

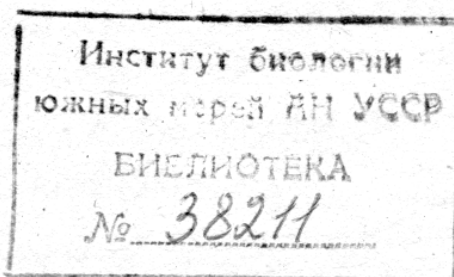
ДРОВ 98

ДРОВ 2010

**Национальная Академия наук Украины
Морской гидрофизический институт**

**ИССЛЕДОВАНИЯ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ
АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАСЕЙНА**

Сборник научных трудов



Севастополь 1995

Л.В.Кузьменко

ФИТОПЛАНКТОН У ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРЫМА В ВЕСЕННЕ-ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Анализируется видовой состав, количественное развитие и распределение фитопланктона в прибрежных водах у юго-восточной части Крыма (бухта Коктебель, район Карадага) в поздневесенний и летний периоды. От июня к августу наблюдается увеличение суммарной численности и биомассы растительного планктона, смена доминирующих видов и укрупнение средних объемов клеток. С 1987 по 1992 гг. проявляется тенденция к возрастанию средних значений количества клеток фитопланктона и особенно их биомассы, что может свидетельствовать об усилении антропогенной эвтрофикации вод исследованного района.

Исследования фитопланктона у юго-восточного побережья Крыма проводились и ранее [1–4]. Физиологии отдельных массовых видов у Карадага посвящен ряд работ [5, 6]. Этот район обладает высоким рекреационным потенциалом, и поэтому регулярные наблюдения за состоянием вод приобретают особое значение. Общее количество фитопланктона, характер его распределения, доминирование отдельных видов могут служить косвенным показателем качества воды в прибрежной зоне.

В задачу наших исследований входило изучение видового состава, размерной структуры, количественного развития и распределения фитопланктона в прибрежном мелководье бух. Коктебель, в районе Карадага и в прилежащих водах открытой части моря в весенне-летний период. Данная оценка необходима для прогноза изменений в состоянии фитопланктона в связи с возможным интенсивным эвтрофированием этого района.

Материал и методика. В бух. Коктебель в июне 1991 г. проведено две съемки: первая — 11, вторая — 14 июня, а 3–5 августа выполнена третья съемка с охватом и мористой части (с глубинами до 75 м). В июне сбор материала проводился с дорки, а в августе — с борта НИС "Академик Ковалевский". Всего собрано и обработано 85 проб фитопланктона с 35 станций. В мае 1992 г. (61-й рейс НИСП "Георгий Ушаков") в районе бух. Коктебель пробы фитопланктона были отобраны в слое 0–50 м на одной станции. При анализе весенне-летнего фитопланктона были также использованы результаты обработки 36 проб, собранных на 7 станциях в июне 1989 г. с НИС "Алеут" и предоставленных нам Т.М.Ковалевой. Данные о концентрации биогенных элементов в водах исследованного района получены Н.П.Ковригиной.

Пробы фитопланктона объемом 1–2,5 л отбирали 6–20-литровыми пластиковыми батометрами с различных горизонтов в слое от поверхности до дна. Клетки растительного планктона в пробах сгущали с помощью воронки обратной фильтрации [7] с использованием ядерных фильтров с диаметром пор 1 мкм. Сгущенные до объема 30–100 мл пробы сначала фиксировали раствором Люголя, а затем закрепляли формалином. Подсчет клеток нанофитопланктона (2–20 мкм) проводили на стекле в капле объемом 0,05–0,1 мл, а микрофитопланктона (более 20 мкм) учитывали в камере Наумана объемом 0,4 мл под микроскопом "Биолам". Биомассу растительных клеток рассчитывали по их объему [8,9].

Результаты и обсуждение. Систематический состав фитопланктона в поздневесенний период (июнь) в районе бух. Коктебель был представлен 58

видами и разновидностями планктонных водорослей, относящихся к пяти отделам, из которых 26 видов представляли *Bacillariophyta*, 20 — *Pyrrophyta*, 10 — *Chrysophyta*, 1 — *Cyanophyta* и 1 вид — *Xantophyta*. В группу "прочие" включены мелкие (2–10 мкм) клетки жгутиковых водорослей, таксономическая принадлежность которых не устанавливалась. Объем клеток диатомовых варьировал от 200 до 22000 мкм³, а в среднем для слоя 0–5 м был 515–1518 мкм³. Клетки перидиниевых варьировали от 200 до 43000 и в слое в среднем — 306–6912 мкм³, а кокколитофорид значительно меньше — 100–5000 и 100–120 мкм³ соответственно.

Формирование гидрологического и гидрохимического режима в этом районе происходит под влиянием открытой части моря и трансформированных азовоморских вод. В период наших исследований (первая съемка) высокое содержание фосфатов (до 70 мкг·л⁻¹), нитратов (до 45 мкг·л⁻¹) и нитритов (до 8,6 мкг·л⁻¹) отмечалось в узкой прибрежной зоне и в восточной части бух. Коктебель в результате внедрения азовоморских вод. Очень высокой (600–800 мкг·л⁻¹) была концентрация силикатов в поверхностном слое в мористой части бухты, которая так же, как фосфаты и нитраты, не лимитировала развитие фитопланктона.

Численность клеток суммарного фитопланктона для поверхности (0 м) в этот период составила 314–1825 млн.кл·м⁻³, а биомасса — 294–1290 мг·м⁻³.

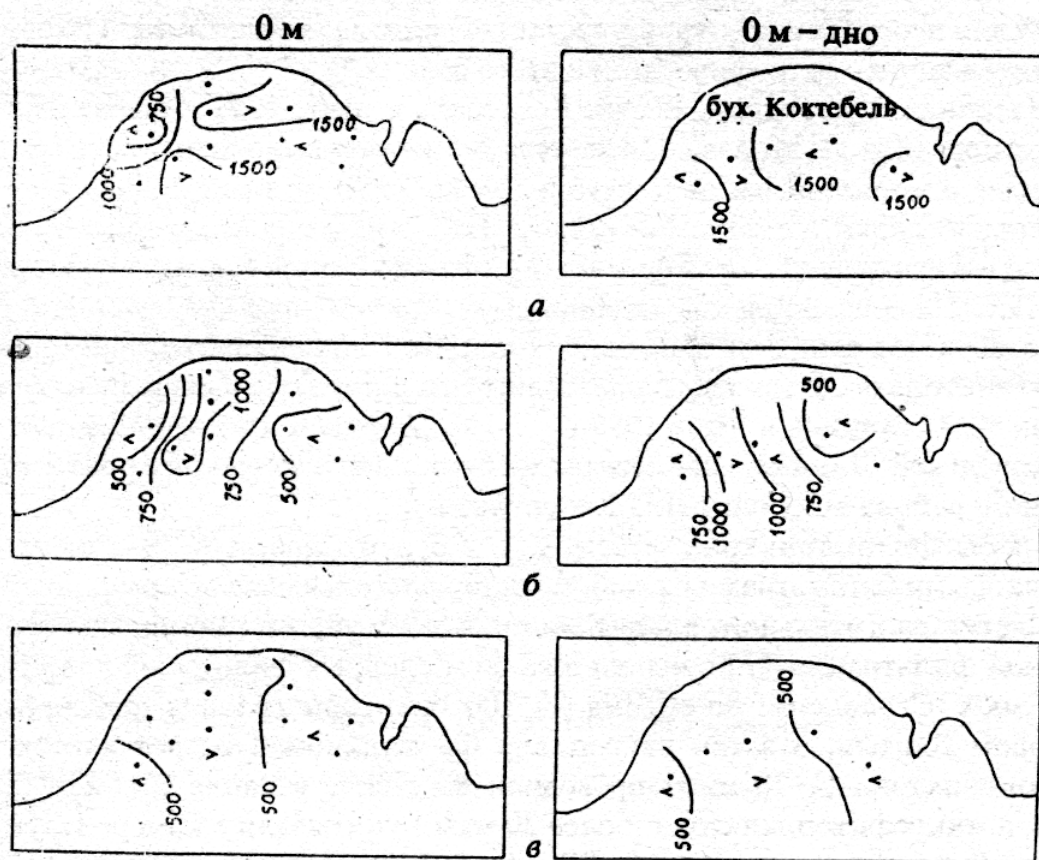
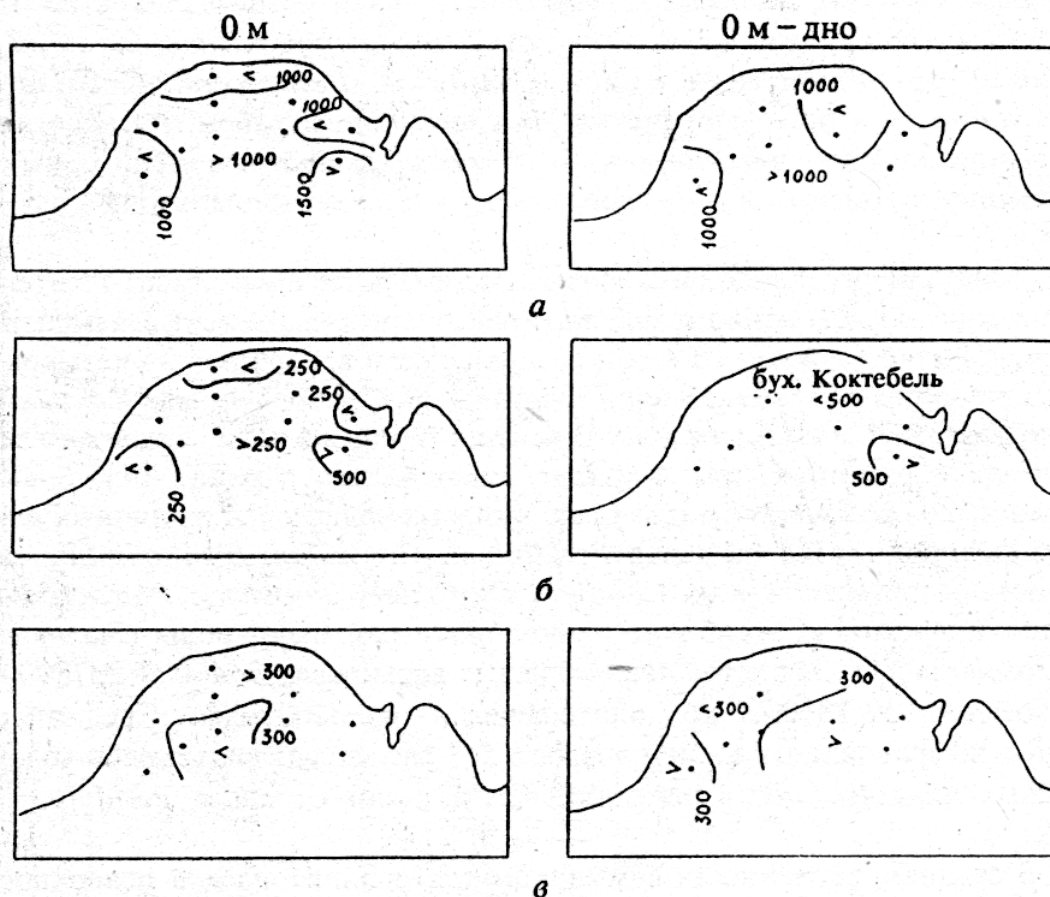


Рис. 1. Распределение численности (млн.кл·м⁻³) — а, биомассы (мг·м⁻³) — б и среднего объема клеток (мкм³) — в фитопланктона в бух. Коктебель 11 июня 1991 г.

В прибрежной мелководной зоне, где верхний 5-метровый слой был сильно перемешан и хорошо аэрирован, количественные показатели развития фитопланктона были примерно одинаковы во всем слое. Распределение численности, биомассы и среднего объема клеток фитопланктона в бух. Коктебель представлено на рис. 1, а-в. Наиболее интенсивно здесь развивалась диатомовая водоросль *Nitzschia delicatissima* (объем клеток $600-1500 \text{ мкм}^3$) и кокколитофориды *Coccolithus huxleyi* ($100-120 \text{ мкм}^3$). Причем *N. delicatissima* почти на всех станциях составляла 80–92% суммарной биомассы фитопланктона, и ее распределение по акватории бухты практически отражает распределение этой диатомеи. Численность *N. delicatissima* достигала $973 \text{ млн. кл. м}^{-3}$, а биомасса 984 мг. м^{-3} . Среди диатомовых в планктоне в малых количествах, но по всей исследованной акватории встречались *Nitzschia closterium*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschioides* и различные представители рода *Chaetoceros*. Суммарная численность фитопланктона примерно в равных долях представлена *N. delicatissima* и *C. huxleyi*. Численность последнего достигла 927 млн. кл. , а биомасса — 100 мг. м^{-3} . Незначительную роль играли перидиниевые и мелкие жгутиковые водоросли (2–10% суммарной численности и биомассы). Численность перидиниевых в среднем составила 14 млн. кл. , а биомасса — 52 мг. м^{-3} . Обычными в планктоне были *Peridinium*



Р и с. 2. Распределение численности (млн. кл. м^{-3}) — а, биомассы (мг. м^{-3}) — б и среднего объема клеток (мкм^3) — в фитопланктона в бух. Коктебель 14 июня 1991 г.

trochoideum, *Exuviaella cordata*, *Prorocentrum micans*, представители рода *Gymnodinium*.

Исследования фитопланктона, проведенные через трое суток (вторая съемка), показали некоторое уменьшение его численности и биомассы для поверхности и во всем 5-метровом слое (рис. 2). Так, если 11 июня суммарная численность в среднем для слоя 0–5 м в водах бухты составила 1457 млн.кл., а биомасса — $776 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, то 14 июня эти значения были 1065 и 345 соответственно. За этот период примерно в 1,5 раза в планктоне снизилось число клеток диатомовой водоросли *N.delicatissima* и кокколитофориды *C.huxleyi*. Напротив, более чем в 6 раз возросла (в среднем до $153 \text{ млн.кл.} \cdot \text{м}^{-3}$) численность мелких жгутиковых водорослей, что отразилось и на величинах среднего объема клеток фитопланктона (рис. 2, в). Наблюдалось также увеличение в 1,5 раза (в среднем 23 млн.кл. , $82 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$) количества перидиниевых водорослей, однако по численности они по-прежнему не играли существенной роли в суммарном фитопланктоне, а их биомасса не превышала 24% от общей.

По гидрохимическим данным содержание биогенных элементов (особенно силикатов) в период второй съемки в бух. Коктебель резко понизилось, но повышенные их значения также отмечались для восточной ее части, где и биомасса фитопланктона была наиболее высокой (рис. 2, б).

Видовой состав фитопланктона в целом почти не изменился по сравнению с первой съемкой, но среди перидиниевых значительно чаще встречались и сравнительно крупные виды, такие как *Prorocentrum micans*, *Ceratium fusus*, *C.furca*, представители родов *Goniaulax*, *Peridinium*, *Cochlodinium*, *Gymnodinium* и др. По-видимому, исследованный район можно отнести к динамически активной зоне, так как за трое суток произошло снижение общей численности, биомассы и среднего объема клеток фитопланктона в 1,5–2 раза (табл. 1).

В августе по сравнению с июнем в систематическом составе растительного планктона исследованного района произошли значительные изменения. В планктоне обнаружены 71 вид и разновидности водорослей из четырех отделов: *Pyrrophyta* — 34 вида, *Bacillariophyta* — 30, *Chrysophyta* — 6, *Xanthophyta* — 1 и группа мелких жгутиковых. Примерно такое же число видов для летнего периода в районе Судак-Карадаг указывалось и ранее [4]. В августе увеличилось количество видов перидиниевых водорослей, типичных для летнего фитопланктона из родов *Peridinium*, *Goniaulax*, *Gymnodinium*, встречались представители родов *Ceratium*, *Oxytoxum*, *Dinophysis*, *Phalacroma* и др. Среди диатомовых наиболее разнообразными были роды *Chaetoceros* и *Rhizosolenia*. Объем клеток перидиниевых варьировал от 400 до 237890 мкм^3 , диатомовых 59–180000, кокколитофорид — $65\text{--}3200 \text{ мкм}^3$. Средний объем клеток по сравнению с июнем возрос в 5–7 раз за счет диатомовой водоросли *Rhizosolenia calcar avis* и перидиниевых из родов *Ceratium*, *Peridinium* и др. (табл. 1).

В среднем численность суммарного фитопланктона для поверхностных вод в августе снизилась в 3–4 раза по сравнению с июнем, а биомасса оставалась примерно такой же. В целом распределение количественных показателей развития фитопланктона на исследованной акватории характеризовалось значительной пятнистостью (рис. 3). Наиболее высокие показатели были

Таблица 1

Численность (ч, млн. кл. $\cdot \text{м}^{-3}$), биомасса (б, мг $\cdot \text{м}^{-3}$) и объем клеток (v, мкм 3) фитопланктона в районе бух. Коктебель и Карадага в июне и августе 1991 г.

Период исследований	Характеристики фитопланктона											
	0 м						0 м — дно					
	ч		б		v		ч		б		v	
	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max	среднее	min-max
11 июня	1270,6	314-1825	744,9	294-1290	539	339-865	1457,3	1215-1647	776,9	491-1334	539	357-809
14 июня	1071,0	553-1508	359,1	174-706	336	251-468	1065,1	787-1337	345,8	261-532	324	253-442
3-5 августа	301,1	63-640	792,2	194-1430	2582	779-4823	238,7	93-420	502,1	227-828	2135	1373-4241

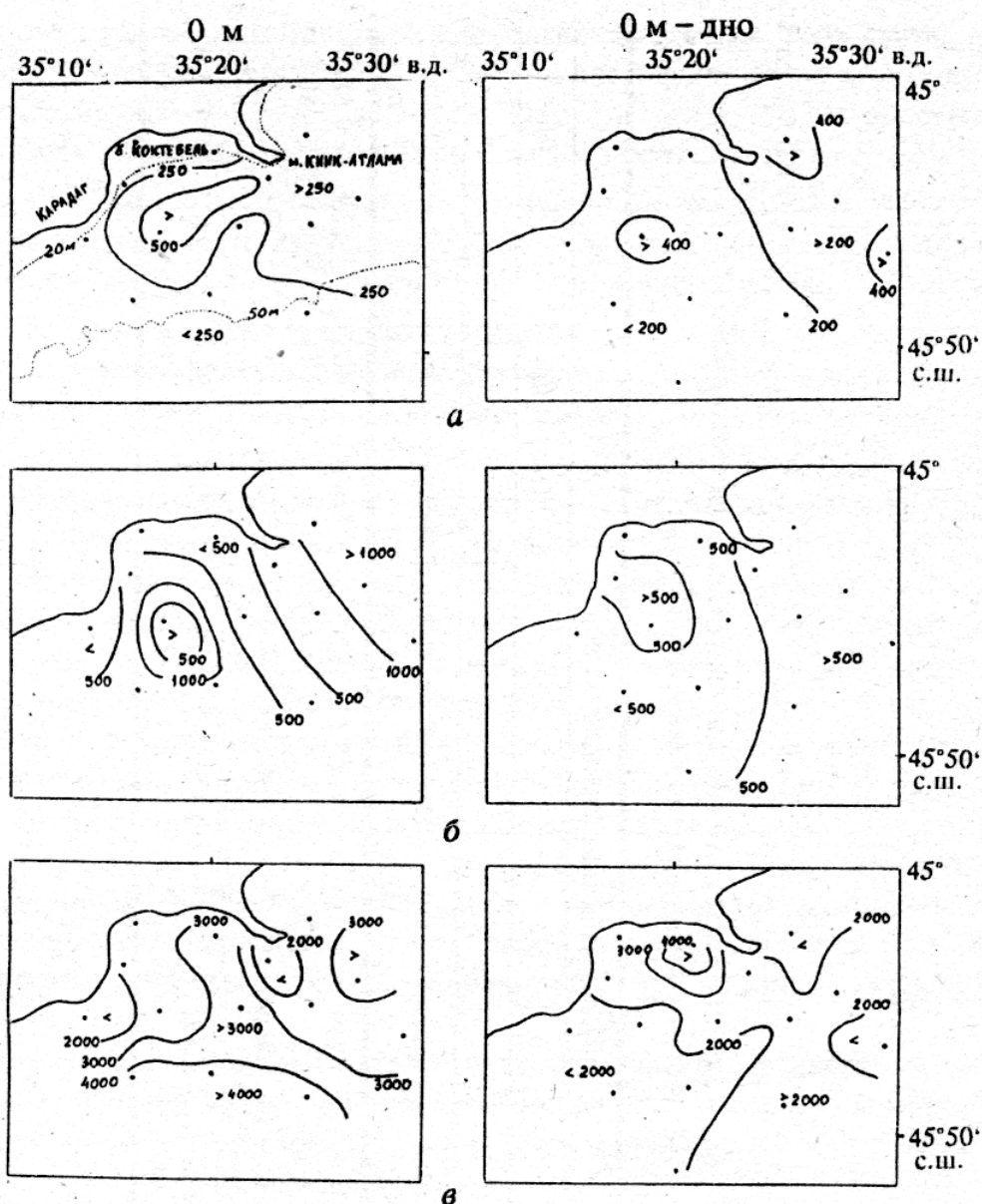


Рис. 3. Распределение численности (млн. кл. $\cdot$ м $^{-3}$) — а, биомассы (мг $\cdot$ м $^{-3}$) — б и среднего объема клеток (мкм 3) — в фитопланктона в августе 1991 г. в районе Карадага и бух. Коктебель

получены для центральной и восточной частей, где интенсивно развивалась диатомовая водоросль *R. calcar avis* и биомасса которой составляла 50–95% от суммарных значений. Концентрация фосфатов и силикатов в воде в августе была значительно ниже по сравнению с июнем, но их повышенные показатели отмечались для восточной части исследованной акватории, что связано с влиянием Основного черноморского течения и трансформированных азово-морских вод. Это хорошо прослеживается у м. Киик-Атлама и несколько юго-восточнее в сторону открытого моря.

Несколько возросла по сравнению с июнем численность и особенно биомасса (до 20–48% от суммарного) перидиниевых водорослей за счет таких сравнительно крупных видов как *Ceratium tripos*, *C. fusus*, *C. furca*, различных видов из родов *Goniaulax*, *Peridinium* и др. Вертикальное распределение фитоп-

ланктона в слое 0 м — дно характеризовалось неоднородностью. Максимальные значения численности и биомассы, как правило, отмечались у поверхности или на различных глубинах в верхнем 20-метровом слое. Наблюдалось резкое снижение количества клеток кокколитофорид в придонных слоях, особенно в мористой зоне.

Анализ данных свидетельствует о том, что фитоцен в поздневесенний (июнь) и летний (август) сезоны находился на различных стадиях сукцессии. Так, в июне при температуре поверхностной воды 18–20°C наблюдалось интенсивное развитие диатомовой водоросли *N.delicatissima* и кокколитофориды *C.huxleyi*. Затем, по-видимому, в июле происходило "затухание" этого развития и отмирание значительной массы клеток этих видов. В начале августа численность *C.huxleyi* снизилась в 10, а *N.delicatissima* — в 35 раз, в планктоне доминировали довольно крупные диатомовые из рода *Rhizosolenia* (*Rh. calcar avis*, *Rh. alata*), а также представители рода *Chaetoceros* и *Nitzschia closterium*. Довольно часто встречались крупные перидиниевые водоросли из родов *Ceratium*, *Peridinium*, *Cochlodinium*, *Goniaulax*, что свидетельствует о приближении следующей стадии сукцессии в сентябре-октябре. Аналогичные изменения в фитопланктоне по многолетним наблюдениям отмечены и для северо-западной части Черного моря [10].

Возможно, доминирование в планктоне крупных видов и увеличение среднего объема клеток фитопланктона указывают на увеличение антропогенной нагрузки в прибрежной зоне Крыма, пик которой обычно приходится на август месяц.

По материалам Т.М.Ковалевой в июне 1989г. в планктоне у юго-восточного побережья Крыма обнаружено 85 видов и разновидностей водорослей, относящихся к пяти отделам. Из них более половины (56%) приходилось на перидиниевые — 48 видов, диатомовые — 17, золотистые — 17, синезеленые — 1 и зеленые представлены 1 видом. Наиболее часто в планктоне встречались из перидиниевых *Peridinium trochoideum*, *Exuviaella cordata*, а из диатомовых *Nitzschia closterium*, *Cerataulina bergonii*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, из кокколитофорид *C.huxleyi*. Основное число видов обнаружено в верхнем 25-метровом слое. Распределение растительного планктона характеризовалось неравномерностью. Наиболее высокие значения численности фитопланктона у поверхности получены для центральной части исследованной акватории (до 560 млн.кл.·м⁻³) за счет доминирования (до 74% суммарной численности) кокколитофориды *C.huxleyi*. Основу же биомассы на большинстве станций давали диатомовые и перидиниевые водоросли. Количественные показатели развития фитопланктона в среднем были 246 млн.кл. и 102 мг·м⁻³. Распределение фитопланктона в среднем для слоя 0 м — дно (с глубинами 22–75 м) несколько отличалось от значений у поверхности (рис. 4, а-б). Наиболее высокие (208 млн.кл., 166 мг·м⁻³) значения численности и биомассы получены для бух. Коктебель за счет перидиниевых и диатомовых водорослей, а в среднем для всей исследованной акватории они составили 89 млн.кл. и 64 мг·м⁻³. Средний объем клеток фитопланктона в целом был невелик и составил для поверхностных вод 400, а для слоя 0 м — дно 600 мкм³.

В мае 1992 г. в районе бух. Коктебель наблюдения за состоянием фитопланктона выполнены на одной станции. Как видно (табл. 2), наиболее высокие

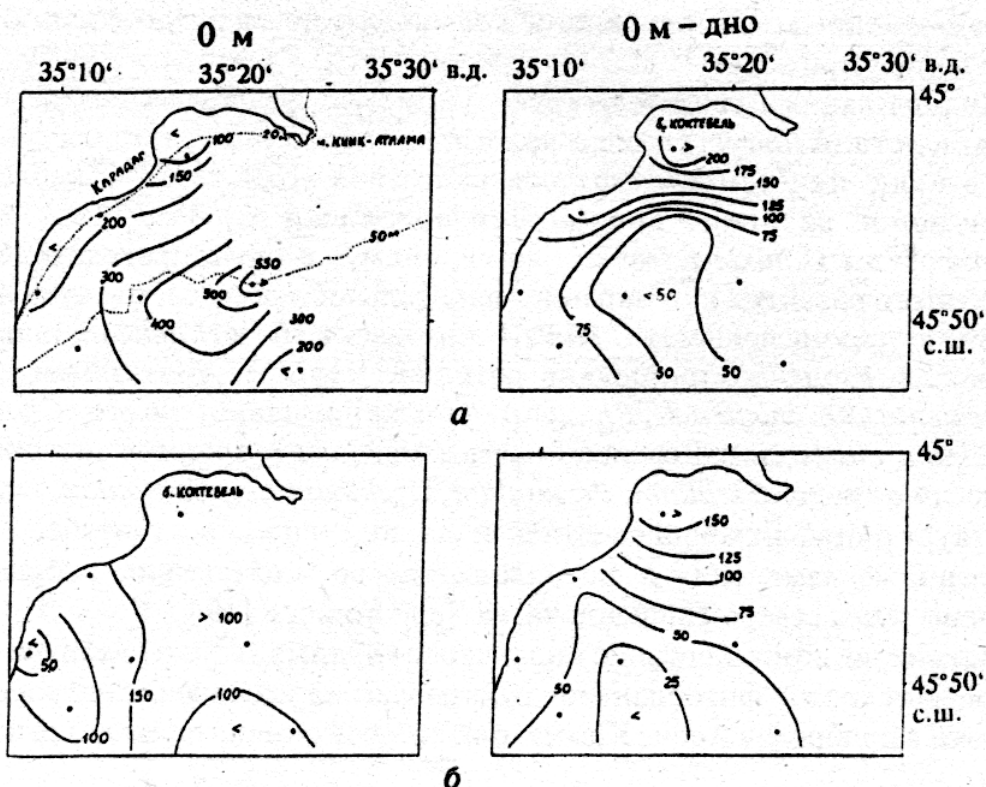


Рис. 4. Распределение численности (млн.кл. $\cdot$ м $^{-3}$) — а и биомассы (мг $\cdot$ м $^{-3}$) — б фитопланктона в июне 1989 г. в районе Карадага и бух. Коктебель

величины численности и биомассы получены для глубины 10 м, где доминировали золотистые водоросли (*S. huxleyi*) по численности, а биомасса складывалась за счет перидиниевых и кокколитофорид. Наиболее высокие значения количественного развития диатомовых наблюдались на глубине 50 м (в основном *Skeletonema costatum*), а мелких жгутиковых размером 3–5 мкм — на 25 м. Наибольший вклад в суммарную биомассу среди перидиниевых давали очень крупные клетки *Ceratium fusus*, а также *Peridinium trochoideum*, *Gymnodinium splendens*, *Prorocentrum micans* и представители родов *Exuviaella*, *Glenodinium*. Среди диатомовых довольно часто, но в незначительных количествах встречались *Skeletonema costatum*, *Cerataulina bergonii*, *Nitzschia closterium*. Следует отметить, что в мае 1992 г. одинаковый видовой состав фитопланктона в прибрежных районах Крыма наблюдался от Керченского пролива до мыса Сарыч.

Таким образом, исследования фитопланктона проведенные в позднеосенний и летний периоды 1989, 1991–1992 гг. у юго-восточного побережья Крыма показали, что полученные величины численности и биомассы в среднем для слоя 0 м — дно входят в пределы колебаний показателей его развития, указанных ранее [1, 3, 4], и характеризуют эти воды как мезотрофные и переходные к эвтрофным. Однако четко проявляется тенденция к увеличению средних показателей за последние годы, что может свидетельствовать об усилении антропогенной эвтрофикации вод в этом районе. Так, если по дан-

Таблица 2

Вертикальное распределение численности (ч, млн.кл. $\cdot$ м $^{-3}$), биомассы (б, мг $\cdot$ м $^{-3}$) и среднего объема клеток (ν , мкм 3) фитопланктона в районе бух. Коктебель в мае 1992 г.

Группы водорослей	Характеристики фитопланктона																
	0 м			10 м			25 м			50 м			0 – 50 м				
	ч	б	ν	ч	б	ν	ч	б	ν	ч	б	ν	ч	%	б	%	ν
Перидиниевые	53,3	636,2	11940	65,3	896,2	13724	80,0	359,8	4500	20,0	104,5	5225	58,6	3,8	457,7	57,4	7811
Диатомовые	29,6	2,5	84	10,7	18,4	1720	3,2	2,5	781	36,0	25,3	703	15,9	1,0	12,2	1,5	767
Золотистые	1369,2	344,0	251	2316,0	704,8	304	1474,0	274,2	186	72,0	10,4	144	1323,6	82,2	322,9	40,5	244
Прочие	133,2	5,3	40	84,8	3,4	40	388,0	5,4	14	90,0	3,5	40	212,3	13,2	4,4	0,6	21
Суммарный фитопланктон	1585,3	988,0	623	2476,8	1622,8	655	1945,2	641,9	330	218,0	143,7	659	1610,3	100,0	797,2	100,0	495

ным Л.Г.Сеничкиной [4] в августе 1987 г. у Карадага и в прилежащих водах численность фитопланктона для поверхности моря в среднем была 50–250 млн.кл., а биомасса не превышала $50 \text{ мг} \cdot \text{м}^{-3}$, то в августе 1991 г. эти значения составили соответственно 301 и 792. Наблюдается также и укрупнение средних объемов клеток фитопланктона: от 200–1200 мкм^3 (август 1987г.) до 779–4823 мкм^3 (август 1991г.). Аналогичная закономерность отмечена и для поздневесеннего периода 1989, 1991–1992 гг. Численность суммарного фитопланктона для поверхности увеличивалась от 246 до 1585 млн.кл. $\cdot \text{м}^{-3}$, а биомасса — от 102 до 988 $\text{мг} \cdot \text{м}^{-3}$. Наблюдаются некоторые изменения и в доминировании отдельных видов в данном районе. Так, в июне 1991 г. основу численности фитопланктона составляли диатомовая водоросль *N.delicatissima* и кокколитофорида *C.huxleyi*, а в июне 1989 и мае 1992 гг. эта диатомея в планктоне почти не встречалась. Весной 1992 г. наблюдалось интенсивное развитие перидиниевой водоросли *Ceratium fusus*, чего ранее не отмечалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стройкина В.Г. Фитопланктон Черного моря в районе Карадага и его сезонная динамика // Тр.Карадаг.биол.ст. АН СССР.— 1950.— 10.— С. 38–52.
2. Кошевой В.В. Наблюдения за фитопланктоном у берегов Карадага // Бюл.Океанограф.комиссии АН СССР.— 1959.— 3.— С. 40–45.
3. Георгиева Л.В. Фитопланктон Черного моря в позднелетний период 1987 г./ Депон. рукопись N 5095-B89.— М.: ВИНТИ, 1989.— 12 с.
4. Сеничкина Л.Г. Фитопланктон шельфовой зоны Черного моря в районе Судак-Карадаг весной и летом 1987 г./ Депон. рукопись N 6775-B89.— М.: ВИНТИ, 1989.— 22 с.
5. Роулин А.М. Особенности онтогенеза морских центрических диатомовых водорослей в клонных культурах // Биологические науки.— 1975.— 3.— С. 47–51.
6. Кустенко Н.Г. Динамика размерной структуры популяции диатомовой водоросли *Skeletonema costatum* (Grev.) Cl. в планктоне // Океанология.— 1987.— 27, вып.1.— С. 108–112.
7. Суханова И.Н. Концентрирование фитопланктона в пробе // Современные методы количественной оценки распределения морского планктона.— М.: Наука, 1983.— С. 97–105.
8. Сеничкина Л.Г. К методике вычисления объема клеток фитопланктона // Гидробиологический журнал.— 1978.— 14, N 5.— С. 102–105.
9. Сеничкина Л.Г. Вычисление объемов клеток диатомовых водорослей с использованием коэффициентов объемной полноты // Там же.— 1986.— 22, N 1.— С. 56–59.
10. Виноградова Л.А., Маштакова Г.П., Дерзюк И.В. Сукцессионные изменения в фитопланктоне северо-западной части Черного моря // Исследования экосистемы пелагиали Черного моря: Матер. Междунар. симп. "Антропогенная эвтрофикация и изменчивость экосистем Черного моря" (Москва, 16–19 октября 1984 г.).— М.: ИО АН СССР, 1986.— С. 170–179.

Институт биологии южных морей НАН Украины,
Севастополь