

УДК 551.464.38

ЛИТОЛОГИЯ

А. Ю. ЛЕИН, Н. В. ЛОГВИНЕНКО, И. И. ВОЛКОВ,
М. В. ИВАНОВ, А. И. ТРУБИН

МИНЕРАЛЬНЫЙ И ИЗОТОПНЫЙ СОСТАВ ДИАГЕНЕТИЧЕСКИХ КАРБОНАТНЫХ МИНЕРАЛОВ КОНКРЕЦИЙ ИЗ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ОСАДКОВ КАЛИФОРНИЙСКОГО ЗАЛИВА

(Представлено академиком Н. М. Страховым 24 II 1975)

В 9-м рейсе научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев» на шельфе в юго-восточной части Калифорнийского залива на ст. № 666 (24°53'7" с. ш.; 108°42'0" в. д.; глубина 120 м) обнаружены карбонатные конкреции по всей толще однородных восстановленных осадков, начиная с 5–10 см и забоя на глубине 290 см (рис. 1). По внешнему виду конкреции разделяются на три основных группы: 1) уплотненные конкреции

типа «корок», со следами сверления моллюсками, обросшие кораллами, мшанками и другими животными, покрытые с поверхности зеленовато-черным налетом сульфидных минералов (рис. 2, I); 2) светло-серые желваки причудливой округлой, субцилиндрической и сучковатой формы, иногда полые внутри, с гладкой поверхностью (рис. 2, II); 3) округлые стяжения с «шершавой» поверхностью, со значительной примесью раковин и раковинного детрита (рис. 2, III). Концентрические и сложные текстуры в конкрециях не наблюдаются.

По химическому составу все конкреции близки между собой (табл. 1). В составе карбонатов конкреций, при пересчете их на 100%, содержится 11,0–15,4% MgO.

Изучение в шлифах и иммерсии показало, что карбонатные минералы конкреций находятся в тонком срастании с глинистыми минералами и пиритом, образуя зеленовато-серый «цемент» пелитоморфной структуры, в который погружены песчано-алевритовые обломки ортоклаза, альбита, кварца и других минералов, раковины, кусочки древесины, обрывки гумусированных тканей и пр. В горизонтах осадков ниже 45 см установлена полная идентичность гранулометрического и мине-

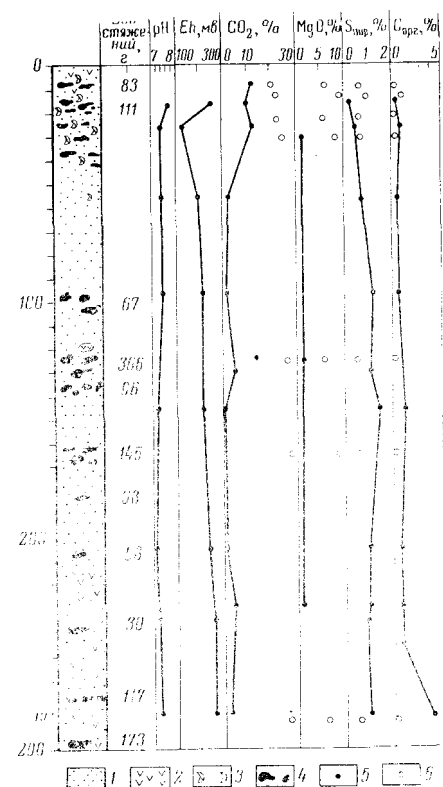


Рис. 1. Распределение CO_2 , MgO , $\text{S}_{\text{сп}}$ и $\text{S}_{\text{орг}}$ в илах и карбонатных конкрециях ст. № 666. 1 – терригенный ил; 2 – вулканогенный материал; 3 – раковинный детрит; 4 – карбонатные конкреции; 5, 6 – содержание различных компонентов в илах (5) и конкрециях (6)

рального состава силикатной части конкреций и вмещающих их илов. Поэтому можно считать, что конкреции образовались в тех илах, в которых они обнаружены. Конкреции верхней части разреза (рис. 2, I) после своего образования оказались на какой-то период в аэробной обстановке на



Рис. 2. Внешний вид карбонатных конкреций. I — горизонт 5–45 см, II — 95–170 см, III — 160–290 см. 1–19 — номера конкреций

поверхности иловых отложений, где они подверглись частичному механическому и химическому разрушению. Размеры карбонатных частиц не превышают 0,005–0,007 мм, в связи с чем диагностика карбонатных минералов осуществлялась главным образом по данным рентгеноструктурного анализа (рис. 3). Рефлекс 2,90–2,91 Å с интенсивностью 10 на рентгенограммах трех типичных конкреций указывает на присутствие минерала из группы доломита. Завышение межплоскостных расстояний на 0,02–0,03 Å сравнительно с чистым доломитом ($d/n=2,88$ Å) объясняется изоморфным замещением в доломите части ионов Mg^{2+} с меньшим радиусом на ионы Ca^{2+} с большим радиусом. Такое замещение свойственно доломитоподобному минералу с избыточным содержанием $CaCO_3$ — протодоломиту (¹⁻³). На присутствие кальцита в образцах указывают рефлексы 2,97–2,98 Å с интенсивностью 9 и рефлекс 2,99 Å с интенсивностью 10 (рис. 3). Смещение основного рефлекса кальцита в сторону больших углов сравнительно с химически чистым ($d/n=3,03$ Å (⁴)) и его ослабление, скорее всего, вызвано изоморфным замещением части Ca^{2+} ионами Mg^{2+} . На термограммах

Таблица 1

Химический состав карбонатных конкреций (%) *

Компонент	№ 9	№ 12	№ 15
SiO ₂	25,05	24,58	21,74
Al ₂ O ₃	8,25	7,08	5,06
Fe ₂ O ₃	2,25	1,50	2,03
TiO ₂	0,25	0,35	0,34
CaO	22,47	24,67	26,38
MgO	9,22	6,88	9,43
MnO	0,08	0,29	0,12
P ₂ O ₅	0,37	0,22	0,29
K ₂ O	2,29	2,28	2,01
Na ₂ O	2,56	2,56	2,10
SrO	0,09	0,09	0,10
S ⁻² _{пир}	0,68	0,45	0,62
SO ₄	0,42	0,25	0,27
CO ₂	25,30	27,68	28,65
Сорг	0,50	0,29	0,48
H ₂ O	0,47	0,65	0,48
Н.о.	40,60	37,30	38,78
Сумма	100,16	99,73	100,10
Пересчет карбонатных компонентов на 100%			
CaO	39,79	41,89	41,53
MgO	15,39	11,09	14,20
CO ₂	44,82	47,02	44,27

* Аналитик Е. В. Кашпарова, Институт биохимии и физиологии микроорганизмов АН СССР.

Таблица 2

Изотопный состав серы пирита и углерода карбонатов (протоделомита и магнезального кальцита) в конкрециях и илах (‰)

Горизонт, см	№ конкр.	δ ³⁴ S		δ ¹³ C	
		илы	конкр.	илы	конкр.
20—45	8	-28,0	-10,8	—	-20,0
	9		-8,6	—	-24,9
120—140	12	-6,7	-7,5	-14,5	-18,1
160—170	15		+5,2	-15,6	-19,9
270—280	18	+5,5	+8,8	—	-18,6

Примечание. Уменьшение величин δ¹³C в карбонатах илов объясняется примесью обломков раковин, δ¹³C карбоната которых по 6 определениям варьирует в пределах от -0,2 до +2,7‰. Аналитики — А. Г. Матросов, А. М. Якун, В. Бондарь.

карбонатных конкреций отмечается два эндотермических эффекта: слабый при 760—780° и сильный при 880—900°, что, видимо, обусловлено выделением CO₂, связанной соответственно с ионами Mg²⁺ и Ca²⁺ в структуре минералов.

Изучение под микроскопом, химический, рентгеноструктурный и термический анализы позволили установить, что пелитоморфные карбонатные минералы всех конкреций представлены протоделомитом с некоторой примесью магнезального кальцита. Но расчет количественных соотношений и точных формул этих минералов затруднителен из-за невозможности надежного разделения карбонатов и отделения их от силикатной части конкреций.

Присутствие до 1–2% пирита в составе конкреций (см. рис. 1) и сходство изотопного состава пирита конкреций и вмещающих их илов (табл. 2) свидетельствуют об интенсивно протекавших процессах микробиологической редукции сульфатов иловых вод во время конкрецтеобразования. Известно, что при анаэробном окислении органического вещества в илах наряду с сероводородом выделяется углекислота⁽³⁾, углерод которой наследует изотопный состав углерода использованного органического вещества. Значения $\delta^{13}\text{C}$ органического вещества морских илов колеблются от $-19,3$ до $-26,2\text{‰}$ (6). До проведения настоящей работы диагенетические карбонаты современных морских осадков с таким легким изотопным составом известны не были (6, 7). В изученных нами конкрециях значения величин $\delta^{13}\text{C}$ пелитоморфных карбонатных минералов варьируют в пределах от $-18,1$ до $-25,5\text{‰}$ (табл. 2), характерных для органического вещества морских илов. При любом другом источнике углекислоты (терригенный снос карбонатов, растворение раковинного детрита, бикарбонат морской воды) изотопный состав был бы тяжелее: $\delta^{13}\text{C} = -10\text{‰}$ (6).

Таким образом, в терригенных песчано - глинисто - алевроитовых илах шельфа Калифорнийского залива при условиях, неблагоприятных для седиментации карбонатов, происходило диагенетическое образование карбонатных минералов за счет углекислоты, выделяющейся при анаэробном микробиологическом разложении органического вещества иловых отложений. Принципиальный механизм образования такого диагенетического карбоната рассмотрен в работах Н. М. Страхова (5, 8) на примере восстановленных осадков Черного моря.

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов
(Пущино-на-Оке) и
Институт океанологии им. П. П. Ширшова (Москва)
Академии наук СССР

Поступило
31 I 1975

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ D. L. Graf, G. R. Goldsmith, J. Geol., v. 64 (1956). ² M. Leone, R. Alaimo, J. Sediment. Petrol., v. 44, № 1 (1974). ³ Д. С. Туровский, А. Б. Шенко, Литол. и полезн. ископ., № 5 (1973). ⁴ D. L. Graf, Am. Mineral., № 46 (1961). ⁵ Н. М. Страхов, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1953). ⁶ Э. М. Галимов, Изотопы углерода в нефтегазовой геологии, М., «Недра», 1973. ⁷ В. А. Гриненко, Л. П. Гриненко, Геохимия изотопов серы, М., «Наука», 1974. ⁸ Н. М. Страхов, Тр. Геол. ин-та, в. 124, геол. сер., № 45 (1951).

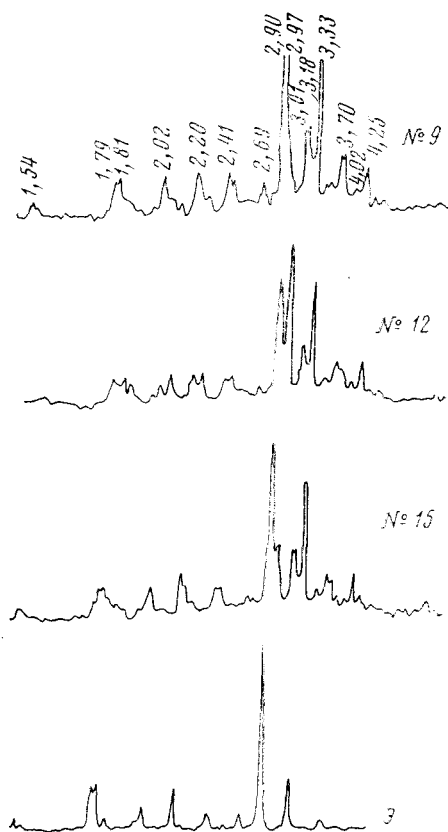


Рис. 3. Рентгенодифрактограммы карбонатных конкреций (образцы, насыщенные этиленгликолем). Э — эталонный доломит. Режим съемки: УРС-55А; 30 кв; 12 ма; камера РКД=57,3 мм; экспозиция 30 мин.; УРС-50ИМ; 30 кв; 12 ма; скорость движения счетчика $1^\circ/\text{мин.}$, диаграммой ленты 10 мм/мин. Аналитик А. И. Трубин, Институт агрохимии и почвоведения АН СССР