

Л. Г. МИНАЕВА, Л. Я. КИЗИЛЬШТЕЙН, В. Б. БЕСЕДИН

**НЕКОТОРЫЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
КОАЦЕРВАТНЫМИ КАПЛЯМИ ГИДРАТА ЗАКИСИ ЖЕЛЕЗА**

(Представлено академиком Н. М. Страховым 17 V 1973)

Ранее ⁽¹⁾ авторами были исследованы условия возникновения коацерватных капель гидрата закиси железа и их связь с фрамбоидальными формами сульфидов. В настоящей работе изучено концентрирование коацерватными каплями $\text{Fe}(\text{OH})_2$ органических соединений и изложены соображения относительно биогеохимической роли этого процесса.

Поглощение различных веществ из окружающей среды хорошо изучено лишь на примере коацерватных систем из биокolloидов; при этом установлено, что высокомолекулярные соединения адсорбируются каплями много интенсивнее, чем низкомолекулярные ⁽²⁻⁵⁾.

Коацерватные капли $\text{Fe}(\text{OH})_2$ получали из растворов закисного железа при pH выше 5,5. К полученному коацервату добавляли органические соединения разного молекулярного веса: муравьинокислый натрий, меченный по углероду ($M = 68$), лейцин ($M = 131$) и сывороточный альбумин ($M = 7500$). Анализ распределения этих соединений между каплями и равновесной жидкостью был выполнен по схеме, предложенной Евреиновой ⁽²⁾.

Установлено, что в коацерватных каплях гидрата закиси железа происходит значительное концентрирование добавленных органических соединений. При этом чем ниже концентрация этих веществ в коацервате, тем большая их часть обнаруживается в коацерватных каплях (рис. 1). Подобное явление, характерное и для органических коацерватов, объясняется наличием верхнего предела насыщения капель веществом, растворенным в окружающей среде ⁽²⁾. Для муравьинокислого натрия (рис. 1, 1) насыщение становится заметным при концентрации $165 \cdot 10^{-6}$ г в объеме всего коацервата. При минимальной концентрации ($0,165 \cdot 10^{-6}$ г) в каплях обнаружено 73,57% муравьинокислого натрия, внесенного в раствор. Это в 18 раз превышает его содержание в исходном коацервате и в 66 раз количество, оставшееся в равновесной жидкости (при расчете на единицу объема).

Лейцин (рис. 1, 2), молекулярный вес которого примерно в 3 раза больше, чем у муравьиной кислоты, поглощается каплями в гораздо большей степени. Насыщение наступает при концентрации $320 \cdot 10^{-6}$ г, а максимальное поглощение — при $100 \cdot 10^{-6}$ г аминокислоты во всем коацервате.

И, наконец, наиболее интенсивно происходит концентрирование сывороточного альбумина (рис. 1, 3). Уже при концентрации $300 \cdot 10^{-6}$ г белок исчезает из равновесной жидкости и полностью переходит в капли.

Механизм концентрирования органических соединений объясняется наличием у коацерватных капель гидрата закиси железа положительного заряда, компенсируя который, они могут поглощать из раствора определенное количество противоположно заряженных ионов. В щелочной среде коацервата отрицательно заряженными оказываются макроионы добавленных органических соединений, вес которых всего на единицу меньше веса целой молекулы (за счет отщепления водорода при диссоциации).

Таким образом, количество вещества, которое может поглотиться каплей, пропорционально его молекулярному весу (см. рис. 1). Нарушение такой закономерности при поглощении объясняется наличием в его молекуле нескольких отрицательно заряженных карбоксильных групп.

Полученные данные могут быть сопоставлены с известными фактами концентрации органического вещества в фрамбоидальных формах пирита, имеющих, как известно, широкое распространение в осадочных и метаморфических породах (⁶⁻⁸).

Авторами (⁹) в сульфиды, выделенных из углей Донецкого бассейна, обнаружены 12 аминокислот и сахара в концентрациях, значительно более высоких, чем во вмещающем угольном веществе.

Как было показано (⁴), фрамбоиды образуются из коацерватных капель гидрата закиси железа в результате диффузии сероводорода внутрь капель и их замещения вначале моносulfидом, а затем, при кристаллизации последнего, — дисulfидом (пиритом). Концентрация органического вещества могла происходить еще на стадии формирования коацерватных капель $Fe(OH)_2$. Быстрое замещение капель сульфидом железа консервировало органические соединения в условиях восстановительной среды, обеспечивая их неограниченно длительное сохранение в ископаемых осадках. Не исключено вследствие этого, что гипергенные фрамбоидальные сульфиды окажутся важным источником сведений о первичном составе древнего органического вещества.

Установление концентрирующей способности коацерватных капель гидрата закиси железа по отношению к органическим соединениям представляет интерес в связи с концепцией акад. А. И. Опарина — его коацерватной теорией происхождения жизни (¹⁰). В начальный период абиогенного синтеза органических соединений их концентрация в мировом океане могла быть недостаточной для образования органических коацерватных капель. Вместе с тем, геохимическая обстановка (восстановительная среда $pH \sim 7$, высокие концентрации закисного железа (¹¹⁻¹³)) благоприятствовала формированию коацерватов гидрата закиси железа. Роль стабилизирующих агентов могли выполнять различные соединения кремния и сероводород. Коацерватные капли $Fe(OH)_2$, образовавшиеся в первичном океане, явились объектами, в которых происходила начальная концентрация абиогенных органических соединений и их взаимодействие.

Важным обстоятельством, указывающим на возможное участие коацерватов $Fe(OH)_2$ в возникновении жизни, является та исключительная роль, которую играет железо в регулировании ряда биохимических процессов в живом организме. Известно, что железо само по себе является довольно сильным катализатором многих химических реакций, а сочетание его с органическими молекулами увеличивает каталитическое действие новых соединений на 8—9 порядков (^{10, 14}). Взаимодействие железа коацерватных капель $Fe(OH)_2$ с молекулами поглощенных органических соединений могло привести к возникновению примитивных железосодержащих ферментов, катализирующих простейшие окислительно-восстановительные реакции, связанные с переносом водорода или электрона. Именно такие реакции были наиболее ранними звеньями зарождающегося обмена веществ в восстановительных условиях первичной гидросферы Земли (^{10, 14}).

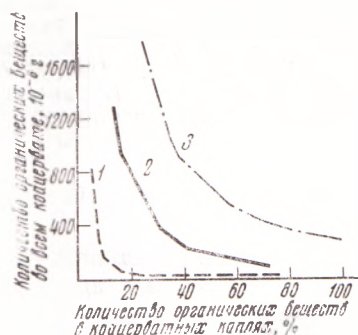


Рис. 1

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Я. Кизильштейн, Л. Г. Минаева, ДАН, т. 206, № 5 (1972).
- ² Т. Н. Евреино-
ва, Концентрирование веществ и действие ферментов в коацерватах, «Наука», 1966.
- ³ А. С. Трошин, Проблемы клеточной проницаемости, Изд. АН СССР, 1956.
- ⁴ Vin-
genberg de Jong, La coacervation, Paris, 1936.
- ⁵ В. Дибл, И. Холоупка, И. Малек,
В сборн. Проблемы эволюционной и технической биохимии, «Наука», 1964.
- ⁶ L. G.
Love, Sedimentologie and Ore Genesis, v. 2, 1964.
- ⁷ G. Kato, Mem. Fac. Sci., Ser. D,
Geologie, v. 18 (1967).
- ⁸ Л. Я. Кизильштейн, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1969).
- ⁹ Л. Я. Кизильштейн, Л. Г. Минаева, Междунардн. геохим. конгресс. Тез. докл., т. 2,
1971.
- ¹⁰ А. И. Опарин, Жизнь, ее природа, происхождение и развитие, «Наука»,
1968.
- ¹¹ Н. М. Страхов, Железорудные формации и их аналоги в истории Земли,
Изд. АН СССР, 1947.
- ¹² Н. М. Страхов, Типы литогенеза и их эволюция в истории
Земли, 1963.
- ¹³ А. П. Виноградов, Введение в геохимию океана, «Наука», 1967.
- ¹⁴ М. Кальвин, Химическая эволюция, М., 1971.