

О КОЛИЧЕСТВЕ, СОСТАВЕ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ ФИТОПЛАНКТОНА В ЧЕРНОМ МОРЕ

Канд. биол. наук Г. К. Пицък
(АЗЧЕРНИРО)

ВВЕДЕНИЕ

При решении вопросов о продукции рыб фитопланктон интересен с двух точек зрения: во-первых, как один из основных источников первичной продукции органического вещества и первое звено в пищевой цепи всех животных обитателей моря, начиная от простейших и кончая рыбой и морским зверем, во-вторых, как один из важнейших элементов внешней среды рыбы и других животных обитателей моря, связанный с ними не по линии питания. Вследствие этого при изучении фитопланктона Черного моря главное внимание уделялось количественным исследованиям и распределению его в различных участках моря.

Материалом для настоящей статьи послужили 548 проб осадочного планктона, собранные в западной половине Черного моря (включая мелководье в северо-западной части) Черноморской научно-промысловой экспедицией в 1948—1951 гг. Материал собирали батометром Нансена с горизонтов 0, 10, 25, 50, 75 и 100 м, т. е. только в том слое, в котором сосредоточена основная масса фитопланктона. На некоторых станциях брали пробы дополнительно на 125, 150, 175 и 200 м для установления нижней границы распределения растительного планктона и определения его количества и состава во всей толще воды. Пробы брали, как правило, в литровые склянки и фиксировали формалином.

Материал обрабатывали осадочным методом, с последующим переводом количества организмов на их биомассу (13).

Фитопланктон восточной половины моря изучала Н. В. Морозова-Водяницкая, сотрудник Севастопольской биологической станции АН СССР.

КОЛИЧЕСТВО И СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА

Северо-западная часть Черного моря очень богата фитопланктоном. На увеличение биомассы фитопланктона в этом районе главным образом оказывает влияние речной сток. Мелководность облегчает и ускоряет вынос необходимых питательных солей в зону фотосинтеза. Несмотря на то, что на северо-западном мелководье от весны до осени, особенно летом, имеется большое количество потребителей фитопланктона, остаточная биомасса его измеряется нередко граммами на 1 м³ и десятками граммов под 1 м² водной поверхности. Иногда, как, например, в июле 1949 г. и феврале 1951 г., она составляла в отдельных местах северо-западного мелководья около 10 г на 1 м³, или более 150 г под 1 м² поверхности моря.

Значительные биомассы фитопланктона мы наблюдали также в открытом море и в других районах. Так, во многих местах открытого моря и прибрежной зоны, исключая бухты, он составлял 500—600 мг на 1 м³, а в некоторых местах, в 50—60 милях от берега, на отдельных горизонтах—

даже 1200—1700 мг на тот же объем воды. На ряде станции остаточная биомасса фитопланктона достигала 25—40 г под 1 м² поверхности моря. Однако на большинстве станций она измерялась десятками или одной-двумя сотнями мг на 1 м³. Под 1 м² поверхности моря в верхнем 100-метровом слое растительный планктон составлял в разное время года в глубоководных участках в среднем от 5,9 до 11,7 г. При вычислении количества фитопланктона в открытом море вместе с прибрежной зоной (исключая бухты) получается в среднем 18,7 г под 1 м². Во всем «живом» слое воды фитопланктона на 10—15% больше, чем от поверхности до 100 м.

По данным Н. В. Морозовой-Водяницкой (12), в августе—сентябре 1948 г. в восточной половине моря, по разрезу Ялта — Батуми, фитопланктон в среднем составлял в верхнем 100-метровом слое 116 мг на 1 м³; под 1 м² поверхности моря в том же слое было 11,6 г. В августе—сентябре 1948 г. повышенная биомасса растительного планктона в восточной половине моря, по сравнению с западной, получилась по двум основным причинам: из-за большого развития крупной диатомеи *Rhizosolenia calcar avis* и вследствие того, что растительный планктон выедался в восточной половине моря меньше, чем в западной, так как его потребитель—зоопланктон—в восточной половине был в меньшем количестве.

По более ранним данным Л. И. Воробьевой, опубликованным С. М. Малайтским (6), фитопланктон в северо-восточной части моря составлял в 75-метровом слое в среднем 85 мг на 1 м³ весной и 198 мг летом.

Мы рассматриваем количество и состав фитопланктона отдельно по двум районам: 1) северо-западная часть моря, севернее линии Тарханкут — устье Дуная и 2) открытое море, куда мы относили также и глубоководные районы северо-западной части моря. Южное и юго-западное побережье Крыма, а также Кавказский район мы не рассматриваем.

На северо-западном мелководье, вследствие, главным образом чрезвычайной изменчивости и подвижности гидрометеорологического и химического режимов, биомасса фитопланктона подвержена значительным колебаниям по сезонам и годам (табл. 1, рис. 1). По району в целом в не-

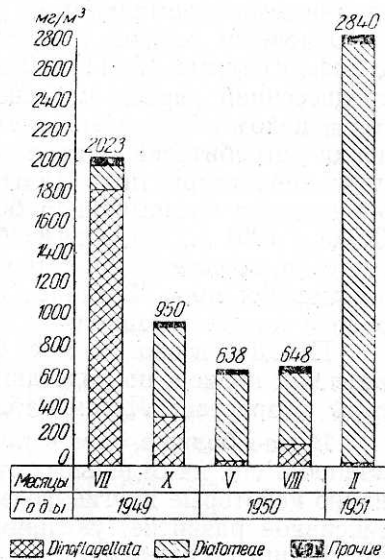


Рис. 1. Изменение средней биомассы фитопланктона на мелководье северо-западной части Черного моря (в мг на 1 м³ в слое 0—25 м).

Таблица 1
Средняя биомасса фитопланктона на мелководье северо-западной части Черного моря (в мг на 1 м³ для горизонтов 0,10 и 25 м)

Время сбора материала		Общая биомасса фитопланктона	По группам организмов					
год	месяц		динофлагелляты (перидиниевые)	диатомовые	кремнежгутиковые	синезеленые	зеленые	споры, мелкие жгутиковые и прочие
1949	Июль	2023,0	1841,1	131,1	0,7	1,4	1,6	46,5
	Октябрь	950,2	333,8	578,3	4,5	10,7	—	22,9
1950	Май	638,4	41,1	578,3	—	—	5,5	13,5
	Август	648,0	155,3	448,6	9,2	16,1	—	18,8
1951	Февраль	2839,8	11,7	2776,7	0,9	0,1	—	50,4

которых случаях наблюдается различие более чем в 4 раза, а по отдельным станциям — в сотни раз. За время наших наблюдений максимального развития фитопланктон достигал в этом районе в предвесеннее время (в феврале) 1951 г. и летом (в июле) 1949 г.

В предвесеннее время фитопланктон почти целиком состоял из диатомовых (97,7%), господствующее значение среди которых имели 8—10 видов. На некоторых станциях преобладающей была *Thalassiosira decipiens*, составлявшая от 25 до 50% всей биомассы растительного планктона. Большой удельный вес имели разные виды *Coscinodiscus*. На других станциях доминировали в разном сочетании *Chaetoceras* (разные виды), *Cerataulina bergonii*, *Ditylium Brightwellii*, *Navicula*. Больше, чем в другие периоды, встречалось бентосных и речных форм. Динофлагелляты были представлены только мелкими *Peridinium* и *Glenodinium* и встречались единичными экземплярами.

Основным кормом зоопланктона в условиях Черного моря являются динофлагелляты (7, 11). Очень слабо развиваются динофлагелляты в предвесенний период на северо-западном мелководье, хотя фитопланктон в целом обилен; это дает основание предполагать, что кормовые условия потребителей фитопланктона в это время в северо-западной части моря неблагоприятны. Малым количеством динофлагеллят, возможно, объясняется чрезвычайная бедность зоопланктона в этот период (4). Даже в 1951 г., когда зима была значительно теплее, чем в предыдущие три года, зоопланктона было очень мало, причем он оказался беднее, чем в открытом море. В теплое время года, наоборот, зоопланктон более обилен на северо-западном мелководье.

Поздней весной, в мае, фитопланктона намного меньше, чем в предвесенний период, но роль динофлагеллят, в связи с повышением температуры, возрастает. Летом наблюдается их максимальное развитие.

В мае больше, чем в предшествующий период, мелких *Peridinium* и *Glenodinium*, на отдельных станциях появляются *Euxyiaella cordata* и единично некоторые другие формы. Летом число форм, дающих наиболее интенсивное развитие, увеличивается до 8—10. Появляются новые виды *Peridinium* и *Glenodinium*, в значительных количествах развиваются *Euxyiaella cordata*, *Ceratium fusus*, *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans* и некоторые другие. Особенно много динофлагеллят было в июле 1949 г.

В общем на северо-западном мелководье в большинстве случаев преобладают (в количественном отношении) диатомовые (табл. 2), среди которых господствующее, положение, как правило, занимают представители неритического планктона. Об удельном весе их в планктоне предвесеннего периода сказано выше. В поздневесеннее время диатомовые составляют более 90% всего фитопланктона. На некоторых станциях преобладающей формой была *Skeletonema costatum*, составлявшая более 50% всего фитопланктона

Таблица 2
Соотношение групп фитопланктона по его биомассе на мелководье северо-западной части Черного моря (в %)

Время сбора материала		Динофлагелляты	Диатомовые	Кремнежгутиковые	Синезеленые	Зеленые	Споры, мелкие жгутиковые и прочие
год	месяц						
1949	Июль	91,1	6,5	<0,1	<0,1	<0,1	2,3
	Октябрь	35,1	60,9	0,5	1,1	—	2,4
1950	Май	6,4	90,6	—	—	0,9	2,1
	Август	24,0	69,2	1,4	2,5	—	2,9
1951	Февраль	0,4	97,7	<0,1	<0,1	—	1,8

Большой удельный вес в планктоне имели *Thalassionema nitzschioides* и *Coscinodiscus* (разные виды). Летом 1950 г. диатомовые составляли около 70% всего фитопланктона. Наиболее заметную роль в составе этой группы играли *Rhizosolenia calcar avis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Coscinodiscus* и *Navicula*. На отдельных станциях в заметных количествах встречались *Cerataulina bergonii*.

Осенью 1949 г. диатомовые, несмотря на массовое развитие динофлагеллят, составляли по биомассе более половины всего фитопланктона. Преобладающими в составе этой группы были *Coscinodiscus* и *Chaetoceras*, на втором месте стояли *Rhizosolenia calcar avis* и *Ditylium Brightwellii*.

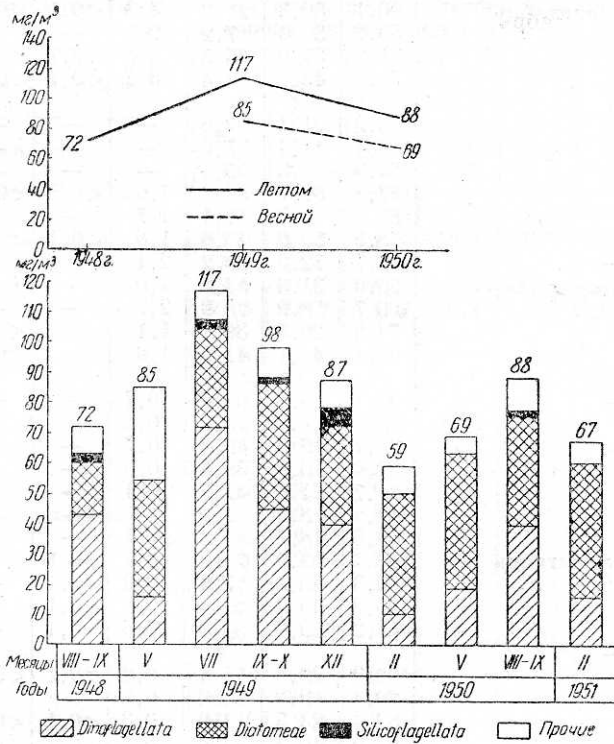


Рис. 2. Изменение средней биомассы фитопланктона в открытой части западной половины Черного моря (в мг на 1 м³ в слое 0-100 м).

За время работы Черноморской экспедиции диатомовые были на втором плане только летом 1949 г. В это время более 90% биомассы всего фитопланктона составляли динофлагелляты, среди которых резко преобладала *Euxiella cordata*, один из важнейших и излюбленных кормовых объектов для зоопланктона. В 1949 г. на северо-западном мелководье были исключительно благоприятные кормовые условия для зоопланктона и многих рыб. Динофлагелляты появились в огромном количестве в июле, особенно у северо-западных берегов, но имели значение еще и в октябре.

На базе обильного фитопланктона, главным образом динофлагеллят, развился в значительных количествах зоопланктон (4). Это создавало благоприятные кормовые условия для многих рыб, в частности, для хамсы, которая концентрировалась на северо-западном мелководье в больших количествах (3, 5).

В открытом море, где гидрометеорологические и химические условия более константны, чем на северо-западном мелководье, колебания биомассы фитопланктона менее выражены.

Наибольшая остаточная биомасса растительного планктона в открытом море наблюдалась летом (табл. 3, рис. 2). Исключением является

Таблица 3

Средняя биомасса фитопланктона в открытой части западной половины Черного моря в мг/м³

Время сбора материала		По группам организмов							
год	месяц	Общая био- масса фито- планктона	динофла- геллялы	диатомо- вые	кремне- жгутико- вые	кокколи- тофориды	синзеле- ные	зеленые	споры, мст- ные жгутико- вые и прочие
1948	Август—сентябрь	90,1	50,3	27,6	4,3	<0,1	<0,1	<0,1	7,8
		53,2	36,0	7,2	2,1	—	—	—	7,9
		85,2	37,0	35,5	3,8	<0,1	<0,1	<0,1	8,8
		71,7	43,2	17,4	3,2	<0,1	<0,1	<0,1	7,8
1949	Май	53,3	21,1	2,6	—	—	—	—	29,6
		116,4	11,4	75,6	—	—	—	—	29,4
	Июль	84,9	16,3	39,1	—	—	—	—	29,5
		147,3	82,7	52,3	1,9	<0,1	<0,1	—	10,3
		82,7	54,7	17,1	1,7	—	—	—	9,2
		138,5	80,0	45,6	1,8	<0,1	<0,1	—	11,0
	Сентябрь—октябрь	116,7	72,3	33,2	2,1	<0,1	<0,1	—	9,0
		96,0	31,3	54,1	1,0	—	0,2	—	9,4
100,7		58,9	28,9	2,7	—	—	—	10,2	
74,8		26,5	39,1	1,1	—	<0,1	—	8,1	
1950	Февраль	98,4	45,1	41,5	1,9	—	<0,1	—	9,8
		92,1	14,1	64,7	0,7	—	—	—	12,6
		25,9	7,7	13,9	0,6	—	—	—	3,7
		75,7	16,6	49,3	0,7	—	—	—	9,1
	Май	59,0	10,9	39,3	0,6	—	—	—	8,2
		71,7	21,0	42,7	<0,1	—	—	—	8,0
		17,2	8,2	3,0	—	—	—	—	6,0
		68,6	18,7	42,9	<0,1	—	—	—	7,0
	Август—сентябрь	148,5	55,0	74,2	3,1	<0,1	—	—	16,2
		39,3	20,6	7,8	0,2	<0,1	—	—	10,7
35,9		49,3	69,1	2,6	<0,1	—	—	14,9	
88,2		39,7	35,0	1,6	0,1	—	—	11,9	
1951	Февраль	102,9	29,8	65,4	0,2	<0,1	<0,1	—	7,5
		20,4	2,2	13,3	0,3	—	—	—	4,6
		82,4	23,3	51,2	0,3	<0,1	<0,1	—	7,6
		67,0	16,3	44,0	0,2	<0,1	<0,1	—	6,5

Примечание. Биомасса дается для каждого месяца по горизонтам: в первой строке—0,10 и 25 м, во второй—50, 75, 100 м, в третьей—0,10, 25 и 50 м, в четвертой—0,10, 25, 50, 75 и 100 м.

только 1948 г., когда биомасса фитопланктона в западной половине моря в верхнем 50-метровом слое была ниже, чем в некоторые другие сезоны. Это произошло главным образом вследствие интенсивного выедания фитопланктона обильным зоопланктоном. В восточной половине моря биомасса фитопланктона в то же время была больше.

В минимальных количествах развивался растительный планктон в предвесеннее время (в феврале). В этот период в его составе преобладали в количественном отношении (табл. 4) диатомовые (53—70% всей биомассы фитопланктона). Наиболее массовой среди них была *Thalassiopecta nitzschoides*, хотя из-за малых размеров клеток она большой биомассы не составляла. Максимальную биомассу давали более крупные формы: *Melosira moniliformis*, *Rhizosolenia calcar avis*, *Chaetoceras curvisetus*, *Rhizosolenia alata* и *Coscinodiscus*. В 1951 г. в значительных количествах развивалась очень мелкая диатомея *Cyclotella caspia*¹. В тот же период 1950 г. она встречалась редко.

¹ Ранее эта форма принималась в Черном море как *Thalassiosira pama*.

Динофлагелляты в предвесеннее время 1950 г. были представлены минимальными количествами, по сравнению с другими сезонами года, и составляли в разных слоях воды от 15 до 30% биомассы всего фитопланктона. Примерно такие же процентные количества динофлагеллят наблюдались и в 1951 г., но, вероятно, вследствие того, что зима 1950—1951 г. была теплой, динофлагеллят в предвесеннее время в 1951 г. было больше, чем даже в поздневесенний период двух предшествующих лет. В предвесеннее время преобладали мелкие *Peridinium* и *Glenodinium* (табл. 4).

Таблица 4

Соотношение биомассы отдельных групп фитопланктона в открытой части западной половины Черного моря в %

Время сбора материала		Динофлагелляты	Диатомовые	Кремнежгутиковые	Кокколитофориды	Синезеленые	Зеленые	Споры, мелкие жгутиковые и прочие
год	месяц							
1949	Август—сентябрь	55,8	30,6	4,8	<0,1	<0,1	<0,1	8,8
		67,7	13,5	4,0	—	—	—	14,8
		43,4	41,7	4,5	<0,1	<0,1	<0,1	10,4
		60,3	24,3	4,5	<0,1	<0,1	<0,1	10,9
1949	Май	39,6	4,9	—	—	—	—	55,5
		9,8	64,9	—	—	—	—	25,3
		19,2	46,1	—	—	—	—	34,7
	Июль	56,1	35,5	1,3	<0,1	<0,1	—	7,1
		66,1	20,7	2,1	—	—	—	11,1
		57,7	32,9	1,3	<0,1	<0,1	—	8,1
	Сентябрь - октябрь	62,0	28,4	1,8	<0,1	<0,1	—	7,8
		32,6	56,4	1,0	—	0,2	<0,1	9,8
		58,5	28,7	2,7	—	—	—	10,1
		35,4	52,3	1,5	—	<0,1	<0,1	10,8
		45,8	42,2	2,0	—	<0,1	<0,1	10,0
		—	—	—	—	—	—	—
1950	Февраль	15,3	70,3	0,8	—	—	—	13,6
		29,7	53,7	2,3	—	—	—	14,3
		21,9	65,1	0,9	—	—	—	12,1
	Май	18,5	66,6	1,0	—	—	—	13,9
		29,3	59,5	<0,1	—	—	—	11,2
		47,7	17,4	—	—	—	—	34,9
	Август—сентябрь	27,3	62,4	<0,1	—	—	—	10,2
		37,0	50,0	2,1	<0,1	—	—	10,9
		52,4	19,8	0,5	—	—	—	27,3
		36,5	50,8	1,9	<0,1	—	—	10,8
		45,0	39,7	1,8	<0,1	—	—	13,5
		—	—	—	—	—	—	—
1951	Февраль	29,0	63,6	0,2	<0,1	—	—	7,2
		10,8	65,2	1,5	—	—	—	22,5
		28,3	62,1	0,4	<0,1	—	—	9,2
		24,3	65,7	0,3	<0,1	—	—	9,7

Примечание. Биомасса дается для каждого месяца по горизонтам: в первой строке—0,10 и 2 м, во второй—50, 75 и 100 м, в третьей—0,10, 25 и 50 м, в четвертой—0,10, 25, 50, 75 и 100 м.

В 1951 г. немало было также *Prorocentrum micans*. Некоторые перидинии, в частности *Euxyvaella cordata* и *E. compressa*, совершенно не встречавшиеся на северо-западном мелководье, в открытой части моря, где температуры более высокие, попадались в значительных количествах на ряде станций в верхнем 50-метровом слое.

В поздневесеннее время (в мае) количество динофлагеллят в планктоне больше по сравнению с предшествующим рассматриваемым периодом, но во всем исследуемом слое преобладали диатомовые водоросли.

В 1949 г. наиболее заметную роль среди них играли *Nitzschia pungens* и *Rhizolenia alata*, а в 1950 г., кроме нее, еще и *Rhizosolenia calcar avis*.

Динофлагелляты, как и в предвесеннее время, состояли в основном из *Peridinium* и мелких *Glenodinium*. В 1949 г. большой процент в поздневесеннем планктоне составляли споры разных водорослей и мелкие жгутиковые.

Летом динофлагелляты, несмотря на интенсивное выедание их наиболее обильным в это время зоопланктоном, представлены максимальным количеством. В 1948 и 1949 гг. они составляли от 43 до 66% биомассы всего фитопланктона. В 1950 г., вследствие сравнительного обилия в верхних горизонтах диатомовых (главным образом *Rhizosolenia calcar avis* и *Rh. alata*), процент динофлагеллят в планктоне был меньше. Летом наблюдается значительное видовое разнообразие динофлагеллят. Во все годы, с 1948 по 1951 наиболее массовыми из них в открытом море были разные виды *Peridinium* и мелких *Glenodinium*, *Exuviaella cordata*, *Exuviaella compressa* и *Ceratium furca*. Иногда большой процент в планктоне составляла *Gonyaulax polyedra* и *Ceratium fusus*.

Среди диатомовых наиболее многочисленными в открытом море были *Cyclotella caspia*, *Thalassionema nitzschioides* и реже, *Nitzschia* и *Coscinodiscus*. По биомассе среди них часто преобладают *Rhizosolenia calcar avis*, *Rh. alata* и иногда *Nitzschia* и *Coscinodiscus*.

Летом 1950 г. в верхних горизонтах открытого моря нередко встречалась весенняя форма *Skeletonema costatum*. В другие годы этого не наблюдалось. Появление указанной формы свидетельствует о наличии летом 1950 г. каких-то необычных условий, возможно температурных. Во время наших наблюдений температура воды не отличалась от других лет. Возможно, что в предшествовавший период была пониженная температура. Это могло явиться одной из причин того, что слабо развится, по данным А. П. Кусморской, теплолюбивый комплекс зоопланктона, в частности, *Penilia avirostris*, а холодолюбивых форм было больше, чем в другие годы.

Осенью среднее количество фитопланктона во всем верхнем 100-метровом слое воды уменьшается и в предвесеннее время достигает минимума. Это уменьшение происходит главным образом вследствие снижения количества динофлагеллят. Нижние же горизонты этого слоя, от 50 до 100 м, оказались богаче, чем летом, в основном из-за большого развития *Ceratium tripos*.

Таким образом, в открытой части Черного моря наибольшее количество фитопланктона бывает летом, главным образом благодаря развитию динофлагеллят. Для западной половины моря исключением является только 1948 г. Учитывая особую важность динофлагеллят в пищевом отношении, надо считать, что в открытой части Черного моря наиболее благоприятные кормовые условия для зоопланктона и планктоноядных рыб наблюдаются летом.

Указанный ход сезонных изменений фитопланктона не повторяется ежегодно, что обуславливается особенностями гидрометеорологического и химического режима каждого года. Так, например, в 1939 г. фитопланктон открытой части моря осенью был обильнее, чем летом (10).

Если сопоставить данные за лето и за часть весны с 1948 по 1951 г., то мы видим, что в 1949 г. растительный планктон был представлен в открытой части западной половины моря в наибольшем количестве. Меньше всего его было в 1948 г. (см. рис. 2), что объясняется усиленным выеданием его довольно обильным зоопланктоном. Биомасса последнего в 1948 г. была почти в 4 раза больше, чем в тот же период 1950 г. Выедание, видимо, было настолько интенсивным, что воспроизводительная способность фитопланктона едва обеспечивала потребности зоопланктона и остаточная биомасса растительного планктона не накапливалась. Продукция же его, вероятно, была не меньше, а может быть и больше, чем даже в 1949 г.

Это, возможно, было обусловлено, с одной стороны, глубоким перемешиванием водных масс (2), которое, по химическим показателям В. Г. Дацко и Я. К. Гололобова, за 1948—1951 гг. было наиболее интенсивным в 1948 г., и, с другой стороны, сравнительно высоким речным стоком 1948 и 1947 гг.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ФИТОПЛАНКТОНА В ЧЕРНОМ МОРЕ

Фитопланктон распределяется в Черном море неравномерно (рис. 3—7). Почти всегда в наиболее значительных количествах он развивается на северо-западном мелководье. В других участках резкой разницы в коли-

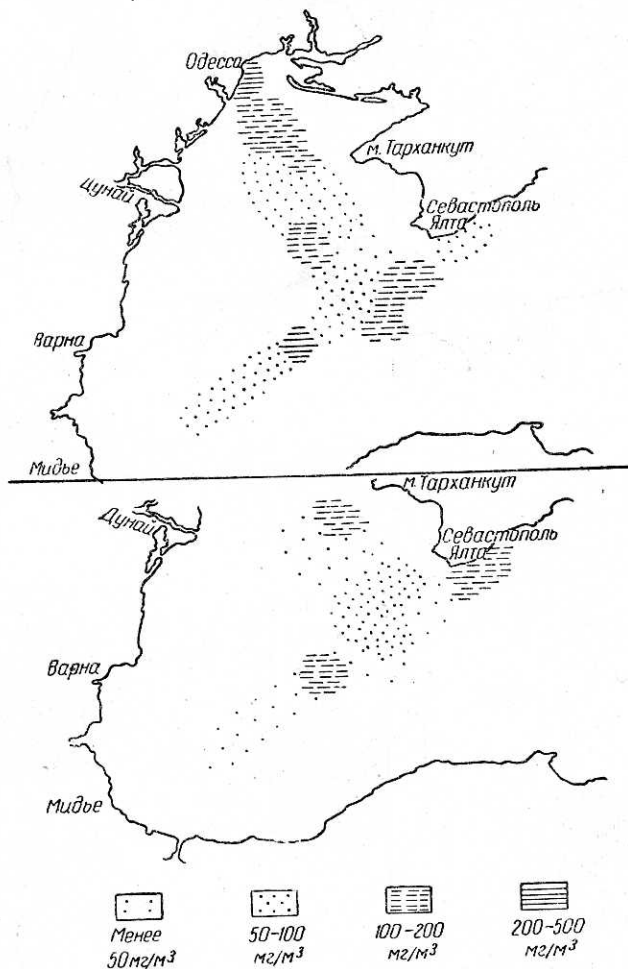


Рис. 3. Распределение фитопланктона в западной половине Черного моря в августе—сентябре 1948 г. Верхний рисунок — в слое от поверхности до 37 м, северо-западная часть моря; нижний — в слое 37—100 м, западная половина открытого моря.

честве вблизи берегов (исключая бухты) и в открытом море не наблюдается. Нередко открытая часть моря даже богаче фитопланктоном по сравнению с районами, прилегающими к берегам. Особенно ярко это было выражено в конце лета 1948 г., причем в открытом море преобладали динофлагелляты, главным образом *Euxiviaella cogdata* и мелкие *Glenodinium*, в то время как вблизи берегов наибольший процент в планктоне составляли диатомовые.

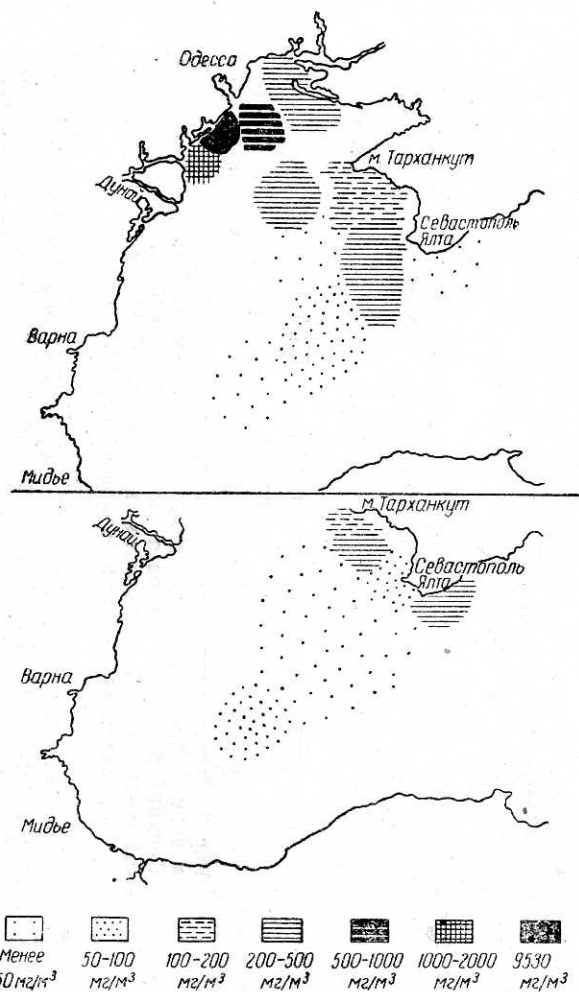


Рис. 4. Распределение фитопланктона в западной половине Черного моря в июле 1949 г. Верхний рисунок — в слое от поверхности до 37 м, северо-западная часть моря; нижний рисунок — в слое 37—100 м, западная половина открытого моря.

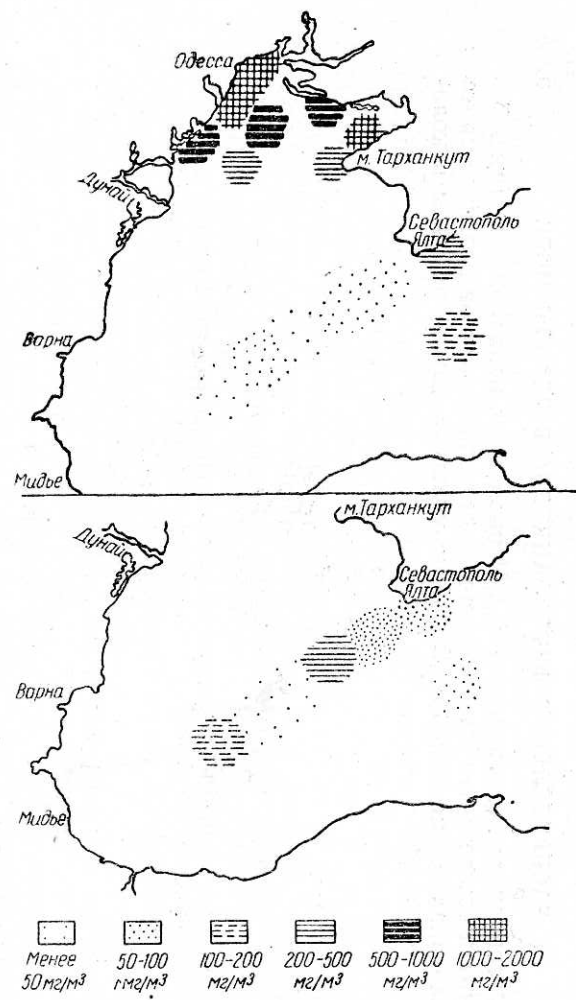


Рис. 5. Распределение фитопланктона в западной половине Черного моря в сентябре—октябре 1949 г. Верхний — рисунок в слое от поверхности до 37 м, северо-западная часть моря; нижний рисунок — в слое 37—100 м, западная половина открытого моря.

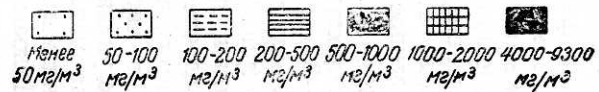
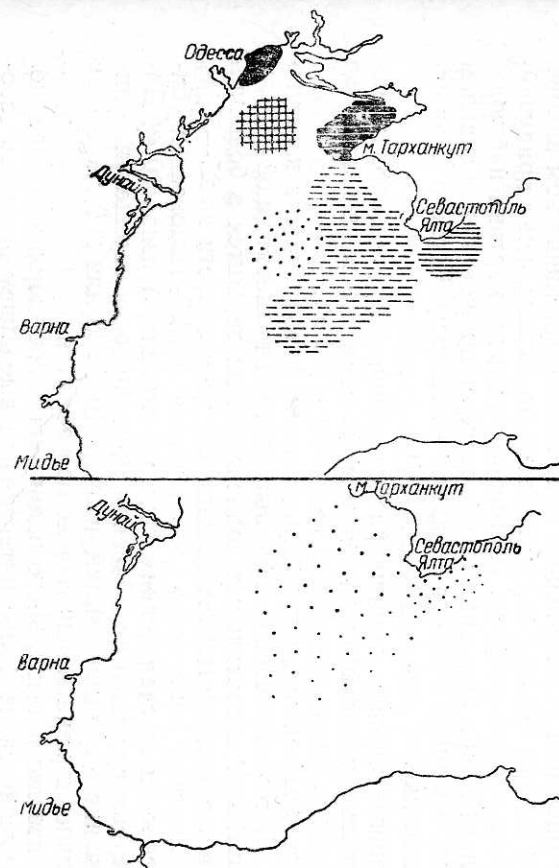


Рис. 6. Распределение фитопланктона в западной половине Черного моря в феврале 1951 г. Верхний рисунок—в слое от поверхности до 37 м, северо-западная часть моря; нижний рисунок—в слое 37—100 м, западная половина открытого моря.

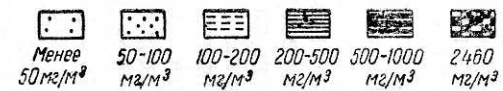
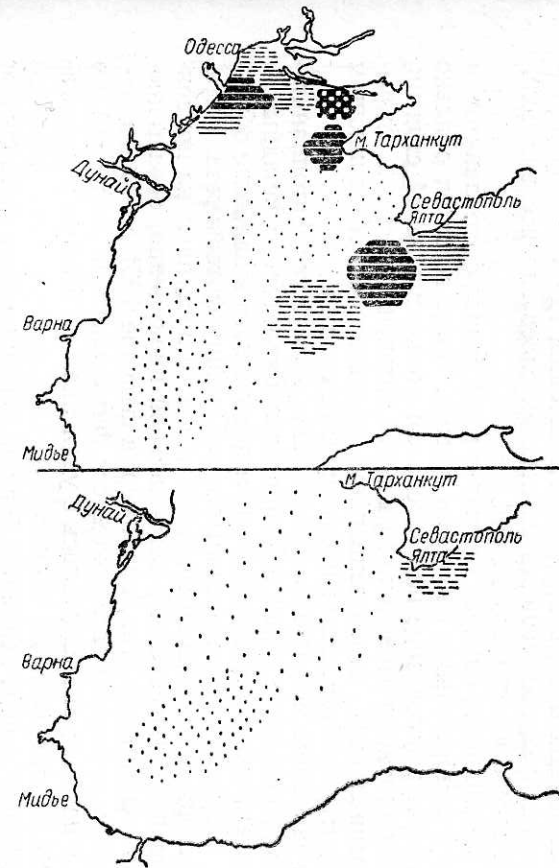


Рис. 7. Распределение фитопланктона в западной половине Черного моря в августе—сентябре 1950 г. Верхний рисунок—в слое от поверхности до 37 м, северо-западная часть моря; нижний рисунок—в слое 37—100 м, западная половина открытого моря.

Так как динофлагелляты являются наилучшей пищей для зоопланктона, следует считать, что в 1948 г. кормовые условия для зоопланктона в центральной части моря были благоприятнее, чем в прибрежном районе Крыма. Довольно много фитопланктона наблюдалось в местах стыка разнокачественных водных масс, в областях завихрений, где в зону фотосинтеза поступает питательных веществ из нижних слоев значительно больше, чем в других местах открытого моря.

Однако в большинстве случаев открытое море беднее фитопланктоном по сравнению с прибрежными районами Крыма. Чаще всего он обильно развивается в прибрежной зоне или за свалом континентальной ступени, что объясняется влиянием азовских вод и более интенсивным, чем в открытом море, вертикальным перемешиванием водных масс, обогащающим верхние горизонты необходимыми питательными солями.

На северо-западном мелководье наибольшие количества фитопланктона очень часто развиваются в районах, прилегающих к северо-западным и северным берегам, что является следствием постоянного и наиболее обильного притока необходимых питательных солей в зону фотосинтеза. Питательные соли приносятся речными водами, а также поступают из придонного слоя в процессе интенсивной вертикальной циркуляции, охватывающей здесь всю толщу воды. Так, например, в феврале 1951 г. вблизи северных берегов, в районе Одессы, биомасса фитопланктона достигала 4 и даже более 9 г на 1 м³; она снижалась с удалением от берегов и достигала 500—700 мг в Каркинитском заливе.

В июле 1949 г. у северо-западных берегов фитопланктон составлял от 1 до 9,5 г на 1 м³; в центральной части мелководья биомасса его снижалась до 600 мг и доходила до 200—400 мг у входа в Тендровский и Каркинитский заливы. Примерно такая же картина наблюдалась в мае 1950 г., когда вблизи берега в районе Одессы биомасса фитопланктона превышала 2 г на 1 м³, в то время как у входа в Каркинитский залив и у мыса Тарханкут она измерялась десятками миллиграммов.

Иногда в восточных районах северо-западного мелководья фитопланктона бывает столько же или больше, чем в районах, прилегающих к северо-западным и северным берегам. Примером этого может служить октябрь 1949 г., когда биомасса растительного планктона в Каркинитском заливе, так же как и в районе Одессы, была значительно больше, чем в придунайском и приднестровском районах. Примерно такая же картина наблюдалась в конце лета 1950 г. Это, видимо, объясняется прежде всего влиянием сгонных ветров, имеющих в северо-западном мелководье Черного моря существенное значение.

Вблизи берегов нижняя граница распределения растительного планктона проходит на глубине 200 м, а в открытом море она поднимается до 125—100 м (иногда она опускается и до глубины 150 м).

В разные сезоны вертикальное распределение фитопланктона неодинаково (рис. 8). Летом, в условиях ярко выраженной температурной стратификации, в наиболее значительных количествах он держится в большинстве случаев в верхних горизонтах воды, от поверхности до 25—50 м, максимум по биомассе чаще всего наблюдается на 25-метровой глубине, а по численности за счет мелких форм на глубине, близкой 10 м. Далее, с увеличением глубин и ослаблением интенсивности освещения количество фитопланктона уменьшается, и ниже 100, 125 или 200 м живые организмы микро- и наннопланктона не встречаются.

Малое количество растительного планктона в поверхностном слое, по видимому, объясняется наиболее интенсивным выеданием его здесь зоопланктоном и другими потребителями, а также губительным влиянием интенсивного освещения на многие фитопланктонные организмы. Максимальное количество растительного планктона в слое 10—25 м обуславливается, по нашему представлению, рядом причин: во-первых, отно-

сительно слабым выеданием его зоопланктоном, которого, по А. П. Кусморской, здесь меньше, чем на поверхности: во-вторых, наиболее близки к оптимальным для многих растительных организмов световыми условиями; в-третьих, тем, что заметное повышение плотности воды на глубинах 10—25 м служит некоторым препятствием для проникновения многих организмов фитопланктона при опускании их в более глубокие горизонты и они задерживаются здесь продолжительнее, чем в верхнем слое. На гл-

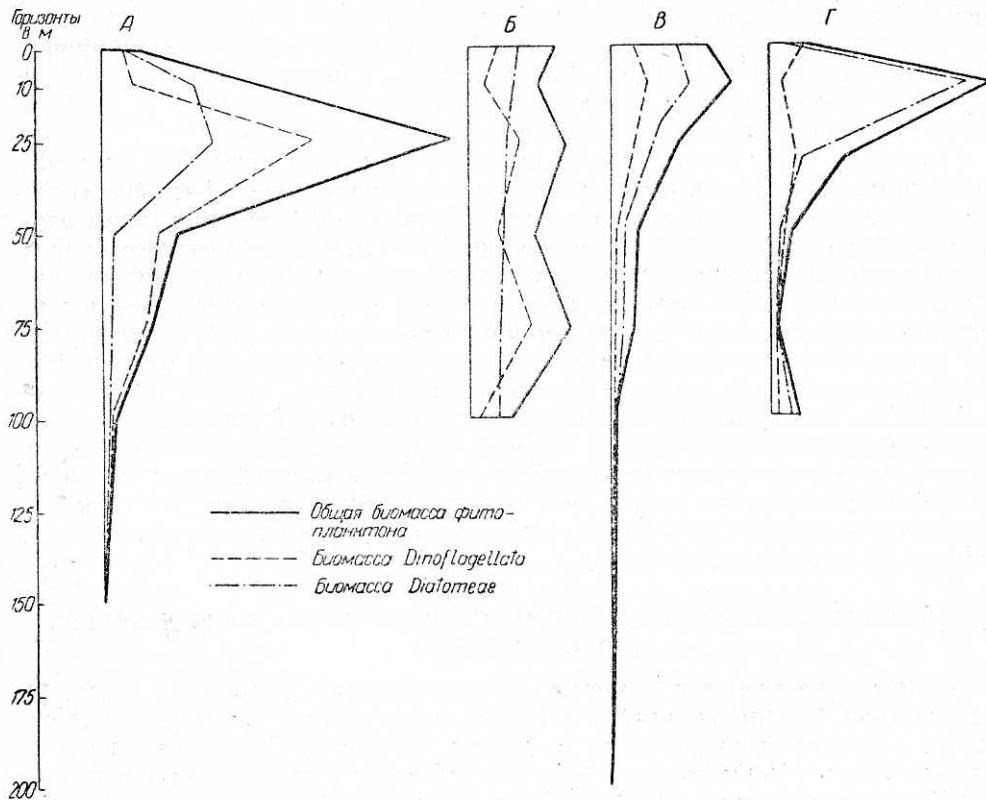


Рис 8. Вертикальное распределение фитопланктона в открытой части Черного моря:

А—летом (1950 г.), Б—осенью (1949 г.), В—зимой (1951 г.), Г—весной (1949 г.)

бинах 10—25 м накапливается также немалое количество не учитываемых нами отмерших организмов.

Большинство динофлагеллят в значительных количествах встречается до 75- и даже 100-метровой глубины, хотя больше всего их в верхнем слое, главным образом на глубине 10—25 м, в то время как диатомовые, за исключением отдельных форм, чаще всего концентрируются в верхнем 10—25-метровом слое.

Исходя из вертикального распределения фитопланктона, следует считать, что летом наиболее благоприятные кормовые условия для зоопланктона и планктоноядных рыб создаются в верхнем слое: для теплолюбивых организмов, прежде всего ветвистоусого рачка *Penilia avirostris* и хамсы,— в верхнем 10- или 25-метровом слое, а для холодолюбивых, в том числе для *Calanus*, *Pseudocalanus* и для шпрота — в большинстве случаев под этим слоем. Возможно, некоторые из холодолюбивых организмов ночью могут откармливаться в верхнем 10—25-метровом слое.

Осенью, вероятно в связи с более интенсивным вертикальным перемешиванием водных масс, фитопланктона, даже на горизонтах 75 и 100 м,

бывает столько же, сколько и в верхних горизонтах. Нередки случаи, когда на глубинах он обильнее, чем в верхнем слое. На некоторых станциях он распределяется примерно так же и летом. Особенно отчетливо это было выражено летом 1949 г., что заставляет предполагать наличие в это время интенсивного вертикального перемешивания водных масс. В 1950 г. фитопланктон держался главным образом в верхних горизонтах — от поверхности до 25—50-метровой глубины.

Фитопланктон распределяется в вертикальном направлении тоже пятнисто. Существование пятнистости, с преобладанием в разных пятнах тех или иных организмов (кормовых или некормовых), имеет важное значение в трофическом отношении. Зоопланктеры, совершая вертикальные и горизонтальные миграции, могут встречать пятна фитопланктона необходимого состава и плотности и интенсивно откармливаться.

Осенью, в связи с сильными и продолжительными штормами, перемещающими водные массы, пятнистость в распределении фитопланктона нередко нарушается; значительные количества его в более или менее рассеянном состоянии проникают в нижние горизонты продуктивного слоя и заметно уменьшается с понижением температуры количества динофлагеллят. Вследствие всего этого создаются менее благоприятные, чем летом, кормовые условия для зоопланктона и планктоядных рыб, в частности, для хамсы. Возможно, отчасти с этим связано уменьшение количества зоопланктона осенью, особенно в верхних горизонтах.

Зимой и весной вертикальное распределение фитопланктона примерно такое же, как и летом. Разница только в том, что в эти сезоны, видимо, в связи с менее интенсивным выеданием фитопланктона и вследствие пониженной инсоляции, максимальные количества его держатся ближе к поверхности, и почти во всем слое воды, до 100-метровой глубины, особенно в верхних 25 метрах, преобладают диатомовые.

СРАВНЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ФИТОПЛАНКТОНА ЧЕРНОГО МОРЯ И ДРУГИХ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

Черное море является водоемом с неодинаковыми условиями в разных его участках. Северо-западную, наиболее мелководную часть можно сравнивать с близкими по условиям Азовским морем и Северным Каспием. Открытая часть Черного моря ближе всего стоит к глубоководным участкам Южного и Среднего Каспия, а правильнее было бы сравнивать ее со Средиземным и Адриатическим морями или может быть с Атлантическим океаном.

В Азовском море фитопланктон развивается, как правило, в большом количестве. В разные сезоны биомасса его колеблется в среднем для всего моря от 200 мг до 13 г на 1 м³, а в среднем за год она составляет около 3 г на 1 м³ (14). По данным П. И. Усачева (18), вычисленным с учетом массового развития *Rhizosolenia calcar avis* в 1925 и 1926 гг., биомасса фитопланктона в Азовском море равна в среднем 2,5 г на 1 м³ весной, 6 г летом и 5 г осенью. На некоторых станциях растительный планктон составлял в Азовском море 312 и даже 585 г на 1 м³, вызывая сильное «цветение» воды (16, 19). В следующие годы таких колоссальных биомасс не наблюдалось, хотя Ф. Д. Мордухай-Болтовской (9) указывает, что летом 1933 г. сестона ловилось до 85 г на 1 м³, а по нашим данным в Таганрогском заливе в 1952 г. (первый год зарегулирования стока Дона) он составлял в отдельных местах до 28 г на 1 м³.

В Азовском море почти на протяжении всего года биомасса фитопланктона значительно превышает биомассу зоопланктона. Мы вычислили, что на 1 г зоопланктона приходится в разное время года от 2 до 70 г фитопланктона. Только в очень редких случаях преобладает зоопланктон.

В северо-западной, наиболее мелководной части Черного моря фитопланктон по остаточной биомассе большей частью беднее, чем в Азовском

море, но в отдельные годы он бывает богаче. Так же, как и в Азовском море, на северо-западном мелководье биомасса фитопланктона, как правило, преобладает над биомассой зоопланктона: весной, летом и осенью в несколько раз, а зимой в десятки раз. Примерно такая же картина получается при сопоставлении фитопланктона северо-западного мелководья Черного моря и Северного Каспия.

Наличие в северо-западной части Черного моря значительного количества ценных в кормовом отношении организмов—динофлагеллят, а также мелких, удобных для захватывания потребителями диатомей, дает основание считать, что кормовые условия для зоопланктона и рыб-планктофагов в этой части Черного моря близки к кормовым условиям Азовского моря и Северного Каспия. Примерно такой же вывод можно сделать и в отношении некоторых черноморских бухт, в которых фитопланктон развивается в огромных количествах (8, 10, 11).

В центральных районах Среднего и Южного Каспия биомасса фитопланктона в слое 0—30 м составляет в разные периоды года от 400 мг до 1 г на 1 м³, а в среднем за год примерно 600 мг. Эти величины больше, чем в открытой части Черного моря. Для всего Среднего и Южного Каспия фитопланктон составляет в отдельные периоды 1,5 г на 1 м³ и в среднем за год более 1 г (18). Эти величины немногим меньше, а для некоторых лет больше, чем даже в северо-западной, наиболее мелководной части Черного моря. Однако П. И. Усачев сообщает эти данные для периода, когда в Каспийском море появилась масса ризосолении, дававшей в некоторых районах биомассу в 100 г на 1 м³ и более. До появления ризосолении средняя биомасса фитопланктона в средней и южной частях Каспийского моря измерялась только немногими сотнями миллиграммов на 1 м³, редко до 1 г.

Это подтверждается также данными 1934 г. (15) для периода, когда ризосолении в Каспийском море только появилась и ее было еще относительно немного. Пользуясь этими данными, мы вычислили, что в центральной части Среднего Каспия фитопланктон в слое 0—25 м составлял примерно 300 мг на 1 м³, а в 50-метровом слое — всего около 200 мг. В наиболее глубоководных районах Среднего Каспия биомасса фитопланктона в слое 0—25 м достигала в среднем около 150 мг на 1 м³, в 50-метровом слое она была ниже 100 мг и в слое 0—100 м—50 мг.

Сравнение фитопланктона Черного и Каспийского морей показывает, что биомасса фитопланктона в открытой части Черного моря, вычисленная на единицу объема воды, временами бывает выше, чем в наиболее глубоководных участках Среднего Каспия или равна ей по величине. В Среднем Каспии, как известно, участки с большими глубинами составляют значительно меньший процент от общей площади, чем в Черном море (северо-западное мелководье мы рассматриваем отдельно), а в обширных мелководьях и в прибрежных районах фитопланктон развивается в больших количествах. Вследствие этого средняя биомасса фитопланктона Среднего Каспия, вычисленная на единицу объема воды, оказывается больше, чем в открытой части Черного моря.

Биомасса фитопланктона для всего Черного моря, по нашим расчетам, колеблется в разные годы от 2,8 до 6,2 млн. тонн. Для всего «живого» слоя она на 10—15% больше.

В Каспийском море, примерно равном по площади Черному, фитопланктон в августе—октябре 1934 г. составлял 3,5 млн тонн, а в 1936 г., во время массового развития ризосолении,—11 тонн (1).

Однако в 1924—1925 гг. громадное количество ризосолении наблюдалось на мелководье в северо-западной части Черного моря. П. И. Усачев указывает, что здесь «цветение» воды, вызванное ризосолением, было не менее сильным, чем в Азовском море, где в 1925 г. биомасса ее нередко измерялась сотнями граммов на 1 м³ (17).

Можно полагать, что в 1924—1925 гг. во время массового развития

ризосоления биомасса фитопланктона Черного моря была значительно больше, чем во все следующие годы, по которым имеются количественные данные по растительному планктону, и приближалась по величине к биомассе фитопланктона Каспийского моря.

Таким образом, Черное море не настолько бедно фитопланктоном, как принято считать; количество его в открытой части моря можно считать нормальным для глубокого моря. Северо-западное мелководье, занимающее значительную площадь Черного моря и являющееся основным местом откорма многих рыб, а также многие бухты и район, прилегающий к Керченскому проливу, представляют собой достаточно богатые фитопланктоном и высококормные участки моря.

ВЫВОДЫ

1. Некоторые участки Черного моря, в частности, северо-западное мелководье и бухты, по обилию фитопланктона, по первичной кормности, близки даже наиболее продуктивным морям — Азовскому и Северному Каспию.

В северо-западной части Черного моря лучшие кормовые условия для зоопланктона и планктоядных рыб создаются в теплое время года, главным образом летом, когда в больших количествах развиваются весьма ценные в пищевом отношении организмы—динофлагелляты. Наиболее благоприятные кормовые условия для зоопланктона и рыб-планктофагов были в 1949 г.

2. В открытой части Черного моря фитопланктон, при вычислении его количества на единицу объема воды, оказывается беднее, чем в Среднем и Южном Каспии, и близким к глубоководным участкам Среднего Каспия. При вычислении же количества фитопланктона под единицей поверхности воды во всей ее толще, населенной растительным планктоном, открытая часть Черного моря по количеству фитопланктона близка к Среднему и Южному Каспию.

3. На северо-западном мелководье остаточная биомасса фитопланктона, так же как и в Азовском море, обычно значительно превышает биомассу зоопланктона. Растительный планктон нередко используется здесь зоопланктоном и другими потребителями-планктофагами, видимо, только в небольшой части. Большая часть разлагается бактериями и вступает в круговорот или же используется донными организмами.

В открытой части Черного моря остаточная биомасса фитопланктона по своей величине, как правило, существенно не отличается от биомассы зоопланктона. В отдельных случаях, при обильном зоопланктоне, остаточная биомасса фитопланктона, вследствие интенсивного выедания его зоопланктоном, бывает в несколько раз меньше суммарной биомассы кормового и не кормового зоопланктона (1948 г.)

4. В открытом море, так же как и на северо-западном мелководье Черного моря, наиболее благоприятные кормовые условия для зоопланктона и планктоядных рыб создаются в теплое время, главным образом летом, во время наиболее интенсивного развития динофлагеллят.

Зимой открытая часть моря, вследствие сравнительно большого количества динофлагеллят, более кормна, чем северо-западное мелководье, где динофлагелляты почти отсутствуют.

5. Для удовлетворения кормовых потребностей зоопланктона и рыб в открытой части Черного моря весьма важное значение имеет высокая воспроизводительная способность и большая оборачиваемость фитопланктона, во много раз превосходящие эти же свойства зоопланктона.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бруевич С. В., Распределение вещества среди отдельных групп организмов Каспийского моря, Элементы химического баланса Каспийского моря, Труды Комиссии по комплексному изучению Каспийского моря, вып. XIV, изд. АН СССР, 1941.
2. Водяницкий В. А., Основы водообмена и история формирования солености Черного моря, Труды Севастопольской биологической станции АН СССР, том VI, изд. АН СССР, 1948.
3. Дехник Т. В., Размножение хамсы и кефали в Черном море (Напечатано в этом сборнике).
4. Кусморская А. П., О зоопланктоне Черного моря, Труды Азчерниро, вып. 14, Крымиздат, 1950.
5. Майорова А. А. и Чугунова Н. И., Биология, распределение и оценка запаса черноморской хамсы (Напечатано в этом сборнике).
6. Малацкий С. М., Материалы по экологии населения пелагиали Черного моря, Труды Новороссийской биологической станции, т. II, вып. 3, 1940.
7. Мионов Г. Н., О питании некоторых планктонных организмов Черного моря, Труды Зоологического ин-та АН СССР, т. VII, вып. 2, 1941.
8. Михайловская З. Н., Фитопланктон Новороссийской бухты и его вертикальное распределение, Труды Новороссийской биологической станции, т. II, вып. 1, 1936.
9. Мордухай-Болтовской Ф. Д., К изучению планктона Азовского моря, Труды Ростовского биологического об-ва, № 2, 1938.
10. Морозова-Водяницкая Н. В., Некоторые результаты количественных исследований фитопланктона в Черном море, Труды Новороссийской биологической станции, т. II, вып. 3, 1940.
11. Морозова-Водяницкая Н. В., Фитопланктон Черного моря, Часть I. Фитопланктон в районе Севастополя и общий обзор фитопланктона Черного моря, Труды Севастопольской биологической станции, т. VI, изд. АН СССР, 1948.
12. Морозова-Водяницкая Н. В., Численность и биомасса фитопланктона в Черном море, Доклады АН СССР, т. LXXIII, № 4, 1950.
13. Пицык Г. К., О количественном развитии и горизонтальном распределении фитопланктона в западной половине Черного моря, Труды Азчерниро, вып. 14, Симферс-поль, Крымиздат, 1950.
14. Пицык Г. К., О фитопланктоне Азовского моря, Труды Азчерниро, вып. 15, Крымиздат, 1951.
15. Смирнова Л. И., О фитопланктоне Среднего Каспия, Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. III, изд. АН СССР, 1949.
16. Усачев П. И., О фитопланктоне Азовского моря, Сборник в честь проф. Н. М. Книповича, 1927.
17. Усачев П. И., О фитопланктоне северо-западной части Черного моря, Дневник Всесоюзного съезда ботаников в Ленинграде в январе 1928 г., 1928.
18. Усачев П. И., Общая характеристика фитопланктона морей СССР, Успехи современной биологии, т. XXIII, вып. 2, изд. АН СССР, 1947.
19. Усачев П. И., Количественное колебание фитопланктона в Северном Каспии, Труды Ин-та океанологии АН СССР, т. II, изд. АН СССР, 1948.