

Г. С. ГОЛДЫРЕВ

КОНКРЕЦИИ СУЛЬФИДОВ ЖЕЛЕЗА В ДОННЫХ ОСАДКАХ БАЙКАЛА

(Представлено академиком Н. М. Страховым 14 I 1971)

Аутигенные сульфиды железа в виде так называемых «оруденелых бактерий» или фрамбоидальных форм в осадочных образованиях разного возраста известны давно (¹⁻⁷). Изучены также конкреции сульфидов железа из современных осадков Черного моря и условия их образования (⁸⁻¹⁰). Совсем недавно «оруденелые бактерии» обнаружены в современных океанических илах (¹¹).

Нами собран материал по сульфидным конкрециям из современных отложений оз. Байкал, свидетельствующий о широком распространении сульфидов железа в байкальских осадках. Отмывкой выделялись конкреции сульфидов из толщи осадка (от 0,1 до 6 м) сразу же по извлечении колонки грунта из грунтовой трубки. Среди отобранного материала есть шарообразные одиночные формы и их агрегаты; широко распространены лепешкообразные, веточкоподобные и цилиндрические формы. По внешнему виду различаются конкреции с ярким латунным цветом и металлическим блеском и с очень бледным латунным же или серым цветом, тусклые. Последние по извлечении их из осадка в сыром состоянии на воздухе сразу же покрываются пленкой гидроокислов железа.

Проводился просмотр конкреций под бинокляром, а также изучение изготовленных из них полированных шлифов. В результате был выяснен минеральный состав конкреций и их строение.

Наиболее распространены конкреции в общих чертах следующего строения. В основном они состоят из пирротина и пирита; изредка, в весьма незначительных количествах, присутствует мельниквит, развивающийся по пирротину. Независимо от формы конкреция обычно сложена сферическими или близкими к ним по форме образованиями — микросфероидами, «цементированными» чаще только пирротинном, а реже — пирротинном и нерудным веществом (рис. 1а). Микросфероиды, в свою очередь, состоят из множества округлых изометричных образований — глобул пирита и «цементирующего» их материала, обычно пирротина, аналогичного пирротину «цемента» конкреции (рис. 1б). Реже глобулы «цементируются» пирротинном и нерудным веществом, присутствующими совместно в одном микросфероиде. Почти каждый микросфероид имеет оболочку, которая по толщине варьирует от тончайшей пленки до 0,1 величины радиуса микросфероида, а иногда и более. Обычно она состоит из пирротина более темной окраски и с меньшей отражательной способностью, чем пирротин «цемента» в микросфероиде.

Весьма существенной деталью внутреннего строения микросфероидов является различная насыщенность глобулами пирита не только разных сфероидов, но и отдельных участков одного сфероида. С насыщенностью глобулами тесно связана и другая особенность — характер их расположения. С увеличением степени насыщенности возрастает также и степень упорядоченности глобул. Это относится и к разным микросфероидам, и к отдельным участкам одного сфероида.

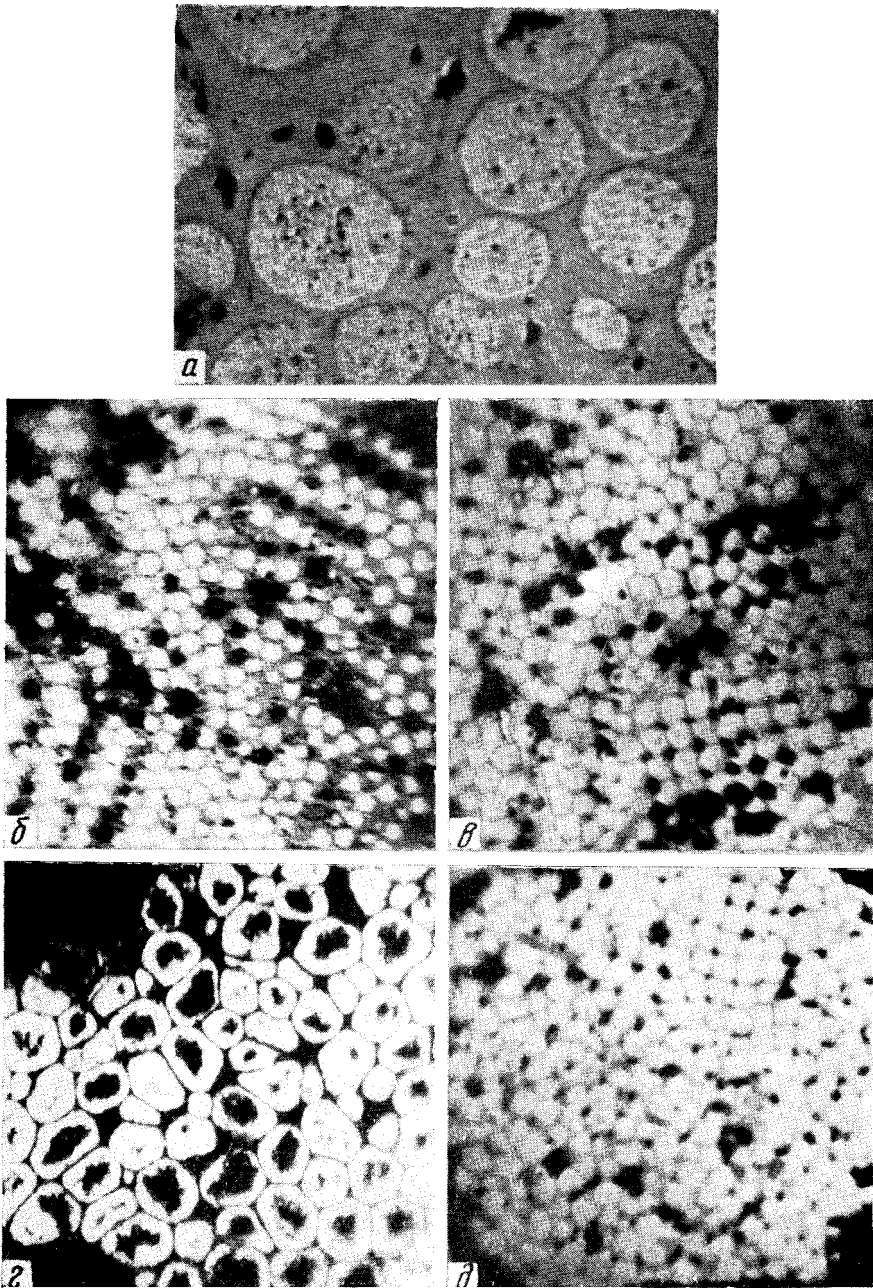


Рис. 1. *a* — сульфидная конкреция, состоящая из микросфероидов (светлые округлые образования) и пиррогинового «цемента» (темно-серая вмещающая микросфероиды масса); черные пятна — нерудное вещество и выкрошившиеся при изготовлении шлифа участки ($325\times$); *б* — микросфероид, состоящий из глобул пирита (светлые шарики) и микрокристаллической массы пирротина (серая «цементирующая» масса); хорошо видно упорядоченное и беспорядочное расположение глобул ($2250\times$); *в* — характер расположения глобул в микросфероиде: в шахматном порядке и по квадратной сетке ($2850\times$); *г* — микросфероиды, деформированные еще в пластичном состоянии ($325\times$); *д* — глобулы, имеющие несферическую форму в результате раскристаллизации слагающего их пирита ($2800\times$). Все микрофотографии выполнены в отраженном свете

Упорядоченность может быть различной и по форме. Это так называемая плотная уаковка, когда глобулы расположены в шахматном порядке: тогда они либо совсем прилегают друг к другу, либо между ними хорошо виден «цементирующий» материал. При менее плотной уаковке центры глобул располагаются в местах пересечения прямых линий в квадратной сетке (см. рис. 1а). Иногда глобулы расположены по дугообразным линиям или же их ряды, образующие прямые линии, пересекаются под острым или тупым углом. Встречается также расположение глобул по концентрическим окружностям.

Беспорядочное расположение глобул наблюдается чаще в тех микро-сфероидов, где глобул и «цементирующей» массы примерно одинаковое количество, или же когда глобул меньше, чем «цемента». Часто глобулы расположены за пределами микросфероидов, непосредственно в «цементирующей» массе конкреции, при этом либо в одиночку, либо группами по 4—6 штук, без какой-либо объединяющей их оболочки.

Размеры сульфидных конкреций различны: от мельчайших микрошариков до сферических и другой формы образований с поперечником 5 мм и более; пластинчатые формы часто имеют площадь до 25 см² и толщину до 2 мм. Микросфероиды также различны по размерам: от 0,005 до 0,08 мм в поперечнике. Размеры их варьируют и в пределах одной конкреции. Глобулы пирита преимущественно чуть меньше 0,001 мм, максимальный их размер не более 0,003 мм. В одном микросфероиде глобулы чаще одинаковы по величине, но отмечается и расхождение размеров в диапазоне от 0,001 до 0,003 мм. Какой-либо закономерной зависимости между размерами конкреций и микросфероидов не обнаружено.

Встречаются также конкреции, сложенные микросфероидами не сферической формы, по деформированными и плотно прилегающими друг к другу (рис. 1б). Единственным объяснением образования такой формы следует признать формирование конкреций тогда, когда микросфероиды были еще в пластичном состоянии и испытали при этом сдавливающее воздействие окружающего осадка. Однако, судя по форме микросфероидов и наличию некоторого свободного пространства между ними, сдавливающее усилие было незначительным.

Необходимо отметить, что в этих образованиях распространен процесс раскristализации, проявляющийся в различных участках конкреции, независимо от ее строения, что является бесспорным свидетельством его вторичности. Особенно наглядна раскristализация в глобулах пирита (рис. 1в).

Отмечается прямая зависимость между магнитностью конкреций и количеством в них пирротина, подсчет которого производился при изучении полированных шлифов. Это, по-видимому, может в какой-то мере свидетельствовать о равномерном распределении глобул пирита в массе пирротина.

Спектральным анализом установлено присутствие в конкрециях кобальта, никеля, бария и марганца — в сотых долях (0,06—0,07) процента.

Условия образования и процессы, приводящие к формированию сульфидов и их конкреций в осадках и осадочных породах с участием живой и неживой материи, достаточно исследованы (^{8, 9, 11—13}). В данном случае интерес представляют некоторые детали, определяющие структуру и состав конкреционных образований.

Как видно из изложенного, в строении байкальских конкреций есть много общего с «оруденелыми бактериями». В тех и других — мельчайшие (0,001—0,003 мм) зерна-глобулы пирита. Расположение их во вмещающей массе примерно одинаково. В том и другом случае вмещающей, «цементирующей» массой часто является сульфид железа, с той лишь разницей, что в «оруденелых бактериях» это пирит, а в байкальских конкрециях — пирротин (нет ни одной конкреции, где «цементом» был бы не пирротин, а другой сульфид). Все это весьма существенно для уяснения усло-

вий формирования конкреций. И. И. Волков (9) отмечает возможность раскристаллизации смеси сульфидов железа в конкрециях на пирит и пирротин. Если бы в байкальских сульфидных конкрециях происходила раскристаллизация сульфидной смеси, то пирит был бы представлен не только глобулами — он был бы распространен в теле конкреции значительно шире, составляя участки вмещающей массы.

По нашим представлениям, формирование байкальских сульфидных конкреций протекает в несколько иной обстановке, чем образование «оруденелых бактерий». В отдельных участках коллоидальной пластичной массы гидротроилита, широко распространенного в байкальских донных осадках, в результате жизнедеятельности микроорганизмов и их колоний происходит формирование глобул пирита и их скоплений — микросферондов. Возможно, что пирит генерируется в теле микроорганизма (14), но вполне допустимо и другое: микроорганизм дает порцию свободной серы, необходимой для образования дисульфида, что приводит к образованию глобул пирита хемогенным путем в отдельных участках гидротроилитовой массы. Нет оснований отдать предпочтение одному из этих возможных путей генерации дисульфида, да это и не имеет в данном случае принципиального значения. Одновременно с образованием глобул пирита и их скоплений вмещающая их масса гидротроилита также преобразуется, — из нее формируется пирротин. Все это происходит в стадию раннего диагенеза.

Если исходить из такого объяснения генезиса сульфидных конкреций байкальских илов со всеми особенностями их минерального состава и строения, то следует подчеркнуть своеобразие геохимической обстановки в осадках Байкала, заключающееся в дефиците свободной серы, необходимой для генерации дисульфида железа. Свидетельством тому является присутствие дисульфида железа в виде пирита только в глобулах. Весьма редко встречающийся мельниквит образует очень мелкие участки неопределенной формы и является вторичным по пирротину. Что же касается удельного веса в генезисе конкреций биогенного и хемогенного факторов, то их следует признать равнозначными.

Автор приносит сердечную благодарность Т. А. Младовой за консультации по некоторым вопросам микробиологии.

Лимнологический институт
Сибирского отделения Академии наук СССР
пос. Лиственичное на Байкале

Поступило
20 XI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 1 Н. С. Скрипченко, ДАН, 181, № 6 (1968). 2 Л. Я. Кизильштейн, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1969). 3 П. Рамдор, Рудные минералы и их сростания, М., 1962. 4 В. И. Смирнов, Проблемы генезиса руд, М., 1964. 5 Г. Шнейдерхён, Рудные месторождения, М., 1958. 6 А. О. Розенцвит, Г. Ю. Эпштейн, ДАН, 150, № 5 (1963). 7 Ф. В. Чухров, Коллоиды в Земной коре, Изд. АН СССР, 1955. 8 И. И. Волков, Э. А. Остреумов, ДАН, 116, № 4 (1957). 9 И. И. Волков, Тр. Инст. океанол. АН СССР, 67 (1964). 10 Г. Ю. Бутузова, Литол. и полезн. ископ., № 4 (1969). 11 Ф. В. Чухров, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1936). 12 Н. М. Страхов, Литол. и полезн. ископ., № 1 (1963). 13 С. И. Кузнецов, Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность, Изд. АН СССР, 1970. 14 Н. С. Скрипченко, ДАН, 192, № 6 (1970).