

**Национальная Академия Наук Украины
Институт биологии южных морей
им. А.О. Ковалевского**

**100-летнему юбилею
со дня рождения Владимира
Алексеевича Водяницкого
посвящается**

МОРСКИЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Ответственный редактор
доктор биол.наук С.М. Коновалов**

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 37475

Севастополь, 1994

31. *Sewage disposal in the Turkish Straits* / Günnerson C., Sungur E., Bilal E., Özturgut E. // *Water Research* Pergamon Press.— 1972.— N6.— P.763-774.

32. *Ulliot P., Ilgar O. The Hydrography of the Bosphorous* // *An Introduction. Geogr. Review.*— 1946.— 36, N1.— P.46-50.

Studies conducted in the Mediterranean straits and near-strait areas

T.P. Kovalenko

A step-by-step progress is described in oceanographic research initiated by V.A. Vodyanitsky and conducted in the Mediterranean Sea by scientific staff of IBSS. Studies were made in Bosphorus, Tunisia Strait, the Strait of Otranto and Bab el Mandeb. Special attention has been focused on the near-Bosphorus region. History of research and an overview of concepts about interactions between Mediterranean and Black Sea waters are given.

УДК 581.526.325:628.5 (262.5)

ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЧЕРНОМОРСКОГО ФИТОПЛАНКТОНА ПРИ АНТРОПОГЕННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Л.Г. Сеничкина

За столетний период изучения фитопланктона Черного моря результатам исследований его таксономической, количественной и размерной структуры посвящены многочисленные работы отечественных [2,8-10,15,16,18,19 и др.] и зарубежных [13,14,20,22,23 и др.] исследователей. Основоположником планомерного и углубленного изучения структуры фитопланктонного сообщества в Черном море была Н.В. Морозова-Водяницкая, при участии которой в 1938 г. на Севастопольской биологической станции (СБС) была образована лаборатория фитопланктона [10,17]. В первые годы существования лаборатории "Широко используя при количественных исследованиях фитопланктона осадочный метод, мы" — по словам Н.В. Морозовой-Водяницкой [10, стр. 4], — "первоначально изучили систематический состав, численность и распределение в море

относительно крупных форм нанопланктона. В результате чего внесли существенные поправки в представление о растительной продуктивности Черного моря" и доказали, что "численность фитопланктона в открытом море определяется величиной того же порядка, что и вблизи берегов". Этот вывод оказался одним из первых подтверждений теории В.А. Водяницкого [3] о сравнительно высокой продуктивности вод Черного моря, как прибрежных, так и открытых его районов, что в последующие десятилетия было доказано многочисленными исследованиями [2,15,16,18,19 и др.].

Следует отметить, что еще в 1927 г. Н.В. Морозовой-Водяницкой были проведены первые работы по изучению влияния сточных вод на распределение водорослей-макрофитов в Новороссийской бухте, а в первые годы работы на СБС - по исследованию влияния сточных вод на фитопланктон Севастопольской бухты [8]. Это были "пионерские" разработки, поскольку, в те годы проблемы загрязнения моря еще не существовало и бытовало мнение о неограниченной самоочищающей способности морских вод. Первые экспериментальные работы по изучению роли планктонных водорослей в процессах самоочищения моря и возможности использования их при оценке санитарного состояния (качества) морских вод (особенно поверхностных) были проведены А.И. Прошкиной-Лавренко [17] и Н.Н. Алфимовым [1] с использованием коллекции планктонных водорослей, культивируемых Л.А. Ланской. Спустя несколько десятилетий загрязнение морских водоемов и связанные с ним последствия воздействий на биоту стали актуальной не только черноморской [5,7,11,12,21 и др.], но и международной [4,6 и др.] проблемой. А в последние годы изучение влияния антропогенного воздействия на качество и продуктивность водных экосистем является одной из центральных задач экологических исследований.

Известно, что наибольший антропогенный пресс испытывают прибрежные районы моря. Повсеместно основным и постоянным источником загрязнения этих акваторий являются выпуски хозяйственно-бытовых сточных вод (ХБСВ), поставляющие большое

количество органических веществ, основная часть которых в результате биохимических процессов преобразуется в минеральные формы азота, углерода и фосфора, используемых фитопланктоном. Концентрации минеральных соединений этих элементов в ХБСВ на два-три порядка превышают фоновые в море. В процессе самоочищения концентрации азота, фосфора и углерода уменьшаются, а доля органических соединений этих элементов увеличивается [11,21]. Уже в 60-70-е годы загрязнение бухт (особенно закрытых и полужакрытых) крупных черноморских городов достигло высокого уровня из-за увеличившегося количества выпусков ХБСВ и объема сбрасываемых стоков. Большая изрезанность и протяженность береговой линии этих бухт, малые глубины и ограниченный водообмен с морем способствуют накоплению в них загрязнения. Поскольку процессы самоочищения морских вод в таких условиях замедленны, это может привести к необратимым экологическим сдвигам.

На примере Севастопольской бухты, которая является одной из наиболее изученных прибрежных акваторий Черного моря, оказалось возможным выявить изменения, происшедшие в фитоцено бухты за предшествующий период (1938-74 гг.). Такая необходимость возникла накануне сооружения мола, закрывшего Севастопольскую бухту в ее устье, и, по-сути, изолировавшего бухту от моря. Для анализа были привлечены архивные материалы ИнБЮМ АН Украины по фитопланктону поверхностных вод Севастопольской бухты: 1938-50 гг. – данные Н.В. Морозовой-Водяницкой; 1952-63 гг. – Т.М. Кондратьевой; 1971-72 гг. – М.И. Роухийнен; 1972 г. – Е.В. Белогорской и Г.К. Пищыка; 1973 г. – М.И. Сеничевой; 1968-74 гг. – материалы собственных исследований. Точка отбора проб была расположена в центре устья Севастопольской бухты в зоне наиболее интенсивного водообмена между бухтой и морем. В 1968-74 гг. при изучении фитопланктона в зонах загрязнения бухты ХБСВ эта точка была контрольной. Пробы отбирали ежемесячно с поверхности моря,

Таблица. Фитопланктон Севастопольской бухты в разные периоды исследований.

Сезон *	Период (год)	Численность, млн. кл · м ⁻³			Биомасса, мг · м ⁻³		
		min	max	$\bar{x}$	min	max	$\bar{x}$
зима	1938-51	14	1805	342±142	—	—	—
	1952-63	30	779	185±29	10	1921	236±59
	1968-74	150	1340	335±42	36	607	179±26
весна	1938-51	8	314103	4477±1300	—	—	—
	1952-63	50	160028	7104±808	21	9881	3131±324
	1968-74	500	348	6513±770	155	20007	4053±507
лето	1938-51	6	5730	520±194	—	—	—
	1952-63	120	241751	2536±555	96	15732	2092±386
	1968-74	270	4406	2817±567	82	13936	2052±528
осень	1938-51	10	3100	430±151	—	—	—
	1952-63	30	8290	1041±168	15	13997	1977±340
	1968-74	98	3080	1431±202	43	5762	1573±312

* — количество наблюдений (численность/биомасса):

зимой — 80/65, весной — 167/122, летом — 128/93, осенью — 127/91.

планктонные водоросли учитывали в натуральной воде без фиксации и сгущения.

За 36-летний период исследований по составу фитопланктона существенных изменений не выявлено: массовыми являлись одни и те же виды диатомовых, вызывающие нередко (в основном, весной, реже – осенью) "цветение" воды: *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl., *Chaetoceros socialis* Laud. и *Cerataulina bergonii* H. Perag. Однако, в семидесятые годы неоднократно наблюдали массовое развитие мелкоклеточной пирофитовой водоросли *Prorocentrum cordata* (Ostf.) Dodge, являющейся причиной летнего "цветения" воды в 1973 г. В развитии фитопланктона Севастопольской бухты наблюдали чередование двух периодов, которые резко отличались по видовому составу, интенсивности и продолжительности развития основных представителей. В теплый период года (июнь-август), характеризующийся высокой инсоляцией и пониженной вертикальной циркуляцией водных масс, в планктоне развивались пирофитовые (динофлагеллаты). В холодный период (осень, зима, весна) при умеренной или пониженной инсоляции и усиленной вертикальной циркуляции вод, основной комплекс водорослей был представлен диатомовыми.

За период с 1938 по 1974 гг. по численности фитопланктона отмечено значительное увеличение (в 10-63 раза) минимальных значений, хотя средние величины увеличились всего в 1,5 раза весной, в 3 раза – осенью и более чем в 5 раз – летом, оставаясь зимой, практически, без изменений (таблица). За период с 1952 по 1974 г. минимальные значения возросли по численности в 2-10 раз, а по биомассе – в 3-7 раз. Причем, если в 1938-51 гг. минимальные и максимальные величины численности различались в 129-3926, то в 1952-63 гг. – в 26-276 и в 1968-74 гг. – в 9-53 раза. По биомассе эти различия составляли в 1952-63 гг. 164-993, а в 1968 -74 гг. – 17-169 раз. Увеличение общей численности фитопланктона имело место при относительном постоянстве суммарной биомассы с 1952 г. по 1974 г. (таблица), которое сопровождалось постепенным уменьшением

среднего размера клеток планктонных водорослей. Последнее свидетельствует об увеличении общего фона загрязнения поверхностных вод бухты и распространение его вплоть до устья. Это также подтверждается значительным сокращением разницы в количественном развитии фитопланктона в устье бухты (контрольной точке) и в районах загрязненных сточными водами. Так, в период 1968-74 гг. эти районы различались по численности фитопланктона всего в 2-3 раза, тогда как в 1938-39 гг. чистые и загрязненные районы бухты различались по численности в 5 раз, а по биомассе — в 7 раз [8].

С 1968 г. в лаборатории фитопланктона ИнБЮМ были начаты исследования по выявлению изменений в таксономической, количественной и размерной структуре фитопланктона в районах моря, загрязненных ХБСВ. Основными районами исследований были прибрежные акватории Черного моря у Крыма и Кавказа, где выпуски ХБСВ можно охарактеризовать как "чистые" и "смешанные" (кроме ХБСВ содержат небольшое количество примеси промышленных стоков). Кроме того, выпуски различались также по объему выпускаемых стоков, по удаленности от берега и глубине расположения оголовка выпуска. В районах мелководных выпусков ХБСВ водная толща сравнительно однородна по плотности в течение всего года. В таких условиях более легкие пресные воды выпуска поднимаются вертикально до поверхности моря, где и распространяются тонким слоем в виде "пятна" или при наличии течения — струей. Глубоководные выпуски ХБСВ удалены от берега на 1-3 км у Кавказа и на 3-7 км у Крыма и оголовки выпуска расположены на значительной (десятки метров) глубине. Рассчитано [7,12], что в Черном море при сбросе ХБСВ на глубину 75-86 м и глубже, поле сточных вод оказывается стабильно затопленным в связи с сохраняющейся здесь в течение всего года устойчивой стратификацией водной толщи. Окрашивание выпуска флуоресцирующим красителем позволяло проводить точный отбор проб фитопланктона в трансформированной струе сточных вод на разном удалении от

оголовка выпуска и разной глубине [5,21]. Иногда отбор проб в струе сточных вод проводили водолазы.

Список наиболее часто встречающихся видов водорослей в разных типах вод оказался практически одинаковым, хотя в зоне загрязнения мелководного выпуска ХБСВ видов было несколько меньше, а численность и биомасса фитопланктона – больше, чем в контроле. Причем, на поверхности моря эти отличия оказались более существенными по численности – в 3-4 (в периоды "цветения" воды – до 80 раз), чем по биомассе – в 2-4 раза. Отмечена связь величия количественного развития фитопланктона с концентрацией биогенных элементов и величинами окисляемости [12,21]. За двадцатилетний период исследований (1970-90 гг.), проведенных в других прибрежных районах Крыма и Кавказа, установлено, что повсеместно в прибрежье в течение года преобладали диатомовые (50% общего числа видов) и пиррофитовые (35%) водоросли. Однако, соотношение представителей основных отделов водорослей в зонах выпусков ХБСВ может меняться. Так, на примере Ялтинского залива в период работы мелководного (1968-1970 годы) и разных этапов глубоководного (1971-1983 годы) выпуска ХБСВ, отмечены существенные изменения: доля видов пиррофитовых увеличилась, а диатомовых уменьшилась в полтора-два раза. В зонах загрязнения количество видов планктонных водорослей сократилось в среднем на 20-30% по сравнению с незагрязненными районами моря, однако, массовыми в обоих типах вод являлись одни и те же виды. Кроме того, в локальных зонах мелководных выпусков ХБСВ отмечено "цветение" воды, обусловленное массовым развитием у Крыма *Sc. costatum* в 1972 г. и *Pr. cordata* – 1973 г., а у Кавказа – *Rhizosolenia calcar-avis* M. Schultze - 1974 г. [5,18]. В более поздний период (1987-90 гг.) на поверхности моря над глубоководным выпуском ХБСВ у западного побережья Крыма также неоднократно отмечали "цветение" воды. Причем, такие виды диатомовых как *Rh. calcar-avis*, *Sc. costatum* и кокколитина *Emiliaana huxleyi* (Lohm.) Hay a. Mohler имели количественные показатели развития в 2-4 раза выше, а

диатомея *C. bergonii*, наоборот, в 2-4 раза ниже, чем в контрольной точке [7].

Во все сезоны года численность и биомасса фитопланктона в центре мелководных выпусков ХБСВ были всегда ниже, чем, в среднем, для зоны загрязнения.

На поверхности моря над глубоководным выпуском (в 6,2 км от берега) от начала строительства (1969 г.) и после ввода его в эксплуатацию (1979-83 гг.) отмечено увеличение численности и уменьшение биомассы фитопланктона, в среднем, в два раза и мельчание клеток водорослей, в среднем, в 4 раза. В "контроле" в 12 км от берега (условно-чистые воды) за весь период наблюдений (с 1968 по 1983 гг.) существенных изменений по численности не выявлено, хотя почти в два раза уменьшились биомасса и средний размер клеток водорослей. Следовательно, перемещение выпуска ХБСВ в глубоководную часть Ялтинского залива и распространение трансформированных сточных вод в затопленном состоянии обеспечило чистоту поверхностных вод в пределах залива, хотя и увеличило масштабы распространения загрязнения по акватории моря.

Таким образом, основные изменения в структуре фитопланктонного сообщества в районах хронического загрязнения ХБСВ заключаются в обеднении видового состава, увеличении показателей количественного развития, изменении вклада основных групп водорослей в суммарную численность и биомассу фитопланктона и уменьшении размеров клеток водорослей [5,7,11,12,16]. Это является следствием экологической адаптации планктонных водорослей к условиям резкого увеличения концентраций и потоков биогенных веществ в прибрежных зонах загрязнения ХБСВ. Изменения в структуре фитопланктона открытых районов Черного моря пока не столь очевидны [2,16] и для их выявления необходимы долговременные планомерные исследования, проведение которых возможно лишь при объединении усилий исследователей всех причерноморских государств, заинтересованных в сохранности как

отдельных элементов, так и экосистемы в целом этого уникального морского бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алфимов Н.Н. О роли диатомовых и перидиниевых водорослей в самоочищении морских вод // Ботан. журн.— 1959.— 4, №6.— С.868-872.
2. Виноградов М.Е., Сапожников В.В., Шушкина Э.А. Экосистема Черного моря.— М., 1992.— С.49-54.
3. Водяницкий В.А. О проблеме биологической продуктивности водоемов и, в частности, Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции АН СССР.— 1954.— 8.— С.347-433.
4. Герлах С.А. Загрязнение морей.— Л.: Гидрометеиздат, 1985— 263 с.
5. Изменение физико-химических свойств морских вод под влиянием загрязнения / Под ред. Е.Ф. Шульгиной.— Л.: Гидрометеиздат, 1987.— 200 с.
6. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды.— М.: Гидрометеиздат, 1984.— 560 с.
7. Моделирование процессов самоочищения вод шельфовой зоны моря / Под ред. В.И. Заца., Г.А. Гольдберга.— Л.: Гидрометеиздат, 1991.— 230 с.
8. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон Черного моря. Ч.І. Фитопланктон в районе Севастополя и общий обзор фитопланктона Черного моря // Тр. Севастоп. биол. станции АН СССР.— М., 1948.— 6.— С.39-172.
9. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон Черного моря: Ч.ІІ. // Тр. Севастоп. биол. станции АН СССР.— 1954.— 8. С.11-99.

10. Морозова-Водяницкая Н.В. Фитопланктон в Черном море и его количественное развитие // Тр. Севастоп. биол. станции АН СССР.— 1957.— 2.— С.3-13.

11. О влиянии хозяйственно-бытового загрязнения на гидробиологический и гидрохимический комплекс прибрежной зоны Черного моря / Сеничкина Л.Г., Чепурнова Э.А., Куфтаркова Е.А., Ковригина Н.П. // Изменчивость экосистемы Черного моря: Естественные и антропогенные факторы.— М., 1991.— С.322-327.

12. Опыт теоретического и экспериментального исследования проблемы глубоководного сброса сточных вод на примере района Ялты / Под ред. Н.К. Ханайченко.— Киев: Наук. думка, 1973.— 274 с.

13. Петрова-Караджова В. Динамика на биомассу на фитопланктона в Черно море пред Българския бряг през периода 1964-1970г. // Изв. на Инст. по океанография и рибно стопанство.— Варна, 1973.— 12.— С.41-66.

14. Петрова В.И., Сколка Х. Массовое развитие вида *Nitzschia seriata* Cl. в водах Черного моря в 1959 году // Rev. Roumaine de Biol. Ser. Botanique.— 1964.— 2, N 1.— Р.51-65.

15. Пицых Г.К. Фитопланктон некоторых южных районов Мирового океана // Проблемы морской биологии.— Киев, 1971.— С.48-53.

16. Планктон Черного моря / Под ред. А.В. Ковалева, З.З. Финенко.— Киев, 1993.— С.31-109.

17. Прошкина-Лавренко А.И., Алфимов Н.Н. Об использовании диатомовых водорослей при оценке санитарного состояния морских вод // Ботан. журн.— 1954.— 34, N1.— С.108-112.

18. Сорокин Ю.И. Черное море.— М., 1982.— Гл. II.— С.43-80.

19. Фитопланктон // Основы биологической продуктивности Черного моря / Под ред. В.Н. Грезе.— Киев, 1979.— С.63-108.

20. Черное море.— Л., 1983.— С.166-171.

21. Шульгина Е.Ф., Куракова Л.В., Куфтаркова Е.А. Химизм вод шельфовой зоны Черного моря при антропогенном воздействии.— Киев: Наук. думка, 1978.— 124 с.

22. Bodeanu N. Caracteristicile si dinamica fitoplanctonului din zona de mica adincime de la tarmul romanesc al Marii Negre // St. si cerc. Biol. Ser. Botanica.— Bucuresti, 1966.— 18, N3.— P.249-262.

23. Bodeanu N., Roban Anca. Donnees concernant la floraison des eaux du littoral Roumain de la Mer Noire avec le peridinien *Exuviaella cordata* Ostr. // Cercetari mar. I.R.C.M.— 1975.— N 8.— P.43-62.

Changes in the structure of Black Sea phytoplankton community induced
by the anthropogenic impact

L.G. Senichkina

Here we have given the results of many years (1938-1990) researches of taxonomic, qualitative and size structure of phytoplankton community in the coastal waters of the Black Sea near the Crimea and Caucasus liable to the influence of sewage flows, which are different in their structure, volume and distance from the shore. The main changes in structure of the phytoplankton community of the regions having chronic pollution with this flows consist in impoverishment of species structure increase of the indices of qualitative development, change of the contribution of the main algae groups to the total abundance and biomass of phytoplankton and decrease of sizes of algae cells, which was been illustrated with actual data on phytoplankton of Sevastopol Bay and Yalta Gulf.