

Н. С. СКРИПЧЕНКО

УПОРЯДОЧЕННОСТЬ СТРУКТУРЫ «ОРУДЕНЕЛЫХ БАКТЕРИЙ»

(Представлено академиком В. И. Смирновым 18 VI 1970)

К «оруденелым бактериям» относятся микроглобулярные пиритные выделения диаметром 5—50 μ и состоящие из правильных равномерных зерен пирита. В литературе обсуждается три гипотезы происхождения этих выделений: 1. «Оруденелые бактерии» являются метасоматическими глобулярными стяжениями пирита, образовавшимися либо по отмершим микроорганизмам (^{1, 2}), либо по гомогенным стяжениям коллоидального сульфида железа (³). 2. «Бактерии» относятся к сульфатредуцирующим микробам, которые в процессе жизнедеятельности генерировали гидросульфид железа. Кристаллы пирита образовались после смерти микробов вследствие перекристаллизации гидросульфида (⁴). 3. Гипотеза сходна с гипотезой 2, но предполагается, что кристаллы пирита образовались при жизни «бактерий», причем каждый кристалл заключен внутри одной из многочисленных ячеек сферического тела микроба (^{5, 6}).

«Оруденелые бактерии» установлены в сульфидных рудах многих крупных стратиформных месторождений вулканических и терригенных флишоидных формаций и имеют здесь тесную парагенетическую связь с сульфидами меди, цинка и свинца. Естественно, каждая из названных гипотез влечет за собой автоматически решение основных черт генезиса руд. В связи с этим вопрос о происхождении «оруденелых бактерий» приобретает в современной геологии проблемное значение. При разрешении этой проблемы изучение внутренней структуры «оруденелых бактерий» играет главную роль. Ранее опубликованные результаты этого изучения показали наибольшую достоверность гипотезы 3 по сравнению с двумя другими (⁵).

По структурным особенностям «оруденелые бактерии» можно разделить на две группы. К первой группе относятся «бактерии» с относительно низкой степенью упорядоченности структуры. В них кристаллы пирита характеризуются постоянным размером, равномерной распределенностью, но не имеют закономерной общей ориентировки. Ко второй группе относятся «бактерии» с высокой степенью упорядоченности структуры. Они отличаются ориентированным расположением кристаллов в виде рядов, комбинирующихся в геометрически правильные структурные узоры (рис. 1, см. вкл. к стр. 944, 1). Структура «бактерий» первой группы ранее была детально описана (⁵), второй — вообще в литературе специально не рассматривалась.

«Оруденелые бактерии» с высоко упорядоченной структурой распространены в юрских черных глинистых сланцах, вмещающих медноколчеданную залежь месторождения Кизил-Дере в Дагестане (⁷). В разрезе глобулей обнаруживается несколько разновидностей структурных узоров, которые объединяются в два типа. В узорах первого типа ряды кристаллов комбинируются в замкнутые многоугольники, вписанные в сферу (рис. 1, 1, 2). В узорах второго типа ряды ориентированы несогласно к внешней сферической поверхности (рис. 1, 3—6, 8). Форма узоров в трехмерном пространстве не поддается определению, так как невозможно изготовить взаимноперпендикулярные разрезы одной и той же глобулы. Все же, вероятно, основой узоров первого типа являются кристаллические

формы кубической сингонии (пентагондодекаэдр, тетраэдр). Ясно также, что узоры второго типа не могут представлять собой частные сечения кубических форм, так как последние в любом разрезе имеют вид замкнутых многоугольников.

В узорах второго типа кристаллы пирита компануются в виде секторальных блоков, различающихся ориентировкой и густотой распределения зерен. Геометрические центры узоров обоих типов в общем совпадают с центрами глобул. Совпадение свидетельствует о том, что в глобулах всех структурных типов существует геометрическая взаимосвязь между внешней сферической поверхностью и узорами укладки кристаллов пирита. Во многих глобулах зерна пирита образуют ряды, расстояния между которыми немного больше, чем расстояния между соседними кристаллами в рядах (рис. 1, 1—5). Распространены разности, в которых поля с более плотной упаковкой кристаллов имеют форму правильных треугольных секторов (рис. 1, 5, 8). Полоски ткани между рядами и секторами, возможно, служили главными циркуляционными каналами микроба.

Постоянство размера кристаллов пирита в любой части тела одной и той же «бактерии» ранее было объяснено в соответствии с гипотезой 3⁽⁵⁾. По-видимому, размер кристаллов строго регламентировался величиной элементарной ячейки микроба. Эта закономерность вряд ли строго соблюдалась бы, если бы пирит образовался метасоматически после смерти микроба в соответствии с гипотезами 1 и 2. В отмерших организмах обычно быстро протекает гомогенизация ткани, и ее замещение пиритом происходило бы как замещение относительно однородной органической массы. Неравномерная зернистость агрегата пирита в данном случае была бы неизбежной.

В «оруденелых бактериях» с высоко упорядоченной структурой зерна пирита закономерно ориентированы своими гранями. Суть ориентировки состоит в том, что в одном или нескольких параллельных рядах грани соседних кристаллов пирита расположены параллельно друг другу (рис. 1, 6). Эта ориентировка была выгодна пиритобразующему микробу по двум причинам: во-первых, достигалась более плотная упаковка зерен и, во-вторых, обеспечивалась правильная форма основных циркуляционных каналов. Ориентированное расположение кристаллов трудно объяснить с позиций гипотезы 2 и тем более гипотезы 1. Так, например, согласно гипотезе 2 кристаллы пирита выделялись после смерти микроба, но при этом заменили гидросульфид железа, отложенный микробом в своем теле при жизни⁽⁴⁾. Однако таким путем кристаллы пирита в лучшем случае могли наследовать общий узор расположения ячеек гидросульфида в теле микроба. Взаимная ориентировка кристаллов внутри ячеек была бы произвольной, так как сегрегации гидросульфида имели гомогенное строение и форму, близкую к сферовидальной или эллипсоидальной. Вероятно, были бы часты случаи, когда в одной и той же ячейке вырастал не один, а агрегат нескольких кристаллов.

Внутренняя структура кристаллов пирита в «оруденелых бактериях» неоднородна. В центре поперечных срезов кристаллов наблюдается круглое черное ядро, диаметр которого в 5 раз меньше диаметра кристалла. Ранее эта особенность была замечена Л. Я. Кизельштейном на электронных снимках кристаллов⁽⁸⁾. При увеличении 1000× ядра наблюдаются и в оптическом микроскопе (рис. 1, 7). Остается неясным, выполнены ли эти ядра землистым дисульфидом железа, органическим веществом или же являются полостями. Независимо от этого наличие ядер в каждом кристалле данной «бактерии» и их центричное положение приводят к выводу, что ядра представляли собой жизненно необходимый элемент ячейки микроба. Возможно, это реликт отростка, на котором был укреплен кристалл пирита. Следует отметить, что вероятность сохранения этих ядер была бы ничтожной, если бы кристаллы пирита в глобулах образовались метасоматически в соответствии с гипотезами 1 и 2.

«Оруденелые бактерии» месторождения Кизил-Дере — не единственный пример «бактерий» с высоко упорядоченной внутренней структурой. Их аналоги наблюдаются в полиметаллических рудах месторождений Фелизчай (Азербайджан), Жайрем (Центральный Казахстан) и др. Но почти всегда в ассоциации с высоко упорядоченными «бактериями» в породах и рудах этих месторождений широко распространены «бактерии» с низкой степенью упорядоченности внутренней структуры. Образование «бактерий» обеих групп происходило в одних и тех же условиях среды, и трудно найти причину различий структуры «бактерий». Все же из отдельных примеров следует, что упорядоченная структура возникла вследствие деформации первоначально геометрически правильных высоко упорядоченных структурных узоров. Один из таких примеров приведен на рис. 1, 8. Здесь одна из двух «бактерий» характеризуется низкой степенью упорядоченности структуры. Но в отдельных ее участках сохранились ряды кристаллов, являющиеся реликтовыми фрагментами первоначального, геометрически правильного структурного узора. Разрушение последнего произошло вследствие небольших, но разнонаправленных смещений кристаллов пирита относительно друг друга. Но эта деформация протекала без какого-либо изменения общей сфероидальной формы «бактерии». Следовательно, деформация была результатом внутренних изменений в теле «бактерии» явно после ее смерти. Такое заключение логично увязывается с гипотезой З. После смерти микроба органическая ткань теряла упругость и структурный узор в большинстве случаев не мог поддерживаться длительно до окончательной фоссилизации «бактерий». В некоторых же редких случаях затвердение «бактерий» происходило быстро и узор хорошо сохранился.

Новочеркасский политехнический институт
им. С. Орджоникидзе

Поступило
15 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ A. Neuhaus, Zs. angew. Mineral., № 2 (1940). ² F. Fabricius, Geol. Rundschau, 51, H. 2 (1961). ³ R. Berner, Econ. Geol., 64, № 4 (1969). ⁴ L. Love, Quart. J. Geol. Soc. London, 113, 4, № 452 (1957). ⁵ Н. С. Скрипченко, Литол. и полезн. ископ., № 5 (1969). ⁶ Н. С. Скрипченко, В. А. Лыткин, ДАН, 188, № 5 (1969). ⁷ В. И. Смирнов, ДАН, 177, № 1 (1967). ⁸ Л. Я. Кизельштейн, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5 (1969).