море) // Биол. моря. 2002. Т. 28, № 4. С. 300–303.
26. Христофорова Н.К., Наумов Ю.А., Арзамасцев И.С. Тяжелые металлы в донных отложениях залива Восток (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2004. Т. 136. С. 278–289.
27. Шишкина Л.А. Гидрохимия. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 287 с.
28. Nakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach // Water Res. 1980. Vol. 14, iss. 8. P. 975–1001.
29. Youshimizu M., Kimura T. Study on the intestinal microflora of salmonids // Fish Pathol. 1976. Vol. 10, iss. 2. P. 243–259.