

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР

ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ им. А. О. КОВАЛЕВСКОГО

ISSN 0203-4646

ЭКОЛОГИЯ МОРЕЯ

1871



ИНБЮМ

32

1989

4. Франк Н. А., Сидько Ф. Я., Анонасенко А. Д., Луканев А. В. Погружные одно- и двухлучевые флюориметры ПФЛ-1 и ПФЛ-2 // Оптические методы изучения океанов и внутренних водоемов. — Новосибирск: Наука, 1979. — С. 300—303.
5. Collins J. R. Change in the infra-red absorption spectrum of water with temperature // Phys. Rev. — 1925. — N 26. — P. 771—779.
6. Plotnikov V. A., Bulgakov N. P., Golovko V. A. Structure of hydrological fields in subequatorial region of north-eastern part of the Indian ocean // Pol. Arch. Hydrobiol. — 1985. — N 32. — P. 253—266.
7. SCOR-UNESCO. Determination of photosynthetic pigments in sea water // Monographs on Oceanographic Methodology. — Paris: UNESCO, 1966. — P. 9—18.

Ин-т биофизики СО АН СССР, Красноярск

Получено 18.06.87

A. F. SIDKO, V. A. VASILYEV

STUDY OF SPATIAL DISTRIBUTION OF CHLOROPHYLL *a* OF PHYTOPLANKTON IN EQUATORIAL REGIONS OF THE INDIAN OCEAN

Summary

Spatial distribution of chlorophyll „a“ of phytoplankton in equatorial regions of the Indian Ocean has been investigated. The average chlorophyll content under the square meter of the surface studied was 9.5-11.5 mg/m², i. e. the value characteristic of oligotrophic regions of the ocean. Vertical distribution of chlorophyll is characterized by one maximum at the depth of 30-70 m. Chlorophyll concentration in maximum layer is 5-8 times as high as on the surface. Spatial chlorophyll distribution correlates with hydrological and hydrochemical factors.

УДК 551.465.8(262.5+262.4)

В. С. ЛОГАЧЕВ, В. Е. ЗАЙКА

ВИЗУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АГРЕГАТОВ ДЕТРИТА В ЧЕРНОМ И ЭГЕЙСКОМ МОРЯХ

Согласно последним сводкам данных о «морском снеге» [1, 2] распределение и обилие агрегатов детрита по глубинам исследовано недостаточно. Наблюдения с использованием водолазной техники ограничиваются узким приповерхностным слоем. Исследования агрегатов детрита из подводных аппаратов отрывочны.

В настоящей работе изложены результаты длительных подводных наблюдений за вертикальным распределением, размерным составом и условиями оседания агрегатов детрита в шельфовой зоне Черного моря. Описан также случай подъема к поверхности очень крупных агрегатов в Эгейском море.

Материал и методы. Наблюдения агрегатов детрита в Черном море проводили из подводной лаборатории (ПЛ) «Бентос-300» в ходе многократных и длительных погружений в разные сезоны 1982—1983 гг. на глубинах до 100 м. В летний период работы выполнялись в северо-западной части моря, в осенне-зимний — у Южного берега Крыма и у Кавказа.

Визуальная регистрация частиц выполнялась через иллюминатор диаметром 20 см при освещении двумя галлогенными лампами мощностью 1000 Вт, вынесенными на штангах на 3—4 м над рабочим иллюминатором.

Длину преобладающих по численности частиц определяли приблизительно при их нахождении вблизи иллюминатора, относя к размерным классам: около 0,5, 1—3, 3—5 мм и т. д. Регистрацию размеров выполняли обычно при «зависании» ПЛ и остановках на грунте, но изменение средних размеров частиц в пространстве отмечали также при медленном движении ПЛ.

При обработке полученных данных исходили из того, что неточность определения размеров частиц отчасти корректируется при построении кривых распределения по размерам за счет объединения результатов многих наблюдений (каждая кривая построена по 15 и более регистрам).

В Эгейском море крупные агрегаты детрита наблюдали с борта судна и прицельно собирали ведром для микроскопического исследования. Учитываемые агрегаты детрита — рыхлые хлопьевидные образования, именуемые также «морским снегом», что удачно характеризует мелкие частицы, но менее приемлемо для вытянутых образований длиной в десятки и даже сотни сантиметров. Используя принятую для планктона размерную классификацию, изученный детрит можно отнести к мезо-, макро- и мегаагрегатам.

В работе использованы также данные подводных наблюдений сотрудников базы «Гидронавт» В. И. Буракова, Н. Л. Людаева, А. В. Катукова, которым выражаем признательность за предоставление материалов.

Размеры и формы агрегатов детрита. Мезоагрегаты детрита (в нашем случае от 0,5 до 20 мм) представляли собой «морской снег» в наиболее типичной его форме — обильные по численности рыхлые частицы, хлопьевидные, неопределенной формы. Приводимые размеры можно принимать в качестве диаметра хлопьев.

С приближением к верхней границе размеров мезоагрегаты обычно становятся вытянутыми. Если частицы 0,5—5 мм — это «хлопья», то агрегаты размерами 10—20 мм представляют собой нити, гирлянды и образования, которые назовем кометоидами. Для этих видов агрегатов указываемые размеры отражают длину.

Гирляндами названы нити переменной толщины, напоминающие цепочки из мелких разновеликих агрегатов. Кометоиды, как следует из названия, имеют утолщенную «головную» часть и утончающийся «хвост».

Среди макроагрегатов (2—20 см) детрита хлопья не встречались, и разнообразие форм сводилось к тем же нитям, гирляндам (цепочкам) и кометоидам. Наиболее крупные из макроагрегатов и встреченные мегаагрегаты (длина более 20 см) были представлены кометоидами. При этом у агрегатов длиной до 2,5 м, обнаруженных в Эгейском море, от головной части диаметром 10—25 см отходило по несколько параллельных щупальцевидных отростков, постепенно утончающихся. Наиболее длинными были центральные отростки пучка. Между отростками местами наблюдались поперечные анастомозы. В целом совокупность отростков образовывала сложную хвостовую часть кометоида. Крупные кометоиды легко принять за медуз, которых они напоминают также по окраске полупрозрачного «тела».

Находящиеся на глубине 2—3 м кометоиды при наблюдении с борта судна выглядели белесыми, иногда слегка иридирующими, как медузы. При подъеме струей от винта к самой поверхности агрегаты приобретали буроватую окраску.

В Черном море наблюдались кометоиды длиной до 1 м, при этом диаметр утолщенной головной части не превышал 1 см. При нахождении в зоне нейтральной плавучести кометоиды обычно ориентируются головной частью вверх. В Эгейском море крупные кометоиды у поверхности моря были ориентированы горизонтально, по-видимому, вытянулись вдоль течения.

Изменение размеров агрегатов с глубиной. Размеры агрегатов детрита увеличиваются с глубиной, что можно показать с помощью анализа частот встречаемости хлопьев с разными размерами. Все полученные кривые распределения имели разрыв в области частиц от 10—20 до 25—30 мм, причем в подавляющем большинстве случаев максимальные размеры агрегатов не превышали 10—20 мм. Поэтому две обсуждаемые размерные группы рассмотрим отдельно.

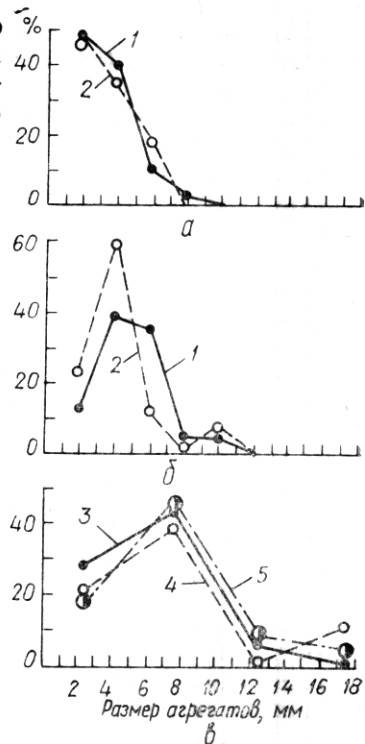
Встречаемость агрегатов размерами до 20 мм показана на рисунке. В слое 0—20 м размеры частиц чаще всего составляли 2—4 мм, в слое 20—50 м чаще встречались частицы 4—6 мм, ниже 50 м модальный класс пришелся на агрегаты размерами 6—8 мм. Распределение частот оказалось почти идентичным в летний и зимний периоды и в разных районах моря.

В приповерхностном слое нет массовых частиц крупнее 9 мм, лишь однажды (2% общего числа наблюдений) зарегистрированы нити длиной до 30 мм. В слое 20—50 м не встречались частицы крупнее 11 мм, также за одним исключением (2,5%), когда обнаружены нити до 50 мм длиной. Ниже 50 м в 14 случаях (78%) агрегаты не превышали 15 мм, в 2 случаях встречены частицы 25—30 мм, по 1 разу — агрегаты размерами около 100 и 200 мм.

Описанные наблюдения относятся к выделенным слоям в целом и не затрагивают узких горизонтов скопления взвеси, наблюдаемых в период стратификации водных масс. Один из таких горизонтов находится в области температурного скачка. Судя по наблюдениям в периоды штормов, усиление перемешивания вод ведет к разрушению агрегатов детрита, уменьшению размеров частиц. Это одна из причин преобладания мелкого детрита в верхнем перемешанном слое. В области термоклина задержка взвеси и резкое повышение ее концентрации, по-видимому, способствует слипанию агрегатов, укрупнению частиц детрита. Специальное исследование размеров частиц в области термоклина не производилось, но анализ всех имеющихся данных показал, что выше скачка температуры характерно распределение агрегатов детрита по размерам, приведенное на рисунке для глубин 0—20 м. Ниже термоклина, в зависимости от его расположения и глубины места, наблюдается распределение частиц, указанное для слоев 20—50 и 50—70 м.

При относительно небольшой глубине места термоклин может располагаться вблизи дна. Но при удалении скачка от дна на 15—20 м и более в придонной зоне часто наблюдается еще один узкий слой пониженной прозрачности («нижний мутный слой»), в котором скапливается взвесь. Образование этого слоя, как правило, совпадает с наличием придонного течения толщиной 2—6 м. Измерения плотности воды не производились, но, очевидно, скопления детрита над термоклином и придонным течением связаны с наличием в этих зонах скачков плотности.

Повышение концентрации агрегатов детрита над придонным течением способствует дальнейшему укрупнению частиц. Встречаемость детрита размером до 25 мм одинакова в толще воды и в нижнем мутном слое ниже 30 м (рисунок), но оно сохраняется и при расположении этого слоя выше 50 м (т. е. при меньших глубинах места). Кроме того, в нижнем мутном слое возрастает встречаемость более крупных частиц: детрит крупнее 25 мм (до 100—200 мм) зарегистрирован в 27 и 25% случаев (при глубине этого слоя менее и более 50 м соответственно). Наконец, только в нижнем мутном слое, при его расположении на глу-



Распределение агрегатов детрита по размерам в Черном море:

а — в слое 0—20 м, б — 20—50 м, в — у дна и в слое 50—70 м; 1 — лето, северо-западная часть моря, 2 — осень—зима у Кавказа и южного берега Крыма, 3 — слой 50—70 м, 4 — у дна, при глубине менее 50 м, 5 — то же, более 50 м

бине 90—95 м, однажды обнаружены кометоиды длиной до 1 м при среднем расстоянии между частицами 10—15 см.

Вертикальное перемещение агрегатов детрита. Наблюдения показали, что верхняя граница придонного течения препятствует погружению детрита тем сильнее, чем выше скорость течения. К сожалению, нет данных, которые позволили бы связать это явление с различиями в скачке плотности. Придонное течение регистрировалось довольно часто. Так, в выборке из 30 наблюдений в 19 случаях (63,3%) течение наблюдалось, в 11 (36,7%) — отсутствовало. Оседание детрита у дна отмечено в 8 случаях, причем 6 раз в отсутствие течения. Опускались вертикально на дно все видимые частицы. В 2 случаях оседание детрита зарегистрировано при минимальных течениях ($2-4 \text{ см} \cdot \text{с}^{-1}$), причем по косой траектории опускались на дно наиболее крупные частицы из нижнего мутного слоя. В 17 случаях, когда придонное течение имело скорость от 6 до $20 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$, оседание детрита из нижнего мутного слоя не наблюдали.

Случаи положительной плавучести хлопьевидного детрита не отмечались, но при появлениях «сгона», при подъеме холодных вод к поверхности, вместе с ними может перемещаться на меньшие глубины крупный детрит, что наблюдали в районе г. Севастополя.

Макроагрегаты детрита в Эгейском море. При работах над несколькими банками Эгейского моря 6—8. VIII 1983 г. с борта судна постоянно наблюдались очень крупные кометоиды детрита, напоминавшие медуз с длинными щупальцами. По-видимому, перед этим сгонные ветры вызывали подъем к поверхности холодных вод. Штилевая погода и расположение агрегатов вблизи поверхности позволили хорошо рассмотреть их форму, определить размеры и численность.

Агрегаты детрита находились в узком слое на глубине от 2 до 3 м от поверхности. Все они имели форму кометоидов и были ориентированы горизонтально, головными частями в одном направлении. Кометоиды имели размеры от 0,5 до 2,5 м, преобладали агрегаты длиной 1,5—2 м.

Струя от винта поднимала агрегаты к самой поверхности, где они распадалась на бесформенные хлопья. Разрушение агрегатов происходило также при контакте с планктонной сетью и подведенным снизу ведром на шнуре.

На больших участках поверхности моря кометоиды распределялись довольно равномерно. Над банкой Брукера насчитывалось $0,2-0,3 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$, над банкой Мансел (при глубинах места 60—80 м) $0,5-1 \text{ экз.} \cdot \text{м}^{-2}$. Следует отметить также, что за неделю до наших наблюдений над теми же банками много кометоидов не наблюдали севастопольские исследователи с борта другого судна.

Таким образом, несмотря на малую прочность, столь крупные агрегаты детрита долго и в большой концентрации наблюдались в приповерхностных водах изучаемого района. По-видимому, кометоиды образовались ниже температурного скачка, а вынесшая их к поверхности вода не претерпевала турбулентного перемешивания, достаточного для разрушения агрегатов.

Микроскопическое обследование агрегатов показало, что они содержали массу микроорганизмов. Среди водорослей было много кокколитофорид, разнообразных диатомовых и динофлагеллят. Крупные представители родов *Ceratium*, *Nitzschia*, *Gymnodinium*, по-видимому, механически адсорбируются на поверхности агрегатов. Наиболее многочисленным и постоянным компонентом агрегатов были округлые колонии небольших размеров, содержавшие десятки и сотни мельчайших (около 1 мкм) шаровидных клеток. Эти клетки под люминесцентным микроскопом давали красное свечение, типичное для содержащих хлорофилл эукариотных клеток. Межклеточное вещество колоний не дает автофлуоресценции, возможно, является слизистым. Можно предположить, что при обильном развитии эти колониальные водоросли за

счет слизистого межклеточного вещества способствовали укрупнению агрегатов, облегчая их взаимную адгезию.

Подъем вод, содержащих большое количество метровых агрегатов детрита, и длительное их сохранение в приповерхностном слое несомненно редкое явление. Но оно заставляет предполагать, что ниже пикноклина в Средиземном море периодически возникают условия формирования крупных агрегатов детрита.

1. Лисицин А. П. Морской снег // Биохимия океана. — М.: Наука, 1983. — С. 270—275.
2. Лисицин А. П. Биодифференциация вещества в океане и осадочный процесс // Биодифференциация осадочного вещества в морях и океанах. — Ростов: Изд-во Ростов. ун-та, 1986. — С. 3—66.

Ин-т биологии юж. морей
им. А. О. Ковалевского АН УССР, Севастополь

Получено 02.02.87

V. S. LOGACHEV, V. E. ZAIKA

VISUAL INVESTIGATIONS OF DETRITUS AGGREGATES IN THE BLACK AND AEGEAN SEAS

Summary

Observations in the Black Sea (carried out from the underwater laboratory) at the depth of 100 m have shown that detritus aggregates 0.5-5 mm in size are usually flacky („marine snow“), those about 10-20 mm are like garland filaments, „cometoids“. The 2-4 mm aggregates prevail in the layer of 0-20 m (over the summer jump of density), those 4-6 mm long — in the layer of 20-50 m, 6-8 mm ones at the bottom below 50 m. The largest 50-100 cm aggregates are formed below the jump. The large aggregates may be found near the surface under cold waters rise. A 0.5-2.5 m long mass of medusiform detritus aggregates was observed in the Aegean Sea (in August.)

УДК 577.1.(262.5+262.4)

И. А. ДИВАВИН, Ю. П. КОПЫТОВ,
И. М. ЦЫМБАЛ

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛАССОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЧЕРНОМ И ЭГЕЙСКОМ МОРЯХ

Черное море считается одной из самых исследованных акваторий. Однако комплексное исследование биохимического состава растворенного и взвешенного органического вещества в Черном море практически не проводилось. Изучение биохимического состава морской воды, особенно степени полимерности таких компонентов, как белковые и углеводные соединения, может дать информацию об интенсивности деструкционных процессов органического вещества в море.

В отдельных регионах Черного моря и в сравнительном аспекте — Эгейского впервые было одновременно изучено содержание таких классов органики, как белки (БПС), углеводы (УПС), липиды (Л) и углеводороды (УВ), РОВ и ВОВ. Кроме того, во взвеси был определен состав БПС и резервных углеводов по молекулярным массам (4 фракции), выявлено количество структурных углеводов.

Работа выполнена в октябре—ноябре 1987 г. в 104-м рейсе нисс «Академик Ковалевский». Были исследованы район филофорного поля Зернова (6 станций) с координатами 45°26'—45°50' с. ш. и 30°40'—31°46' в. д., побережье Крыма от Евпатории до Судака (4 станции), а также проведено по 3 станции в Черном (прибосфорский район, периферия и центральная часть западного круговорота) и в Эгейском (центральный район) морях.

Институт биологии

Южных морей АН УССР

БИБЛИОТЕКА

№ 4