

РАЗДЕЛ 2.

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И КЛИМАТОЛОГИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ

УДК 551.46(262.5.04)

СРАВНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГА ВЕСНОЙ 2022 И 2023 ГГ.

*Троценко О. А.¹, Ковригина Н. П.², Щуров С. В.³,
Родионова Н. Ю.⁴, Борисова Д. С.⁵*

^{1,2,3,4,5} ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Российская Федерация
E-mail: ¹oleg_tr59@mail.ru

По результатам проведенных весной 2022 и 2023 гг. выявлены заметные расхождения величин термохалинных показателей в разные годы. В 2022 г. температура поверхностного слоя воды была ниже (на 5,6°C), а соленость выше (на 1‰) относительно 2023 г. Зафиксировано высокое содержание растворенного кислорода, превышающее предельно допустимую концентрацию (ПДК) по рыбохозяйственным нормативам в обеих съемках. Абсолютное содержание кислорода было выше ПДК в 1.7 раза, относительное – в 2.5 раз. Выявлены зоны неблагополучного санитарного состояния в мае 2022 г. по коэффициенту загрязнения Кз, равному отношению биохимического потребления кислорода на пятые сутки к окисляемости и превышающему 1.0; остальная акватория по величинам Кз была незагрязненной. Распределение биогенных веществ в обеих съемках было относительно однородно в поверхностном и придонном слоях. Максимальные значения зафиксированы на прибрежных станциях у п.г.т. Коктебель и Курортное. Содержание биогенов не превышало ПДК по нормативам для рыбохозяйственных водоёмов.

Ключевые слова: температура, соленость, растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода на пятые сутки, биогенные вещества, Карадагский природный заповедник, Черное море.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования в акватории Карадагского природного заповедника и прилегающих к нему районов проводились сотрудниками отдела аквакультуры и морской фармакологии ФИЦ «ИнБЮМ» с 2004 г. На сегодняшний день выполнено 40 съемок, результаты которых опубликованы, в основном, в изданиях Карадагской биологической станции «Летописи природы» (ежегодно 2004–2009 гг.) и «Труды Карадагской научной станции» (2011–2020 гг.). Обобщение полученных материалов было представлено в монографии [1, 2]. Многолетняя изменчивость гидролого-гидрохимических характеристик, существующие тенденции и обзор исследований, выполненных ранее показаны в [3]. В данной работе рассматриваются результаты майских съемок двух последних лет — 2022 и 2023 гг.

Таким образом, цель предлагаемой статьи — дополнение более ранних результатов исследований и сравнительный анализ абiotических характеристик полученных 25 мая 2022 г. и 23 мая 2023 г. на фоне среднемноголетних показателей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работы выполнялись по стандартным методикам [4, 5, 6] по схеме станций приведенной на рис. 1 которая не изменялась с 2012 г. Более подробно методика отбора проб и проведения анализов представлена в работе [3].

Во время съемок было отобрано 56 проб и выполнено 532 гидролого-гидрохимических анализов. Пробы отбирали в поверхностном и придонном слоях. Измеряли и определяли следующие характеристики: температура, соленость, растворенный кислород, биохимическое потребление кислорода на пятые сутки (БПК₅), перманганатная окисляемость в щелочной среде, кремний, азот нитритный, азот нитратный, азот аммонийный, фосфор минеральный и органический азот и фосфор. Коэффициент загрязнения Кз, равный отношению величин БПК₅ к окисляемости, рассчитан по Скопинцеву [7].



Рис. 1. Схема расположения станций на взморье Карадагского заповедника в мае 2022–2023 гг.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1.1. Температура и соленость

В данной работе проводится сравнение двух аналогичных гидролого-гидрохимических съемок на взморье Карадага и прилегающих акваториях в третьих декадах мая 2022 и 2023 гг. Распределение температуры по данным обеих съемок представлены на рис. 2. Видно, что повышение температуры идет с востока на запад, что соответствует общей тенденции поступления более холодных и

СРАВНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГА ВЕСНОЙ 2022 И 2023 ГГ.

распресненных вод с северо-восточной части Черного моря (в том числе и азовоморских) вдоль крымского побережья.

Однако, разность температур между двумя съемками значительна. Если в мае 2022 г. диапазон изменения температуры поверхностного слоя составлял 10,8–13,9°C, то в 2023 г. — 15,8–16,4°C. Таким образом, в 2022 г. поверхностная температура была в среднем на 1–3°C ниже среднееголетних значений, а в 2023 г. приблизительно на 1°C выше [1]. Обращают на себя внимание и пределы диапазонов – 3,1°C в 2022 г. и 0,6°C в 2023 г. Как правило, диапазон изменения температуры поверхностного слоя в мае на изучаемой акватории составляет 1–2°C, т.е. в первом случае он явно превышал эти показатели, а во втором был ниже.

Вопрос с чем связаны такие расхождения в значениях температур оказался не таким простым. Были рассмотрены погодные условия (условия прогрева) в апреле-мае в эти годы (сайт word-weather.ru). Они оказались аналогичными. В 2022 г. средняя температура воздуха в апреле составляла 13°C, в мае 17°C. В 2023 г., соответственно, 12°C и 17°C. Изучение космических снимков с данными поверхностной температуры Черного моря (морской портал официального сайта МГИ РАН) показало, что различия температур были обусловлены более низкими значениями в марте-апреле, когда поверхностная температура восточной части моря в 2022 г. были приблизительно на 2°C ниже 2023 г., т. е. связаны с более сильным зимним выхолаживанием в 2022 г.

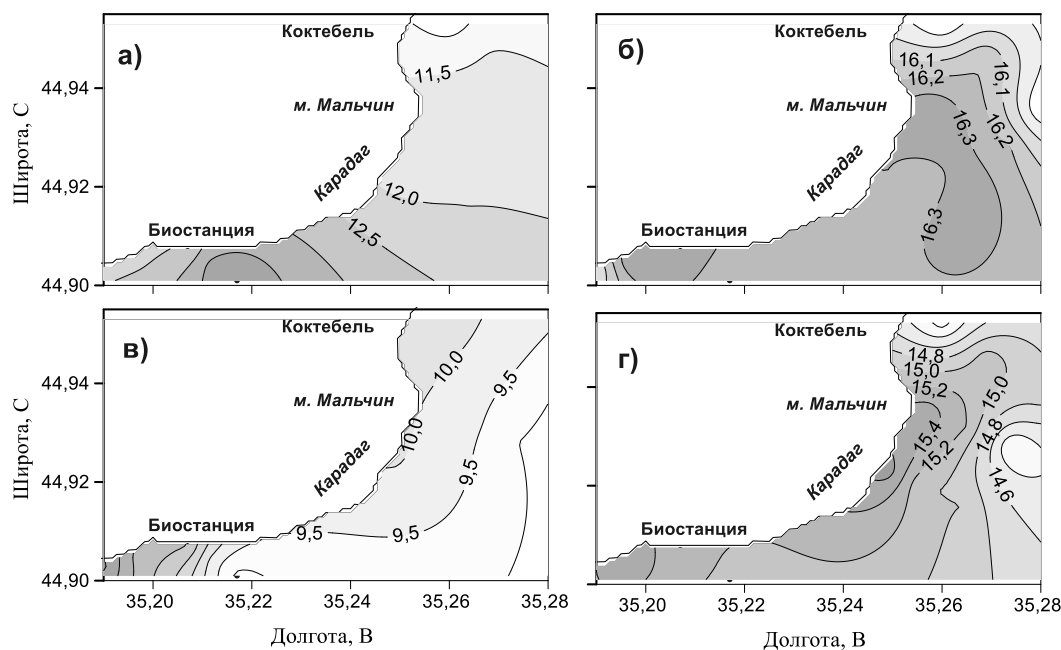


Рис. 2. Распределение температуры в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г) в поверхностном слое (а, б) и у дна (в, г).

С глубиной температура в обоих случаях плавно понижалась. Происходило формирование термоклина с низкими вертикальными градиентами; максимальные значения не превышали $0,1-0,2^{\circ}\text{C}/\text{м}$. В гидрологии для прибрежных районов придонное распределение термohалинных характеристик обычно не рассматривают, так как изотермы и изохалины, как правило, располагаются вдоль изобат. Распределение придонной температуры, в общем, соответствовало этому правилу. Однако в 2023 г. оно было нарушено в восточной части полигона, где градиентная зона сохранялась от поверхности ко дну.

Поверхностные поля солености в обоих съемках были очень однородны (диапазон изменчивости около $0,2\text{‰}$) и говорить о каких-то пространственных закономерностях не приходится (рис. 3). Можно отметить, что в 2022 г. относительно распресненные воды зафиксированы только в Коктебельской бухте, а в 2023 г. они распространялись вдоль всего берега до глубин 10–20 м. В 2022 г. поверхностная соленость колебалась в пределах $18,20-18,44\text{‰}$, в 2023 г. – $17,44-17,66\text{‰}$. В первом случае на $0,4-0,6\text{‰}$ выше среднеголетних значений, во втором на $0,1-0,3\text{‰}$ ниже [1]. В 2022 г. наблюдалась максимальная соленость за весь период наблюдений (рис. 3).

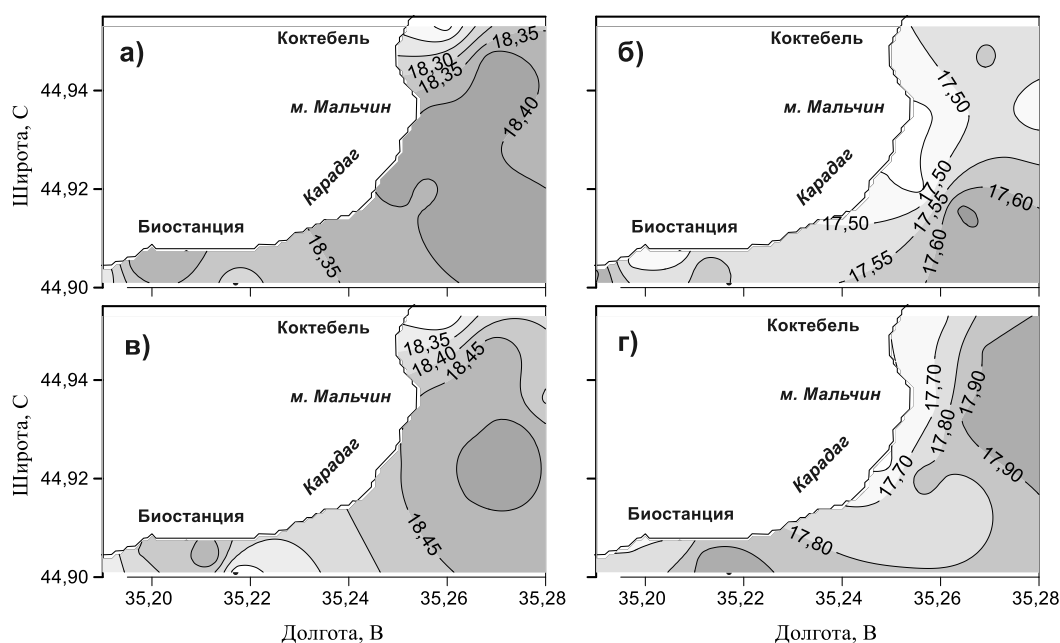


Рис. 3. Распределение солености в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г) в поверхностном слое (а, б) и у дна (в, г).

Карты придонного распределения солености в оба года аналогичны поверхностному распределению. Зафиксировано незначительное повышение величин солености с глубиной – вертикальный градиент был ниже $0,01\text{‰}/\text{м}$.

1.2. Растворенный кислород

Во время съемки в мае 2022 г. содержание растворенного кислорода в от поверхности до дна изменялось от 6,30 до 8,77 мл/л и от 91,1 до 130,2% насыщения при средних значениях, равных 70 мл/л и 1046%. Минимальное значение отмечено на прибрежной ст. 13 в Коктебельской бухте, где нами ранее было отмечено влияние хозяйственных стоков [8]. Максимум зафиксирован на поверхности ст. 3. Экстремальные величины абсолютного и относительного содержания кислорода наблюдали на одних и тех же станциях.

Во время съемки в мае 2023 г абсолютное содержание кислорода на поверхности в мае 2023 г. изменялось в пределах от 6,1 до 8,07 мл/л при среднем значении, равном 6,57 мл/л. Указанный предел изменчивости не отличался практически от такового, полученного для мая 2022 г. Сам размах изменчивости абсолютного содержания кислорода в 2022 г. составил 2,47 мл/л, в 2023 г. — 1,96 мл/л. Минимальное содержание отмечено на прибрежной ст. 21 в устье реки Отузки. Максимальное содержание зафиксировано на прибрежной ст.7 в районе Биостанции. Экстремальные величины насыщения кислородом отмечены в районах, где обнаружены экстремальные величины абсолютного содержания кислорода, аналогично 2022 г. На поверхности диапазон изменчивости величин насыщения кислородом составил 99,2–131,2%. Размах изменчивости величин насыщения в мае 2022 г. составил 39,1%, в мае следующего года — 31,9%.

На придонных горизонтах средняя величина насыщения кислородом в мае 2022 г. составляла 99%, максимальная — 106% (ст. 3). В мае 2023 г. средняя величина насыщения кислородом превышала 100% на 6,5%, что подтверждает интенсивную вегетацию весенних форм фитопланктона. Небольшое недосыщение (1,1%) было отмечено только на одной ст. 19. Распределение величин кислорода представлено на рис. 4.

1.3. Биохимическое потребление кислорода на пятые сутки (БПК₅)

В мае 2022 г. величина БПК₅ в поверхностном слое изменялась в пределах от 0,98 до 3,71 мг/л при среднем значении 2,29 мг/л. Минимальная величина отмечена на ст.13, максимальная — на ст.3. Превышение ПДК (2,0 мг/л) [9] зафиксировано на большей части акватории. Все величины БПК₅ в мае 2023 г. изменялись в пределах от 1,00 до 1,91 мг/л, не превышающих ПДК. Минимальная величина зафиксирована на промежуточной ст. 5 разреза в районе Биостанции, максимальная – на разрезе в районе Коктебельской бухты (ст. 11). Распределение величин БПК₅ на поверхности исследуемой акватории показано на рис. 5 (а, б).

1.4. Перманганатная окисляемость в щелочной среде

В мае 2022 г. значения окисляемости изменялись от 2,02 до 3,77 мгО/л, при среднем значении 2,87 мгО/л. Минимальная величина отмечена на ст.12, максимальная – на ст. 7 (см. рис. 5 в,г). Все величины окисляемости, полученные в мае 2022 г., были ниже ПДК (4,0 мгО/л) по рыбохозяйственным нормативам [9]. В мае 2023 г. пределы изменчивости были выше: от 1,69 до 6,74 мгО/л. Практически на всей акватории величины окисляемости превышали ПДК, при среднем значении, равном 4,85 мгО/л.

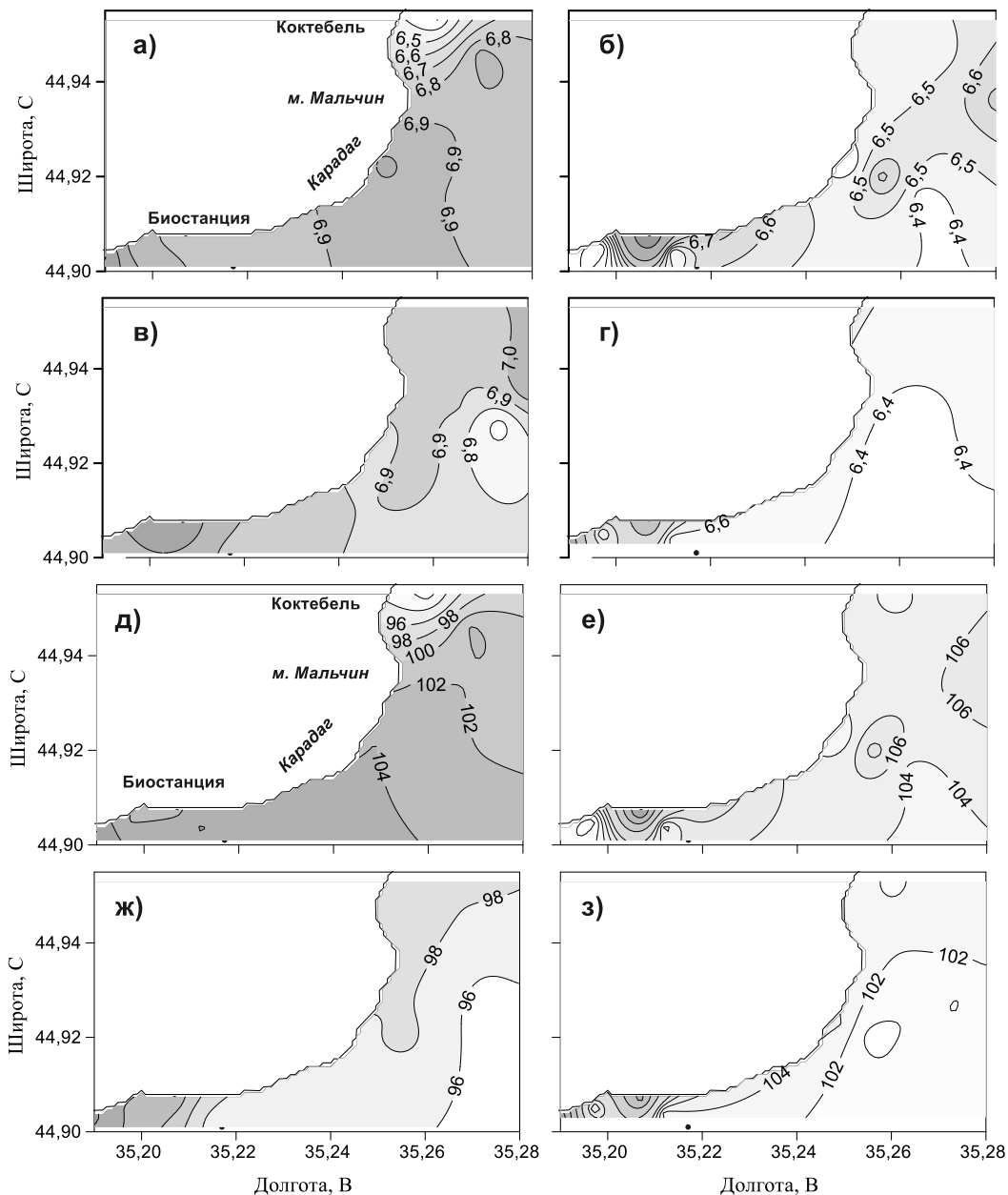


Рис. 4. Распределение абсолютного (мл/л; а–г) и относительного (%; д–з) содержания кислорода в мае 2022 г. (а, в, д, ж) и 2023 г. (б, г, е, з) в поверхностном слое (а, б, д, е) и у дна (в, г, ж, з).

В мае 2022 г. величины коэффициента загрязнения K_z имели диапазон изменчивости от 0,30 до 1,4. На прибрежных станциях 3, 12 и 22 коэффициент загрязнения превышал 1,0, что свидетельствует о неблагоприятной санитарной

СРАВНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГА ВЕСНОЙ 2022 И 2023 ГГ.

обстановке в этих зонах. На остальной акватории величины Кз были ниже 1,0. В мае 2023 г. величины Кз изменялись в пределах от 0,19 до 0,88. Минимальная величина соответствовала ст. 22, максимальная — ст. 19. Все величины Кз имели значения ниже 1,0, что означает незагрязненную акваторию, несмотря на повышенные значения величин окисляемости.

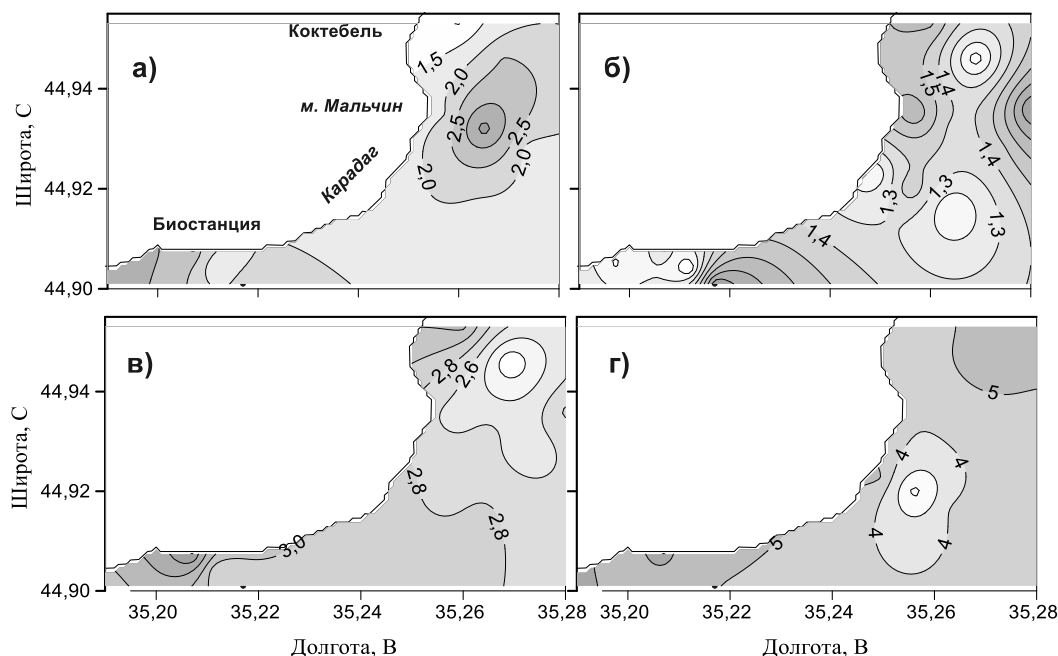


Рис. 5. Распределение величин БПК₅ (мг/л; а, б) и окисляемости (мгО₂/л; в, г) в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г).

1.5. Распределение биогенных веществ

Во время майской съемки 2022 поле распределения окисленных форм азота на поверхности характеризовалось пониженными концентрациями на акватории Карадагского заповедника: нитриты — <0,2, нитраты — <5,0 мкг/л (рис. 6). Их содержание увеличивалось до максимальных значений (2,6 и 32,7 мкг/л соответственно) в районе п.г.т. Курортное. В 2023 г. максимумы данных показателей наблюдали на ст. 2 в глубоководной части разреза от м. Мальчин, причем если содержание нитритов по всей акватории съемки было незначительно выше значений 2022 г. (0,3–3,1 мкг/л), то в концентрации нитратов отмечено снижение на порядок (1,0–4,5 мкг/л).

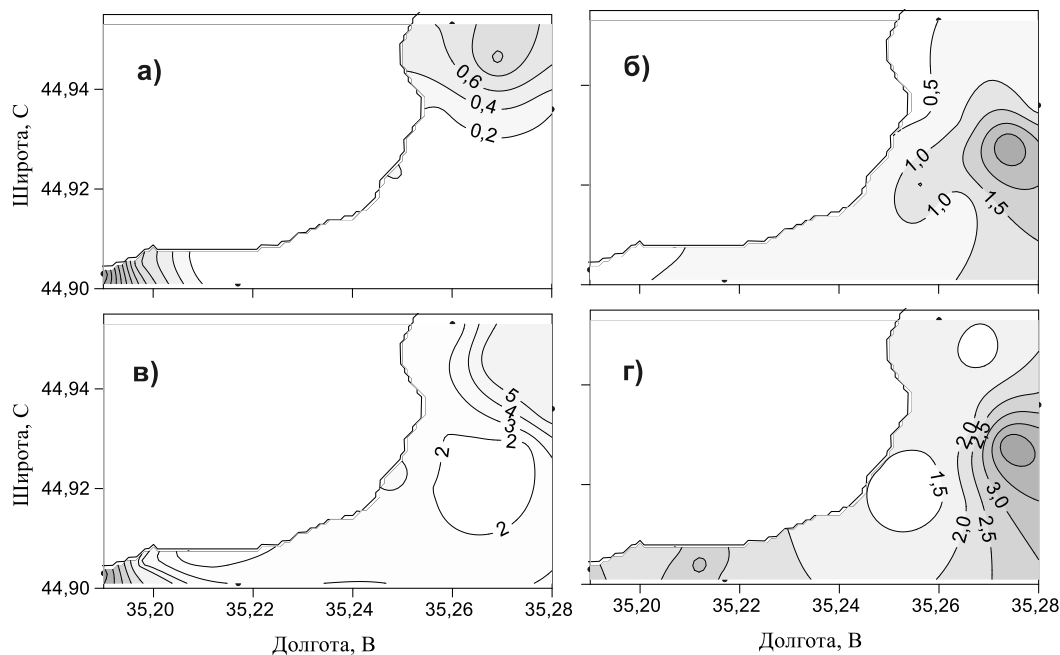


Рис. 6. Распределение нитритного (а, б) и нитратного азота (в, г) (мкг/л) в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г) в поверхностном слое.

На придонном горизонте в 2022 г. содержание нитритов также было несколько выше, чем на поверхности, в то время как значения нитратов не изменились (нитриты — $< 0,5$ мкг/л, нитраты — < 5 мкг/л), а максимумы наблюдали на прибрежной станции 13. В 2023 г. поле распределения нитратов характеризовалось относительной однородностью (1,5–2,5 мкг/л) с понижением концентрации в северо-восточной части полигона до 0,7 мкг/л (ст. 12).

В содержании аммонийного азота в поверхностном слое средние значения в 2022 г. были ниже, чем в 2023 г. (7,8 и 17,1 мкг/л соответственно), при этом распределение по акватории заповедника было относительно однородным; повышение концентраций наблюдалось на разрезе от поселка Коктебель в восточной части полигона до 15 мкг/л (ст. 12) в 2022 г. и до 38,3 мкг/л (ст. 11) в 2023 г. (рис. 7а, б).

**СРАВНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГА ВЕСНОЙ 2022 И 2023 ГГ.**

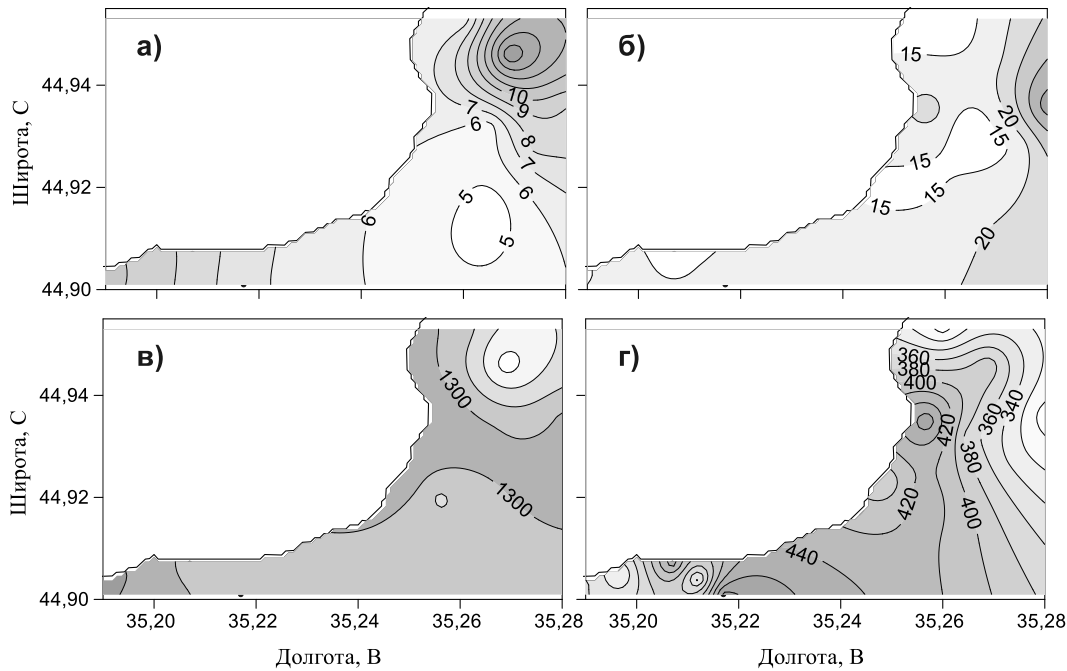


Рис. 7. Распределение аммонийного (а, б) и органического азота (в, г) (мкг/л) в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г) в поверхностном слое.

Концентрации органического азота на поверхности в 2022 г. превышали содержание Норг в 2023 г. почти в 4 раза (средние значения 1287 и 381 мкг/л соответственно). Поле распределения данного показателя в 2022 г. характеризовалось однородностью: 1200–1300 мкг/л на акватории заповедника с диапазоном изменений от 945 в Коктебельской бухте (ст. 12) до 1417 мкг/л у поселка Курортное (ст. 22). В 2023 г. изолинии значений Норг показывали повышенное его содержание на акватории заповедника 410–487 мкг/л, с понижением концентраций в Коктебельской бухте и в восточной глубоководной части полигона, а также в районе Биостанции и поселка Курортное (см. рис. 7в, г).

Содержание фосфатов на поверхности в 2022 и 2023 гг. практически не отличалось (в среднем 16,3 и 16,5 мкг/л соответственно). В 2022 г. максимум наблюдался на глубоководной станции 6 (24,3 мкг/л), а в 2023 г. — на прибрежных станциях 13 и 7–19,6 и 22,3 мкг/л соответственно. На акватории заповедника наблюдали достаточно однородное распределение с концентрациями 16–18 и 15–16 мкг/л в 2022 и 2023 гг. соответственно (рис. 8а, б).

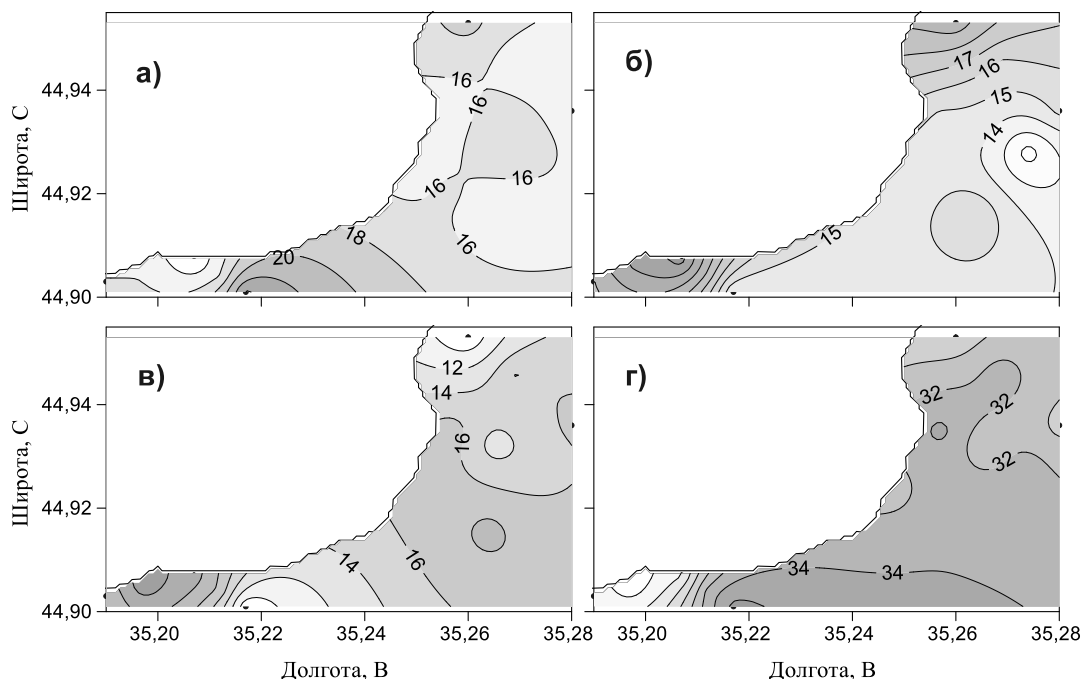


Рис. 8. Распределение минерального (а, б) и органического фосфора (в, г) (мкг/л) в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г) в поверхностном слое.

В придонном слое среднее содержание фосфатов в 2022 г. было несколько ниже (16,5 мкг/л), чем 2023 г. (20,0 мкг/л). Распределение по акватории заповедника так же, как и на поверхности, характеризовалось относительной однородностью — 14–20 и 12–20 мкг/л соответственно в 2022 и 2023 гг. В то же время максимальные концентрации фосфатов в 2022 г. были зафиксированы на глубоководных станциях 2 (29,4 мкг/л) и 20 (22,8 мкг/л) на разрезах от м. Мальчин и Сердоликовой бухты. В 2023 г. повышение содержания минерального фосфора наблюдали на прибрежных станциях 13 (30,1 мкг/л) и 7 (33,5 мкг/л).

Значения органического фосфора на поверхности в 2022 г. были почти в 2 раза ниже, чем в 2023 г. (в среднем 16,1 и 30,3 мкг/л соответственно). В пространственном распределении в 2022 г. отмечена относительная однородность на акватории Карадагского заповедника (14–16 мкг/л) с понижением концентрации органического фосфора в Коктебельской бухте (8,3 мкг/л, ст. 13) и повышением — у поселка Курортное (23,1 мкг/л, ст. 21). В 2023 г. однородность распределения на акватории заповедника сохранилась (32–34 мкг/л), а минимум (20,6 мкг/л), в отличие от ситуации 2022 г., наблюдался на ст. 21 (Курортное) (см. рис. 8в, г).

Соотношение $R_{\text{мин}}:R_{\text{вал}}$ в 2022 и 2023 гг. отличалось незначительно: 27,1–38,9 и 25,9–50,3 при средних значениях 32,5 и 35,5% соответственно. В пространственном распределении во время обеих съемок наблюдалось однородное поле на акватории заповедника (30–32%) с повышением значений до максимальных у пгт Курортное, ст. 21. Отмечено слабое влияние азовоморских вод: в мае 2022 г.

СРАВНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГА ВЕСНОЙ 2022 И 2023 ГГ.

только на прибрежной ст. 13, в мае 2023 г. — на ст.1, 2 и 6. В этих районах отношения $R_{\text{мин}}:R_{\text{вал}}$ имели величины ниже 30.0%, что и указывает на присутствие азовоморских вод. На остальной акватории в мае 2022 (на 13 ст. из 14) и мае 2023 гг. (на 11 ст. из 14) величины $R_{\text{мин}}:R_{\text{вал}}$ были выше 30.0%, что подтверждает доминирующее присутствие черноморских вод.

1.6. Кремний

Концентрации кремния на поверхности в 2022 и 2023 гг. отличались незначительно: 203–324 и 220–340 мкг/л, в среднем 233 и 274 мкг/л соответственно (рис. 9). В придонном слое зафиксированы значения того же порядка: 150–298 и 245–294 мкг/л, в среднем 241 и 268 мкг/л в 2022 и 2023 гг. соответственно. Повышенные концентрации в 2022 и 2023 гг. наблюдали в районе Биостанции и пгт Курортное на поверхностном (327 мкг/л, ст. 7 и 340 мкг/л, ст. 21) и придонном горизонтах (294 мкг/л, ст. 7 и 265 мкг/л, ст. 21) соответственно.

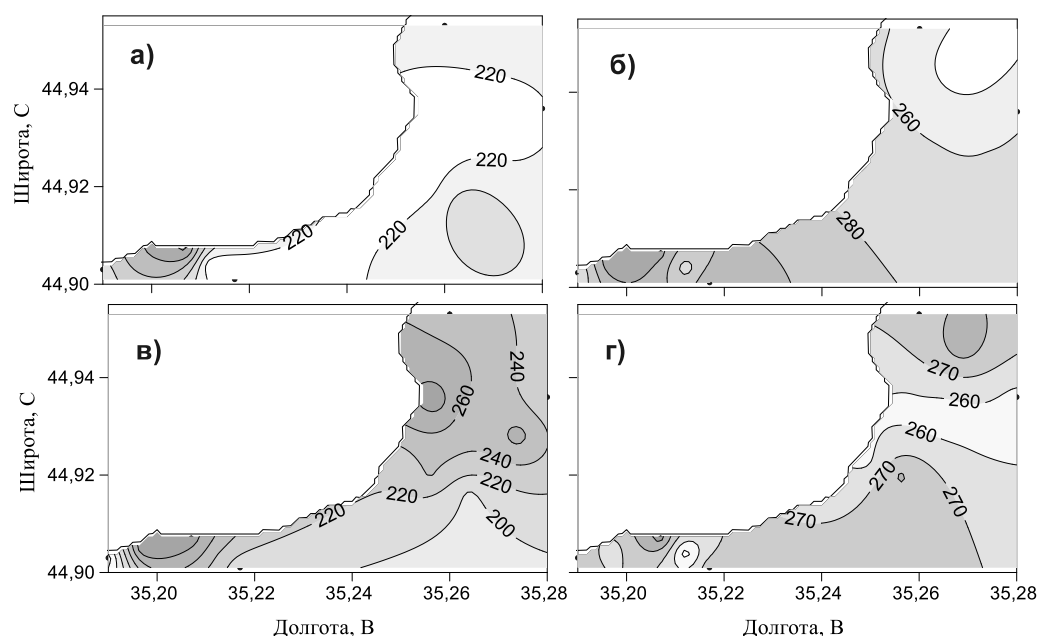


Рис. 9. Распределение содержания кремния (мкг/л) в поверхностном слое (а, б) и у дна (в, г) в мае 2022 г. (а, в) и 2023 г. (б, г).

ВЫВОДЫ

1. В мае 2022 и 2023 гг. наблюдались значительные отличия в величинах температуры поверхностного слоя. Максимальное превышение температуры в 2023 г. по сравнению с 2022 г. составило 5,6°C. В 2022 г. отмечена самая высокая соленость за весь период наблюдений — 18,44‰.

2. По величинам коэффициента загрязнения (K_z), рассчитанным по отношению BPK_5 к окисляемости, выявлены зоны неблагоприятного санитарного состояния акватории на северо-востоке и юго-западе акватории, где $K_z > 1$. В целом, исследованная акватория по величинам K_z считается незагрязненной.

3. Пространственное распределение большинства биогенных веществ во время майских съемок 2022 и 2023 гг. по акватории, входящей в Карадагский заповедник, характеризовалось относительной однородностью. Максимальные значения концентраций отмечены на прибрежных станциях в районах пгт Коктебель и Курортное и у Биостанции, что можно объяснить наличием антропогенного влияния.

4. Пространственное распределение и содержание фосфатов и кремния в поверхностном и придонном слоях в 2023 г. практически не изменились по сравнению с 2022 г. Концентрации же органического фосфора на поверхности в 2023 г. увеличились в среднем почти в 2 раза, при этом доля минеральной составляющей в общем содержании фосфора не изменилась.

5. Содержание форм азота в 2023 г. отличалось увеличением концентраций нитритов и аммонийного азота в 2,0 и 2,5 раза и уменьшением нитратов и азота органического в 2,5 и 4,0 раза по сравнению с 2022 г. Содержание всех биогенных веществ в мае 2022 и 2023 гг. на исследуемой акватории не превышало ПДК по нормативам для рыбохозяйственных водоемов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа подготовлена по теме государственного задания ФГБУН ФИЦ ИнБЮМ РАН «Комплексное исследование механизмов функционирования морских биотехнологических комплексов с целью получения биологически активных веществ из гидробионтов» № 124022400152–1.

Список литературы

1. Троценко О.А., Субботин А.А. Гидрологические особенности // Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма /Карадаг. науч. станция им. Т. И. Вяземского – природ. Заповедник РАН. – Симферополь: АРИАЛ, 2018. – С. – 46-59.
2. Ковригина Н.П., Родионова Н.Ю. Гидрохимические особенности // Биология Черного моря у берегов Юго-Восточного Крыма /Карадаг. науч. станция им. Т. И. Вяземского – природ. Заповедник РАН. – Симферополь: АРИАЛ, 2018. – С. – 59-77.
3. Троценко О. А., Ковригина Н. П., Капранов С. В., Родионова Н. Ю., Бобко Н. И., Борисова Д. С. Гидролого-гидрохимические исследования акватории Карадагского заповедника и Коктебельской бухты в 2021 гг // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. 2022. Т. 8, № 4. С. 278-298.
4. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 725 с.
5. Руководство по химическому анализу морских вод, РД 52.10.24392, СПб, Гидрометеиздат, 1993. 263 с.
6. Rand, McNally. The permanganate index and permanganate value tests for waters and effluents 1983/ Standing Committee of Analysis. London: OCLC Bot, 2011. 18 p.
7. Скопинцев Б.А. Формирование современного химического состава вод Черного моря. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 335 с.

СРАВНЕНИЕ АБИОТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ КАРАДАГА ВЕСНОЙ 2022 И 2023 ГГ.

8. 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.
9. 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.

COMPARISON OF ABIOTIC CHARACTERISTICS COASTAL WATERS OF KARADAG IN SPRING 2022 AND 2023

Troshchenko O. A.¹, Kovrigina N. P.², Shchurov S. V.³, Rodionova N. Yu.⁴, Borisova D. S.⁵

*Federal State Budgetary Institution of Scientific Research "A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the South Seas of the Russian Academy of Sciences", Sevastopol, Russian Federation
E-mail: ¹oleg_tr59@mail.ru*

The results of hydrological and hydrochemical studies in the coastal waters of the Karadag Nature Reserve and in the Koktebel Bay, conducted in May 2022 and May 2023, are presented. The sampling scheme has not changed since 2012 and included four sections normal to the coastline: from the pier of Koktebel Bay, from Malchin Cape, from the bay of Carnelian and from the Biostation. In addition, samples were taken at two coastal stations: in the area of the Otuzka River mouth and in the area of the Kurortnoye village wastewater discharge outlet. The purpose of the proposed article is to supplement the previously obtained results and analyze the spatial and temporal variability of the hydrological and hydrochemical characteristics obtained on May 25, 2022 and May 23, 2023 against the background of long-term average indicators.

The complex of hydrological and hydrochemical studies included the measurement of temperature, salinity, dissolved oxygen, five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), permanganate oxidizability in an alkaline medium, silicon, mineral and organic forms of nitrogen and phosphorus. Samples were taken from the surface and at the bottom layers. A total of 56 samples were taken and 532 hydrological and hydrochemical analyses were performed according to generally accepted methods. The Kz pollution coefficient, equal to the ratio of BOD₅ values to oxidizability, is calculated according to Skopintsev [9].

As a result of the obtained material analysis, noticeable discrepancies were noted in the values of thermohaline indicators in different years. In 2022, the temperature of the surface water layer was lower (by a maximum of 5.6°C), and the salinity was higher (by 1‰) relative to 2023. In 2022, the highest salinity (18.44‰) was observed for the entire observation period.

A high level of oxygen supply was noted. In the entire studied layer, the absolute oxygen content in May 2022 did not fall below the MPC according to fisheries standards, it was 1.7 times higher than them, and the relative content was 2.5 times higher. The following year, the excess of the MPC was recorded in the same way as in 2022: 1.6 and 2.6 times. BOD₅ values in May 2022 exceeded MPC at 8 out of 14 stations; in May of the following year, 13 out of 14 stations recorded an excess of oxidizability MPC. Zones of unfavorable sanitary condition of the water area have been identified according to the values of the Kz pollution coefficient, (BOD₅/oxidizability) exceeding 1.0, in May 2023. The rest of the water area during the study period was uncontaminated by the values of the short-range zone.

Relative uniformity of concentrations in the surface and bottom layers was noted in the spatial distribution of nutrients in both surveys. The maximum values were recorded at the coastal stations near the Koktebel and Kurortnoye settlements. The content of biogens during the entire observation period did not exceed the maximum permissible concentration according to standards for fishery reservoirs.

Keywords: temperature, salinity, dissolved oxygen, biochemical oxygen consumption on the fifth day, biogenic substances, Karadag Nature Reserve, Black Sea.

References

1. Troshchenko O.A., Subbotin A.A. Hidrologicheskie osobennosti // *Biologiya Chernogo morya u beregov YUgo-Vostochnogo Kryma /Karadag. nauch. stanciya im. T. I. Vyazemskogo – prirod. Zapovednik RAN. – Simferopol': ARIAL, 2018. – S. – 46-59.*
2. Kovrigina N.P., Rodionova N.YU. Hidrohimicheskie osobennosti // *Biologiya Chernogo morya u beregov YUgo-Vostochnogo Kryma /Karadag. nauch. stanciya im. T. I. Vyazemskogo – prirod. Zapovednik RAN. – Simferopol': ARIAL, 2018. – S. – 59-77.*
3. Troshchenko O. A., Kovrigina N. P., Kapranov S. V., Rodionova N. YU., Bobko N. I., Borisova D. C. Hidrologo-gidrohimicheskie issledovaniya akvatorii Karadagskogo zapovednika i Koktebel'skoj buhty v 2021 gg // *Uchyonye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya. 2022. T. 8, № 4. S. 278-298.*
4. Rukovodstvo po gidrologicheskim rabotam v okeanah i moryah. L.: Gidrometeoizdat, 1977. 725 s.
5. Rukovodstvo po himicheskomu analizu morskikh vod, RD 52.10.24392, SPb, Gidrometeoizdat, 1993. 263 s.
6. Rand, McNally. The permanganate index and permanganate value tests for waters and effluents 1983/ Standing Committee of Analysis. London: OCLC Bot, 2011. 18 p.
7. Skopincev B.A. Formirovanie sovremennogo himicheskogo sostava vod Chernogo morya. L.: Gidrometeoizdat, 1975. 335 s.
8. Kovrigina N.P., Troshchenko O.A., SHCHurov S.V. Osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya gidrologo-gidrohimicheskikh pokazatelej pribrezhnoj akvatorii Karadaga v sovremennyj period (2005 – 2006 gg.) // *Karadag–2009: Sbornik nauchnyh trudov, posvyashchennyh 95-letiyu Karadagskoj nauchnoj stancii i 30-letiyu Karadagskogo prirodnogo zapovednika Nacional'noj akademii nauk Ukrainy. Sevastopol': EKOSI-Gidrofizika, 2009. S. 446–461.*
9. Normativy kachestva vody vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya v tom chisle normativov PDK vrednyh veshchestv v vodah vodnyh ob"ektov rybohozyajstvennogo znacheniya. Utverzhdeno Prikazom Federal'nogo agentstva po rybolovstvu № 20 ot 18.01.2010.

Поступила в редакцию 02.05.2024 г.