

Е. В. БЕЛОГОРСКАЯ

О СОДЕРЖАНИИ ХЛОРОФИЛЛА В ПЛАНКТОНЕ
АЗОВСКОГО МОРЯ

Определение содержания хлорофилла в планктоне может служить одним из косвенных показателей количественного развития фитопланктона.

Впервые этот метод был предложен в 1930 г. советскими учеными Е. М. Крепсом и Н. А. Вержбинской. В дальнейшем П. П. Ширшов (1937, 1938) использовал его в своих работах по изучению фитопланктона северных морей. Последующее развитие этот метод нашел в работах зарубежных ученых (Harvey, 1934; Kozminski, 1938; Krey, 1939; Gelliam, Ridi, Wimpenny, 1939; Manning, 1941; Riley, 1938, 1941; и др.).

В конце 40-х и начале 50-х годов исследования по содержанию хлорофилла в планктоне были начаты в Минском государственном университете под руководством Т. Н. Годнева и Г. Г. Винберга. В настоящее время эти работы в СССР проводятся в основном при изучении пресноводного и частично морского планктона (Годнев, Калишкевич и Захарич, 1950; Винберг, Сивко, 1953; Винберг, 1954; Винберг, Сивко, Ковалевская, 1961; Чечуга, 1961; Сущеня, 1961; Кутюрин, 1959; Кутюрин, Улубекова, 1961; и др.).

На Севастопольской биологической станции исследования по содержанию хлорофилла в планктоне были начаты в 1960 г. в средиземноморской экспедиции. Проведены измерения содержания и сравнение количественных показателей хлорофилла в планктоне Прибосфорского района Черного моря, в Мраморном, Эгейском, Ионическом и Адриатическом морях (Сущеня, 1961). Впервые данные по содержанию хлорофилла *a* в планктоне Азовского моря приведены А. Я. Алдакимовой и Г. Д. Макаровой (1962). Величины хлорофилла *v* и *c* по этому морю неизвестны.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В августе 1961 г. нами был собран материал в Азовском море на 7 станциях по разрезу Керчь—Жданов. В июне 1962 г. наблюдениями было охвачено почти все Азовское море за исключением Таганрогского залива (14 станций, рис. 1). Пробы собирали однолитровыми батометрами с горизонтов 0, 5, 10 м и у дна, где глубина была меньше 10 м. Исходный объем воды варьировал в пределах 1—2 л в зависимости от интенсивности окрашивания фильтров. Для фильтрации применялись мембранные фильтры № 5, подготовленные следующим образом. Фильтры предварительно кипятили в дистиллированной воде

с двукратной сменой последней. Непосредственно перед фильтрацией, следуя методике, предложенной Г. Г. Винбергом и Т. Н. Сивко (1953), на поверхность фильтра наносили тонкий слой мелко истолченного порошка из иенского стекла (стекло измельчали, а затем просеивали через шелковое мельничное сито № 49). Приготовленную суспензию из стеклянного порошка с дистиллированной водой объемом 20—25 см³ профильтровывали. Фильтрацию морской воды производили тотчас

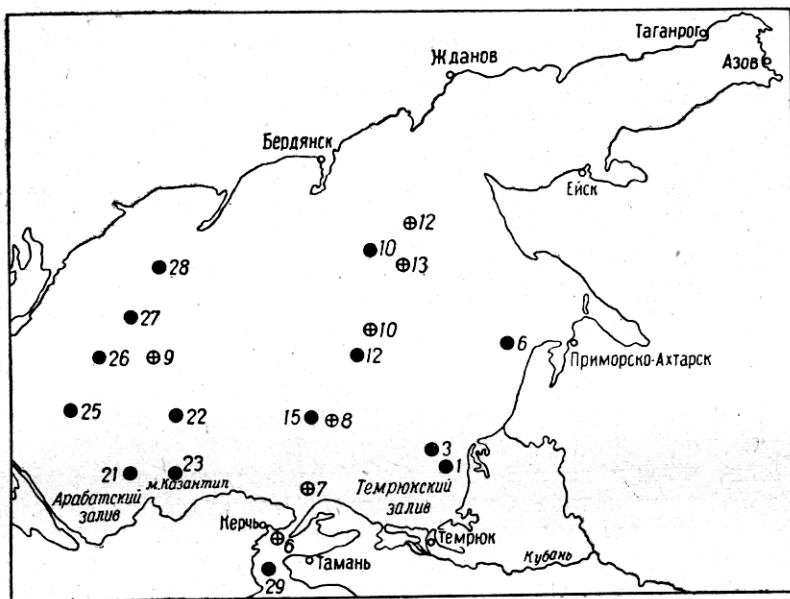


Рис. 1. Расположение станций в августе 1961 г. и в июне 1962 г.

после взятия пробы. Полученные фильтры с осадком планктона просушивали в темноте. Затем фильтр складывали пополам во внутрь содержимым и заворачивали в пергаментную бумагу по типу порошка. Фильтры с каждой станции упаковывали в пакеты из черной бумаги и хранили в холодильнике в эксикаторе. Дальнейшую обработку фильтров проводили через месяц после возвращения из экспедиции.

Для определения содержания хлорофилла была принята методика Ричардса и Томпсона (Richards with Thompson, 1952). Содержимое фильтра осторожно снимали и высыпали в 10-миллилитровые центрифужные пробирки и смачивали дистиллированной водой. Через 2 часа для экстракции хлорофилла в пробирки добавляли по 4 мл 90%-ного ацетона. Для более полной экстракции содержимое несколько раз помешивали стеклянной палочкой и закрытые пробирки оставляли в темноте в течение 24 часов. После суточной экстракции пробы центрифугировали при 4000—5000 оборотах в течение 10 минут. Очищенный от взвеси экстракт хлорофилла осторожно сливали в односантиметровые кюветы спектрофотометра СФ-4, на котором производились определения экстинкции на длинах волн 665, 645 и 630 мμ, соответствующих хлорофиллу *a*, *b* и *c*. Определение экстинкции хлорофилла проводили следующим образом: устанавливали величину экстинкции при 750 мμ, которая служила показателем чистоты экстракта, и вычитали

из соответствующих показаний при 665, 645 и 630 *тп*. Содержание хлорофилла рассчитывали по известным формулам Ричардса и Томпсона (1952). Величины хлорофилла *a* и *b* выражались в *мг*, а хлорофилла *c* — в принятой единице измерения *MSPU*, близкой к 1 *мг*.

КОЛИЧЕСТВО ХЛОРОФИЛЛА И ЕГО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

Количественные показатели содержания хлорофилла в планктоне Азовского моря приведены в табл. 1. Как видно из данных таблицы, содержание хлорофилла в исследованные периоды колебалось от сотых долей миллиграмма до 3—3,5 *мг/м³*. Среднее количество хлорофилла *a* и *b* в планктоне в августе 1961 г. было несколько выше, чем в июне 1962 г. Средняя величина хлорофилла *c* в июне, наоборот, характеризовалась более высокими показателями, чем в августе (табл. 2). Хлорофилла *b* во всех случаях было значительно меньше, чем хлорофилла *a* и *c*. Однако на отдельных станциях содержание хлорофилла *b* в планктоне Азовского моря достигало до 50% содержания хлорофилла *a*. Повышенное содержание хлорофилла *b*, по всей вероятности, обусловлено наличием зеленых водорослей, представители которых, по данным Г. К. Пицыка (1955), встречаются в сравнительно большом количестве в центральных районах моря и даже в Керченском предпроливье. Как известно, зеленые водоросли характеризуются наиболее высоким содержанием хлорофилла *b*. Общее содержание хлорофилла как *a*, так и *c* держалось примерно на одном уровне, но на отдельных станциях количество хлорофилла *c* было несколько больше, чем *a*, а на других станциях, — напротив, — меньше.

В распределении содержания хлорофилла по вертикали в период наших наблюдений отсутствовала четко выраженная стратификация: содержание хлорофилла по глубинам в общей сложности характеризовалось относительно постоянными величинами. Это постоянство в содержании хлорофилла обусловлено интенсивным перемешиванием всей толщи воды. Так, по гидрологическому справочнику Азовского моря (1962), разность температуры от поверхности до дна в весенне-летнее время в среднем не превышает 1°. К тому же, непосредственно периоду наших наблюдений предшествовали штормовые погоды; колебания температуры и солености были незначительными. Однако вблизи дна наблюдалась тенденция некоторого увеличения содержания хлорофилла *a* и особенно *c* (табл. 1). Повышение содержания хлорофилла у дна, по-видимому, обусловлено осаждением поверхностного фитопланктона в более глубокие слои, как это отмечают Райли и Коновер (Riley, Conover, 1956) для вод Атлантического океана. Кроме того, в работе Steele (1957) имеются указания, что максимум хлорофилла обычно наблюдается на поверхности или вблизи от нее в начале развития фитопланктона, когда популяция интенсивно фотосинтезирует. В этот период, по заключению Стила, распределение хлорофилла соответствует степени фотосинтеза. Возможно, что и в периоды наших наблюдений значительная часть популяции состояла из более старых клеток, которые постепенно опускались в придонные слои и отмирали. Таким образом, более или менее равномерное распределение хлорофилла по вертикали с незначительным увеличением у дна могло быть обусловлено, с одной стороны, интенсивным перемешиванием воды в толще, с другой стороны, — физиологическим состоянием самой популяции.

Таблица 1

Содержание хлорофилла в планктоне Азовского моря по горизонтам

Дата		1961 г.																
		15.VIII		15.VIII		15.VIII			16.VIII		18.VIII		21.VIII			22.VIII		
		6	7		8			9		10		12			13			
№ станций		0	0	7	0	5	9	0	5	0	5	0	5	8	0	5	10	
Горизонт, м		0	0	7	0	5	9	0	5	0	5	0	5	8	0	5	10	
Хлорофилл а, мг/м³		0,80	3,54	1,22	0,70	0,89	0,40	1,61	0,57	1,38	0,01	1,73	1,18	1,43	1,11	1,48	1,27	
Хлорофилл в, мг/м³		0,00	1,17	0,00	0,50	0,11	0,11	0,59	0,14	0,40	0,00	0,00	0,06	0,12	0,24	0,00	0,10	
Хлорофилл с, MSPU/м³		0,00	0,00	3,90	0,00	1,00	0,30	0,18	0,70	2,61	0,00	0,00	1,26	1,55	1,35	0,00	1,37	

Дата		1962 г.																			
		22.VI		22.VI		22.VI		23.VI			23.VI			24.VI			26.VI		25.VI		
		1	3			6		10			12			15			22		23		
№ станций		0	0	5	10	0	5	0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	10	0	5	10
Горизонт, м		0	0	5	10	0	5	0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	10	0	5	10
Хлорофилл а, мг/м³		2,29	1,82	0,64	0,70	1,03	0,96	1,02	0,62	0,73	0,88	0,18	0,52	0,78	0,57	0,58	0,28	1,56	0,37	3,56	3,06
Хлорофилл в, мг/м³		0,58	0,47	0,21	0,36	0,00	0,54	0,03	0,17	0,41	0,00	0,05	0,19	0,14	0,00	0,00	0,00	0,12	0,09	0,90	0,61
Хлорофилл с, MSPU/м³		2,69	2,81	2,01	2,10	0,73	1,91	2,03	1,76	2,01	0,57	0,15	1,40	0,00	0,00	0,65	1,03	3,25	1,76	1,17	4,44

Дата		1962 г.																										
		26.VI			26.VI			26.VI			26.VI			26.VI			28.VI											
		24			25			26			27			28			29											
№ станций		0			5			9			0			5			10			0			5			10		
Горизонт, м		0	5	10	0	5	9	0	5	8	0	5	10	0	5	10	0	5	10	0	5	10						
Хлорофилл а, мг/м³		0,91	0,53	1,15	0,26	0,68	1,16	0,51	1,37	1,64	0,62	0,48	1,59	0,61	0,94	1,76	0,26	0,09	0,06									
Хлорофилл в, мг/м³		0,57	0,36	0,30	0,13	0,30	0,07	0,23	0,38	0,31	0,11	0,00	0,42	0,21	0,24	0,41	0,35	0,00	0,04									
Хлорофилл с, MSPU/м³		1,56	0,62	1,32	0,94	1,53	2,09	2,81	3,65	4,90	2,82	0,65	2,33	0,50	1,98	1,82	1,51	0,09	0,10									

Таблица 2
Среднее содержание хлорофилла в 1 м³

Дата	VIII 1961 г.	VI 1962 г.	
Слой, м	0—5	0—5	5—10
Хлорофилл а, мг/м ³ . . .	1,28	0,96	1,18
Хлорофилл, б мг/м ³ . . .	0,27	0,23	0,27
Хлорофилл с, MSPU/м ³ .	0,91	1,64	1,50

В пространственном распределении хлорофилла выделялись более и менее богатые по содержанию хлорофилла участки моря. Максимальные величины (1,5 до 3,5 мг/м³) наблюдались преимущественно в непосредственной близости от берега. Особенно богатыми в прибрежной зоне являлись следующие районы: Темрюкский залив (ст. 1, 3), район мыса Казантип (ст. 23) и предпроливное пространство Азовского моря (ст. 7, рис. 2, 3, табл. 1). Отмеченные нами участки с повышенным содержанием хлорофилла, по данным Г. К. Пицыка (1955), характеризовались высокими величинами биомассы фитопланктона в июле 1952 г. Возможно, для указанных участков вообще характерно более или менее повышенное содержание фитопланктона. По всей вероятности, благоприятное влияние на развитие фитопланктона в этих районах, особенно в летний период, оказывает речной сток р. Кубани и водообмен с Черным морем через Керченский пролив. Как известно, речные воды Кубани и Дона несут в Азовское море большое количество биогенных элементов. Наибольший сток Кубани наблюдается летом с максимумом в июне, когда он составляет примерно такую же величину как и Дона — 4,2 и 4,5 км³ соответственно (Гидрологический справочник Азовского моря, 1962). Возможно, что увеличение стока Кубани в июне способствует более интенсивному развитию фитопланктона в прилегающем районе. Кроме того, приток черноморских более соленых вод может создавать в предпроливном пространстве Азовского моря благоприятные условия для интенсивной вегетации здесь некоторых видов динофлагеллят, развивающихся в больших количествах в условиях Азовского моря при повышенной солености. Так, в июне 1962 г. мы наблюдали массовое развитие *Exuviaella cordata* в прибрежной зоне от Темрюкского залива до Казантипа. Численность этой водоросли достигала 4 млн. кл/л. Аналогичное распределение динофлагеллят по акватории Азовского моря отмечено и Г. К. Пицыком (1955). По его данным, в наиболее значительных количествах динофлагелляты развиваются в южной и западной частях моря. Массовыми в это время являются *Goniaulax polyedra*, *Prorocentrum micans*, некоторые виды *Peridinium* и *Glenodinium*. В северо-восточной части моря динофлагелляты представлены в значительно меньшем количестве, а в Таганрогском заливе они почти отсутствуют. Отмеченная закономерность в распределении динофлагеллят, по мнению Г. К. Пицыка, обуславливается распределением солености.

Содержание хлорофилла в центральной части Азовского моря было несколько ниже, чем в прибрежном районе южного побережья. Минимальное количество хлорофилла отмечено на ст. 29, расположенной в Керченском проливе.

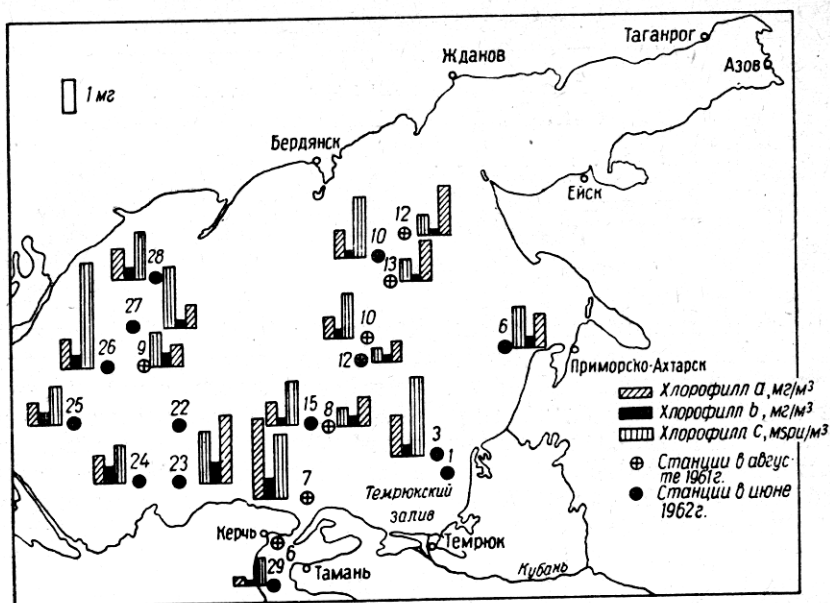


Рис. 2. Содержание хлорофилла в 1 м³ для слоя 0—5 м по станциям.

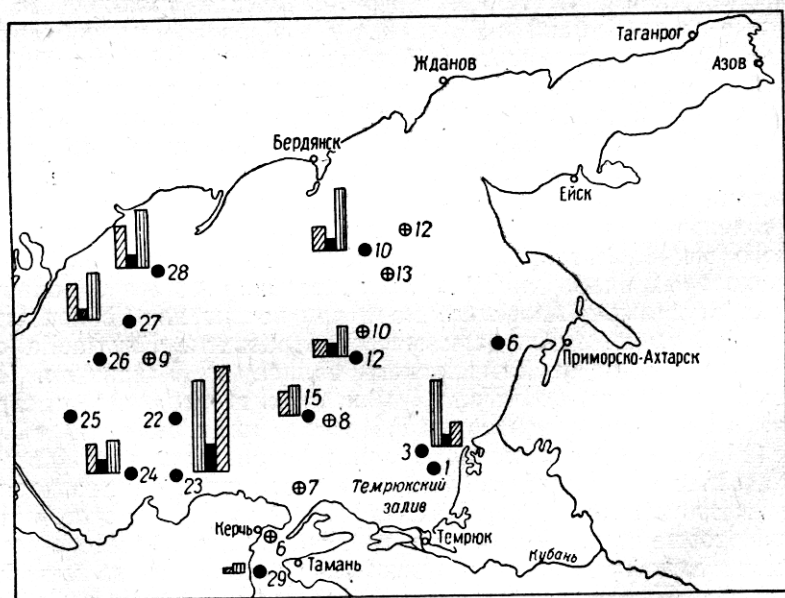


Рис. 3. Содержание хлорофилла в 1 м³ для слоя 5—10 м по станциям. Обозначения такие же, как на рис. 2.

В табл. 3 приведено содержание хлорофилла под 1 м² поверхности в слоях 0—5 м, 5—10 м и для всей водной толщи (0—10 м). Максимальное количество хлорофилла *a* в августе 1961 г. составляло 11,90 мг, а хлорофилла *c* — 9,75MSPU под 1 м² в слое 0—5 м (ст. 7). В июне 1962 г. для этого же слоя наиболее высокое содержание хлорофилла *a* (6,15 и 9,83 мг) отмечалось соответственно на ст. 3 и 23. Максимум хлорофилла *c* (16,15MSPU) наблюдался на ст. 26 в районе косы Федотова. В слое 5—10 м наиболее высокое содержание хлорофилла *a* и *c* было на ст. 23 и 28 (последняя расположена в районе Обиточной косы). Во всей толще от поверхности до 10 м наиболее богатыми по хлорофиллу оказались ст. 3, 22 и 23. Все они расположены в прибрежной зоне. Эти данные свидетельствуют о том, что прибрежные районы Азовского моря в период наших исследований по содержанию хлорофилла были более продуктивными по сравнению с более удаленными от берега участками моря.

Приведенная А. Я. Алдакимовой (1962) средняя величина хлорофилла *a* в августе 1961 г. для Азовского моря примерно в 6 раз выше определенной нами для того же месяца 1961 г. — соответственно 7,7 и 1,28 мг/м³. По всей вероятности, столь большое расхождение в величинах хлорофилла явилось следствием различных методов определения. Определение хлорофилла А. Я. Алдакимова проводила по методу Енча (1957), мы использовали метод Ричардса и Томпсона. Согласно указаниям Г. Г. Винберга и другим, возрастание величины экстинкции в сторону более коротковолнового света свидетельствует о большом влиянии рассеяния света различного рода мелкими взвешенными частицами, которые искажают картину спектра поглощения (Винберг, Муравлева, Финенко, в настоящем сборнике).

Как известно, Азовское море имеет очень низкую прозрачность воды (1—3 м) не только за счет интенсивного развития фитопланктона, но и за счет взмучивания ила. При определении содержания хлорофилла методом Енча не устраненная центрифугированием механическая взвесь вызывает сильное рассеяние и завышает действительную величину содержания хлорофилла.

Литературные данные по содержанию хлорофилла в планктоне различных морей очень отрывочны и по ним трудно судить о действительной его величине. Наши данные для Азовского моря также являются весьма неполными. Тем не менее сравнение полученных данных содержания хлорофилла в планктоне Азовского моря с другими морями, и в первую очередь со смежным Черным морем, представляет некоторый интерес.

К сожалению, данные по содержанию хлорофилла в планктоне Черного моря очень ограничены. Определение хлорофилла *a* проводилось только Л. М. Сушеной (1961) по методу Енча и Г. Г. Винбергом, Е. П. Муравлевой и З. З. Финенко (см. статью в данном сборнике) методом, близким к Ричардсу и Томпсону, предложенным Г. Г. Винбергом и Т. Н. Сивко (1953). По данным Г. Г. Винберга и соавторов, среднее количество хлорофилла *a* в открытой части Черного моря в сентябре 1961 г. составляло 0,43 мг/м³. Л. М. Сушеня для Прибосфорского района Черного моря приводит более высокую цифру — 1,29 мг/м³. Как уже отмечалось, метод Енча, которым проводил определения Л. М. Сушеня, дает завышение результатов.

Согласно расчетам Г. Г. Винберга, содержание хлорофилла, определенное по методу Енча, в 2,5 раза выше того, которые дает

Таблица 3

Содержание хлорофилла под 1 м² поверхности моря

Дата	1961 г., слой 0—5 м						1962 г., слой 0—5 м											
	15.VIII	15.VIII	16.VIII	18.VIII	21.VIII	22.VIII	22.VI	22.VI	23.VI	23.VI	24.VI	25.VI	26.VI	26.VI	26.VI	26.VI	26.VI	28.VI
№ станции	7	8	9	10	12	13	3	6	10	12	15	23	24	25	26	27	28	29
Хлорофилл <i>a</i> , мг . .	11,90	3,98	5,45	3,48	7,28	6,48	6,15	4,98	4,10	2,65	3,38	9,83	3,60	2,43	4,70	2,75	3,88	0,88
Хлорофилл <i>b</i> , мг . .	2,93	1,52	1,83	1,00	0,15	0,60	1,70	1,35	0,50	0,13	0,35	2,48	2,33	1,08	1,53	0,28	1,13	0,88
Хлорофилл <i>c</i> , MSPU .	9,75	2,50	2,20	6,52	3,15	3,38	12,05	6,60	9,48	1,80	6,52	7,32	5,45	6,18	16,15	8,68	6,20	4,00

Дата	1962 г., слой 5—10 м									1962 г., слой 0—10 м									
	22.VI	23.VI	23.VI	24.VI	25.VI	26.VI	26.VI	26.VI	28.VI	22.VI	23.VI	23.VI	24.VI	25.VI	25.VI	26.VI	26.VI	26.VI	28.VI
№ станции	3	10	12	15	23	24	27	28	29	3	10	12	15	22	23	24	27	28	29
Хлорофилл <i>a</i> , мг	3,35	3,38	1,75	2,88	16,55	4,20	5,18	6,75	0,38	9,50	7,48	4,40	6,25	9,20	26,38	7,80	7,93	10,63	1,26
Хлорофилл <i>b</i> , мг	1,43	1,45	0,60	0,00	3,78	1,65	1,05	1,63	0,10	3,13	1,95	0,73	0,35	0,60	6,26	3,98	1,33	2,76	0,98
Хлорофилл <i>c</i> , MSPU . . .	10,28	9,43	3,88	4,33	14,02	4,85	7,45	9,50	0,48	22,33	18,91	5,68	10,85	21,65	21,34	10,30	16,13	15,70	4,48

метод Ричардса и Томпсона. Если учесть эту поправку, то содержание хлорофилла *a* в Прибосфорском районе составит величину, примерно, такого порядка ($0,50 \text{ мг/м}^3$), как и в открытой части Черного моря.

Полученные нами величины содержания хлорофилла для Азовского моря, а также приведенные данные для Черного моря не выходят за пределы установленных величин для других морей. Так, по наблюдениям В. М. Кутюрина и М. В. Улубековой (1961), содержание хлорофилла *a* для Индийского океана колебалось в пределах $0,25—4,6 \text{ мг/м}^3$. По данным Холмса (Holmes, 1958), содержание хлорофилла *a* у берегов Калифорнии составляло $0,3—0,7 \text{ мг/м}^3$. У побережья Японии количество хлорофилла, согласно определениям Ишимура и др. (Ichimura, Saija, 1959), колеблется от $0,7$ до $2,0 \text{ мг/м}^3$. Для вод западной Гренландии, Стиман Нильсен и др. (Steeman Nielsen, Nansen, 1961) приводят величины $0,29—3,1 \text{ мг/м}^3$.

Как следует из изложенных выше данных, в водах мирового океана имеются большие колебания в содержании хлорофилла. Для получения действительной картины распределения хлорофилла в планктоне Азовского моря, как и в других морях, необходимы многолетние систематические наблюдения с обязательным условием сохранения единой методики. Только при этом условии можно получить наиболее достоверные данные о содержании хлорофилла и его сезонных изменениях.

ЛИТЕРАТУРА

- Алдакимова А. Я., Макарова Г. Д., 1962, Содержание, сезонная динамика и происхождение хлорофилла в планктоне Азовского моря, Аннотации работ, выполненных АзНИИРХ в 1961 г.
- Винберг Г. Г., Сивко Т. Н., 1953, Определение содержания хлорофилла в планктоне, Изв. АН БССР, 3.
- Винберг Г. Г., 1954, Содержание хлорофилла как показатель количественного развития фитопланктона, Третья экологическая конференция, Тез. докл., ч. 4, К.
- Винберг Г. Г., Сивко Т. Н., Ковалевская Р. К., 1961, Методы определения содержания хлорофилла в планктоне и некоторые итоги их применения. Первичная продукция морей и внутренних вод, Минск.
- Винберг Г. Г., Муравлева Е. П., Финенко З. З., 1964, Некоторые данные по содержанию хлорофилла в планктоне и первичной продукции Черного моря, Тр. севаст. биол. ст., т. XVI.
- Годнев Т. Н., Калишевич С. В. и Захарич Т. Ф., 1950, О содержании хлорофилла в пресноводном планктоне, ДАН СССР, т. 73.
- Гидрометеорологический справочник Азовского моря, Гидрометеиздат, Л., 1962.
- (Крепс Е. М., Вержбинская Н. А.) Kreps E., Verjbinskaya N., 1930, Seasonal changes in the phosphate and nitrate content and in hydrogen ion concentration in the Barents sea, J. Conseil perman. internat. explorat. mer, 5.
- Кутюрин В. М., 1959, Определение содержания хлорофилла в морской воде и спектральный анализ пигментов фитопланктона, в сб.: «Сов. антарктич. экспедиция», 5, «Морской транспорт», Л.
- Кутюрин В. М., Улубекова М. В., 1961, Интенсивность фотосинтеза водорослей и метод определения ее по содержанию хлорофилла. Первичная продукция морей и внутренних вод, Минск.
- Пицык Г. К., 1950, Фитопланктон Азовского моря, Тр. АзЧерНИРО, вып. 14.
- Пицык Г. К., 1955, Фитопланктон Азовского моря в условиях зарегулирования стока р. Дона, Тр. АзЧерНИРО, вып. 16.
- Сушеня Л. М., 1961, Содержание хлорофилла в планктоне Эгейского, Ионического и Адриатического морей, Океанология, т. I, вып. 6.
- Чечуга Б., 1961, Содержание хлорофилла и первичная продукция в Райгородских озерах разного типа. Первичная продукция морей и внутренних вод, Минск.
- Ширшов П. П., 1937, Сезонные явления в жизни фитопланктона полярных морей в связи с ледовым режимом, Тр. Арктич. ин-та, 82.
- Ширшов П. П., 1938, Опыт определения продуктивности полярных морей по фотосинтезу, Научные результаты работ экспедиции на «Челюскине» и в лагере Шмидта I.

- Gelliam A. E., Ridi M. S., Wimpenny R. S., 1939, The seasonal variation in biological composition of certain plankton samples from the North Sea, *J. exp. Biol.*, v. 16.
- Harvey H. W., 1934, Measurement of phytoplankton population *J. Marine Biol. Assoc. U. K.*, 19.
- Holmes R. W., 1958, Surface chlorophyll «a», surface primary production and zooplankton volumes in the Eastern Pacific Ocean. *Rapp. et procès-verbaux réunions. Conseil perman. internat. explorat. mer.*, 144.
- Ichimura S., Saija V., 1959, Chlorophyll content and primary production of the Kuroshio off the southern midcoast of Japan, «Сёкубуцураку дзасси, *Bot. Mag., Tokyo*», 72, № 85.
- Kozminski Z., 1938, Über die Chlorophyllverteilung in einigen Seen von Nordost-Wisconsin (USA), *Arch. Hydrobiol. Rybactwa*, 11.
- Krey J., 1939, Bestimmung des Chlorophylls in Meerwasser — Schöpfproben, *J. Conseil perman. internat. explorat. mer.*, 14.
- Manning W. M., Juday R. E., 1941, The chlorophyll content and productivity of some lakes in Northeastern Wisconsin, *Trans. Wisc. Acad. Sci.*, 33.
- Riley G. A., 1938, The measurement of phytoplankton. *Intern. Rev. ges. Hydrobiol.*, 36.
- Richards F. A., Thompson T. G., 1952, The estimation and characterization of plankton populations by pigment analyses. II. A spectrophotometric method for the estimation of plankton pigment, *J. Marine Res.*, II, N 2.
- Riley G. A., Conover S. A., 1956, Oceanography of Long Island Sound. III Chemical oceanography, *Bull. Bingham Oceanogr. Collect.*, 15.
- Steele J. H., Vensch C. S., 1960, The vertical distribution of chlorophyll, *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 39.
- Steemann Nielsen E., Hansen V. Kr., 1961, The primary production in the waters west of Greenland during July 1958, *Rapp. et procès-verbaux réunions, Conseil perman. internat. explorat. mer.*, 149.
- Vent'sh C. S., 1957, A non-extractive method for the quantitative estimations of chlorophyll in algal culture, *Nature*, 179.
-