

В.С. БАРЫШЕВА, Е.Н. ЧЕРНОВА, О.В. ПАТРУШЕВА

Загрязнение морской среды залива Восток Японского моря органическими веществами (2016–2018 гг.)

Проведено исследование загрязнения морской воды восточной части зал. Восток органическими веществами (нефтяные углеводороды, АСПАВ, фенолы, БПК₅) в теплый период 2016–2018 гг. в предполагаемых местах строительства морского терминала нефтехимической компании и выпуска сточных вод завода. Результаты гидрохимического мониторинга свидетельствуют о загрязнении вод залива нефтяными углеводородами до 7 ПДК, фенолами до 1,3 ПДК, АСПАВ до 1,6 ПДК. Сравнение с литературными данными позволяет выдвинуть предположение, что за период с 2008 г. произошло увеличение антропогенной нагрузки на воды зал. Восток, прежде всего рекреационного пресса.

Ключевые слова: залив Петра Великого, залив Восток, нефтяные углеводороды, фенолы, АСПАВ.

Pollution of the marine environment of the Vostok Bay (Japan Sea) by organic matter in 2016–2018. V.S. BARYSHEVA (Far Eastern Federal University, Vladivostok; Environmental Pollution Monitoring Center, Primorsky Territorial Management Department of Roshydromet, Vladivostok), E.N. CHERNOVA (Far Eastern Federal University, Vladivostok, Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok), O.V. PATRUSHEVA (Far Eastern Federal University, Vladivostok).

A study was carried out on the pollution of sea water in the eastern part of the Vostok Bay through organic matter (petroleum hydrocarbons, detergents, ASSAS (= anionic synthetic surfacted active substance), BOD₅) in the warm period of 2016–2018 in the proposed sites of the marine terminal petrochemical complex and the release of plant wastewater. The results of hydrochemical monitoring indicate pollution of the Bay by petroleum hydrocarbons at a level of up to 7 MPC, 1.3 MPC for phenols, 1.6 MPC for ASSAS. A comparison with the literature data suggests that for the period from 2008 an increase in the anthropogenic load on the waters of the Vostok Bay has occurred, which is associated with an increase in the recreational press to the water area of the Bay.

Key words: Peter the Great Bay, Vostok Bay, petroleum hydrocarbons, phenols, ASSAS.

Введение

Среди важных направлений развития территорий Российской Федерации следует назвать внутренний и въездной туризм. В Приморском крае на берегах Японского моря сохранилось немало живописных мест, выполняющих рекреационную функцию для местного населения и туристов. Одно из них – зал. Восток, залив второго порядка

*БАРЫШЕВА Валентина Сергеевна – аспирант (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), гидрохимик 2-й категории (Приморский центр мониторинга загрязнения окружающей среды, Владивосток), ЧЕРНОВА Елена Николаевна – кандидат биологических наук, доцент (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток), старший научный сотрудник (Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток), ПАТРУШЕВА Ольга Викторовна – кандидат химических наук, доцент (Дальневосточный федеральный университет, Владивосток). *E-mail: barysheva.vl@yandex.ru

зал. Петра Великого Японского моря. Низкая плотность населения, проживающего в небольших поселках, и отсутствие крупных промышленных предприятий позволяют рассматривать данный район как фоновый. С целью сохранения природных комплексов зал. Восток в естественном состоянии, поддержания экологического баланса и рационального использования природных ресурсов часть акватории залива отдана под одноименный комплексный морской заказник краевого значения, созданный в 1989 г. В летний период побережье залива активно используется жителями г. Находка и всего Дальнего Востока в рекреационных целях. На его берегах в XXI столетии выросло большое количество баз отдыха, гостиниц, яхт-клубов.

Восточное побережье зал. Восток выбрано в качестве площадки для строительства нефтеперерабатывающего комплекса Восточной нефтехимической компании (ВНХК). Важность этого строительства для социально-экономического развития юга Дальнего Востока несомненна, однако существует опасность разрушения рекреационного потенциала данной акватории. Известно, что приоритетными загрязняющими веществами в заливах российской части Японского моря являются нефтяные углеводороды в связи с отсутствием или недостаточной мощностью имеющихся в портах береговых нефтеочистных сооружений и сбросом льяльных и балластных вод в открытой части моря [9].

Целью данной работы была оценка степени загрязнения зал. Восток в 2016–2018 гг. в районе будущего строительства нефтеперерабатывающего комплекса веществами органической природы – нефтеуглеводородами, детергентами, фенолами.

Материал и методы

Залив Восток площадью 35 км² и объемом 0,4 км³ с населением вдоль его побережья 18 тыс. чел., проживающим в поселках Волчанец, Ливадия и Южно-Морской, находится западнее более крупного зал. Находка [21]. В кутовую часть залива впадают реки Волчанка и Литовка. Река Волчанка (протяженность 26 км, площадь водосбора 197 км²) впадает в бухту Тихая Заводь с запада [12]. Река Литовка (площадь водосбора 446 км² [10]) впадает в бухту с одноименным названием, расположенную в восточной половине зал. Восток. Вдоль как восточного, так и западного берега залива, а также в его кутовой части располагаются пляжи, турбазы, яхт-клубы. На западном берегу, в бухте Гайдамак, функционируют судоремонтный и рыбоконсервный заводы – наиболее крупные предприятия и загрязнители окружающей среды. На восточном берегу планируется разместить нефтеперерабатывающий комплекс ВНХК.

Пробы морской воды были отобраны в июле и сентябре 2016–2018 гг., а также в мае 2017 и 2018 гг. с поверхностных горизонтов двух станций, расположенных в местах предполагаемого строительства морского терминала ВНХК (у мыса Елизарова – ст. 1, изобата 10 м) и выпуска сточных вод нефтехимического комплекса (в районе бухты Прозрачной – ст. 2, изобата 30 м). Карта-схема с расположением станций приведена на рис. 1.

Температура, соленость, биохимическое потребление кислорода за 5 сут (БПК₅), концентрации нефтяных углеводородов (НУ), фенолов и анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ) определялись в воде без фильтрования стандартными методиками, принятыми в учреждениях Гидрометеослужбы [14, 16–18, 20]. При оценке загрязненности вод использовали значения предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ для водных объектов рыбохозяйственного значения, принятые в Российской Федерации [15].

БПК₅ представляет собой косвенную характеристику количества аллохтонного и автохтонного легкоокисляемого органического вещества в воде, источником которого являются остатки организмов и продукты обмена веществ, главным образом планктонного происхождения, а также вещества, поступающие в водоем извне [1]. Легкоокисляемые («биологически мягкие») вещества – это сахара, формальдегид, спирты, фенолы [19].

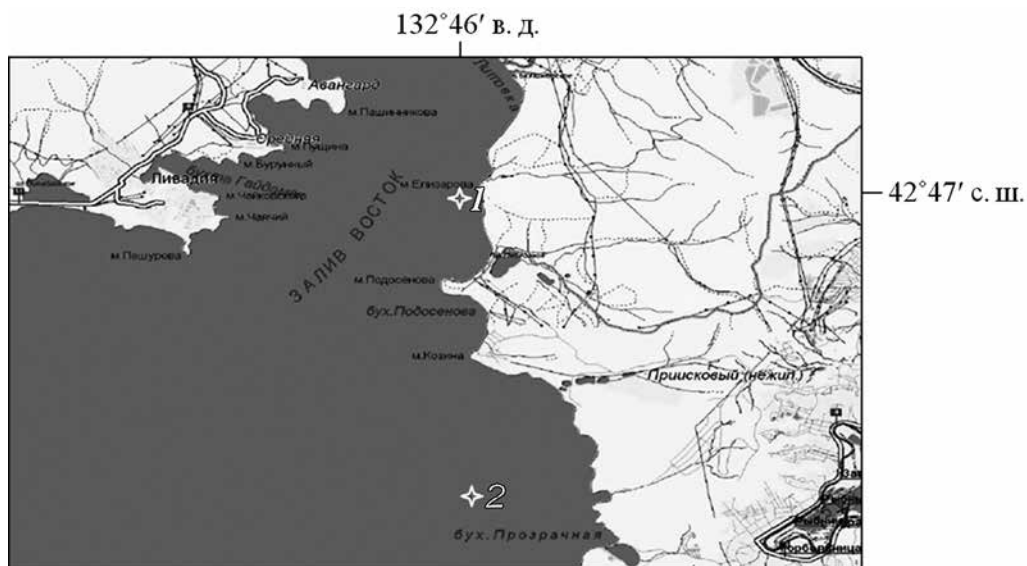


Рис. 1. Карта-схема района работ. 1, 2 – места отбора проб

Нефтепродукты и фенолы входят в списки приоритетных загрязняющих природную среду веществ. Нефтяные компоненты в поверхностных водах находятся в масляной, растворенной, эмульгированной и адсорбированной формах. Попадание нефтепродуктов в морскую среду может привести к непосредственному отравлению организмов с летальным исходом, серьезным нарушениям их физиологической активности, эффекту прямого обволакивания нефтепродуктами [22]. Опасность НУ заключается и в том, что при их разложении могут образовываться еще более токсичные вещества, например фенолы. Повышенное содержание фенолов может спровоцировать подавление роста и размножения у водорослей, нарушение рефлекса равновесия, дыхания, потерю двигательной активности у рыб [6].

Анионные синтетические поверхностно-активные вещества – детергенты в большом количестве содержатся в моющих средствах. Их влияние на живые организмы основано на увеличении проницаемости клеточных мембран. Попадая в водные объекты, АСПАВ нарушают кислородный режим, приводят к снижению иммунитета водных организмов, развитию аллергических реакций, поражению внутренних органов [23, 24].

Результаты и обсуждение

Качество вод зал. Восток эпизодически исследуется экологами и биологами для мониторинга этой фоновой акватории, а также в целях обеспечения гидрохимическими данными исследований по созданию технологий воспроизводства ценных промысловых биологических ресурсов [3–5, 8]. Согласно этим работам, зал. Восток, как и более крупные заливы зал. Петра Великого, бывает периодически загрязнен легкоокисляемыми органическими веществами, нефтяными углеводородами, фенолами, детергентами [5, 8]. Данные органические загрязнители могут поступать в водные объекты с промышленными, хозяйственно-бытовыми и дождевыми сточными водами, а также как результат работы водного транспорта [7]. При этом источником некоторого количества углеводородов, фенолов и легкоокисляемых органических веществ могут быть прижизненные и посмертные выделения растений и животных [11]. Главным источником загрязнения морских акваторий при отсутствии на их берегах промышленных объектов считается речной сток, который принимает очищенные и неочищенные сточные воды. Его интенсивность определяется

количеством атмосферных осадков. Увеличение стока вызывает снижение солености морских вод.

Термохалинные характеристики воды зал. Восток в 2016–2018 гг., а также количество атмосферных осадков за месяц, предшествующий отбору проб, см. в таблице. Осадков, выпавших в водосборе зал. Восток в 2016 г., было меньше, чем в 2017 и 2018 гг. (рис. 2).

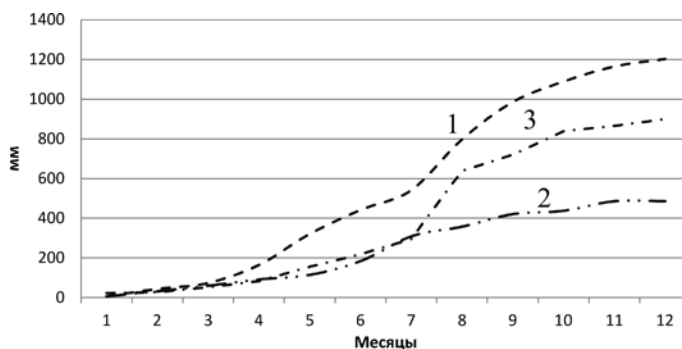


Рис. 2. Количество осадков по нарастанию на метеостанции «Партизанск» [25]: 1 – 2016 г., 2 – 2017 г., 3 – 2018 г.

Как видно, величины солености в районе мыса Елизарова и на более открытой станции отличаются незначительно и не связаны с количеством выпавших осадков, косвенно указывающим на увеличение терригенного стока. Вероятно, влияние терригенного стока на данные станции незначительно.

Термохалинные характеристики вод зал. Восток в 2016–2018 гг.

Дата	Станция	Атмосферные осадки*, мм	Соленость, ‰	Температура, °С
08.08.2016	1	250	Н.о.	23,0
	2		– « –	20,6
20.09.2016	1	170	– « –	19,2
	2		– « –	18,5
20.05.2017	1	23	32,5	11,3
	2		32,6	10,7
17.07.2017	1	100	31,8	22,2
	2		33,4	16,4
20.09.2017	1	170	33,8	15,0
	2		33,8	12,0
22.05.2018	1	49	32,5	14,0
	2		32,7	13,0
09.07.2018	1	104 (2.07 – 33 мм)	33,1	17,0
	2		32,9	15,5
11.09.2018	1	298 (25.08 – 52 мм)	32,2	23,0
	2		32,5	21,0

*Выпавшие в водосборе (по данным ближайшей метеостанции «Партизанск» [25]) в течение месяца перед отбором проб.

Содержание легкоокисляемого органического вещества, определяемого по БПК₅, в поверхностном горизонте вод зал. Восток в 2016–2018 гг. было невысоко и не превышало действующий норматив (рис. 3). Величины БПК₅ варьировали в диапазоне от менее 1,0 до

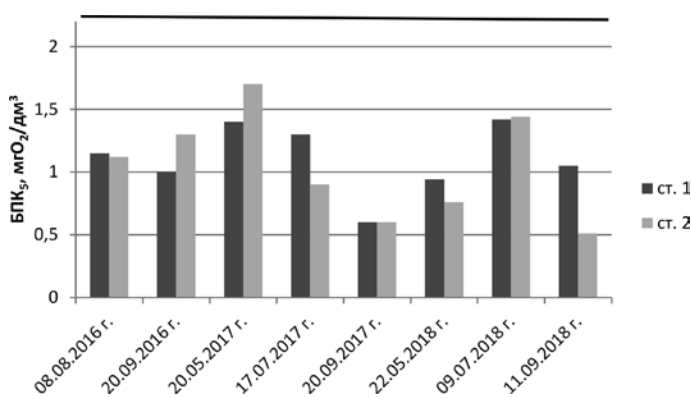


Рис. 3. Распределение величины БПК₅ в водах зал. Восток в 2016–2018 гг. Здесь и на рис. 4–6 горизонтальной жирной линией показан уровень ПДК для рыбохозяйственных водоемов [15]

1,7 мг O₂/дм³, что сопоставимо с данными, полученными другими авторами у мыса Елизарова в теплый период 2008–2009 гг. [8]. В соответствии с годовым ходом содержания органических веществ в природных водах, в поверхностном горизонте зал. Восток в основном отмечалось снижение значений БПК₅ от лета к осени. Сезонные колебания величины биохимического потребления кислорода зависят от ряда параметров: температуры среды, исходной концентрации растворенного кислорода, концентрации и состава органического вещества в воде. При росте температуры на 10 °С потребление кислорода увеличивается в 2–3 раза [19]. БПК₅ может вырасти при увеличении количества гетеротрофных бактерий [19], например, в периоды после цветения микроводорослей, при их отмирании и разрушении, или в связи с поступлением аллохтонного органического вещества. В 2017 г. наибольшие значения БПК₅ (как и НУ, рис. 4) в исследуемой части зал. Восток были отмечены во время весеннего отбора проб при температуре морской воды 11 °С. В 2018 г. максимум наблюдался в июле, также при не самой высокой температуре (см. таблицу). Это повышение трудно связать с летним цветением фитопланктона в зал. Восток, так как оно приурочено к периоду наиболее высоких температур воды [13].

Загрязнение вод зал. Восток нефтяными углеводородами наблюдалось в теплый период 2016 и 2017 гг. и отсутствовало в 2018 г. (рис. 4). Максимальные концентрации НУ (7 и 5 ПДК) зарегистрированы на ст. 2 в мае и июле 2017 г. – в начале периода навигации маломерных судов и в разгар рекреационного сезона. Аналогичный уровень загрязнения НУ – 2–8 ПДК – в зал. Восток наблюдался в 2008 и 2009 гг. (в районе мыса Подосенова – до 14 ПДК) [8]. Авторы в качестве одной из возможных причин загрязнения указали перенос

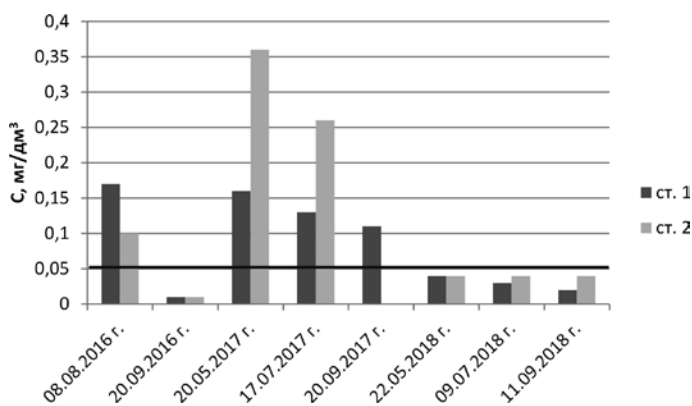


Рис. 4. Содержание нефтяных углеводородов в зал. Восток в 2016–2018 гг.

судами загрязняющих веществ из соседнего зал. Находка [8], где, например, в 2016 г. загрязнение углеводородами доходило до 21 ПДК при среднем значении 1,6 ПДК, отмечаемом на 70,8 % станций [9]. Усиление пресса маломерного флота на акваторию зал. Восток в разгар туристического сезона также имеет место: к осени, после уменьшения спроса на услуги прогулочных яхт и катеров, содержание НУ в заливе уменьшалось до нормативного, в отличие от зал. Находка [2]. Исключение составляет осень 2017 г., когда содержание НУ на станции у мыса Елизарова снизилось с 2,5–3 ПДК весной до 2 ПДК летом, а на станции 2 – с 7 до 0 ПДК (рис. 4). В районе этой станции в настоящее время располагаются причал яхт-клуба и мастерские.

В 2018 г. содержание НУ на рассматриваемых станциях не превысило величины ПДК, что, возможно, вызвано снижением туристической активности в связи с холодным июлем и наименьшими за все три года наблюдений значениями температуры воды в летний период (см. таблицу). По показаниям Росгидромета концентрации НУ в водах заливов Находка, Амурский, Уссурийский имеют высокую межгодовую изменчивость, отчасти связанную с циклонической активностью на побережье зал. Петра Великого: в 2016 г. это августовский тайфун Лайонрок, вызвавший затопление и вынос с затопленных территорий большого количества загрязняющих веществ [9].

Концентрации фенолов в зал. Восток в 2016 г. достигали величины 1 ПДК во время летнего отбора у мыса Елизарова (рис. 5) и 1,3 ПДК осенью на станции в бухте Прозрачной. Данные концентрации существенно ниже известных из литературы для зал. Восток

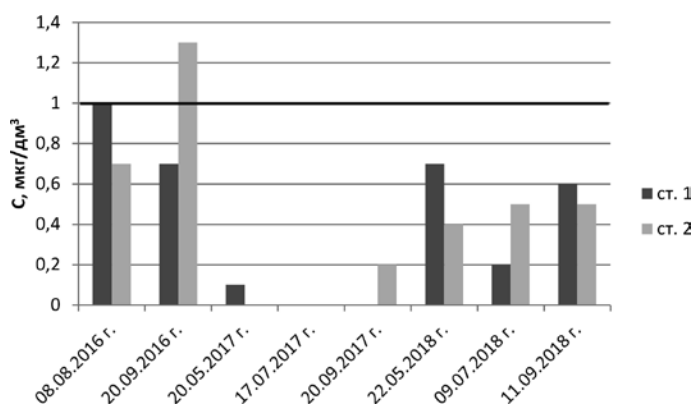


Рис. 5. Содержание фенолов в зал. Восток в 2016–2018 гг.

в 2008–2009 гг. (3–17 ПДК, у мыса Елизарова – 3–12 ПДК) [8]. Среднее содержание фенолов в зал. Находка в 2016 г. было в пределах 0,7 ПДК, максимум – 1,6 ПДК [9]. Возможно, более высокие концентрации фенолов в зал. Восток связаны с повышением к моменту отбора – началу августа 2016 г. – количества выпавших осадков (240 мм [25]), а также температуры воды и скорости разложения растительной органики и нефтепродуктов, в то время как в зал. Находка отбор проб был проведен несколько раньше (21 июля) при меньшем месячном количестве осадков до начала отбора (145 мм [25]), более низкой температуре воды. В 2018 г., среднему по водности (рис. 2), концентрации фенолов были ниже значений, полученных в 2016 г. В год с самой низкой водностью (2017 г.) фенолы по техническим причинам определялись другим методом [16], отличным от методики, используемой в 2016 и 2018 гг. [14]. Полученные значения в этот период были близки к нулю.

И в летний, и в осенний отборы 2016 г. было отмечено превышение ПДК АСПАВ в водах обеих станций, тогда как в 2017–2018 гг. концентрации детергентов были ниже этого показателя (рис. 6), возможно, из-за меньшего количества осадков и более низкого уровня терригенного стока (рис. 2). Максимальное значение (1,6 ПДК) зарегистрировали в районе мыса Елизарова осенью 2016 г. В зал. Находка в 2016 г. также наблюдалось

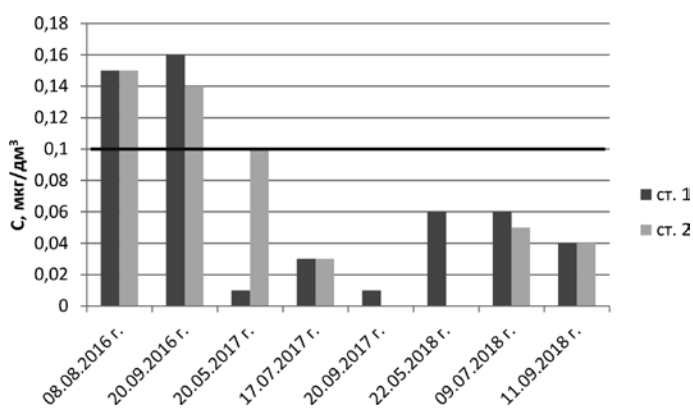


Рис. 6. Содержание АСПАВ в зал. Восток в 2016–2018 гг.

повышенное содержание детергентов – 1,9 ПДК [9], это в 4 раза выше, чем годом ранее, и тоже, вероятно, связано с повышенным стоком с суши. В 2008–2009 гг. содержание АСПАВ в зал. Восток и у мыса Елизарова в частности составляло не более 10 мкг/ дм³ [8], что существенно ниже ПДК и свидетельствует о повышении уровня антропогенной нагрузки, в частности, вызванном усилением рекреационного пресса в 2016–2018 гг. Таким образом, содержание АСПАВ в зал. Восток изменяется в пределах от ниже предела обнаружения и 1 ПДК до 1,6 ПДК.

Заключение

В целом гидрохимический анализ свидетельствует о загрязнении вод зал. Восток в 2016–2018 гг. веществами органической природы на уровне до 7 ПДК по НУ, 1,3 ПДК по фенолам, 1,6 ПДК по АСПАВ. Эти данные сопоставимы с таковыми в соседнем зал. Находка, испытывающем антропогенную нагрузку от портовой, судоремонтной деятельности, хозяйственно-бытовых стоков г. Находка. Зал. Восток меньше зал. Находка по объему, годовому стоку рек. Соответственно, ниже и его экологическая емкость – способность самовосстанавливаться после антропогенного воздействия. Самые важные ресурсы залива – рекреационный и воспроизводство ценных видов морских гидробионтов – могут быть потеряны даже без строительства ВНХК, только в связи с тем, что в портах Приморского края отсутствуют береговые нефтеочистные сооружения и суда производят сброс льяльных и балластных вод в открытой части моря. Между тем во внутренних морях, испытывающих более значительный и более длительный антропогенный пресс – Черном, Балтийском и даже Каспийском, где осуществляется нефтедобыча, концентрации НУ не превышают ПДК [9], что свидетельствует о том, что нормативно-правовая база РФ и имеющиеся технологии очистки сточных вод от нефтепродуктов достаточны для того, чтобы сдерживать нефтяное загрязнение на допустимом уровне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алевкин О.А. Химия океана. Л.: Гидрометеиздат, 1966. 248 с.
2. Барышева В.С. Гидрохимические и микробиологические параметры залива Восток в 2016 году // Дальневосточные моря и их бассейны: биоразнообразие, ресурсы, экологические проблемы: сб. материалов II Всерос. конф. с междунар. участием, приуроченной к году экологии в России, Владивосток, 3–4 октября 2017 г. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2017. С. 59–60.
3. Гальшева Ю.А., Яковлева А.Н. Оценка количественных показателей некоторых промысловых беспозвоночных в основных местах локализации в заливах Восток и Находка (Японское море) // Изв. ТИНРО. 2007. Т. 149. С. 191–204.

4. Галышева Ю.А. Сообщества макробентоса сублиторали залива Восток Японского моря в условиях антропогенного воздействия // Биология моря. 2004. Т. 30, № 6. С. 423–431.
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. Горячева В.Н., Ратуев Е.А., Елисеева Е.А., Хаустов В.В., Карношкин А.И. Обеспечение экологической безопасности при использовании фенолов в различных отраслях промышленности // Изв. Юго-Зап. гос. ун-та. Серия: Техника и технологии. 2018. Т. 8, № 2. С. 129–137.
7. Долматова Л.А. Исследование содержания нефтепродуктов и фенолов в воде Телецкого озера и связанных с ним рек // Мир науки, культуры, образования. 2009. № 1. С. 22–26.
8. Журавель Е.В., Христофорова Н.К., Дроздовская О.А., Токарчук Т.Н. Оценка состояния вод залива Восток (залив Петра Великого, Японского моря) по гидрохимическим и микробиологическим показателям // Изв. Самарского науч. центра РАН. 2012. Т. 14, № 1-9. С. 2325–2329.
9. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2016 / под ред. А.Н. Корщенко. М.: Наука, 2017. 285 с.
10. Кожевникова З.Д. Река Литовка. – https://primopogoda.ru/articles/reki_primorya/reka_litovka (дата обращения: 03.02.2019 г.).
11. Локтионова Е.Г., Болонина Г.В., Яковлева Л.В. Мониторинг загрязнения фенолами, нефтепродуктами и синтетическими поверхностно-активными веществами внутренних водоемов г. Астрахани // Вестн. ОГУ. 2012. № 6 (142). С. 112–116.
12. Микуленко М.Н. Сяудеми – река Волчанка. – https://primopogoda.ru/articles/reki_primorya/syaudemi (дата обращения: 03.02.2019 г.).
13. Морозова Т.В., Орлова Т.Ю. Мониторинг фитопланктона в районе хозяйства марикультуры в заливе Восток Японского моря // Биология моря. 2005. Т. 31, № 1. С. 11–16.
14. ПНД Ф 14.1:2.4.182-02. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций фенолов в пробах питьевых, природных и сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». М, 2010. 29 с.
15. Приказ министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 29.01.2019 г.).
16. РД 52.24.480-2006. Массовая концентрация летучих фенолов в водах. Методика выполнения измерений ускоренным экстракционно-фотометрическим методом без отгонки. Ростов н/Д, 2006. – <https://meganorm.ru/Index2/1/4293835/4293835562.htm> (дата обращения: 29.01.2019 г.).
17. РД 52.24.420-2006. Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика выполнения измерений скляночным методом. Ростов н/Д, 2006. – <http://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293837/4293837315.htm> (дата обращения: 05.02.2019 г.).
18. РД 52.10.807-2013. Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в морских водах. Методика измерений экстракционно-фотометрическим методом с метиленовым голубым. Ростов н/Д, 2014. – <http://docs.cntd.ru/document/1200113211> (дата обращения: 05.02.2019 г.).
19. Свищев С.В. Закономерности сезонных изменений биохимического потребления кислорода в водах Севастопольской бухты // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы VII междунар. конф., Керчь, 20–23 июня 2012 г. Керчь: ЮгНИРО, 2012. Т. 1. С. 210–213.
20. ФР.1.31.2011.11315. Количественный химический анализ вод. Методика измерения массовой концентрации жиров и нефтепродуктов в воде на анализаторе АН-2. АИП 2.840.056.3. СПб., 2011. 16 с.
21. Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Кобзарь А.Д., Чернова Е.Н. Химико-экологический контроль качества вод Уссурийского залива: лето–осень 2008 // Уссурийский залив: современное экологическое состояние, ресурсы и перспективы природопользования: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Владивосток, 29 ноября 2008 г. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 2009. С. 13–18.
22. Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестн. ОГУ. 2009. № 6. С. 642–645.
23. El-Gawad H.S.A. Aquatic environmental monitoring and removal efficiency of detergents // Water Sci. 2014. Vol. 28. P. 51–64.
24. Kogawa A.C., Cernic B.G., do Couto L.G.D., Salgado H.R.N. Synthetic detergents: 100 years of history // Saudi Pharm. J. 2017. Vol. 25. P. 934–938.
25. rp5. Расписание погоды. – https://rp5.ru/Погода_в_Приморье (дата обращения: 03.02.2019 г.).