



УДК 574.583

Л. М. Теренько, канд. биол. наук, ст. н.с., **Г. В. Теренько**, канд. биол. наук, н.с.

Одесский филиал Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского Национальной академии наук Украины, Одесса, Украина

МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА «ЦВЕТЕНИЙ» МИКРОВОДОРОСЛЕЙ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ ОДЕССКОГО ЗАЛИВА (ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Проанализированы результаты многолетних собственных исследований и проведено сравнение с литературными данными предыдущих лет о временных изменениях «цветений» воды в северо-западной части Чёрного моря, а также видового состава вызывающих их микроводорослей. Мониторинг проводился в 1995 – 2005 гг. ежемесячно на 5 – 7 станциях, расположенных в прибрежной зоне Одесского залива. Показаны некоторые особенности «цветений» в современный период, а также отмечено увеличение числа токсичных видов-возбудителей «цветений». Приведен список токсичных или потенциально токсичных микроводорослей, развивающихся в данной акватории.

Ключевые слова: «цветение» воды, эвтрофирование, «красный прилив», виды-вселенцы, токсичные микроводоросли, Чёрное море

При современном экологическом состоянии водной среды массовое развитие одного или нескольких видов микроводорослей («цветение» воды) всё чаще происходит в прибрежной зоне Чёрного моря. В северо-западной части моря одним из первых это явление описал П. И. Усачев в 1928 г. [15]. В 1958 г. в этом же районе отмечалось «цветение» воды, вызванное *Gonyaulax polygramma* [4], позже этот вид в массовом количестве не наблюдался, а в 1960-х годах почти ежегодно в летний период массовое развитие получали *Prorocentrum minimum* (= *Exuviaella cordata*) и *P. micans* [5].

Под влиянием эвтрофирования в северо-западной части Чёрного моря в 1970-х годах наблюдались сильные всплески развития *P. minimum*, достигающие явления «красного прилива», при максимальной численности вида 224.0 млн. кл.·л⁻¹ [7, 8]. В последующие десятилетия частота случаев «цветения» воды, сформированного *P. minimum*, стала уменьшаться, однако это явление стали вызывать

новые виды, «цветение» которых ранее не наблюдалось. Так, в 1981 – 1990 гг. среди возбудителей «цветения» отмечены *Heterocapsa triquetra* и *Akashiwo sanguinea* (= *Gymnodinium sanguineum*). К началу 1990-х годов в северо-западной части Чёрного моря «цветение» воды вызывали уже около 30 видов планктонных микроводорослей [9].

В последние годы продолжающаяся эвтрофикация прибрежных вод, а также глобальные климатические изменения отразились не только на частоте и характере «цветений», но и на составе видов-возбудителей. В данной работе представлены результаты исследования «цветений» воды, вызванных развитием микроводорослей в прибрежной зоне северо-западной части Чёрного моря в 1995 – 2005 гг.

Материал и методы. Многолетние исследования «цветений» микроводорослей проводили в 1995 – 2005 гг. ежемесячно на 5 – 7 станциях, расположенных в прибрежной зоне Одесского залива Чёрного моря (рис. 1). Этот район моря подвержен влиянию вод крупных рек Днепра

и Южного Буга, а также промышленных и бытовых стоков города Одессы. Протяжённость гидротехнических сооружений вдоль всего побережья составляет около 20 км. Здесь расположены три крупнейших в Украине морских порта, в то же время – это рекреационная зона с прекрасными песчаными пляжами.

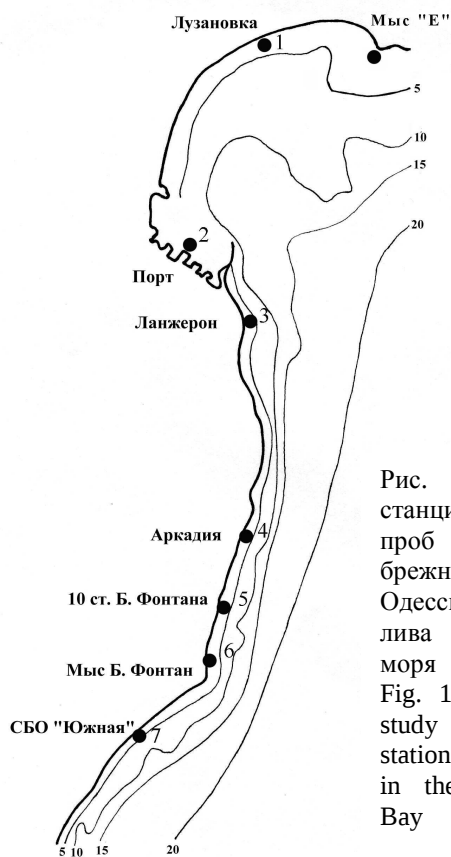


Рис. 1 Схема станций отбора проб в прибрежной зоне Одесского залива Чёрного моря
Fig. 1 Map of study area and stations location in the Odessa Bay

Пробы на всех станциях отбирали с поверхностного горизонта одновременно, при этом измеряя температуру и солёность морской воды. Пробы объемом 1 – 2 л концентрировали с помощью установки для обратной фильтрации через нуклеопоровые (ядерные) фильтры с размером пор 1 мкм и просматривали в нефиксированном «живом» виде. Подсчёт клеток ультра- и нанопланктона проводили в камере объёмом 0.05 мл под световым микроскопом «Биолам» (с увеличением 400х). Крупные формы микропланктона посчитывали в камере объёмом 5 мл. Для фиксации проб использовали раствор Люголя с последующей дофиксацией 40 % раствором формальдегида в соотношении 1 : 10.

Результаты и обсуждение. Состав и количественные показатели развития массовых, структурообразующих для экосистемы Чёрного моря видов микроводорослей определяют характер изменений фитопланктона в целом. Под «цветением» понимали вспышки развития микроводорослей, достигающих численности от 1 млн. кл.·л⁻¹ и выше, или биомассы от 1 мг·л⁻¹ и выше [2, 17]. Определение «цветения» по биомассе применяли в случае крупноразмерных видов микроводорослей *Cerataulina pelagica*, *Pseudosolenia calcaravis*, *Akashiwo sanguinea*, *Lingulodinium polyedrum* и *Prorocentrum micans*, которые вызывали «цветение» воды, но не достигали при этом численности 1 млн. кл.·л⁻¹.

За период наблюдений в прибрежной зоне Одесского залива Чёрного моря отмечено 65 случаев «цветений» микроводорослей, их максимальное число отмечалось в 1998 и 1999 гг., минимальное – в 1997, 2002 и 2004 гг. (табл. 1).

В ряду многолетних наблюдений число «цветений» микроводорослей подвержено наибольшим межгодовым флуктуациям и определяется нестабильностью как гидрологических, так и гидрохимических условий, складывающихся в прибрежной зоне Чёрного моря в разные годы. Это явление формировали 33 вида микроводорослей, из них 18 диатомовых, 9 динофитовых, по два эвгленовых, синезеленых и золотистых. Отмечено появление 16 новых видов, ранее не вызывавших «цветение»: 7 видов диатомовых – *Chaetoceros rigidus*, *Ch. simplex* var. *calcitrans*, *Ch. subtilis* var. *abnormis* f. *simplex*, *Detonula confervaceae*, *Pseudonitzschia delicatissima*, *Stephanodiscus socialis* и *Thalassiosira nordenskioeldii*, 7 динофитовых – *Akashiwo sanguinea*, *Gymnodinium simplex*, *Gyrodinium cornutum*, *G. instriatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Scrippsiella trochoidea* и *Prorocentrum micans* и по одному – эвгленовых *Eutreptia viridis* и золотистых *Apedinella spinifera* (табл. 2).

Табл. 1 Динамика числа видов и «цветений» микроводорослей в прибрежной зоне Одесского залива
 Table 1 Dynamics of number species and microalgal blooms in coastal area of the Odessa Bay

Таксон	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bacillariophyceae	2	3	1	7	8	5	7	2	2	1	5
Dinophyceae	1	0	0	4	2	1	1	0	0	0	3
Euglenophyceae	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Chrysophyceae	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Суанопхуцеае	1	1	0	0	1	1	2	0	0	0	0
Число видов	5	5	2	13	13	7	9	2	2	1	9
Число «цветений»	4	5	2	11	11	9	9	2	3	1	8

Табл. 2 Максимальная численность ($\times 10^6$ кл. $\cdot$ л $^{-1}$) микроводорослей, вызывающих «цветение» в Одесском заливе с 1995 по 2005 гг.
 Table 2 Maximal densities ($\times 10^6$ cells $\cdot$ l $^{-1}$) of blooming microalgae in the Odessa Bay between 1995 and 2005

Год	Зима	Весна	Лето	Осень
1	2	3	4	5
1995	<i>Chaetoceros rigidus</i> (13.0)	<i>Oscillatoria kisselevi</i> (1.5)	<i>Prorocentrum cordatum</i> (1.8)	<i>Skeletonema subsalsum</i> (2.0)
1996		<i>C. rigidus</i> (1.0) <i>Skeletonema costatum</i> (1.1)	<i>Emiliania huxleyi</i> (2.2) <i>S. costatum</i> (2.8) <i>Cerataulina pelagica</i> (0.8) <i>E. huxleyi</i> (1.2–8.0) <i>E. huxleyi</i> (2.9–3.9)	<i>S. costatum</i> (0.9) <i>O. kisselevi</i> (3.5–4.5)
1997			<i>Gyrodinium cornutum</i> (0.5)	<i>S. subsalsum</i> (1.2)
1998	<i>S. costatum</i> (50.6)	<i>Cyclotella caspia</i> (1.0)	<i>Rhizosolenia fragilissima</i> (1.5) <i>Pseudosolenia calcaravis</i> (0.4) <i>Leptocylindrus danicus</i> (2.5) <i>P. cordatum</i> (1.0–5.6) <i>Prorocentrum micans</i> (0.5) <i>S. costatum</i> (36.7) <i>C. pelagica</i> (1.2–2.0) <i>Eutreptia viridis</i> (2.1)	<i>S. costatum</i> (0.5) <i>S. subsalsum</i> (1.2) <i>Heterocapsa triquetra</i> (0.5)
1999	<i>S. costatum</i> (1.4)	<i>S. costatum</i> (1.0–6.7) <i>H. triquetra</i> (1.7) <i>Eutreptia lanowii</i> (1.1)	<i>Chaetoceros subtilis</i> var. <i>abnormis</i> f. <i>simplex</i> (3.5–6.0) <i>C. caspia</i> (4.4) <i>Nitzschia closterium</i> (0.6) <i>Chaetoceros simplex</i> var. <i>calcitrans</i> (0.5–1.2) <i>E. huxleyi</i> (0.9) <i>L. danicus</i> (0.5–4.9) <i>S. costatum</i> (0.6–1.7) <i>C. socialis</i> (4.4) <i>Pseudosolenia calcaravis</i> (0.5) <i>S. costatum</i> (1.3) <i>C. subtilis</i> var. <i>abnormis</i> f. <i>simplex</i> (1.2–2.5) <i>O. kisselevi</i> (2.3–3.5)	<i>S. costatum</i> (1.8–3.7) <i>Lingulodinium polyedrum</i> (0.9) <i>C. pelagica</i> (0.4) <i>Chaetoceros socialis</i> (0.5) <i>E. huxleyi</i> (0.5–1.1) <i>O. kisselevi</i> (1.2)
2000	<i>Stephanodiscus socialis</i> (5.9) <i>S. costatum</i> (1.7)	<i>S. costatum</i> (5.7) <i>C. socialis</i> (2.6)	<i>S. costatum</i> (1.3) <i>C. subtilis</i> var. <i>abnormis</i> f. <i>simplex</i> (1.2–2.5) <i>O. kisselevi</i> (2.3–3.5) <i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (1.5–1.9) <i>Gymnodinium simplex</i> (250.0) <i>C. caspia</i> (1.7) <i>O. kisselevi</i> (3.4) <i>Gleocapsa minor</i> (1.0)	<i>Akashiwo sanguinea</i> (0.8) <i>S. costatum</i> (1.2)
2001	<i>S. costatum</i> (1.3–2.4)	<i>S. socialis</i> (0.6)		<i>Pseudonitzschia seriata</i> (0.45) <i>C. socialis</i> (0.3) <i>S. costatum</i> (1.5) <i>S. subsalsum</i> (1.5)

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
2002	<i>S. subsalsum</i> (1.4–5.8)		<i>C. subtilis</i> var. <i>abnormis</i> f. <i>simplex</i> (0.9)	
2003	<i>S. costatum</i> (2.2)	<i>S. costatum</i> (1.4–2.8) <i>Detonula confervaceae</i> (0.6–1.2) <i>Diatoma elongatum</i> (0.76)		
2004				
2005	<i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> (0.1)	<i>S. costatum</i> (2.2) <i>Apedinella spinifera</i> (1.3–1.8) <i>H. triquetra</i> (0.5) <i>Gyrodinium instriatum</i> (0.3)	<i>C. simplex</i> var. <i>calcitrans</i> (1.4) <i>C. caspia</i> (1.5) <i>E. huxleyi</i> (1.3) <i>P. seriata</i> (0.35) <i>Scrippsiella trochoidea</i> (8.0)	

В 1980-х годах не наблюдалось доминирования некоторых диатомовых – *D. confervaceae* (февраль – март 2003 г.), *S. socialis* (февраль 2000 г.) и *T. nordenskiöldii* (январь – февраль 2005 г.) [9].

«Цветение» диатомовых. Нередко в прибрежной зоне Одесского залива наблюдаются зимние «цветения», возбудителями которых являются диатомовые *Chaetoceros rigidus*, *Stephanodiscus socialis*, *Thalassiosira nordenskiöldii*, *Skeletonema costatum* и *Skeletonema subsalsum*, однако чаще всего в зимний период «цветение» вызвано массовым развитием *S. costatum* (8 случаев).

В последние годы *S. costatum* часто доминирует и вызывает «цветение» воды в при-

брежной зоне Чёрного моря, за период наблюдений отмечены 23 случая массового развития этого вида (табл.2; рис.2). Данные о развитии этой водоросли в Чёрном море отрывочны и касаются, в основном, её массового развития в весенний и осенний периоды. В ходе круглогодичных наблюдений за развитием *S. costatum* отмечено, что вспышки «цветений» данного вида участились и возможны в любой из сезонов года. Так, в 1999 г. в течение года наблюдалось максимальное число вспышек развития вида (6 «цветений»). Наиболее сильные по интенсивности «цветения» воды наблюдались в феврале (максимальная численность 50.6 млн. кл.·л⁻¹) при температуре 4°C и в июле 1998 г. (макс. 36.7 млн. кл.·л⁻¹) при 25.7°C (рис. 2).

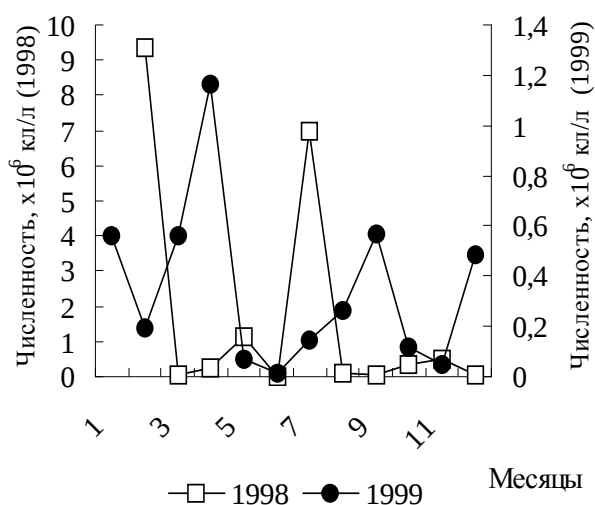


Рис. 2 Годовая динамика численности *Skeletonema costatum* в прибрежной зоне Одесского залива
Fig. 2 Annual dynamics of densities *Skeletonema costatum* in the coastal area of the Odessa Bay

В период максимального развития вида фитопланктонное сообщество монодоминантно и на долю *S. costatum* приходится более 90 % суммарной численности фитопланктона. В пространственном отношении показатели численности и биомассы *S. costatum* возрастали в наиболее высокоэвтрофных акваториях прибрежной зоны Одесского залива (Одесский порт и Лузановка). Максимальные величины плотности *S. costatum* определили снижение

индекса видового разнообразия Шеннона до минимальных значений в Порту ($H' = 0.04$) и в районе Лузановки ($H' = 0.17$) (рис. 3).

Известно, что *S. costatum*, являясь видом-индикатором эвтрофикации, достигает наивысших концентраций в районах с высокой трофностью вод и приводит к снижению видового разнообразия фитопланктона в целом. Согласно классификации [25, 26], плотность этого вида свыше $8.0 \text{ млн. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ указывает на экстремально эвтрофный тип вод.

Таким образом, весеннее и осеннее доминирование *S. costatum* можно рассматри-

вать как естественный процесс хода сезонной сукцессии. Однако, «цветение» в зимний и летний периоды, когда численность *S. costatum* достигает 50.6 (98.85%) и $36.7 \text{ млн. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$ (92.3% от общей численности фитопланктона) соответственно, с формированием монодоминантной популяции в сообществе фитопланктона, свидетельствует о нарушении стабильности экосистемы и может быть показателем экстремально эвтрофных вод в отдельных районах Одесского залива Чёрного моря.

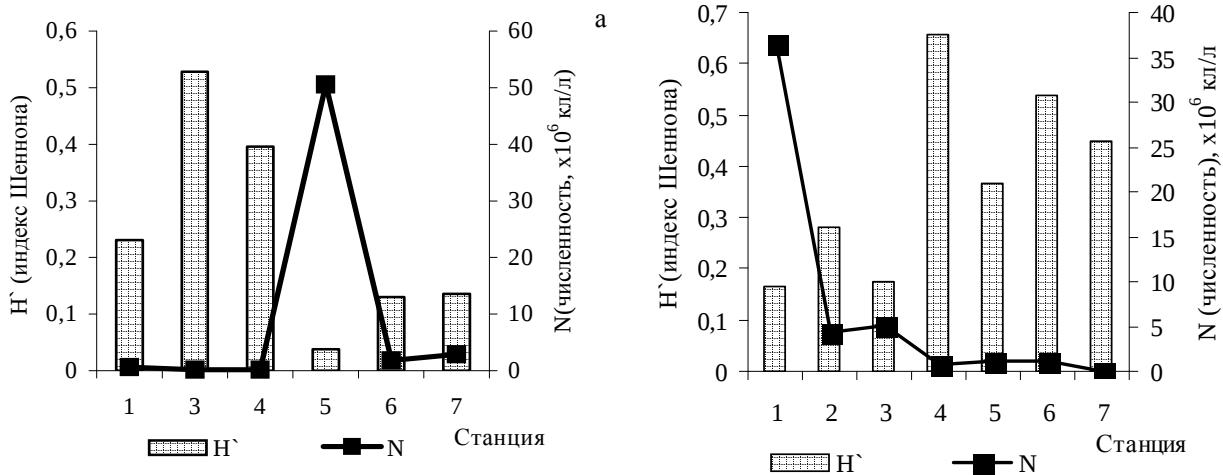


Рис. 3 Численность *Skeletonema costatum* и индекс видового разнообразия (H') в феврале (а) и июле (б) 1998 г. на семи станциях Одесского залива

Fig. 3 Densities of *Skeletonema costatum* and biodiversity index (H') in February (a) and July (б) 1998 at 7 stations in the Odessa Bay

«Цветение» *S. costatum* часто наблюдается в комплексе со многими доминирующими диатомовыми (*Ch. rigidus*, *Ch. karianus*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Cerataulina pelagica*), а также динофитовыми (*Heterocapsa triquetra*) и эвгленовыми (*Eutreptia lanowii*). Так, в марте – апреле 1999 г. на всей акватории Одесского залива наблюдался «красный прилив», вызванный массовым развитием *S. costatum* ($6.7 \text{ млн. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$), *H. triquetra* ($6.7 \text{ млн. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$) и *E. lanowii* ($1.1 \text{ млн. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$). В сентябре 1999 г. было отмечено одновременное доминирование пяти видов микроводорослей: *S. costatum*, *C. pelagica*,

Ch. socialis, *Ditylum brightwellii* и *Emiliania huxleyi*. Отмечается усиление интенсивности «цветений» *S. costatum* в многолетнем аспекте: так, в 1955 – 1960 гг. максимальная численность *S. costatum* достигала $1.9 - 3.5$ [6], в 1973 – 1980 гг. – 10.4 [10], в 1994 – 1996 гг. – 13.7 , а в 1998 – 1999 гг. – $28.7 \text{ млн. кл.}\cdot\text{л}^{-1}$.

Мелкие центрические виды родов *Stephanodiscus* (*S. hantzschii*, *S. socialis*) и *Chaetoceros* (*C. rigidus*, *C. subtilis* var. *abnormis* f. *simplex*, *C. simplex* var. *calcitrans*) развиваются в качестве доминирующих компонентов зимнего и ранневесеннего фитопланктона при

наиболее сильном влиянии речного стока и солёности 9.12 – 10.7‰, что также свидетельствует о высокой трофности акватории.

«Цветение» динофитовых. В исследуемый период «цветение» воды в Одесском заливе вызывали 9 видов динофитовых микроводорослей: *Akashiwo sanguinea*, *Gymnodinium simplex*, *Gyrodinium cornutum*, *G. instriatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Heterocapsa triquetra*, *Scrippsiella trochoidea*, *P. minimum* и *P. micans*. Три вида – *H. triquetra* (март – апрель 1999 г.), *A. sanguinea* (сентябрь – октябрь 2000 г.) [12] и *S. trochoidea* (август – сентябрь 2005 г.) [14] явились возбудителями «красных приливов». Развитие нетоксичной динофлагеллаты *L. polyedrum* (0.9 млн. кл.·л⁻¹) в октябре 1999 г. в районе влияния вод Днепровско-Бугского лимана сопровождалось заморными явлениями и массовой гибелью рыб. В многолетнем аспекте отмечено увеличение количества видов дино-

фитовых водорослей, вызывающих «цветение» воды, – от 1 вида в 1960-х [5], 2 – в 1970-х [9] до 9 видов в настоящее время [11, 21].

В северо-западной части Чёрного моря нами отмечено сокращение частоты «цветений» *P. minimum* (= *P. cordatum*) в многолетнем аспекте. Так, в 1970-х годах этот вид вызывал «цветение» в 10 случаях [9], в 1980 – 1990-х – в трёх и в последние годы – в двух (лето 1995 и 1998 гг.). Интенсивность «цветений» *P. minimum* в различных районах северо-западной части Чёрного моря в последние годы также заметно снизилась (табл. 3.). По данным Д.А. Нестеровой [9], максимальный пик «цветений» данного вида наблюдался в 1974 г. – 224.0 млн. кл.·л⁻¹, в период 1995 – 2005 гг. его численность колебалась от 1.8 до 5.6, составляя в среднем 3.6 млн. кл.·л⁻¹.

Табл. 3 Максимальная численность *P. minimum* (×10⁶ кл.·л⁻¹) в северо-западной части Чёрного моря в разные периоды

Table 3 Maximal densities of *P. minimum* (×10⁶ cells·l⁻¹) in North-Western part of the Black Sea during different periods

Годы	Численность	Источник
1954–1960	3.5	[6]
1973–1980	224.0	[10]
1981–1990	124.8	[10]
1995–2005	5.6	[собств. данные]

В прибрежных эвтрофных районах Чёрного моря всё чаще наблюдается массовое развитие беспанцирных динофлагеллат с миксотрофным (*A. sanguinea*, *G. simplex*) и гетеротрофным (*Gyrodinium cornutum*, *Polykrikos schwartzii*) типами питания. Это связано с увеличением в 1990-х годах лабильного органического вещества, в частности, органического азота в 2 – 3 раза, имеющего несколько источников поступления: речной сток, донные отложения, а также техногенный сток [1]. Причиной увеличения числа доминирующих гетеротрофных динофлагеллат и возрастания их численности могут быть также частые «цвете-

ния» диатомовых водорослей и начало их деградации.

Наблюдения за развитием *A. sanguinea* с июля 2000 по июнь 2001 гг. показали, что у этого вида вегетация наблюдается круглогодично. Так, в октябре 2000 г. его максимальная численность достигла 0.78 · 10⁶ кл.·л⁻¹; биомасса 55.3 г·м⁻³, составив 79.5 % численности и 96.7 % биомассы всего фитопланктона, и стала причиной «красного прилива» в Одесском заливе [12]. В течение всего периода наблюдений температура воды колебалась от 3.6 до 23.8°C, солёность от 9.7 до 16.73 ‰, а наиболее высокие показатели численности отмечались

при максимально низкой солёности (9.7 ‰) в заливе.

G. cornutum и *P. schwartzii* часто доминировали в планктоне после «цветений» диатомовых. В июне 1998 г. численность *G. cornutum* достигала 485.3 тыс. кл.·л⁻¹, биомасса 475.6 мг·м⁻³, что составило соответственно 93.8 и 91.8 % от численности и биомассы всех динофлагеллят. В этот период в сообществе фитопланктона развивались три вида диатомовых – *Pseudosolenia calcaravis* (10.7 тыс. кл.·л⁻¹), *Dactyliosolen fragilissimus* (954.7 тыс. кл.·л⁻¹) и *Leptocylindrus danicus* (184.0 тыс. кл.·л⁻¹). Исходя из этого, можно предположить, что вероятным источником органического вещества для гетеротрофных клеток популяции *G. cornutum* могут служить отмирающие клетки крупных диатомовых.

Впервые для украинского побережья Чёрного моря в августе – сентябре 2005 г. в Одесском заливе после интенсивных осадков наблюдали «красный прилив», вызванный массовым развитием *S. trochoidea*. При низкой плотности популяции этот аборигенный вид известен для Чёрного моря, по крайней мере, с 1965 г. [3]. Существуют сведения о случаях

«цветения» воды, обусловленных развитием этого вида в летний период 1989 г. в водах у румынских (максимальная численность 25.8 млн. кл.·л⁻¹) [16] и болгарских берегов (максимальная численность 1.9 млн. кл.·л⁻¹) [24] Чёрного моря.

Наблюдения за развитием вида мы проводили в период с 25 августа по 30 сентября 2005 г. на трёх станциях, расположенных в Одесском заливе. В период «цветения» пробы отбирали через сутки и обрабатывали в «живом» нефиксированном виде. Максимальная численность зарегистрирована в Одесском порту 25 августа – 8.0 млн. кл.·л⁻¹. На фоновых станциях (ст. 2, 3) численность *S. trochoidea* была ниже и варьировала от 18,0 тыс. кл.·л⁻¹ до 1,6 млн. кл.·л⁻¹, составляя в среднем 422.0 тыс. кл.·л⁻¹. На поверхности воды были видны красно-бурые пятна, представляющие собой скопления *S. trochoidea*. Массовое развитие вида наблюдалось при температуре 23.0 – 25.0 °С и солёности 11.8 – 13.6 ‰. Следует отметить, что одновременно в водной среде отмечалось большое количество цист *S. trochoidea* (42.0 тыс. кл.·л⁻¹), а также подвижных переходных стадий (motile form) развития вида (рис. 4).

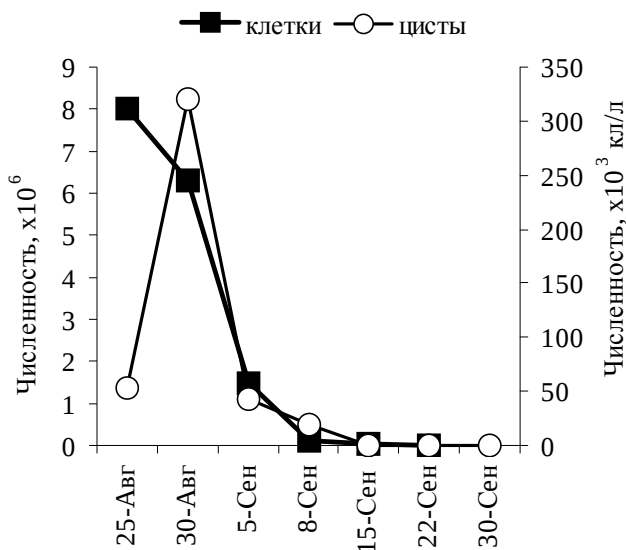


Рис. 4 Динамика численности вегетативных клеток и цист *S. trochoidea* во время «красного прилива» в Одесском заливе

Fig. 4 Dynamics of densities of vegetative cells and cysts of *S. trochoidea* during red tides in the Odessa Bay

Размеры клеток *S. trochoidea* во время «красного прилива» были более крупные, чем в районах, где вид имел низкую плотность популяции. Крупные клетки, планозиготы (26.0 – 32.0 мкм в диаметре), являлись предшественниками образования цист. В целом уровень количественного развития фитопланктона на протяжении всего времени наблюдений был высоким. И лишь 15 сентября при повышении солёности до 15.8 ‰, численность вида резко сни-

зилась до 16.0 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$. На фоне снижения численности *S. trochoidea* отмечалось массовое развитие других динофитовых: *A. sanguinea*, *Polykrikos schwartzii*, *Cochlodinium polykrikoides* и *Ceratium furca*.

Таким образом, возникновению «красного прилива» способствовали опреснение морской воды в результате ливней, обилие минеральных и растворённых органических веществ, поступивших с береговыми стоками и осадками, а также значительный прогрев воды.

«Цветение» кокколитофорид и других микроводорослей. Массовому развитию кокколитофорид в Чёрном море уделяется особое внимание, так как эти водоросли являются одними из наиболее энергичных накопителей кальция, растворённого в морской воде, а их «цветение» считают примером реакции морских экосистем на глобальные климатические

изменения [10, 18]. Впервые «цветение» кокколитофориды *Emiliana huxleyi* в северо-западной части Чёрного моря отмечено в 1973 г. [9]. В период наших наблюдений этот нанопланктонный вид (диаметр 5.0 – 6.0 мкм) летом часто развивался в массе в прибрежной зоне (5 «цветений» – 1995, 1996, 1997, 1999 и 2005 гг.). В 1999 г. с июля по сентябрь *E. huxleyi* развивалась вдоль всего побережья Одесского залива (0.9 – 1.1 млн. кл. $\cdot$ л $^{-1}$), что составило 52.5 % от общей численности всего фитопланктона. В июле 1996 г. её максимальная численность составила 8.0 млн. кл. $\cdot$ л $^{-1}$, а биомасса – 1.4 г $\cdot$ м $^{-3}$. Максимальное «цветение» данного вида (22 июля 1996 г.) происходило одновременно с массовым развитием диатомовых *S. costatum* (2.8 млн. кл. $\cdot$ л $^{-1}$) и *C. pelagica* (0.9 млн. кл. $\cdot$ л $^{-1}$) при температуре 21.0 °C и солёности 16.2 ‰ (рис. 5).

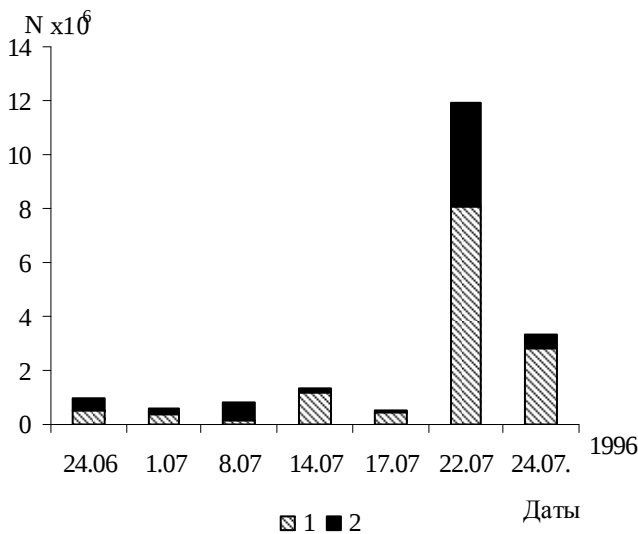


Рис. 5 Динамика численности ($N, \times 10^6$ кл. $\cdot$ л $^{-1}$) *Emiliana huxleyi* (1) и всего фитопланктона (2) в Одесском заливе Чёрного моря в июне-июле 1996 г.

Fig. 5 Dynamics of densities ($N, \times 10^6$ cells $\cdot$ l $^{-1}$) of *Emiliana huxleyi* (1) and total phytoplankton (2) between June and July 1996 in coastal area of Odessa Bay of the Black Sea

Весной 1999 г. впервые отмечена в прибрежной зоне *Apedinella spinifera* (Chrysophyceae) [13], численность которой составила 30.0 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$, а биомасса – 10.3 мг $\cdot$ м $^{-3}$. В апреле 2000 г. численность вида возросла на порядок и составила 167.6 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$, а весной 2005 г. этот вид уже вызывал «цветение» воды (1.8 млн. кл. $\cdot$ л $^{-1}$).

Потенциально токсичные микроводоросли. В последние годы в Одесском заливе часто доминируют потенциально токсичные диатомовые *Pseudonitzschia seriata*, *P. delicatissima* (для указанных черноморских видов токсичность не подтверждена) и токсичные динофлагелляты *Gymnodinium aureolum*, *Cochlodinium polykrikoides*, *Alexandrium pseudogonyaulax*, *A. tamarense* (токсичный эффект

наблюдается даже при низкой численности микроводорослей) (табл. 4).

Токсичный вид-вселенец *C. polykrikoides* впервые отмечался нами в августе – сентябре 2001 г. при температуре морской воды 25.0 °C и солёности 15.0 ‰, максимальная численность его составила 700.0 кл. $\cdot$ л $^{-1}$ [19, 20, 22]. В 2005 г. мы наблюдали увеличение численности *C. polykrikoides* до 160.0 тыс. кл. $\cdot$ л $^{-1}$ [14,

23]. В илистых грунтах Одесского порта были найдены цисты данного вида, которые прорастали в условиях лабораторного эксперимента на питательной среде. Присутствие в планкто-

не Одесского залива потенциально токсичных микроводорослей свидетельствует о необходимости продолжения мониторинга в данном районе.

Табл. 4 Максимальная численность токсичных и потенциально токсичных видов микроводорослей в прибрежной зоне Чёрного моря

Table 4 Maximal densities of toxic and potentially toxic microalgae in coastal area of the Black Sea

Вид	Численность, кл.·л ⁻¹	Дата
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	1.9×10^6	июнь 2001
<i>P. pungens</i>	450.0×10^3	ноябрь 2001
<i>P. seriata</i>	350.0×10^3	июнь 2005
<i>Dinophysis acuminata</i>	160.0×10^3	август 2005
<i>D. caudata</i>	25.2×10^3	август 2005
<i>D. rotundata</i>	5.2×10^3	июль 2005
<i>D. ovum</i>	4.6×10^3	июль 1998
<i>D. recurva</i>	4.5×10^3	август 2002
<i>D. fortii</i>	2.6×10^3	октябрь 2000
<i>D. baltica</i>	1.9×10^3	июль 2005
<i>D. islandica</i>	882.0	декабрь 2001
<i>Cochlodinium polykrikoides</i>	160.0×10^3	август 2005
<i>Gymnodinium aureolum</i>	70.0×10^3	август 2002
<i>Alexandrium tamarense</i>	8.5×10^3	март 2003
<i>A. pseudogonyaulax</i>	3.0×10^3	август 2002

Заключение. В результате исследований, выполненных в 1995 – 2005 гг. в прибрежной зоне северо-западной части Чёрного моря, выявлены основные тенденции в изменении доминирующего комплекса микроводорослей: увеличение числа видов-доминантов, изменения в составе доминирующего комплекса видов, непредсказуемость доминирования

тех или иных видов, нарушение привычной сезонной сукцессии, сдвиг баланса крупно- и мелкоклеточных видов в сторону последних, с преимущественным развитием мелких центральных диатомовых, увеличение числа видов динофитовых водорослей, вызывающих «цветение воды», появление новых токсичных видов микроводорослей.

1. Берлинский Н. А., Гаркавая Г. П., Богатова Ю. И. Проблемы антропогенного эвтрофирования и развития гипоксии в северо-западной части Чёрного моря // Экология моря. – 2003. – Вып. 63. – С. 17 – 22.
2. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / Гл. ред. МСЭ. – К.: – 1990. – 408 с.
3. Иванов А. И. Характеристика качественного состава фитопланктона Чёрного моря // Исследования планктона Чёрного и Азовского морей. – Киев: Наук. думка, 1965. – С. 17 – 35.
4. Иванов А. И. Фитопланктон / Биология северо-западной части Чёрного моря. – Киев: Наук. думка, 1967. – С. 59 – 75.
5. Иванов А. И. Фитопланктон устьевых областей рек северо-западного Причерноморья. – Киев: Наук. думка, 1982. – С. 184 – 185.
6. Иванов О. І. Про масовий розвиток організмів фітопланктону в північно-західній частині Чорного моря в 1954 – 56 рр. // Наук. зап. Одес. біол. ст. – 1959. – Вып. 1. – С. 6 – 33.
7. Нестерова Д. А. Развитие перидинеи *Exuviaella cordata* Ostf. и явление «красного прилива» в северо-западной части Чёрного моря // Биология моря. – 1979. – № 5. – С. 24 – 29.
8. Нестерова Д. А. Массовое развитие перидинеи *Exuviaella cordata* Ostf. и диатомеи *Cerataulina bergonii* Perag. в западной части Чёрного моря // Гидробиол. журн. – 1985. – 21, № 4. – С. 44 – 48.

9. Нестерова Д. А. «Цветение» воды в северо-западной части Чёрного моря (обзор) // Альгология. – 2001. – **11**, № 4. – С. 502 – 513.
10. Суханова И. Н. Феномен массового развития кокколитофорид в позднеосенний период в Чёрном море. // Докл. Акад. Наук. – 1995. – **340**, №2. – С. 256 – 259.
11. Теренько Л. М. Видовой состав и распространение динофитовых водорослей (DINOPHYTA) Чёрного моря. // Альгология. – 2007. – **17**, №1 – С. 53 – 70.
12. Теренько Л. М., Курилов А. В. «Красные приливы» в Одесском заливе Чёрного моря // Наук. записки Тернопільського пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. – 2001. – № 3(14). Спец. вип. Гідроекологія. – С. 160 – 162.
13. Теренько Л. М., Теренько Г. В. Видовое разнообразие планктонного фитопланктона Одесского залива Чёрного моря // Экол. моря. – 2000. – Вып. 52. – С. 56 – 59.
14. Теренько Л. М., Теренько Г. В. Особенности многолетней динамики «цветений» микроводорослей в прибрежной зоне северо-западной части Чёрного моря. // Тез. докл. Междунар. конф. «Проблемы биологической океанографии XXI века» (Севастополь, 19 – 21 сентября 2006). – Севастополь, 2006. – С. 43 – 44.
15. Усачев П. И. О фитопланктоне северо-западной части Чёрного моря // Дневник Всес. съезда ботаников. – Л., 1928. – С. 163 – 164.
16. Bodeanu N. Microalgal blooms in the Romanian area of the Black Sea and contemporary eutrophication conditions / Smayda T.J., Shimizu Y. (Eds.) // Toxic phytoplankton blooms in the Sea. – 1993. – P. 203 – 209.
17. Hallegraeff G. M. Harmful algal blooms: a global overview // Manual on harmful marine microalgae / Ed. by G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson, A. D. Cembella. Paris, UNESCO. – 2003. – P. 25 – 49.
18. Mikaelyan A. S., Pautova L. A., Pogosyan S. I. and Sukhanova I. N. Summer Blooming of Coccolithophorids in the Northeastern Black Sea. // Oceanology. – 2005. – **45**, Suppl. 1. – P. S127 – S138.
19. Terenko L. M. Dinoflagellates as monitoring object in the urban area of the port of Odessa (Black Sea, Ukraine), Proceeding of the 4th European Congress of Protistology and 10th European Conference on Ciliate Biology, San Benedetto del Tronto (AP), Italy. – 2003. – P. 126 – 127.
20. Terenko L. New dinoflagellate (dinoflagellata) species from the Odessa Bay of the Black Sea, Oceanol. Hydrobiol. Studies. – 2005. – **34**, Suppl. 3. – P. 205 – 216.
21. Terenko L. M. Species composition and distribution of Dinophyta in the Black Sea // International Journal on Algae. – 2006. – **8**, i. 4.50. – P. 345 – 364.
22. Terenko L., Terenko G. Harmful dinoflagellates blooms off the Ukrainian Black Sea coast as effect eutrophication, Abstr. of the International Conference, Gdansk, Poland. – 2005. – P. 29 – 30.
23. Terenko L., Terenko G. Dynamics of harmful algal blooms in the coastal Ukrainian Black Sea // 12th International Conference on Harmful Algae, 4 – 8 September 2006, Copenhagen, Denmark. – 2006. – Abstr. no.: 300. – P. 162 – 163.
24. Velikova V., Moncheva S., Petrova D. Phytoplankton dynamics and red tides (1987 – 1997) in the Bulgarian Black Sea // Wat. Sci. Tech. – 1999. – **39**, № 8. – P. 27 – 36.
25. Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. A list of phytoplankton as eutrophic level indicator // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1980. – **46**, № 12. – P. 1435 – 1438.
26. Yamada M., Tsuruta A., Yoshida Y. Classification of eutrophic levels in several marine regions // Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. – 1980. – **46**, № 12. – P. 1439 – 1444.

Поступила 04 июня 2007 г.

После доработки 18 февраля 2008 г.

Багаторічна динаміка «цвітіння» мікроводоростей у прибережній зоні Одеської затоки (Чорне море). Л. М. Теренько, Г. В. Теренько. Проаналізовані результати багаторічних власних досліджень та проведено порівняння з літературними даними попередніх років про часові зміни «цвітіння» води, а також видового складу мікроводоростей, що спричиняють їх в північно-західній частині Чорного моря. Моніторинг проводиться з 1995 по 2005 рр. щомісячно на 5 – 7 станціях, розташованих в прибережній зоні Одеської затоки. Показані деякі особливості «цвітіння» в сучасний період, а також відмічено збільшення числа токсичних видів-збудників «цвітіння». Надано список токсичних або потенційно токсичних мікроводоростей, що розвиваються на даній акваторії.

Ключові слова: «цвітіння» води, евтрофування, «червоний прилив», види-вселенці, токсичні мікроводорості, Чорне море

Long-term dynamics of blooms microalgae in the coastal zone of the Odessa Bay (Black Sea). L. M. Terenko, G. V. Terenko. Results of long-term own researches and their comparison with the literary data of the last years about long-term change of water blooms, and also species composition of the blooming microalgae in the northwestern part of the Black Sea are analyzed. The study was carried out between 1995 and 2005 monthly at 5 – 7 stations located in the coastal zone of the Odessa Bay. Some features of water blooms during the modern period are shown, and also the increasing of number of toxic species activators of water blooms is marked. The list of the toxic or potentially toxic microalgae developing in this water area is given.

Key words: water blooms, eutrophication, red tide, invasive species, toxic microalgae, Black Sea

ЗАМЕТКА

Arctodiaptomus salinus (Daday, 1885) (Copepoda, Diaptomidae), редкий в северо-западной части Чёрного моря вид, обычен в прибрежных водах Крыма. [*Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) (Copepoda, Diaptomidae), рідкий вид в північно-західній частині Чорного моря, є звичайним в Криму; *Arctodiaptomus salinus* (Daday, 1885) (Copepoda, Diaptomidae), rare species in the northwestern Black Sea was found as a common one in the Crimea coastal zone]. В последних обзорах морского биоразнообразия Украины и Крыма *Arctodiaptomus salinus*, как обитающий в Крыму, не упомянут, а в северо-западной части Чёрного моря отмечен как *Diaptomus salinus*, со статусом редкого вида (Биологическое..., 1999; Современное состояние..., 2003; Black Sea..., 1998). При проведении исследований на гиперсолёных водоёмах Крыма в 2004 – 2008 гг. многократно и в массовом количестве вид отмечен в континентальных солёных озёрах Керченского п-ова (Шимаханском, Киркояшском, малых безымянных), а также в морских лагунах-озёрах: Тобечикском (Керченский п-ов) и Херсонесском (ЮЗ Крым). В основном, вид встречался в апреле – мае при солёностях 25 – 160 ‰, массовым доминирующим – при 25 – 40 ‰. Взрослые рачки имели размер от 0.7 до 2.0 мм, модальная группа – 1.5 мм. Практически все рачки имели ярко красную окраску за счёт астаксантина. Известно, что данный каротиноид является основным у *A. salinus* (Ackman, 1989). Наличие покоящихся яиц позволяет виду успешно существовать в сильно изменчивых и временно пересыхающих водоёмах Средиземноморья и Центральной Азии (Lapasa et al., 2004). Наши находки позволяют сделать вывод, что вид в солёных водах Крыма достаточно обычен, а в отдельные периоды года достигает высоких численностей и доминирует в зоопланктоне. Биология вида в водоёмах Крыма практически не изучена. Вид весьма перспективен для использования в аквакультуре. Авторы благодарны И. Ю. Прусовой за консультации, а О. Ю. Ерёмину – за помощь в проведении полевых работ. **Н. В. Шадрин**, канд. биол. наук, ст. н. с., **Е. А. Батогова** (Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины, Севастополь, Украина), **А. В. Копейка** (Керченский морской технологический университет, Керчь, Украина).