

МОРСКОЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ АН УССР
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОКЕАНОЛОГИИ ЧЕРНОГО МОРЯ

№ 1579-В86.

УДК 579:577.1 (262.5)

А.С. Лопухин, А.А. Сысоев, Ю.Г. Каменир
АДЕНОЗИНТРИФОСФАТ И ХЛОРОФИЛЛ "А" МИКРОПЛАНКТОНА:
РАЗМЕРНЫЕ СПЕКТРЫ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ОТКРЫТЫХ
РАЙОНАХ ЧЕРНОГО МОРЯ

Как показали наблюдения последних десяти-пятнадцати лет, в экосистеме Черного моря происходят серьезные изменения под влиянием все возрастающей антропогенной нагрузки. Существует мнение о дестабилизации границы сероводородной зоны и связанных с этим пагубных последствиях для эвфотической области. Поставленная в этой связи на повестку дня программа специальных исследований предусматривает наблюдения за характером распределения живого вещества микропланктона, в том числе с помощью инструментально-биохимических методов.

Многие современные гидробиологические методики используют выделение части организмов сообщества с помощью сеток или различного рода фильтров. При этом предполагается, что выделена определенная таксономическая группа (зоопланктон, фитопланктон, бактериопланктон). Фактически же для анализа отделяется совокупность частиц, размеры которых ограничены определенным интервалом. Как показывают наши исследования (табл. 2-5) и литературные данные (2, 8, 10), размерный спектр меняется при изменении типа вод, что требует специального подбора фильтрующего материала с учетом фактического распределения, т.е. знания размерных спектров. Следует учитывать и размерное распределение других таксономических групп, представители которых также могут попасть в выбранный размерный интервал, поскольку размерные диапазоны различных таксономических групп перекрываются.

В июне 1985 года в 44-м рейсе НИС "Михаил Ломоносов" было изучено вертикальное распределение хлорофилла "а" и АТФ микропланктона на 13 станциях, расположенных вдоль трансчерно-

морского разреза. На семи станциях микропланктон фракционировали на 4 - 6 размерных групп для оценки их роли в функционировании сообщества микроорганизмов. Изучение размерных спектров позволяет получать дополнительный объем информации, отражающей влияние размерной структуры микроорганизмов на формирование биомассы в водах разной трофности и подверженных той или иной стрессовой ситуации (антропогенный фактор, сероводородный фактор и т.п.).

Методика

Пробы отбирали пластмассовым батометром с нескольких горизонтов фотической области, включая сероводородную зону, до глубины 200-300 м. Выбор горизонтов согласовывался с инструментальной стратификацией водной толщи по температуре и прозрачности на основании данных соответствующих отрядов экспедиции.

Концентрация хлорофилла "а" определялась стандартным спектрофотометрическим методом. Общие пробы объемом до 2 л фильтровали через мембранные фильтры "Сынпор" № 6 (0.4 мкм) диаметром 35 мм, на которые для ослабления кольматажа накладывали фильтры "Сынпор" № 2 / 3 /. Фракционирование микропланктона осуществлялось на многокамерной фильтрационной установке с диаметром фильтрующих элементов 50 мм и набором фильтров "Сынпор" № 6, 4, 2, I (снизу вверх), диаметр пор соответственно 0.4, 0.85, 2.5, 4.0 мкм. Кроме того, для контроля по концентрации АТФ бактериальной фракции менее 0.4 мкм фильтрат пропускали через фильтр № 8 (0.23 мкм).

В работе были приняты следующие размерные группы микропланктона в соответствии с характеристикой фильтров "Сынпор":

- № I - фракция более 4 мкм;
- № 2 - 2.5 - 4.0 мкм
- № 4 - 0.85 - 2.5 мкм
- № 6 - 0.4 - 0.85 мкм
- № 8 - 0.23 - 0.4 мкм

Экстрагирование хлорофилла производили 90% ацетоном в мерных центрифужных пробирках на протяжении 12 часов. Спектральные характеристики регистрировались на приборе "Спекол-210", Карл Цейсс, ГДР, в кюветах длиной 5 см. Расчеты осуществляли

по формуле Джеффри и Хамфри / 7 /. Содержание феофитина не определяли.

При изучении распределения АТФ общего микропланктона объем пробы составлял 0.3 л; при фракционировании - 1 л. Набор фильтров дополнялся микробиальным фильтром "Сынпор" № 8. Экстрагирование АТФ осуществляли незамедлительно после фракционирования в кипящем трис-буфере с добавлением ЭДТА (0.02 М, рН 7.7) в течение 5 минут. Хемилюминесцентное определение концентраций АТФ проводили на приборе "Люминометр-1250", ЛКБ, Швеция.

Результаты и обсуждение

Результаты определения концентраций хлорофилла "а" и аденозинтрифосфата представлены в таблицах, которые отражают абсолютные величины этих параметров, а также процентное содержание по размерным группам микропланктона *). Отдельно приведены данные по пикопланктону, в наших наблюдениях фракции менее 2.5 мкм, что связано с характеристикой фильтров "Сынпор".

Согласно таблице I, концентрации АТФ и хлорофилла в поверхностных водах трансчерноморского разреза в целом различались незначительно и варьировали в пределах 64 - 130 нг.л⁻¹ по первому параметру и 0.10 - 0.98 мг.м⁻³ по второму. По мере приближения к Крымскому полуострову эти величины несколько возрастали (ст. 4474, 4473). Аналогичная тенденция наблюдалась и при увеличении глубины в слое 20-50 м. В центре восточной халистазы в этом слое концентрации АТФ и зеленого пигмента приближались к величинам, свойственным эвтрофным водам (185 нг.л⁻¹ АТФ и 1.12 мг.м⁻³ хлорофилла "а"). Эти наблюдения соответствуют выводам ранних исследователей / I /. В основной массе полученные цифры характеризуют эвфотическую область Черного моря как устойчиво мезотрофную.

ж) Поскольку концентрации АТФ отражают биомассу живого вещества микропланктона / 4 /, процентные соотношения полученных величин АТФ рассматриваются в работе как процентные соотношения биомасс размерных групп микроорганизмов.

Таблица I

Распределение концентраций АТФ (нг.л⁻¹) и
хлорофилла "а" (мг.м⁻³) суммарного микропланктона

Гори- зонт	4457	4460	4463	4464	4473
	АТФ хл.	АТФ хл.	АТФ хл.	АТФ хл.	АТФ хл.
0 м	101 0.98	67 0.31	64 0.83	75 0.10	144 1.04
10 м			53 0.72		
15 м		87 1.37			
17 м					
20 м	88 0.65			182 0.27	
25 м					
30 м					
40 м					490 0.94
45 м	92 1.17		38 1.11		
50 м		57 1.14		54 1.25	
60 м					20 1.38
70 м				34 1.11	
75 м			35 1.59		
80 м					
100 м	52 0.06	17 1.16		39 0.06	59 0.07
110 м			26 0.06		
120 м					
125 м					31 1.07
130 м			17 0.67	33 0.06	
135 м					
150 м	15 0.17	9 0.70	24 0.76	22 0.78	30 1.29
160 м					
175 м					
200 м			15 0.92		39 1.12
250 м					
300 м					

Таблица I
(продолжение)

Гори- зонт	4474		4477		4480		4482	
	АТФ	хл.	АТФ	хл.	АТФ	хл.	АТФ	хл.
0 м	112	1.31	66	0.35	103	0.91	130	0.72
10 м								
15 м								
17 м							108	0.77
20 м								
25 м							185	1.12
30 м	120	1.24	49	1.55				
40 м							166	1.34
45 м								
50 м					88	1.49		
60 м			37	0.27				
70 м								
75 м								
80 м								
100 м	24	0.69	14	1.01	34	0.04	30	0.00
110 м								
120 м					7	0.60		
125 м	19	0.17						
130 м								
135 м			19	0.06	40	0.01		
150 м	29	1.08					25	0.07
160 м					17	0.01		
175 м			14	0.74				
200 м	22	1.09	11	0.76	9	0.04	17	0.60
250 м					6	0.07	13	0.08
300 м								

Таблица I
(продолжение)

Гори- зонт	4486		4487		4496		4497	
	АТФ	хл.	АТФ	хл.	АТФ	хл.	АТФ	хл.
0 м	117	0.10	97	0.79	67	0.64	76	0.43
10 м								
15 м			122	1.79				
17 м					130	0.73	110	0.64
20 м								
25 м								
30 м								
40 м	14	1.38	66	1.66	108	2.41	154	1.31
45 м								
50 м								
60 м								
70 м					36	1.17		
75 м								
80 м			15	1.34			13	0.86
100 м					26	0.12	17	0.71
110 м								
120 м								
125 м	25	0.13						
130 м								
135 м								
150 м	22	0.57			13	0.15	15	0.78
160 м			7	1.23				
175 м								
200 м	16	0.08	16	1.28	11	0.01	14	0.28
250 м	30	0.12	13	1.08	17	0.20		
300 м	13	0.80					8	0.77

Аналитической границе сероводородной зоны соответствуют концентрации АТФ от 9 до 30 нг.л⁻¹. На отдельных станциях (4480, 4487) над этой границей отмечался четкий пик концентраций АТФ. Наши наблюдения весной 1984 года выявили подобные пики на всех без исключения станциях по трансчерноморскому разрезу. Их нынешнее отсутствие свидетельствует, по-видимому, о недостаточной детальности отбора проб в редокс-зоне. Ниже аналитической границы H₂S концентрации АТФ обычно быстро снижались.

Особенностью распределения хлорофилла "а" явилось неожиданное увеличение его концентраций ниже границы сероводородной зоны до значений, свойственных эвфотической области. Так, на глубине 200-300 м эти значения достигают 1 мг.м⁻³ (таблица I, ст. 4473, 4474, 4487). Данное явление зафиксировано практически по всем станциям разреза и связано, вероятно, с концентрацией постепенно отмирающих здесь клеток водорослей. Полученные в этом случае цифры следует отнести, по-видимому, за счет феофитина, оптическая плотность которого определяется на той же длине волны, что и хлорофилла "а", - 665 нм. Деструкционные процессы в сероводородной зоне могут иметь специфический характер, и клетки водорослевых организмов, попадающие в эту среду, долгое время сохраняют свою целостность, что было отмечено в данной экспедиции фитопланктонистами, хотя жизнеспособность клеток проявляется очень слабо (АТФ-азная активность крайне низка). Следует отметить при этом, что по данным Ю.И.Сорокина бактериальный фотосинтез на этих глубинах в Черном море отсутствует / 6 /.

Как указывалось выше, на семи станциях были осуществлены эксперименты по изучению размерной структуры микропланктона. Эти работы проводились как с поверхностными пробами, так и по горизонтам. Результаты по АТФ представлены в таблице 2 (общий микропланктон) и в таблице 3 (фракции менее 4.0 мкм). Анализ данных показывает значительный разброс процентных соотношений АТФ по выделенным размерным группам микропланктона (табл. 2). Так крупный фитопланктон и нанопланктон (суммарная фракция более 4.0 мкм) составляли на поверхности от 21 до 69% (в среднем 48%). На глубине 30-45 м вариации величин по этой фракции оказались минимальными - 74-80%, т.е. нано- и крупный фито-

Распределение АТФ (нг.л⁻¹) общего микропланктона по фракциям

Таблица 2

Фильтр	4457		4460		4464		4473						4477			
	45м	%	0м	%	0м	%	0м	%	40м	%	60м	%	0м	%	30м	%
№ 1	93	58	20	21	73	54	53	38	296	78	20	22	116	69	128	74
№ 2	23	14	35	37	14	10	18	13	19	5	34	36	16	9	6	3
№ 4	12	8	17	18	21	17	16	11	12	3	23	25	11	7	12	7
№ 6	15	10	5	5	12	9	35	25	35	9	7	8	12	12	6	3
№ 8	16	10	18	19	14	10	19	13	19	5	8	9	14	8	21	13
суммарн. А Т Ф	159		95		134		141		381		92		169		173	
																83

Фильтр	4486						4497						Среднее суммарное			
	0м	%	40м	%	110м	%	0м	%	40м	%	80м	%	0м	%	40м	%
№ 1	21	33	113	80	48	57	33	55	85	74	7	38	53	48	143	74
№ 2	16	25	12	9	9	11	8	14	11	10	1	6	18	16	14	7
№ 4	6	10	2	1	15	18	8	14	6	5	3	17	13	12	9	5
№ 6	9	14	6	4	3	4	4	7	7	6	4	22	13	12	14	7
№ 8	11	18	8	6	8	10	6	10	6	5	3	17	14	12	14	7
суммарн. А Т Ф	63		141		83		59		115		18		111		194	
																70

планктон в этом случае устойчиво преобладали. На глубине 60-110 м живая биомасса этих организмов колебалась по данным АТФ на разных станциях от 22 до 57% и составляла в среднем 34% от общей величины. Доля организмов менее 4.0 мкм на поверхности моря составляла в среднем 52%, на глубине 30-45 м - 26% и на 60-110 м - 66%.

Для более корректной оценки роли пикопланктона был проведен анализ фракций менее 4.0 мкм (без учета нано- и крупного фитопланктона, таблица 3). АТФ собственно бактериопланктона (фракция 0.23 - 0.4 мкм, в которой мельчайшие фотосинтетики нами не установлены) на поверхности моря составил от 22 до 26%, показав по всему трансчерноморскому разрезу высокую устойчивость в соотношениях с другими фракциями. Значительная вариабельность величин АТФ бактериопланктона проявилась в слое 30-45 м: от 20 до 47%, сохранившись на больших глубинах: от 11 до 27% (таблица 3).

Фитопикопланктон (суммарная фракция 0.4 - 2.5 мкм, фильтры "Синпор" № 4 + 6) составил на поверхности от 29 до 58%, в среднем 44%. На больших глубинах концентрация АТФ этих организмов составила в среднем 47%. Таким образом, в эвфотической зоне моря их участие в функционировании сообщества микропланктона достаточно весомо.

Аналогичный анализ размерного спектра хлорофилла "а" обрисовал более пеструю картину, что нашло свое отражение и в колебаниях биомасс, полученных при микроскопировании. Процентное содержание пигмента суммарного нано- и крупного фитопланктона (фракция более 4.0 мкм) на поверхности моря колебалось весьма значительно: от 47% на станциях 4460 и 4464 до 83-94% на станциях 4457 и 4486, с соответствующими промежуточными показателями в остальных районах работы (таблица 4). На глубине 30-45 м колебание величин от станции к станции значительно уменьшилось, и фракция более 4.0 мкм составила в среднем 61%. На больших глубинах вариабельность значений вновь возрасла от 7 до 65%. Средний процент оказался здесь минимальным - 35%.

Роль более мелких фракций по хлорофиллу "а" варьировала также в значительной степени, как от станции к станции, так и по глубине. Тем не менее в среднем пикопланктон (0.4 - 2.5 мкм) составил на поверхности 36%, в слое 30-45 м - 35% и на

Распределение АТФ (нг.л⁻¹) пикопланктона по фракциям

Таблица 3

Фильтр	4457		4460		4464		4473						4477					
	45м	%	0м	%	0м	%	0м	%	40м	%	60м	%	0м	%	30м	%	75м	%
№ 2	23	35	35	47	14	23	18	20	19	22	34	47	16	30	6	13	15	23
№ 4	12	18	17	23	21	34	16	18	12	15	23	32	11	21	12	27	22	34
№ 6	15	23	5	6	12	20	35	40	35	41	7	10	12	23	6	13	10	16
№ 8	16	24	18	24	14	23	19	22	19	22	8	11	14	26	21	47	17	27
суммарн. А Т Ф	66		75		61		88		85		72		53		45		64	

Фильтр	4486						4497						Среднее суммарное					
	0м	%	40м	%	110м	%	0м	%	40м	%	80м	%	0м	%	40м	%	60-110м	%
№ 2	16	38	12	43	9	26	8	31	11	37	1	10	18	32	14	27	15	32
№ 4	6	14	2	7	15	43	8	31	6	20	3	27	13	22	9	19	16	35
№ 6	9	22	6	21	3	8	4	15	7	23	4	36	13	22	14	27	6	13
№ 8	11	26	8	29	8	23	6	23	6	20	3	27	14	24	14	27	9	20
суммарн. А Т Ф	42		28		35		26		30		11		58		51		46	

Таблица 4

Распределение хлорофилла "а" (мг.м^{-3}) общего микропланктона по фракциям

Фильтр	4457		4460		4464		4473						4477					
	45м	%	0м	%	0м	%	0м	%	40м	%	60м	%	0м	%	30м	%	75 м	%
№ 1	0.92	83	0.04	4	0.05	7	0.10	10	0.27	22	0.13	85	0.14	58	0.21	86	0.01	7
№ 2	0.05	4	0.18	20	0.25	33	0.45	45	0.02	2	0.01	6	0.08	34	0.01	4	0.02	14
№ 4	0.09	8	0.24	27	0.00	-	0.01	10	0.01	1	0.01	6	0.01	4	0.005	2	0.11	77
№ 6	0.05	5	0.44	49	0.45	60	0.45	45	0.90	75	0.004	3	0.01	4	0.02	8	0.002	2
суммарн. хл.	1.11		0.90		0.75		1.01		1.20		0.154		0.24		0.245		0.142	

Фильтр	4486						4497						Среднее суммарное					
	0м	%	40м	%	110м	%	0м	%	40м	%	80м	%	0м	%	40м	%	60-110	%
№ 1	1.79	94	0.68	89	0.003	8	0.03	18	0.16	44	0.07	25	0.356	43	0.448	61	0.053	35
№ 2	0.04	2	0.02	2.6	0.005	13	0.056	34	0.06	17	0.08	30	0.176	21	0.032	4	0.029	19
№ 4	0.02	1	0.003	0.4	0.03	79	0.03	18	0.06	17	0.08	30	0.052	7	0.034	5	0.057	38
№ 6	0.06	3	0.06	8	0.000	-	0.05	30	0.08	22	0.04	15	0.243	29	0.222	30	0.012	8
суммарн. хл.	1.91		0.763		0.038		0.166		0.36		0.27		0.829		0.735		0.151	

глубинах 80-110 м - 46%. Таким образом, мельчайшие организмы дают заметный вклад в суммарные концентрации по обоим параметрам.

Поскольку до недавнего времени определения хлорофилла "а" проводились в ряде случаев при осаждении организмов на фильтры с размером пор 0.85, 1.5 и даже 2.5 мкм ("Сынпор" № 4, 3, 2, соответственно), то оценка функционирования планктонного сообщества страдала значительными погрешностями (см. таблицу 4, средние значения по фракциям). В связи с этим представлялось небезинтересным сопоставить по хлорофиллу непосредственно фракции мельчайших фотосинтетиков без аналитической "нагрузки" традиционного фитопланктона (в данном случае, клеток более 4.0 мкм, что определялось характеристикой стандартных фильтров "Сынпор", имевшихся в нашем распоряжении). Фракция менее 0.4 мкм также не учитывалась, как существенно бактериальная (таблица 5).

Фракция 2.5 - 4.0 мкм, осажденная на фильтр № 2, оказалась подчиненной по отношению к собственно фитопикопланктону (суммарной фракции 0.4 - 2.5 мкм, фильтры № 4 + 6). Причем это превалирование фитопикопланктона наблюдалось на всех станциях и глубинах, за исключением поверхности моря на станции 4477. По средним значениям преимущественная роль в слое 0-40 м принадлежала фракции 0.4 - 0.85 мкм, т.е. наиболее мелким из известных фотосинтетиков (таблица 5).

Таким образом, наблюдения, которые следует рассматривать как предварительные, показывают, что в эвфотической области Черного моря (30-45 м), где условия жизнедеятельности наиболее оптимальны (хорошая освещенность, стабильная температура, насыщенность биогенами и т.п.), роль классических фотосинтезирующих организмов обычно значительна и нередко их активная биомасса превышает 50%. На поверхности моря и особенно на глубинах, граничащих с сероводородной зоной, увеличивается значение организмов пикопланктона, как более устойчивых, по-видимому, к неблагоприятным или меняющимся условиям существования.

Интерес к мельчайшим организмам, заселяющим океанические воды, значительно возрос в последние годы, о чем свидетельствует возрастающее число публикаций по этой проблеме / 4-6, 8-10 /. В связи с их слабой таксономической изученностью возни-

Таблица 5

Распределение хлорофилла "а" (нг.м^{-3}) пикопланктона по фракциям

Фильтр	4457		4460		4464		4473						4477					
	45м	%	0м	%	0м	%	0м	%	40м	%	60м	%	0м	%	30м	%	75м	%
№ 2	0.05	26	0.18	21	0.75	36	0.45	49	0.02	2	0.01	42	0.08	80	0.01	29	0.02	15
№ 4	0.09	48	0.24	28	0.00	-	0.01	2	0.01	1	0.01	42	0.01	10	0.005	14	0.11	83
№ 6	0.05	26	0.44	51	0.45	64	0.45	49	0.90	97	0.004	16	0.01	10	0.02	57	0.002	2
суммарн. хл.	0.19		0.86		0.70		0.91		0.93		0.024		0.10		0.035		0.132	

Фильтр	4486						4497						Среднее		суммарное			
	0м	%	40м	%	110м	%	0м	%	40м	%	80м	%	0м	%	40м	%	60-110	%
№ 2	0.04	33	0.02	24	0.005	14	0.056	41	0.06	30	0.08	40	0.176	37	0.032	11	0.029	30
№ 4	0.02	17	0.003	4	0.04	86	0.03	22	0.06	30	0.08	40	0.052	11	0.034	12	0.057	58
№ 6	0.06	50	0.06	72	0.000	-	0.05	37	0.08	40	0.04	20	0.243	52	0.222	77	0.012	12
суммарн. хл.	0.12		0.083		0.035		0.136		0.20		0.20		0.471		0.288		0.098	

кает опасность искажения описания сообщества вследствие возможного дублирования данных (учета одних и тех же организмов специалистами по разным таксономическим группам) или неучета их вообще.

В данной ситуации целесообразно указывать размерный интервал исследуемых организмов, что предопределяет применение предфильтров, либо размерного фракционирования, как в настоящей работе.

Проведенные нами исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Полученные величины АТФ общего микропланктона характеризуют эвфотическую область Черного моря как мезотрофную, в отдельных районах воды переходят к эвтрофным.
2. Распределение концентраций АТФ по трансчерноморскому разрезу вновь выявило устойчивую биологическую стратификацию с максимальными величинами биомасс микропланктона в слое 0 - 45 м.
3. В ряде случаев отмечен пик АТФ над сероводородной зоной, отвечающий, видимо, бактериальной активности в редокс - зоне.
4. Выявлена значительная роль фракций пикопланктона как по концентрациям АТФ, так и по содержанию хлорофилла "а".
5. Впервые отмечено высокое содержание пигментов в сероводородной зоне на глубинах 200-300 м.

Л и т е р а т у р а

1. Ведерников В.И., Коновалов Б.В., Кобленц-Милке О.И. Особенности распределения первичной продукции и хлорофилла в Черном море осенью 1978 г. - В кн.: Экосистемы пелагиали Черного моря. М., Наука, 1980, с. 105-117
2. Крупаткина Д.К., Лопухин А.С., Каменир Ю.Г. Влияние размерной структуры фитопланктона на погрешности оценки первичной продукции радиоуглеродным методом в водах разной трофности. - Материалы VI Всесоюз. лимнол. совещания по круговороту вещества и энергии в водоемах. Вып. 2. Иркутск, 1985, с. 49-50
3. Лопухин А.С., Кириллов И.В., Бенжицкий А.Г. Сравнительная характеристика сбора фитопланктона на мембранные

фильтры при определении хлорофилла "а". - Экология моря, вып. 17, 1984, с. 103-106

4. Мельников И.А., Сорокин Ю.И. Современные методы количественной оценки распределения морского планктона. М., Наука, 1983, с. 146-153

5. Мишустина И.Е., Батурина М.В. Ультрамикрорганйзмы и органическое вещество океана. М., Наука, 1984, - 96 с.

6. Сорокин Ю.И. Черное море. М., Наука, 1982, - 218 с.

7. Jeffrey S.W., Humphrey G.H. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll "a", "b", "c₁" and "c₂" in higher plants, algae and natural phytoplankton. - Biochem. und Physiol. Pflanz., 1975, v. 167, N 2, p. 191-194

8. Joint I.R., Pomeroy A.J. Production of picoplankton and small nanoplankton in the Celtic Sea. - Mar. Biol., 1983, v. 77, N 1, p. 19-27

9. Sieburth J. McN., Smetacek J., Lenz J. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. - Limnol. Oceanogr., 1978, v. 23, N 6, p. 1256-1263

10. Takahashi M., Bienfang P.K. Size structure of phytoplankton biomass and photosynthesis in subtropical Hawaiian waters. - Mar. Biol., 1983, v. 76, N 2, p. 203-211

Институт биологии
южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 72 деп.

В печать

Тир.

Цена 1-60.

Зак.

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
Либерец, Октябрьский пр., 403
