

УДК 551.464.7

**О СОДЕРЖАНИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
В ОКЕАНСКОЙ ВОДЕ И ВЗВЕСИ****С. В. Люцарев**

Натуральная морская вода всегда содержит некоторое количество органических веществ, образующихся главным образом из продуктов распада органического материала отмерших организмов. Большая часть морского органического вещества образуется непосредственно в водной толще морей и океанов, но в прибрежных районах возможно поступление органического материала с суши вместе с речным стоком или ветром. К тому же вполне вероятно загрязнение морской воды органическими веществами в районах выхода в море подземных источников нефти и пластовых вод.

Органические соединения существенно изменяют свойства морской воды, обуславливая растворение и осаждение ряда микроэлементов, образование хлопьев органического детрита при сатурации воздухом, образование устойчивой пены, изменение цвета и прозрачности и т. п. Для морских организмов органические вещества служат источником пищи, витаминов, ростовых веществ, а также источником информации о внешней среде, например, о присутствии полезных или опасных живых организмов. Знание реальных процессов образования и разложения органических соединений может быть полезно для индикации водных масс и в будущем для хронологической датировки различных типов воды.

Таким образом, органическое вещество морской воды, его качественный и количественный состав, его происхождение и распределение, скорость его минерализации — все эти вопросы представляют большой интерес для химии, биологии и геологии океана.

Исследования органического вещества моря проводились отдельными учеными уже давно, однако в последние годы количество научных публикаций значительно возросло. Среди обобщающих работ следует отметить монографии Б. А. Скопинцева (1950) и В. Г. Дацко (1959). Но большинство приводимых в них данных получено при помощи относительно несовершенного для морских вод метода определения окисляемости. Последние исследования подтвердили невозможность определения этим методом общего количества органического вещества (Szekielda, 1968). Однако при помощи этого метода можно учитывать некоторые группы органических соединений (в специальном варианте), что, в частности, дает возможность применять его в сильно опресненных морских водах.

Более точным интегральным показателем общего количества органического вещества является так называемый органический углерод, т. е. количество углерода, входящего в состав органических соединений. В зависимости от агрегатного состояния веществ различают растворенный и взвешенный органический углерод, понимая под этим соответственно углерод истинно растворенных и суспендированных органических соединений. До настоящего времени еще нет установившейся общепринятой методики определения органического углерода в морской воде. Обзор некоторых опубликованных методов приведен в нашей работе (Люцарев, 1968).

В настоящей работе обобщены сведения о содержании органического углерода в морской воде, полученные при помощи достоверных методов в течение последних десяти лет.

РАСТВОРЕННЫЙ ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД

Баланс органического углерода в масштабах океана был подсчитан Б. А. Скопинцевым (1966, 1967), который, опираясь на результаты собственных работ и данные других исследователей, определил средневзвешенную концентрацию общего органического углерода в океане — 1,54 мгС/л и концентрацию взвешенного органического углерода — 0,05—0,07 мгС/л (большинство определений выполнено по методу сухого сжигания).

Таблица 1

Средние данные к расчету баланса органического углерода в водах Мирового океана (по Скопинцеву, 1967)

Содержание органического углерода	мгС/л	Общее содержание, т
Средневзвешенное в морской воде	1,5	$2 \cdot 10^{12}$
В годовой продукции фитопланктона	0,035	$4,5 \cdot 10^{10}$
В ежегодном поступлении нестойкого органического вещества	0,026	$3,4 \cdot 10^{10}$
В ежегодном поступлении стойкого органического вещества (гумуса)	0,0087	$1,1 \cdot 10^{10}$
растворимого	0,0017—0,0035	$0,2—0,4 \cdot 10^{10}$
нерастворимого	0,007—0,005	$0,9—0,7 \cdot 10^{10}$
В ежегодном поступлении терригенного гумуса	0,0003	$3,6 \cdot 10^8$

Из приведенных данных понятна сравнительно малая доля ежегодного притока терригенного органического вещества (0,02%) и большое ежегодное поступление продукции фитопланктона (2,5%) в общий запас органического вещества морской воды. Поэтому вполне закономерно предположение о связи между биомассой планктона локального района и содержанием здесь органического вещества в морской воде.

Исследования Н. Д. Стариковой (1966, 1967), выполненные по методу сухого сжигания, как будто подтверждают эти предположения. Действительно, в водах Тихого и Индийского океанов в поверхностном слое (0—100 м), в котором биомасса планктона составляет 0,1—0,4 мг/л, концентрации растворенного органического углерода достигали 2—3 мгС/л. В районах, где биомасса составляла менее 0,05 мг/л, соответственно уменьшалось и содержание растворенного органического углерода до 1,4—1,6 мгС/л. Вертикальное распределение растворенного органического углерода обычно изменялось в соответствии с распределением живого органического вещества, а именно ниже слоя фотосинтеза концентрация растворенного $C_{орг}$ снижалась до 1,4—1,6 мгС/л, а иногда даже до 1,1—1,2 мгС/л.

К сожалению, приведенных автором данных недостаточно для построения карт распределения растворенного органического углерода, так как в Индийском океане Н. Д. Старикова проводила исследования всего на восемнадцать станциях, а в Тихом океане — на шести.

Наблюдения, проведенные Б. А. Скопинцевым в Атлантическом океане (Скопинцев, Тимофеева, 1962; Скопинцев и др., 1966), показали, что в поверхностных слоях колебания концентрации растворенного органического вещества были в пределах 1,5—2,0 мгС/л. С глубиной этот показатель уменьшался до 1—1,5 мгС/л, но нигде он не был меньше 1 мгС/л.

Подробные исследования в северной части Атлантического океана выполнил Дурсма (Duursma, 1961). Используемая методика определения органического углерода существенно отличалась от применяемой названными выше авторами. Обнаруженные им величины растворенного органического углерода обычно находились в пределах 1,3—0,1 мгС/л. При этом распределение $C_{орг}$ в ряде случаев коррелировало с распределением водных масс.

При сравнении результатов работ тех и других исследователей следует обратить внимание на расхождение в оценке абсолютного значения содержания растворенного органического углерода: по работам Дурсма они существенно меньше величин, полученных Стариковой, Скопинцевым и др. ($2 \cdot 10^{12}$ т), а также авторами более ранних работ (Plunkett, Rakestraw, 1955).

Б. А. Скопинцев подверг критике метод Дурсма (Скопинцев, Тимофеева, 1962). Но более поздние исследователи (Menzel, 1964), работавшие по другой методике анализа (инфракрасный газоанализатор), также определили низкие величины содержания органического углерода в водах открытого океана.

В другой работе Дурсма (1963) излагает итоги своих наблюдений за сезонной изменчивостью концентрации растворенного органического углерода в морской воде на одной станции в Северном море вблизи побережья Голландии. Закономерное увеличение концентрации растворенного органического углерода в начале весны и дальнейшее уменьшение его в течение лета позволили Дурсме определить годовую продукцию органического вещества в 52 гС/м². Очевидно, должна существовать связь с первичной продуктивностью исследуемого района, если считать фитопланктон источником органического вещества в прибрежном районе.

Нам представляется вполне разумным провести подробные сезонные исследования колебаний содержания органического углерода (растворенного и взвешенного) в связи с биологической продуктивностью водоемов. Однако многие зарубежные авторы не разделяют эту точку зрения. Например, Мензель (Menzel, 1964) на основании своих исследований отвергает прямую связь концентрации растворенного органического углерода с первичной продукцией данного района океана. Выполненные им в западной части Индийского океана от 20° с. ш. до 20° ю. ш. анализы морской воды, показали, что концентрации растворенного органического углерода колеблются в пределах от 1,7 до 0,2 мгС/л. Одновременно методом C^{14} определялась первичная продукция. Четкой корреляции между параметрами автор не обнаружил. Изменения концентрации растворенного органического углерода он объясняет только процессами смешения водных масс различного происхождения. Относительные изменения $C_{орг}$ с глубиной в общих чертах совпадают с данными Б. А. Скопинцева и Н. Д. Стариковой, но абсолютные цифры почти в 2—3 раза меньше.

Столь же малые величины растворенного органического углерода Мензель приводит в своей более поздней статье, в которой обобщены результаты экспедиционных исследований в Южной Атлантике (Menzel, Ryther, 1968). На глубинах более 400 м содержание растворенного $C_{орг}$ почти не изменялось, оставаясь на уровне 0,3—0,5 мгС/л. В этой работе автор сопоставляет изменения солености, кислорода и концентрации растворенного органического углерода на разрезе, параллельном северо-восточному побережью Латинской Америки. Результаты сопоставления подтверждают высокую стабильность растворенного в морской воде органического вещества, поскольку изменения в содержании растворенного кислорода в любой точке разреза могут быть количественно объяснены смешением различных водных масс разной солености.

О высокой устойчивости глубинного растворенного органического вещества и об отсутствии прямой связи между концентрацией растворенного органического углерода и продуктивностью верхних слоев исследуемого района свидетельствуют материалы, полученные Мензелем в северной части перуанского течения (Menzel, 1967). Приводимые им данные о содержании растворенного органического углерода в водах Саргасова моря на глубинах более 200—400 м по абсолютной величине (0,4—0,6 мгС/л) совпадают с данными, полученными им в высокопродуктивном районе Перуанского течения.

К сожалению, Мензель в своих статьях не приводит непосредственных результатов анализов отдельных проб воды, что не позволяет оценить достоверность его анализов.

Во время 9-й экспедиции научно-промыслового судна «Академик Книпович» (декабрь—июнь 1970 г.) мы выполнили попутные определения общего содержания органического вещества в поверхностной морской воде в южной части Атлантического океана. Пробы отбирали с соблюдением всех мер предосторожности от возможного загрязнения. Метод анализа и прибор для его выполнения мы описали ранее (Люцарев, 1968 и 1969). При пользовании этим методом практически полностью учитываются органические вещества. Выполнение анализов в судовых условиях позволило исключить такой фактор, как загрязнение или разложение органических веществ вследствие длительного хранения пробы. Поэтому результаты анализов свободны от влияния большинства искажающих их причин, на которые указывали предыдущие исследователи.

Наши исследования не были специальными и достаточно подробными. Они пока еще не могут дать точного ответа на вопрос о среднем содержании органического углерода в водной толще и его распределении по вертикали. Но представление об уровне концентрации $C_{орг}$ на основании наших данных может быть получено.

В связи с тем что фитопланктон синтезирует основное количество первичного органического вещества в верхнем слое морской воды, а минерализация его происходит во всей остальной толще океана, то совершенно очевидно, что средневзвешенное по всей толще содержание органического углерода не может превышать уровня его концентрации в поверхностных слоях.

Приведенные в таблице результаты наших исследований показывают, что со стороны океана к тропической зоне восточного побережья Южной Америки подходят воды, содержащие 0,7—0,9 мгС/л. Направляясь далее к югу, они подвергаются влиянию континента (береговой сток, повышенная продуктивность шельфовых вод и т. д.), и в зоне умеренных широт содержание органического вещества в поверхностных слоях увеличивается до 1,1—1,3 мгС/л.

Содержание органического углерода в поверхностном слое морской воды южной части Атлантического океана (9-й рейс научно-промыслового судна «Академик Книпович», февраль 1970 г.)

Дата взятия пробы	Координаты	Содержание $S_{орг}$, мг/л	Примечание
3/II	02°24' ю. ш.—28°11' з. д.	0,89±0,1	
5/II	0,5°01' ю. ш.—31°37' з. д.	0,80	
7/II	12°31' ю. ш.—34°43' з. д.	0,69	
8/II	16°26' ю. ш.—36°26' з. д.	0,83	
14/II	36°16' ю. ш.—52°04' з. д.	1,50	} Влияние стока р. Ла-Платы
15/II	35°00' ю. ш.—53°50' з. д.	3,12	
19/II	36°47' ю. ш.—55°34' з. д.	1,57	
20/II	40°41' ю. ш.—55°58' з. д.	1,29	
23/II	50°27' ю. ш.—57°14' з. д.	1,46	
24/II	51°48' ю. ш.—56°40' з. д.	1,17	Близ Фолклендских о-вов
25/II	52°10' ю. ш.—53°26' з. д.	1,17	
26/II	53°14' ю. ш.—43°18' з. д.	1,13	
19/III	54°48' ю. ш.—35°16' з. д.	1,08	Близ о. Ю. Георгия

Обнаруженные нами величины органического углерода в морской воде по абсолютному значению ближе к данным Дурсма и Мензеля. Но окончательное заключение об истинных значениях $S_{орг}$ могут дать лишь контрольные параллельные определения, выполненные различными методами. Эксперименты подобного рода предполагается провести в ближайшее время.

Таким образом, вопрос о количественном содержании растворенного органического вещества в океане в настоящее время нельзя считать решенным, тем более, что многие важные океанические области совершенно не исследованы, отсутствуют данные о сезонной и межгодовой изменчивости концентрации растворенного органического углерода, количественно не решены пути поступления и убыли растворенного органического вещества в глубинных слоях океана.

ОРГАНИЧЕСКИЙ УГЛЕРОД ВЗВЕСИ

При определении содержания органического углерода во взвеси морской воды важнейшим этапом является выделение взвешенных частиц. Различные авторы решают эту проблему по-разному. Б. А. Скопинцев выделяет их путем фильтрации пробы морской воды через слой мелкокристаллического порошка, например сульфата бария (Скопинцев и др., 1966), другие авторы центрифугируют большие объемы морской воды (Богданов, Лисицин, 1968). Оба метода имеют недостатки: в первом случае возможно осаждение органических коллоидов, во втором — органическая взвесь полностью не извлекается, так как ее удельный вес близок к удельному весу морской воды.

В последнее время многие зарубежные исследователи стали применять мелкопористые стекловолнистые, а также металлические фильтры. В этом случае возможно прямое сжигание осадка на фильтре сухим или мокрым способом (Menzel, Vaccaro, 1964; Dal-Pont, Newell, 1963).

Методы конечного определения органического углерода также значительно различаются. Наряду с наиболее достоверным химическим методом определения двуокиси углерода, выделяющегося в результате сжигания, некоторые исследователи (Финенко, 1965) определяют окис-

ляемость осадка. Ю. А. Богданов и А. П. Лисицин (1968) для детальных исследований используют микроскопический подсчет частиц на мембранных фильтрах.

В настоящей статье мы рассмотрим опубликованные в последние годы работы, выполненные при помощи первого из этих методов.

Б. А. Скопинцев и другие (1966) определяли органический углерод взвешенных частиц в южной приэкваториальной части Атлантического океана на трех станциях. Результаты этих определений показали колебания в пределах от 40 до 320 мкгС/л . Наибольшие величины приходились на слой 0—300 м, причем на глубине 50 м обнаружено 320 мкгС/л . Содержание взвешенного органического углерода в глубинных слоях довольно стабильно — 5—12 мкгС/л .

Распределение взвешенного углерода вблизи восточного побережья Южной Америки рассматривают в своей работе Хобсон и Мензель (Hobson, Menzel, 1969). Они фильтровали 10-литровые пробы, отобраные из стеклянных и тефлоновых батометров через металлические фильтры с отверстием размером 1,2 мкм и определяли содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ и $\text{N}_{\text{орг}}$ на анализаторе Перкин—Эльмер 240. Результаты определений показали, что до глубины 100 м содержание взвешенного органического углерода существенно колеблется, причем наибольшие колебания наблюдаются в слое 100—200 м. Здесь концентрация изменяется от 12 до 2 мкгС/л . На глубинах более 200 м взвешенный углерод содержится в количестве 5,0—2,0 мкгС/л и менее. Лишь в придонном слое на глубине 4000 м эти концентрации несколько повышаются вследствие возможного взмучивания. Авторы не обнаружили корреляции между содержанием взвешенного органического углерода и распределением водных масс.

Полемизируя с этими авторами Ньюэл и Кер (Newell, Kerr, 1968) на основании исследований, проведенных близ западного побережья Австралии, утверждают, что концентрации взвешенного органического углерода на глубинах весьма изменчивы и в ряде случаев хорошо коррелируются с распределением водных масс. Вертикальное распределение взвешенного органического углерода в районе исследований авторы делят на три зоны, ограниченные слоями с пониженным содержанием $\text{C}_{\text{орг}}$. Слою 0—100 м с максимумом на глубине 25 м соответствует сложный комплекс веществ продуктивной зоны океана, содержащий не только детрит, но и фито- и зоопланктон. Зона с низким содержанием органического углерода (5—10 мкгС/л) соответствует границе подповерхностной высокосоленой водной массы, подошедшей из тропической части Индийского океана.

На глубине более 300 м количество взвешенного органического углерода вновь увеличивается до 15 мкгС/л . Эта зона соответствует промежуточной водной массе. По нижней границе зоны (1300 м) наблюдается резкое понижение концентрации до 5 мкгС/л . Еще более глубокие слои, вплоть до 5000 м, не однородны по содержанию взвешенного органического углерода, и хотя здесь нет четкой корреляции с водными массами, понижение концентрации $\text{C}_{\text{орг}}$ на глубине около 2500 м совпадает со слоем глубоководного максимума солености.

В одном пункте Ньюэл и Кер согласны с Мензелем: повышенное содержание взвешенного органического углерода в верхних слоях не оказывает заметного влияния на нижележащие слои, поскольку скорость оседания детрита невелика и органические вещества успевают практически полностью разложиться при прохождении верхнего слоя, особенно в случае, когда вертикальная циркуляция при подъеме препятствует оседанию твердых частиц.

В более ранней работе (Dal—Pont, Newell, 1963), посвященной исследованиям в районе между Индонезией и Западной Австралией, описана примерно такая же картина корреляции содержания взвешенного органического углерода с типом глубинной водной массы.

Определение концентрации органического углерода в Гибралтарском проливе и прилегающей части Средиземного моря приводит в своей работе Фурнье (Fournier, 1968). Применяя метод Мензеля—Вакаро, этот исследователь обнаружил в слое 200—700 м довольно большие концентрации взвешенного органического углерода — до 47 мгС/л. В глубинных слоях, вплоть до 2500 м, также содержится от 7 до 86 мгС/л (в среднем около 20 мгС/л). Примерно такие же данные автор приводит для одной станции близ Азорских о-вов на глубине 2900 м. Результаты этого исследования как по абсолютным значениям, так и по вариабельности, не совпадают с предположениями Мензеля о стабильном и низком содержании органического вещества во взвеси на глубинах свыше 400—600 м (Menzel, 1967).

Заключение

Прямые химические определения содержания органического углерода в морской воде, проведенные в последние годы в некоторых районах Мирового океана, выявили значительную его изменчивость. Так, в глубинных слоях океана растворенного органического углерода содержится от 0,2 до 1,3 мгС/л, в поверхностных слоях в зоне фотосинтеза — до 3 мгС/л. Обнаружены сезонные колебания концентрации растворенного $C_{орг}$ в поверхностной воде Северного моря.

Взвешенный органический углерод в зоне фотосинтеза обнаружен в количествах от 3 до 300 мгС/л в зависимости от биологической продуктивности района. В глубинных слоях океана содержание взвешенного органического углерода колеблется в пределах 2—15 мгС/л. На вертикальное распределение взвешенного органического вещества оказывают влияние гидродинамические условия водной толщи.

В настоящее время исследована лишь незначительная часть Мирового океана. Практически наблюдения не проводились в большей части Южного, Тихого и Северного Ледовитого океанов.

Для получения точных данных о содержании органического углерода в различных районах океана необходимо дальнейшее совершенствование методов химического анализа. Необходимо также расширить районы исследований и проводить длительные сезонные наблюдения. Недостаток данных и существенные различия в методах анализа пока еще не позволяют количественно описать закономерности образования и распада органических веществ в связи с химическими, биологическими, и гидродинамическими условиями поверхностных и глубинных слоев океана. Необходима постановка специальных экспериментов в лаборатории и на буйковых станциях.

Комплексное рассмотрение результатов биологических и химических исследований позволит по химическим данным оценивать биологическую продуктивность и промысловую перспективность района.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Богданов Ю. А., Лисицин А. П. Распределение и состав органического вещества в водах Тихого океана. «Океанологические исследования», № 18. Изд-во «Наука», 1968.
- Дацко В. Г. Органическое вещество в водах южных морей СССР. Изд-во АН СССР, 1959.
- Люцарев С. В. Методы определения углерода органических веществ в морской воде. Сб. «Методы рыбохозяйственных химико-океанографических исследований». Вып. 2. Изд. ВНИРО. М., 1968.

- Люцарев С. В. Автореферат диссертации. Методы определения органических веществ в морской воде. Изд-во ГХИ ГУГМС. М., 1969.
- Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах. Труды ГОИН. Вып. 17/19, 1950.
- Скопинцев Б. А. Некоторые соображения о распределении и состоянии органического вещества в водах океана. «Океанология». Т. 6, № 3, 1966.
- Скопинцев Б. А. О балансе органического углерода в водах Мирового океана. ДАН СССР. Т. 174, № 6, 1967.
- Скопинцев Б. А., Тимофеева С. Н. Содержание органического углерода в водах Балтийского и Северного морей, в субтропической областях северной части Атлантического океана. Труды Морского гидрофиз. института. Т. 25, 1962.
- Скопинцев Б. А., Тимофеева С. Н., Вершинина О. А. Органический углерод в водах проэкваториальной и южной части Атлантического океана и Средиземного моря. «Океанология». Т. 6, № 2, 1966.
- Старикова Н. Д. Растворенное органическое вещество. Химия Тихого океана. Изд-во «Наука», 1966.
- Старикова Н. Д. Содержание и распределение органического углерода в водах Индийского океана. Труды ИОАН. Т. 83, 1967.
- Финенко З. З. Содержание органического вещества в сестоне Черного и Азовского морей. Сб. «Исследования планктона Черного и Азовского морей». Изд-во «Наука» думка». Киев, 1965.
- Dal-Pont G., Newell B. Suspended organic matter in the Tasman Sea. Austr. J. Mar. Freshw. Res., v. 14, N 2, 1963.
- Duursma E. K. Dissolved organic carbon, nitrogen and phosphorus in the sea. Neth. J. Sea Res., v. 1, N 1/2, 1961.
- Duursma E. K. The production of dissolved organic matter in the sea, as related to the primary gross production of organic matter. Neth. J. Sea Res., v. 2, N 1, 1963.
- Duursma E. K. The dissolved organic constituents of sea water. In «Chemical Oceanography», v. 1, 1965.
- Fournier R. O. Observations of particulate organic carbon in the Mediterranean Sea and their relevance to the deep-living Coccolithophorid *Cyclococcolithus fragilis*. Limnol. a. Oceanogr., v. 13, N 4, 1968.
- Hobson L. A., Menzel D. W. The distribution and chemical composition of organic particulate matter in the sea and sediments of the east coast of South America. Limnol. & Oceanogr., v. 14, № 1, 1969.
- Menzel D. W. The distribution of dissolved organic carbon in the western Indian Ocean. Deep — Sea Res., v. 11, № 5, 1964.
- Menzel D. W. Particulate organic carbon in the deep sea. Deep-Sea Res., v. 14, № 2, 1967.
- Menzel D. W., Ryther J. H. Organic carbon and the oxygen minimum in the south Atlantic Ocean. Deep — Sea Res., v. 15, № 3, 1968.
- Menzel D. W., Vaccaro R. F. The measurement of dissolved and particulate organic carbon in sea water. Limnol. & Oceanogr., v. 9, № 1, 1964.
- Newell B. S., Kerr J. D. Suspended organic matter in the southeastern Indian Ocean. Aust. J. Mar. Freshw. Res., v. 19, № 2, 1968.
- Plankett M., Rakestraw N. Dissolved organic matter in the sea. Deep-Sea Res. Suppl. № 3, 1955.
- Riley J. P. Analytical chemistry of sea water. Chem. Oceanogr. v. 2, 1965.
- Ryther J. H., Menzel D. W. On the production, composition and distribution of organic matter in the western Arabian Sea. Deep-Sea Res., v. 12, № 2, 1965.
- Szekielda K. H. Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des organischen Kohlenstoff im Meereswasser und dem Kaliumpermanganatverbrauch. J. Cons. Explor Mer. v. 32, № 1, 1968.

SUMMARY

The results of the author's observations and a review of the published information on the content of dissolved and particulate organic carbon are presented. The organic carbon content in ocean water is subject to considerable variations, particularly in the upper water layers, near the photosynthetic zone. In a number of cases the organic carbon content correlates with the biological productivity of the area and its hydrological regime.

Discrepancy is observed in the absolute values of organic carbon cited by various authors who have employed different methods to estimate its content. It is necessary that the techniques of analysis should be improved. Long — term seasonal observations and the expansion of survey areas are required to find precise regularities of the distribution of organic matter in the ocean.