

**Голубой залив как подспутниковый полигон
для оценки гидрохимических характеристик
в шельфовых областях Крыма**

**© 2016 С.И. Кондратьев, А.В. Вареник, Ю.Л. Внуков, К.И. Гуров,
О.Н. Козловская, Е.А. Котельянец, Е.В. Медведев, Н.А. Орехова,
С.В. Свищев, Д.С. Хоружий, С.К. Коновалов**

*Морской гидрофизический институт РАН, Севастополь, Россия
E-mail: skondratt@mail.ru*

Поступила в редакцию 14.09.2015 г.

Представлены результаты анализа пространственного распределения гидрохимических характеристик (элементов главного биогенного цикла и цикла углерода) в водах Голубого залива, выполненного по данным экспедиционных исследований, проведенных Морским гидрофизическим институтом в 2002 – 2014 гг. Показано, что этот район и расположенная в его юго-западной части стационарная океанографическая платформа являются удобным полигоном для выполнения синхронных дистанционных и подспутниковых исследований естественных океанологических процессов и влияния береговых антропогенных источников загрязнения.

Ключевые слова: Голубой залив (Крым), стационарная океанографическая платформа, дистанционные исследования, подспутниковый полигон, элементы главного биогенного цикла, элементы цикла углерода, натурные данные 2002 – 2014 гг.

Введение. Вся шельфовая часть Черного моря независимо от того, к экономической зоне какой страны она относится, является акваторией, подверженной постоянному и интенсивному антропогенному воздействию. Зарегулирование стока рек, нарушение водообмена вследствие строительства различных береговых сооружений (например молов), загрязнение и эвтрофикация, возникающие вследствие сброса недостаточно очищенных сточных и загрязненных речных вод, являются факторами негативного влияния на качество прибрежных вод. Кроме этого, многоцелевое использование шельфовой акватории (эксплуатация военных и торговых гаваней, судостроительных и судоремонтных заводов, рыболовство и марикультура, туризм, рекреация и пр.) при отсутствии надлежащих природоохранных мероприятий привело к резкому ухудшению экологической обстановки.

Последствия длительного антропогенного воздействия на воды шельфа могут проявиться в изменениях гидродинамических и гидрологических характеристик, трансформации гидрохимической структуры вод и донных осадков в направлении их загрязнения и создания экологически и техногенно опасного гидрохимического фона. Наиболее негативным случаем изменений гидрохимической структуры вод является возникновение в летнее время гипоксических и аноксических условий [1 – 3], которые приводят к регулярным заморам рыбы. Не менее значимо по своему негативному проявлению ухуд-

шение качества прибрежных вод, которые являются одной из наиболее ценных составляющих рекреационного потенциала Крыма. При этом расположение пляжей и зон рекреации, с одной стороны, и антропогенных источников загрязнения – с другой, часто не согласовано и не соответствует основным критериям пространственного планирования. Оценки воздействия таких источников загрязнения на качество прибрежных вод отсутствуют, мониторинг не выполняется.

Мониторинг шельфа Черного моря, основная цель которого – исследование современного гидролого-гидрохимического режима, является, таким образом, наиболее важной профилактической природоохранной задачей для составления диагноза и прогноза экологического состояния морской среды всего Черного моря. Основным направлением гидрохимического мониторинга шельфовых вод должна быть оценка содержания в воде элементов главного биогенного и карбонатного циклов и растворенного кислорода. Эта информация дает представление о внутренней биотрансформации органических веществ в морских экосистемах, базовых условиях их функционирования, процессах, определяющих многие характеристики качества морских вод.

Для контроля гидрохимического состава прибрежных вод необходим планомерный, как минимум ежегодный, мониторинг всех шельфовых вод, как это делалось в 60 – 80-е годы прошлого столетия. Однако в последние годы проводились лишь эпизодические океанологические исследования Черного моря, в которых гидрохимия не всегда присутствовала в полном объеме.

Актуальным направлением современных комплексных океанологических исследований является оценка состояния и качества поверхностного слоя морских и океанических вод, полученная по данным космических снимков, и ее сравнение с результатами натурных измерений, выполненных в то же время. Результаты современного спутникового мониторинга и дистанционного зондирования Земли используются для определения содержания фитопланктона и общей взвеси в поверхностных водах [4, 5], нефтяного загрязнения [6, 7], интенсивного цветения фитопланктона [8, 9], оценки влияния береговых источников загрязнения [10].



Рис. 1. Голубой залив и расположение антропогенных источников

Для дальнейшего развития этого направления, ближайшими задачами которого является оценка гидрохимического состава вод по спутниковым данным, требуется определить в Черном море районы, в которых можно было бы одновременно со спутниковым мониторингом оперативно проводить натурные измерения гидрохимических характеристик поверхностных вод.

Следовательно, следует выбрать район шельфа, в котором можно зафиксировать антропогенное влияние по изменению гидрохимических характеристик, при этом район должен быть доступен для оперативного проведения экспедиционных работ. В соответствии с этими требованиями был выбран район Голубого залива возле пгт Кацивели и расположенная на его юго-западной окраине стационарная океанографическая платформа (СОП) (рис. 1). Задачей данной работы является оценка этого района как полигона для синхронных дистанционных и подспутниковых натуральных исследований.

Материалы и методы. В настоящей работе были использованы результаты исследований, проведенных Морским гидрофизическим институтом (МГИ) на полигоне в районе Голубого залива в сентябре 2002 г. В этой экспедиции с помощью СТД-зонда с придонного и поверхностного горизонтов были отобраны пробы морской воды, в которых определяли содержание кислорода, элементов главного биогенного цикла (фосфаты, кремниевая кислота, сумма нитратов и нитритов) и карбонатной системы (водородный показатель рН, общая щелочность, общий неорганический углерод).

Также использованы результаты работ на СОП, проведенных отделом биогеохимии моря МГИ в 2009 – 2014 гг. в различные гидрологические сезоны, как правило, в мае, сентябре и в конце ноября. В этих исследованиях ежедневно в течение 2 – 3-х недель в различное время суток (обычно в 7:00, 12:00, 18:00 и иногда, если наблюдался апвеллинг, в 23:00) с помощью погружного насоса проводили отбор проб в поверхностных водах на трех горизонтах – 0; 0,5 и 5 м. При интенсивном ветровом перемешивании поверхностного слоя вод вследствие штормовых условий для отбора проб ограничивались двумя, а иногда и одним горизонтом. Отобранные пробы немедленно замораживали в пластиковых контейнерах объемом 250 мл (после доставки на берег эти пробы анализировали в стационарной лаборатории МГИ на содержание элементов главного биогенного цикла) или проводили определения содержания в воде растворенного кислорода, диоксида углерода, величин общей щелочности и водородного показателя непосредственно на СОП.

Во всех случаях химико-аналитические определения проводились по методикам, рекомендованным для использования при гидрохимических исследованиях океана [11]. Для калибровки приборов при физико-химических методах измерения и контроля правильности результатов анализа использовались аттестованные стандартные образцы (государственные стандарты) производства НТК «Физико-химический институт АН Украины».

Результаты и обсуждение. Гидрохимические исследования вод Голубого залива. Голубой залив возле пгт Кацивели находится на достаточном удалении от Керченского пролива, чтобы в этом районе как-то проявлялось влияние азовоморских вод. Распространение этих вод, например, в Феодосий-

ский залив и далее до м. Меганом в декабре 2006 г. было зафиксировано по спутниковым снимкам и затем подтверждено натурными данными гидролого-гидрохимической съемки [12].

В прибрежном районе Крыма возле Голубого залива отсутствуют мощные промышленные или сельскохозяйственные предприятия. Антропогенное влияние на гидрохимический состав вод залива могут оказывать лишь бытовые стоки, сбрасываемые с берега (речка Лименка как сток очистных сооружений пгт Кацевели) или на незначительном расстоянии от уреза воды (развлекательный комплекс «Аквапарк»), очистные сооружения между Симеизом и Алушкой) (рис. 1). Это было достоверно зафиксировано в исследованиях 2002 г. [13, 14], которые показали, что пресноводный сток речки Лименки оказал заметное влияние на поверхностное распределение кремнекислоты, а сток морских вод из «Аквапарка» – на придонное распределение нитратов (рис. 2). Влияние двух вышеназванных источников антропогенного воздействия на прибрежную экосистему Голубого залива было далее подтверждено гидробиологическими исследованиями [15].

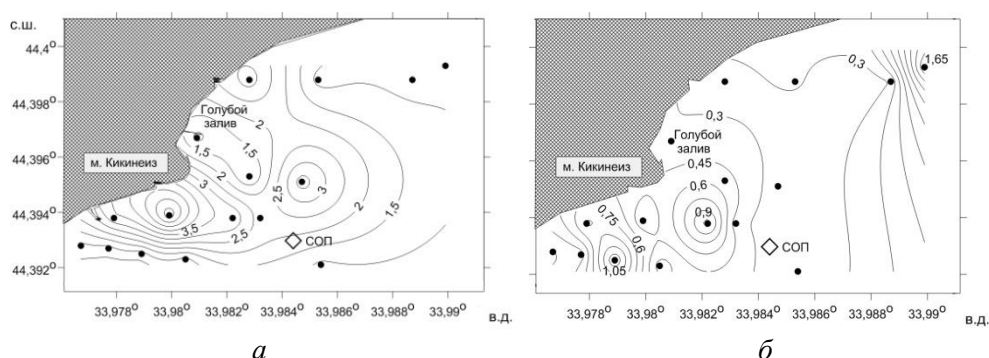


Рис. 2. Поверхностное распределение кремнекислоты (мкМ) – *а* и придонное распределение нитратов (мкМ) – *б* в прибрежных водах Голубого залива в сентябре 2002 г.

Можно было бы предположить, что достаточное отдаление СОП от берега (440 м) исключает влияние стоков пгт Кацевели и «Аквапарка» на характеристики вод. Так, при сравнении обобщенных данных аналитических определений гидрохимических параметров в прибрежных экспедициях, проведенных МГИ по Черному морю в 2006 – 2010 гг., которые охватили шельф Черного моря от Керченского пролива до приустьевых областей Дуная и Днепра [16], было показано, что характеристики в районе СОП не отличаются от «фоновых» для шельфовых акваторий возле Крыма.

Тем не менее при более подробном рассмотрении результатов гидрохимических и гидрооптических исследований, проведенных 16 сентября 2002 г. в Голубом заливе, было установлено, что океанографическая платформа все же расположена в пределах зоны, подверженной в определенных условиях влиянию берегового стока. Так, кроме приведенных выше на рис. 2 неоднородных распределений кремнекислоты в поверхностных водах и нитратов в придонных, а также насыщения вод кислородом, в толще вод прилегающей к платформе акватории были зафиксированы повышенные концентрации фосфатов и нитритов (рисунки не приводятся).

Гидрохимические исследования на стационарной океанографической платформе. При исследовании гидролого-гидрохимического режима шельфовых областей одной из важнейших задач современной химической океанографии является изучение влияния физических и биогеохимических процессов на газообмен на границе раздела океан – атмосфера, поскольку именно он в значительной степени определяет бюджет кислорода и потребление океаном избыточного количества антропогенного углекислого газа. Поэтому основной целью исследований на СОП было получение данных регулярных натуральных наблюдений за содержанием и вертикальным распределением кислорода и элементов неорганической части цикла углерода (величина рН, суммарное содержание неорганического углерода и равновесное парциальное давление углекислого газа) в поверхностном 5-метровом слое воды и в приводном слое атмосферы с одновременным мониторингом метеорологических условий и гидрологических характеристик вод. Начиная с 2012 г. к этим параметрам добавилось определение содержания элементов главного биогенного цикла.

Как будет показано ниже, наибольшее влияние на содержание всех исследованных гидрохимических компонентов оказывают апвеллинги, регулярно возникающие возле Южного берега Крыма (ЮБК) в весенне-летний период. Поэтому перед обсуждением особенностей распределения отдельных компонентов сначала рассмотрим, каким образом такое явление, как апвеллинг возле СОП, можно зафиксировать данными натуральных наблюдений.

Оперативно наблюдать за развитием апвеллинга в районе ЮБК можно по изменению температуры поверхностных вод, полученной по спутниковым данным (рис. 3).

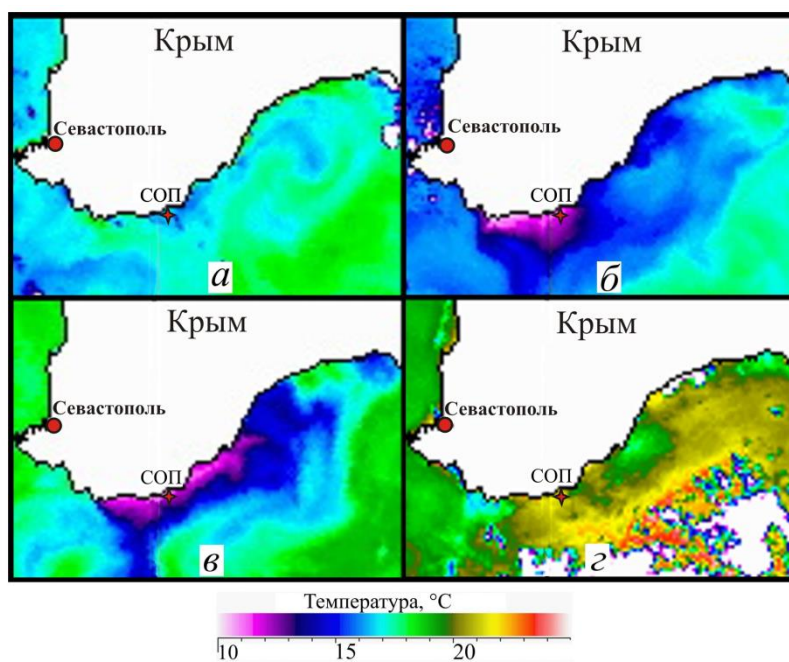


Рис. 3. Изменение температуры поверхностных вод в районе СОП (пгт Качивели) у берегов Крыма в 2010 г. по данным съемок со спутника 17 мая – а, 19 мая – б, 26 мая – в, 28 мая – г [17]

Завершение апвеллинга, согласно данным натурных СТД-зондирований непосредственно с СОП, показано на рис. 4. При анализе рис. 3 и 4 видно, что к моменту начала измерений в конце мая 2010 г. холодные воды уже не отображались на спутниковых снимках, однако, оставаясь в непосредственной близости от поверхности, продолжали оказывать влияние на обменные процессы между водой и атмосферой.

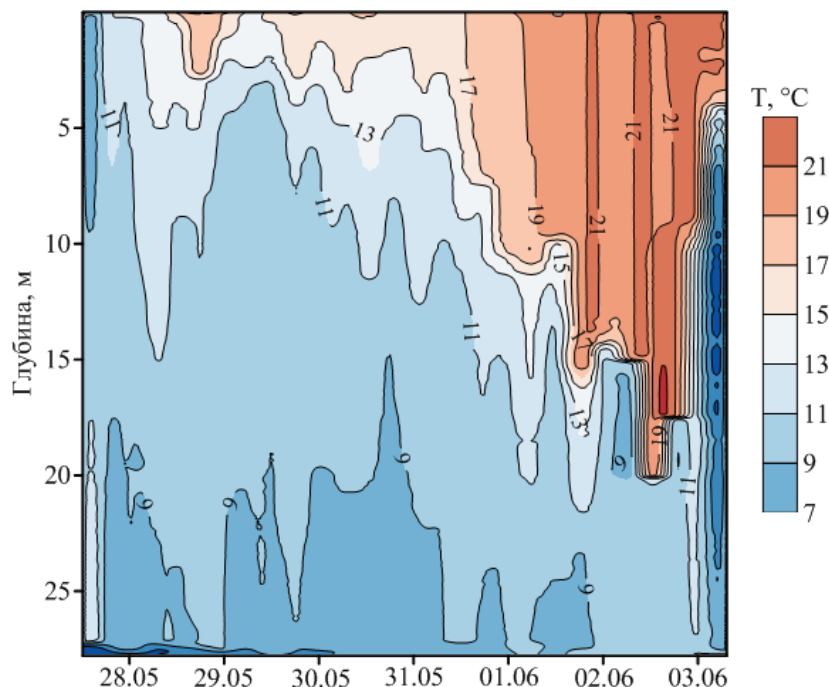


Рис. 4. Ход температуры воды в районе СОП во время съемки в мае 2010 г. по данным прямых измерений

Далее последовательно обсудим результаты экспедиционных исследований, проведенных на СОП отделом биогеохимии моря Морского гидрофизического института в 2009 – 2014 гг. (рис. 5 – 8), и проанализируем, как повлияли апвеллинги на содержание отдельных компонентов карбонатной системы, растворенного кислорода и элементов главного биогенного цикла.

Значения равновесного парциального давления углекислого газа в морской воде ($p\text{CO}_2$), полученные в ходе прямых измерений на стационарной океанографической платформе в разные годы, представлены на рис. 5. Для сравнения показано среднее значение $p\text{CO}_2$ в атмосфере, рассчитанное по результатам прямых измерений, выполненных в то же время.

Видно, что внутригодовые изменения диапазона значений $p\text{CO}_2$ в приповерхностном слое морской воды характеризуются рядом особенностей. Наибольшая амплитуда изменений $p\text{CO}_2$ в морской воде наблюдалась во время майских экспедиций, что особенно наглядно проявилось в мае 2013 г. Это может быть обусловлено зависимостью величины $p\text{CO}_2$ от температуры воды. В мае происходит интенсивный весенний прогрев вод, и для этого же

времени года характерны значительные колебания температуры воды вследствие апвеллингов. Действие этих факторов может рассматриваться в качестве одной из основных причин значительных изменений величины $p\text{CO}_2$ во время весеннего прогрева.

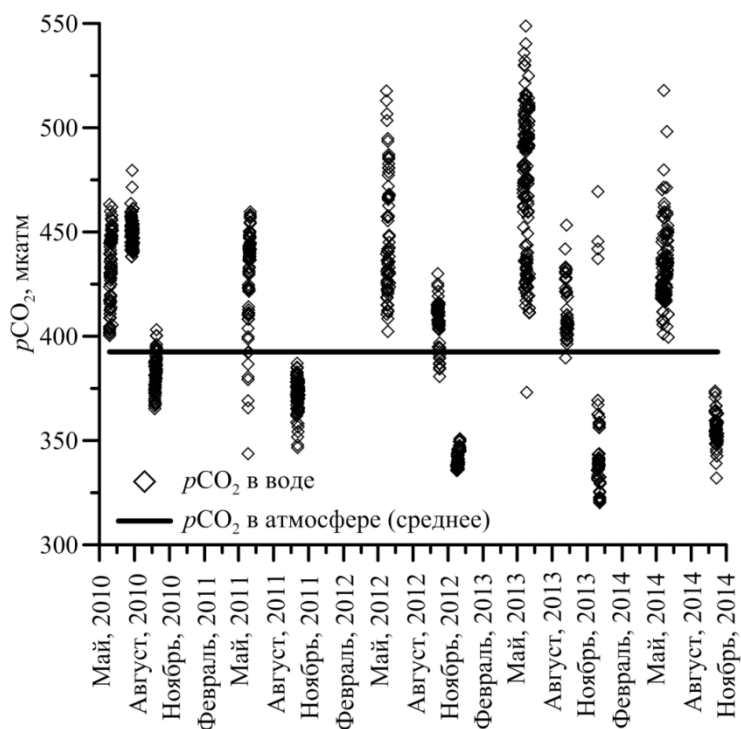


Рис. 5. Ход равновесного парциального давления углекислого газа в морской воде в районе СОП по данным прямых измерений в 2010 – 2014 гг.

В большинстве случаев в мае значения $p\text{CO}_2$ в морской воде были выше, чем в атмосфере, в результате наблюдалась эвазия CO_2 . Исключением стала майская съемка 2011 г., проведенная после длительного апвеллинга, в ходе которой было зафиксировано несколько случаев уменьшения равновесного $p\text{CO}_2$ в морской воде до более низких, чем в атмосфере, значений. В остальных случаях в мае как в условиях апвеллинга, так и при его отсутствии равновесное $p\text{CO}_2$ в воде превышало $p\text{CO}_2$ в атмосфере.

Стабильно высокие значения $p\text{CO}_2$ в морской воде наблюдались в летнее время. Так, в июле 2010 г. в течение всей съемки отмечалась устойчивая эвазия CO_2 в атмосферу.

Наибольшая неоднородность величины равновесного $p\text{CO}_2$ в воде характерна для результатов осенних съемок, проводившихся во время осеннего выхолаживания вод в сентябре – октябре. В 2010 г. в большинстве случаев, а в 2011 и 2014 гг. – во всех случаях равновесное $p\text{CO}_2$ в воде было ниже соответствующего показателя для атмосферы. Для осенних съемок 2012 и 2013 гг. была характерна иная картина – в большинстве случаев равновесное $p\text{CO}_2$ в

воде было выше атмосферного. В сентябре 2013 г. единичный случай, когда $p\text{CO}_2$ в воде было ниже, чем в атмосфере, зафиксирован в момент прохождения фронтальной зоны, следствием чего стало резкое понижение температуры воды.

В ходе наблюдений, проведенных в ноябре – декабре 2012 и 2013 гг., значения $p\text{CO}_2$ в воде были ниже, чем в атмосфере. В 2012 г. такая картина наблюдалась в течение всей съемки, в 2013 г. – на протяжении большей части времени наблюдений. В ноябре 2013 г. повышенные значения $p\text{CO}_2$ зафиксированы после шторма, в результате которого в район наблюдений были вынесены воды прибойной зоны.

Концентрация растворенного неорганического углерода (TCO_2) относится к числу консервативных гидрохимических характеристик морской воды. Ход TCO_2 за все время наблюдений относительно среднего значения этой величины представлен на рис. 6. Результаты большинства измерений, выполненных в мае 2010 – 2012 гг. и 2014 г., превышали среднее значение. Летом, а также в холодное время года (ноябрь 2012 и 2013 гг., октябрь 2014 г.) наблюдались более низкие концентрации TCO_2 .

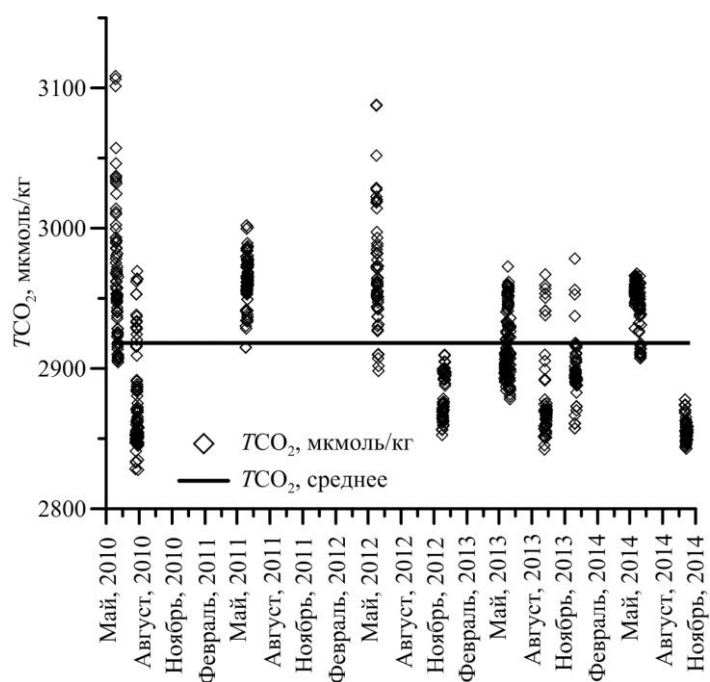


Рис. 6. Ход концентрации растворенного неорганического углерода в морской воде в районе СОП по данным прямых измерений в 2010 – 2014 гг.

Наибольшие амплитуды изменений концентрации TCO_2 были характерны для майских съемок 2010 и 2012 гг., а также для июльской съемки 2010 г. Колебания концентрации TCO_2 в мае обусловлены апвеллингами, следствием которых является поступление в поверхностный слой глубинных вод с более высоким содержанием неорганического углерода. Летом концентрация TCO_2

определяется деятельностью биоты, а также уменьшением растворимости карбоната кальция вследствие повышения температуры воды.

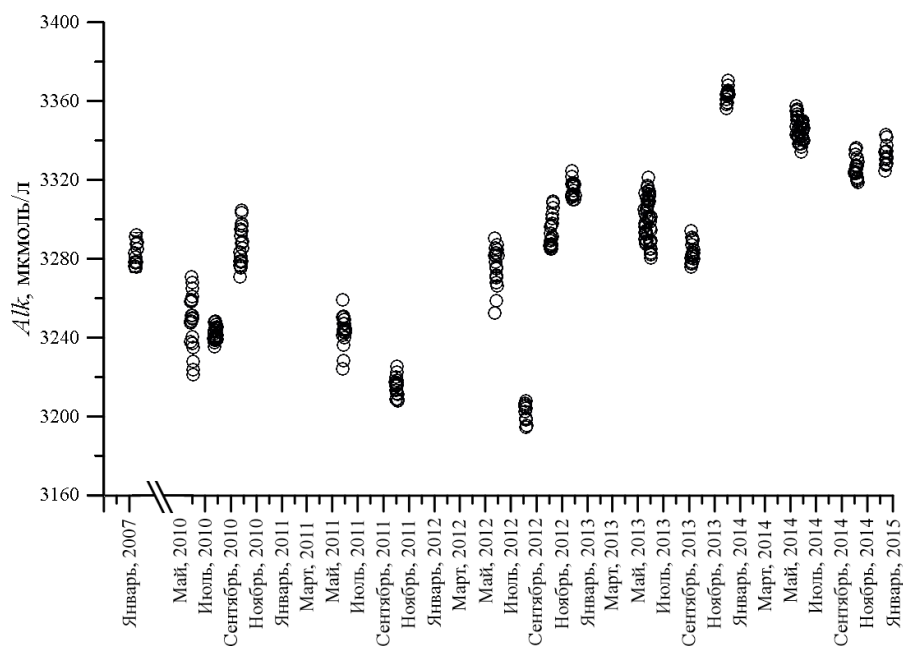


Рис. 7. Ход величины общей щелочности морской воды в районе СОП по данным прямых измерений в 2007 – 2014 гг.

На рис. 7 приведены значения общей щелочности морской воды (*Alk*), полученные в ходе 15 экспедиций на океанографическую платформу с 2010 по 2014 г., а также в ходе экспедиции на НИС «Эксперимент» в районе СОП в январе 2007 г. Как видно из результатов 5-летних исследований, общая щелочность морской воды уменьшается с начала года (май), достигая минимальных значений в августе – сентябре, затем происходит интенсивный рост значений до максимальных в зимние месяцы.

Как и для величин $p\text{CO}_2$ и $T\text{CO}_2$, наибольший разброс значений величины *Alk* в ходе отдельных экспедиций характерен для майских съемок, что обусловлено интенсивными изменениями гидрологических характеристик морской воды в районе СОП в этот период.

Для межгодовых изменений достаточно очевиден рост величины общей щелочности. Так, ее средние значения в мае 2010 и 2011 гг. были практически одинаковыми, 3248 и 3244 мкмоль/л соответственно; затем наблюдается существенный рост значений: 3275 мкмоль/л в 2012 г., 3300 мкмоль/л в 2013 г., 3346 мкмоль/л в 2014 г. Аналогичные изменения характерны для всех сезонов, за исключением только декабря 2014 г., когда среднее значение общей щелочности 3333 мкмоль/л оказалось несколько ниже по сравнению с аналогичным значением 3363 мкмоль/л в декабре 2013 г.

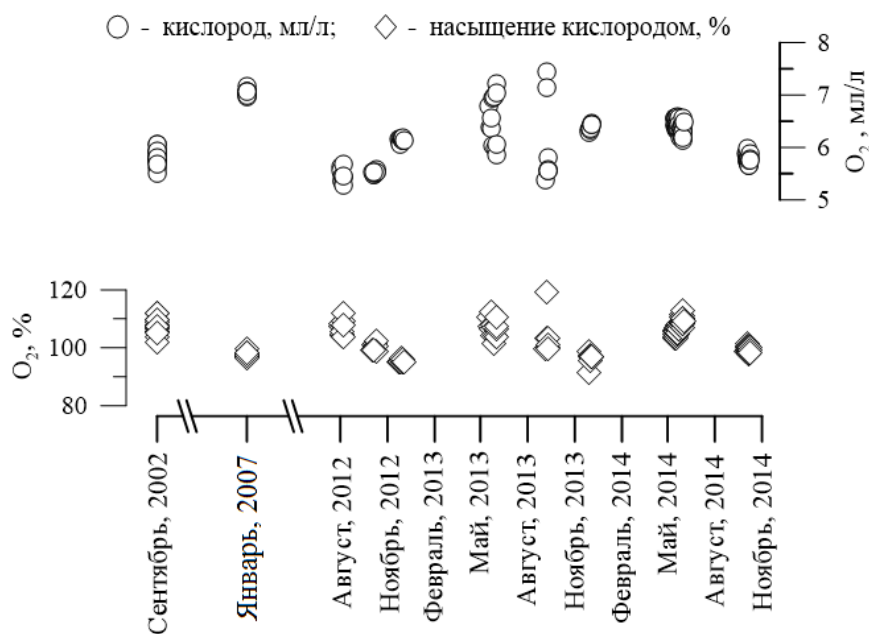


Рис. 8. Содержание растворенного кислорода и насыщение кислородом в поверхностном слое вод в районе СОП в 2002 – 2014 гг.

Содержание растворенного кислорода в поверхностных водах возле СОП ожидаемо зависит от гидрологического сезона (рис. 8), во время отдельной съемки оно изменялось незначительно. Наибольший разброс значений наблюдался в мае 2013 г., когда температура прогретого до 20°C поверхностного слоя вод резко упала вследствие апвеллинга. Насыщение вод кислородом в весенне-летний сезон стабильно находится на уровне 110%, а в зимний сезон – на уровне 97 – 98%, и апвеллинги не повлияли на эти значения.

Суммарное содержание нитратов и нитритов (примерное соотношение 10:1) в поверхностных водах в районе СОП за время исследований, как правило, не превышало 3 мкМ (рис. 9). Заметное превышение этой величины отмечено только один раз, 1 декабря 2012 г., после мощного шторма в конце ноября (см. выше).

Содержание фосфатов в поверхностных водах возле СОП в течение последних 15 лет, как правило, оставалось на уровне ~0,1 мкМ (рис. 9). Только в мае 2014 г. наблюдавшийся в районе СОП мощный апвеллинг, не повлияв на содержание других биогенных элементов, увеличил концентрацию фосфатов в 3 – 4 раза по сравнению с «фоновыми» значениями. Эти наблюдения в совокупности подтверждают выводы [12] о том, что для данного района характерным является отсутствие дефицита фосфатов, что в свою очередь свидетельствует об активных динамических процессах, способствующих поступлению фосфатов с нижележащих слоев моря.

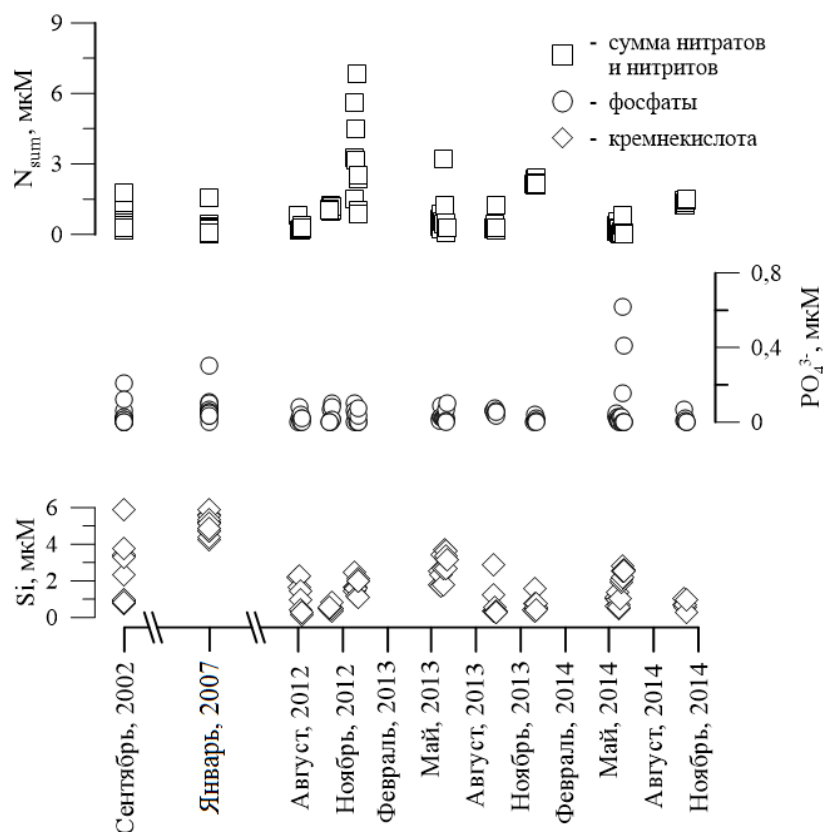


Рис. 9. Содержание суммы нитратов и нитритов, фосфатов и кремнекислота в поверхностном слое вод в районе СОП в 2002 – 2014 гг.

Содержание кремнекислота (рис. 9) в поверхностных водах Голубого залива за последние 15 лет неизменно остается на уровне 1 – 3 мкМ и не слишком изменяется при апвеллинге, однако существенно меняется при проявлении влияния берегового стока. Таким образом, повышенные концентрации этого элемента (например обнаруженная в сентябре 2002 г. концентрация кремнекислота выше 6 мкМ возле устья р. Лименки, рис. 2, а) вполне могут использоваться при поиске источников сточных вод.

Выводы. Как видно из вышеизложенного, район Голубого залива представляет собой удобный полигон для выполнения синхронных дистанционных и подспутниковых исследований естественных океанологических процессов (рис. 3) и влияния береговых антропогенных источников загрязнения (рис. 2). Безусловным преимуществом этого полигона является расположенная в его юго-западной части стационарная океанографическая платформа.

Данные о гидрохимических характеристиках поверхностных вод в районе СОП могут быть использованы для исследования «фонового» состояния прибрежной морской среды, влияния воздействия интенсивных естественных процессов (штормов и апвеллингов) на формирование и эволюцию гидрохи-

мической и оптической структуры поверхностных вод, газообмена между поверхностными водами и атмосферой, а также физических, химических и биологических процессов на качество морской воды.

Два прибрежных источника антропогенного загрязнения в Голубом заливе, влияние которых на характеристики морской среды может быть изучено с помощью синхронных дистанционных и подспутниковых исследований, дополняют возможности данного полигона для развития и апробации дистанционных методов исследования и мониторинга состояния морской прибрежной среды.

Исследования проведены в Морском гидрофизическом институте РАН при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» (уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0110).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Tolmazin D. Changing coastal oceanography of the Black Sea. I: Northwestern Shelf // *Progr. Oceanogr.* – 1985. – 15. – P. 217 – 276.
2. Фесюнов О.Е., Назаренко М.Ф. Геоморфологические и экологические особенности зоны гипоксии северо-западного шельфа Черного моря // *Экология моря.* – 1991. – Вып. 37. – С. 20 – 26.
3. Aubrey D., Moncheva S., Demirov E. et al. Environmental changes in the Western Black Sea related to anthropogenic and natural conditions // *J. Mar. Syst.* – 1996. – 7. – P. 411 – 425.
4. Feldman G.C., Murray J.W., Leinen M.W. Use of the coastal zone colour scanner for EqPac Planning // *Oceanography.* – 1992. – 5. – № 3. – P. 143 – 145.
5. Arnone R.A., Wood A.M., Gould R.W.Jr. The evolution of optical water mass classification // *Ibid.* – 2004. – 17 (2). – P. 14 – 15.
6. Бондур В.Г., Килер Р.Н., Старченков С.А. и др. Мониторинг загрязнений прибрежных акваторий океана с использованием многоспектральных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения // *Исследование Земли из космоса.* – 2006. – № 6. – С. 42 – 49.
7. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. – М.: ИКИ РАН, 2011. – 470 с.
8. Kubryakov A.A., Stanichny S.V., Zatsepin A.G. et al. The propagation of the river waters in the Black and Kara seas from satellite measurements of sea level, salinity and concentration of the chlorophyll A // *Ecological safety of coastal and shelf zones and complex use of shelf resources.* – 2013. – 27. – P. 394 – 398.
9. Garcia C.A.E., Garcia V.M.T. Variability of chlorophyll-*a* from ocean color images in the La Plata continental shelf region // *Continent. Shelf Res.* – 2008. – 28. – P. 568 – 578.
10. Zatsepin G., Kremenetskiy V.V., Stanichny S.V. et al. Propagation and transformation of waters of the surface desalinated layer in the Kara Sea // *Oceanology.* – 2015. – 55. № 4. – P. 450 – 460.
11. *Методы гидрохимических исследований океана.* – М.: Наука, 1978. – 267 с.
12. Кондратьев С.И. Изменения в гидрохимическом составе вод Феодосийского залива в результате проникновения азовоморских вод зимой 2006 – 2007 гг. // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.* – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – Вып. 18. – С. 30 – 38.

13. *Кондратьев С.И., Зима В.В., Иванов В.А. и др.* Наблюдательный полигон за гидрологическими, гидрохимическими и гидрооптическими характеристиками вод в прибрежной зоне Южного берега Крыма в 2001 – 2002 годах // Там же. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – Вып. 7. – Т. 1. – С. 49 – 59.
14. *Кондратьев С.И., Лисиченок А.Д., Ляшенко С.В. и др.* Гидролого-гидрохимические и гидрооптические характеристики вод Голубого залива (пос. Кацивели, сентябрь 2002 г.) // Там же. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – Вып. 8. – С. 119 – 132.
15. *Троценко О.А., Куфтаркова Е.А., Лисицкая Е.В. и др.* Результаты комплексных экологических исследований на акватории мидийно-устричной фермы (Голубой залив, Крым, Черное море) // Там же. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. – Вып. 26. – Т. 1. – С. 291 – 309.
16. *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 // Там же. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2012. – Вып. 26. – Т. 1. – С. 198 – 211.
17. *Хоружий Д.С., Коновалов С.К.* Суточный ход и межсуточные изменения содержания углекислого газа и растворенного неорганического углерода в прибрежных водах Черного моря // Морской гидрофизический журнал. – 2014. – № 1. – С. 28 – 43.

Blue Bay as a sub-satellite ground for evaluating hydrochemical characteristics in the shelf areas of the Crimea

**S.I. Kondratyev, A.V. Varenik, Yu.L. Vnukov, K.I. Gurov,
O.N. Kozlovskaya, E.A. Kotelianets, E.V. Medvedev, N.A. Orekhova,
S.V. Svishchev, D.S. Khoruzhiy, S.K. Konovalov**

*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia
e-mail: skondratt@mail.ru*

Results of analysis of hydrochemical characteristics (main elements of nutrient and carbon cycles) spatial distribution in the Blue Bay waters based on the data of the expeditionary research carried out by Marine Hydrophysical Institute in 2002 – 2014 are represented. It is shown that this area and the oceanographic platform located in its southwestern part constitute a convenient ground for synchronous remote and sub-satellite studies of natural oceanographic processes and impact of coastal anthropogenic sources of pollution.

Keywords: Blue Bay (Crimea), stationary oceanographic platform, remote study, sub-satellite ground, nutrients, elements of carbon cycle, field data of 2002 – 2014.