

УДК 574.5.033(262.5)

Н. В. Ковалева, канд. биол. наук, вед. науч. сотр., В. И. Мединец, канд. физ.-мат. наук, руководитель центра, А. Н. Новиков, науч. сотр. Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, Региональный центр интегрированного мониторинга и экологических исследований пер. Маяковского, 7, Одесса, 65026, Украина

СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА "А" В ПЛАНКТОНЕ ЧЕРНОГО МОРЯ У ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ И НА ВЗМОРЬЕ РЕКИ ДУНАЙ

Представлены данные по сезонной динамике и пространственному распределению хлорофилла "а" на шельфе Черного моря у острова Змеиный и взморье реки Дунай. Проанализированы изменения концентраций хлорофилла в современных условиях по сравнению с прошлыми десятилетиями и показано уменьшение его содержания в 3-6 раз. Полученные результаты согласуются с многолетней динамикой минерального фосфора в придунайском районе и отражают изменения продукционных характеристик акватории в результате снижения биогенной нагрузки.

Ключевые слова: хлорофилл "а", Черное море.

Содержание хлорофилла "а" в морской воде является одним из важнейших индикаторов экологического состояния водоема, т. к. служит мерой потенциальной продуктивности акватории. В Черном море определение хлорофилла "а" проводили, начиная с 60-х годов в различных районах и в разные сезоны года, но преимущественно в глубоководных районах [1, 6]. Наименее исследованной остается узкая прибрежная полоса моря до 40-метровой изобаты. Среди прибрежных экосистем особого внимания заслуживает морской участок от устья Дуная до острова Змеиный, где происходит начальная трансформация речных вод, несущих в море большое количество органических и минеральных веществ. Изучение состояния акватории, непосредственно примыкающей к о. Змеиный, в настоящее время приобрело особую актуальность в связи с существованием на острове заказника общегосударственного значения и уникальными особенностями прибрежной морской экосистемы [11].

Целью нашей работы было изучение пространственного распределения, годовой и многолетней динамики концентраций хлорофилла "а" в морских водах у о. Змеиный, а также на взморье реки Дунай, с учетом изменений содержания минерального фосфора.

Материалы и методы

Наши исследования проводились в течение четырех экспедиций, проходивших в мае, июне-июле, августе и сентябре 2003 г. на иссле-

довательском судне "Циклон". Основным районом работ являлся полигон вокруг острова Змеиный (45,2792 – 45,2792 с. ш.; 30,1775 – 30,2275 в. д.), где выполнено 185 измерений концентраций хлорофилла "а" фитопланктона поверхностных, придонных вод и слоя термоклина. На взморье реки Дунай и разрезах от о.Змеиный до устья Дуная проведено 35 измерений. Определения хлорофилла "а" велись стандартным спектрофотометрическим методом [9] с использованием спектрофотометра модели 6300 JENWEY. Параллельно с хлорофиллом измерялось содержание фосфатов, которые, определялись в соответствии с руководством [10].

Результаты и их обсуждение

В течение вегетационного периода 2003 г. диапазон изменений концентраций хлорофилла "а" в верхнем десятиметровом слое вод у острова Змеиный составлял 0,21–7,75 мкг/л, а на глубинах 20–30 м его содержание снижалось до 0,14 мкг/л (табл. 1). Большие колебания значений фотосинтезирующих пигментов на сравнительно небольшой акватории, свидетельствуют об изменчивых и разнообразных условиях водной среды в окрестностях острова.

Таблица 1

Предельные и средние значения концентрации хлорофилла "а" и фосфатов в верхнем десятиметровом слое вод северо-западной части Черного моря у острова Змеиный в 2003 г.

Месяц	Хлорофилл, мкг/л		Фосфаты, мкг/л	
	Предельные	Средние	Предельные	Средние
Май	0,28 – 1,68	0,86	0,0 – 55,1	27,4
Июнь-июль	0,78 – 7,75	2,22	18,3 – 113,3	63,8
Август	0,41 – 0,91	0,65	0,0 – 64,3	17,6
Сентябрь	0,42 – 0,87	0,70	15,3 – 98,0	69,8

Сезонные колебания концентрации хлорофилла у острова Змеиный прослеживались достаточно четко, выражаясь в изменениях среднемесячных значений в 3–4 раза. В мае поверхностные воды вокруг острова в среднем содержали 0,86 мкг/л хлорофилла "а" и относились к мезотрофным. Однако в непосредственной близости от острова, где глубины составляли 7–12 м, концентрация пигментов фитопланктона иногда повышалась до 1,01–1,68 мкг/л и соответствовала эвтрофным водам. Содержание хлорофилла фитопланктона в экосистеме связано с наличием биогенных элементов и, в частности, фосфора. При определении минерального фосфора в мае неоднократно (в 30 % наблюдений) фиксировались крайне низкие концентрации от аналитического нуля до 9,5 мкг/л, что позволяет считать фосфор лимитирующим фактором в развитии фитопланктона у о. Змеиный весной.

В июне-июле концентрация хлорофилла "а" в верхнем десятиметровом слое увеличилась по сравнению с маем в 3 раза и по всей

акватории стала соответствовать эвтрофному уровню вод. Данный период характеризовался максимальными значениями хлорофилла, которые достигали 6,55–7,75 мкг/л, а также наибольшими концентрациями фосфатов — 104,9–113,39 мкг/л). К августу содержание хлорофилла понизилось до уровня мезотрофных морских вод, что также сочеталось со значительным снижением количества фосфатов, определение которых часто (25 %) давало аналитический нуль. Однако осенью, при достаточно высоком содержании фосфатов, концентрация хлорофилла оставалась такой же низкой, как и в августе.

Описанные сезонные изменения концентраций хлорофилла в районе острова Змеиный, характерны для верхнего десятиметрового слоя вод, тогда как на глубинах 30–37 м содержание фитопигментов в течение всего исследованного периода в среднем не превышало 0,2 мкг/л. Более детальное изучение вертикального распределения хлорофилла, позволило установить два типа профилей (рис. 1). В мае, августе и сентябре максимум пигментов находился у поверхности и постепенное снижение концентраций наблюдалось от поверхности до дна. Такое распределение фитопигментов типично для морских акваторий с небольшими глубинами и интенсивным береговым стоком [1]. Вместе с тем, в июне-июле наблюдался иной тип распределения, при котором максимальные концентрации хлорофилла определены на глубине 6 метров, где содержание пигментов оказалось в 2 раза выше, чем на поверхности. В этот период, очевидно, решающим фактором в распределении хлорофилла оказалась стратификация вод и максимальная для столба воды концентрация хлорофилла локализовалась в слое скачка плотности и температуры.

Изучение распределения хлорофилла "а" на взморье реки Дунай, где глубины не превышали 10 м, показало, что его концентрация на поверхности была в 2,5 раза выше, чем у дна и, в среднем, в 2–3 раза превышала значения в верхнем десятиметровом слое вод у острова Змеиный (табл. 2).

Таблица 2

Предельные и средние значения концентрации хлорофилла "а" и фосфатов на взморье реки Дунай в 2003 г.

Месяц	Хлорофилл, мкг/л		Фосфаты, мкг/л	
	Предельные	Средние	Предельные	Средние
Май	0,91 – 2,67	1,95	24,5 – 291,1	101,1
Июнь-июль	1,80 – 9,34	4,70	24,5 – 104,1	56,3
Август	1,95 – 5,34	3,46	0,0 – 70,4	21,8
Сентябрь	8,72	-	79,6	-

Во все исследованные сезоны на взморье содержание хлорофилла соответствовало эвтрофному уровню вод. Повышенные концентрации хлорофилла в приустьевой области согласуются с более высокими концентрациями фосфатов, обогащение морских вод которыми происходит главным образом благодаря речному стоку.

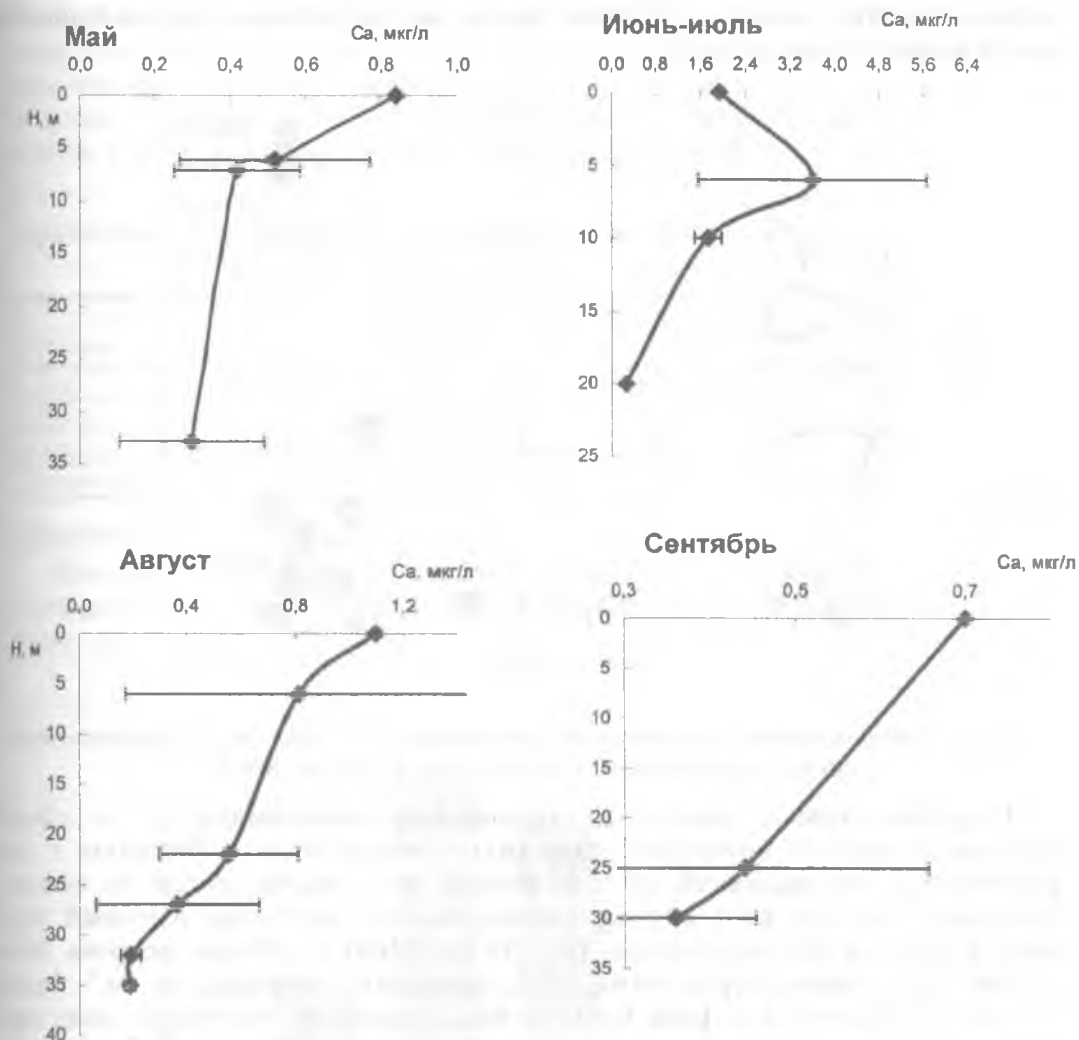


Рис. 1. Вертикальные профили хлорофилла "а" в северо-западной части Черного моря у острова Змеиный в различные сезоны 2003 г.

Весенний паводок, вероятно, повлиял на то, что максимальная концентрация фосфатов на взморье зафиксирована в мае. Однако средне-месячный максимум хлорофилла на взморье, как и в районе острова Змеиный, приходился на июнь-июль.

Более детальное распределение хлорофилла "а" в поверхностных водах акватории, расположенной на запад от о. Змеиный представлено на рисунке 2, который отражает ситуацию, сложившуюся в августе, но типичную и для других сезонов года. В конце лета условная граница между мезо- и эвтрофными водами (1,0 мкг хлорофилла "а"/л) [4] проходила примерно в районе тридцатой долготы, где надо полагать, влияние стока Дуная значительно снижалось. Уменьшение концентраций хлорофилла в восточном направлении от устья Дуная наглядно

демонстрирует влияние речного стока на гидробиологический режим исследованной акватории.

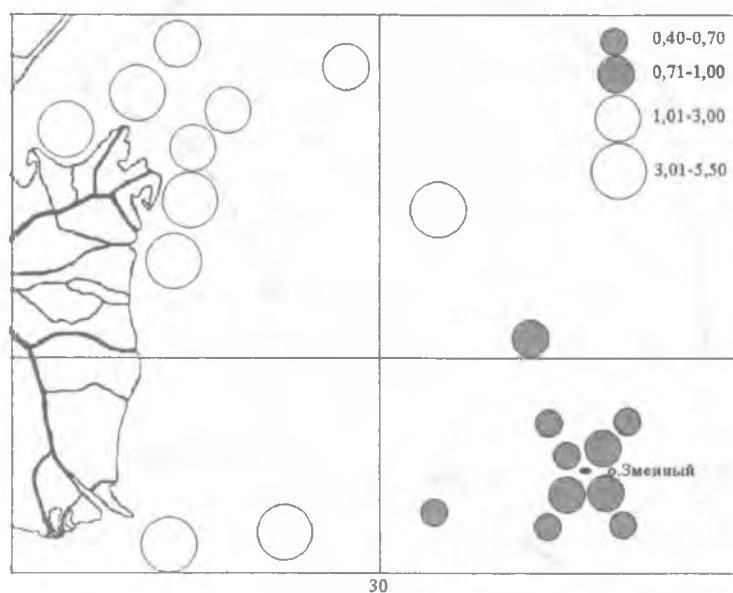


Рис. 2. Распределение концентраций хлорофилла "а" (мкг/л) в поверхностных водах придунаского района моря в августе 2003 г.

Ретроспективные данные по содержанию хлорофилла "а" в районе острова Змеиный позволяют сравнить современные материалы с результатами исследований 80-х и начала 90-х годов, когда на северо-западном шельфе рост эвтрофикации вызвал необычно высокий уровень развития фитопланктона [8]. Летом 1990 г. вблизи острова Змеиный была зарегистрирована концентрация хлорофилла "а" более 15 мкг/л [6], что в 2 раза больше максимальных значений, полученных нами. Среднемноголетняя концентрация хлорофилла "а" для района непосредственного расположения о. Змеиный, рассчитанная по материалам банка данных морского гидрофизического института за 1980–1995 гг [7], на горизонте 0 м составила 4,52 мкг/л, а среднеквадратическое отклонение годового хода — 4,4 мкг/л [7]. По нашим данным, средняя концентрация хлорофилла "а" за вегетационный период 2003 г. в поверхностном слое вод у о. Змеиный была равна $1,25 \pm 1,17$ мкг/л. Таким образом, среднее содержание хлорофилла "а" в поверхностных водах моря в районе о. Змеиный в 2003 г. стало в 3,5 раза ниже, чем в восьмидесятые годы и первой половине девяностых годов.

Эти изменения вероятнее всего связаны с тем, что за тот же период значительно понизилась концентрация минерального фосфора. Сопоставление результатов 2003 г. с данными 1986–1987 гг. [3] указывает на понижение максимальных концентраций фосфатов в районе о. Змеиный в 3–5 раз, а нижний предел снизился еще более (табл. 3). Коле-

бания концентраций биогенных элементов в районе острова в основном связаны с влиянием стока Дуная [3]. В этой связи примечательно, что еще в 1997 г. зафиксировано снижение поступления фосфатов в море с речным стоком, вследствие чего их концентрация на взморье стала в 3–4 раза ниже ранее наблюдаемой в 70–90-е годы [2].

Таблица 3
Сравнительные данные по содержанию фосфора минерального в районе острова Змеиный в восьмидесятые годы и в 2003 г.

Месяц \ Год	Предельные значения фосфатов, мкг/л		
	1986*	1987*	2003
Май	-	67,4 – 169,1	0 – 55,2
Июль	15,2 – 1043,1	-	9,0 – 217,6
Август	37,0 – 150,1	9,5 – 147,2	0 – 64,3
Сентябрь	367,6 – 705,8	-	15,3 – 125,6

Примечание: * — данные Геворгиз Н. С. и др. [3].

Вполне закономерно, что со снижением биогенной нагрузки на взморье Дуная также значительно понизилось содержание хлорофилла (рис. 3).

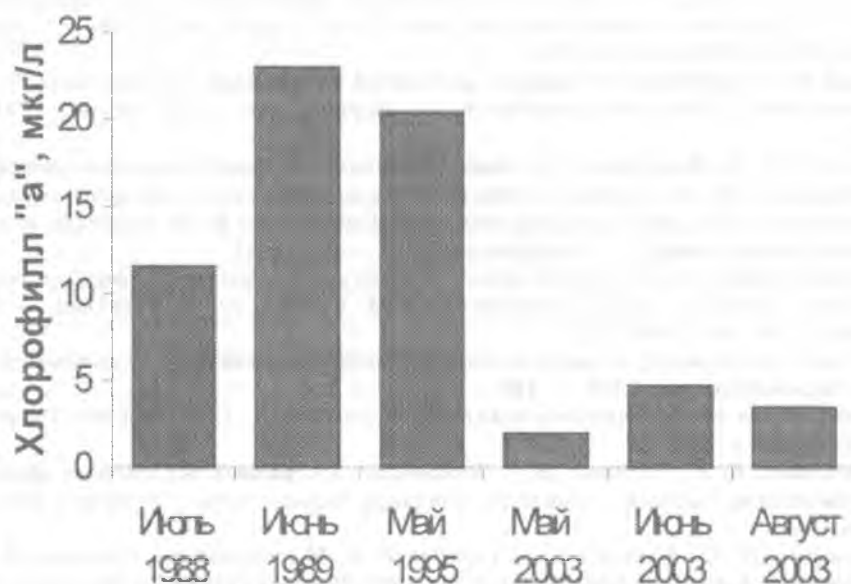


Рис. 3. Средние значения концентрации хлорофилла "а" в поверхностных водах придунайского района моря в различные сезоны 1988–2003 гг.

Максимальные концентрации хлорофилла на придунайском участке моря, ограниченном 30° восточной долготой, в 1988–1995 гг. составляли 21,9–48,8 мкг/л [5, 12], что в 5–8 раз больше максимальных значений, зафиксированных нами в 2003 г. В среднем концентрация хлорофилла на взморье снизилась в 5–6 раз за последние 8 лет.

Количественные изменения концентраций фосфатов и хлорофилла на взморье нашли четкое отражение в динамике этих параметров в районе о. Змеиный. В настоящее время содержание хлорофилла "а" в прилегающем к острову Змеиный району Черного моря стало в 2–3,5 раза ниже, чем 1980–1995 гг., что свидетельствует о снижении продукционных характеристик акватории. Вместе с тем, измеренные в 2003 г. концентрации хлорофилла "а" достаточно велики и характерны для мезо-эвтрофных морских вод.

Литература

1. Берсенева Г. П. Сезонная динамика концентраций хлорофилла а // Планктон Черного моря. — Киев: Наук. думка. — 1993. — С. 79–86.
2. Гаркавая Г. П., Богатова Ю. И., Берлинский Н. А. Особенности формирования гидрохимических условий Украинской части устьевой области Дуная // Экосистема взморья Украинской дельты Дуная. Одесса: Астропринт. — 1988. — С. 21–62.
3. Геворгиз Н. С., Еремеева Л. В., Кондратьев С. И. Гидрохимический режим // Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный: современное состояние экосистемы / Под ред. В. А. Иванова, С. В. Гошовского; НАН Украины, Морской гидрофизический институт. — Севастополь, 1999. — С. 79–86.
4. Кобленц-Мишке О. И. Первичная продукция // Тихий океан: Биология Тихого океана. Кн. 1. Планктон. — М.: 1967. — С. 62–64.
5. Ковалева Н. В., Руснак Е. М., Берлинский Н. А. Продукционные и деструкционные показатели водных масс северо-западной части Черного моря летом 1988 г. / Деп. ВИНТИ 04.07.89, № 4422-В 89. — 12 с.
6. Козлов Ю. И. Пространственное распределение хлорофилла "а" и первичной продукции в Черном море // Экология прибрежной зоны Черного моря. — М.: ВНИРО, 1991, — С. 156–174.
7. Кривенко О. В., Кропотов С. И. Изменчивость полей прозрачности и хлорофилла "а" // Природные условия взморья реки Дунай и острова Змеиный: современное состояние экосистемы / Под ред. В. А. Иванова, С. В. Гошовского; НАН Украины, Морской гидрофизический институт. — Севастополь, 1999. — С. 87–92.
8. Северо-западная часть Черного моря // Практическая экология морских регионов. Черное море / Под ред. В. П. Кеояджана, А. М. Кудина, Ю. В. Терехина. — Киев: Наук. думка, 1990. — С. 192–221.
9. Руководство по методам биологического анализа морской воды и донных отложений. — Л.: Гидрометеиздат, 1980. — 190 с.
10. Руководство по химическому анализу морских вод. — С.-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. — 218 с.
11. Сминтина В. А., Мединец В. І. Виконання програми комплексного обстеження екосистем острову Зміїний та прилеглої шельфу Чорного моря у 2003 році (См. настоящий сборник).
12. Kovalyova N. V., Medinets V. I., Ivanitsa V. A. Microbiological Processes of the Organic Matter Destruction in Coastal Water of the North-Western Part of the Black Sea//Management and conservation of the Northern-Western Black Sea coast. Proceedings of the EUCC International symposium. Odessa, Ukraine, 1996, Одесса, Астропринт, 1998. — С. 83–89.

Н. В. Ковальова, В. І. Медінець, А. М. Новіков

Одеський національний університет ім. І. І. Мечникова

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

ВМІСТ ХЛОРОФІЛУ "А" В ПЛАНКТОНІ ЧОРНОГО МОРЯ БІЛЯ О. ЗМІЙНИЙ І НА УЗМОР'І РІКИ ДУНАЙ

Резюме

Наведені дані щодо сезонній динаміці і просторовому розподілі хлорофілу "а" на шельфі Чорного моря біля острова Зміїний і на узмор'ї ріки Дунай. Проаналізовано зміни концентрацій хлорофілу в сучасних умовах у порівнянні з минулими десятиліттями і показано зменшення його вмісту в 3-6 разів. Отримані результати погодяться з багаторічною динамікою мінерального фосфору в придунайському районі і відбивають зміни продукційних характеристик акваторії внаслідок зниження біогенного навантаження.

Ключові слова: хлорофіл "а", Чорне море.

N. V. Kovaleva, V. I. Medinets, A. N. Novikov

Odessa National I. I. Mechnikov University,

Regional Centre for Integrated Monitoring

2, Dvoryanskaya st., Odessa, 65026, Ukraine

CONTENT OF CHLOROPHYLL "A" IN THE BLACK SEA PLANKTON NEAR THE ZMEINY ISLAND AND THE DANUBE RIVER ESTUARY

Summary

The data about seasonal dynamics and spatial distribution of chlorophyll "a" on the Black Sea shelf near the Zmeiny Island and near the Danube River estuary are presented. The changes in the chlorophyll concentrations under the current conditions are analysed in comparison with the previous decades and the 3-6-fold decrease of its content shown. The results received correspond to the many years' dynamics of mineral phosphorus in the Danube region and reflect the changes in production characteristics of the water area as the result of decrease in nutrients load.

Keywords: chlorophyll "a", the Black Sea.