

УДК 574.5-021.388(262.5)

## СУТОЧНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕРМОХАЛИННЫХ И ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, ФИТО- И МЕРОПЛАНКТОНА В ПРИБРЕЖНОЙ АКВАТОРИИ КАРАДАГСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА (2019 г.)\*

Трощенко О. А., Ковригина Н. П., Лисицкая Е. В., Попов М. А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», г. Севастополь,  
Российская Федерация,  
e-mail: [oleg\\_tr59@mail.ru](mailto:oleg_tr59@mail.ru)

В статье проанализированы результаты исследований суточной динамики комплекса некоторых абиотических и биотических составляющих экосистемы прибрежных вод в районе Карадагского природного заповедника. Суточную изменчивость термохалинных, гидрохимических и гидробиологических параметров изучали в мае и сентябре 2019 г. Пробы отбирали с причала Карадагской научной станции (50 м от уреза воды) с 18-00 до 18-00 следующих суток с интервалом в 6 часов. В пробах определяли температуру, солёность, растворённый кислород, биохимическое потребление кислорода на пятые сутки, силикаты, органические и минеральные формы азота и фосфора согласно общепринятым методикам. Гидробиологические исследования включали изучение таксономического состава, численности и биомассы фито- и меропланктона. Суточное распределение величин гидрохимических показателей характеризовалось понижением концентраций кислорода, БПК<sub>5</sub>, окисляемости, нитритов, нитратов и аммонийного азота с вечера до утра и повышением с утра до вечера. В распределении концентраций остальных гидрохимических показателей чёткой зависимости от времени суток не отмечено. Максимальная численность и биомасса фитопланктона как в мае, так и в сентябре была отмечена в полдень, достигала 909 млн кл.·м<sup>-3</sup> и 126 мг·м<sup>-3</sup> соответственно в мае и 2 млн кл.·м<sup>-3</sup> и 11 мг·м<sup>-3</sup> в сентябре. Снижение численности и биомассы фитопланктона отмечено в ночное время. Количественные характеристики фитопланктона в течение суток изменялись на порядок. Таксономический состав меропланктона включал 23 вида личинок донных беспозвоночных, численность которых в течение суток изменялась в 4–8 раз. Резкое понижение температуры воды на 4,4 °С в мае, вызванное кратковременным апвеллингом, стимулировало массовый выход в планктон 3-сегментных личинок полихет *Malacoceros fuliginosus*.

**Ключевые слова:** температура воды, содержание кислорода, биогенные элементы, фитопланктон, меропланктон, Карадагский природный заповедник, Чёрное море.

### Введение

Суточные наблюдения за абиотическими и биотическими компонентами морских экосистем проводились уже многие десятилетия, однако чаще они ограничивались данными по отдельным параметрам. Так, для представления о суточной динамике температуры и кислорода в 1977 г. нами впервые выполнены исследования у берегов Болгарии, на экспериментальной базе Института морских исследований и океанологии БАН. Было установлено, что суточное колебание величин температуры в прибрежных районах моря обусловлено близостью суши. Проникновение солнечных лучей, аэрация и другие факторы вызывали также значительное по амплитуде колебание содержания кислорода [Куфтаркова, Ковригина, Стоянов, 1980].

---

\*Работа выполнена по теме «Исследование механизмов управления продукционными процессами в биотехнологических комплексах с целью разработки научных основ получения биологически активных веществ и технических продуктов морского генезиса», № АААА-А18-118021350003-6.

Изменения численности и биомассы фитопланктона в течение суток были обнаружены многими исследователями ещё в 50–60-х гг. XX века [Маштакова, 1968; Морозова-Водяницкая, 1954]. На суточные флуктуации фитопланктона влияли: скорость деления и отмирания клеток, выедание микроводорослей зоопланктоном, гидрологические и метеорологические условия [Основы биологической..., 1979]. Суточная изменчивость количественных характеристик фитопланктона с минимумом ночью была отмечена в северо-западной части Чёрного моря [Георгиева, 2012].

Суточную динамику температуры, гидрохимических и гидробиологических показателей в комплексе изучали в районах водохранилищ и пресноводных озёр [Ермолаева, Зарубина, Двуреченская, 2016; Тахтеев и др., 2019]. Было отмечено, что таксономический состав и количественное обилие видов определяется температурным и гидродинамическим режимами в районе исследований, подводным ландшафтом, временем года и др. Показано, что из абиотических факторов, определяющих распределение и суточные миграции зоопланктона, наиболее важным является температура воды, которая, в свою очередь, опосредованно способствовала изменению концентраций кислорода, БПК<sub>5</sub>, биогенных веществ, величин рН и воздействовала на численные показатели групп и отдельных видов зоопланктона [Ермолаева, Зарубина, Двуреченская, 2016]. На распределения зоопланктона, и в том числе меропланктона, включающего личинок донных беспозвоночных, влияет не только пассивное перемещение, связанное с диффузией, но и активные передвижения организмов. Природа вертикальных суточных миграций может быть разной для различных видов, стадий развития, половой принадлежности особей. Как показали модельные расчёты, суточные миграции зоопланктона оказывают влияние как на саму популяцию, так и на сообщество фитопланктона [Гиричева, 2013].

Учитывая сложную взаимосвязь и взаимозависимость гидролого-гидрохимических и гидробиологических параметров, только комплексный подход позволит изучить суточную динамику различных компонентов морских экосистем.

Цель данной работы — исследовать изменения гидрологических и гидрохимических параметров, фито- и меропланктона в течение суток в прибрежной акватории Чёрного моря на примере Карадагского природного заповедника.

## **Материалы и методы**

Суточную изменчивость термохалинных, гидрохимических и гидробиологических характеристик в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника изучали 13–14 мая и 23–24 сентября 2019 г. Во время проведения работ и в мае, и в сентябре была переменная облачность без осадков; ветер южных четвертей до 3 м·с<sup>-1</sup>; волнение моря 0–1 балл. Температура воздуха в мае составляла 12–13 °С ночью и 16–18 °С днем; в сентябре — 10–12 °С ночью и 20–22 °С днем. Пробы отбирали с причала Биостанции (50 м от уреза воды) в течение суток, начиная с 18-00 с интервалом в 6 часов до 18-00 следующих суток. Гидрологические наблюдения проводили в основные синоптические сроки по Гринвичу — 0-00, 6-00, 12-00, 18-00 часов [Руководство..., 1977]. В течение суток было отобрано по 5 проб, в которых определяли следующие показатели: температуру, солёность, кислород, БПК<sub>5</sub>, перманганатную окисляемость в щелочной среде, кремний, минеральные и органические формы азота и фосфора, а также содержание фито- и меропланктона. Гидролого-гидрохимические параметры определяли согласно методикам [Методические указания..., 1966; Методы гидрохимических..., 1988] в поверхностном слое 0–0,5 м.

Пробы фитопланктона отбирали в полуторалитровые пластиковые ёмкости. Обработку производили с помощью светового микроскопа Jenoval. Предварительно в «живой капле» (объём 0,01 мл) нефилтрованной воды учитывали мелких цианобактерий и флагоеллят, разрушающихся при фильтрации. Затем морскую воду сгущали методом обратной фильтрации [Суханова, 1983]

до объёма 50–70 мл, пропуская через трековые мембраны с диаметром пор 1 мкм. Полученную пробу фиксировали 5%-ным раствором Люголя, отстаивали в течение двух недель, а затем сгущали, сливая верхний слой воды через сифон до объёма 10–12 мл. Подсчёт фитопланктона размером до 20 мкм осуществляли в капле (объём 0,01 мл), крупные формы размером более 20 мкм, а также редкие виды подсчитывали в камере (объём 1 мл). Расчёт основных параметров фитопланктона производили с помощью программы «Глория», разработанной и использующейся в ИнБЮМ [Лях, Брянцева, 2001].

Пробы меропланктона отбирали малой сетью Джели (диаметр входного отверстия 12 см, размер ячеек мельничного газа 100 мкм). Облавливали весь слой воды от дна до поверхности (2 м). Обработку проводили на живом материале путём тотального подсчёта личинок в камере Богорова под бинокляром МБС-10, для уточнения видовой принадлежности использовали световой микроскоп Микмед-5.

### Результаты и обсуждение

Суточное распределение температуры воды поверхностного слоя 13–14 мая характеризовалось хорошо выраженным минимумом 11,8 °С в 6-00 (рис. 1). Максимальные значения наблюдали в 18-00 и первых и вторых суток, при этом значения были одинаковыми — 16,2 °С. Таким образом, диапазон суточной изменчивости температуры воды составил 4,4 °С. В мае, как правило, при бризовой циркуляции у берегов Крыма суточная изменчивость температуры поверхностного слоя не превышает 1,5 °С (например, сайт <https://watsen.info/>). Повышенный диапазон суточной изменчивости температур, по нашему мнению, связан с развитием локального апвеллинга, детально описанного в [Трощенко и др., 2020]. Об этом свидетельствует и повышение солёности (пусть и незначительное) с вечера 13 до утра 14 мая.

Суточное распределение величин гидрохимических показателей в мае характеризовалось понижением значений концентраций кислорода, БПК<sub>5</sub>, окисляемости, нитритов, нитратов и аммонийного азота с вечера до утра и повышением — с утра до вечера (рис. 2). Распределение этих параметров было аналогично внутрисуточным изменениям температуры. Следует отметить, что максимальные значения концентрации кислорода, зафиксированные в светлое время суток,

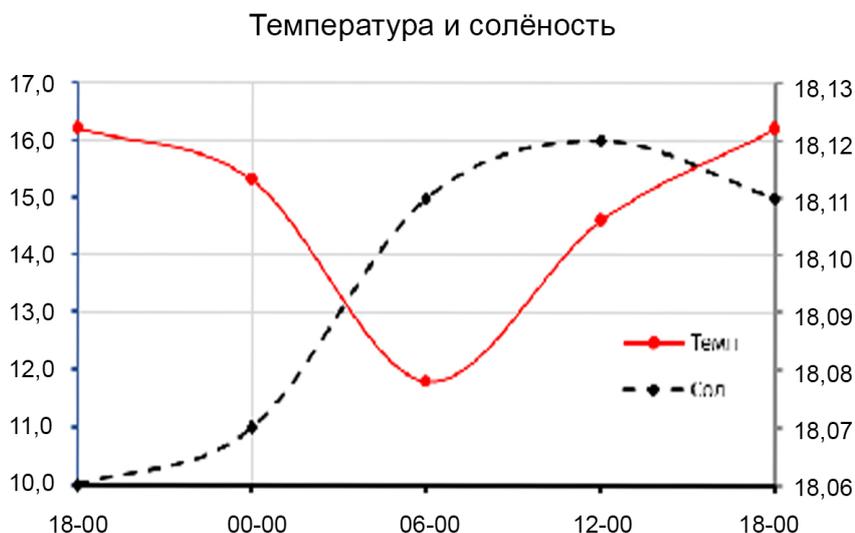


Рис. 1. Суточное распределение температуры и солёности поверхностного слоя 13–14 мая 2019 г.

вероятно, связаны с активной фотосинтетической деятельностью фитопланктона. В ночные часы кислород активно расходуется и это приводит к значительному снижению его концентрации в воде. Суточные изменения значений БПК<sub>5</sub> практически повторяют суточные изменения значений концентрации кислорода. В распределении концентраций кремния, фосфатов, органического фосфора и органического азота чёткой зависимости от времени суток не отмечено. Величины кремния уменьшались с 18-00 до 0-00 часов, затем плавно увеличивались до 18-00 часов следующего дня. Концентрация фосфатов сначала повышалась, затем понижалась до начальной величины. Органический фосфор и азот чёткой закономерности в суточном распределении их величин не показали.

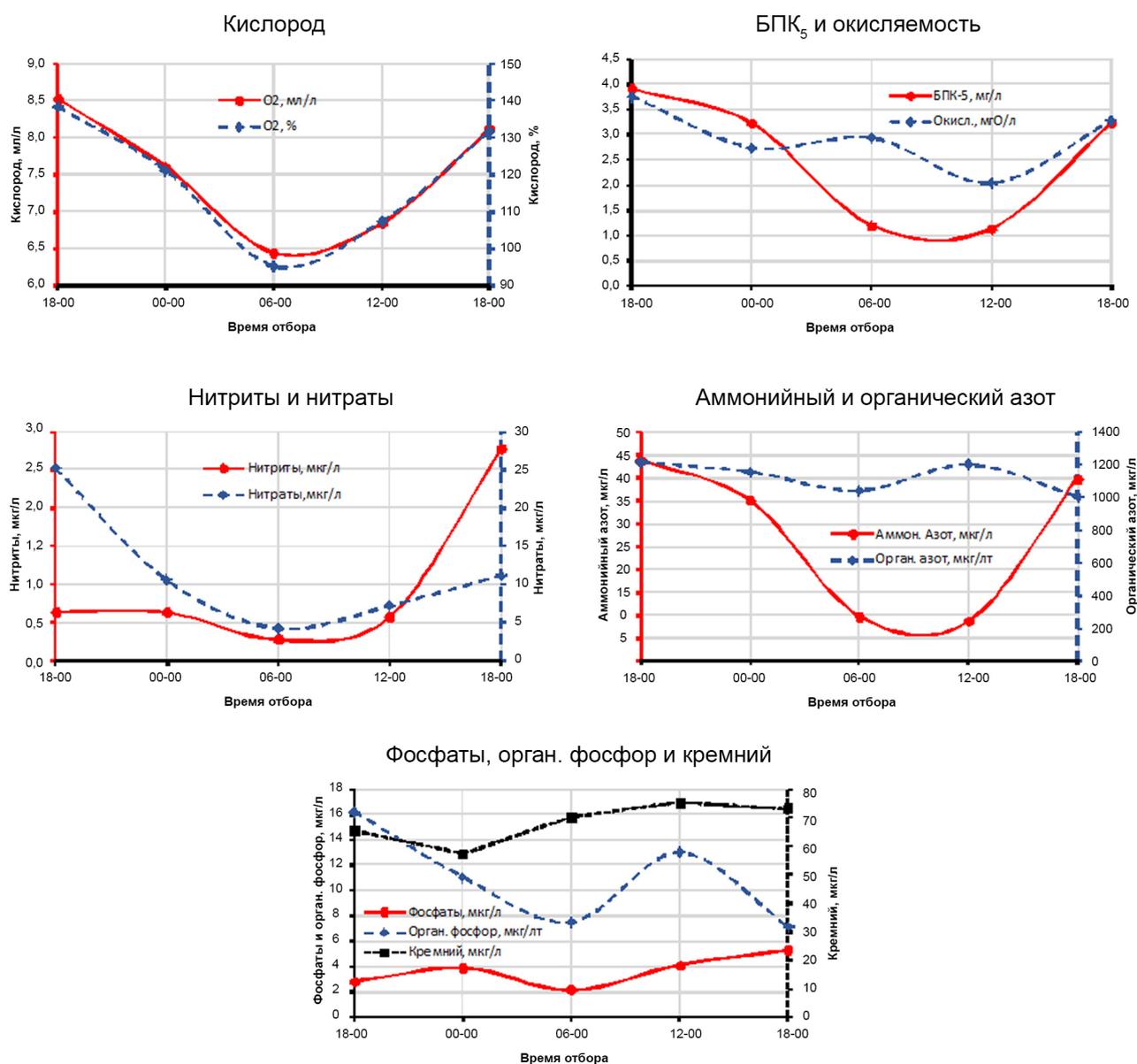


Рис. 2. Суточное распределение концентраций основных гидрохимических показателей в акватории заповедника (13–14 мая 2019 г.)

В фитопланктоне в течение суток по численности (60–90 % суммарного фитопланктона) доминировала мелкоклеточная диатомовая водоросль *Pseudo-nitzschia delicatissima*. По биомассе она также преобладала (55–65 % суммарного фитопланктона) во все часы наблюдения, кроме 18-00, когда на первое место выходили динофитовые водоросли *Dinophysis odiosa* (44 % суммарного фитопланктона) и *Prorocentrum micans* (56 % суммарного фитопланктона). В вечерние и ночные часы количество фитопланктона было минимальным и не превышало 35 млн кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup> по численности и 12 мг $\cdot$ м<sup>-3</sup> по биомассе. К утру за счёт возрастания доли *Ps. delicatissima* количественные показатели увеличивались. Максимальные значения численности и биомассы общего фитопланктона приходились на полуденное время и составляли 909 млн кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup> и 126 мг $\cdot$ м<sup>-3</sup> соответственно (рис. 3). В это время в фитопланктоне наибольшей численности (865 млн кл. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) и биомассы (82 мг $\cdot$ м<sup>-3</sup>) достигала *Ps. delicatissima*.

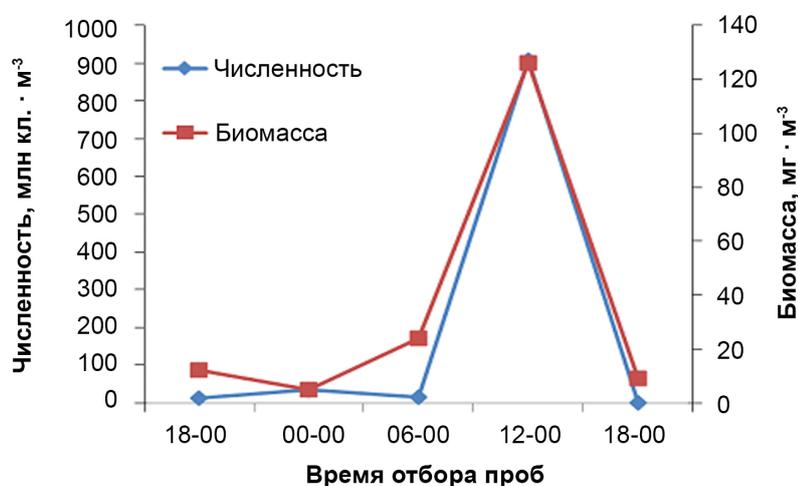


Рис. 3. Численность и биомасса фитопланктона на суточной станции 13–14 мая 2019 г.

Суточный ход распределения численности и биомассы фитопланктона не соответствовал суточной изменчивости гидролого-гидрохимических параметров. По результатам суточной съёмки, выполненной 13–14 мая 2019 г., установлено, что плотность меропланктона существенно изменялась в течение суток (рис. 4). Максимальная численность (480 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) зарегистрирована в 0-00 часов, минимальная (115 и 110 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) — в 6-00 и 12-00 часов соответственно. В вечернее время (18-00) количество личинок составляло 225–295 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>.

Видовой состав меропланктона был беден — идентифицированы личинки 23 видов донных беспозвоночных, тогда как в аналогичный период 2018 г. в прибрежных водах Карадагского природного заповедника зарегистрированы пелагические стадии 52 таксонов донных беспозвоночных [Лисицкая, 2019]. Личинки двустворчатых моллюсков не встречались. Велигеры брюхоногих моллюсков семейства Rissoidae отмечены в течение суток, их максимальная численность (205 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) зарегистрирована в 18-00 часов, минимальная (15 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>) — в 12-00. Личинки усонного рака *Amphibalanus improvisus* (Darwin, 1854) встречались во всех пробах, их численность колебалась от 15 до 65 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>. Отмечено существенное колебание численности личинок полихет. В 0-00 часов численность личинок *Malacoceros fuliginosus* (Claparède, 1868) составляла 240 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>, тогда как в светлое время суток не превышала 35 экз. $\cdot$ м<sup>-3</sup>. Причём все личинки находились на ранней стадии развития. Можно предположить, что резкое понижение температуры воды на 4,4 °С вызвало массовый выход в планктон 3-сегментных личинок *M. fuliginosus*. Влияние температуры воды на репродуктивную стратегию указано для многих видов беспозвоночных.

У митилид изменение температурного режима стимулирует половую активность, однако воспринимается как сигнал к нересту только особями со зрелыми гонадами. Так, резкие колебания температуры воды в летний период, вызванные сгонно-нагонными явлениями в бухте Ласпи, явились природным стимулятором нереста мидий [Холодов, Пиркова, Ладыгина, 2017].

Во время исследований в сентябре ситуация во многом отличалась от распределения в мае. Профиль суточной изменчивости температуры воды, с одной стороны, по форме такой же, как и в мае, с минимальными значениями в 6-00 (20,2 °С) и максимумом в 18-00 (21,4 °С 23.09 и 21,2 °С 24.09), однако амплитуда колебаний составляла 1,2 °С, что соответствует среднестатистическим показателям (рис. 5).

Суточные изменения солёности в сентябре были противоположны майским. Так, с 0-00 до 6-00 происходило заметное понижение значений с 18,27 ‰ до 17,99 ‰, а далее солёность плавно повышалась до 18,09 ‰ в 18-00. С чем это связано, однозначно ответить сложно. Возможно, с поступлением хозяйственных стоков, на что указывает повышение значений окисляемости (выше ПДК для рыбохозяйственных водоёмов), нитратов и органического фосфора (рис. 6).

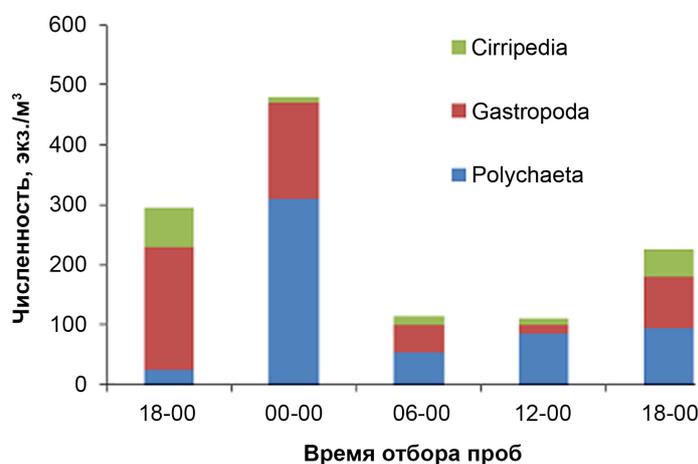


Рис. 4. Суточная динамика численности меропланктона 13–14 мая 2019 г.

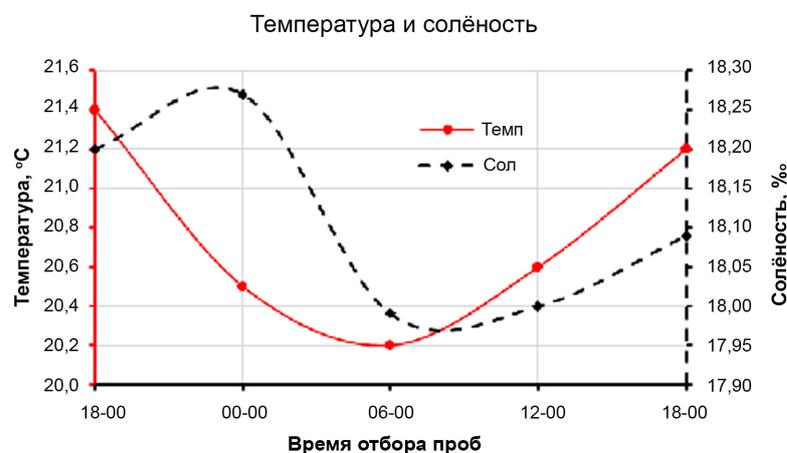


Рис. 5. Суточное распределение температуры и солёности поверхностного слоя 23–24 сентября 2019 г.

Суточная изменчивость содержания растворённого кислорода в сентябре была аналогична распределению в мае. Кривые суточных изменений концентраций нитритов, нитратов, азота аммонийного и органического характеризовались повышением их концентраций с вечера до утра и снижением — с утра до полудня. Распределение величин минерального фосфора и кремния характеризовалось наличием максимума в полночь, снижением их концентраций до минимума с полуночи до полудня и дальнейшим повышением их концентраций практически до первоначальных величин. Суточное распределение фосфора органического не совпадало с распределением фосфора минерального: отмечено два минимума, в полночь и в полдень, и небольшой максимум в 6-00 часов. Аналогий с майским суточным распределением этих показателей не отмечено.

Осенняя съёмка показала, что развитие фитопланктона в этот период значительно уступало по абсолютным показателям весенней съёмке. Максимальная численность не превышала 2 млн кл.·м<sup>-3</sup>, а биомасса — 11 мг·м<sup>-3</sup>. Доминировала по численности динофитовая водоросль *Prorocentrum micans* (33–40 % суммарного фитопланктона), кроме ночного отбора проб, когда в фитопланктоне был обнаружен только один вид — примнезиевая

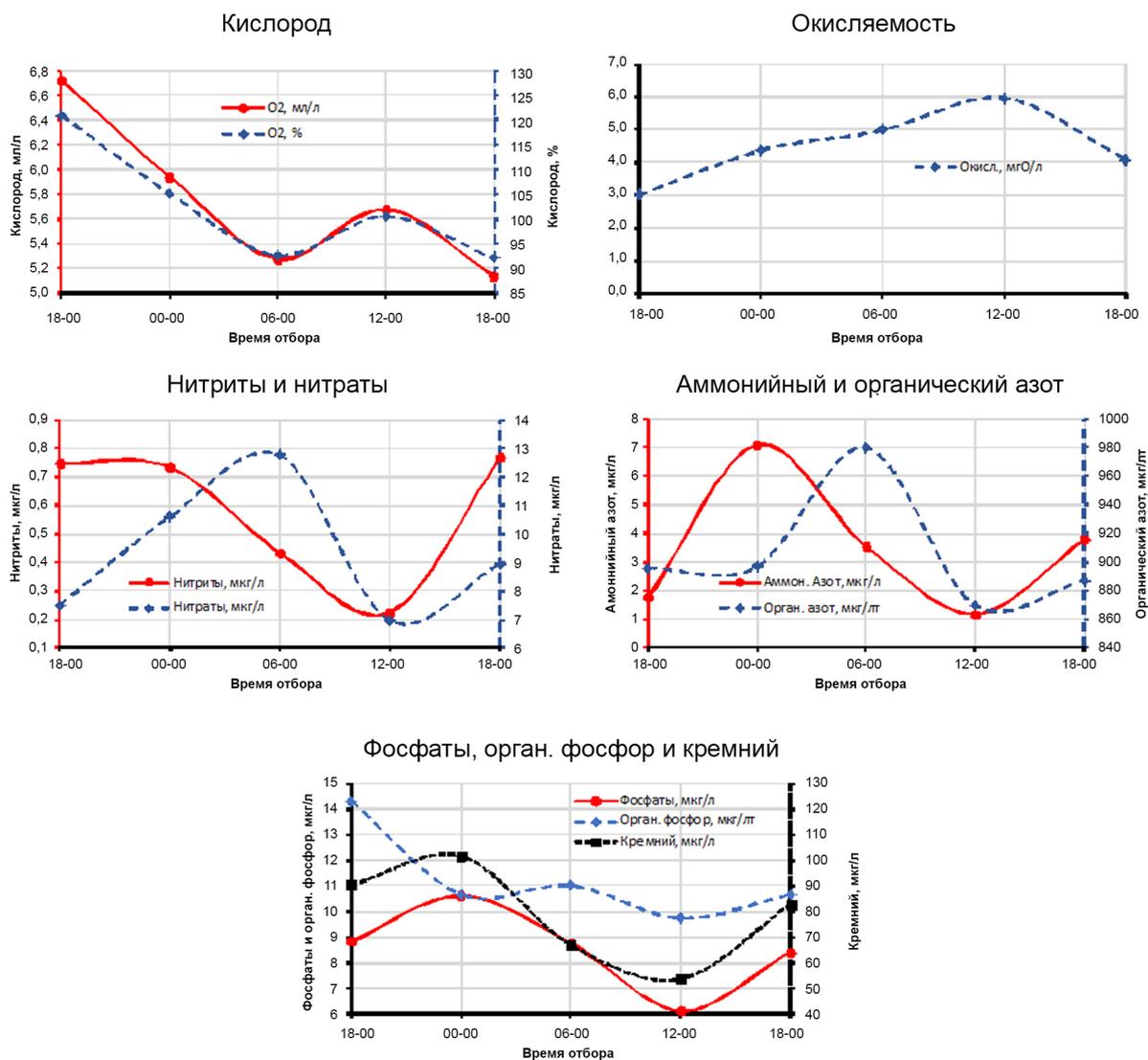


Рис. 6. Суточное распределение величин основных гидрохимических показателей 23–24 сентября 2019 г.

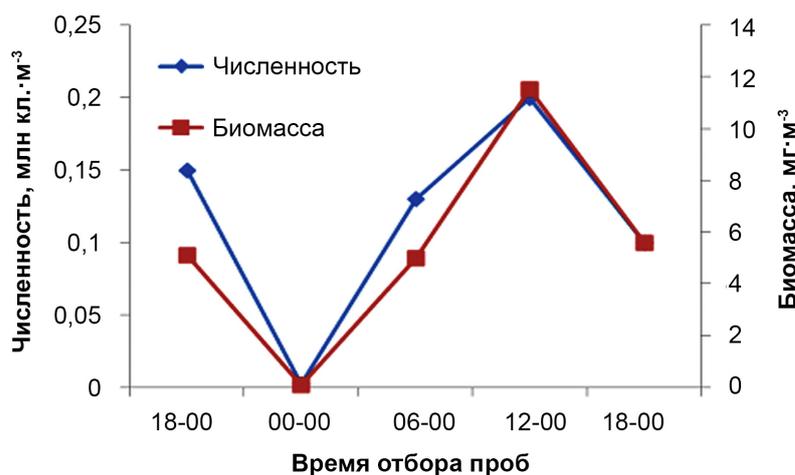


Рис. 7. Численность и биомасса фитопланктона на суточной станции 23–24 сентября 2019 г.

водоросль *Pontosphaera nigra* (100 %). По биомассе доминировали крупноклеточные одиночные микроводоросли (*Entomoneis alata* (61 %), *Pontosphaera nigra* (81–100 %) *Protoperidinium divergens* (81 %), *Coscinodiscus sp.* (80 %)). Эти виды встречались в меньшем количестве по отношению к *P. micans*, но за счёт объёма клеток давали большую биомассу. Максимумы количественных показателей фитопланктона в осеннюю съёмку приходились так же, как и весной, на дневные часы.

Полученные результаты показали значительные колебания численности и биомассы фитопланктона. Так, максимальные количественные показатели приурочены к весенней съёмке. Несмотря на различия в абсолютных показателях численности и биомассы, общая картина их суточных изменений схожа.

Весеннюю вспышку численности диатомовой водоросли *Ps. delicatissima* можно объяснить локальным апвеллингом, о чём говорилось выше. За счёт подпитки биогенными веществами и увеличения солнечной инсоляции максимальное развитие *Ps. delicatissima* произошло в 12-00 часов. Минимальной численности фитопланктон достигал в ночное время, когда увеличивалась численность меропланктона — потребителя микроводорослей.

В сентябре 2019 г. суточная динамика численности меропланктона отличалась от данных, полученных в мае. Максимальная плотность (125 экз.·м<sup>-3</sup>) отмечена в 6-00 часов, минимальная (15 экз.·м<sup>-3</sup>) — в 18-00 (рис. 8). Как и в мае, в пробах встречались личинки балянуса *A. improvisus*, но их численность не превышала 35 экз.·м<sup>-3</sup> (в 6-00), причём кроме науплиусов отмечены и ципривидные стадии, что указывает на готовность личинок к оседанию. Личинки брюхоногих моллюсков были представлены в основном велигерами *Bittium reticulatum* (da Costa, 1778) и *Rissoa parva* (da Costa, 1778) с численностью до 45 экз.·м<sup>-3</sup>. В пробах появились и личинки двустворчатых моллюсков, хотя численность их была невелика. Единично встречались великонхи митилястера *Mytilaster lineatus* (Gmelin, 1791), анадары *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga, 1906) и представители семейства Veneridae. Необходимо отметить, что в планктоне зарегистрированы личинки мидии на стадии великонха «с глазком», их количество достигало 30 экз.·м<sup>-3</sup>. Учитывая, что все личинки мидии находились на поздней стадии развития, можно предположить, что они были вынесены с водными массами из глубинных слоёв моря, где происходило размножение мидий в иловых поселениях.

Сравнивая суточные изменения численности меропланктона в мае и сентябре, можно отметить следующее: во-первых, общая численность личинок в сентябре была заметно ниже, чем в мае; во-вторых, в мае, в 6-00, наблюдался минимум численности, а в сентябре — максимум. Таким образом, в мае профиль изменения численности меропланктона во многом соответствовал

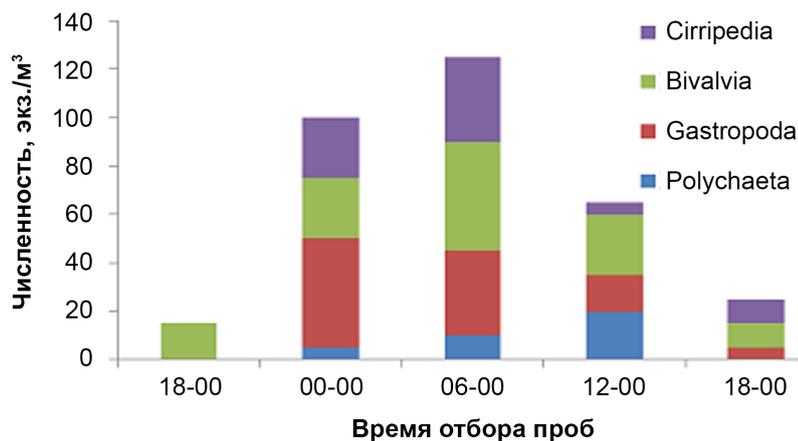


Рис. 8. Суточная динамика численности меропланктона (Биостанция, 23–24 сентября 2019 г.)

профилю изменения температуры. В сентябре наблюдалось обратное распределение: с понижением температуры воды количество меропланктона увеличивалось. В то же время сентябрьское распределение можно оценить по-другому: с 18-00 до 6-00 (тёмное время суток) численность меропланктона увеличивалась, а в светлое время понижалась. Вероятно, это происходило за счёт суточных миграций, характерных для многих видов беспозвоночных. Увеличение числа видов в тёмный период суток вызвано подъёмом в поверхностный слой личинок многочетинковых червей семейства Spionidae. По опубликованным данным, в Чёрном море в течение суток численность гидробионтов в гипонейстоне и слое воды до 65 см находилась в динамическом состоянии: суточная амплитуда колебания численности изменялась от сотен экз. $\cdot\text{м}^{-3}$  или полного отсутствия в дневные часы до десятков тысяч экз. $\cdot\text{м}^{-3}$  в тёмное время [Полищук, 1972].

### Заключение

Рассмотрев суточные изменения некоторых абиотических и биотических показателей в прибрежной зоне Карадагского природного заповедника, можно отметить:

- чётких взаимозависимостей в суточной динамике большинства исследуемых параметров установить не удалось; некоторые общие черты обнаружены в изменениях температуры, кислорода, БПК<sub>5</sub>, нитратов и меропланктона;

- несмотря на качественные и количественные отличия, максимальная численность и биомасса фитопланктона как в мае, так и в сентябре была отмечена в 12-00 и достигала 909 млн кл. $\cdot\text{м}^{-3}$  и 126 мг $\cdot\text{м}^{-3}$  в мае и 2 млн кл. $\cdot\text{м}^{-3}$  и 11 мг $\cdot\text{м}^{-3}$  в сентябре, при этом в другие часы наблюдений количество фитопланктона было на порядок ниже;

- таксономический состав меропланктона включал 23 вида личинок донных беспозвоночных, их численность в течение суток изменялась в несколько раз; резкое понижение температуры воды на 4,4 °С, вызванное кратковременным апвеллингом, простимулировало массовый выход в планктон 3-сегментных личинок полихет *Malacoceros fuliginosus*.

Полученные данные показали, что для изучения суточной динамики комплекса абиотических и биотических компонентов шестичасовой интервал наблюдений слишком велик, так как теряются фазовые переходы (особенно для фитопланктона). Поэтому при дальнейших подобных исследованиях рекомендуется проводить наблюдения с интервалом в три часа.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела Богдановой Т. А., Еремину И. Ю., Родионовой Н. Ю. за помощь в сборе и обработке материала, а также администрации Карадагского природного заповедника за предоставленную возможность проводить исследования.

### Список литературы

1. Георгиева Е. Ю. Особенности суточной изменчивости фитопланктона северо-западного шельфа Чёрного моря в осенний период // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2012. – Вып. 7. – С. 191–197.
2. Гиричева Е. Е. Влияние суточных вертикальных миграций зоопланктона на состояние планктонного сообщества // Информатика и системы управления. – 2013. – № 3 (37). – С. 3–13.
3. Ермолаева Н. И., Зарубина Е. Ю., Двуреченская С. Я. Суточная динамика гидрохимических показателей и зоопланктона в литорали Новосибирского водохранилища // Поволжский экологический журнал. – 2016. – № 2. – С. 155–166. – <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2016-2-155-166>
4. Кюфтаркова Е. А., Ковригина Н. П., Стоянов С. С. Гидрохимические исследования поверхностного слоя моря // Взаимодействие атмосферы, гидросферы и литосферы в прибрежной зоне моря : результаты междунар. эксперимента «Камчия 77» / редкол.: З. К. Белберов [и др.]. – София : Изд-во Болгар. акад. наук, 1980. – С. 300–306.
5. Лисицкая Е. В. Таксономический состав и структура меропланктона в прибрежных водах Карадагского природного заповедника в мае и сентябре 2018 г. // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского — природного заповедника РАН. – 2019. – Вып. 2 (10). – С. 3–11.
6. Лях А. М., Брянцева Ю. В. Компьютерная программа для расчёта основных параметров фитопланктона // Экология моря. – 2001. – Вып. 58. – С. 87–90.
7. Маштакова Г. П. Суточная динамика фитопланктона в Чёрном море // Океанографические исследования в Чёрном море : [сб. ст.] / ред. совет: Я. К. Гололобов [и др.]. – Москва : Пищ. пром-сть, 1968. – С. 60–71. – (Труды АзчерНИРО ; вып. 27).
8. Методические указания № 30 / под ред. А. С. Пахомовой. – Москва : Гидрометеиздат, 1966. – 139 с.
9. Методы гидрохимических исследований основных биогенных элементов / Всесоюз. науч.-исслед. ин-т мор. рыб. хоз-ва и океанографии. – Москва : ВНИРО, 1988. – 119 с.
10. Морозова-Водяницкая Н. В. Фитопланктон Чёрного моря. Ч. II // Труды Севастопольской биологической станции имени А. О. Ковалевского. – 1954. – Т. VIII. – С. 11–99. – Раздел ст.: Суточные изменения численности и биомассы фитопланктона в Чёрном море. – С. 40–97.
11. Основы биологической продуктивности Чёрного моря / под общ. ред. В. Н. Грезе. – Киев : Наук. думка, 1979. – 391 с.
12. Полищук Л. Н. Вертикальное микрораспределение массовых форм зоопланктона у поверхности южных морей СССР : автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Севастополь, 1972. – 25 с.
13. Руководство по гидрологическим работам в океанах и морях / Гос. океаногр. ин-т ; сост.: А. Н. Овсянников [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 725 с.
14. Суханова И. М. Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона / АН СССР, Ин-т океанологии им. П. П. Ширшова ; [отв. ред. М. Е. Виноградов]. – Москва : Наука, 1983. – С. 97–105.
15. Тахтеев В. В., Карнаухов Д. Ю., Говорухина Е. Б., Мишарин А. С. Суточные вертикальные миграции гидробионтов в прибрежной зоне оз. Байкал // Биология внутренних вод. – 2019. – № 2. – С. 50–61. – <https://doi.org/10.1134/S0320965219020141>
16. Троценко О. А., Ковригина Н. П., Лисицкая Е. В., Родионова Н. Ю., Капранов С. В., Еремин И. Ю. Абиотические и биотические характеристики прибрежных вод района Карадага в мае 2019 г. // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского — природного заповедника РАН. – 2020. – № 1 (13). – С. 10–19.
17. Холодов В. И., Пиркова А. В., Ладыгина Л. В. Выращивание мидий и устриц в Чёрном море. – 2-е изд., доп. – Воронеж : Издат-принт, 2017. – 508 с.

**VARIABILITY OF THERMOHALINE AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS,  
PHYTO- AND MEROPLANKTON IN THE COASTAL WATER AREA  
OF THE KARADAG NATURE RESERVE DURING THE DAY (2019)**

**Troshchenko O. A., Kovrigina N. P., Lisitskaya E. V., Popov M. A.**

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,*

*e-mail: oleg\_tr59@mail.ru*

The article presents the analysis of the daily dynamics of abiotic and biotic components of the coastal water ecosystem in the Karadag Nature Reserve area. The diurnal variability of the thermohaline, hydrochemical and hydrobiological parameters was studied in May and September 2019. The samples were taken on the Biostation pier (50 m from the water edge) since 18-00 till 18-00 of the next day with an interval of 6 hours. The samples were analyzed for temperature, salinity, dissolved oxygen, five-day biochemical oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), silicate, and organic and mineral nitrogen and phosphorus, according to generally accepted methods. The hydrobiological studies included the investigation of the taxonomic composition, abundance and biomass of phyto- and meroplankton. The values of dissolved oxygen, BOD<sub>5</sub>, oxidizability, nitrite, nitrate, and ammonium concentrations decreased from evening to morning and increased from morning to evening. In other hydrochemical parameters, no clear dependence on the time of day was noted. The maximum abundance and biomass of phytoplankton, both in May and September, was recorded at noon and reached, respectively,  $909 \cdot 10^6$  cells·m<sup>-3</sup> и  $126$  mg·m<sup>-3</sup> in May and  $2 \cdot 10^6$  cells·m<sup>-3</sup> and  $11$  mg·m<sup>-3</sup> in September. The quantitative characteristics of phytoplankton changed by an order of magnitude during the day. The taxonomic composition of meroplankton included 23 species of larvae of benthic invertebrates, the number of which changed several times during the day. A sharp decrease of water temperature by 4.4 °C in May caused by a short-term upwelling stimulated the mass release of 3-segment larvae of the polychaete *Malacoceros fuliginosus* into plankton.

**Keywords:** water temperature, dissolved oxygen, nutrients, phytoplankton, meroplankton, Karadag Nature Reserve, Black Sea.

Сведения об авторах

Трощенко Олег Александрович	кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», e-mail: oleg_tr59@mail.ru
Ковригина Неля Петровна	кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», e-mail: maricultura@mail.ru
Лисицкая Елена Васильевна	кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», e-mail: e.lisitskaya@gmail.com
Попов Марк Александрович	кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела аквакультуры и морской фармакологии, ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», e-mail: maricultura@mail.ru

*Поступила в редакцию 14.01.2021 г.*

*Принята к публикации 14.04.2021 г.*