

ПРОДУКЦИЯ ФИТОПЛАНКТОНА В КРАСНОМ МОРЕ

Т.М. Кондратьева

По мере накопления данных по первичной продукции развиваются новые направления исследований, изучающие закономерности ее утилизации на последующих этапах продукционного процесса. Для решения этих вопросов, как указывает Г.Г. Винберг [1], количественные данные, характеризующие общий объем первичной продукции, необходимы, но недостаточны. Здесь конкретная форма ее, т.е. видовой состав продуцентов может приобретать решающее значение.

В связи с этим была разработана методика определения продукции фитопланктона по суточному приросту клеток водорослей [3, 4], которая позволяет измерять не только его общую продукцию, но и продукцию каждого вида. Такой подход имеет важное значение при оценке роли отдельных видов и групп водорослей в продукционном процессе. Он позволяет также определить скорость размножения клеток, а главное рассчитать величины реальной продукции, поступающей в следующее звено трофической цепи. Эта методика проста, не требует специального оборудования, но довольно трудоемка, так как основывается на прямом счете клеток фитопланктона.

Продукция фитопланктона этим методом определялась в Красном море с 19 декабря 1961 по 10 января 1962 г. на трех суточных станциях в северной и центральной его частях и в Аденском заливе. В целях сравнения была измерена продукция также в восточной части моря Леванта, у о. Кипр. Все станции приурочены к глубоководной части моря.

Данные по прямому определению первичной продукции Красного моря и Аденского залива полностью отсутствуют. Имеются только сведения Енча и Вуда [10] о ее величинах, рассчитанных по содержа-

нию хлорофилла. По этим данным в июне 1958 г. продукция в Красном море была, в основном, низкой /0,140 - 0,210 гС/м².сутки/ и колебалась в этом районе очень незначительно. Максимальная величина 0,410 гС/м².сутки наблюдалась в южной части моря.

Полученные нами величины первичной продукции оказались выше приведенных Енчем и Вудом и составляли для слоя 0-100 м 0,374-0,574 гС/м².сутки. При этом минимальная продукция отмечена в северной части моря, максимальная /1,220 гС/м²/ - в Аденском заливе. Такие высокие показатели характерны для продуктивных районов морей и океанов, в которых происходит интенсивный обмен поверхностных вод с глубинными, обогащенными биогенными элементами. Гидрохимическими исследованиями [2, 10-12] установлено, что воды Красного моря отличаются необычным для морей и океанов обогащением биогенными элементами.

Продукцию фитопланктона в зимний период составляли интенсивно развивающиеся наннопланктонные организмы, относящиеся к различным систематическим группам. В северной части основными продуцентами /около 75% общей продукции/ являлись перидиниевые водоросли. Диатомовые и золотистые создавали всего 6-8%. В Аденском заливе основную роль /свыше 70%/ в продукции органического вещества играли диатомовые, динофлагеллаты составляли 21% и прочие 9% общей продукции /табл. 1/. В целом фитопланктон Аденского залива отличался большим видовым разнообразием, высокой численностью и биомассой. Среди диатомовых преобладали такие относительно крупные формы, как *Thalassiothrix fraunfeldii* Grun., *Rhizosolenia fragilissima* Bergon; ряд видов *Chaetoceros* и др. Эти же виды определяли и высокий уровень первичной продукции в заливе, характерный для наиболее продуктивных районов Мирового океана.

Полученные в экспериментах параметры позволяют рассчитать скорость деления клеток основных видов планктонных водорослей.

Как следует из табл. 2, средний темп деления клеток в море оказался очень высоким у всех рассмотренных видов фитопланктона. Для некоторых он был даже несколько выше максимальных величин, определенных Л.А. Ланской в альгологически чистых культурах.

Общий ход кривых, отражающих изменение темпа деления клеток по глубинам в море /рис. 1/, у разных видов фитопланктона существенно отличался. По этому признаку основные виды планктонных водорослей были разделены на три группы:

Т а б л и ц а 1

Величины потенциальной продукции фитопланктона в Красном море
в декабре - январе 1961-1962 гг.

Группы фитопланктона	Станция 38 23°20',3 с.ш. 36°26',4 в.д.				Станция 44 17°19',5 с.ш. 40°16' в.д.				Станция 56 12°38' с.ш. 48°23' в.д.				Станция 115 35°25',5 с.ш. 35°24',5 в.д.			
	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	% от общей прод.
Dinoflagellatae ...	11,83	0,281	75	13,87	0,380	62	10,97	0,261	21	7,46	0,177	51	7,46	0,177	51	
Diatomeae ...	1,17	0,028	8	4,30	0,103	19	35,63	0,848	70	4,83	0,103	30	4,83	0,103	30	
Coccolithophoridae ...	0,90	0,021	6	2,80	0,066	12	2,06	0,049	4	1,46	0,035	10	1,46	0,035	10	
Silicoflagellatae ...	0,07	0,002	1	0,04	0,001	1	0,36	0,009	1	0,27	0,007	2	0,27	0,007	2	
Мелкие жгутиковые и пр.	1,75	0,042	10	1,41	0,034	6	2,22	0,053	4	0,95	0,022	7	0,95	0,022	7	
Всего в слое 0-100 м	15,72	0,374	100	22,42	0,584	100	51,24	1,220	100	14,47	0,344	100	14,47	0,344	100	
" " "100-200 "	5,97	0,142	-	4,50	0,107	-	22,12	0,526	-	4,44	0,106	-	4,44	0,106	-	
" " "0-200 "	21,68	0,516	-	26,92	0,641	-	73,36	1,727	-	18,91	0,450	-	18,91	0,450	-	

Средний темп деления клеток основных видов
фитопланктона Красного моря в слое 0-50 м

Группы и виды фитопланктона	Размер клеток, мк	Темп деления в море, ч	Максимальный темп деления в культурах по дан. Л.А. Ланской, ч
<u>Dinoflagellatae</u>			
<i>Exuviaella marina</i> Cienkowski.....	32 x 26	7	5-6
<i>Amphidinium accutissima</i> Schiller...	18 x 8	6	1
<i>Gymnodinium variabile</i> Herdman.....	17 x 20	4	-
<i>Glenodinium paululum</i> Lindem.....	17 x 18	7	-
" sp.....	13 x 8	4	-
<i>Gyrodinium</i> sp.....	30 x 10	4	1
" <i>pusillum</i> (Schilling) Kof.			
u. Sw.....	21 x 13	4	-
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrbg.....	39 x 24	6	-
" <i>triestinum</i> Schiller...	21 x 9	5	1
<u>Diatomeae</u>			
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.....	88 x 4	6	12-14
" <i>delicatissima</i> Cl.....	-	10	-
" <i>pungens</i> var. <i>atlantica</i> Ch.	48 x 7	9	-
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun...	31 x 3	8	-
<i>Thalassiosira</i> sp.....	31 x 12	9	-
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i> Grun...	105 x 3	9	-
<i>Chaetoceros peruvianus</i> Brightw.....	19 x 23	6	-
" <i>compressus</i> Lauder.....	14 x 6	6	-
" <i>affinis</i> var. <i>Willei</i>			
(Grun) Hust.....	17 x 16	6	-
<i>Rhizosolenia fragilissima</i> Bergon...	71 x 8	8	-
<i>Navicula</i> sp.....	35 x 6	7	7-9
<u>Coccolithophoridae</u>			
<i>Pontosphaera huxleyi</i> Lohm.....	d=7,8	8	8-9
<i>Syracosphaera heimii</i> Lohm.....	d=13	8	-
<i>Coccolithus pelagicus</i> (Walligh)			
Schiller.....	19 x 17	8	-
Мелкие жгутиковые	d=6,7	5	-

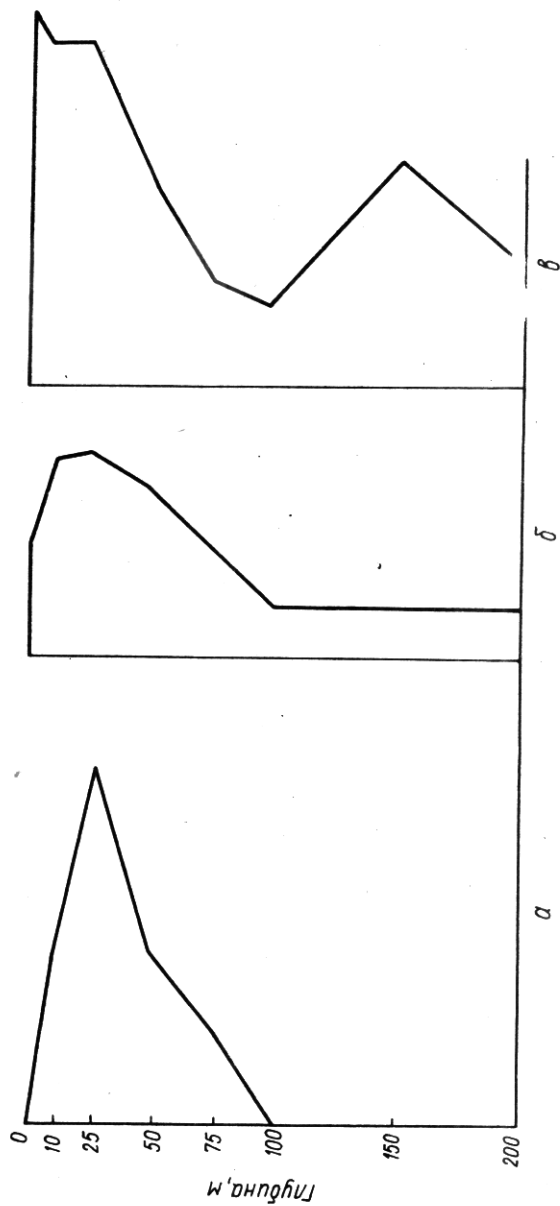


Рис. 1. Изменения темпа деления клеток некоторых видов фитопланктона с глубиной в море:

а - *Chaetoceros affinis* var. *Willei* (Grun) Hust., /1-я группа водорослей/; б - *Euxydiaella marina* Cienkowski /2-я группа/; в - *Nitzschia tenuirostris* Mer. /3-я группа/.

1. Виды, у которых максимальный темп деления наблюдался в слое 10-25 м /а/. Глубже 25 м размножение замедлялось и на глубине 75-100 м прекращалось совсем. Это отмечалось у большинства видов, относящихся к разным систематическим группам: *Amphidinium acutissima*, *Gyrodinium* sp. /из динофлагеллат/; *Nitzschia delicatissima*, *Chaetoceros affinis* var. *Willei*, *Ch. peruvianus* /из диатомовых/; *Coccolithus pelagicus*, *Syracosphaera heimii*, *Syracosphaera biferestrata* /из кокколитофорид/.

2. Виды, у которых максимум в темпе деления клеток не был резко выражен и приурочен к глубинам 25 и 50 м /б/. С увеличением глубины он плавно понижался и на 200 м был в 3-4 раза ниже максимального. К ним относились *Euxydiaella cordata*, *Ex. marina*, *Glenodinium* sp., *Navicula* sp. и прочие мелкие формы.

3. Виды с двумя максимумами темпа деления клеток - на глубине 25 и 150 м /в/. К ним относились: *Thalassionema nitzschioides*, *Nitzschia tenuirostris* и *Pontosphaera huxleyi*.

Выявленные особенности в темпе деления клеток разных видов водорослей, по-видимому, связаны с неодинаковой адаптацией их к резко меняющимся условиям освещения и питания на разных глубинах в море. Так, появление второго максимума у некоторых видов на больших глубинах, вероятно, связано с их способностью переходить частично или полностью на гетеротрофный тип питания. Такая способность некоторых морских планктонных водорослей была установлена исследованиями Левина [7-9]. Работая с бактериально чистыми культурами, Левин показал, что из 44 взятых им диатомовых 11 видов /*Amphora coffeaeformis*, 8 видов *Nitzschia*, *Navicula incerta* и *Cyclotella* sp. / проявили определенную способность к росту в полной темноте на среде с добавкой глюкозы и триптона. При этом *Nitzschia marginata* размножалась в темноте и на свету с одинаковой скоростью. Такие же виды, как *Nitzschia closterium*, *Cyclotella* sp. в темноте делились значительно медленнее.

Таким образом, проведенные нами определения продукции фитопланктона до глубины 200 м в Красном море показали, что ряд видов продуцирует органическое вещество на глубинах ниже зоны фотосинтеза. Но так как энергетические источники для создания первичной продукции в верхнем и нижнем слоях различны, то целесообразно рассматривать величины продукции отдельно для слоев 0-100 и 100-200 м /см.табл.1/.

Оказалось, что в слое 100-200 м образуется 17-30% общей продукции первичного органического вещества под 1 м² 200-метрового столба воды.

По общепринятой терминологии количество органического вещества, получаемого в результате размножения автотрофных организмов за определенный период времени, называют эффективной продукцией. На наш взгляд, ее точнее называть потенциальной продукцией, так как это максимальная продукция, которую могут создать планктонные водоросли при отсутствии выедания. В природных условиях, при постоянном изъятии какой-то части фитопланктона в результате выедания, в каждую последующую генерацию водорослей поступает значительно меньше клеток, чем было получено после деления. Даже незначительное выедание водорослей зоопланктоном сильно отражается на их числе [6]. Поэтому реальная продукция, создаваемая в море, всегда ниже потенциальной. Однако мы называем реальную продукцию эффективной, чтобы не вводить новых терминов, хотя вкладываемый в это понятие смысл иной.

Полученные в опыте параметры: начальное количество фитопланктона в море, количество его в опытных цилиндрах и морской воде через сутки, а также характер суточных изменений численности фитопланктона на исследуемом участке моря, позволяют рассчитать эффективную продукцию. В расчетах использовались формулы В.С. Тена [5].

В Красном море эффективная продукция в слое 0-100 м, полученная расчетным путем, оказалась в 5-8 раз меньше потенциальной /0,043-0,205 гС/м².сутки/ и не превышала 200-250% исходной биомассы, т.е. коэффициент Р/В составлял 2-2,5 /табл. 3/. Величины отмирания, рассчитанные по количеству пустых створок в планктоне до эксперимента и в опытных цилиндрах через сутки, в верхнем 100-метровом слое составляли 2-18% эффективной продукции. В слое 100-200 м они были значительно выше и колебались в разных районах от 7 до 39%. Следовательно, основная часть суточной продукции /61-98%/ поступала в следующее звено трофической цепи и выедалась в течение суток растительноядными формами планктонных животных. Величины выедания в разных районах Красного моря и Аденском заливе колебались от 0,043 до 0,160 гС/м².сутки в верхнем 100-метровом слое и от 0,060 до 0,255 гС/м² в слое 0-200 м /табл. 4/.

Используя данные Е.П. Делало по биомассе зоопланктона на

Т а б л и ц а 3

Величины эффективной продукции фитопланктона в Красном море
в декабре - январе 1961-1962 гг.

Группы фитопланктона	Станция 38			Станция 44			Станция 56			Станция 115		
	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.	г/м ² сыр. веса	гс/м ²	% от общей прод.
Dinoflagellatae	1,08	0,026	60	1,35	0,082	50	1,56	0,028	14	0,74	0,018	32
Diatomeae	0,27	0,006	15	0,81	0,019	30	6,75	0,161	78	0,91	0,022	40
Coccolithophoridae	0,22	0,005	12	0,21	0,005	8	0,04	0,009	4	0,46	0,011	20
Silicoflagellatae	0,01	-	1	0,02	-	1	0,05	0,001	1	0,03	0,001	2
Мелкие жгутиковые и пр.	0,22	0,006	12	0,32	0,009	11	0,23	0,006	3	0,14	0,003	6
Всего в слое 0-100 м	1,80	0,043	100	2,71	0,065	100	8,63	0,205	100	2,28	0,055	100
" " "100-200 "	0,80	0,019	-	1,09	0,026	-	3,92	0,094	-	0,95	0,022	-
" " " 0-200 "	2,60	0,062	-	3,80	0,091	-	12,55	0,299	-	3,23	0,077	-

Т а б л и ц а 4

Величины естественного отмирания, выедания и удельной продукции фитопланктона в Красном море /г/м² сырого веса/

Станция, слой /м/	Эффективная продукция	Выедание	Отмирание		Исход- ная биомас- са	Удельная продук- ция /Р/В/
			г/м ²	в % от эф- фективной продукции		
<u>Станция 38</u>						
0-100	1,80	1,76	0,04	2	0,85	2,1
100-200	0,80	0,75	0,05	6,4	0,39	2,0
0-200	2,6	2,5	0,10	3,6	1,24	2,0
<u>Станция 44</u>						
0-100	2,71	2,46	0,25	9,3	1,47	1,9
100-200	1,09	0,91	0,18	16,6	0,49	2,2
0-200	3,80	3,37	0,43	11,4	1,96	1,9
<u>Станция 56</u>						
0-100	8,63	7,06	1,57	18,2	4,56	1,9
100-200	3,92	2,38	1,54	39,2	0,53	7,4
0-200	12,55	9,44	3,11	24,8	5,06	2,5
<u>Станция 115</u>						
0-100	2,29	1,82	0,47	2,6	1,09	2,1
100-200	0,95	0,81	0,14	1,8	1,09	0,4
0-200	3,24	2,63	0,61	2,3	2,18	1,5

одной из суточных станций /ст. 44 от 23-24.XII.1961 г./, мы сделали попытку определить, какую часть общего веса зоопланктона составила полученная нами величина изъятия фитопланктона в результате выедания. По данным сборов сеткой Джеди /большая модель/ рассчитана биомасса всего зоопланктона под 1 м² для слоя 0-450 м, которая составляла 16,9 г/м² сырого веса. Величина же выедания, полученная нами расчетным путем для слоя 0-200 м, на этой станции достигала 3,8 г/м², т.е. составляла 20% от биомассы всего зоопланктона. Эта величина

вполне реальна и совпадает с данными многих авторов по суточным рационам питания различных видов копепод.

Л и т е р а т у р а

1. Винберг Г.Г. Первичная продукция водоемов. Изд-во АН БССР, Минск, 1960.
2. Добрянская М.А. Тезисы третьей научной конференции по химии моря. Изд-во "Наука", М., 1965.
3. Кондратьева Т.М. - В кн.: Первичная продукция морей и внутренних вод. Изд-во АН БССР, Минск, 1961.
4. Кондратьева Т.М. - В кн.: Основные черты геологического строения, гидрологического режима и биологии Средиземного моря. Изд-во "Наука", М., 1965.
5. Тен В.С. - Тр. Севаст. биол. ст., 1965, 15.
6. Харвей Х.В. Современные успехи химии и биологии моря. ИЛ, М., 1948.
7. Levin J.C. - J. Gen. Microbiol., 1953, 9.
8. Lewin J.C. and Lewin R.A. - Can. J. Microbiol., 1960, 6.
9. Lewin J.C. - In: Symposium on Marine Microbiology. Compiled and edited by C.H. Openheimer, Springfield, Ill., C.C. Thomas, 1963.
10. Neumann A.C. and McGill D.A. - Deep sea res., 1961, 8, 3/4.
11. Thompson E.F. - John Murray exped. 1933-34. Sci. Repts, 1939, 2(4).
12. Thompson E.F. - John Murray exped. 1933-34. Sci. Repts, 1939, 2(3).