

## Биоиндикация состояния вод залива Посъета (залив Петра Великого, Японское море)

Христофорова Н. К.<sup>1,2</sup>, Кобзарь А. Д.<sup>1</sup>, Бойченко Т. В.<sup>1</sup>, Попова А. В.<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, 690950, Российская Федерация

<sup>2</sup> Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, 690022, Российская Федерация

### Аннотация

Проведена биоиндикация загрязнения прибрежных вод зал. Посъета с включением станций, относящихся к акватории Дальневосточного морского биосферного заповедника, двумя методами: определением численности чувствительных к изменениям в среде микроорганизмов и аккумуляцией тяжёлых металлов бурыми водорослями-макрофитами. Показано, что результаты, полученные с использованием двух подходов, подтверждают друг друга. Данные о содержании бактерий группы кишечной палочки подтвердили, что в целом зал. Посъета является чистым районом (за исключением входа в бухту Новгородскую) и незначительно загрязнён трудноокисляемыми нефтеуглеводородами. В то же время явно выделяется порт Посъет и его припортовые воды, а также акватории бухт Витязь и Троицы, подверженные значительному рекреационному воздействию. Содержание металлов в бурых водорослях на всех станциях, кроме м. Мраморного, выше фоновых значений.

*Ключевые слова:* залив Посъета, биоиндикация, эколого-трофические группы, микроорганизмы, бурые водоросли-макрофиты, тяжёлые металлы

Долгое время одной из самых чистых акваторий в зал. Петра Великого считался зал. Восток [1; 2]. И несмотря на то, что в последние годы на его берегах не появилось никаких аграрных или индустриальных источников воздействия, рекреационный пресс (особенно на побережье пос. Волчанец и побережье вблизи устья р. Литовки) возрос настолько, что залив как контрольный район сравнения утрачивает своё значение для целей мониторинга. В связи с этим особую ценность приобретают акватории Дальневосточного морского биосферного заповедника (ДВГМЗ), удалённые от источников существенного антропогенного пресса [3].

Для использования вод ДВГМЗ в качестве эталона чистоты, необходимо проверить их нынешнее состояние. Часть акватории ДВГМЗ находится в заливе Посъета — западный берег бухты Рейд Паллада от мыса Сулова до мыса Острено, бухты Миносок и Крейсеров, мыс Крейсеров. Нами также обследованы прибрежные воды зал. Посъета в целом с включением в наблюдение импактных районов: акватория порта Посъет, каменистая оконечность косы Назимова, вход в бухту Новгородскую, порт Зарубино и рекреационные зоны в бухтах Троицы и Витязь.

Пробы были отобраны в июле 2016 г. со станций, показанных на рисунке.

В исследовании мы использовали индикационный подход, применяя два заметно различающихся по реакции на условия среды типа организмов: высокочувствительные микроорганизмы, откликающиеся на появление в среде

---

\* Христофорова Надежда Константиновна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН, заведующая кафедрой ЮНЕСКО по морской экологии, Дальневосточный федеральный университет, e-mail more301040@gmail.com; Кобзарь Анна Дмитриевна, канд. биол. наук. ст. преп. каф. экологии Школы естественных наук ДВФУ, e-mail kobzar.ad@dvfu.ru.

соответствующего субстрата, и аккумулирующие организмы-индикаторы — бурые водоросли-макрофиты.

В комплекс микробной индикации входили: общая численность колониобразующих гетеротрофных микроорганизмов (КГМ), бактерии группы кишечной палочки (БГКП), бактерии-индикаторы нефтеуглеводородов (индикаторы нефтяного загрязнения (НБ) и дизельного топлива (ДМ)) и металл-резистентные микроорганизмы.

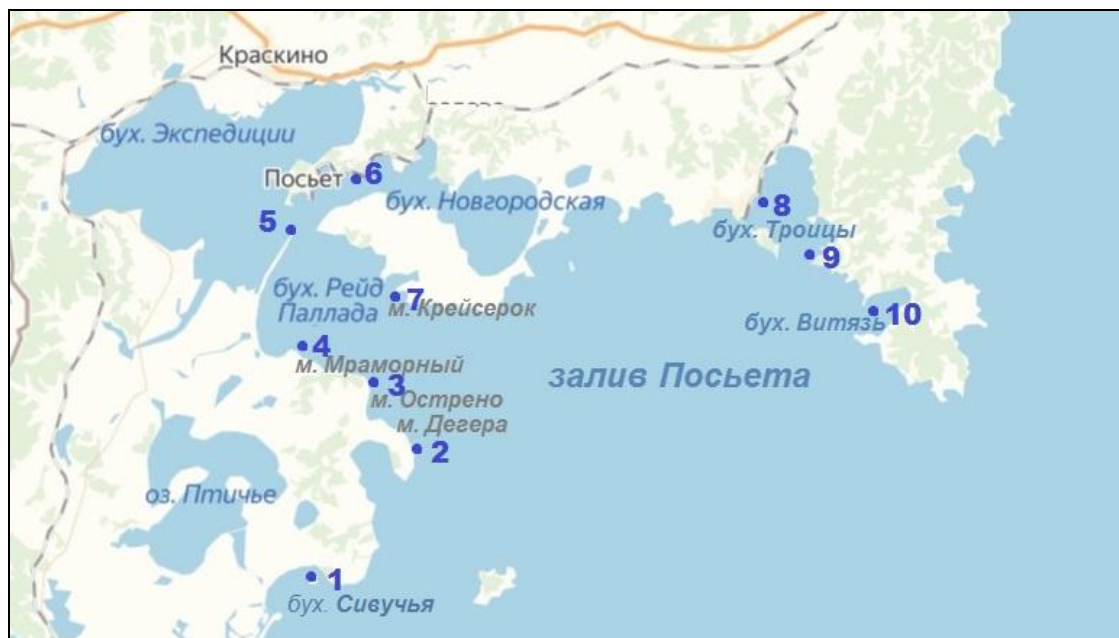


Рисунок. Расположение станций отбора проб: 1 – б. Сивучья; станции в заливе Посыета, западный берег б. Рейд Паллада: 2 – м. Дегера, 3 – м. Острено, 4 – м. Мраморный, 5 – каменистая оконечность косы Назимова; 6 – б. Новгородская, 7 – б. Миноносок, м. Крейсерок, 8 – б. Троицы, порт; 9 – б. Троицы, м. Стенина; 10 – выход из б. Витязь.

Fig. 2. The location of the sampling stations: 1 – Sivuchiy bight; in the Posyet Bay: 2 – West coast of the Reid Pallada Bay, 3 – Ostreno cape, 4 – Mramorniy cape, 5 – rocky extremity of the Nazimova spit, 6 – Novgorodskaya bight, 7 – Minonosok bight, 8 – Troizy's bight, port, 9 – Troizy's bight, Stenina cape, 10 – exit from the Vityaz bight.

Общую численность КГМ в 1 мл воды определяли с использованием метода десятикратных разведений и последующего высева аликвоты в трёх повторностях на питательную среду для морских микроорганизмов (СММ) с добавлением 1,5% агара. Подсчитывали число выросших колоний. Данные обрабатывали статистически. Индикаторов нефтеуглеводородов культивировали с применением элективных сред, где в качестве единственного источника углерода использовали нефть и дизельное топливо в конечной концентрации 0,1% [4]. БГКП обнаруживали с использованием селективной среды Эндо. Определяли каталазоположительные, оксидазоотрицательные грамотрицательные бактерии [5]. Количество металл-резистентных форм в сообществе гетеротрофных культивируемых микроорганизмов определяли также методом десятикратных разведений, используя селективные среды, приготовленные на основе среды СММ с добавками солей металлов в концентрациях, ингибирующих рост чувствительных форм бактерий. В качестве добавок использовали хлориды

металлов: Zn, Cu, Cd, Ni, Pb. Первые два металла, если они не связаны с добычей и переработкой руд, выплавкой металлов и гальваническими цехами, характеризуют коммунально-бытовое воздействие (оба входят в число тривиальных компонентов хозяйственно-бытовых стоков). Три последних являются трассерами техногенного пресса на окружающую среду [6]. Результаты наблюдений приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Эколого-трофические группы микроорганизмов в поверхностных водах зал. Посыета (июль 2016 г.)

Table 1 - Ecologic-trophic groups of microorganisms in surface water of the Posyet Bay (July 2016)

Станции	КОЕ/мл		кл/мл		КОЕ/мл				
	КГМ	БГКП	ДТ	НБ	Zn	Cu	Cd	Pb	Ni
Б. Сивучья (ДВГМЗ)	(6,85±0,3) x 10 <sup>3</sup>	0	0	6,0 x 10 <sup>1</sup>	5,05 x 10 <sup>3</sup>	1,26 x 10 <sup>4</sup>	1,5 x 10 <sup>2</sup>	0	0
Западный берег б. Рейд Паллада (ДВГМЗ)	(3,16±0,21) x 10 <sup>4</sup>	0	13,0 x 10 <sup>3</sup>	2,5 x 10 <sup>3</sup>	0	1,5 x 10 <sup>3</sup>	0	0	0
М. Острено (ДВГМЗ)	(1,4±0,11) x 10 <sup>4</sup>	0	13,0 x 10 <sup>1</sup>	6,0 x 10 <sup>1</sup>	0	0	0	1,45 x 10 <sup>3</sup>	0
М. Мраморный	(6,1±0,2) x 10 <sup>3</sup>	0	0	13,0 x 10 <sup>3</sup>	0	3,85 x 10 <sup>3</sup>	0	0	0
Каменистая оконечность косы Назимова	(8,5±0,11) x 10 <sup>4</sup>	0	6,0 x 10 <sup>2</sup>	70,0 x 10 <sup>2</sup>	0	7,4 x 10 <sup>3</sup>	0	0	2,1 x 10 <sup>3</sup>
Б. Новгородская	(6,85±0,1) x 10 <sup>4</sup>	(5,1±0,2) x 10 <sup>3</sup>	13,0 x 10 <sup>1</sup>	13,0 x 10 <sup>2</sup>	2,53 x 10 <sup>4</sup>	5,67 x 10 <sup>4</sup>	0	0	5,93 x 10 <sup>4</sup>
Б. Миносок (ДВГМЗ)	(5,9±0,3) x 10 <sup>3</sup>	0	0	13,0 x 10 <sup>1</sup>	0	0	0	0	0
Б. Троицы, порт	0	0	0	13,0 x 10 <sup>2</sup>	5,55 x 10 <sup>2</sup>	4,85 10 <sup>3</sup>	0	0	0
Б. Троицы, м. Стенина	2,95 x 10 <sup>4</sup>	0	25,0 x 10 <sup>2</sup>	25,0 x 10 <sup>2</sup>	7,8 x 10 <sup>3</sup>	0	0	0	3,25 x 10 <sup>3</sup>
Выход из б. Витязь	(2,95±0,1) x 10 <sup>4</sup>	0	25,0 x 10 <sup>2</sup>	25,0 x 10 <sup>2</sup>	0	0	0	0	0

Колониеобразующие гетеротрофные микроорганизмы — показатель, свидетельствующий об общем органическом загрязнении вод. По принятым микробиологическим критериям показатели численности микроорганизмов до 10<sup>3</sup> кл/мл соответствуют чистым олигосапробным водам, 10<sup>3</sup>–10<sup>5</sup> кл/мл — мезосапробным водам, обогащённым органическими соединениями, что зачастую имеет место в прибрежных водах; 10<sup>6</sup> кл/мл и выше — показатель высокого загрязнения, соответствует полисапробным водам [6]. Бактерии группы кишечной палочки (санитарно-показательные микроорганизмы) — показатель, используемый в качестве маркера фекальной контаминации среды. В соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами, в зависимости от количества *E. coli* на 100 мл воды выделяются такие категории морского водопользования, как пригодные для хозяйственно-питьевых нужд, пригодные для купания и водозабора для плавательных бассейнов и водолечебниц (менее 10 КОЕ/100 мл), пригодные для занятий водным спортом, и в черте населённых мест (менее 100 КОЕ/100 мл) [7].

Концентрации тяжёлых металлов определялись в макрофитах *Sargassum miyabei*, *Sargassum pallidum* и *Stephanocystis crassipes*. Биоиндикация с использованием бурых водорослей-макрофитов получила широкое

распространение с начала 1970-х гг. [8; 9] и продолжает применяться для оценки качества среды в настоящее время [10–13 и др.].

С каждой станции брали по 3-5 слоевищ макрофитов. При обработке водорослей, подготовке проб к анализу и атомно-абсорбционном анализе на спектрофотометре Shimadzu AA - 6800 использовали известные подходы и приёмы [5]. Точность определения концентраций всех металлов контролировали, анализируя стандартные образцы (NIES 9.0 “Sargasso”). Ошибка определения не превышала 15 %. Концентрацию металлов выражали в мкг/г сухой массы. Результаты анализа приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Среднее содержание тяжёлых металлов (мкг/г) в талломах бурых водорослей, собранных в заливе Посьета и бухте Удобная (Сихотэ-Алинский биосферный заповедник) ( $m \pm \sigma$ )**  
**Table 2. Average concentrations of heavy metals in thalli of brown algae from the Posyet Bay and Udobnaya Bight ( $m \pm \sigma$ )**

Станция	Вид водоросли	Zn	Cu	Cd	Ni	Pb
<b>Юго-западная часть залива Петра Великого</b>						
Б. Сивучья	<i>S. pallidum</i>	14,9±0,2	2,01±0,17	2,89±0,03	6,27±0,13	1,09±0,06
М. Острено	<i>St. crassipes</i>	29,6±0,3	2,88±0,04	3,66±0,19	4,69±0,04	2,89±0,22
М. Мраморный	<i>S. miyabei</i>	9,93±0,11	1,42±0,14	2,74±0,03	5,04±0,09	0,64±0,04
М. Назимова	<i>S. pallidum</i>	12,02±0,05	2,19±0,23	2,48±0,01	5,55±0,21	1,12±0,01
Б. Новгородская	<i>S. miyabei</i>	13,76±0,18	2,16±0,07	2,92±0,13	6,67±0,42	0,93±0,04
Б. Миноносок, м. Крейсерок	<i>S. miyabei</i>	12,65±0,29	1,82±0,08	2,38±0,01	5,11±0,03	1,56±0,16
Б. Троицы, м. Стенина	<i>S. miyabei</i>	16,47±0,32	2,44±0,09	3,17±0,01	5,27±0,20	0,91±0,14
Б. Витязь	<i>S. pallidum</i>	9,58±0,25	1,93±0,14	1,86±0,03	5,41±0,02	1,74±0,03
<b>Фон [по 13]</b>						
Северо-запад Японского моря	<i>St. crassipes</i>	15,9 ± 0,9	1,3 ± 0,4	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,3	-
	<i>S. miyabei</i>	10,7 ± 1,8	1,5 ± 0,2	0,8 ± 0,1	1,2 ± 0,4	0,3 ± 0,4
	<i>S. pallidum</i>	7,1 ± 0,9	1,1 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,6 ± 0,2	0,3 ± 0,4

В результате проведённых исследований установлено, что численность гетеротрофных микроорганизмов в водах зал. Посьета была довольно стабильной и находилась в диапазоне  $10^3$ - $10^4$  КОЕ/мл (колониеобразующих единиц), соответствуя олиго- и мезосапробным водам. В бухте Новик, например, в это же время количество гетеротрофов находилось на уровне  $10^4$ - $10^6$  КОЕ/мл [15]. Данные о содержании БГКП подтвердили, что в целом зал. Посьета является чистым районом, с небольшой антропогенной нагрузкой. И лишь вблизи порта Посьет (вход в б. Новгородскую) было выявлено явное антропогенное влияние ( $10^3$  КОЕ/мл). Станция 6 в б. Новгородской находилась немного южнее двух небольших баз отдыха («Наутилус» и «Новгородская»), с пирсом и паромной переправой, вблизи примыкающей к бухте железной дороги, по которой в порт поставляется уголь, и ж/д станции «Посьет». Не говоря о нулевых значениях БГКП почти на всех станциях в зал. Посьета, даже эта, находившаяся вблизи порта, была ниже показаний в б. Новик на 1-3 порядка величин.

Воды залива Посьета незначительно загрязнены трудно окисляемыми нефтеуглеводородами, о чём свидетельствует численность микроорганизмов-индикаторов нефтеуглеводородов от  $10^1$  до  $10^3$  кл/мл, однако нулевых значений численности нет.

Деструкторов дизельного топлива оказалось немного, как и бактерий группы кишечной палочки. В отличие от загрязнения нефтяными углеводородами, на четырёх станциях были отмечены нулевые значения численности деструкторов дизельного топлива — бухты Сивучья, Миноносок и

Троицы, а также мыс Мраморный. На остальных станциях значения численности изменялись от  $10^1$  до  $10^3$  кл/мл.

Микробиологический подход ранее был применён при оценке качества вод бухты Козьмина, где находится нефтяной терминал нефтепорта «Козьмино» и куда подходит труба ВСТО («Восточная Сибирь-Тихий океан») [16]. В этой акватории диапазон численности микроорганизмов — индикаторов нефтеуглеводородов находился в пределах  $10^3$ - $10^5$  кл/мл. Как видим, если в зал. Посъета  $10^3$  кл/мл — верхний уровень количества этих микроорганизмов, то в б. Козьмина — нижний.

Из числа изучаемых элементов цинк и медь являются трассерами коммунально-бытовых стоков. Наибольшая численность Zn- и Cu-устойчивых микроорганизмов выявлена в бухтах Сивучья, Новгородская и Троицы. Однако если такой результат понятен для портовых и рекреационных зон, то данные для б. Сивучья диссонируют с представлением о стоках и антропогенном влиянии на прибрежную зону. В то же время эта информация подтверждает выявленный ещё в 1990-е гг. факт трансграничного атмосферного и водного переноса загрязнения, идущего от индустриально-развитых и плотно заселённых территорий «соседей» - Китая и Кореи [17].

Индикаторами техногенного пресса на окружающую среду являются кадмий, свинец и никель. Cd-резистентные микроорганизмы найдены в бухте Сивучьей, что ещё раз подтверждает факт трансграничного переноса промышленных поллютантов от соседних стран.

Pb-резистентные микроорганизмы обнаружены только у м. Острено. Скорее всего, это остаточное явление — следствие времён использования тетраэтилсвинцовой добавки к топливу и накопления его в донных отложениях в районе рекомендованного курса для всех судов, идущих в порт Посъет.

Никель входит в состав нефтяных углеводородов, поэтому сжигание флотского мазута или топлива катеров, находящихся в районах рекреации, вызывает его появление в водной среде и рост численности микроорганизмов, устойчивых к нему. Ni-резистентные микроорганизмы обнаружены на трёх станциях: оконечность косы Назимова (бухта Экспедиции), бухты Новгородская и Троицы.

Концентрации микроэлементов в водорослях представлены в таблице 2.

Нами использованы два вида саргассов, обитающих в зал. Петра Великого, *Sargassum miyabei*, *Sargassum pallidum*. Согласно Е. М. Крепсу [18], контроль условий среды следует производить, сравнивая систематически близкие виды. Вот почему мы считаем правомерным сравнение двух видов водорослей рода *Sargassum*.

Изменчивость концентраций цинка в макрофитах из разных мест сбора была небольшой: разница между наибольшим и наименьшим значением составляла 2,5 раза. Повышенное содержание Zn определено в *S. miyabei* бухты Троицы (16,47 мкг/г). Для макрофитов данной станции характерно также довольно высокое содержание меди (2,44 мкг/г), что, очевидно, вызвано обилием отдыхающих, располагающихся в палатках и на базах отдыха по всему периметру этой бухты и согласуется с данными по высокой численности Cu- и Zn-резистентных микроорганизмов.

Для свинца характерны очень низкие значения концентраций в саргассумах — 0,64-1,74 мкг/г. Наиболее высокое его содержание, найденное в *S. crassipes* у

м. Острено, подтверждается свидетельством выявления Pb-резистентных микроорганизмов именно на этой станции. Никель в наибольших количествах выявлен в макрофитах на двух станциях: в бухте Новгородской (6,67 мкг/г) и б. Сивучьей (6,27 мкг/г), но этот высокий уровень обусловлен разным генезисом: если в б. Новгородской это, несомненно, влияние порта и загрязнения вод нефтеуглеводородным топливом и продуктами его сжигания, то в бухте Сивучьей его повышенное количество в водорослях вызвано трансграничным переносом. На этих же станциях отмечалось повышенное содержание Cd, которое, очевидно, обусловлено переносом загрязнённых атмосферных масс, хотя наиболее высокие его концентрации выявлены у м. Острено и в бухте Троицы. Большое количество кадмия в макрофитах бухты Троицы, несомненно, связано с рекреационной нагрузкой, что было отмечено для цинка и меди, и обусловлено обилием автотранспорта, используемого отдыхающими.

Несмотря на отсутствие промышленных предприятий по всему побережью залива Посъета, за исключением порта Посъет, нами установлено, что в целом концентрации всех определяемых элементов оказались выше фоновых значений содержания металлов в бурых водорослях для северо-западной части Японского моря [14] (за исключением Zn и Cu в *S. miyabei* у м. Мраморного).

Среди заповедных территорий Приморского края к морскому побережью выходит Сихотэ-Алинский биосферный заповедник. В бухте Удобной заповедника был собран третий вид исследуемых нами водорослей — *S. crassipes*, концентрации металлов в котором составляли: Zn -  $45,1 \pm 3,1$  мкг/г, Cu -  $1,73 \pm 0,16$  мкг/г, Cd -  $3,32 \pm 0,24$  мкг/г, Ni -  $1,05 \pm 0,22$  мкг/г, Pb -  $4,55 \pm 0,09$  мкг/г. За исключением меди и никеля, содержание всех металлов в стефаноцистисе б. Удобной выше, чем в макрофитах, собранных у м. Острено. Северное Приморье отличается от южного Приморья геохимическими условиями: более высокими концентрациями цинка, свинца и кадмия в среде, которые являются компонентами свинцово-цинковых полиметаллических руд, разрабатываемых в горнорудном районе на севере края. Очевидно, поэтому данные металлы проявляются в более высоких концентрациях в водорослях бухты Удобной.

Таким образом, применение двух методов биоиндикации, которые дополняли и подтверждали друг друга, — использование чувствительных к изменениям в среде микроорганизмов и аккумулирующих тяжёлые металлы бурых водорослей-макрофитов, — позволило получить информацию о современном состоянии залива Посъета с расположенными в нём участками ДВГМЗ как в целом, так и отдельных его акваторий. Установлено, что зал. Посъета пока ещё является довольно чистым районом. Однако в нем есть акватории, подверженные как техногенному воздействию (порт Посъет), так и интенсивному рекреационному прессу (бухты Витязь и Троицы). Содержание металлов в бурых водорослях на всех станциях, кроме м. Мраморного, выше фоновых значений.

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

*Литература*

1. Христофорова Н. К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. – Л.: Наука, 1989. 192 с.
2. Dolganov S. M., Tyurin A. N. Marine Reserve “Zaliv Vostok” // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2014. № 1. С. 9–24.
3. Dolganov S. M., Tyurin A. N. Far Eastern Marine Biosphere Reserve (Russia) // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2014. № 2. С. 76–87.
4. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложения / Под. ред. Цыбань А.В. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. 193 с.
5. Руководство к практическим занятиям по микробиологии / Под. ред. Егорова Н.С. – М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.
6. Общая и санитарная микробиология с техникой микробиологических исследований / Под ред. А. С. Лабинской, Л.П. Блинковой. – М.: Медицина, 2004. 576 с.
7. СанПиН 2.1.5.2582-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к охране прибрежных вод морей от загрязнения в местах водопользования населения» (утв. 27.02.2010 г.). – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. 2010. 19 с.
8. Fowler S. W. Use of macroalgae as a reference material for pollutant monitoring and specimen banking // Monitoring environmental materials and specimen banking: Proc. Int. Workshop. Berlin. 1978. London. 1979. P. 247–260.
9. Bryan G. V. Recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea // Helgolander Meeresunters. 1980. Vol. 33. P. 6–25.
10. Чернова Е.Н., Христофорова Н.К., Вышкварцев Д.И. Тяжелые металлы в морских травах и водорослях залива Посыета Японского моря // Биология моря. 2002. Т. 28, № 6. С. 425–430.
11. Akcali I., Kucuksegin F. A Biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from Eastern Aegean coastal areas // Marine Poll. Bullet. 2011. Vol. 62. P. 637–645.
12. Brito G.B., Souza Th.L., Bressy F.C., Moura C.W.N., Korn M. A. Levels and spatial distribution of trace elements in macroalgae species from the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil // Marine Pollution Bulletin. 2012. No. 64. P.2238–2244.
13. Кобзарь А.Д., Христофорова Н.К. Мониторинг загрязнения прибрежных вод Амурского залива (Японское море) тяжелыми металлами с использованием бурой водоросли *Sargassum miyabei* Yendo, 1907 // Биология моря. 2015. том 41, № 5. С. 361–365.
14. Чернова Е.Н., Коженкова С.И. Определение пороговых концентраций металлов в водорослях-индикаторах прибрежных вод северо-западной части Японского моря // Океанология. 2016, Т. 56, № 3. С. 393–402.
15. Христофорова Н.К., Бойченко Т.В., Емельянов А.А., Попова А.В. Микробиологический контроль состояния вод бухты Новик // Известия ТИНРО. 2017. Т. 189. С. 121–130.
16. Гамаюнова О.А., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А. Химико-экологическая и микробиологическая характеристика вод бухты Козьмина (залив Петра Великого, Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2016. № 3.- С. 39–46.
17. Коженкова С.И., Христофорова Н.К. Биомониторинг содержания тяжелых металлов в морских прибрежных водах юго-западной части залива Петра Великого с использованием бурых водорослей // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Т. 3. – Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 33–41.
18. Крепс Е.М. Об оценке сравнительно-физиологических факторов // I Совещ. Биогруппы АН СССР по физиологическим проблемам. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1937. С.31–32.

## **Bioindication of the water quality of Posyet Bay (Peter the Great Bay, Sea of Japan)**

Khristoforova N.K.<sup>1,2</sup>, Kobzar A.D.<sup>1</sup>, Boychenko T.V.<sup>1</sup>, Popova A.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690950, Russian Federation

<sup>2</sup> Pacific Institute of Geography FEB RAS, Vladivostok, 690022, Russian Federation

### Abstract

Pollution bioindication of Posyet Bay’s coastal waters had been conducted, including the stations related to the marine reserve area, with application of two methods: using the microorganisms, sensitive to environmental changes and brown algae-macrophytes with ability to accumulate heavy metals. Demonstrated, that the results, received from these two approaches, are confirming each other. The data about bacteria coli-form content confirms, that, in generally, Posyet bay is a clean area (excluding

Novgorodskaya bay) and polluted by hard-oxidizable petroleum hydrocarbons insignificantly. At the same time, Port Posyet and its surrounding waters as well as areas of the Vityaz bight and the Troizy's bight are as territories with significant recreational impact. Metal content in the brown algae on all the stations, apart from Mramorniy peninsula, are above the reference values.

**Key words:** Posyet Bay, bioindication, microbial indication, ecologo-trophic groups of microorganisms, brown algae, heavy metals.

## References

1. Khristoforova N. K., 1989, *Bioindikatsiya i monitoring zagryazneniya morskikh vod tyazhelymi metallami* [Bioindication and monitoring of marine water pollution by heavy metals], 192 p., Nauka, Leningrad. (in Russ.).
2. Dolganov S. M., Tyurin A. N., 2014, Marine Reserve "Zaliv Vostok", *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*. 2014, no. 1, pp. 9-24. (in Russ.).
3. Dolganov S. M., Tyurin A. N., 2014, Far Eastern Marine Biosphere Reserve (Russia), *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2014, no. 2, pp. 76-87.
4. Tsyban A. V., (ed.), 1980, *Rukovodstvo po metodam biologicheskogo analiza morskoy vody i donnykh otlozheniya* [Guidance on methods for the biological analysis of sea water and sediments], 193 p., Gidrometeoizdat, Leningrad. (in Russ.).
5. Egorov N. S., (ed.), 1995, *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po mikrobiologii* [A guide to practical exercises on microbiology], 224 p., MGU, Moscow. (in Russ.).
6. Labinskaya A. S., Blinkova L. P., (eds.), 2004, *Obshchaya i sanitarnaya mikrobiologiya s tekhnikoy mikrobiologicheskikh issledovaniy* [General and sanitary microbiology with the technique of microbiological research], 576 p., Meditsina, Moscow. (in Russ.).
7. SanPiN 2.1.5.2582-10, 2010, *Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k okhrane pribrezhnykh vod morey ot zagryazneniya v mestakh vodopol'zovaniya naseleniya* [Sanitary and epidemiological requirements for protection of coastal waters of the seas from pollution in places of water use of the population, approved 02.27.2010], 19 p., Federal'nyy tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, Moscow. (in Russ.).
8. Fowler S. W., 1979, Use of macroalgae as a reference material for pollutant monitoring and specimen banking, in Luepke N.-P. (ed.), in *Monitoring environmental materials and specimen banking*, Proceedings of the International Workshop, Berlin (West), 23-28 October 1978, pp. 247-260, Springer, Dordrecht, Berlin.
9. Bryan G. V., 1980, Recent trends in research on heavy-metal contamination in the sea, *Helgolander Meeresunters*, vol. 33, pp. 6-25.
10. Chernova E. N., Khristoforova N. K., Vyshkvartsev D. I., 2002, Heavy metals in seagrasses and algae of Poset bay, Sea of Japan, *Russian Journal of Marine Biology*, vol. 28, no. 6, pp. 387-392.
11. Akcali I., Kucuksezgin F. A., 2011, Biomonitoring study: Heavy metals in macroalgae from Eastern Aegean coastal areas, *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 637-645. (in Russ.).
12. Brito G.B., Souza Th.L., Bressy F.C., Moura C.W.N., Korn M. A., 2012, Levels and spatial distribution of trace elements in macroalgae species from the Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil, *Marine Pollution Bulletin*, no. 64, pp. 2238-2244.
13. Kobzar A. D., Khristoforova N. K., 2015, Monitoring heavy-metal pollution of the coastal waters of Amursky bay (Sea of Japan) using the brown alga *Sargassum miyabei* Yendo, 1907, *Russian Journal of Marine Biology*, vol. 41, no. 5, pp. 361-365. (in Russ.).
14. Chernova E. N., Kozhenkova S. I., 2016, Defenition of the threshold concentrations of trace metals in seaweeds of the northwestern Sea of Japan, *Oceanology*, vol. 56, no. 3. pp. 393-402. (in Russ.).
15. Khristoforova N. K., Boychenko T. V., Emelyanov A. A., Popova A. V., 2017, Microbiological control of the water condition in the Novik Bay (Peter the Great Bay, Japan Sea), *Izvestiya TINRO*, vol. 189, pp. 121-130. (in Russ.).
16. Gamayunova O.A., Khristoforova N.K., Drozdovskaya O.A., 2016, Hydrochemical and microbiological characteristics of Kozmina bight (Peter the Great Bay, the Sea of Japan), *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, vol.3, pp. 39-46. (in Russ.).
17. Kozhenkova S. L., Khristoforova N. K., 2002, Biomonitoring of heavy metal content in the coastal waters of southwestern Peter the Great Bay using brown algae, in *Ecological condition and biota of southwest part of the Peter the Great Bay and mouth of the Tumannaya River*, vol. 3, pp. 33-41, Dal'nauka, Vladivostok. (in Russ.).
18. Kreps E. M., 1937, Ob otsenke sravnitel'no-fiziologicheskikh faktorov [On the evaluation of comparative physiological factors], in *I Soveshchaniye Biogruppy AN SSSR po fiziologicheskim problemam* [1st Meeting of the Biogroup of the USSR Academy of Sciences on Physiological Problems], pp. 31-32, AN SSSR, Moscow-Leningrad. (in Russ.).