

УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ПРОМЫСЛОВЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 574.52(265.54)

**Н.К. Христофорова^{1,2}, Ю.Е. Дёгтева¹, К.С. Бердасова¹,
А.А. Емельянов³, А.Ю. Лазарюк^{4*}**¹ Дальневосточный федеральный университет,
690091, г. Владивосток, ул. Октябрьская, 27;² Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7;³ Институт биологии моря им. А.В. Жирмунского ДВО РАН,
690041, г. Владивосток, ул. Пальчевского, 17;⁴ Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева,
690041, г. Владивосток, ул. Балтийская, 43**ХИМИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВОД БУХТЫ НОВИК
(ОСТРОВ РУССКИЙ, ЗАЛ. ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

На основе гидрохимических обследований бухты Новик в течение 4 сезонов — лета, осени, зимы и весны 2014–2015 гг. — получено представление о химико-экологическом состоянии акватории бухты. Выявлено, что в теплое время года в бухте устанавливается напряженный кислородный режим, в ряде случаев с содержанием растворенного кислорода между 5 и 6 мг/л, что меньше летней нормы для водоемов рыбохозяйственного назначения. Осенью ситуация резко улучшается, содержание кислорода достигает 12,0 мг/л, это обусловлено не только усилением гидродинамики и понижением температуры, но и, по-видимому, цветением фитопланктона, что подтверждают высокие значения БПК₅ (4,44–5,58 мг О₂/л). Зимой подо льдом устанавливаются приемлемые для гидробионтов условия: содержание кислорода как у поверхности, так и у дна превышает 4 мг/л — ПДК для зимнего времени.

Ключевые слова: бухта Новик, о. Русский, Амурский залив, гидрохимическое обследование, сезонные изменения.

Khristoforova N.K., Degteva Yu.E., Berdasova K.S., Emelyanov A.A., Lazaryuk A.Yu. Chemical and ecological state of the waters in the Novik Bay (Russky Island, Peter the Great Bay, Japan Sea) // *Izv. TINRO*. — 2016. — Vol. 186. — P. 135–144.

Chemical and ecological state of the Novik Bay waters is described on the data of surveys conducted in summer, autumn, winter, and spring of 2014–2015. Lowered content of dissolved oxygen is noted for summer, with occasional decreasing to 5–6 mg/L that is below the standard summer value for fishery ponds. However, the oxygen content restores quickly in autumn, up to 12 mg/L, that is conditioned by hydrodynamic activity, water temperature

* Христофорова Надежда Константиновна, доктор биологических наук, профессор, e-mail: marineecology@rambler.ru; Дёгтева Юлия Евгеньевна, магистрант, e-mail: yulikd_2010@mail.ru; Бердасова Ксения Сергеевна, магистрант, e-mail: k.berdasova@mail.ru; Емельянов Александр Анатольевич, аспирант, e-mail: 990507@mail.ru; Лазарюк Александр Юрьевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: lazaryuk@poi.dvo.ru.

Khristoforova Nadezhda K., D.Sc., professor, e-mail: marineecology@rambler.ru; Degteva Yulia E., student, e-mail: yulikd_2010@mail.ru; Berdasova Ksenia S., student, e-mail: k.berdasova@mail.ru; Lazaryuk Alexander Yu., Ph.D., senior researcher, e-mail: lazaryuk@poi.dvo.ru.

decreasing, and phytoplankton blooming. The latter process is confirmed by high values of BOD_5 (4.44–5.58 mgO₂/L) in autumn. Winter conditions under the sea ice are satisfactory for marine organisms: dissolved oxygen content is > 4 mg/L in the whole water column that is close to the standard winter value for fishery ponds.

Key words: Novik Bay, Russky Island, Amur Bay, hydrochemical inspection, seasonal change.

Введение

Остров Русский и расположенные за ним о-ва Попова, Рейнеке, Рикорда, а также более мелкие островки фактически являются продолжением п-ова Муравьев-Амурский, на котором расположен г. Владивосток.

На северо-западной стороне острова между мысами Елагина и Старицкого в о. Русский глубоко вдается длинная и узкая бухта Новик, практически разделяющая остров на две части. К юго-востоку от мыса Елагина через низкий перешеек, ранее объединявший п-ов Саперный с его северо-западной частью, прорыт искусственный канал, соединяющий бухты Новик и Безымянную. Образовавшийся остров называется в настоящее время о. Елены.

Бухта Новик всегда была удобной гаванью для укрытия судов от непогоды и взора неприятеля. Она названа в честь одного из кораблей, участвовавших в экспедиции генерал-губернатора Восточной Сибири Н.Н. Муравьева-Амурского, прибывшего из Николаевска-на-Амуре в июне 1859 г. для осмотра южных гаваней зал. Петра Великого (получившего свое имя во время этого исторического плавания). Генерал-губернатор высоко оценил стратегическое значение острова, названного им Русским, прикрывавшего вход в другую глубоко вдающуюся в берег полуострова и закрытую бухту Золотой Рог (Масленников, 1965; Христофорова, 2012; Стратиевский, 2013).

Одной из первых работ, где говорится о гидрологических условиях бухты и её бентосе, стала статья А.И. Разина (1934), руководителя Южно-Приморской гидробиологической экспедиции (1931–1932 гг.), изучавшей по заданию Тихоокеанского института рыбного хозяйства (ТИРХ) запасы промысловых моллюсков. Экспедиция работала в Японском море от корейской границы до зал. Владимира, в том числе и в бухте Новик, положив начало исследованиям ресурсов важных промысловых беспозвоночных.

Изучив пространственное и вертикальное распределение различных видов, а также условия их обитания, А.И. Разин, составляя типовые характеристики бухт и отдельных участков побережья в связи с распространением промысловых моллюсков, предложил выделить следующие основные их типы: полуопресненные, среди которых наиболее распространенным является подтип заиленно-защищенные, и морские, разбивающиеся на три подтипа — заиляемо-защищенные, прибойно-намывные и прибойно-размывные.

Полуопресненные заиленно-защищенные бухты и участки отличаются замкнутостью от моря, мелководностью, преобладанием илисто-глинистых грунтов, наибольшей прогреваемостью, неравномерным содержанием кислорода, пониженной соленостью, сильным периодическим опреснением. Они характеризуются наличием возвышающихся устричных банок, относительно большим количеством устричной молодежи, более быстрыми темпами роста устриц. Морские заиляемо-защищенные бухты и участки характеризуются слегка пониженной соленостью, опреснением поверхностного слоя во время летних паводков, несколько меньшей прогреваемостью, большим разнообразием грунтов и меньшим заилением. Типичными представителями моллюсков в них являются устрицы, мидии и гребешки, но устричного молодняка меньше (Разин, 1934).

Бухта Новик, по А.И. Разину, относится к двум типам: кут — к полуопресненному заиленно-защищенному, центральная часть и выход из бухты — к морскому заиляемо-защищенному. Она перспективна для промысла и разведения донных беспозвоночных.

В научном архиве ТИПРО-центра (в те годы ТИРХ) хранится рукописный отчет старшего лаборанта Н.Н. Кондакова (ставшего со временем известным анималистом),

участника экспедиции, за 1931 год, проводившего сборы гребешка и попутно с ним некоторых массовых представителей бентоса со шхуны «Сосунов» (Кондаков, 1932). 15-я страница этого отчета посвящена бухте Новик о. Русского. В таблице, занимающей всю страницу, сообщается о 23 драгировках, проведенных в течение дня на участке от входа в бухту до 1000 м от него. Среди образцов, принесенных драгой, в 10 имелись гребешки (от 1 до 5 экз.). В составе прилова названы водоросли *Codium*, *Sargassum*, *Rhodomenia*, *Gigartina*, *Laminaria*, морская трава *Zostera*, среди животных — *Ophiura sarsi* (во многих драгах), *Prototaca*, *Tellina*, *Echinocardium*, *Mya*, *Macrocallista*, трепанг (один раз).

С 1935 г. до начала 1990-х гг. бухта была военной базой Тихоокеанского флота, где даже пребывание, не говоря уже об исследованиях, было запрещено. После 60-летнего перерыва бухта Новик вновь была обследована коллективом сотрудников ТИНРО-центра и ДВГУ в связи с возможным рыбохозяйственным освоением (Брегман и др., 1998). Чтобы получить представление об экологическом состоянии бухты, в течение 1992–1994 гг. на 7 ключевых полигонах экспедиция провела комплексные съемки, включавшие изучение донных ландшафтов, гидрохимический режим, содержание тяжелых металлов, радиоактивных элементов и бактерий в среде и тканях приморского гребешка *Mizuhopecten yessoensis*. Изучалась также размерно-возрастная структура скоплений гребешка и мидии Грея *Crenomytilus grayanus*. В результате были выделены и нанесены на карту донные природные комплексы, различающиеся рельефом, составом донных осадков, гидродинамическим режимом и структурой биоценозов. На основе выполненной работы исследователи заключили, что, несмотря на близость к крупному городу и многолетнее базирование военно-морского флота, в большей части бухты сохранился естественный характер донных ландшафтов, благоприятные гидрологический и гидрохимический режимы, достаточно чистые по токсикологическим и санитарным показателям среда и гидробионты. Нормальная эколого-токсикологическая ситуация в бухте позволяла, по мнению исследователей, использовать её для рекреации и марикультуры.

В августе 2007 г. сотрудниками ТОИ ДВО РАН было проведено широкое гидрохимическое обследование Амурского залива (Тищенко и др., 2008), в результате которого была выявлена гипоксия придонных вод (минимальная концентрация растворенного кислорода ниже 5 мкМ). В следующем году были проведены сезонные гидрохимические наблюдения в акватории залива, которые охватывали также бухту Золотой Рог, прол. Босфор Восточный и бухту Новик (Тищенко и др., 2011; Звалинский и др., 2012). И хотя исследователи, рассматривая причины возникновения и разрушения сезонной гипоксии, сосредоточили свое внимание на основной части акватории залива, на прекрасно выполненных цветных картах с изолиниями концентраций биогенных элементов и кислорода можно видеть распределение этих показателей и в интересующей нас бухте, и в прилегающих к ней водах залива. Так, в глубоководной части северной половины залива вплоть до Муравьевского порога и о. Елены летом в придонном слое была распространена зона гипоксии с содержанием кислорода около 40 мкМ, т.е. 1,3 мг/л, хотя в бухте Новик оно находилось в пределах 3,8–4,0 мг/л. Весной и осенью в придонных слоях бухты концентрация O_2 достигала 7,7–8,9 мг/л (зимой ни бухта, ни южная часть залива не обследовались).

В самые последние годы перед саммитом Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС–2012), который состоялся во Владивостоке на о. Русском, в столице Приморья началось активное строительство дорог и мостов, а на острове вырос многоэтажный городок, переданный после этого форума Дальневосточному федеральному университету (ДФУ). Сточные воды студенческого городка перекачиваются на канализационные очистные сооружения в пос. Лесное, откуда сбрасываются на рельеф и постепенно стекают в вершину бухты Новик.

Отходы жизнедеятельности университетского кампуса (площадь 152 га, 26 корпусов, не считая технических помещений) составляют 10 тыс. м³ ежедневно, или 4 млн м³ в год. Эти объемы пресной воды могут существенно изменить экологическую ситуацию

в узком, мелководном Новике, особенно в его вершинной части, что вызывает опасения специалистов гидрогеологов и гидробиологов. Как утверждает профессор В.А. Раков, может быть нанесен непоправимый ущерб бухте, биоресурсы одного гектара которой стоят порядка 8 млн руб.*

Таким образом, спустя всего несколько лет вновь возникла необходимость в оценке состояния вод бухты Новик, а также в регулярном контроле состояния среды и биоты, позволяющем уловить формирующиеся тенденции в экосистеме бухты в целом. Чтобы сориентироваться в сложившейся ситуации, необходимо было привлечь оперативные, проверенные, достаточно простые и хорошо зарекомендовавшие себя на практике методы. Таковыми являются некоторые гидрохимические методы, позволяющие четко характеризовать экологическую ситуацию в любом водном объекте (Заярная и др., 1979; Попова и др., 2000; Христофорова и др., 2002, 2015; Белая, Христофорова, 2011; и др.). Наиболее информативны для экологической интерпретации обстановки кислородные и фосфорные показатели.

Цель работы — оценить современную химико-экологическую ситуацию в бухте Новик с помощью гидрохимических показателей.

Материалы и методы

Бухта Новик — самая крупная из островных бухт зал. Петра Великого. Длинная и узкая, она протягивается через о. Русский с севера-запада на юго-восток на 13 км. Береговая линия осложнена множеством бухточек, мысы которых сложены коренными породами, на значительном протяжении к ней подходят склоны невысоких гор. Берега бухты, за исключением её вершины, высокие, обрывистые, покрыты кустарником; берег вершины бухты низкий и окаймлен осушкой. На склонах прибрежных гор растет лес**. Акватория бухты Новик покрывается льдом одной из первых вблизи Владивостока. Лед держится иногда до середины апреля.

В бухте четко выделяется две части: более широкая (1–2 км) входная северо-западная часть, продолжающаяся примерно на 5 км, и более узкая (ширина 0,5–0,6 км) юго-восточная часть, постепенно мелеющая, протягивающаяся до самой вершины. На линии входных мысов глубины достигают 18–20 м, 10-метровая изобата вдаётся вглубь бухты на 8 км. Таким образом, вся северо-западная часть бухты является довольно глубоководной.

Бухта Новик закрыта от волнения открытого моря, в нее попадают лишь волны, заходящие с северо-запада из Амурского залива. Местное ветровое волнение охватывает только верхний слой воды. Дно бухты на его большей части сложено мелкозернистыми осадками, в основном пелитовыми илами. Мелководная вершина бухты, а также береговая полоса вдоль уреза воды, как это отмечалось и в начале 1990-х гг. (Брегман и др., 1998), занята зарослями морской травы *Zostera marina*. Несколько глубже в вершине бухты zostеру сменяет ламинария цикориеподобная *Laminaria cichorioides*.

Контроль за химико-экологическим состоянием бухты включает определение кислородных (содержание растворенного кислорода, биохимическое потребление кислорода — БПК₅ и перманганатная окисляемость — ПО) и фосфорных (P_{орг} — фосфор органический и P_{мин} — фосфор минеральный) показателей, несложных и оперативных в исполнении, позволяющих получить ясное представление о ситуации в водной среде.

Кислород — один из важнейших растворенных газов. По его количеству судят о возможности жизни аэробных организмов в водоеме — в толще воды, у дна, в верхних слоях грунта (Подорванова и др., 1989; Пропп, 1999). От уровня содержания кислорода зависит интенсивность протекания процессов самоочищения в водоемах. Дефицит кислорода негативно отражается на качестве среды (Тищенко и др., 2011; Звалинский и др., 2012; Христофорова и др., 2015; и др.). По концентрации кислорода в воде судят о биологическом равновесии и экологическом состоянии акватории, по-

* Сердюк А. Приговор Новике // Аргументы и Факты. 2012. 13 июля, № 24.

** Лоция северо-западного берега Японского моря. СПб.: ГУНИО, 1996. 354 с.

этому наблюдение за его содержанием — обязательная часть программ мониторинга состояния природных вод.

Не менее важный экологический показатель — БПК₅. Он свидетельствует об интенсивности дыхания и роста микроорганизмов, потребляющих легко окисляемые органические вещества, которыми являются, как правило, продукты метаболизма, т.е. прижизненные выделения водных организмов, а также бытовые стоки. В водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей, значение БПК₅ не должно превышать 3 мг О₂/л*.

Содержание в воде трудно окисляемых сильными окислителями веществ отражает перманганатная окисляемость. Чаще всего к таким веществам относят продукты распада отмерших организмов, а также поступающие с поверхностным смывом и со стоками масла, мазут и другие вещества. Предельно допустимая величина перманганатной окисляемости для морских акваторий рыбохозяйственного назначения составляет 5 мг/дм³ (Контроль ..., 1998).

Фосфор в природных водах находится в растворенной и взвешенной формах. Его растворенные формы присутствуют в воде в виде органических и минеральных соединений. Минеральные формы фосфора поступают с поверхностным смывом, речным и хозяйственно-бытовым стоком, а также образуются при микробиологической переработке останков животных и отмерших растений. Поступление органических соединений фосфора обусловлено в основном процессами деструкции, т.е. посмертным распадом организмов, а также поверхностным смывом (Евсеев, Христофорова, 2004). О содержании органического вещества в воде говорят три показателя — БПК₅, ПО и Р_{орг}, но если БПК₅ свидетельствует о метаболической, или легко окисляемой, органике, то ПО и Р_{орг} — о трудно окисляемой.

При определении выбранных показателей применялись общепринятые гидрохимические методы — Винклера, Скопинцева, Морфи-Райли (Шишкина, 1974; Руководство ..., 2003**); Качество морских вод ..., 2014).

Отбор проб воды производился 25 июля и 26 октября 2014 г. (с борта моторной лодки), зимой с 27 января по 18 марта 2015 г. (со льда в пробуренной лунке, 4 опробования) и 25 мая 2015 г. (с борта яхты) из поверхностного и придонного слоев воды. После отбора и фиксации кислорода пробы доставлялись в лабораторию и сразу же анализировались. Район работ и станции отбора показаны на рисунке. Станции отбора проб расположены по центральному разрезу вдоль всей бухты Новик от ее входа до кутовой части.

Результаты и их обсуждение

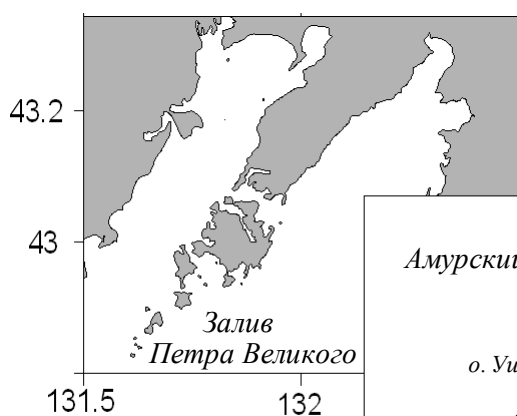
Данные натурных измерений приведены в таблице.

Количество кислорода в поверхностных водах может изменяться от 0 до 14 мг/л. Предельно допустимая величина концентрации растворенного О₂ для благополучного состояния гидробионтов — 4 мг/л зимой и 6 мг/л летом. С повышением температуры и солености растворимость кислорода в воде понижается*.

Значения, представленные в таблице, свидетельствуют о довольно напряженном кислородном режиме в конце лета. Так, в поверхностных водах в этот период на 4 станциях (1п, 3п, 4п и 8п) содержание О₂ едва превышало величину ПДК. На двух станциях — 5п и 6п — концентрация О₂ приближалась к 7 мг/л. И только на 4 станциях (2п, 7п, 9п и 10п) его значения превышали 8 мг/л. Содержание О₂ в летний период в придонных водах невелико, при этом довольно сильный дефицит растворенного

* Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. М.: ВНИРО, 1999. 304 с.

** 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.



Расположение станций отбора проб в бухте Новик: 1 — мыс Конечный; 2 — мыс Узкий; 3 — напротив гребной станции; 4 — мыс Безопасный; 5 — пос. Минка; 6 — пос. Шигино; 7 — мыс Ермолаева; 8 — середина разреза мыс Ислямова — канал; 9 — напротив мыса Польза; 10 — между о-вами Уши и Елены

Samplings location in the Novik Bay: 1 — Cape Konechny; 2 — Cape Uzky; 3 — Rowing station; 4 — Cape Bezopasny; 5 — Minka Village; 6 — Shigino Village; 7 — Cape Ermolaev; 8 — station between Cape Islyamov and the Channel; 9 — Cape Polza; 10 — station between Ushi and Elena Islands

кислорода отмечен на трех станциях (3д, 4д и 10д), где концентрации O_2 составляли соответственно 3,32, 3,13 и 4,53 мг/л, что существенно ниже допустимого уровня.

В это же время наблюдаются и низкие значения БПК₅, которые достигают минимальной величины 0,01 мг/л на ст. 5п. Все это свидетельствует о том, что в конце июля при температуре 23,5–24,3 °С уже идут деструктивные процессы. И лишь в одном случае у дна — на ст. бд — при температуре 19 °С величина БПК₅ в этот период составляла 2,97 мг/л, что могло быть вызвано развитием донных форм диатомовых водорослей, о чем также свидетельствует высокое содержание O_2 (7,95 мг/л). Низкие в большинстве случаев показатели O_2 и БПК₅ могут быть обусловлены слабой гидродинамикой и высокими значениями температуры, характерными для летнего периода, и, соответственно, малой растворимостью кислорода в воде. Столь малые величины содержания O_2 и БПК₅, по-видимому, отражают низкую активность жизни и её заметное угасание. Высокие показатели ПО и $P_{орг}$ подтверждают это, свидетельствуя об интенсивности распада отмирающих гидробионтов и выделения в воду содержимого клеток — постмортальной трудно окисляемой органики. Так, значения ПО на станции 6п и 8п составляли в конце июля 5,26 и 6,41 мг/л (в это же время БПК₅ здесь было равно 1,19 и 0,48 мг/л, O_2 — 6,68 и 6,41 мг/л). Содержание $P_{орг}$ достигало очень больших величин — 2555,82 и 2098,17 мкг/л (в то время как $P_{мин}$ — соответственно 117,54 и 155,05 мкг/л). Все это свидетельствует о преобладании деструктивных процессов в бухте в конце июля.

Осенью ситуация существенно улучшилась. Показатели O_2 значительно возросли, что, очевидно, было обусловлено усилением гидродинамических процессов, характерным для осеннего периода, а также снижением температуры. На станциях бп и 8п концентрации кислорода достигли максимальных значений — соответственно 12,04 и 12,60 мг/л, показатели БПК₅ на этих станциях также сильно возросли и составили соответственно 4,67 и 5,58 мг/л, что, по-видимому, было обусловлено вспышкой развития фитопланктона, продуцированием им кислорода и одновременно активным выделением метаболитов.

Показатели ПО в это время не свидетельствовали о выделении в воду постморальной органики — они составляли 1,03 и 1,77 мг О/л. Аналогичная ситуация с высокими значениями БПК₅ и низкими ПО была зафиксирована в конце июля 2010 г. в прибрежной зоне Сихотэ-Алинского заповедника (Белая, Христофорова, 2011), она была объяснена деструкцией макрофитов (ламинарии), поступлением при их разложении в воду питательных веществ и вспышкой фитопланктона, использовавшего эти вещества.

К осени величины концентраций $P_{орг}$ снизились до нескольких сотен микрограммов на литр (Дёгтева, 2015), свидетельствуя о завершающихся процессах деструкции.

Зимой активность живых организмов в бухте замедляется. Об этом свидетельствуют низкие, но не опускающиеся ниже ПДК для зимнего времени показатели O_2 (5,36–6,33 мг/л), а также невысокие величины БПК₅ и ПО. Концен-

Сезонные изменения химико-экологических характеристик в бухте Новик
Seasonal changes of chemical and ecological parameters in the Novik Bay

Станция	Глубина, м	O_2 , мг/л				БПК ₅ , мг/л				ПО, мг/л				Р _{орг} , мкг/л				
		Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	Лето	Осень	Зима	Весна	
1п	1,7	6,05	8,82	—	5,75	1,11	1,70	—	2,50	4,06	0,89	—	4,40	170,1	108,5	—	149,67	
2п		8,13	11,96	5,36	6,37	1,90	4,44	0,36	3,47	3,70	1,77	2,41	2,13	102,5	101,9	23,9	26,03	
2д	7,7	7,27	—	6,0	—	—	—	—	—	—	—	1,81	—	—	—	41,9	—	
3п		6,16	—	6,07	8,90	—	—	1,11	6,03	2,86	2,07	2,37	4,41	62,5	106,3	22,2	23,86	
3д	9,5	3,32	—	5,89	—	—	—	0,12	—	2,41	—	2,15	—	12,5	—	23,3	—	
4п		6,47	10,74	—	5,95	0,65	3,31	—	—	2,26	2,37	—	2,43	82,5	99,8	—	17,35	
4д	11,3	3,13	—	—	—	—	—	—	—	0,75	—	—	—	232,6	—	—	4634,0	
5п		6,75	9,12	6,07	8,58	0,01	1,69	1,01	5,05	3,46	0,89	3,93	2,13	112,5	91,1	15,2	34,71	
5д	12,1	—	—	6,09	—	—	—	0,84	—	—	—	2,56	—	—	—	15,2	—	
6п		6,68	12,04	—	6,68	1,19	4,67	—	4,39	5,26	1,03	—	2,13	117,5	110,6	—	32,54	
6д	13,4	7,95	—	—	—	2,97	—	—	—	2,86	—	—	—	222,6	—	—	3053,5	
7п		8,40	9,14	—	5,16	1,66	1,84	—	1,58	5,11	1,18	—	4,56	122,5	80,3	—	49,89	
8п		6,41	12,60	—	6,51	0,48	5,58	—	4,18	6,41	1,77	—	4,26	155,1	759,2	—	43,38	
8д	13,4	6,27	—	—	—	0,43	—	—	—	1,81	—	—	—	115,0	—	—	3553,6	
9п		8,51	9,52	—	5,01	2,05	1,84	—	1,98	4,06	1,50	—	4,71	105,0	91,1	—	49,88	
10п		8,11	10,06	6,33	5,34	1,33	2,87	1,68	2,0	4,96	1,62	2,38	2,58	147,6	84,6	21,7	47,72	
10д	18,3	4,53	—	5,36	—	—	—	0,29	—	2,56	—	1,86	—	175,1	—	30,9	—	
																		2600,8
																		205,5
																		199,7
																		402,9
																		—
																		18,40
																		—
																		213,1
																		743,8
																		—
																		148,1
																		—
																		93,4
																		—
																		—
																		350,9
																		—
																		176,5
																		—
																		—
																		373,9
																		—
																		199,8
																		—
																		251,2

трации $P_{\text{орг}}$ достигают первых сотен микрограммов на литр, свидетельствуя о еще продолжающемся завершении процессов деструкции.

Весной при температуре поверхностных вод от 15,6 °С (в кутовой части) до 13,6 °С (на выходе из бухты) на 4 из обследованных станций (1п, 7п, 9п, 10п) содержание кислорода было ниже 6 мг/л. Особенно удивляли показатели O_2 на двух станциях, расположенных на входе в бухту, — 9- и 10-й, где концентрации кислорода были особенно низкими — 5,01 и 5,34 мг/л. Можно допустить, что столь низкие для морских поверхностных вод концентрации O_2 при довольно слабом развитии жизни (значения БПК₅ — соответственно 1,98 и 2,0 мг/л) обусловлены поступлением загрязненных вод из прол. Босфор Восточный. Возможно также, что здесь наблюдается подток придонных вод из Амурского залива, который был зафиксирован А.Ю. Лазарюком (устное сообщение). Скорее всего, причина комплексная, включающая и подток, и принос загрязненных вод, и поверхностный смыв от подверженных антропогенной нагрузке территорий — поселков Канал и Подножье. Несмотря на то что причины пониженных концентраций кислорода в бухте не совсем ясны, несомненно, что кислородный режим весной является не менее напряженным, чем летом.

В то же время, как отмечал Ю.Э. Брегман с соавторами (1998), для бухты в целом в августе-сентябре 1992 г. концентрация O_2 составляла 5,6–6,2 мл/л, или 8,00–8,86 мг/л. Сравнение с полученными нами для лета цифрами показывает, что содержание растворенного кислорода в июле 2014 г. было ниже, чем в начале 1990-х гг., хотя в октябре оно было намного выше приводимых авторами значений.

Сравнение кислородных показателей для весеннего сезона в бухте Новик с содержанием O_2 в бухтах Аякс и Парис и прол. Босфор Восточный с более открытыми и динамичными водами показывает, что в этих акваториях концентрации растворенного кислорода не опускались ниже 6 мг/л. Летом как в бухтах, находящихся на восточной стороне о. Русского, так и в самом проливе ситуация была близкой к таковой в бухте Новик (Христофорова и др., 2015). Если кислородный режим в теплое время года в этих бухтах и проливе вызывал некоторое беспокойство, то здесь оно выражается в большей степени, хотя понятно, что бухта Новик более закрытая, особенно в кутовой части, и имеет слабую гидродинамику.

Весной лишь на двух станциях — 3п и 5п — наблюдались довольно высокие концентрации кислорода (8,90 и 8,58 мг/л). Коррелировали с ними и высокие показатели БПК₅ (6,03 и 5,05 мг/л), свидетельствуя об очень активной жизнедеятельности организмов в этих местах и поступлении метаболитов в окружающую среду. Низкие значения $P_{\text{мин}}$ (23,86 и 34,71 мкг/л) показывают, что фосфаты расходуются на создание органического вещества, а невысокие показатели $P_{\text{орг}}$ (51,85 и 137,74 мкг/л) подтверждают, что деструктивных процессов еще нет. В то же время на этих станциях также наблюдались довольно высокие показатели ПО (4,41 и 2,13 мг О/л). Совокупный анализ всех показателей позволяет полагать, что наряду с активным выделением метаболитов в окружающую среду происходит поступление аллохтонных веществ, видимо с береговым смывом и стоком (тем более что отбор делался вскоре после дождей).

Если картина распределения и взаимодействия гидрохимических показателей на этих станциях может быть объяснена, то пониженные концентрации кислорода при высоких значениях БПК₅ (1,58–6,03 мг/л) позволяют полагать, что кислород расходуется на имеющиеся в бухте метаболиты животных. Наблюдающиеся на 5 из 10 станций величины ПО, превышающие 4 мг О/л, указывают на значительный расход окислителя на трудно окисляемые вещества. Столь высокие показатели ПО свидетельствуют о возросшем антропогенном воздействии на соответствующие районы акватории бухты Новик. По крайней мере станции 7п, 8п, 9п могут ощущать влияние поселков Канал и Подножье, а станция 3п — поселков Минка и Экипажный. На станции 1п высокое значение ПО обусловлено, по-видимому, обильным стоком ручьев и поверхностным смывом, в том числе веществ, поступающих от канализационной

станции очистки в пос. Лесное, а также зарослями zostеры, среди которой много неперегнанных стеблей. К примеру, зимой подо льдом здесь наблюдалось обилие оторвавшейся от грунта, но не переработанной морской травы.

Заключение

Приступая к определению гидрохимических показателей на продольном разрезе, мы предполагали, что увидим какое-либо направленное изменение в величинах концентраций от кутовой части бухты к выходу из нее. Наша рабочая гипотеза подтвердилась лишь частично. Характерного градиента показателей не наблюдалось. Контрастировали только крайние станции: осенью на выходе из бухты наблюдались более высокие значения концентрации растворенного кислорода, БПК₅ и ПО, что обусловлено влиянием вод Амурского залива. Летом заметен сильный прогрев вод в кутовой части (24,5 °С), вызывающий снижение содержания растворенного кислорода. Кроме этого, высокое значение ПО в вершине бухты (4,06 мг О/л) говорит о деструктивных процессах и вероятной трате окислителя на минерализацию веществ, поступающих с поверхностным смывом и от донных отложений. На остальных станциях четкой закономерности в изменении показателей не наблюдалось.

Таким образом, проведенное гидрохимическое опробование бухты Новик показало, что закрытая, с низкой гидродинамикой бухта имеет напряженный кислородный режим в весенне-летний период. Осенью ситуация резко улучшается, и зимой она остается приемлемой для подледного существования населения бухты.

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

Список литературы

- Белая С.А., Христофорова Н.К.** Экологическая характеристика прибрежных морских вод Сихотэ-Алинского биосферного заповедника // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 167. — С. 176–189.
- Брегман Ю.Э., Седова Л.Г., Мануйлов В.А. и др.** Комплексное исследование среды и донной биоты бухты Новик (о. Русский, Японское море) после многолетнего антропогенного пресса // Изв. ТИНРО. — 1998. — Т. 124. — С. 320–343.
- Дегтева Ю.Е.** Экологическая оценка вод бухты Новик по гидрохимическим показателям // Сборник матер. Молодеж. тематич. конф. «Решение экологических вопросов г. Владивостока — от теории к практике». — Владивосток, 2015. — С. 37–40.
- Евсеев А.В., Христофорова Н.К.** Фосфор как индикатор вод южного Приморья // Электронный журнал «Исследовано в России». — 2004. — № 161. — С. 1740–1747.
- Заярная С.М., Крайнюк И.Г., Рябушко В.И., Тарасова Т.С.** Определение кислорода, окисляемости и солености // Методы химического анализа в гидробиологических исследованиях. — Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1979. — С. 44–62.
- Звалинский В.И., Тищенко П.П., Михайлик Т.А., Тищенко П.Я.** Эвтрофикация Амурского залива // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря : моногр. / отв. ред. Н.К. Христофорова. — Владивосток : Издат. дом ДВФУ, 2012. — С. 76–113.
- Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 20013** / под ред. А.Н. Коршенко. — М. : Наука, 2014. — 200 с.
- Кондаков Н.Н.** О запасах гребешка в зал. Посъет и Амурском : отчет о НИР / ТИНРО. № 190. — Владивосток, 1932. — 48 с.
- Контроль химических и биологических параметров окружающей среды** : справочник / под ред. Л.К. Исаева. — СПб. : Эколого-аналитич. информ. центр «Союз», 1998. — 896 с.
- Масленников Б.Г.** Залив Петра Великого : моногр. — Владивосток : Дальневост. кн. изд-во, 1965. — 76 с.
- Подорванова Н.Ф., Ивашинникова Т.С., Петренко В.С., Хомичук Л.С.** Основные черты гидрохимии залива Петра Великого (Японское море) : моногр. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — 144 с.
- Попова Л.И., Чербаджи И.И., Некрасов Д.А.** Гидрохимические условия обитания популяции красной водоросли *Anfelta tobuchiensis* в заливе Измены (остров Кунашир) // Биол. моря. — 2000. — Т. 26, № 5. — С. 332–338.

Пропп М.В. Потребление кислорода в морских сублиторальных песках // Биол. моря. — 1999. — Т. 25, № 6. — С. 458–465.

Разин А.И. Морские промысловые моллюски южного Приморья : Изв. ТИРХ. — 1934. — Т. 8. — 108 с.

Стратиевский О.Б. Остров Русский (страницы истории) : моногр. — Владивосток : Дальнаука, 2013. — 487 с.

Тищенко П.Я., Лобанов В.Б., Звалинский В.И. и др. Сезонная гипоксия Амурского залива (Японское море) // Изв. ТИНРО. — 2011. — Т. 165. — С. 136–157.

Тищенко П.Я., Сергеев А.Ф., Лобанов В.Б. и др. Гипоксия придонных вод Амурского залива // Вестн. ДВО РАН. — 2008. — № 6. — С. 115–125.

Христофорова Н.К. Залив Петра Великого: природные условия и биоразнообразие // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. — Владивосток : Издат. дом ДВФУ, 2012. — С. 12–30.

Христофорова Н.К., Емельянов А.А., Бердасова К.С., Дегтева Ю.Е. Экологическая характеристика вод пролива Босфор Восточный по кислородным показателям // Изв. ТИНРО. — 2015. — Т. 181. — С. 161–168.

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.

Шишкина Л.А. Гидрохимия : моногр. — Л. : Гидрометеиздат, 1974. — 287 с.

Поступила в редакцию 9.04.16 г.