

УДК 581.526.325 (262.5)

## ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ФИТОПЛАНКТОНА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД ЧЕРНОГО МОРЯ В МАЕ 2013 ГОДА

Георгиева Е. Ю., Стельмах Л. В.

Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского, Севастополь, e-georgieva@rambler.ru

Представлены результаты исследований количественных показателей фитопланктона поверхностных вод, полученные в Черном море в мае 2013 года в экспедиции на НИС «Профессор Водяницкий». Показано, что в период работ на большей части исследованной акватории (в центре моря, у берегов Крыма и в северо-западной части) отмечено «цветение» воды, вызванное кокколитофоридой *Emiliana huxleyi* (Lohm) Hay & Mohler. Вклад этого вида в суммарную численность фитопланктона составлял около 90 %, а в суммарную биомассу – около 80 %.

*Ключевые слова:* фитопланктон, цветение воды, *Emiliana huxleyi*, Черное море.

### ВВЕДЕНИЕ

Состояние экосистемы Черного моря в значительной степени определяется ее первичным звеном – фитопланктоном. Его количественные показатели, такие как численность, биомасса, общее количество видов и таксонов, а также число доминирующих видов, позволяют судить о степени устойчивости развития фитопланктонного сообщества и уровне обеспеченности зоопланктона, а также некоторых рыб растительной пищей.

Среди заметных изменений в фитопланктоне Черного моря в конце прошлого – начале нынешнего столетия следует отметить увеличение доли мелкоклеточной кокколитофориды *Emiliana huxleyi* (Lohm) Hay & Mohler. Интенсивное развитие данного вида в отдельные периоды года и, прежде всего в конце весны – в начале лета приводит к «цветению» воды, то есть к изменению ее оптических свойств [1]. В результате «цветения» *E. huxleyi* спутниковый сканер регистрирует так называемую «белую воду» [1; 8]. Способность этого вида водорослей к миксотрофному питанию, а также малые линейные размеры позволяют расти клеткам с высокой скоростью, что является физиологической основой его массового развития в море [6].

Исследования количественных показателей фитопланктона поверхностных вод (0–1 м) Черного моря, выполненные в период 72-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» в мае 2013 года, свидетельствуют о массовом развитии данной кокколитофориды. На обширной акватории, охватывающей северо-западную часть моря у западного и восточного берегов Крыма, а также центр моря, по численности и биомассе на большинстве станций преобладала *E. huxleyi*.

В силу выше изложенного цель настоящей работы состояла в исследовании пространственного распределения количественных характеристик фитопланктона, вклад в них таксономических групп и отдельных видов, в частности – кокколитофориды *E. huxleyi*.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для данной работы послужили пробы фитопланктона, собранные в северной части Черного моря в период 72-го рейса НИС «Профессор Водяницкий» (май 2013 года). Пробы были отобраны в слое 0–1 м на 22 станциях (рис. 1).

Отбор проб проводился кассетой батометров Rozetta с STD – зондом MARK – III NELL BROWN либо 6-литровым пластиковым батометром.

Пробы воды объемом 2 л сгущали в воронках обратной фильтрации, используя нуклеопоровый фильтр с диаметром пор 1 мкм [5] и фиксировали 40 % формалином. Клетки водорослей объемом менее 15 мкм учитывали в камере Ножжота объемом 0,01 мл, равные и более 15 мкм – в камере объемом 0,7 мл под световым микроскопом при увеличении  $\times 150$ ,  $\times 300$ . Объемы клеток рассчитывали по методу «истинного объема», используя формулы геометрического подобия клеток [2; 3; 4].

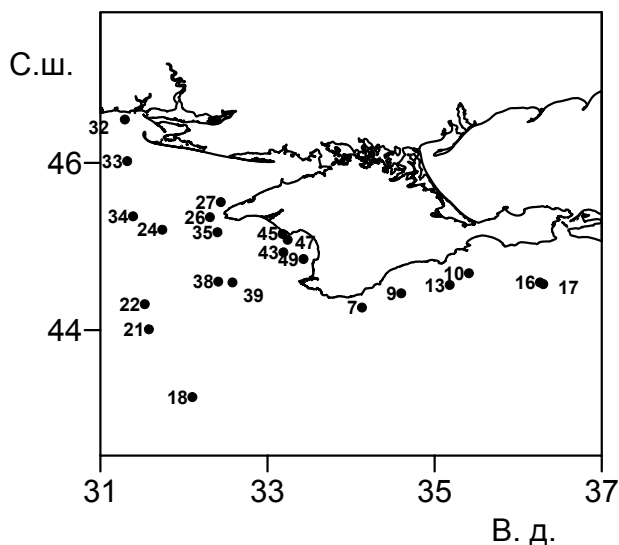


Рис. 1. Схема станций отбора проб фитопланктона в 72-м рейсе НИС «Профессор Водяницкий»

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В исследуемом районе фитопланктон был представлен 77 видами, относящимися к 7 классам и одной сборной группе Flagellata. Видовой состав фитопланктона соответствовал переходному периоду от весны к лету с преобладанием динофитового (43 таксона) и диатомового (24) комплексов.

Видовое разнообразие фитопланктона было достаточно низким, на большей части станций значение индекса выравненности не превышало 0,20 (табл. 1). При этом, наибольшее видовое разнообразие, судя по индексу выравненности, наблюдалось на мелководных станциях, подверженных влиянию распресненных вод стока Днепра (ст. 32, 33, 34), а наименьшее – на глубоководной ст. 10 напротив Карадага.

Суммарная численность фитопланктона в поверхностном слое менялась в диапазоне 287,3÷4467,7 млн. кл/м<sup>3</sup>. Минимальное значение наблюдалось на станции, находящейся под влиянием распресненных вод стока Днепра (ст. 32), а максимальное – напротив Судака (ст. 9). Высокими значениями этого показателя отличались станции побережья Крыма – от Ялты до Карадага. Для всей исследуемой акватории средняя численность фитопланктона в поверхностном слое составляла 2037,4±518,0 млн. кл/м<sup>3</sup>.

Суммарная биомасса фитопланктона в исследуемых водах менялась в пределах от 59 до 1339 мг/м<sup>3</sup>. Ее минимальные значения наблюдались на мелководной станции северо-западной части Черного моря (ст. 24), максимальные – около устья Днепра (ст. 33). Значения суммарной биомассы фитопланктона на трех станциях, расположенных около устья Днепра, резко отличаются от ее величин на всех остальных станциях исследуемого района. Поэтому расчеты среднего значения осуществляли отдельно для этих 3 станций и для остальных 19 станций. В первом случае средняя биомасса фитопланктона была равна 954,3±377,5 мг/м<sup>3</sup>, во втором – 185,7±47,1 мг/м<sup>3</sup>.

Основной вклад в суммарные количественные характеристики фитопланктона вносили примнезиевые водоросли (Prymnesiophyceae), составляя на большинстве станций более 90 % от численности и более 70 % биомассы суммарного фитопланктона. Только на станциях, подверженных влиянию речного стока (ст. 33, 34), преобладали диатомовые водоросли (Bacillariophyceae). Столь высокий вклад примнезиевых водорослей в суммарные количественные величины был обусловлен бурным развитием мелкоклеточной кокколитофориды *E. huxleyi* на большей части акватории. Диапазон численности *E. huxleyi* в поверхностном слое – 214,5÷4416,0 млн. кл/м<sup>3</sup>.

Кокколитофориды *E. huxleyi* доминировала по численности на всех станциях, составляя более 90 % от численности суммарного фитопланктона, за исключением двух распресненных станций (ст. 33, 34), где преобладала мелкоклеточная диатомовая *Cyclotella caspia* Grunow, составляя 69,2 % (ст. 33) и 45,3 % (ст. 34) от суммарной численности. На большинстве станций численность

*E. huxleyi* превышала 1 млрд. кл/м<sup>3</sup>. Исключение составляли станции, локализованные около устья Днепра, в Каркинитском и Каламитском заливах.

Таблица 1

Основные характеристики суммарного фитопланктона в исследованных поверхностных водах Черного моря (май, 2013)

№ станции	Дата	Численность (Ns), млн. кл/м <sup>3</sup>	Биомасса (Bs), мг/м <sup>3</sup>	Индекс выравненности
1	2	3	4	5
7	22.05.2013	4345,3	378,5	0,04
9	22.05.2013	4467,7	336,0	0,07
10	23.05.2013	4452,8	436,9	0,02
13	23.05.2013	2105,7	174,9	0,12
16	23.05.2013	2220,4	200,7	0,12
17	23.05.2013	2607,4	219,3	0,04
18	24.05.2013	1854,3	150,4	0,15
21	26.05.2013	2806,2	210,6	0,06
22	26.05.2013	2800,4	181,2	0,09
24	26.05.2013	334,8	59,4	0,16
26	27.05.2013	768,5	66,8	0,03
27	27.05.2013	1063,6	85,3	0,10
32	28.05.2013	287,3	766,9	0,37
33	28.05.2013	1568,7	1339,4	0,33
34	28.05.2013	1219,8	756,5	0,36
35	29.05.2013	1875,4	145,2	0,07
38	29.05.2013	2639,8	236,9	0,07
39	29.05.2013	2162,9	188,1	0,06
43	30.05.2013	2227,4	170,7	0,10
45	30.05.2013	493,6	61,1	0,12
47	30.05.2013	945,3	96,1	0,06
49	30.05.2013	1576,7	131,0	0,05

Биомасса *E. huxleyi* на исследованной акватории изменялась в диапазоне 20,6÷368,1 мг/м<sup>3</sup>. На большинстве станций ее вклад в суммарную биомассу фитопланктона составлял около 80 %. Только на станциях около устья Днепра (ст. 32, 33, 34) преобладали диатомовые водоросли. Среди них основными были *Pseudosolenia calcar-avis* (Schultze) Sundström (73,5 % от биомассы суммарного фитопланктона, ст. 32), а также *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendeby (42,3 % – ст. 33; 31,1 % – ст. 34).

Из выше изложенного можно заключить, что на большей части исследуемой акватории наблюдалось «цветение» воды, вызванное развитием *E. huxleyi* (рис. 2).

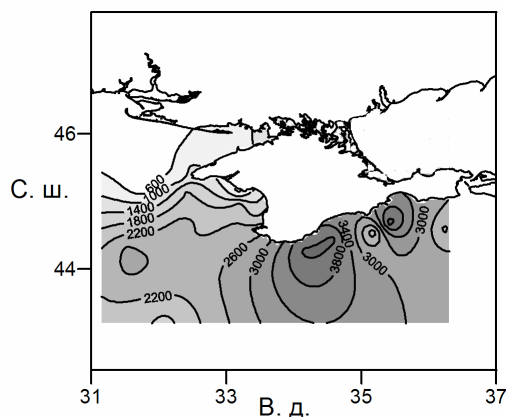


Рис. 2. Распределение численности кокколитофориды *Emiliana huxleyi* в поверхностных водах северной части Черного моря в мае 2013 года

Результаты лабораторных исследований показали, что питание копепод этой кокколитофоридой хотя и осуществлялось, но приводило к нарушению их репродуктивных свойств [7]. Можно полагать, что в период «цветения» воды данным видом водорослей ухудшается кормовая база для мезозoopланктона, а значит замедляется процесс его развития.

Низкие значения биомассы ценных в кормовом отношении диатомовых и динофитовых водорослей ограничивали, вероятно, развитие не только мезозoopланктона, но и микрозоопланктона. Подтверждением тому может служить слабое выедание суммарного фитопланктона микрозоопланктоном. Было показано, что удельное потребление фитопланктона микрозоопланктоном было в 3 раза ниже удельной скорости роста фитопланктона [9].

## ВЫВОДЫ

В мае 2013 года в поверхностных водах у западного и восточного берегов Крыма, а также в центре Черного моря были выявлены следующие особенности развития фитопланктона:

1. В исследуемый период видовое разнообразие (по индексу выравненности) было низким. Фитопланктон был представлен 77 видам микроводорослей и его видовой состав соответствовал переходному периоду от весны к лету с преобладанием динофитового и диатомового комплексов.

2. Общая численность фитопланктона характеризовалась высокими значениями ( $287,3 \div 4467,7$  млн. кл./м<sup>3</sup>) преимущественно за счет развития мелкоклеточной кокколитофориды *E. huxleyi*. На большинстве станций она составляла более 90 % численности суммарного фитопланктона. Наибольшими значениями численности отличались станции в прибрежных водах Крыма от Ялты до Карадага.

3. Биомасса фитопланктона на большей части исследованной акватории была небольшой ( $20,6 \div 368,1$  мг/м<sup>3</sup>) вследствие малого объема клеток доминирующей здесь *E. huxleyi* (приблизительно 80 % от биомассы суммарного фитопланктона). Только на станциях около устья Днепра преобладали крупноклеточные диатомовые водоросли *Pseudosolenia calcar-avis* и *Cerataulina pelagica*, что приводило к увеличению биомассы фитопланктона до  $756,5 \div 1339,4$  мг/м<sup>3</sup>.

4. Численность *E. huxleyi*, чаще всего, превышала 1 млрд. кл./м<sup>3</sup>, что соответствует уровню «цветения» воды. Только на станциях около устья Днепра, в Каркинитском заливе и двух прибрежных станциях Каламитского залива это явление не отмечено.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность к.б.н. Георгиевой Л. В., н.с. Манжос Л. А., вед. инженеру Бабич И. И. и всем участникам рейса № 72 НИС «Профессор Водяницкий» за консультации и помощь в работе.

## Список литературы

1. Микаэлян А. С. Развитие кокколитофорид в Черном море: межгодовые и многолетние изменения / А. С. Микаэлян, В. А. Силкин, Л. А. Паутова // Океанология. – 2011. – Т. 51, № 1. – С. 45–53.
2. Сеничкина Л. Г. К методике вычисления объемов клеток фитопланктона / Л. Г. Сеничкина // Гидробиол. журн. – 1978. – Т. 14, № 5. – С. 102–106.
3. Сеничкина Л. Г. Вычисление объемов клеток диатомовых водорослей с использованием коэффициентов объемной полноты / Л. Г. Сеничкина // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 22, № 1. – С. 56–59.
4. Сеничкина Л. Г. Вычисление объемов клеток видов рода *Euxuviaella* Cienk / Л. Г. Сеничкина // Гидробиол. журн. – 1986. – Т. 22, № 3. – С. 92–94.
5. Сорокин Ю. И. К методике концентрирования проб фитопланктона / Ю. И. Сорокин // Гидробиол. журн. – 1979. – Т. 15. – С. 71–76.
6. Стельмах Л. В. Эколого-физиологические основы «цветения» воды, вызываемого *Emiliania huxleyi* в Севастопольской бухте / Л. В. Стельмах, М. И. Сеничева, И. И. Бабич // Экология моря. – 2009. – Вып. 77. – С. 28–32.
7. Ханайченко А. Н. Влияние питания самок *Calanus helgolandicus* (Copepoda, Calanoida) микроводорослями *Emiliania huxleyi* и *Rhodomonas salina* на продукцию яиц и жизнеспособность науплиев / А. Н. Ханайченко, С. А. Пуле, Х. К. Канг // Экология моря. – 2001. – Вып. 55. – С. 63–68.
8. Balch W. M. Biological and optical properties of mesoscale coccolithophore blooms in the Gulf of Maine / W. M. Balch, P. M. Holligan, S. G. Ackleson., K. J. Voss // Limnol. Oceanogr. – 1991. – Vol. 36. – P. 629–643.
9. Stelmakh L. V. *Emiliania huxleyi* Spring Bloom in the Black Sea: A Tentative Investigation / L. V. Stelmakh, E. Yu. Georgieva // International Journal of Marine Science. – 2014. – Vol. 4, N. 17. – P. 160–165.

**Георгієва О. Ю., Стельмах Л. В. Особливості розвитку фітопланктону поверхневих вод Чорного моря в травні 2013 року** // Екосистеми, їх оптимізація та охорона. Сімферополь: ТНУ, 2014. Вип. 11. С. 214–218.

Представлені результати досліджень кількісних показників фітопланктону поверхневих вод, які отримані в Чорному морі в травні 2013 року в експедиції на НДС «Професор Водяницький». Показано, що в період робіт на більшій частині дослідженої акваторії (у центрі моря, біля берегів Криму і в північно-західній частині) відзначено «цвітіння» води, викликане кокколітофородою *Emiliana huxleyi* (Lohm) Hay & Mohler. Вклад цього виду в сумарну чисельність фітопланктону становив близько 90 %, а в сумарну біомасу – близько 80 %.

*Ключові слова:* фітопланктон, *Emiliana huxleyi*, цвітіння води, Чорне море.

**Georgieva E. Y., Stelmakh L. V. Peculiarities of phytoplankton development in the surface waters of the Black Sea in May 2013** // Optimization and Protection of Ecosystems. Simferopol: TNU, 2014. Iss. 11. P. 214–218.

The results of investigations of quantitative indicators of phytoplankton were obtained in the surface waters of the Black Sea in May 2013 (the expedition R/V “Professor Vodyanytsky”). It is shown, that *Emiliana huxleyi* bloom was observed for the most part of the sea (near Crimea and in the center of the sea). The share of this species was equal to 90 % of total abundance and 80 % of total biomass.

*Key words:* phytoplankton, bloom, *Emiliana huxleyi*, the Black Sea.

*Поступила в редакцію 30.03.2014 г.*