

Т. Н. ЕВРЕЙНОВА, Л. Г. МИНАЕВА, Л. Я. КИЗИЛЬШТЕЙН,
Т. В. МАМОНТОВА, Л. Л. ЛИТИНСКАЯ, Ю. Р. ХРУСТ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОАЦЕРВАТНЫХ КАПЕЛЬ ИЗ ГИДРАТА ЗАКИСИ ЖЕЛЕЗА

(Представлено академиком А. И. Опариным 11 X 1974)

Коацерватные капли являются одной из промежуточных ступеней на пути эволюции материи к жизни (1). Основное свойство коацерватных систем состоит в концентрировании молекул в каплях. До сих пор количественные измерения содержания молекул проводились в каплях, получаемых из органических соединений и биополимеров, причем нами установлена определенная зависимость между размерами капель, содержанием и концентрацией в них химических соединений. Качественно показано, что минеральные соединения различных металлов, в том числе и Fe, также могут концентрироваться в белково-углеводных каплях (2).

Цель предлагаемой работы состоит в выяснении концентрационной способности минеральных соединений, в частности раствора гидрата закиси железа при образовании из него коацерватных капель. Впервые были получены коацерватные капли с участием $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и показано их значение для формирования фрамбоидальных форм минерала пирита (3).

Методика. Состав коацерватных систем: 1% водный раствор соли Мора смешивали по объему в отношении 1:1 с щелочным раствором сегнетовой соли (на 100 мл водного раствора брали 20 г сегнетовой соли и 15 г NaOH). Возникшие капли имели светло-зеленый цвет и диаметр от 7 до 30 мкм. Измерение содержания $\text{Fe}(\text{OH})_2$ в индивидуальных каплях проводили методом цитоспектрофотометрии. Для этого применяли главным образом экспериментальную модель — сканирующий интегрирующий цитоспектрофотометр СИМ-1 (6, 7), а также дополнительно микрофотометр Научно-исследовательского института нейрокибернетики Северо-Кавказского научного центра.

С помощью этих приборов измеряли размеры капель с объективом $40\times 0,65$, а также оптическую плотность при $\lambda=437$ нм. Найденный нами абсорбционный коэффициент при $\lambda=437$ нм составлял для $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 1,62 см/г·100 мл и соответственно в пересчете на атомарное железо 2,6 см/г·100 мл. Расчет количества и концентрации $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и Fe в каплях проводили по величине оптической плотности с использованием абсорбционных коэффициентов по известным формулам (2). Погрешность метода составляла 2–5% от найденной величины. Всего было измерено свыше 200 капель. Часть результатов дана на рис. 1 и в табл. 1. В табл. 1 указаны расчеты содержания $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и Fe, так как это представляет интерес для вопросов, связанных с генезисом минерала пирита.

Результаты и обсуждение. 1. В коацерватных каплях диаметром от 7,34 до 24,90 мкм найдено от $147 \cdot 10^{-12}$ до $3006,38 \cdot 10^{-12}$ г гидра-

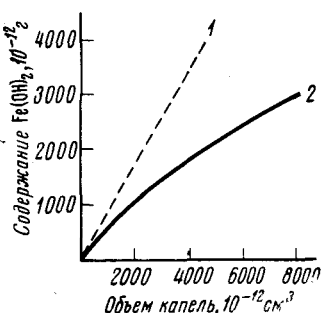


Рис. 1. Содержание $\text{Fe}(\text{OH})_2$ в индивидуальных коацерватных каплях. 1 — расчетное при постоянной концентрации $\text{Fe}(\text{OH})_2$, найденного в капле наименьшего диаметра, 2 — полученное экспериментально

Содержание гидрата закиси железа и железа в коацерватных каплях

№№ п.п.	Диаметр, 10^{-4} см	Объем, 10^{-12} см	Содержание, 10^{-12} г		Концентрация, %		К* (концентрационный показат.)
			Fe(OH) ₂	Fe	Fe(OH) ₂	Fe	
1	7,34	207,06	147,17	91,24	71,08	44,07	309
2	8,90	369,09	251,68	156,04	68,19	42,28	296
3	9,76	486,72	326,29	202,30	67,04	41,56	291
4	10,52	609,67	403,66	250,27	66,21	41,05	288
5	11,82	864,78	541,09	335,48	62,57	38,79	272
6	13,64	1328,75	775,59	480,85	58,37	36,19	254
7	14,72	1677,02	950,53	589,33	56,68	35,14	246
8	15,92	2112,76	1146,59	710,89	54,27	33,65	236
9	16,68	2430,01	1275,25	790,66	52,48	32,54	227
10	18,18	3146,31	1577,55	978,08	50,14	31,09	218
11	19,00	3591,54	1727,88	1071,28	48,11	29,83	209
12	20,48	497,90	2004,26	1242,64	44,56	27,63	194
13	22,32	596,26	2535,21	1571,83	42,28	26,21	184
14	23,20	638,59	2657,28	1647,61	40,64	25,20	176
15	24,90	8083,85	3005,38	1853,95	37,19	23,06	162

* $K = C$ (концентрация в капле) / C_p (концентрация в исходном растворе), например C_p для Fe(OH)₂ равно 0,23%.

та закиси железа, причем концентрация последнего в каплях менялась от 71,08 до 37,19%. При пересчете на атомарное железо количество его в каплях колеблется от $91,24 \cdot 10^{-12}$ до $1863,95 \cdot 10^{-12}$ г, а концентрация составляет 44,07 до 23,06%. 2. В коацерватной системе присутствуют капли, имеющие различную концентрацию гидрата закиси железа, зависящую от размеров капель (хотя сами капли образовались из одного и того же раствора с определенной концентрацией). 3. Существует обратная зависимость между размерами минеральных коацерватных капель гидрата закиси железа и концентрацией в них молекул. Чем больше капля, тем меньше в ней концентрация гидрата закиси железа, а содержание его выше. 4. Во всех случаях коацервация сопровождается значительным концентрированием гидрата закиси железа в каплях (в сотни раз по сравнению с исходными растворами, из которых образовались капли).

Таким образом, для минеральных коацерватных капель гидрата закиси железа имеется такая же зависимость между их линейными и весовыми параметрами, как для всех изученных ранее капель, полученных из биополимеров белков, нуклеиновых кислот, ферментов и других органических соединений (²⁻⁴). Данный факт свидетельствует об общих закономерностях этого явления в природе. Результаты представляют также интерес для минералогии, а именно для рационального объяснения морфологии, структуры и происхождения некоторых минеральных агрегатов (в частности, так называемых фрамбоидальных структур сульфидов железа, широко распространенных в самых различных природных средах). Фрамбонды представляют собой плотные шаровидные скопления мельчайших кристалликов пирита. До недавнего времени вопрос об их происхождении оставался весьма спорным. Экспериментальными исследованиями показано, что фрамбонды представляют собой коацерватные капли гидрата закиси железа, образующиеся из солей Fe²⁺ в восстановительной среде при pH более 5,6 и наличии растворенного органического вещества, оказывающего стабилизирующее воздействие на коллоидные растворы Fe(OH)₂. Взаимодействие с сероводородом приводит к постепенному замещению гидрата закиси железа коацерватных капель моносульфидом железа, дальнейшее преобразование которого ведет к формированию фрамбоидальных форм пирита.

Авторы приносят свою благодарность акад. А. И. Опарину за его внимание к нашим работам.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
Ростовский-на-Дону
государственный университет

Поступило
11 X 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. И. Опарин, Возникновение жизни на Земле, М., 1966. ² Т. Н. Евреинова, Концентрирование веществ и действие ферментов в коацерватах, «Наука», 1966.
³ Т. Н. Евреинова, Коацерватные капли и происхождение жизни. Новое в жизни, науке и технике, Эволюционная биохимия, № 4, М., 1973. ⁴ Т. Н. Evreinova, T. V. Matonlova et al., Intern. Conf. on the Origin of Life. Spain, Barcelona, June, 25-28, 1973, Abstr. 23. ⁵ Л. Я. Кизильштейн, Л. Г. Минаева, ДАН, т. 206, № 5 (1972).
⁶ Ю. Р. Хруст, Л. Л. Литинская и др., Цитология, т. 13, № 12, 1525 (1971). ⁷ Ю. Р. Хруст, Л. Л. Литинская и др., Методическое пособие по количественной цитохимии, М., 1973.