

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ
МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

А. КОВАЛЕВСКИЙ»

ПРОВ 98

ЭКСПЕДИЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СРЕДИЗЕМНОМ И ЧЕРНОМ МОРЯХ

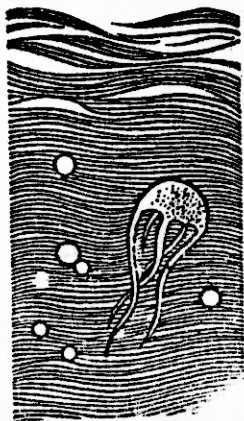
В НОЯБРЕ - ДЕКАБРЕ 1971г.

69-й РЕЙС НИС «АКАДЕМИК

Институт
Биологии южных морей
ВНЕДРОСТЕНСА

№ 25821

«НАУКОВА ДУМКА»
КИЕВ-1975



О нахождении крупных частиц взвешенного органического вещества ("морского снега") в водах Черного моря

Взвешенное органическое вещество в морях и океанах образует агрегаты самого различного размера — от микроскопических частиц (5 мк) до крупных белесого цвета хлопьев и нитей, хорошо различимых невооруженным глазом. Присутствие крупных частиц, так называемого "морского снега", на самых различных глубинах отмечают многие советские и зарубежные исследователи, совершавшие погружения в подводных аппаратах [1, 4, 8, 11, 12, 13]. Количество агрегатов может быть значительным и иногда достигать 100×10^3 /л. Они присутствуют как в открытых океанических, так и прибрежных водах и имеют огромное экологическое значение.

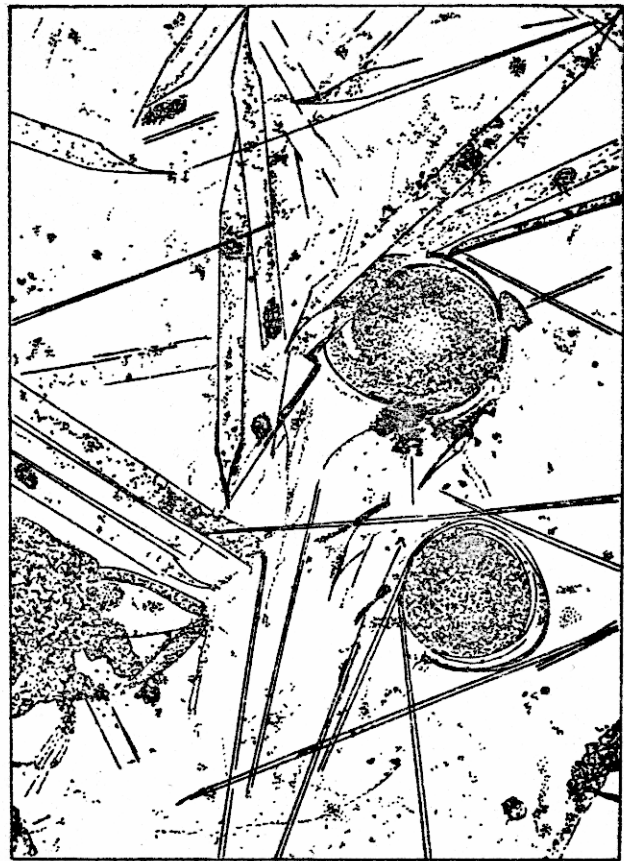
О составе и происхождении этих частиц, как сообщают Парсонс и Райли [12, 13], было высказано несколько различных точек зрения. Так, одни предполагают, что крупные частицы органики являются фекалиями зоопланктеров, другие связывают их образование с коагуляцией высокомолекулярных соединений из растворов на поверхности газовых пузырьков или неорганических частиц. Наконец, было высказано предположение о том, что хлопья "морского снега" состоят из отмерших, а возможно, и живых клеток фитопланктона. Так, Райли и Нишизава [14] нашли, что в прибрежных областях морей от 5 до 10%, а иногда до 42% живых клеток фитопланктона были агрегированы в хлопьевидные массы в летние месяцы.

С 24 февраля по 14 апреля 1971 г. на Черном море проводились испытания нового подводного аппарата "Север-2", рассчитанного для проведения исследо-

ваний на глубинах до 2000 м. Во время испытаний были обнаружены значительные количества крупных хлопьевидных и нитевидных частиц длиной 1 – 50 мм на разных глубинах Черного моря. В толще воды они распределялись сравнительно равномерно, не образуя заметных скоплений ни у дна, ни у поверхности, ни вблизи верхней границы распределения сероводорода. Данные о распределении взвеси, полученные в процессе наблюдений, хорошо согласуются с результатами исследований, проведенных ранее как химическими [2, 3, 7], так и гидрооптическими [6] методами.

Параллельно с визуальными наблюдениями отбирались пробы взвешенных частиц планктонной сетью Джедди (большая модель) с горизонтов 0–150, 200–300, 300–500 и 500–700 м. Сеть была изготовлена из мельничного сита № 70 и оснащена замыкателем. Пробы с глубин более 200 м содержали только слизистые хлопья взвеси, а в верхнем 150-метровом слое в пробах наблюдалось много живых планктонных ракообразных и медуз, что затрудняло выборку взвешенных частиц. Поэтому для контроля вода с поверхности отбиралась ведром, и частицы взвеси извлекались пипеткой. Часть каждой пробы фиксировалась формалином, а другая часть, после 3–5-дневного хранения в темноте при температуре около 0°C, высеивалась на среду Гольдберга и экспонировалась на естественном свете на северном окне. Просмотр фиксированных образцов взвесей под микроскопом показал, что взвешенные агрегаты состоят в основном из аморфной массы и слипшихся клеток различных видов планктонных водорослей с незначительным количеством остатков животного происхождения (рисунок). Большинство клеток, обнаруженных в составе крупных частиц (таблица), имели хорошо сохранившиеся оболочки, ядра и пигментированную протоплазму. Более того в некоторых пробах с глубин 200–300 и 300–500 м наблюдались клетки *Rhizosolenia calcaravis* и *Rh. alata* в стадии деления.

В связи с этим возникло предположение, что



2



1

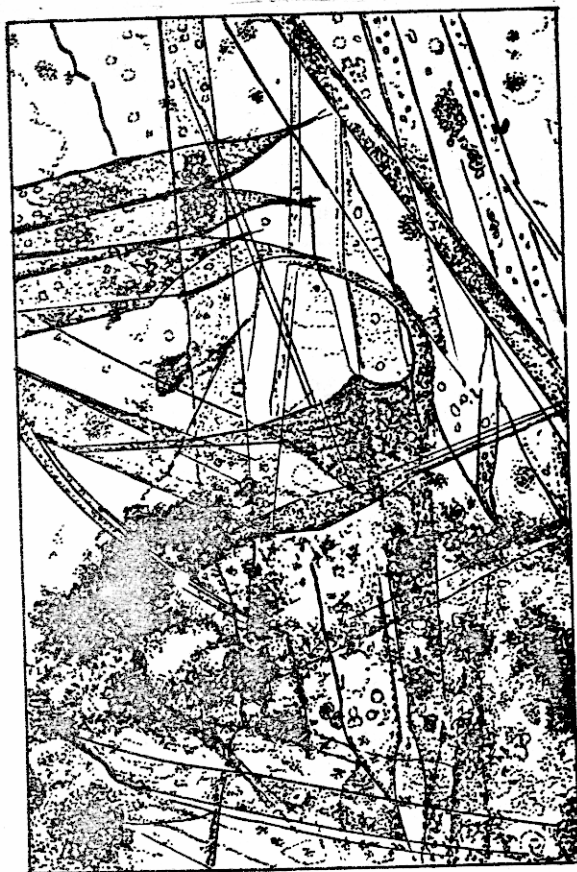
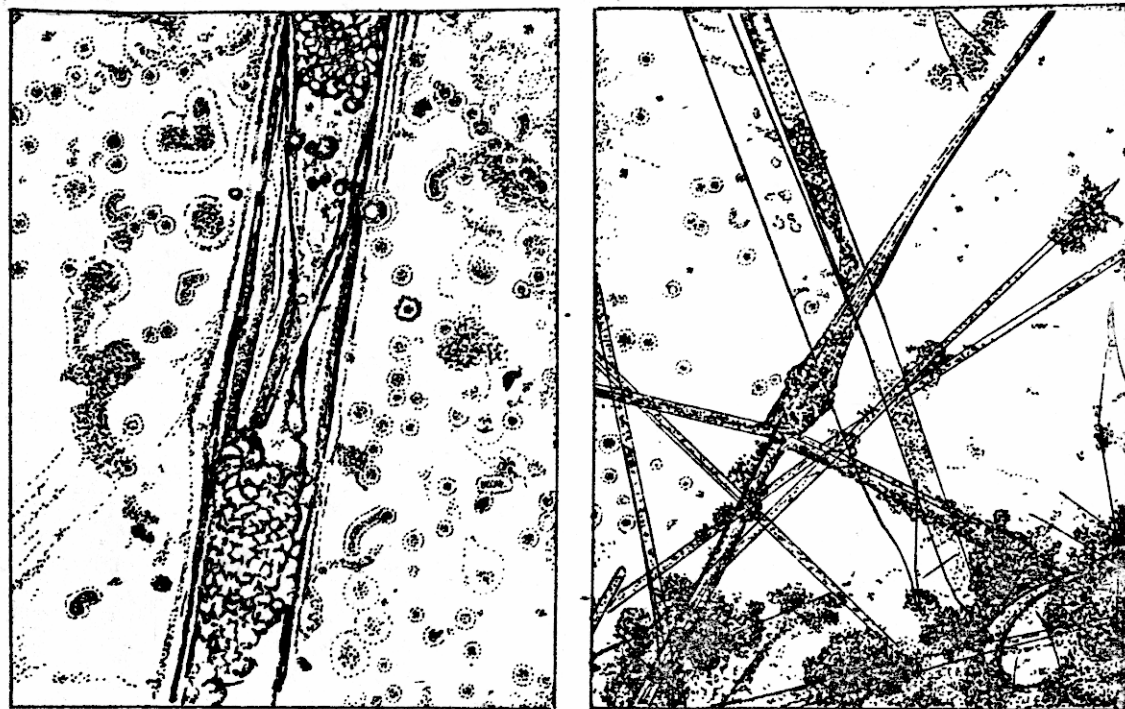


Рис.1. Микрофотоснимки взвешенных частиц с различных глубин Черного моря: 1 - поверхность; 2 - 200-300 м; 3 - 300-500 м.



1

2

Рис.2. Делящиеся клетки *Rhizosolenia calcaravis* в пробах взвесей с горизонтов 200-300 (1) и 300-500 (2) м.

Виды фитопланктона, обнаруженные в составе крупных частиц взвесей
в Черном море на разных глубинах

Вид фитопланктона	Г о р и з о н т, м			
	0-150	200-300	300-500	500-700
<u>Pyrophyta</u>				
<i>Exuviaella cordata</i> Ostf.	+	+	-	-
<i>Exuviaella compressa</i> Ostf.	+	-	+	-
<i>Exuviaella marina</i> Cienk.	-	-	+	-
<i>Prorocentrum micans</i> Ehrbg.	+	+	-	-
<i>Gymnodinium najadeum</i> Schiller	+	-	-	-
<i>Gymnodinium</i> sp.	-	+	+	-
<i>Glenodinium paululum</i> Lindem.	-	-	+	-
<i>Ceratium furca</i> (Ehrbg.) Clap et Lachm.	+	+	-	-
<i>Ceratium furcatus</i> (Ehrbg.) Dujardin	+	+	+	-
<i>Ceratium inflatum</i> (Kof.) Jørgensen.	+	+	+	+
<i>Ceratium tripos</i> (Müller) Nitzsch.	+	+	+	+
<u>Bacillariophyta</u>				
<i>Cyclotella crespa</i> Grun	+	-	+	-
<i>Thalassiosira</i> sp.	+	+	-	-
<i>Cyclotella</i> sp.	-	+	-	-
<i>Coscinodiscus concinnus</i> W. Sm.	-	+	-	-
<i>Coscinodiscus lineatus</i> Ehr.	+	-	+	-
<i>Coscinodiscus janischii</i> A. S.	+	-	+	-
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehr.	-	-	+	-
<i>Rhizosolenia alata</i> Bright.	-	-	+	-
<i>Rhizosolenia calcar avis</i> Schultze	+	+	+	-

Продолжение таблицы

Вид фитопланктона	Горизонт, м			
	0-150	200-300	300-500	500-700
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grun.	+	-	+	+
<i>Nitzschia tenuirostris</i> Mer.	-	-	+	+
<i>Achnanthes longipes</i> Ag.	-	-	+	-
<i>Endictya oceanica</i> Ehr	+	+	-	+
<i>Amphora</i> sp.	-	+	-	+
<u>Chrysophyta</u>				
<i>Coccolithus huxleyi</i> (Lohm.)	+	+	+	+
<i>Syracophaera</i> sp.	+	+	-	-
<u>Cyanophyta</u>				
<i>Nostoc</i> sp.	-	+	-	-

агрегации "морского снега" формируются, по всей вероятности, из живых клеток, часть которых длительное время сохраняет жизнеспособность в неблагоприятных условиях больших глубин. По данным Бернара [9], большое количество хризомонад (*Coccolithus fragilis*) наблюдалось в афотической зоне Средиземного моря. Пигментированные кокколитофориды и ностоки найдены им в Индийском океане и в тропической части Атлантики, где их численность в слое воды 0-200 м оказалась в несколько раз меньше, чем в слое глубже 200 м. О возможности длительного нахождения планктонных водорослей на больших глубинах свидетельствуют также исследования Кимбела с сотрудниками [10], обнаруживших биологически активный хлорофилл "а" в клетках водорослей, поднятых с глубин 4000 м в Атлантике, а также эксперименты Вуда [15]. На основании опытов по выживанию диатомовых в условиях высокого давления Вуд приходит к выводу, что водоросли, выдерживающие высокое давление, могут жить гетеротрофно в абиссальных илах. В Красном море обнаружены виды, принадлежащие к разным систематическим группам фитопланктона, имеющие два максимума в темпе деления клеток - в верхнем (25 м) и нижнем (150 м) слоях (Кондратьева, 1967). По заключению автора, в слабоосвещенном слое высокий темп деления у этих видов поддерживался частичным или полным гетеротрофным поглощением органических субстратов.

Для того, чтобы установить, живые или мертвые водоросли были компонентами взвешенных частиц, наблюдавшихся в Черном море весной 1971 г. на разных глубинах, нами были произведены посевы нефиксированных проб на среду Гольдберга. Они показали, что основные крупные формы, встреченные на больших глубинах, какими являлись ряд видов *Ceratium*, *Coscinodiscus* и *Rhizosolenia* (табл. 1), никакого роста в культурах не давали, и через 15-20 дней экспозиции при естественном освещении отмирали полностью. Из тех видов, которые встречались в фиксированных образцах, в культурах хорошо росли только некоторые мелкие формы, такие как

Coccolithus huxleyi с горизонта 300–500 м, *Nitshia tenuirostris* и *Amphora* sp. с горизонта 500–700 м. Кроме того, в некоторых посевах интенсивно развивались водоросли, не обнаруженные при микроскопическом изучении фиксированных препаратов. Так, например, интенсивный рост наблюдался у диатомей *Achnanthes longipes* и мелких жгутиковых в пробе с глубины 100–200 м, а в посеве воды с 200–300 м хорошо рос *Chaetoceros abnormis* Pr. Larr. наряду с мелкими флагеллатами и *Thalassiosira* sp.

Параллельно с этими опытами по выращиванию водорослей из сетяных сборов производились посевы на среду Гольдберга содержимого батометрических проб, взятых обычным способом с глубин 700 и 1000 м и содержащихся до посева в темноте при температуре 0° С. Никакого роста в этих пробах не обнаружено.

Таким образом, опыты по выращиванию клеток фитопланктона из крупных взвесей пока не позволяют со всей определенностью судить о том, являются ли хлопья органического вещества в водах Черного моря ассоциациями живых клеток. По-видимому, формирование этих хлопьев происходит в афотическом слое, и первоначально большинство клеток, образующих взвешенные частицы, являются живыми, но по мере опускания их на большую глубину жизнеспособность сохраняют лишь немногие мелкие виды. Не исключено, что объединение растительных клеток в крупные агрегаты имеет определенное приспособительное значение и в этом случае хлопья "морского снега" можно было бы рассматривать, как своеобразные микрофитоценозы.

Как указывают некоторые авторы, количественное соотношение между мертвой и живой составляющими взвешенного органического вещества в водах морей и океанов равно примерно 10:1, причем крупные взвеси, типа "морского снега" они относят к мертвому органическому веществу [12, 13].

С другой стороны, биомасса фитопланктона — основного компонента живого вещества — оценивается обычно по батометрическим пробам, куда крупные взвешенные частицы, часто содержащие живые растительные клетки, как правило, не попадают, что, видимо, приводит к получению несколько заниженных данных.

Дальнейшее исследование природы крупных органических взвесей как в водах Черного моря, так и в водах других морей и океанов, вероятно, позволит уточнить некоторые представления о соотношении живого и мертвого органического вещества в морской воде, а также серьезно улучшить методику количественного изучения фитопланктона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуо Ж., Вильм П. На глубине 4000 м. М., Судпромгиз, 1960.
2. Дацко В.Г. Органическое вещество в морских водах, его количество, распределение и происхождение на примере Азовского и Черного морей. Керчь, АзЧерНИРО, 1951.
3. Дацко В.Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. М., Изд-во АН СССР, 1959.
4. Заферман М.Л., Киселев О.Н. Некоторые особенности визуальных наблюдений из гидростата "Север-1". — В кн.: Всесоюз. конф. по изучен.пов. рыб и связи с техн. и тактикой промысла. Мурманск, ПИНРО, 1968.
5. Кондратьева Т.М. Продукция фитопланктона в Красном море. — В кн.: Вопросы биоокеанографии. Киев, "Наукова думка", 1967.
6. Неуймин Г.Г., Парамонов А.Н. Распределение взвеси в глубинных областях Черного моря. — Изв. АН СССР, 1965, т.1, № 11.
7. Скопинцев Б.А. и др. Органический углерод, азот, фосфор и их минеральные производные в воде Черного моря. — Океанология, 1967, т.7, в. 3.
8. Bernard F. *Plankton observe durant trois plongees en bathyscaphe au large de Toulon. C. r. Acad. Sci. 1957, n22, 245.*

9. Bernard F. *La nanoplankton en zone aphotique des mers chaudes*. *Pelagos Bulletin d L-Institut Oceanographique d-Alger*. 1964, v. 11, r. 2.
10. Kimball J. F. Jr Corcoran E. F. and Wood E. J. F. *Chlorophyll containing microorganisms in the aphotic zone of the oceans*. - *Bull. of Mar. sci. of the Gulf and Caribbean*. 1963, vol. 13, N° 4.
11. Nishizawa S. Takuda M and Inoue N. *Photographic study of suspended matter and plankton in the sea*. - *Bull. Fac. Fisheries. Hokkaido Univ.*, 1963, 5.
12. Parsons T. R. *Suspended organic matter in sea water. Progress in Oceanogr.*, 1963, vol. 1.
13. Riley G. A. *Organic aggregates in seawater and the dynamics of their formation and utilisation*. - *Limnology and Oceanogr.*, 1963, vol. 8, N° 4.
14. Riley G. A. and Nishizawa S. *Organic aggregates in seawater*. *Abstracts Marine Sciences Conference. Woods Hole, Mass.*, 1961.
15. Wood E. J. F. *Consideration of productivity*. - *J. Conseil permanent intern. exploration*, 1956, mer. 21.