

551.464.38:551.352

НЕКОТОРЫЕ ЧЕРТЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В СОВРЕМЕННЫХ ОСАДКАХ

Д. Е. Гершанович, Т. И. Горшкова, А. И. Конюхов

Геохимические исследования проб донных отложений, собранных океанографическими экспедициями в последние 10—15 лет, во многом расширили представления о накоплении и распределении органического вещества в современных осадках Мирового океана. Один из важнейших выводов этих исследований сводится к тому, что в открытых районах Мирового океана имеются участки, в донных осадках которых накапливаются большие количества органического вещества. Такие участки столь же закономерны в океане, как и участки с минимальными концентрациями органического вещества. Положение их связано главным образом с некоторыми подводными окраинами материков в тропических и субтропических поясах Земли.

Материалы литологического и геохимического изучения проб донных осадков выявили резкие различия в масштабе аккумуляции органического вещества на подводных окраинах материков и океаническом ложе.

Установлено, что концентрация органического вещества в осадках океана меняется в гораздо больших пределах, чем это отмечалось ранее (Кленова, 1948; Trask, 1932), и колеблется от десятых и сотых долей процента до 10—20% и более (Авиллов, Гершанович, 1967, 1970; Богданов и др., 1971; Бордовский, 1964; Горшкова, 1962, а, б; Романкевич, 1970; Arrhenius, 1952, 1963; Emery, 1960; Van Andel and Schor, 1964 и др.).

Количество органического вещества в современных осадках открытых районов Мирового океана может быть как значительно меньшим, так и гораздо большим, чем во внутренних и окраинных морях (Бордовский, 1964; Вебер, 1973; Гершанович, 1965; Горшкова, 1957; 1962 б; Кленова, 1948; Страхов и др., 1954 и др.). По Т. И. Горшковой средняя концентрация органического углерода в осадках Черного моря составляет 2,15%, Азовского — 1,73, Баренцева — 1,28, Белого — 1,14, Охотского — 1,06, Балтийского — 1,05, Каспийского — 1,02, Чукотского — 0,93, Берингова — 0,84, Карского — 0,83, Японского — 0,77%¹. В изученных же районах Мирового океана эти концентрации, как правило, меняются от 0,5 до 2,5—3% в современных осадках подводных окраин материков и от 0,05 до 0,6% в осадках ложа океана. Так, по материалам ВНИРО, у побережий Восточной Африки среднее содержание $C_{орг}$ в осадках подводной окраины материка составляет 0,5%, в заливе Аляска — 0,7, у атлантических побережий Южной Америки — 0,8, у Юго-Западной Африки — от 1,5 до 2, у Западного Индостана — 1,8%. В то же время на некоторых участках, например у Западного Индостана, Юго-Западной Африки, побережья Перу, среднее содержание $C_{орг}$ возрастает до 3—4%.

¹ См. статью Т. И. Горшковой в данном выпуске.

Наибольшие концентрации органического вещества отмечены нами в осадках шельфа и верхней части материкового склона Юго-Западной Африки в районе действия вод Бенгельского течения и у побережья Перу в зоне Перуанского течения. В ряде проб, взятых вблизи Уолфиш-Бея, содержание $S_{орг}$ превышает 14%, что соответствует примерно 24% органического вещества (Авилов, Гершанович, 1967, 1970; Гершанович и др., 1972; Емельянов, Сенин, 1969; Сенин, 1969 и др.). На значительной площади здесь количество $S_{орг}$ в осадках составляет 3—8%, а в осадках перуанского района достигает 6—10%. Столь высокая концентрация органического вещества свойственна участкам интенсивного подъема глубинных вод, доставляющих в зону активного фотосинтеза большие количества биогенных элементов, создающих основу для обильной вегетации фитопланктона, преимущественно диатомового, бурного развития зоопланктона и рыб. Отмирая, диатомеи накапливаются на дне на участках пониженной подвижности вод, образуя поля алевритово-глинистых диатомовых отложений. Содержание аутигенной кремнекислоты в них может превышать 30%.

Особенностью таких районов являются периодические заморные явления, когда при определенных режимах в придонных водах и во всей толще возникает недостаток кислорода, нарушаются трофические связи и начинается массовая гибель организмов. Это приводит к сероводородному заражению осадков и вод, осадки обогащаются органическим веществом в гораздо большей степени, чем при обычном ходе седиментационного процесса. В некоторых случаях это явление принимает такие масштабы и сопровождается столь значительной гибелью организмов, что по своим последствиям приближается к биологическим катастрофам (Brongersma-Sanders, 1957). Подобные условия, выявленные у Юго-Западной Африки, известны и в районе Перуанского течения у тихоокеанского побережья Южной Америки, где подъем глубинных вод и биопродуктивность еще значительнее, а заражение осадков сероводородом на участках максимального подъема вод более устойчиво.

Таким образом, на периферии Мирового океана располагаются районы, связанные с так называемыми восточными пограничными течениями и характеризующиеся осадками с необычно высоким содержанием органического вещества. Эти районы отличаются узким шельфом, малым поступлением терригенных осадочных частиц и, что особенно важно, повышенной биологической продуктивностью. Органическое вещество здесь, по-видимому, уже не может считаться только рассеянным, оно является одной из важнейших составных частей всего осадка и по генезису должно относиться к сапропелевому органическому веществу.

Закономерное размещение районов с богатыми органическим веществом осадками обуславливается глобальными факторами: положением материков, геологией и геоморфологией их подводных окраин, климатической зональностью и океанической циркуляцией, распределением биопродуктивных зон. Очевидно, оно не только присуще современной геологической эпохе, но и наблюдалось в прошлом.

Известна тесная связь содержания рассеянного органического вещества в донных осадках с их гранулометрией, особенно с содержанием пелитовой фракции. Однако эта связь далеко не всегда является строгой и может существенно меняться в зависимости от многих причин. Наиболее полно она проявляется в осадках шельфа и материкового склона открытых районов океана при моногенной седиментации, т. е. при седиментации осадочного материала, поступающего из одного источника. При полигенной седиментации, когда осадочный материал поступает из разных источников, соотношения между содержанием органи-

ческого вещества и гранулометрией осадков оказываются достаточно сложными и не укладываются в рамки однозначной закономерности.

В осадках подводных окраин обычны следующие средние содержания органического углерода: пески 0,2—0,5%, илистые пески и песчаные илы 0,6—1,5, илы и глинистые илы 1,5—2,5%.

За пределами подводных окраин эти значения, как правило, намного меньше. Особенно существенно снижение органического вещества в тонких глубоководных осадках, усиливающееся по мере удаления от материковых склонов (Богданов и др., 1971; Бордовский, 1964; Вебер, 1973; Гершанович, 1965; Романкевич, 1970; Страхов и др., 1954).

Поскольку накопление органического вещества в современных осадках, как показывают многие данные, зависит не только от гранулометрии и не контролируется ею в полной мере, предположительно можно говорить о четырех типах накопления органического вещества в осадках подводных окраин.

Первый тип наблюдается в тех районах, где содержание органического вещества в донных осадках зависит от их гранулометрии и количества пелитовых частиц и где накопление больших количеств органического вещества не происходит. Он свойствен шельфу и материковому склону океана в ледовом, умеренно гумидном и субтропическом климатических поясах. Максимум органического вещества характерен для тонких осадков шельфа и особенно для нижней части материкового склона. Этот тип накопления прослеживается также во многих окраинных морях и является одним из наиболее распространенных. При переходе к ложу океана и центральным глубоководным котловинам окраинных морей количество органического вещества в донных осадках, несмотря на их тонкую гранулометрию, уменьшается (Гершанович, 1965; Романкевич, 1970; Страхов и др., 1954).

Второй тип характерен для внутриконтинентальных или глубоко вдающихся в континент морей (Черное, Балтийское, Каспийское и др.). Донные осадки, обогащенные органическим веществом, находятся обычно в центре этих морей, где расположены крупные халистатические области и где при определенных условиях (как, например, в Черном море) может накапливаться значительное количество органического вещества (Страхов и др., 1954).

Третий тип распределения свойствен главным образом подводной окраине материков в тропическом, гумидном и экваториальном климатических поясах. Здесь в связи со спецификой океанологического режима и седиментационного процесса обычно образуется две зоны с повышенным накоплением органического вещества в осадках: одна в прибрежной части шельфа, вторая на материковом склоне и подножьи. Они разделяются зоной, в основном совпадающей с центральной и внешней частями шельфа, где осадки содержат относительно мало органического вещества (например, на востоке Аравийского моря). В некоторых случаях в нижней зоне повышенного накопления органического вещества концентрация его может быть весьма высокой.

Четвертый тип накопления особенно важен. Он характеризуется общим высоким содержанием органического вещества и связан с действием восточных относительно холодных пограничных течений (Бенгельского, Перуанского и др.), интенсивным подъемом глубинных вод и большой биопродуктивностью в тропических областях океана. Этот тип накопления наблюдается в осадках у побережий аридного пояса. Далекое не всегда прослеживается строгое соответствие между содержанием органического вещества и гранулометрией осадка (Гершанович и др., 1972).

Резкие различия в содержании органического вещества между осадками подводных окраин материков и ложа океана (см. таблицу)

Показатели	Шельф ¹	Материковый склон и подножье	Ложе океана
Площадь, км ²	26,7·10 ⁶	76,5·10 ⁶	257,0·10 ⁶
Средняя мощность голоценового слоя осадков, м	0,8	1,5	0,05
Среднее содержание C _{орг} , %	0,7	1,3	0,3
Количество C _{орг} , т	22,4·10 ¹⁰	195,0·10 ¹⁰	5,4·10 ¹⁰
	222,8·10 ¹⁰		

представляют особый интерес. Подводные окраины материков, занимающие в 2,5 раза меньшую площадь, чем ложе океана, представляют собой крупнейшую зону Мирового океана, а возможно и поверхности Земли, где сосредоточиваются колоссальные массы осадочного материала и, в частности, органического вещества. Для океана это хорошо подтверждается подсчетами общего количества органического вещества в пределах голоценового слоя осадков (Q⁴), отвечающего современным условиям осадконакопления. При всей ориентировочности приводимых цифр ввиду недостаточной изученности осадочного слоя океана¹, из сделанных подсчетов видно, что в современных осадках подводных окраин материков (шельфа, материкового склона и подножья) находится в несколько десятков раз больше органического вещества, чем в соответствующих осадках океанского ложа. Разница столь значительна, что можно говорить о совершенно ином порядке аккумуляции органического вещества на подводной окраине материков по сравнению с ложем океана.

Можно предполагать, что подобные или близкие к ним соотношения характерны не только для голоцена и всего четвертичного периода, но и для всего новейшего этапа развития Мирового океана. Полная оценка такого заключения может иметь весьма существенное значение для выявления многих особенностей накопления и преобразования органического вещества в океанских бассейнах прошлых геологических эпох. Очевидно, что чем больше была развита подводная окраина материков, тем более благоприятная обстановка складывалась для аккумуляции органического вещества в периферических океанских осадках, тем большие его массы в целом сосредоточивались на дне океана.

Отчетливо выявляется особое место материкового склона и подножья и накапливающихся в их пределах осадков в аккумуляции основной массы захороняющегося на дне океана органического вещества. Это вытекает в первую очередь из того, что материковый склон и подножье являются главным «вместилищем» всего осадочного материала океанского дна.

В осадках материкового склона и подножья захороняется органическое вещество, продуцируемое непосредственно в их пределах. Кроме того, здесь же оседает органическое вещество, которое образовалось в шельфовой зоне, но не попало в состав шельфовых осадков из-за сравнительно высокой подвижности вод и вместе с тонкими частицами было вынесено за пределы шельфа. Наконец, вместе с органическим веществом шельфового происхождения в осадки материкового склона и подножья поступает часть органического вещества, принесенного речным стоком с суши и прошедшего через шельф транзитом.

Известно, что именно по периферии океана, на подводной окраине материков располагаются наиболее продуктивные области и создается максимальное количество органического вещества. Многие области

¹ Средние мощности голоценового слоя рассчитаны по данным стратиграфии верхнечетвертичных отложений в Тихом и Атлантическом океанах.

океана вне подводных окраин материков, особенно центральные области его, могут рассматриваться как своего рода океанские пустыни, характеризующиеся ничтожной или весьма малой биологической продуктивностью и, следовательно, крайне ограниченным новообразованием органического вещества, которое к тому же подвергается разложению и минерализации при длительном осаждении. По-видимому, не менее $\frac{2}{3}$ всей годичной продукции органического углерода в Мировом океане производится в пределах подводных окраин материков. О. И. Кобленц-Мишке и др. оценивают ее в целом по Мировому океану в 23×10^9 т в год, хотя указывают, что более реальной является величина $25 \div 30 \times 10^9$ т $C_{орг}$ (Кобленц-Мишке и др., 1970). Б. А. Скопинцев (1971) определяет годичную продукцию фитопланктона еще большей величиной — $38,4 \times 10^9$ т $C_{орг}$. Это намного превышает количество органического углерода континентального происхождения, доставляемого речным стоком, которое в балансе органического вещества в океане, как известно, имеет второстепенное значение. По Б. А. Скопинцеву (1950), с суши ежегодно доставляется в океан всего лишь $7,0 \times 10^8$ т органического вещества.

Полагая, что в течение голоцена (10^4 лет) приведенные цифры и соотношения были почти неизменными, можно заключить, что за голоцен в океан образовалось около 23×10^{13} т органического углерода, а с учетом поступившего с суши — $23,5 \times 10^{13}$ т. В голоценовых же осадках, по нашим данным, находится $222,8 \times 10^{10}$ т $C_{орг}$. Следовательно, захороненное в осадках органическое вещество составляет для рассматриваемого периода по отношению к продуцированному в океане и поступившему с суши менее 1%.

Анализ всех данных о распределении органического вещества в современных осадках океана свидетельствует о теснейшей связи накопления органического вещества в донных осадках со всем ходом седиментационного процесса, определяемого взаимодействием геолого-геоморфологических, климатических и океанологических факторов. Интенсивность и пространственная и временная изменчивость этого процесса в пределах подводных окраин материков являются важнейшим обстоятельством при расшифровке аккумуляции органического вещества в осадках океана. Поэтому тектонические и палеогеографические (в том числе и палеоокеанологические) особенности развития подводных окраин материков, их воздействие на весь ход осадкообразовательного процесса имеют первостепенное значение для понимания основных черт геохимии органического вещества океанских осадков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Авилов И. К., Гершанович Д. Е. Литология шельфовых отложений Юго-Западной Африки и Патагонии (автореферат доклада). — «Бюллетень МОИП», отд. геологический, 1967, вып. 4, с. 142—143.
- Авилов И. К., Гершанович Д. Е. Исследования рельефа и донных отложений шельфа Юго-Западной Африки. — «Океанология», 1970, вып. 2, с. 301—306.
- Богданов Ю. А., Лисицын А. П., Романкевич Е. А. Органическое вещество взвесей и донных осадков морей и океанов. — В кн.: Органическое вещество современных и ископаемых осадков. М., 1971, с. 35—103.
- Бордовский О. К. Накопление и преобразование органического вещества в морских осадках. М., «Недра», 1964, 128 с.
- Вебер В. В. Нефтеносные свиты и их современные аналоги. М., «Недра», 1973. 280 с.
- Гершанович Д. Е. Новые данные о накоплении органического вещества в современных осадках крайнего севера Тихого океана. — «Океанология», 1965, вып. 2, с. 298—303.
- Гершанович Д. Е., Авилов И. К., Захаров И. П. Донные осадки подводных окраин материков в Южной Атлантике. — «Труды ВНИРО», 1972, т. LXXV, с. 166—190.

- Горшкова Т. И. Органическое вещество и карбонаты в осадках Баренцева моря. — «Труды ПИНРО», 1957, вып. X, с. 260—280.
- Горшкова Т. И. Органическое вещество в осадках Норвежского моря и условия его накопления. — «Труды ВНИРО», 1962а, т. XLVI, с. 38—57.
- Горшкова Т. И. Органическое вещество осадков Балтийского моря. — «Труды ВНИРО», 1962б, т. XLVI, с. 95—122.
- Емельянов Е. М., Сенин Ю. М. Особенности вещественного состава осадков шельфа Юго-Западной Африки. — «Литология и полезные ископаемые», 1969, № 2, с. 10—25.
- Кленова М. В. Геология моря. М., Учпедгиз, 1948.
- Кобленц-Мишке О. И., Волковинский В. В., Кабанова Ю. Г. Первичная продукция Мирового океана. — В кн.: Программа и методика изучения биогеоценозов водной среды. М., 1970, с. 66—83.
- Накопление и преобразование органических веществ в современных морских осадках. М., Гостехиздат, 1956, 342 с.
- Авт.: В. В. Вебер, Т. Л. Гизбург-Карагичева, А. И. Горская и др.
- Образование осадков в современных водоемах. М., изд-во АН СССР, 1954, 791 с.
- Авт.: Н. М. Страхов, Н. Г. Бродская, Л. Г. Князева и др.
- Романкевич Е. А. Органическое вещество в осадках. Осадкообразование в Тихом океане, 2, «Тихий океан», 1970, с. 107—158.
- Сенин Ю. М. Особенности осадкообразования на шельфе Юго-Западной Африки. — «Литология и полезные ископаемые», 1969, № 4, с. 108—111.
- Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус). — «Труды ГОИНА» 1950, т. 17 (29), 290 с.
- Скопинцев Б. А. Современные достижения в изучении органического вещества вод океанов. — «Океанология», 1971, вып. 6, с. 939—956.
- Agghehus G. Sediment cores from the East Pacific. Report of the Swedish Deep-Sea Exped., 1952, v. 5, part 1.
- Agghehus G. Pelagic sediments, The Sea, 1963, v. 3, p. 665—727.
- Brongersma-Sanders M. Mass mortality in the sea. Mem. Geol. Soc. Amer., 1957, Pt. 1, 67, p. 941—1010.
- Emery K. O. The Sea off Southern California, 1960.
- Trask P. D. Origin and environment of source sediments of petroleum. Houston, 1932.
- Van Andel T. H. Marine Geology of the Gulf of California. Mem. Assoc. Petrol. Geol. Amer. 1964, v. 3.

Some features of the distribution of organic matter in modern sediments

D. E. Gershanovich, T. I. Gorshkova, A. I. Konukhov

SUMMARY

Organic matter is quantitatively ununiformly distributed in the modern sediments of submerged continental margins. The content of organic matter varies from fractions of 1 per cent to 15—20% and depends upon the total sum of oceanologic factors, the most important of which is the value of biological productivity in the World Ocean area discussed. High contents of organic matter occur not only in fine sediments, but also in relatively coarse sediments in areas characterized with high biological production. The heaviest sediments enriched with organic matter (10% of organic C or more) occur in the zone of east boundary currents. Organic matter produced in Holocene in the ocean and discharged from land was mainly deposited in sediments of the continental slope and rise.