

УДК 556:639.4(262.5)

## ИССЛЕДОВАНИЯ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА КАРАДАГСКОМ ВЗМОРЬЕ В МАЕ И СЕНТЯБРЕ 2018 Г.\*

**Ковригина Н.П., Трощенко О.А., Родионова Н.Ю., Капранов С.В., Еремин И.Ю.**

*ФГБУН «Институт морских биологических исследований имени А. О. Ковалевского РАН»,*

*г. Севастополь, Российская Федерация,*

*e-mail: [maricultura@mail.ru](mailto:maricultura@mail.ru)*

Представлены результаты гидролого-гидрохимических исследований в прибрежной акватории Карадагского природного заповедника и в Коктебельской бухте, проводившихся в мае и сентябре 2018 г. Выделен новый для этого района тип распределения термохалинных полей с субмеридиональной ориентацией изотерм или изохалин. По величинам БПК<sub>5</sub>, окисляемости и коэффициенту загрязнения Кз (БПК<sub>5</sub> / окисляемости), не превышающего 1,0, показано, что санитарное состояние акватории соответствовало нормам для рыбохозяйственных водоемов. Проведено сравнение величин содержания органического вещества, полученного нами в начале исследований (2004 г.) с материалами 2018 г., показавшее отсутствие накопления растворенного органического вещества (Сров) за период исследований. По величинам отношения фосфора минерального к фосфору валовому (Р<sub>мин</sub>: Р<sub>вал</sub>) <30% и высоким концентрациям кремния и фосфора минерального выявлено влияние азовоморских вод на гидрохимическую структуру исследуемой акватории. В межгодовой изменчивости величин БПК<sub>5</sub> на поверхности прибрежных станций прослежена тенденция к постепенному повышению их значений от года к году, начиная с 2005 г. по настоящее время.

**Ключевые слова:** гидролого-гидрохимические показатели; верхний квазиоднородный слой; азовоморские воды; прибрежная зона Карадага; Черное море.

### Введение

Исследования прибрежных акваторий, относящихся к особо охраняемым, всегда актуальны, имеют научный и практический интерес. Несмотря на то, что Карадагский заповедник имеет самую большую охраняемую морскую акваторию из всех природных и биосферных заповедников Крыма, отнести его воды к наиболее чистым акваториям Черного моря не представляется возможным (Ковригина, 2009). Регулярное изучение гидролого-гидрохимической структуры вод в районе Карадагского природного заповедника началось в 2004 г. На первом этапе гидролого-гидрохимические съемки выполнялись в разное время, охватывая все гидрологические сезоны. С 2008 г. работы проводились, в основном, в мае (до начала курортного сезона) и в сентябре (после основной антропогенной нагрузки). Результаты этих работ опубликованы в ежегодных (2004–2008 гг.) *Летописях природы и Трудах Карадагской научной станции* (2017–2018 гг.). Обобщение исследований с 2004 по 2015 гг. представлено в монографии (*Биология Черного моря...*, 2018). На основании гидролого-гидрохимических данных были выявлены особенности их пространственного распределения. Отмечено локальное влияние хозяйственных сточных вод п.г.т. Коктебель и Курортное. По снижению средних концентраций кремния и минерального фосфора с востока на запад показано влияние азовоморских вод на изучаемой акватории. Выявлено, что за 12 лет исследований накопления органического вещества в прибрежной зоне Карадага не произошло. По величинам индекса эвтрофикации прибрежные воды Карадагского

---

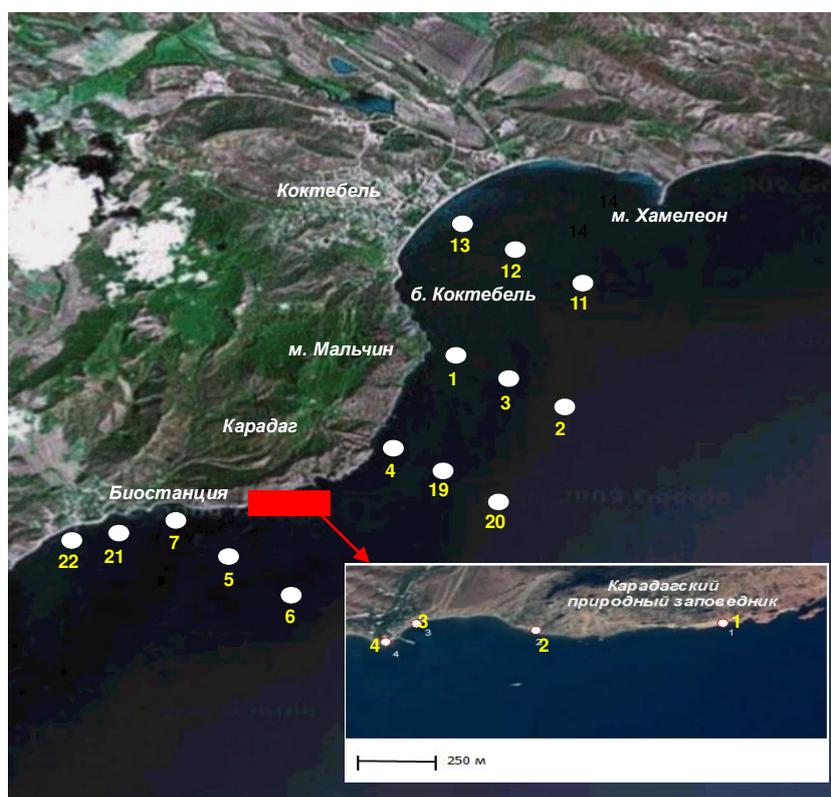
\* Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ИМБИ «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса», номер гос. регистрации АААА-А18-118021350003-6.

природного заповедника и бухты Коктебель можно классифицировать как воды низкого уровня трофности.

Цель настоящей работы – изучение пространственного распределения и временной изменчивости основных гидролого-гидрохимических показателей на Карадагском взморье и в Коктебельской бухте, а также оценка антропогенного влияния на узкую 2-метровую полосу моря Карадагского природного заповедника по материалам, полученным в мае и сентябре 2018 г.

### Материалы и методы

В 2018 г. в прибрежной зоне Карадага проведены две комплексные съемки: 15 мая и 11 сентября. Они охватывали четыре разреза по нормали к береговой линии – от причала бухты Коктебель, от м. Мальчин, от бухты Сердоликовой и от Биостанции. Кроме разрезов пробы отбирали на двух прибрежных станциях в районе устья реки Отузки и в районе очистных сооружений поселка Курортное. Схема станций отбора проб не изменялась с 2012 года (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема станций отбора проб на Карадагском взморье и в узкой прибрежной зоне (врезка) в 2018 г.

Дополнительно отбирались 4 пробы с берега в 2-метровой полосе моря: в районе камней Кузьмича, на западной границе заповедника, на пляже и в районе стока из дельфинария.

В комплекс гидролого-гидрохимических исследований входило измерение температуры, солености, растворенного кислорода, биохимического потребления кислорода на пятые сутки (БПК<sub>5</sub>), перманганатной окисляемости в щелочной среде, кремния, органических и неорганических форм азота и фосфора. Пробы отбирали с поверхности и у дна. Всего отобрано 58 проб и выполнено около 550 гидролого-гидрохимических анализов, проведенных согласно общепринятым методикам (Руководство..., 1977; Методы..., 1988; Методические указания..., 1966). По

величинам окисляемости рассчитано Сров на поверхности в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника и в Коктебельской бухте (Скопинцев, 1975). Коэффициент загрязнения Кз, равный отношению величин БПК<sub>5</sub> к окисляемости, также рассчитан по Скопинцеву.

### Результаты и обсуждение

Во время *весенней съемки 15 мая* поверхностная температура воды ( $T_0$ ) изменялась в диапазоне 17,4–18,3°C (рис. 2). Эти значения на 2,5–3,5°C выше среднееголетних показателей. Изотермы располагались субмеридианально по нормали к берегу. Температура повышалась с востока на запад. Такое же расположение изотерм было в 2016–2017 гг. В работе (Биология Черного моря, 2018) было выделено 4 типа распределения полей термохалинных показателей на поверхности Карадагского взморья. Исходя из результатов исследований 3 последних лет можно добавить 5-й тип с субмеридианальным расположением изотерм или изохалин. Вертикальная термохалинная структура соответствовала среднееголетним показателям. Ко времени выполнения съемки верхний квазиоднородный слой (ВКС) уже сформировался, однако, его мощность была невелика и составляла 1–2 м. Глубже располагался сезонный термоклин (СТ) с равномерно понижающейся до дна температурой, со средними градиентами 0,2°C/м.

Поверхностная соленость ( $S_0$ ) изменялась в диапазоне 17,28–17,70‰ (рис.2). Эти показатели были чуть ниже среднееголетних значений. Изохалины располагались параллельно изобатам с увеличением  $S_0$  по нормали от берега. Присутствие на исследуемой акватории вод с соленостью менее 17,50‰ свидетельствует об активном внедрении трансформированных азоморских вод в прибрежную зону Карадага. С глубиной соленость заметно повышалась. В некоторых случаях вертикальные градиенты превышали 0,05‰/м

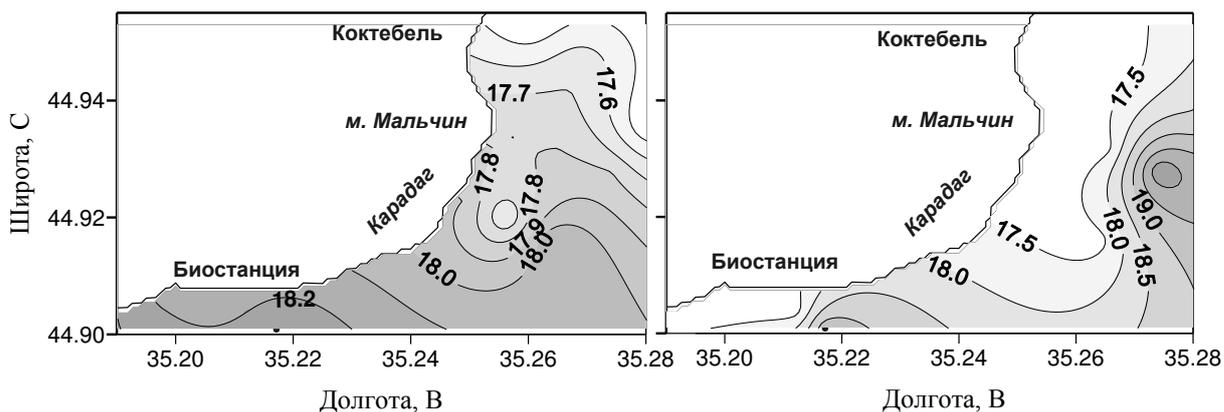


Рис. 2. Поверхностное распределение температуры и солености 15 мая 2018 г.

Распределение *абсолютного содержания кислорода* в весенний период по поверхности и вертикали достаточно ровное. Его величины изменялись от 6,19 до 7,45 мл/л при среднем значении для слоя, равном 6,40 мл/л. Минимальное содержание кислорода наблюдали на поверхности в Коктебельской бухте, на ст. 13, где нами ранее было отмечено влияние хозяйственного стока от пос. Коктебель. Максимальная величина абсолютного содержания кислорода наблюдалась в придонном слое на ст.11. Отклонения от средних величин составляли от 0,21 в сторону снижения до 1,05 мл/л в сторону повышения. Распределение величин абсолютного содержания кислорода на поверхности и в придонном слое представлено на рис. 3.

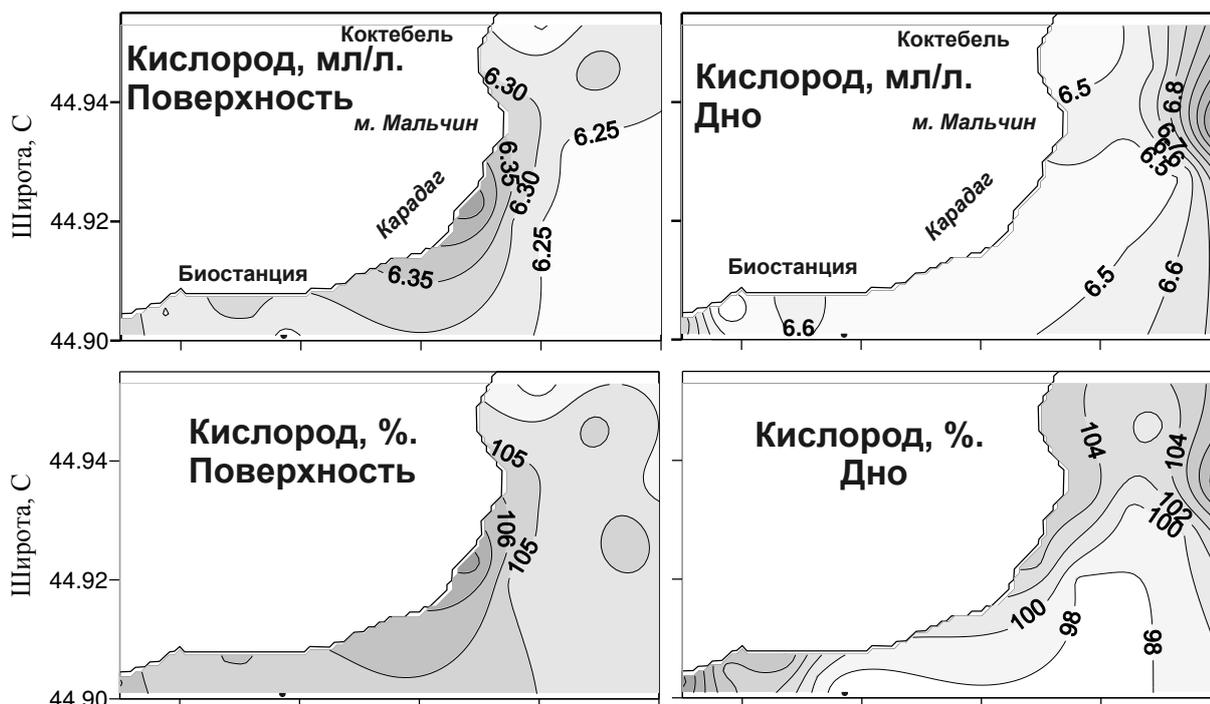


Рис. 3. Распределение абсолютного и относительного содержания кислорода на Карадагском взморье 15 мая 2018 г.

**Относительное содержание кислорода** в весенний период имело высокие значения, которые изменялись от 96,1 до 112,4% насыщения при среднем для слоя, равном 104,5%. Максимальные величины насыщения кислородом совпадали с максимальными величинами его абсолютного содержания. Средняя для слоя величина насыщения превышала 100%, что подтверждало интенсивную вегетацию весенних форм фитопланктона (рис. 3). На придонных горизонтах станций 3, 19 и 6 отмечено недонасыщение кислородом, которое достигало 4,9%, что, возможно, обусловлено присутствием источников пресных вод в этих районах. Это также подтверждается высокими концентрациями кремния на горизонтах с низким содержанием кислорода.

Величины **биохимического потребления кислорода на 5-е сутки (БПК<sub>5</sub>)** измерялись на поверхности и имели пределы колебаний от 0,98 до 3,15 мл/л при среднем значении 1,6 мл/л. Максимум отмечен в Коктебельской бухте на ст. 13, минимум – на прибрежной станции 21 (сток реки Отузки). На одной станции из 9 (ст. 12) величина БПК<sub>5</sub> приближалась к предельно допустимой концентрации (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов, равной 2,0 мг/л, а на ст. 13 – превышала ПДК (Нормативы качества воды..., 2010). На остальных станциях величины БПК<sub>5</sub> были ниже ПДК, что свидетельствует о достаточно низком содержании нестойкого органического вещества в этот период. Распределение величин БПК<sub>5</sub> на поверхности исследуемой акватории показано на рисунке 4.

Величины **окисляемости**, также, как и величины БПК<sub>5</sub> измерялись только на поверхности и на всей акватории имели высокие значения, которые изменялись от 4,23 до 5,55 мгО/л (см. рис.4) и превышали ПДК = 4.0 мгО/л по рыбохозяйственным нормативам. Несмотря на высокие значения окисляемости, величины коэффициента загрязнения К<sub>з</sub>, рассчитанного по Скопинцеву Б.А., как отношение БПК<sub>5</sub> к окисляемости, имели диапазон изменений от 0,22 до 0,57. Все величины К<sub>з</sub> были ниже 1,0, что характеризовало общую санитарную обстановку в весенний период как благоприятную. Содержание растворённого органического вещества (Сров), рассчитанное по величинам окисляемости, изменялось в пределах

от 12,44 до 16,32 мгС/л и практически не отличалось от диапазона колебаний величин, полученных нами впервые для акватории Карадагского природного заповедника в 2004 г. (Ковригина Н.П. и др., 2007).

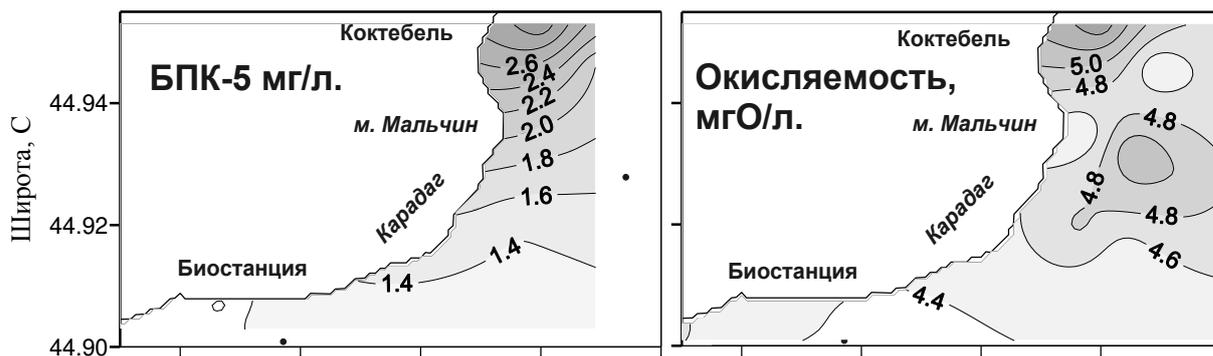


Рис. 4. Распределение величин БПК<sub>5</sub> и окисляемости на поверхности Карадагского взморья 15 мая 2018 г.

**Биогенные вещества** имели низкие и однородные концентрации. Величины азота нитритного во всем слое колебались в пределах от 0 до 2,7 мкг/л, минерального фосфора – от 0 до 8,4 и кремния – от 15,7 до 161 мкг/л. Концентрации нитратов имели более широкий диапазон колебаний: от 0,4 до 63 мкг/л. Высокая величина нитратов (21 мкг/л) отмечена в Коктебельской бухте на поверхности прибрежной ст. 13. Максимальную концентрацию нитратов (63 мкг/л) наблюдали в районе Очистных сооружений поселка Курортное на близбереговой ст. 21. Повышение величин нитратов относительно средних значений свидетельствует о влиянии хозяйственного стока на прибрежную зону.

На распределение биогенных веществ отмечено небольшое влияние азовоморских вод. Оно проявилось на 13 из 14 станций по величинам процентного отношения  $R_{мин}:R_{вал}$ . Их значения изменялись от 2,5 до 24,3% и не превышали 30%, что характерно для азовоморских вод. Кроме того, на поверхности наблюдали некоторое снижение средних величин фосфатов от бухты Коктебель (2,3 мкг/л) к акватории Карадагского природного заповедника (2,0 мкг/л), что подтверждает уменьшение влияния азовоморских вод с востока на запад.

Величины **органического фосфора** на поверхности колебались в узком диапазоне от 9,9 до 17,2 мкг/л. Содержание органического азота отличалось большей изменчивостью (210 – 857 мкг/л). Максимальные концентрации Норг, отмеченные на прибрежных станциях акватории прилегающей к поселку Курортное (ст. 21, 22) наряду с высокими величинами окисляемости, обусловлены влиянием хозяйственного выпуска сточных вод пос. Курортное и стока реки Отузки (рис. 5).

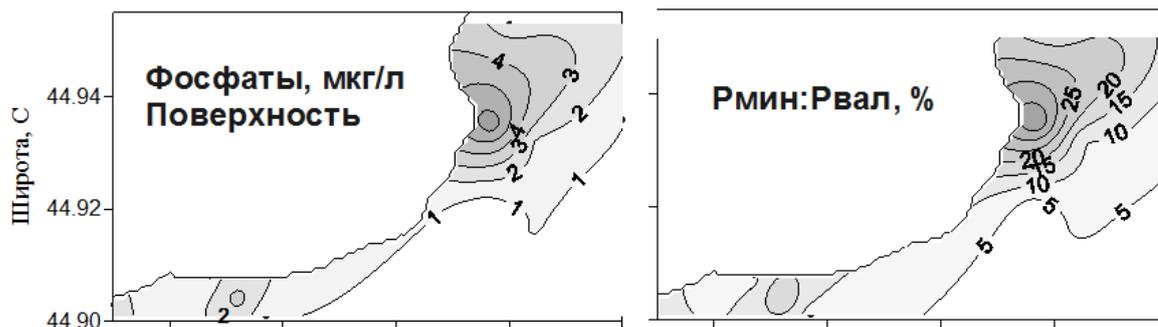


Рис. 5. Распределение фосфатов и  $R_{мин}:R_{вал}$  на поверхности Карадагского взморья 15 мая 2018 г.

По результатам съёмки 11 сентября 2018 г. термохалинные поля были квазиоднородными (рис. 6). Диапазон изменения  $T_0$  составил 24,8–25,1°C, что на 2°C выше среднеголетних значений. В целом, температура повышалась с востока на запад. Слабая активизация динамических процессов отмечалась у м. Мальчин и на траверзе Сердоликовой бухты. Вертикальное распределение температуры характеризовало сформировавшуюся структуру термической стратификации с ВКС, занимающем толщу вод до 22–25 м и с СТ с градиентами более 2°C/м.

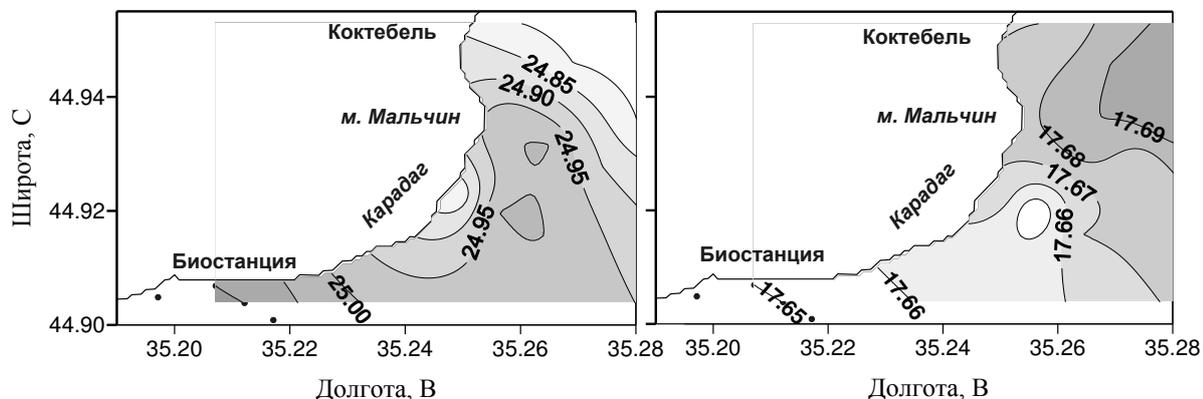


Рис. 6. Поверхностное распределение температуры и солёности 11 сентября 2018 г.

Диапазон изменения  $S_0$  был еще уже, чем  $T_0$  – 17,64–17,70‰. Такие значения солёности несколько меньше среднеголетних значений. При таком диапазоне трудно говорить о каких-то тенденциях. Все же отметим, что  $S_0$  повышалась с запада на восток. Такое распределение нехарактерно для данного района. С глубиной солёность слабо повышалась, но вертикальные градиенты были в 2–3 раза ниже, чем в мае. Содержание *кислорода* во время *сентябрьской съёмки* в слое 0–дно изменялось в пределах от 5,05 до 5,48 мл/л (96,2–104,6%) на поверхности и от 5,01 до 5,84 мл/л (84,5–99,9%) – в придонном слое.

Минимальное насыщение соответствовало минимальной температуре: насыщению 84,5% соответствовала температура 11,0°C, а 86% – 11,60°C. На поверхности средние величины абсолютного содержания кислорода составили 5,20 мл/л, относительного – 99,5% насыщения. Насыщение кислородом выше нормального (100%) отмечено на ст. 12, 4, 19 и 5. На придонных горизонтах насыщение было менее 100%: от 84,5% на глубине 30 м. (ст. 20) до 99,9% на глубине 12 м. (ст. 1) (рис. 7).

В придонном слое на станциях, где отмечены низкие величины насыщения (84–86%), зафиксированы также низкие величины температуры (11–12,3°C) и высокие величины азота нитритного (3,8–5,7 мкг/л), азота нитратного (22,4–35,9 мкг/л) и кремния (269–312 мкг/л). Здесь же отмечено и снижение величин солёности от 0,01 до 0,37 ‰ по сравнению с поверхностью.

**Величины БПК<sub>5</sub>** изменялись во время съёмки от 0,36 до 4,33 мг/л. Максимальная его величина превышала ПДК более чем в 2 раза и была зафиксирована на прибрежной ст. 13 в бухте Коктебель. Средняя для всей акватории величина БПК<sub>5</sub> составляла 1,0 мг/л и была ниже ПДК в 2 раза, что свидетельствовало о чистоте поверхности исследуемого района. Распределение величин БПК<sub>5</sub> на поверхности во время сентябрьской съёмки представлено на рис 8.

Высокие величины **окисляемости**, превышающие ПДК до 1,5 раз, отмечены на 9 станциях из 11. Максимальную величину (5,96 мг/л) наблюдали на поверхности прибрежной ст. 4 в бухте Сердоликовой. Средняя по акватории величина (4,53 мг/л) также превышала ПДК (4,0 мг/л) для рыбохозяйственных водоёмов (рис. 8).

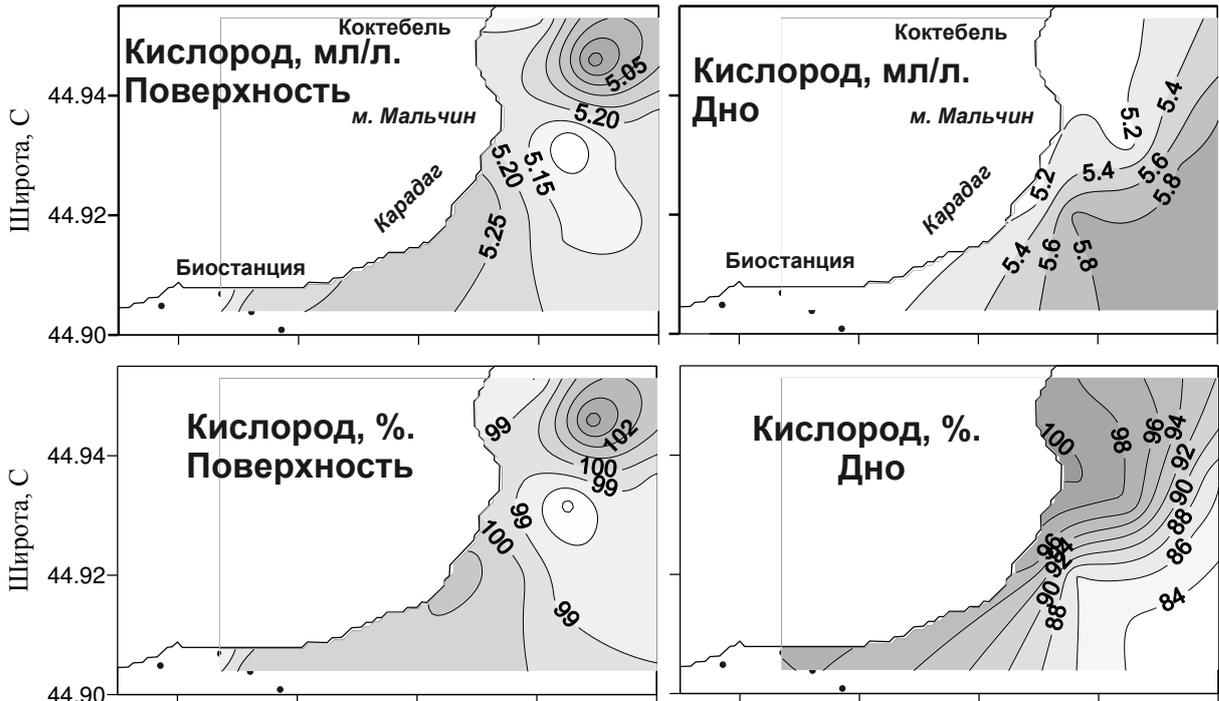


Рис. 7. Распределение абсолютного и относительного содержания кислорода на Карадагском взморье 11 сентября 2018 г.

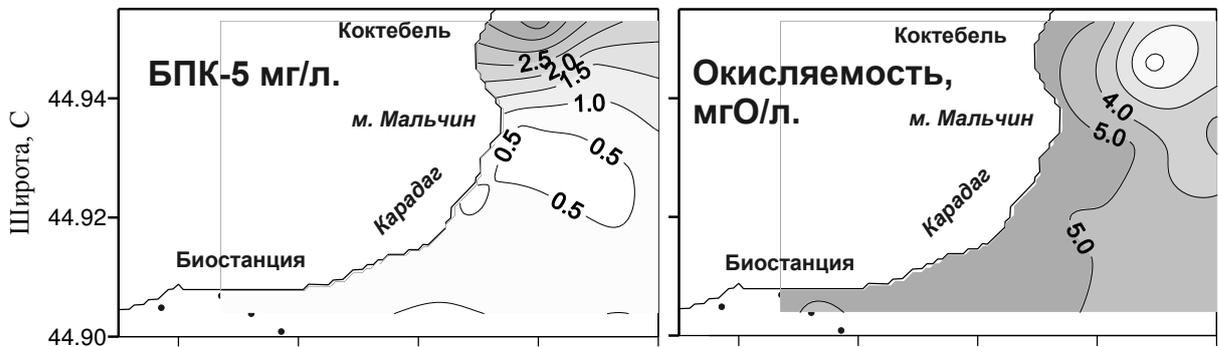


Рис. 8. Распределение величин БПК<sub>5</sub> и окисляемости на поверхности Карадагского взморья 11 сентября 2018 г.

Коэффициент загрязнения  $K_z$ , рассчитанный по Скопинцеву и равный отношению БПК<sub>5</sub> к окисляемости, изменялся в пределах 0,07–0,87. Все его величины были ниже 1 и свидетельствовали о благополучном санитарном состоянии акватории в целом, несмотря на высокие величины окисляемости.

Концентрации **биогенных веществ** имели, в основном, величины типичные для прибрежных вод (рис. 9). Азот нитритный изменялся в пределах от 0 до 5,7 мкг/л. Отличительной особенностью его распределения является высокая концентрация в придонном слое на ст. 11 (5,7), ст. 2 (4,8), ст. 19 (4,7) и ст. 20 (3,8 мкг/л). Средняя величина для поверхности составляла 0,2 мкг/л, для придонного слоя – 2,1 мкг/л. В придонном слое также наблюдали повышенное содержание нитратов: 22,4 (на ст. 11), 35,9 (на ст. 2), 27,6 (на ст. 19) и 27,1 мкг/л (на ст. 20). Концентрация кремния в придонном слое превышала в 4 раза его содержание на соседних станциях, возможно, из-за влияния источников пресных вод подземного происхождения, которое отмечалось нами ранее (Ковригина Н.П. и др., 2009 г.).

Содержание **органического фосфора** (Pорг) изменялось от 3,6 до 18,3 мкг/л при средней величине 11,5 мкг/л. Величины Pорг выше среднего значения отмечены в Коктебельской бухте (ст. 13 12), в районе м. Мальчин (ст. 3) и в районе Сердоликовой

бухты (ст. 19). Величины **органического азота** (Nорг) колебались от 146 до 590 мкг/л при среднем значении, равном 371 мкг/л. Величины выше среднего наблюдали в районе Биостанции (ст. 7, 5), Сердоликовой бухты (ст. 19, 20) и в районе м. Мальчин (ст. 3, 2). Высокие величины Nорг в районе Биостанции указывают на влияние хозяйственного стока.

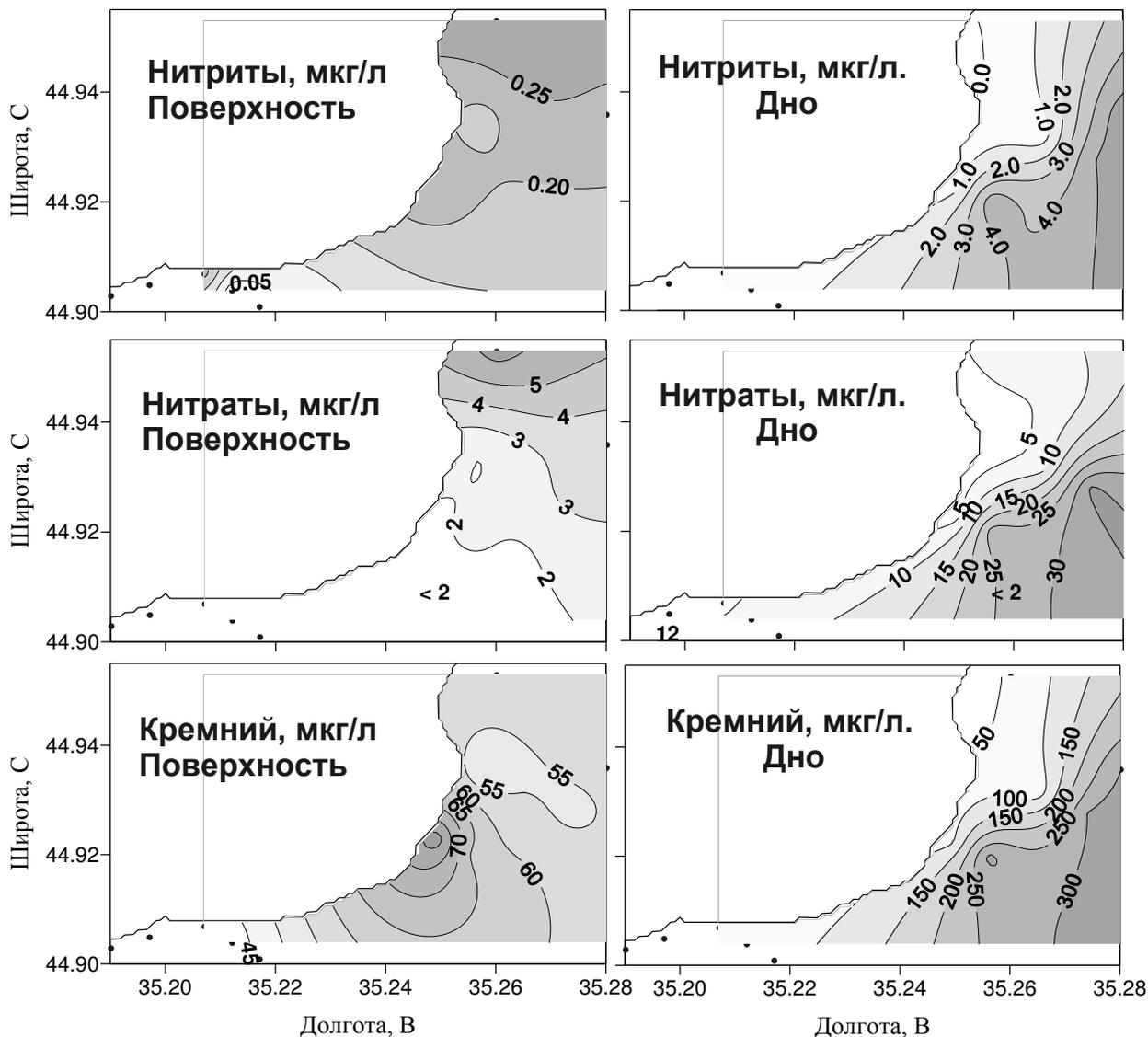
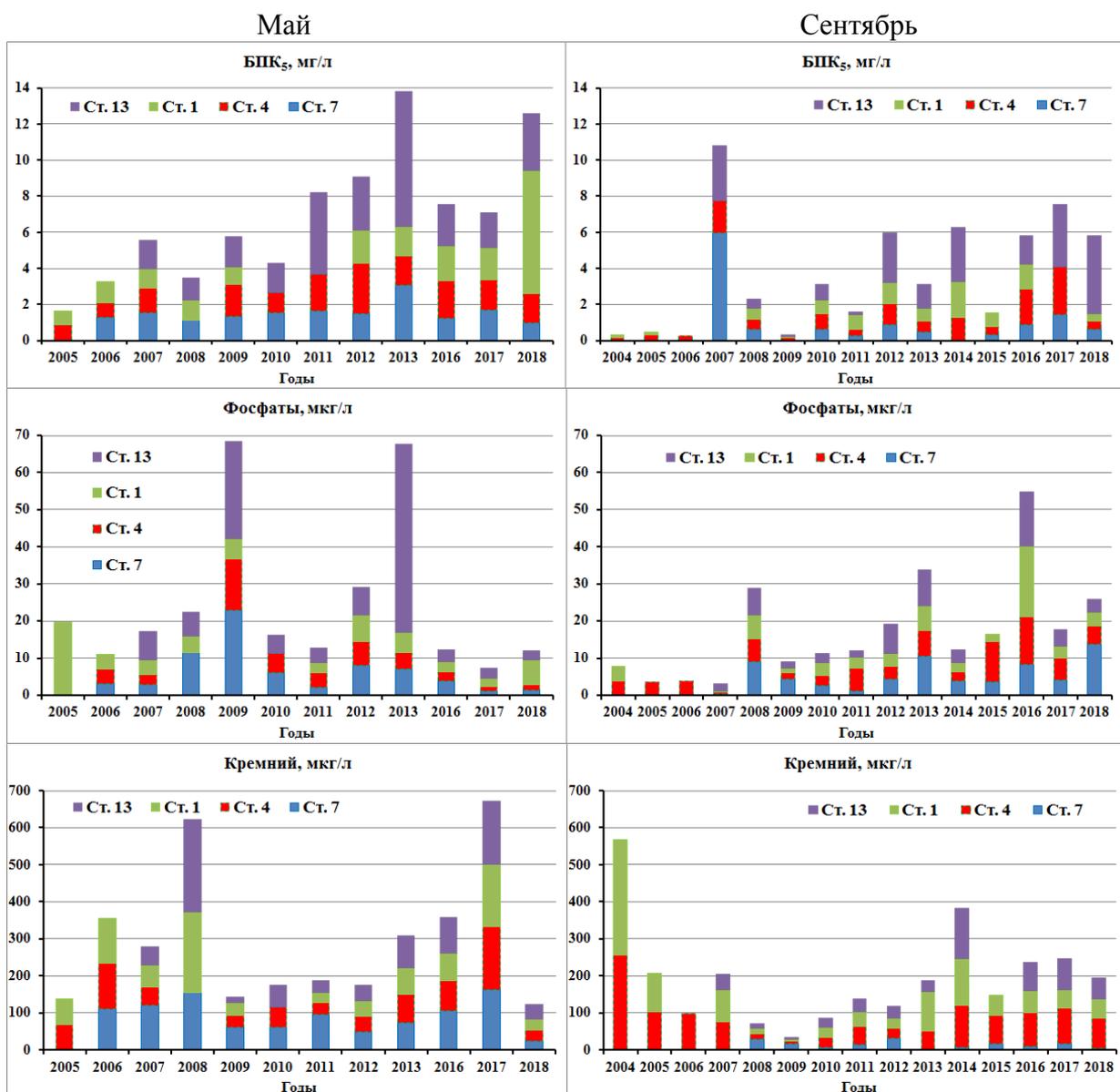


Рис. 9. Распределение биогенных веществ на Карадагском взморье 11 сентября 2018 г.

Величины **процентного отношения**  $R_{мин}:R_{вал}$ , характеризующие наличие азовоморских вод (когда их величины  $<30\%$ ), подчеркивают влияние этих вод на 7 станциях из 11. Значения отношения  $R_{мин}:R_{вал}$  для всей акватории находились в пределах от 16 до 79%. Минимальная величина соответствовала прибрежной станции бухты Коктебель. Снижение влияния азовоморских вод отмечено при продвижении от Коктебельской бухты, к району Биостанции, где величина отношения была максимальной.

**Межгодовая изменчивость гидрохимических показателей.** Представляет интерес межгодовое распределение величин гидрохимических показателей на поверхности прибрежных станций, полученных в мае и сентябре за весь период исследований, с 2005 по 2018 гг. (рис. 10).



**Рис. 10.** Межгодовая изменчивость гидрохимических параметров на поверхности прибрежных станций в период с 2005 по 2018 гг.

Величины BPK<sub>5</sub> в мае месяце имели тенденцию к повышению их значений от начала до конца исследований с двумя максимумами, отмеченными в 2013 и 2018 гг. Первый максимум обусловлен высокой величиной BPK<sub>5</sub> на ст. 3 в Коктебельской бухте, второй – на ст. 1 в районе мыса Мальчин. В сентябре величины BPK<sub>5</sub> в период исследований были намного ниже, чем в мае. Тенденция повышения их значений от года к году сохранялась так же, как и в мае; исключение составил максимум, зафиксированный в 2007 году, который был обусловлен повышенной величиной BPK<sub>5</sub> на ст. 7 в районе Биостанции. Повышение величин BPK<sub>5</sub> с 2005 по 2018 гг. свидетельствует о накоплении нестойкого органического вещества на поверхности прибрежных станций в течение всего периода наблюдений.

Величины фосфатов и кремния в мае месяце в течение всего периода наблюдений имели повышенные величины по сравнению с сентябрьскими величинами. Закономерностей в распределении от года к году не отмечено, в майских съемках отмечено по два максимума: фосфатов – в 2009 и 2013, кремния – в 2006 и 2017 гг. В сентябрьских съемках также отмечено по два максимума: фосфатов – в 2008 и 2016,

кремния – в 2004 и 2014 годах. Изменчивость величин фосфатов и кремния зависит, в основном, от интенсивности процесса фотосинтеза во время наблюдений.

**Исследования в 2-метровой прибрежной зоне** впервые проведены нами в сентябре 2017 г. Цель исследований заключалась в изучении качества морской воды в узкой прибрежной полосе Карадагского природного заповедника в зонах с разной антропогенной нагрузкой. Пробы отбирали у Кузьмичевых Камней (акватория заповедника, ст. 1), на западной границе заповедника (ст. 2), на пляже Биостанции (ст. 3) и у выпуска сточных вод из дельфинария (ст. 4) (см. рис. 1). Различия в пробах оказались значительными. При этом если колебания гидрохимических показателей были закономерны и понятны, то разница в термohалинных характеристиках вызвала ряд вопросов. Поэтому в 2018 г. было решено продолжить такие работы. Результаты анализов представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Распределение гидролого-гидрохимических показателей в узкой прибрежной зоне Карадагского природного заповедника**

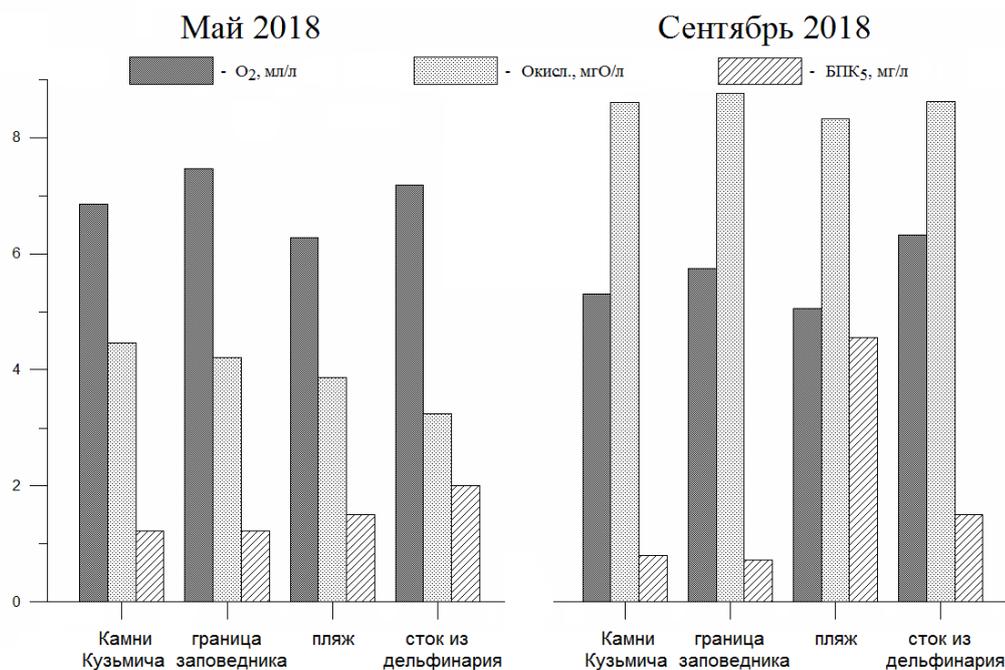
№ ст,	T, °C	S, ‰	O <sub>2</sub>	БПК <sub>5</sub> , мг/л	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>	Si	Pорг	Nорг	Окисл мгО/л	
			мл/л										%
<i>16 мая 2018 г.</i>													
1	18,90	17,36	6,85	117	1,22	0,4	2,4	6,7	1,4	59	11,5	392	4,46
2	19,50	17,49	7,46	129	1,22	0,3	2,7	15,2	4,2	81	10,0	369	4,21
3	18,50	17,36	6,27	106	1,50	0,1	9,4	10,7	2,5	84	11,2	302	3,87
4	19,70	17,35	7,18	124	2,01	0,6	20,2	21,3	2,1	167	12,1	467	3,24
<i>11 сентября 2018 г.</i>													
1	24,50	17,63	5,30	101	0,80	0,8	2,6	15,2	2,9	136	27,8	4061	8,60
2	24,80	17,62	5,74	110	0,72	0,2	2,1	14,0	8,2	70	16,2	2934	8,76
3	24,60	17,64	5,06	96	4,55	0,7	1,4	14,7	10,6	166	28,9	3928	8,32
4	24,60	17,62	6,33	120	1,51	0,7	1,4	11,7	6,2	85	15,0	2309	8,62

В мае 2018 г. колебания значений температуры превышали 1°C: минимальная ее величина (18,5°C) отмечена на пляже и максимальная (19,7°C) – у выпуска сточных вод. Пониженную температуру наблюдали у Кузьмичевых Камней, а повышенную – на границе заповедника. Таким образом, можно констатировать, что более низкие значения температур наблюдались в зонах с приглубым берегом и, соответственно, с хорошим перемешиванием, а повышенные значения – в зонах с мелководным побережьем. Соленость изменялась в узком диапазоне 17,35–17,49‰. В сентябре значения температуры и солености во всех точках были практически одинаковыми. Несмотря на это, гидрохимические показатели колебались в широком диапазоне в обеих съемках, о чем будет сказано ниже.

В пробах, отобранных с берега в 2-метровой полосе моря 16 мая, также был выполнен весь комплекс гидрохимических анализов (табл. 1). Их распределение по акватории имело пятнистый характер. Отмечено повышение средних концентраций кремния (на 38 мкг/л), азота нитратного (на 3 мкг/л) и насыщения кислородом (на 14%) и понижение средних величин БПК<sub>5</sub> (на 0,11 мл/л), окисляемости (на 0,8 мгО/л), Pорг (на 3 мкг/л), и Nорг (на 160 мкг/л) по сравнению со средними величинами, полученными накануне на акватории Карадагского природного заповедника на прибрежных станциях 1, 4 и 7. В районе стока из дельфинария зафиксированы максимальные значения БПК<sub>5</sub>, азота нитратного и аммонийного, органического фосфора и азота, что указывает на загрязнение района самими стоками из дельфинария.

В четырех пробах, отобранных с берега 12 сентября на тех же станциях, что и 16 мая, отмечено повышение средних величин окисляемости и БПК<sub>5</sub> в 2 раза и концентрации Nорг – в 9 раз по сравнению с майской съемкой. В районе пляжа зафиксирована максимальная (4,55 мг/л) величина БПК<sub>5</sub>, пониженное содержание

кислорода (5,06 мл/л и 96,2%), максимальные концентрации фосфатов (10,6 мкг/л) и кремния (165,6 мкг/л), что указывает на загрязнение этого района хозяйственно-бытовым стоком (рис. 11).



**Рис. 11.** Распределение величин окисляемости, БПК<sub>5</sub> и кислорода в 2-метровой полосе моря в мае и сентябре 2018 г. на акватории Карадагского природного заповедника.

В целом, во время весенней съемки 2018 г. в 2-метровой полосе моря наибольшее загрязнение по величинам БПК<sub>5</sub> наблюдалось на ст. 4 (сток из дельфинария), а во время сентябрьской – на ст. 3 (район пляжа). В сентябре по сравнению с маем зафиксирован более высокий уровень загрязнения по величинам окисляемости, превышающим ПДК в 2 раза, и пониженному содержанию кислорода.

### Выводы

Майские съемки последних трех лет позволяют выделить новый тип распределения термохалинных полей с субмеридианальным расположением изотерм или изохалин. В мае и сентябре 2018 г. поверхностная температура превышала среднемноголетние показатели на 2–3°C. Значения солёности, напротив, были несколько ниже.

Влияние азовоморских вод по величинам  $R_{мин}$ :  $R_{вал}$ , не превышающим 30%, характерным для этих вод, прослежено в мае на 13 станциях из 14 и на 7 станциях из 11 в сентябре.

По высоким величинам БПК<sub>5</sub> и азота аммонийного на поверхности прибрежной станции в бухте Коктебель в мае и сентябре отмечено загрязнение хозяйственными стоками.

В межгодовой изменчивости величин БПК<sub>5</sub> на поверхности прибрежных станций прослежена тенденция к повышению их значений от 2005 до 2018 года, что свидетельствует о накоплении нестойкого органического вещества в течение всего периода наблюдений.

На акватории от камней Кузьмича до стока из дельфинария, в узкой 2-метровой полосе моря отмечена неоднородность распределения на поверхности

гидрохимических показателей. Наиболее загрязненным по величинам БПК<sub>5</sub> в мае был район стока из дельфинария, в сентябре – район пляжа.

### Благодарности

Авторы выражают благодарность ведущему инженеру Богдановой Татьяне Александровне за помощь в обработке первичных данных, а также администрации Карадагской научной станции за предоставленную возможность проводить исследования на акватории заповедника.

### Список литературы

1. *Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма. Абиотические факторы и условия обитания гидробионтов прибрежной зоны Юго-Восточного Крыма* / Под ред. Н.С. Костенко / О.А. Трощенко, А.А. Субботин Гидрологические особенности. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 46–59.
2. *Ковригина Н.П., Павлова Е.В., Мурина В.В., Лисицкая Е.В., Смирнова Ю.Д.* Гидрохимическая характеристика и меропланктон прибрежных вод Карадага (2004 г.) // *Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа*. – 2007. – Вып. 15. – С. 139–151.
3. *Ковригина Н.П., Родионова Н.Ю.* Гидрохимические особенности // *Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма* / под ред. Н.С. Костенко. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2018. – С. 59–76.
4. *Ковригина Н.П., Трощенко О.А., Щуров С.В.* Особенности пространственного распределения гидролого-гидрохимических показателей прибрежной акватории Карадага в современный период (2005 – 2006 гг.) // *Карадаг – 2009: Сборник научных трудов, посвященных 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины*. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 446–461.
5. *Методические указания № 30*. – М.: Гидрометеиздат, 1966. – 39 с
6. *Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов*. – М.: ВНИРО, 1988. – 119 с
7. *Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения в том числе нормативов ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждено Приказом Федерального агентства по рыболовству №20 от 18.01.2010* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2070984/> (дата обращения: 05.08.2018).
8. *Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях*. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1977. – 725 с.
9. *Скопинцев Б.А.* Формирование современного химического состава вод Черного моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 335 с.

### STUDY OF ABIOTIC ENVIRONMENTAL COMPONENTS IN THE COASTAL WATERS OF KARADAG IN MAY AND SEPTEMBER 2018

**Kovrigina N.P., Troshchenko O.A., Rodionova N.Yu., Kapranov S.V., Eremin I.Yu.**  
A.O. Kovalevsky Institute of Marine Biological Research of RAS, Sevastopol, Russian Federation,  
e-mail: [maricultura@mail.ru](mailto:maricultura@mail.ru)

The results of hydrological and hydrochemical studies of the coastal waters of Karadag Nature Reserve and Koktebel Bay conducted in May and September 2018 are presented in this work. In this region, a new pattern of distribution of thermohaline fields with a submeridional orientation of

isotherms or isohalines is detected. From the values of BOD<sub>5</sub>, oxidizability, and pollution index (BOD<sub>5</sub>/oxidizability) not exceeding 1.0, it is shown that the sanitary condition of these waters satisfies the fishery water standards. The comparison of dissolved organic carbon determined in our early studies in 2004 with that in 2018 indicates no dissolved organic carbon accumulation over this period. From the ratio of the mineral and total phosphorus  $P_{\min}/P_{\text{tot}} < 0.3$  and high concentrations of silicates and mineral phosphorus, the influence of the Azov Sea water outflow on the hydrochemical structure of the area under study is revealed. In the inter-annual variability of BOD<sub>5</sub> in the surface water of the near-shore stations, a trend of its gradual increase from 2005 to 2018 is observed.

**Keywords:** hydrological and hydrochemical indicators, nutrients, surface mixed layer, Azov Sea water, Karadag offshore, Black Sea

*Поступила в редакцию 07.02.2019 г.*