

ГЕОГРАФИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 551.465 (262.5)

С.С. Мухаметов¹, С.И. Кондратьев²**ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ВОДАХ СЕВАСТОПОЛЬСКОЙ БУХТЫ В ФЕВРАЛЕ 2015 г. В РЕЗУЛЬТАТЕ ЛИВНЕВОГО СТОКА**

Севастопольская бухта – узкая и незамерзающая субширотная корытообразная впадина в Черном море. Вдается в юго-западную часть Крымского полуострова на 6,5 км при ширине около 1 км. На берегах бухты расположен город Севастополь. Из-за тесного взаимодействия с городской средой Севастополя бухта характеризуется сложной экологической обстановкой. Восточная оконечность представляет собой эстуарий реки Черная. Представлены результаты анализа пространственных распределений растворенного кислорода и элементов главного биогенного цикла в Севастопольской бухте, полученных по данным экспедиционного исследования географического факультета МГУ в феврале 2015 г.

Ключевые слова: гидрохимия, экология, Черное море, Севастопольская бухта, экспедиционные исследования.

Введение. Прибрежная зона и Севастопольская бухта являются акваторией активного народно-хозяйственного использования. Интенсивная антропогенная нагрузка на морскую среду региона в течение последних 60–70 лет привела к резкому ухудшению экологической обстановки. Особенно показательным является состояние Севастопольской бухты. Многоцелевое использование этой акватории (военная и торговая гавань, судостроение и судоремонт, рыболовство и мариккультура, туризм и рекреация и пр.) при отсутствии надлежащих природоохранных мероприятий привело к резкому ухудшению экологической обстановки.

В Севастопольскую бухту на протяжении многих десятилетий практически без очистки поступают хозяйственно-бытовые, промышленные и ливневые стоки, а также загрязненные в нижнем течении воды реки Черной, которая является единственным постоянным поверхностным водотоком суши, разгружающим сюда свои воды. Воды реки постоянно загрязняются не только в нижнем течении, но и в районе бьефа Чернореченского водохранилища, в месте впадения р. Байдарки, превращенной в канализационный коллектор хозяйственно-бытовых стоков сел Орлиное, Тыловое и Широкое [Овсяный, 2007; Кондратьев, 2014].

Техногенное влияние на бухту столь значительно, что, по сути, она является «внутренней» акваторией города и представляет природно-антропогенную систему. Вследствие многолетних систематических загрязнений нарушен природный состав и качество вод бухты, что оказало негативное влияние на условия жизни гидробионтов, их количествен-

ный состав и видовое разнообразие. Поэтому экологическое состояние Севастопольской бухты оценивается как критическое.

В 1998 г. в Севастопольской бухте начались детальные междисциплинарные исследования совместными усилиями сотрудников Морского гидрофизического института (МГИ) и Института биологии южных морей (ИнБЮМ). Результаты комплексных наблюдений показали, что вследствие изменения основных режимобразующих факторов – водообмена с сопредельной частью моря и речного стока, а также постоянного загрязнения акватории сточными и ливневыми водами, гидрохимический режим Севастопольской бухты в современных условиях претерпевает определенные негативные изменения [Павлова, 1999; Овсяный, 2001; Иванов, 2006; Комплексная программа, 2003]. Исследования также показали, что гидрологический режим бухты является важнейшим фактором формирования экосистемы полузакрытой акватории, подверженной антропогенному воздействию [Репетин, 2003].

Начиная с 2014 г. к мониторингу гидролого-гидрохимических характеристик Севастопольской бухты и реки Черная, проводимому сотрудниками отдела биогеохимии моря МГИ, в период зимней практики стали подключаться студенты кафедры океанологии географического факультета МГУ. В феврале 2015 г. совместная съемка Севастопольской бухты сотрудниками МГИ и МГУ проходила во время и сразу после выпадения чрезвычайно большого количества осадков, что заметно отразилось на распределении гидрохимических характеристик

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра океанологии, ст. преп.; e-mail: puffin@bk.ru

² Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, отдел биогеохимии моря, ст. науч. с., канд. хим. н., e-mail: skondratt@mail.ru

в водной толще. Отклонения от привычных пространственных распределений гидрохимических параметров были столь велики, что заслуживают быть рассмотренными в данной статье.

Задачей статьи является анализ выявленных особенностей распределения гидрохимических параметров в поверхностном слое вод Севастопольской бухты в результате поступления на акваторию значительного количества дождевых осадков.

Материалы и методы исследований. Экологический мониторинг Севастопольской бухты в зимний период был проведен в течение трех дней с 2 по 4 февраля 2015 г. Схема дрейфовых станций представлена на рис. 1. Обычную съемку Севастопольской бухты в течение двух дней пришлось растянуть на 3 дня по причине крайне неблагоприятных метеорологических условий. Съемки 2–3 февраля проходили в условиях непрекращающихся дождевых осадков и порывистого ветра, что не позволило обследовать более девяти станций в день.

Инструментальные гидрологические исследования с помощью откалиброванного в отделе метрологии МГИ STD-зонда ГАП-12 выполнялись во всей толще вод с разрешением 0,5 м по вертикали, тогда как отбор проб для химических анализов морской воды проводили в поверхностном (0–1 м) и придонном (0,5–1 м от дна) слоях. Не позже, чем через 3–4 ч после отбора проб в береговой лаборатории МГИ сделаны анализы этих проб. Измерялись следующие показатели: растворенный кислород, кремниевая кислота, фосфаты, общий фосфор, нитриты, нитраты, рН, щелочность, общий неорганический углерод согласно стандартным методикам [Методы, 1978]. Пробы для определения биогенных элементов предварительно фильтровались через мембранный фильтр с размером пор 0,45 мкм.

Гидрохимическая лаборатория отдела биогеохимии моря МГИ аттестована на право проведения измерений физико-химических показателей природных и сточных вод (Свидетельство об аттестации ГП «Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и аттестации», Госпотребстандарт Украины, регистрационный номер РИ-037/13, выдано 27.06.2013, действительно до 27.06.2016).

Для приводимых ниже рисунков «климатического» (для этого термина нужен 20–30-летний ряд наблюдений, которого нет, см. ниже) распределения гидролого-гидрохимических характеристик в поверхностных водах Севастопольской бухты были осреднены данные, полученные за последние 10 лет в зимних экспедициях: 25–26 января 2005 г., 27–28 февраля 2007 г., 18–19 февраля 2008 г., 8–9 февраля 2010 г., 1–2 февраля 2011 г., 21–22 февраля 2012 г. Использовать данные до 2005 г. нам кажется не вполне правомерным, поскольку ранее схема станций включала всего 7–9 станций и только с 2005 г. началась съемка бухты по 36-ти станциям, представленным на рис. 1. В осредненные данные также не попала съемка февраля 2015 г., которой, собственно, и посвящена статья.

Результаты исследований и их обсуждение. Перед обсуждением особенностей распределения гидролого-гидрохимических характеристик в поверхностных водах Севастопольской бухты в феврале 2015 г. следует подтвердить субъективные наблюдения обильных осадков во время проведения съемки результатами метеорологических наблюдений. Работы по бухтам выполнялись в период 2–5 февраля. По данным метеостанции на Павловском мысу, 2, 3 и 5 февраля над Севастополем выпало в сумме 10,9 мм осадков, тогда как климатические данные за 20 лет дают суммарное выпадение в феврале

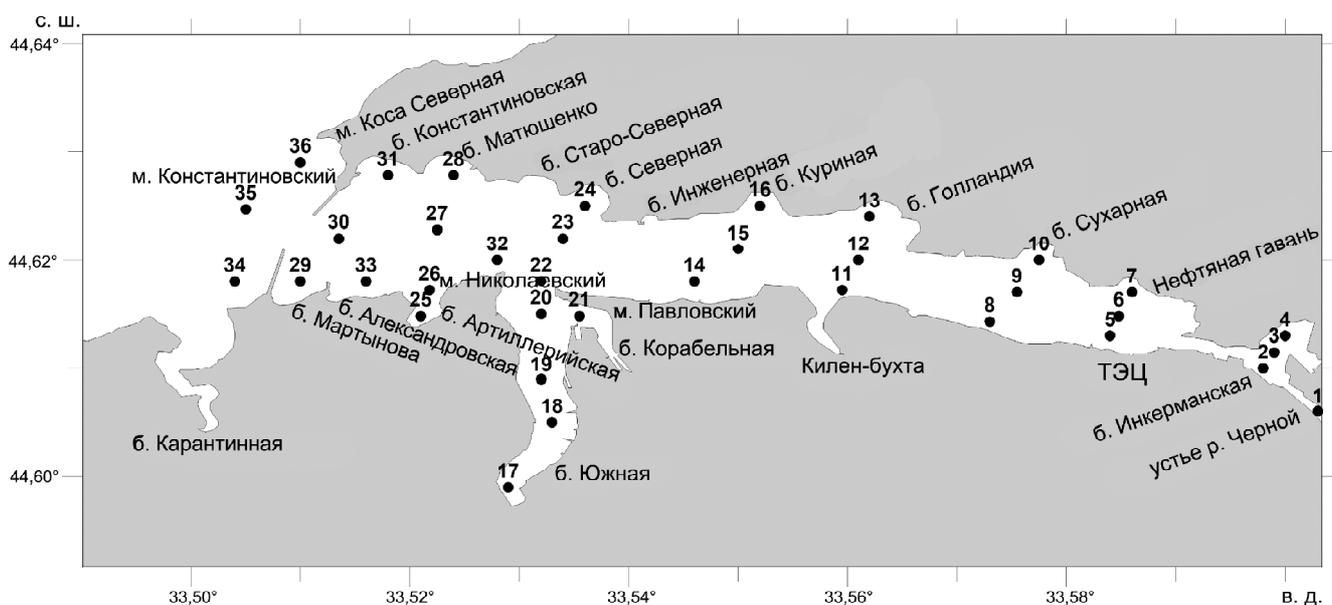


Рис. 1. Схема расположения гидролого-гидрохимических станций в Севастопольской бухте 2–4 февраля 2015 г.

Fig. 1. Scheme of hydrological-hydrochemical stations in the Sevastopol Bay on 2–4 February 2015

41,2 мм – то есть за трое суток выпало более четверти месячной нормы. Температура воздуха во время работы колебалась в пределах 8–11 °С, температура воды менялась в пределах 8,6–8,9 °С.

Соленость. Как уже упоминалось выше, важнейшим фактором формирования экосистемы бухты является гидрологический режим. В конкретном случае далее будет показано, что в районе максимального распреснения поверхностных вод в северо-восточной части Севастопольской бухты содержится максимальная концентрация большинства гидрохимических элементов.

По осредненным данным десяти летних наблюдений средняя величина солености поверхностных вод бухты в зимний период находилась на уровне 17,7–17,8‰, монотонно уменьшаясь по мере приближения к устью реки, оставаясь, однако, выше 17‰ на устьевой ст. 1 (рис. 2).

В феврале 2015 г. продолжительные ветры южных румбов «заперли» поверхностные распресненные воды в Инкерманской бухте и прилегающих районах. В результате стратификация поверхностных вод по солености наблюдалась не только в привычном направлении запад-восток, но и с юга на север. Так, соленость поверхностных вод у северо-восточного берега оказалась менее 12, в Инкерманской бухте – менее 7, а на приустьевой станции менее 4‰.

По данным распределения солености на широтном разрезе через бухту, если принять за границу распресненных вод изогалину 17‰ (как это принято для шельфовых вод Черного моря [Большаков, 1970]), толщина поверхностного распресненного слоя на ст. 1, 3 составила около 2 м, уменьшившись до 1,5 м на ст. 6, 9, и далее до 1 м на ст. 12. Более точно толщину распресненного слоя можно оценить по данным распределения солености в Инкерманской бухте и прилегающих к ней районах на двух горизонтах, 1,5 и 2 м. Из них следует наличие в центре Инкерманской бухты примерно 200-метровой в диаметре линзы распресненных вод толщиной 2,5–3 м.

Для «обычной» зимней съемки характерно практически однородное распределение всех элементов по вертикали вследствие адвективного перемешивания, поэтому поверхностное и придонное распределения в Севастопольской бухте в зимний гидрологический сезон практически не отличаются. Исключение составляют кутовая ст. 17 с глубиной места около 8–10 м, где в поверхностных водах в любой период повышено содержание нитратов, и ст. 25 в Южной бухте с глубиной около 6 м, где всегда наблюдаются более высокие концентрации аммония. Поэтому в приводимых рисунках рассматривается только распределение гидрохимических характеристик в поверхностных водах, а рисунки

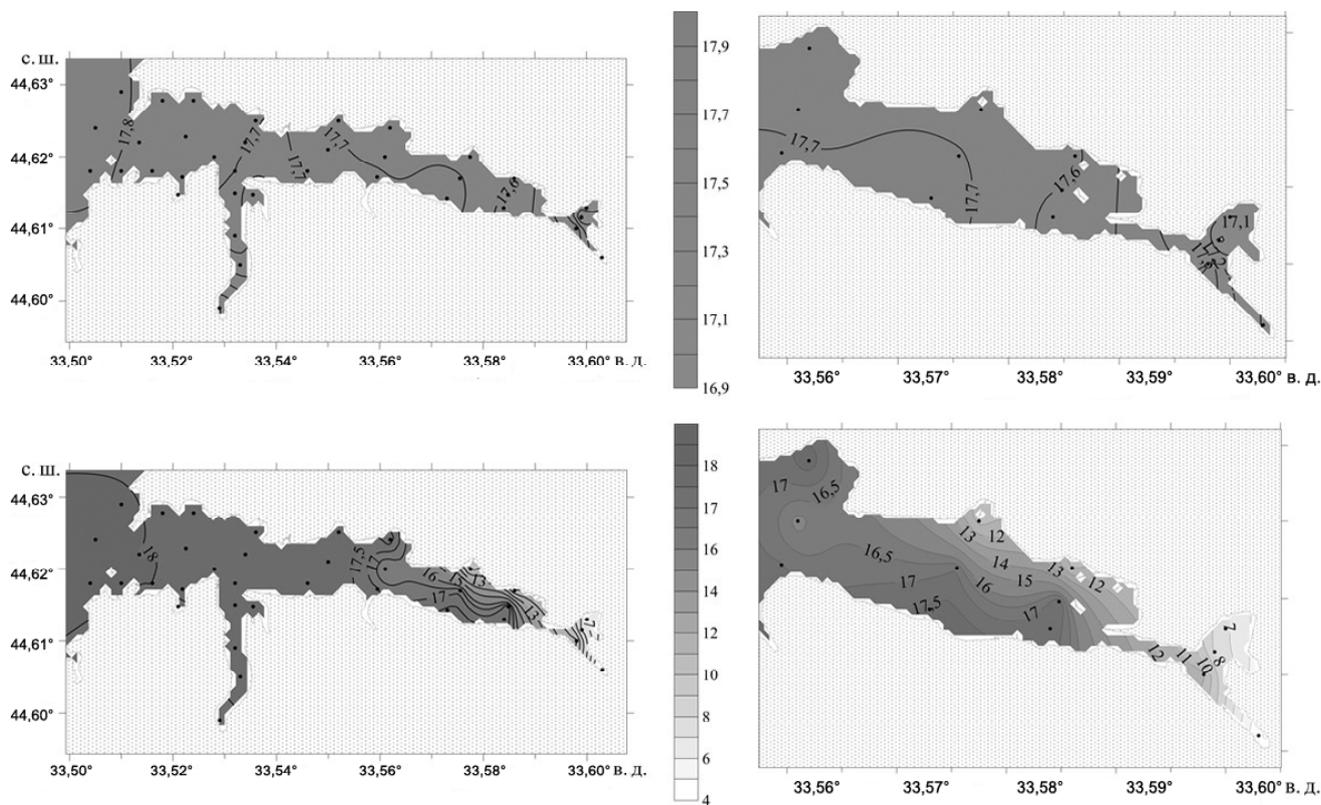


Рис. 2. Распределение солености на поверхности (‰ в зимний период в Севастопольской бухте по осредненным данным (вверху) и в феврале 2015 г. (внизу)). Здесь и далее слева показан водоем целиком; справа, более крупно – его наиболее изменчивая восточная часть

Fig. 2. Spatial pattern of surface salinity (‰) in the Sevastopol Bay (upper row – mean winter values, lower row – in February 2015). Henceforward the right schemes are for the whole Sevastopol Bay and the left ones for its more varying eastern part (at the larger scale)

осредненных поверхностных распределений в зимний период дают достаточное представление и о придонных распределениях.

Растворенный кислород. Для «обычного» распределения растворенного кислорода в поверхностных водах Севастопольской бухты в зимний период характерно постепенное уменьшение его концентрации от 7,5 мл/л на входе в бухту до 7,0 мл/л в приустьевом районе. Картина распределения кислорода в феврале 2015 г. показала совершенно иную тенденцию – содержание кислорода в Инкерманской бухте достигало 7,6 мл/л, а в водах открытого моря за пределами бухты не превышало 6,9 мл/л.

Аналогичная тенденция была характерна и для насыщения поверхностных вод кислородом. Для «средней» зимней съемки насыщение уменьшается от 99% на входе в бухту до 95% возле устья, тогда как для февраля 2015 г. такое уменьшение гораздо менее контрастно; более того, на выходе из бухты зафиксирована область с насыщением кислородом более 100%, что не характерно как для бухты [Кондратьев, 2011], так и для незагрязненных вод шельфа [Кондратьев, 2014].

Следует отметить более высокую степень насыщения (больше 95% для средней съемки и чуть больше 100% в феврале 2015 г.) возле ТЭЦ, где в бухту сбрасываются воды охлаждающего контура теплоэлектростанции. Многолетнее поступление теплых вод в районе ТЭЦ в течение всего года в итоге привело к своеобразному биоразнообразию в этом районе [Куфтаркова, 1999].

Компоненты карбонатной системы. Весьма заметные отличия между «средним» зимним распределением и февралем 2015 г. наблюдались для величины рН. Для «средней» съемки величина рН для всей бухты укладывается в достаточно узкий интервал – 8,39–8,41. В феврале 2015 г. величина рН поверхностных вод бухты оказалась меньше многолетней на 0,1–0,2, что указывает примерно на двукратное увеличение содержания ионов водорода (правильнее сказать двукратное уменьшение содержания гидроксильных ионов), и однородность распределения по акватории отсутствует. Наименьшее

значение величины рН 8,20 зафиксировано в приустьевом районе, максимальное – 8,34 у выхода из бухты, где насыщение вод кислородом превышало 102%.

Для пространственного распределения величины общей щелочности в зимний период по многолетним данным характерны два района с повышенным значением – куты Южной и Северной бухт, куда поступает пресноводный сток. Там величина щелочности превышает 3,45 мг-экв/кг, тогда как щелочность вод открытого моря составляет 3,33 мг-экв/кг. В феврале 2015 г. щелочность морских вод осталась на том же уровне, 3,33 мг-экв/кг, и такое же значение было найдено и для кута Южной бухты. Тогда как воды с повышенной щелочностью, более 3,40 мг-экв/кг, занимали достаточно обширную акваторию к востоку от б. Голландия, а в Инкерманской бухте щелочность вод превышала значение 4,20 мг-экв/кг.

Это свидетельствует о поступлении в бухту с дождевым стоком значительного количества карбонатов и гидрокарбонатов. Данное предположение подтверждается картиной распределения общего неорганического углерода (TCO_2) в феврале 2015 г. (рис. 3). Здесь, как и для щелочности, в западной части бухты наблюдаются невысокие значения в достаточно узком интервале 2990–3000 мкМ, те же величины характерны и для Южной бухты, а вот при продвижении на восток значения TCO_2 быстро увеличиваются и возле устья реки превышают величину 4000 мкМ.

Для данного элемента карбонатной системы не будем приводить осредненные данные, так как прямые определения содержания общего неорганического углерода в Севастопольской бухте начались в МГИ только с 2009 г. и выполнялись не для каждой съемки. Тем не менее, наверняка, приведенное выше распределение TCO_2 является экстремальным, как и для большинства других элементов.

Элементы главного биогенного цикла. Поступающие в Севастопольскую бухту пресные воды должны содержать повышенное количество кремниескислоты, что и подтверждается картиной ее распределения в бухте по осредненным данным (рис. 4).

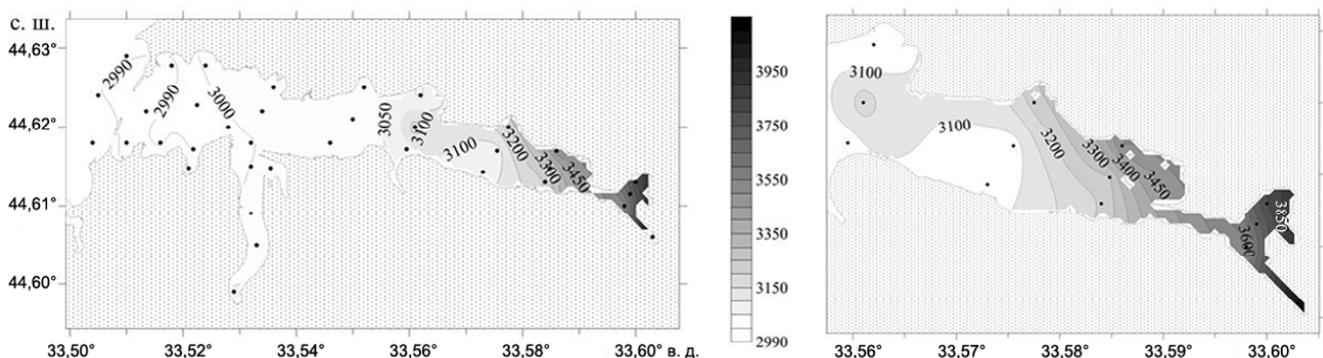


Рис. 3. Распределение содержания общего неорганического углерода (мкМ) в поверхностных водах в зимний период в Севастопольской бухте в феврале 2015 г.

Fig. 3. Spatial pattern of the total inorganic C (μM) in surface water of the Sevastopol Bay (February 2015)

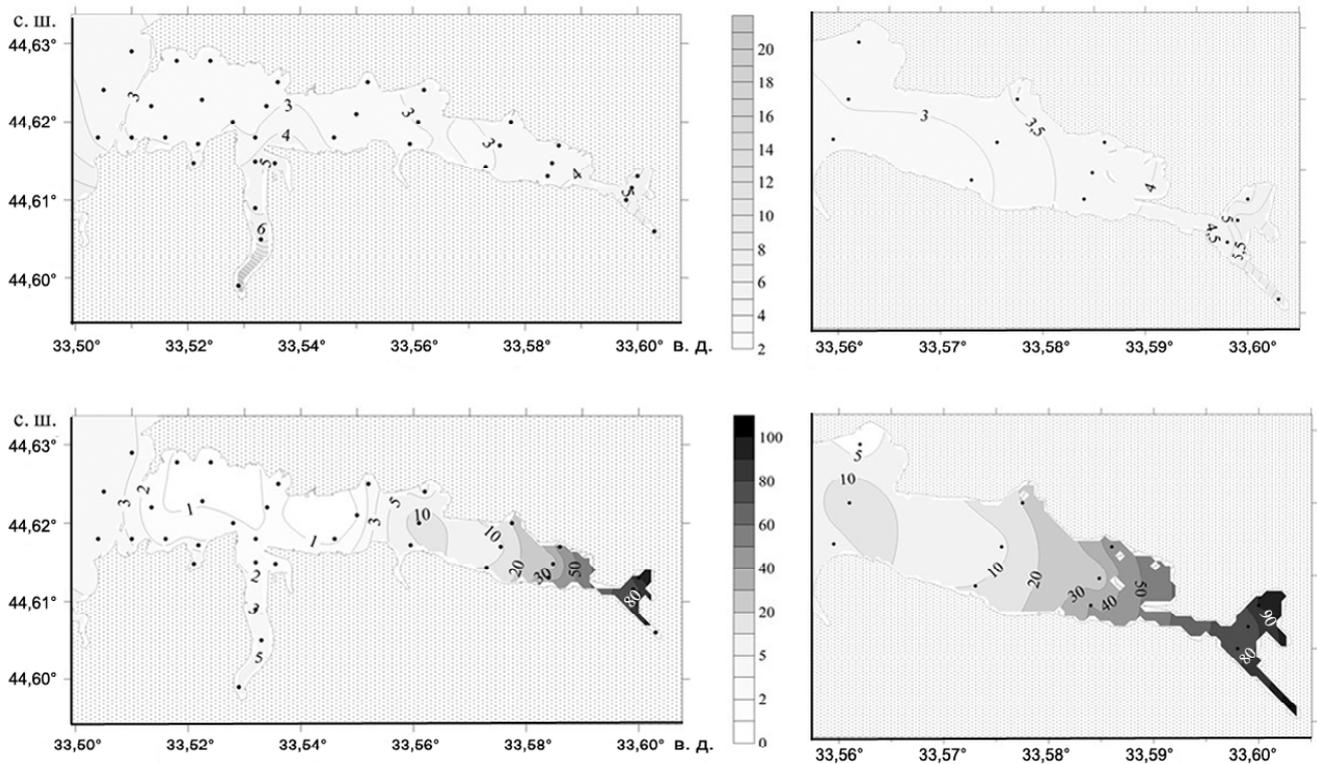


Рис. 4. Распределение содержания кремнекислоты (мкМ) в поверхностных водах в зимний период в Севастопольской бухте по усредненным данным (вверху) и в феврале 2015 г (внизу)

Fig. 4. Spatial pattern of the silicic acid (μM) in surface water of the Sevastopol Bay (upper row – mean winter values, lower row – in February 2015)

В морских водах на выходе из бухты содержится, как правило, около 3 мкМ кремнекислоты, в кутовых районах концентрация кремнекислоты возрастает, возле устья р. Черной до 10 мкМ, в куте Южной бухты до 20 мкМ.

По сравнению с этой картиной для распределения кремнекислоты в феврале 2015 г. выявлены три отличия: а) в северо-западной части бухты (там, где насыщение вод кислородом превышало 100%) содержание кремнекислоты уменьшилось до 1 мкМ; б) в куте Южной бухты – она превысила 10 мкМ и не достигла ожидаемых 20 мкМ; в) в восточной части бухты, где по многолетним данным содержание кремнекислоты ожидалось около 3–4 мкМ, этот показатель быстро увеличивался при продвижении на восток, приближаясь к 100 мкМ в приустьевом районе. То есть содержание кремнекислоты в различных районах бухты отличалось на два порядка.

Следует отметить, что для зимнего периода следовало ожидать более высокие концентрации кремнекислоты в поверхностных водах, чем наблюдаемая величина в 1 мкМ. Однако это, видимо, является продолжением тенденции к общему уменьшению концентрации кремнекислоты в поверхностных водах Черного моря, отмеченную в литературе [Кондратьев, 2012; Mikaelyan, 2013].

Для распределения нитратов в бухте качественно произошли такие же изменения, как и для

кремнекислоты. По усредненным данным концентрация нитратов в морских водах находилась на уровне 3 мкМ и осталась такой же в феврале 2015 г. (рис. 5). Основным источником поступления нитратов в бухту по усредненным данным является пресноводный сток в куте Южной бухты, где содержание нитратов превышает 100 мкМ (минимум 30-кратное превышение по сравнению с фоновым). Тогда как в феврале 2015 г. максимальная концентрация нитратов зафиксирована не в Южной, а в Инкерманской бухте, а повышенные (более 10 мкМ) концентрации наблюдались на значительной акватории в восточной части бухты. Повышенное содержание нитратов в куте Южной бухты осталось, но это было всего двукратное превышение фонового, тогда как в приустьевом районе минимум 20-кратное.

Примерно такие же изменения распределения, как и для двух рассмотренных выше компонентов: кремнекислоты и нитратов, произошли на качественном уровне с ионами аммония. Наиболее высокие концентрации по усредненным данным наблюдались в куте Южной бухты, а в феврале 2015 г. – в Инкерманской бухте. Содержание аммония в восточной части Севастопольской бухты в феврале 2015 г. значительно (в 2–10 раз) превышало среднее многолетнее. Следует отметить, что на обоих распределениях проявилось регулярно фиксируемое в любой сезон повышенное содержание

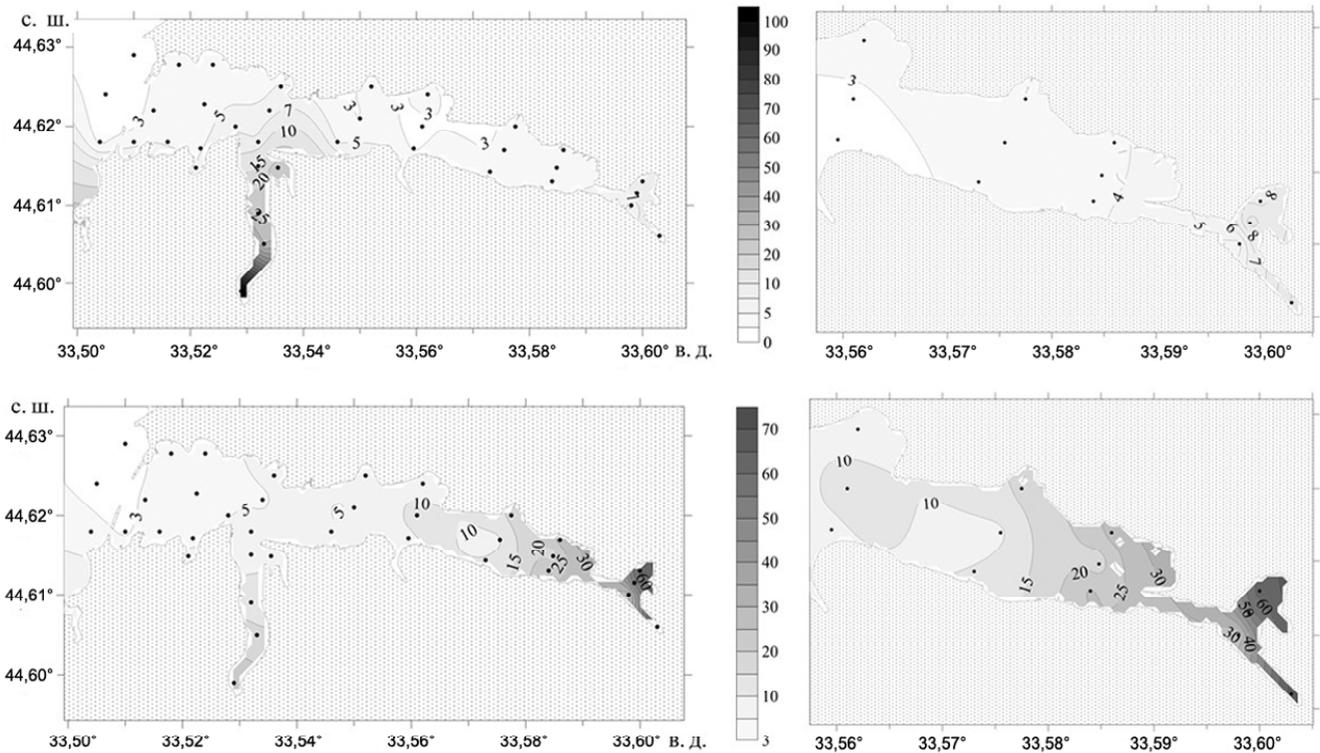


Рис. 5. Распределение содержания нитратов (мкМ) в поверхностных водах в зимний период в Севастопольской бухте по усредненным данным (вверху) и в феврале 2015 г (внизу)

Fig. 5. Spatial pattern of the nitrates (μM) in surface water of the Sevastopol Bay (upper row – mean winter values, lower row – in February 2015)

аммония в куте Артиллерийской бухты (по усредненным данным 2,0 мкМ, в феврале 2015 г. оно увеличилось более, чем в 4 раза – 9,1 мкМ), что, видимо, связано с некачественной канализацией в мно-

гочисленных увеселительных заведениях, окружающих Артбухту по периметру плотным кольцом.

Имеются, однако, гидрохимические элементы, содержание которых в феврале 2015 г. не слиш-

Содержание гидрохимических компонентов в Севастопольской бухте для февраля 2015 г.

Показатель	Севастопольская бухта			р. Черная	Фон
	пределы	среднее	σ		
Растворенный кислород, мл/л	6,33–7,69	7,07	0,23	7,68	6,92
Насыщение кислородом, %	87,1–103,8	97,3	2,7	92,9	98,0
Содержание кремнекислоты, мкМ	0,5–98,0	9,4	20,2	112	4,1
Содержание, мкМ фосфора общ.	0,04–0,48	0,11	0,09	1,06	–
фосфора орг.	0,00–0,45	0,09	0,08	0,14	–
фосфатов	0,00–0,15	0,03	0,03	0,93	0,05
нитритов	0,14–0,48	0,21	0,05	0,21	0,00
нитратов	2,1–67,3	10,2	12,6	84,0	1,2
аммония	0,45–9,09	1,74	1,48	2,67	0,04
ТСО ₂	2936–4068	3078	193	4693	2996
Величина рН	8,20–8,36	8,30	0,03	8,24	8,33
Общая щелочность, мг-экв/кг	3,296–4,253	3,376	0,164	4,910	3,296
Общая взвесь, мг/л	0,7–21,8	3,4	4,9	12,1	0,5

ком изменилось по сравнению со средним многолетним. Так, содержание нитритов в водах большей части бухты для обоих рассматриваемых распределений находилось на уровне 0,2–0,3 мкМ, а максимальная концентрация наблюдалась в куте Южной бухты (по осредненным данным она превышала 1 мкМ, в феврале 2015 г. уменьшилась до 0,4 мкМ).

Еще менее значительные изменения произошли с распределениями фосфатов. Основным источником поступления фосфатов являются пресноводные стоки в куте Южной бухты и р. Черной, причем концентрация фосфатов в местах поступления не слишком изменилась (табл.).

Как видно, только содержание нитритов и аммония в реке перед впадением в бухту не превышает максимально обнаруженные концентрации в бухте.

Выводы:

– выпадение значительного количества дождевых осадков в районе Севастополя в начале февраля 2015 г. значительно изменило привычную картину распределения в поверхностных водах Севастопольской бухты солености, растворенного кислорода, насыщения вод кислородом, величи-

ны рН, общей щелочности, содержания общего неорганического углерода, концентрации нитратов, аммония и кремнекислоты, но практически не повлияло на распределение нитритов и фосфатов;

– основные запасы поступивших в бухту в феврале 2015 г. всех вышеперечисленных гидрохимических компонентов находились в восточной части Севастопольской бухты, от бухты Голландия до устья р. Черной;

– выпавшие дождевые воды значительно интенсифицировали поступление со стоком р. Черной растворимых карбонатов и гидрокарбонатов, нитратов, кремнекислоты, нитритов, не слишком повлияли на распределение нитритов и фосфатов и заметно разбавили концентрации нитратов, поступающих в кут Южной бухты с пресноводным стоком;

– в поверхностных водах западной части Севастопольской бухты в феврале 2015 г. наблюдалась область, где пересыщение вод кислородом сопровождалось заметным увеличением величины рН и уменьшением концентрации фосфатов и кремнекислоты. Это указывает на возможность протекания достаточно интенсивных процессов фотосинтеза, происходивших в этой части Севастопольской бухты в зимний период.

Благодарности. Авторы приносят свою благодарность всем студентам географического факультета МГУ, принявшим участие в зимней съемке Севастопольской бухты в феврале 2015 г. и проявившим себя настоящими экспедиционными работниками в очень сложной метеорологической обстановке. Работа выполнена в рамках договора РГО № 08/06/2015 «Крымская экспедиция».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большаков В.С. Трансформация речных вод в Черном море. Киев: Наук. думка, 1970. 328 с.

Иванов В.А., Овсяный Е.И., Репетин Л.Н. и др. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2006. 90 с.

Комплексная программа охраны окружающей природной среды, рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности г. Севастополя на период до 2010 г. Севастополь, 2003. 317 с.

Кондратьев С.И. Исследование гидрохимической структуры реки Черной (Крым) в 2006–2011 гг. // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2014. С. 176–185.

Кондратьев С.И. Пространственное распределение кислорода в водах приустьевом взморья Дуная в 1997–2010 годах // Морской гидрофизический журнал. 2014. № 3. С. 60–76.

Кондратьев С.И. Содержание биогенных элементов и кислорода в различных районах украинской части шельфа Черного моря в 2006–2010 гг. по данным экспедиционных исследований Морского гидрофизического института НАН Украины // Экологическая безопасность прибрежных и шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. Вып. 26. Т. 1. С. 198–211.

Кондратьев С.И., Свищев С.В., Коновалов С.К. Закономерности сезонных изменений содержания и распределения кис-

лорода в водах Севастопольской бухты // Морской гидрофизический журнал. 2011. № 4. С. 64–78.

Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П., Немировский М.С. Оценка воздействия хозяйственно-бытовых и сбросных вод ТЭС на гидрохимические условия Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. Севастополь: Аквавита, 1999. С. 95–101.

Методы гидрохимических исследований океана / Под ред. О.К. Бордовского, В.Н. Иваненкова. М.: Наука, 1978. 272 с.

Овсяный Е.И., Артеменко В.М., Романов А.С. и др. Сток реки Черной, как фактор формирования водно-солевого режима и экологического состояния Севастопольской бухты // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2007. Вып. 15. С. 57–65.

Овсяный Е.И., Романов А.С., Миньковская Р.Я. и др. Основные источники загрязнения морской среды Севастопольского региона // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2001. Вып. 2. С. 138–152.

Павлова Е.В., Овсяный Е.И., Гордина А.Д. и др. Современное состояние и тенденции изменения экосистемы Севастопольской бухты // Акватория и берега Севастополя: экосистемные процессы и услуги обществу. Севастополь: Аквавита, 1999. С. 70–94.

Репетин Л.Н., Гордина А.Д., Павлова Е.В. и др. Влияние океанографических факторов на экологическое состояние Севастопольской бухты (Черное море) // Морской гидрофизический журнал. 2003. № 2. С. 66–80.

Mikaelyan A.S., Zatsepin A.G., Chasovnikov V.K. Long-term changes in nutrient supply of phytoplankton growth in the Black Sea // J. of Marine Systems 2013. № 117–118. P. 53–64.

Поступила в редакцию 22.04.2016
Принята к публикации 09.06.2017

S.S. Mukhametov¹, S.I. Kondratev²

**EXTREME HYDROCHEMICAL PARAMETERS
IN SEVASTOPOL BAY WATERS IN FEBRUARY 2015
ARISING FROM THE STORM RUNOFF**

The Sevastopol Bay is a narrow sub-latitude depression in the Black Sea coast which doesn't freeze in winter. It projects into the south-western part of the Crimean Peninsula for 6,5 km and its width is about 1 km. The town of Sevastopol is situated on its banks. The Sevastopol Bay is characterized by complicated ecological situation because of close interrelations with the urban environment. The eastern part of the bay is the Chernaya River estuary. The article analyses the spatial pattern of dissolved oxygen and the main biogenic elements in the Sevastopol Bay basing on the data obtained during the survey made by the MSU Faculty of Geography in February 2015.

Key words: hydrochemistry, ecology, Black Sea, Sevastopol Bay, field work.

Acknowledgements. Authors are grateful to all students of the MSU Faculty of Geography who participated in winter survey of the Sevastopol Bay in February 2015 and proved themselves to be true field hands under severe weather conditions. The study was financially supported by the Russian Geographical Society (contract № 08/06/2015 «The Crimean expedition»).

REFERENCES

Bol'shakov B.C. Transformaciya rechnyh vod v Chernom more. [Transformation of river waters in the Black Sea] Kiev: Nauk. dumka, 1970. 328 p. (in Russian)

Ivanov V.A., Ovsyanyj E.I., Repetin L.N. i dr. Gidrologo-gidrohimičeskij režim Sevastopol'skoj buhty i ego izmeneniya pod vozdejstviem klimaticheskix i antropogennyh faktorov. [Hydrological and hydrochemical regime of Sevastopol Bay and its changes under the influence of climatic and anthropogenic factors]. MGI NAN Ukrainy. Sevastopol', 2006. 90 p. (in Russian).

Kompleksnaya programma ohrany okružhajushhej prirodnoj sredy, racional'nogo ispol'zovanija prirodnyh resursov i ekologičeskoj bezopasnosti g.Sevastopolya na period do 2010 g. [A comprehensive program of environmental protection, natural resource management and ecological safety of Sevastopol for the period up to 2010] Sevastopol', 2003. 317 p. (in Russian).

Kondrat'ev S.I. Issledovanie gidrohimičeskoj struktury reki Chernoj (Krym) v 2006–2011 gg. [Study of hydrochemical structure of the Chernaya River (Crimea) in 2006–2011] // Ekologičeskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika, 2014. P. 176–185 (in Russian).

Kondratev S.I. Prostranstvennoe raspredelenie kisloroda v vodah priust'evogo vzmor'ja Dunaya v 1997–2010 godah. [The spatial distribution of oxygen in the water at the wellhead seaside of the Danube River in 1997–2010 years] // Morskoj gidrofizičeskij žurnal 2014. № 3. P. 60–76 (in Russian).

Kondratev S.I. Soderžanie biogennyh elementov i kisloroda v različnyh rajonah ukrajskoj časti shel'fa Černogo morja v 2006–2010 gg. po dannym ekspedicionnyh issledovanij Morskogo gidrofizičeskogo instituta NAN Ukrainy. [Concentrations of nutrients and oxygen in various areas of the Ukrainian part of the Black Sea shelf in 2006–2010 based on the data of field research carried by the Marine Hydrophysical Institute of the NAS of Ukraine] // Ekologičeskaya bezopasnost' pribrezhnyh i shel'fovyh zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika, 2012. Vyp. 26. T. 1. P. 198–211 (in Russian).

Kondratev S.I., Svishhev S.V., Konovalov S.K. Zakonomernosti sezonnyh izmenenij soderžaniya i raspredeleniya kisloroda v vodah Sevastopol'skoj buhty. [Patterns of seasonal changes in the concentration and distribution of oxygen in the waters of the Sevastopol Bay] // Morskoj gidrofizičeskij žurnal. 2011. № 4. P. 64–78 (in Russian).

Kuftarkova E.A., Kovrigina N.P., Nemirovskij M.S. Ocenka vozdejstviya hozyajstvenno-bytovykh i sbrosnyh vod TES na gidrohimičeskie usloviya Sevastopol'skoj buhty [Assessing the impact of domestic and TPP waste waters on the hydrochemical conditions of Sevastopol Bay] // Akvatoriya i berega Sevastopolya: ekosistemnye processy i uslugi obshhestvu. Sevastopol': Akvavita, 1999. P. 95–101 (in Russian).

Metody gidrohimičeskix issledovanij okeana. [Methods of hydrochemical ocean studies] / Pod red. O.K. Bordovskogo, V.N. Ivanenkova. M.: Nauka, 1978. 272 p. (in Russian).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Oceanology, Senior Lecturer; e-mail: puffin@bk.ru

² Marine Hydrophysical Institute, Sevastopol, Sea Biogeochemistry Department, Senior Researcher, D.Sc. in Chemistry; e-mail: skondratt@mail.ru

Mikaelyan A.S., Zatsepin A.G., Chasovnikov V.K. Long-term changes in nutrient supply of phytoplankton growth in the Black Sea // *J. of Marine Systems* 2013. № 117–118. P. 53–64.

Ovsyanyj E.I., Artemenko V.M., Romanov A.S. i dr. Stok reki Chernoj kak faktor formirovaniya vodno-solevogo rezhima i ekologicheskogo sostojaniya Sevastopol'skoj buhty. [The Chernaya River runoff as a factor of formation of the water-salt regime and the ecological status of the Sevastopol Bay] // *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika*, 2007. Vyp. 15. P. 57–65 (in Russian).

Ovsyanyj E.I., Romanov A.S., Min'kovskaja R.Ja. i dr. Osnovnye istochniki zagrijazneniya morskoy sredy Sevastopol'skogo regiona. [The main sources of pollution of marine environment in the Sevastopol region] // *Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj*

i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika, 2001. Vyp. 2. P. 138–152 (in Russian).

Pavlova E.V., Ovsyanyj E.I., Gordina A.D. i dr. Sovremennoe sostoyanie i tendencii izmeneniya ekosistemy Sevastopol'skoj buhty. [Current status and trends of the Sevastopol Bay ecosystem] // *Akvatoriya i berega Sevastopolya: ekosistemnye processy i uslugi obshhestvu. Sevastopol': Akvavita*, 1999. P. 70–94 (in Russian).

Repetin L.N., Gordina A.D., Pavlova E.V. i dr. Vliyanie okeanograficheskikh faktorov na ekologicheskoe sostoyanie Sevastopol'skoj buhty (Chernoe more). [Influence of oceanographic factors on the ecological state of the Sevastopol Bay (the Black Sea)] // *Morskoy gidrofizicheskij zhurnal*. 2003. № 2. P. 66–80 (in Russian).

Received 22.04.2016

Accepted 09.06.2017