

Б. И. СРЕБРОДОЛЬСКИЙ

РЕГЕНЕРАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕРЫ

(Представлено академиком В. И. Смирновым 11 IV 1974)

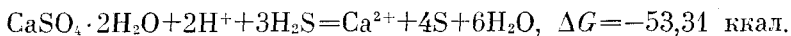
Вопрос о регенерации месторождений самородной серы рассмотрен на примере месторождений Аль-Шахери (Сирия), Гаурдак (Средняя Азия) и Гиик-Салгап (Дагестан).

Месторождение Аль-Шахери расположено севернее г. Пальмиры. Климат района типично пустынный со средней годовой температурой воздуха $+20^\circ$, максимальной $+46^\circ$ и среднегодовым количеством осадков 100 мм. Месторождение связано с гипсоносными отложениями юрского возраста. По данным М. Махуса (1), серная залежь находится в сводовой части складки, интенсивно разбитой трещинами. Она образует крупную линзу, вытянутую вдоль оси складки и уходящую вниз на неопределенную глубину. Нижняя часть залежи сложена метасоматическими серными рудами с включениями реликтов гипсов и ангидритов. Среднее содержание серы на месторождении достигает 17%. По восставию породы рудного горизонта выходят на дневную поверхность и превращаются сначала в окислованные породы, а потом во вторичные гипсы и ангидриты. Содержание серы в окисленных рудах резко падает, а вблизи дневной поверхности сера вообще отсутствует (2).

Результаты проведенных исследований позволили заключить, что в ряде случаев содержание серы в окисленных рудах, начиная от контакта их с неизменными породами, резко увеличивается не только по сравнению с верхней частью зоны окисления, но и с неизменными осерненными породами. Кристаллы серы в этой части залежи имеют совершенно свежий облик и находятся в необычной для них ассоциации с алунином, галотрихитом, копиалитом, эпсомитом — типичными минералами зоны окисления. Так как кристалломорфология серы существенно отличается от таковой в неизменных рудах карбонатного состава, есть все основания сделать вывод о нескольких необычных условиях ее кристаллизации. Последние определялись очень кислой средой минералообразования (рН образцов 1—0,5). Эти факты и ряд других данных свидетельствуют о том, что сера (как и сопровождающие ее минералы) является недавним новообразованием в залежи. Она отчетливо замещает гипс, возникший ранее в результате ее окисления, откладываясь в интерстициях между минералами зоны окисления, выполняет в них поры и трещины. Химический состав двух образцов серных руд из нижних горизонтов зоны окисления такой (%): SiO_2 24,86 и 19,50; TiO_2 0,40 и 0,50; Al_2O_3 3,38 и 2,20; Fe_2O_3 не обн. и 1,60; MnO сл. и 0,01; MgO 0,47 и 0,27; CaO 8,60 и 2,42; Na_2O 0,11 и 0,10; K_2O 0,11 и 0,08; H_2O 3,96 и 16,79; SO_3 12,34 и 10,40; CO_2 не обн.; $\Sigma_{\text{эл}}$ 45,63 и 46,33; Σ 99,86 и 100,20.

Насыщенный серой участок имеет постепенные переходы с залегающими выше окисленными рудами и подстилающими сероносными породами. Как и в неизменных породах, сера благодаря своей высокой миграционной способности перераспределяется во вновь сформированных рудах, перекристаллизовывается от скрыто- до крупнокристаллических разностей. Фронт вторичной серной минерализации постепенно охватывает нижнюю и среднюю части зоны окисления, никогда не выходя на поверхность. Таково строение регенерированной части серной залежи. Мощность ее прямо пропорциональна мощности зоны окисления. Новообразованные серные руды по своему составу бескальцитовые. Текстуры их гнездово-прожилковые, друзовые, вкрапленные.

Возникновение серы, ведущее к регенерации месторождения, по нашим представлениям, может происходить двумя способами. 1. В результате окисления сероводорода, мигрирующего из нижних горизонтов месторождения, кислородом воздуха или поверхностных вод. При этом сера будет выпадать в форме хорошо выраженных кристаллов и образовывать друзовые текстуры руд. 2. Путем взаимодействия вторичного гипса с сероводородом, поступающим из глубоких участков месторождения. Взаимодействие в кислой среде (если последняя определяется только H_2SO_4 с pH 1) с сероводородом проходит по реакции



Отрицательная величина свободной энергии указывает на смещение равновесия вправо. Для протекания этого процесса в кислых условиях (pH 1 и меньше), обычных в зонах окисления месторождений с сухим климатом, достаточно всего 0,02 мг/л H_2S . Небольшой разницей молекулярных объемов гипса (74,31 см³/моль) и серы (72,72 см³/моль), которая образуется из этого гипса, объясняются слабая пористость и кавернозность новосформированных серных руд. Последние имеют гнездовые, гнездово-прожилковые и вкрапленные текстуры.

На Гаурдаке регенерированная часть месторождения находится в нижних горизонтах зоны окисления 1-го участка. Протяженность ее исчисляется первыми метрами, ширина — до 0,5 м. Сера ассоциирует с большими пластинами прозрачного гипса и ангидритом, возникшим за счет его дегидратации. Текстуры руд вкрапленные и гнездовые. Сера преимущественно скрытокристаллическая с характерным радиально-волоконистым строением. Длина волокон серы до 6 см при ширине в сотые доли миллиметра. Кристаллы серы и их агрегаты имеют свежий облик, они несут на своих гранях скульптурные узоры, свидетельствующие о кристаллизации серы в кислой среде. Новообразованные руды кислые на вкус и имеют очень низкие величины pH. Можно полагать, что современное серообразование, влекущее за собой регенерацию части месторождения, связано с окислением мигрирующего снизу сероводорода (3) и его взаимодействием с гипсом в очень кислой среде.

Третий чрезвычайно интересный пример регенерации месторождения серы был обнаружен в залежи Гипк-Салган (предгорный Дагестан). На месторождении еще до 1917 г. было добыто несколько сотен тысяч пудов серы. Остатки руд обнаружены в пещере, уходящей в глубь хребта Гипк-Салган на 15 м. Возможно, что это горная выработка, в контурах которой были добыты богатые серные руды. Однако запасы серы на месторождении непрерывно пополняются за счет вертикальной миграции сероводорода из более глубоких горизонтов разреза и последующим окислением его в трещиноватой зоне хребта просачивающимися через толщу пород метеорными водами. Состав руд существенно гипсовый (70%). Содержание серы в приповерхностной зоне месторождения достигает 25%. Руды полосчатые и вкрапленные. Сера кристаллически-зернистая и мелкокристаллическая. Кристаллы гипса, как и в ранее описанных месторождениях, постепенно замещаются серой.

Сказанное позволяет сделать заключение, что необходимыми условиями для регенерации месторождений серы являются: 1) подток H_2S из глубины с его последующим окислением до серы кислородом воздуха или метеорных вод; 2) взаимодействие этого сероводорода в очень кислой среде с гипсом в условиях сухого климата.

Львовский государственный университет
им. И. Франко

Поступило
3 IV 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. Н. Гриненко, М. Махус, ДАН, т. 213, № 5 (1973). ² Геология и полезные ископаемые зарубежных стран. Сирия, Л. 1969. ³ М. В. Иванов, Роль микробиологических процессов в генезисе месторождений самородной серы, «Наука», 1964. ⁴ М. Махус, ДАН, т. 218, № 1 (1974).