

УДК 551.463.5

© А. А. Латушкин^{1*}, Ю. В. Артамонов¹, Р. И. Ли², А. А. Сысоев², И. В. Сысоева², А. В. Федирко¹, О. В. Мартынов¹

¹Морской гидрофизический институт РАН, 299011, Капитанская ул., д. 2, г. Севастополь, Россия

²Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН, 299011, пр. Нахимова, д. 2, г. Севастополь, Россия

*e-mail: sevsalat@gmail.com

ОСОБЕННОСТИ БИООПТИЧЕСКОЙ И ГИДРОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ВОД СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В ОСЕННИЙ ПЕРИОД 2016 г.

Статья поступила в редакцию 13.12.2017, после доработки 11.03.2019

В настоящей работе рассмотрены результаты гидрологических, гидрооптических и гидробиологических исследований, выполненных в фотической зоне северной части Чёрного моря в октябре 2016 г. Выявлены основные особенности формирования биооптической структуры и ее связь с гидрологическим режимом. Показано, что в зоне Севастопольского и Феодосийского антициклонов, параллельно с заглублением верхнего квазиоднородного слоя, отмечается и заглубление слоя максимальных значений концентрации общего взвешенного вещества. В южной части съемки, ближе к центру основного циклонического круговорота Чёрного моря, где глубина нижней границы верхнего квазиоднородного слоя минимальна, отмечается подъем слоя максимума концентрации общего взвешенного вещества. Установлено, что в октябре 2016 г. отмечалась аномально высокая прозрачность вод с малым диапазоном пространственной изменчивости. Показано, что в этот период наблюдались заметно более низкие связи между вертикальными распределениями концентрации общего взвешенного вещества и температурой, соленостью и плотностью по сравнению с летним периодом 2016 г.

В пробах воды идентифицированы микроводоросли девяти отделов, типичных для данного сезона. Выявлено, что величины метаболически активной биомассы микропланктона в открытой части моря соответствовали значениям, характерным для олиго-мезотрофных вод, в то время как в прибрежье Крыма они были близки к эвтрофным характеристикам. Стадия продукционно-деструкционной сукцессии микропланктона — развивающаяся, с прогнозом на рост биомассы в последующем.

Ключевые слова: показатель ослабления света, общее взвешенное вещество, концентрация хлорофилла-*a*, Чёрное море, биооптическая структура, гидрология.

© А. А. Latushkin^{1*}, Yu. V. Artamonov¹, R. I. Lee², A. A. Sysoev², I. V. Sysoeva², A. V. Fedirko¹, O. V. Martynov¹

¹Marine Hydrophysical Institute RAS, 299011, Kapitanskaya Str., 2, Sevastopol, Russia

²A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas RAS, 299011, Nakhimova Prospekt, 2, Sevastopol, Russia

*e-mail: sevsalat@gmail.com

THE NORTHERN PART OF THE BLACK SEA WATERS' BIO-OPTICAL AND HYDROLOGY STRUCTURE FEATURES IN THE AUTUMN PERIOD 2016

Received 13.12.2017, in final form 11.03.2019

The results of hydrological, hydrooptical and hydrobiological studies performed in the photic zone of the northern part of the Black Sea in October 2016 are presented. The main features of the bio-optical structure formation and its relationship with the hydrological regime were revealed. It is shown that in the zones of the Sevastopol and Feodosiya anticyclones, together with the deepening of the upper mixed layer, the corresponding deepening of the maximum values layer of the total suspended matter concentration is observed. In the southern part of the survey, closer to the center of the Rim Current gyre of the Black Sea, where the depth of the lower boundary of the upper mixed layer is minimal, the rise of the maximum layer of the total suspended matter concentration is noticed. In October 2016 there was noted anomalously high transparency of waters with a small range of spatial variability. It is shown that during this period, there were markedly lower correlations between the vertical distributions of the total suspended matter concentration and the temperature, salinity and density in comparison with the summer period of 2016.

Ссылка для цитирования: Латушкин А.А., Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В. Особенности биооптической и гидрологической структуры вод северной части Чёрного моря в осенний период 2016 г. // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2020. Т. 13, № 3. С. 78–82. doi: 10.7868/S2073667320030065

For citation: Latushkin A.A., Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The Northern Part of the Black Sea Waters' Bio-optical and Hydrology Structure Features in the Autumn Period 2016. *Fundamentalnaya i Prikladnaya Gidrofizika*. 2020, 13, 3, 78–82. doi: 10.7868/S2073667320030065

In the water samples, microalgae of nine classes typical for this season were identified. It was found that the values of the metabolic active biomass of microplankton in the sea open part corresponded to the values typical for oligo-mesotrophic waters, while at the Crimean coast it was close to eutrophic ones. The stage of microplankton production/destruction succession is developing, with a forecast for biomass growth in the future.

Key words: beam attenuation coefficient, total suspended matter, chlorophyll-a concentration, Black Sea, bio-optical structure, hydrology.

1. Введение

В период с 30.09 по 19.10.2016 на научно-исследовательском судне (НИС) «Профессор Водяницкий» сотрудниками Морского гидрофизического института (МГИ) РАН и Института морских биологических исследований (ИМБИ) РАН проведены совместные натурные био-океанологические исследования в фотической зоне северной части Черного моря [1].

В ходе экспедиционных работ были получены детальные сведения о распределении концентрации общего взвешенного вещества ($C_{\text{ОВВ}}$), концентрации хлорофилла-*a* ($C_{\text{ХЛ}}$) в комплексе с традиционными термohалинными характеристиками, показаны основные особенности биооптической структуры и выявлены взаимосвязи исследуемых характеристик водной среды в данный период измерений. Также были определены видовой состав фитопланктона и величины метаболически активной биомассы микропланктона, оценен продукционный потенциал микропланктона в открытой части моря и у берегов Крыма.

2. Методы и материалы

В ходе экспедиции 89 рейса на НИС «Профессор Водяницкий» была выполнена съемка, состоявшая из 87 дрейфовых станций (рис. 1, см. вклейку). На всех станциях инструментально измерялись гидролого-гидрооптические параметры, на 23-х станциях был проведен отбор 67 проб воды для дальнейшего лабораторного анализа характеристик микропланктона.

При проведении гидрооптических измерений использовался спектральный измеритель показателя ослабления направленного света (ПОС), разработанный в отделе «Оптики и биофизики моря» МГИ РАН [2]. На каждой станции выполнялось зондирование ПОС в четырех спектральных участках (460, 520, 590 и 625 нм) до глубины 50–60 м, с вертикальным разрешением 0.1 м. Концентрации общего взвешенного вещества ($C_{\text{ОВВ}}$) определялись по измерениям ПОС на 625 нм на основании эмпирического соотношения, полученного ранее для вод исследуемой акватории: $C_{\text{ОВВ}} = 1.3 \cdot \text{ПОС}(625) - 0.3$. Измерения гидрологических параметров проводились на станциях зондирующим комплексом «Sea-Bird-911 plus», скорость и направление течений измерялись профилографом течений ADCP WORKHORSE-300 kHz.

Пробы микропланктона отбирались из батометров зонда «Sea-Bird-911 plus» с трех горизонтов. Два горизонта 0 и 50 м были фиксированы, а третий, промежуточный горизонт, выбирался в зависимости от глубины залегания максимума $C_{\text{ОВВ}}$. Для анализа аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) микропланктона и хлорофилла-*a*, каждая проба сразу после отбора осаждалась методом вакуумной фильтрации на нитроцеллюлозном мембранном фильтре с размерами пор 0,45 мкм. Фильтры с осажденными пробами для анализа хлорофилла-*a* высушивали в темном месте, затем хранили в морозильной камере при температуре — 18 °С для дальнейшей обработки. Экстракцию АТФ проводили методом Холм-Хансена [3]. Затем экстракты разливали и закупоривали в пластиковые кюветы и хранили в морозильной камере при температуре — 18 °С для последующей обработки.

Для анализа хлорофилла-*a* фильтры растворяли в 90% ацетоне, центрифугировали. Экстинкцию полученных элюатов измеряли на спектрофотометре Spescol-11. Расчет концентрации хлорофилла-*a* проводили по формуле Джеффри и Хамфри [4].

Анализ АТФ проводили хемилюминесцентным методом с добавлением в экстракт светлякового энзима — люциферин-люциферазы. Световую эмиссию реакции измеряли на приборе ATP Luminometer 1250, LKB (Швеция). Трофность вод оценивали по концентрациям АТФ микропланктона, согласно критериям Карла [5].

Для проведения качественного и количественного анализа фитопланктона, пробы объемом до 2 литров, сгущали при помощи воронки обратной фильтрации, используя нуклеопоровые фильтры с диаметром пор 1 мкм [6]. Фиксацию проб проводили 40% формалином до конечной концентрации 2% и методом осаждения доводили до объема 10–20 мл. Идентификацию видов фитопланктона, линейные размеры и численность определяли в капле объемом от 0.02 до 0.06 мл в 3–4 повторностях под световым микроскопом ЛОМО Микмед-2. Оценку биомассы микроводорослей проводили по клеточному объему, вычисленных с помощью формул геометрического подобия.

3. Результаты

Анализ результатов измерений показал, что на большей части акватории период проведения исследований отличался аномально высокой, по сравнению с предшествующими годами, прозрачностью вод с низким содержанием взвешенных частиц. Диапазон изменчивости концентрации общего взвешенного вещества в поверхностном слое колебался в пределах 0.15–0.4 мг/л (рис. 2, а, см. вклейку), а изменчивость его органической фракции (концентрации хлорофилла-а) варьировала, в основном, в пределах 0.1–0.5 мкг/л (рис. 2, б). Исключение составил район Феодосийского залива, где наблюдалось присутствие вод с высоким содержанием концентраций $C_{\text{ОВВ}}$ (до 2.2 мг/л) и $C_{\text{ХЛ}}$ (до 1.1 мкг/л). Здесь область более мутных вод совпадала с областью распресненных керченско-феодосийских вод (рис. 2, в), которые формируются как в самом Феодосийском заливе, так и поступают в верхнем слое с Основным черноморским течением из района Керченского пролива (рис. 3, а, см. вклейку).

Несмотря на малые значения концентрации взвешенных частиц, и ее слабой пространственной изменчивости, обнаруживается косвенная связь между динамикой вод и распределением $C_{\text{ОВВ}}$. Так, в зоне Севастопольского и Феодосийского антициклонов, которые хорошо проявляются на карте инструментальных измерений течений на горизонте 25 м (рис. 3, б) и идентифицируются по областям максимальной температуры и минимальной солёности (рис. 3, в, г) на глубинах 20–30 м, а также заглублением верхнего квазиоднородного слоя (ВКС) (рис. 3, д), отмечается заглубление слоя максимальных значений $C_{\text{ОВВ}}$ (рис. 3, е). В тоже время, в южной части съёмки, ближе к центру основного циклонического круговорота Черного моря, где глубина нижней границе ВКС минимальна, отмечается подъем слоя максимальных значений $C_{\text{ОВВ}}$.

На вертикальных профилях выделяются основные структурные особенности, типичные для распределения $C_{\text{ОВВ}}$: верхний оптически однородный слой, нижняя граница которого совпадает с глубиной ВКС, максимум содержания общего взвешенного вещества (ОВВ) в термоклине. Также как и по данным предыдущей съёмки (июль 2016 г.), получено, что концентрация общего взвешенного вещества под ВКС начинала возрастать в термоклине при градиенте $dT/dZ > 0.25$ С/м. Глубина положения максимума $C_{\text{ОВВ}}$ варьировала в широких пределах 12–40 м, однако сами значения $C_{\text{ОВВ}}$ в максимуме претерпевали слабые изменения: $C_{\text{ОВВ}}(\text{макс}) = 0.2\text{--}0.4$ мг/л, за исключением района Феодосийского залива, где значения $C_{\text{ОВВ}}$ достигали 3 мг/л.

Сравнение результатов выполненной съёмки с данными предшествующей летней съёмки выявил существенное отличие, которое, вероятно, связано с сезонной изменчивостью гидрооптических полей. Так, по данным настоящей съёмки (октябрь 2016 г.), пространственная изменчивость биооптических характеристик была значительно меньше, чем в летний период 2016 г. Сопоставление осредненных по всей акватории профилей $C_{\text{ОВВ}}$ со средними профилями температуры, солёности и плотности для октября 2016 г. выявило заметно более низкие значения линейных корреляций по сравнению с летним периодом 2016 г. В летний период максимально высокие по абсолютной величине значения корреляций между $C_{\text{ОВВ}}$ и температурой достигали 0.85, между $C_{\text{ОВВ}}$ и солёностью — 0.55, между $C_{\text{ОВВ}}$ и плотностью — 0.85 (рис. 4, а, см. вклейку), в то время как в осенний период корреляции уменьшались до значений 0.5, 0.3 и 0.5, соответственно (рис. 4, б).

Анализ проб на определение видового состава фитопланктона позволил идентифицировать 108 видов и разновидностей водорослей, принадлежащих 9 отделам (*Bacillariophyta*, *Miozoa*, *Cyanobacteria*, *Ochrophyta*, *Haptophyta*, *Eukaryota unassigned phylum*, *Euglenophyta*, *Chlorophyta*, *Protozoa incertae sedis*), которые являются типичными для исследуемого района Черного моря.

Численность фитопланктона в поверхностном слое изменялась от 1300 до 18320 кл./л, биомасса, соответственно, от 4.82 до 90 мкг/л. Наибольший вклад в численность вносили мелкоклеточные виды: *Gymnodinium simplex*, *Gyrodinium fusiforme*, *Leptocylindrus danicus*, *Prorocentrum balticum*, *Prorocentrum cordatum*. Наибольшие значения в биомассу вносили крупноклеточные виды фитопланктонного сообщества: *Cerataulina pelagica*, *Dactyliosolen fragilissimus*, *Proboscia alata*, *Pseudosolenia calcar avis*, *Neoceratium furca*, *Neoceratium tripos*, *Protoperidinium crassipes*, *Protoperidinium divergens*.

Несмотря на относительно небольшое количество станций, на которых определялись биологические параметры, можно выявить некоторые тенденции их пространственного распределения. Получено, что на большинстве станций максимальные величины $C_{\text{ХЛ}}$ наблюдаются в слое резких изменений гидрологических параметров и максимальных значений $C_{\text{ОВВ}}$ (рис. 5, см. вклейку).

Пространственное распределение численности видов фитопланктона показывает, что в целом по акватории исследований преобладают диатомовые и динофитовые водоросли. Вклад прочих видов относительно невелик (рис. 6, см. вклейку). Основу фитопланктона составляли динофитовые водоросли (50–76% от общего числа видов), доля которых преобладала почти на всех станциях, кроме Феодосийского залива. Здесь отмечено наибольшее количество видов и резкое увеличение (до 75%) относительного вклада диатомовых водорослей и наблюдались максимальные концентрации $C_{\text{ОВВ}}$ и $C_{\text{ХЛ}}$.

По материалам экспедиции, был выполнен также расчет концентраций АТФ, позволяющий оценивать вклад метаболически активной биомассы микропланктона в общую взвесь. По формуле: $HP = (C_{атф}/C_{хл}) * 100$ был рассчитан гетеротрофно-фотоавтотрофный индекс (HP) [7]. По критериям HP-индекса сделана оценка, что стадия продукционно-деструкционной сукцессии микропланктона была развивающаяся, с прогнозом на рост биомассы в последующем. Установлено, что величины метаболически активной биомассы микропланктона в открытой части моря соответствовали значениям, характерным для олиго-мезотрофных вод, в то время как в прибрежье Крыма они были близки к эвтрофным характеристикам.

4. Заключение

Проведенные исследования биооптической структуры вод показали, что в зоне Севастопольского и Феодосийского антициклонов, параллельно с заглублением ВКС, отмечается и заглубление слоя максимальных значений $C_{овв}$. В южной части съемки, ближе к центру основного циклонического круговорота Черного моря, где глубина нижней границе ВКС минимальна, отмечается подъем слоя максимума $C_{овв}$.

Установлено, что в октябре 2016 г. отмечалась аномально высокая прозрачность вод с малым диапазоном пространственной изменчивости. Показано, что в этот период наблюдались заметно более низкие связи между вертикальными распределениями $C_{овв}$ и температурой, соленостью и плотностью по сравнению с летним периодом 2016 г.

Анализ собранных проб фитопланктона позволил идентифицировать микроводоросли девяти отделов, типичных для данного сезона.

Выявлено, что величины метаболически активной биомассы микропланктона в открытой части моря соответствовали значениям, характерным для олиго-мезотрофных вод, в то время как в прибрежье Крыма они были близки к эвтрофным характеристикам. Стадия продукционно-деструкционной сукцессии микропланктона — развивающаяся, с прогнозом на рост биомассы в последующем.

5. Финансирование

Исследования проведены в рамках государственного задания ФГБУН МГИ и ФГБУН ИМБИ по темам: № 0827–2018–0002 (шифр «Оперативная океанология»); № 0827–2018–0003 (шифр «Океанологические процессы»); № 0828–2018–0003.

Литература

1. Латушкин А.А., Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В. Биооптическая структура фотической зоны северной части Черного моря в осенний период // Материалы IX всероссийской конференции «Современные проблемы оптики естественных вод» (ONW'2017). Санкт-Петербург 2017. С. 87–91.
2. Латушкин А.А. Многоканальный измеритель коэффициента ослабления света для проведения океанографических подспутниковых исследований // Управление и мехатронные системы. Севастополь: МГИ НАН Украины, 2013. С. 231–236.
3. Holm-Hansen O., Booth C.R. The measurement of adenosine triphosphate in the Ocean and its ecological significance // Limnol. Oceanogr. 1966. V. 11, N 4. P. 510–519.
4. Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c and c2 in algae, phytoplankton and higher plants // Annual Report 1973–1974. P. 6–8.
5. Karl D.M. Cellular nucleotide measurements and applications in microbial ecology // Microbiol. Rev. 1980. N 44. P. 739–796.
6. Сорокин Ю.И. К методике концентрирования проб фитопланктона // Гидробиол. Журн. 1979. № 15. С. 71–76.
7. Chiaudani G., Pagnotta R. Ratio ATP/chlorophyll as index of river's water quality // Verh. Internat. Verein. Limnol. 1978. N 20. P. 1897–1901.

References

1. Latushkin A.A., Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The northern part of the Black Sea photic zone biooptical structure in the autumn period. *Proceedings of IX All-Russia Conference «Current problems in optics of natural waters» (ONW'2017). Saint-Petersburg, 2017, 87–91 (in Russian).*
2. Latushkin A.A. Multichannel meter of the light attenuation coefficient for oceanographic and under satellite research. *Control and Mechatronic Systems. Sevastopol, MHI NAS of Ukraine, 2013, 231–236 (in Russian).*

3. Holm-Hansen O., Booth C.R. The measurement of adenosine triphosphate in the Ocean and its ecological significance. *Limnol. Oceanogr.* 1966, 11, 4, 510–519.
4. Jeffrey S.W., Humphrey G.F. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c and c2 in algae, phytoplankton and higher plants. *Annual Report 1973–1974*, 6–8.
5. Karl D.M. Cellular nucleotide measurements and applications in microbial ecology. *Microbiol. Rev.* 1980, 44, 739–796.
6. Sorokin Yu.I. Remark to the technique for concentrating phytoplankton samples. *Hydrobiological Journal*. 1979, 15, 71–76 (in Russian).
7. Chiaudani G., Pagnotta R. Ratio ATP/chlorophyll as index of river's water quality. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 1978, 20, 1897–1901.

К статье Латушкин А.А., Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В.
Особенности биооптической и гидрологической структуры вод северной части Чёрного моря...
Latushkin A.A., Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The
northern part of the Black Sea waters' bio-optical and hydrology structure features...

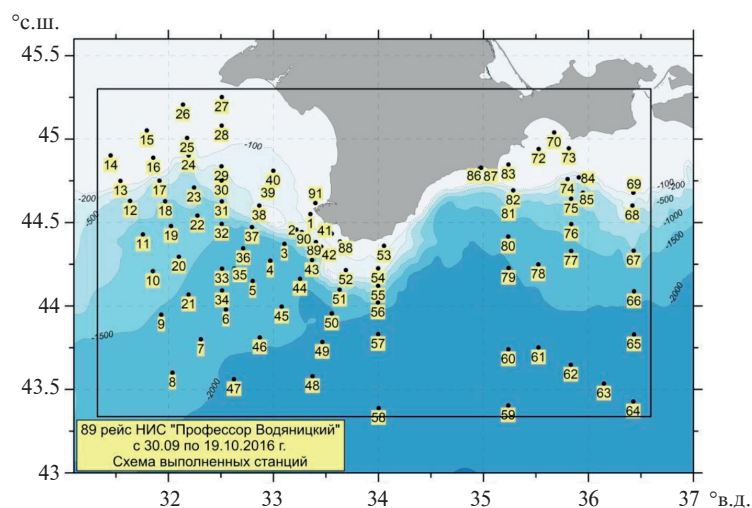


Рис. 1. Схема расположения станций, выполненных в 89-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий».

Fig. 1. Scheme of executed stations during 89st cruise of the R/V «Professor Vodyanitsky».

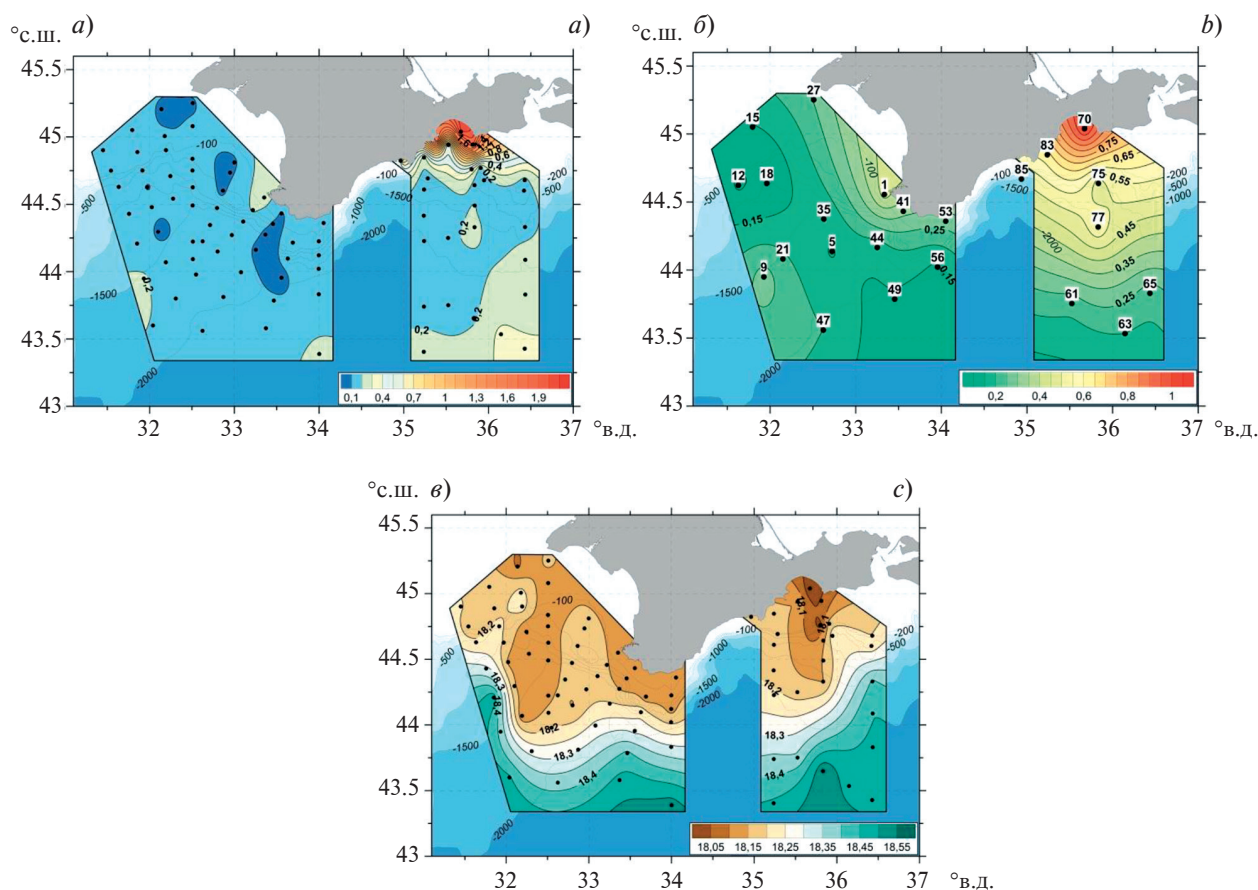


Рис. 2. Распределение: а — концентраций общего взвешенного вещества (С_{овв}, мг/л); б — концентраций хлорофилла-а (С_{хл}, мкг/л); в — солёности (S, ‰) на горизонте 1 м.

Fig. 2. Distribution: а — concentrations of the total suspended matter (mg/l); б — concentrations of the chlorophyll-a (mcg/l); в — salinity (‰) on a horizon of 1 m.

К статье Латушкин А.А., Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В.
Особенности биооптической и гидрологической структуры вод северной части Чёрного моря...
Latushkin A.A., Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The
northern part of the Black Sea waters' bio-optical and hydrology structure features...

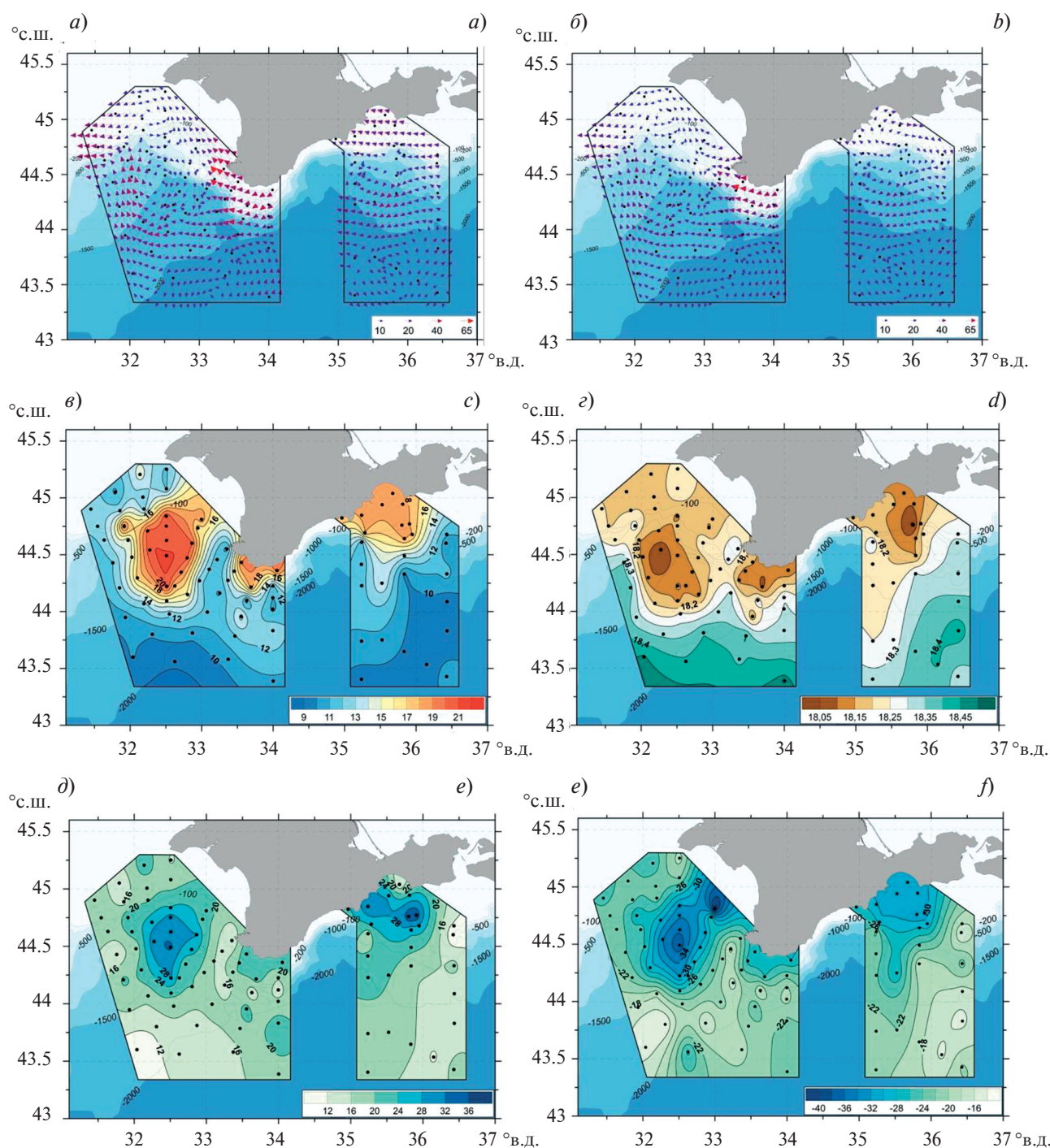


Рис. 3. Распределения: *a* — векторов инструментально измеренных течений (см/с) на горизонте 10 м; *б* — векторов инструментально измеренных течений (см/с) на горизонте 25 м; *в* — солёности (S , ‰) на горизонте 25 м; *г* — температуры (T , °C) на горизонте 25 м; *д* — глубины нижней границы ВКС (м); *е* — глубины залегания максимума $C_{\text{ОВВ}}$ (м).

Fig. 3. Distribution: *a* — vectors of instrumentally measured currents on a horizon 10 m; *b* — vectors of instrumentally measured currents on a horizon 25 m; *c* — salinity (S , ‰) on a horizon of 25 m; *d* — temperature (T , °C) on a horizon of 25 m; *e* — depths of the lower boundary of the UQH (m); *f* — of the occurrence depth (m) of maximum TSM concentration.

К статье Латушкин А.А., Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В.
 Особенности биооптической и гидрологической структуры вод северной части Чёрного моря...
 Latushkin A.A., Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The
 northern part of the Black Sea waters' bio-optical and hydrology structure features...

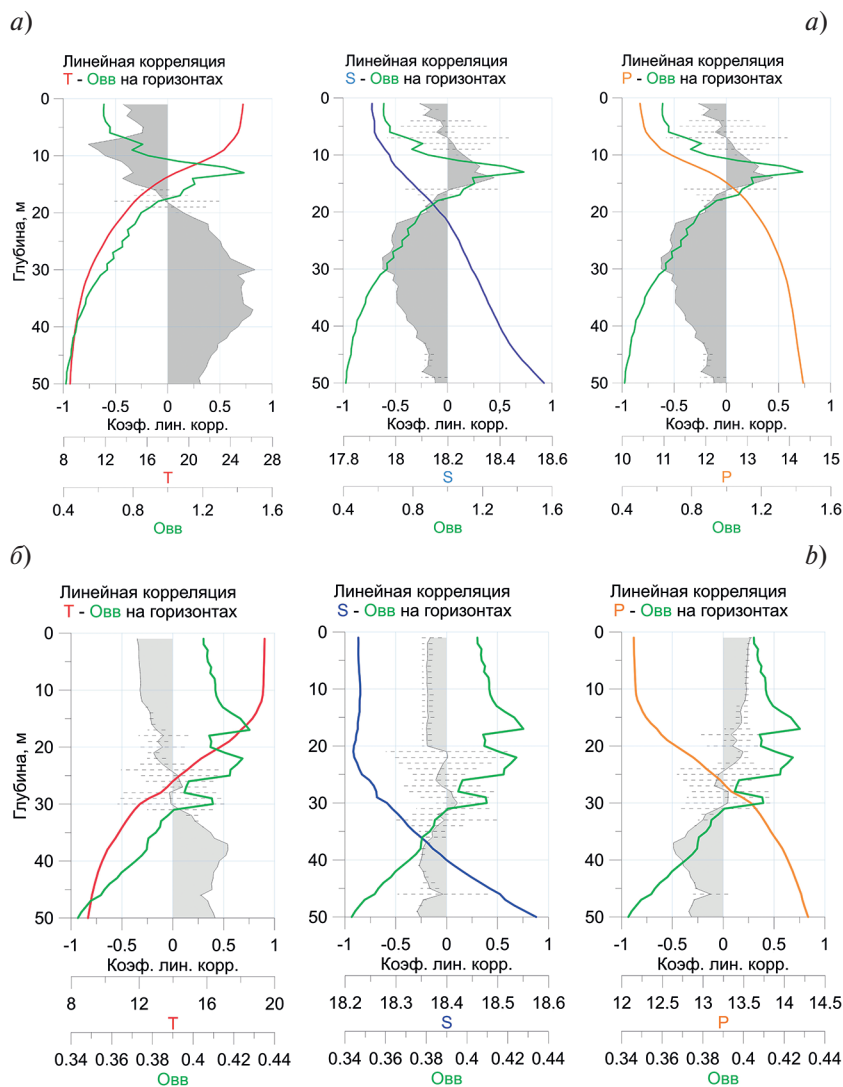


Рис. 4. Средние по полигону вертикальные распределения температуры (T , °C), солёности (S , ‰), условной плотности (P , усл.ед.) и $C_{ОВВ}$ ($C_{ОВВ}$, мг/л); вертикальные распределения коэффициентов линейной связи между $C_{ОВВ}$ и гидрологическими характеристиками для летней (а) и осенней (б) съёмки.

Fig. 4. The vertical profiles of temperature (T , °C), salinity (S , ‰), density (P , c.u.) and total suspended matter concentration (mg/l) for summer (a) and autumn (b) shooting, averaged for all stations, and the distribution of linear correlation coefficients R between the spatial distributions of the corresponding parameters over depth.

К статье Латушкин А.А., Артамонов Ю.В., Ли Р.И., Сысоев А.А., Сысоева И.В., Федирко А.В., Мартынов О.В.
Особенности биооптической и гидрологической структуры вод северной части Чёрного моря...
Latushkin A.A., Artamonov Yu.V., Lee R.I., Sysoev A.A., Sysoeva I.V., Fedirko A.V., Martynov O.V. The
northern part of the Black Sea waters' bio-optical and hydrology structure features...

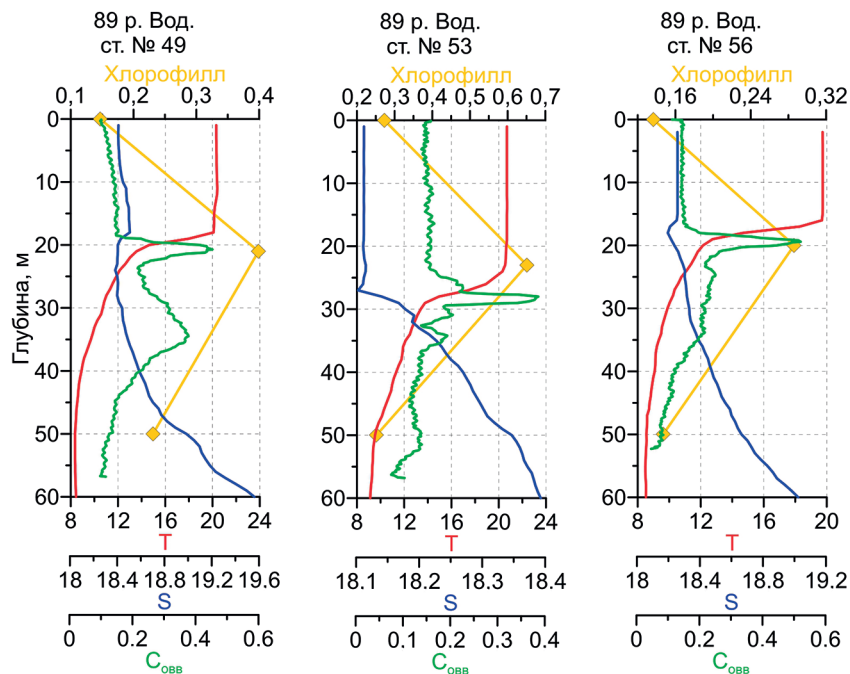


Рис. 5. Вертикальные распределения температуры, солёности, C_{chl} и C_{tsm} на различных станциях.

Fig. 5. The vertical distribution of temperature, salinity, C_{chl} and C_{tsm} at different stations.

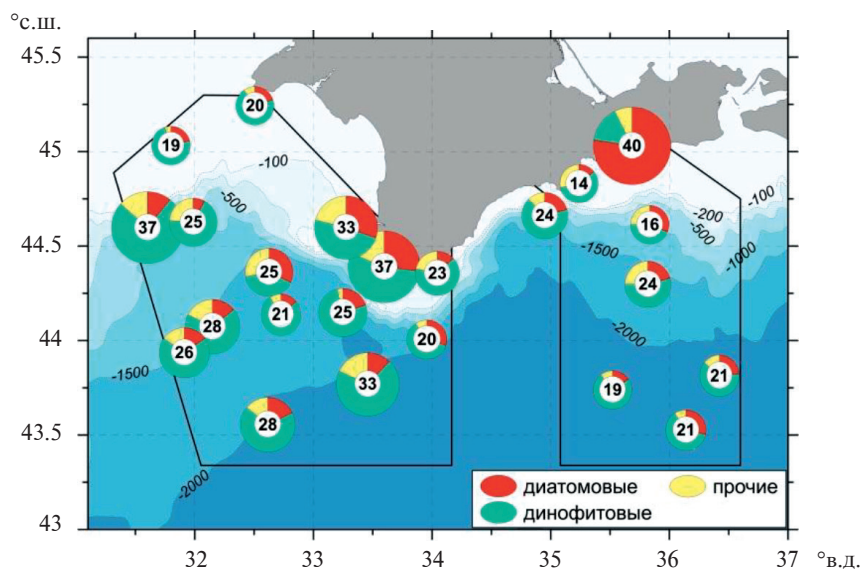


Рис. 6. Распределение численности видов фитопланктона.

Fig. 6. Distribution of the abundance of phytoplankton species.