

И.Г.Демчук, В.Н.Сазонов, М.Т.Крупенин

**МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ БАКАЛЬСКИХ СИДЕРИТОВЫХ РУД
(ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Полученные в последние годы новые данные по Бакальскому рудному полю [1,10 и др.] подтвердили на новом научном уровне идею А.Н.Заварицкого [5] о гидротермально-метасоматическом генезисе бакальских сидеритов: рудные тела, залегающие в карбонатных породах, секут литологические и фациальные границы, часто имеют неправильную форму; запасы сидеритовых руд на треть представлены разностями со строматолитовой текстурой; в рудных залежах отмечаются "останцы" доломита, а в их экзоконтактах - "сателлиты" сидерита (типичная картина для блочных метасоматитов [7]); характер рудовмещающих толщ не соответствует застойным условиям, необходимым для образования сидеритовых осадков. Источники железа связываются с элизионно-катагенными флюидами из вмещающих сланцевых толщ. Однако возможные механизмы развития сидеритизации в указанных и других работах не обсуждаются или она считается стандартным замещением объема на объем.

С целью изучения механизма преобразования доломитов в сидериты в Гаевском карьере Бакальского месторождения нами отобраны образцы из зоны контакта доломита с сидеритом. Один из этих образцов был разделен на 17 зон, параллельных контакту сидерита с доломитом и детально изучен рентгенографически и с помощью микрозондирования (аналитик Л.К.Воронина). Препараты для первого анализа готовились из продуктов многоточечного сверления каждой из выделенных зон образца победитовым сверлом. Для второго анализа были получены полированные шлифы из материала, представляющего промежутки между зонами, седьмой и восьмой, третьей и четвертой.

Рентгенофазовый анализ показал, что небольшая примесь сидерита появляется уже в седьмой зоне, медленно увеличивается до 10-15% - в четвертой. В третьей зоне происходит "обвальная" сидеритизация, и в примеси к сидериту остается лишь 2-5% железистого доломита (см. таблицу, рис.1). Кроме того, использовались рентгенографические методы [2,3] по определению количества изоморфного железа, замещающего Mg в доломите по уменьшению относительной интенсивности рефлекса 0115, отвечающего за Mg-уровни. Рассчитанные по данным микрозондирования структурные формулы карбонатов подтвердили отсутствие заметных количеств избыточного Ca в позициях Mg в железистых доломитах:

зона 8 - $[Mg_{0,819}Fe_{0,168}Mn_{0,008}Ca_{0,005}][Ca]_1(CO_3)_2$;
 зона 7 - $[Mg_{0,654}Fe_{0,317}Mn_{0,014}Ca_{0,014}][Ca]_1(CO_3)_2$;
 зона 4 - $[Mg_{0,667}Fe_{0,316}Mn_{0,008}Ca_{0,008}][Ca]_1(CO_3)_2$.

Данные по определению содержаний изоморфного железа в доломите-анкерите, полученные рентгеновским методом и микрозондированием, вполне сопоставимы (см. таблицу). Следовательно, переход от доломита к сидериту начинается с постепенного внедрения Fe в позиции Mg. Предельное количество составляет 16 мол.% Fe. Это согласуется с данными работы [4], где показано, что в доломите может раствориться до 70% $CaFe(CO_3)_2$. На профилях сканирования микрозондом прослеживается обратная корреляция содержаний Mg и Fe в железистых доломитах и анкеритах. Профили концентрации Mg и Fe имеют волнообразный характер, что свидетельствует о неоднородном замещении магния железом по блокам и зернам. Последнее подтверждается и на дифрактограммах диффузностью пиков, отвечающих за Mg-уровни в доломитах. Низкие значения коэффициента D, определяющего степень разрешения дуплета в области углов $50-52^\circ 2\Theta$ [2] доказывают неоднородность распределения железа по зернам. Если для доломита из 17^й зоны с содержанием Fe менее 1 мас.% коэффициент D равен 1,2, то для анкерита всех последующих зон, вплоть до сидерита, его значение составляет в среднем 0,5-0,6. Приведенные данные свидетельствуют о неупорядоченности твердых растворов замещения и связанных с этим искажениями кристаллической решетки. Известно [8], что искажения приводят к напряжениям в структуре кристаллов и в значительной мере способствуют распаду твердого раствора.

О характере развития сидеритизации во времени и пространстве можно судить из следующего. В зоне 7-8, удаленной от контакта с сидеритом, можно видеть начало сидеритизации - появляются тончайшие ростки сидерита, прорезающие анкеритовую матрицу на профилях микрозондирования. На рис.2 представлен профиль сканирования через самый крупный росток сидерита из встреченных в зоне 7-8. В центре находится сидеритовое зерно. Слева и справа от него располагается слабоземистый доломит, длина профиля которого примерно в 6 раз превышает таковую для сидеритового ростка. Далее следует фаза вмещающего анкерита. Представленная картина хорошо объясняется с позиций двухфазного распада твердого раствора, предполагающего одновременное присутствие распавшейся (Fe-доломит) и нераспавшейся (анкерит) фазы, и идентична схеме такого распада пересыщенных твердых растворов при старении [8, с.280].

Сравнение составов карбонатов на контакте доломит-сидерит, полученных различными методами

N зоны	Фаза	Рентгеновский метод				Микронзондовый метод
		$K = \frac{I_{0115}}{I_{1120}}$	FeO, мас. %	FeO, мас. %	Примеси, мас. %	FeO в анкерите мол. %
17	Доломит	0.95	1	2	-	-
15	Fe-доломит	0.60	5.5	7	-	-
10	Fe-доломит	0.50	6.5	8.2	-	-
8	Fe-доломит	0.50	6.5	8.2	-	8.4
7	Анкерит	0.30	11	16	Сидерит 2-3	15.9
6	Анкерит	0.27	11	16	Сидерит 2-3	-
5	Анкерит	0.27	11	16	Сидерит 5	-
4	Анкерит	0.30	11	16	Сидерит 10-15	15.8
3	Сидерит	-	-	-	Анкерит 2-5	-
2	Сидерит	-	-	-	Анкерит (следы)	-
1	Сидерит	-	-	-	Анкерит (следы)	-

Прежде чем перейти к обсуждению механизма развития сидеритизации на основе двухфазного распада твердых растворов, отметим следующее. Продукты сидеритизации в макро и микромасштабе построены зонально. Развитие сидеритизации определяется двумя главными факторами: тектоническим и физико-химическим. Тектонический фактор проявился дважды в рифейских толщах в вендское время в связи с рифтогенезом: на раннем этапе - с постепенным подъемом температуры, образованием поровых вод за счет вмещающих сланцев [10], на позднем - с образованием разломов, дренажем более холодного и более кислого по сравнению с первым этапом флюида.

Согласно [8], при двухфазном распаде пересыщенных твердых растворов на начальном этапе возникают атомные группировки, близкие по составу той фазе, которая в дальнейшем должна обособиться. Очевидно, в нашем случае, флюид, проникавший по микротрещинам и порам в зоны присутствия анкерита, служил катализатором, ускоряющим образование мельчайших включений сидерита. Увеличение общей массы новой фазы идет (согласно принципам двухфазного распада) за счет образования все новых ее кристаллов, что и наблюдается в переходной зоне и, очевидно, в последующих, вплоть до зоны обвальнoй сидеритизации, о чем свидетельствует постепенное нарастание количества сидерита (см. таблицу). В данном случае процесс двухфазного распада, по-видимому, не успевает достичь своей заключительной стадии - коагуляции, т. е. укрупнения сидеритовых включений, так как ей должен предшествовать полный распад анкерита, который прерывается действием появившихся растворов. Зерна анкерита наблюдаются и в той области, где уже активно действует флюид, выносящий кальций и завершающий процесс сидеритизации. Поле действия Fe-содержащего метасоматизирующего флюида оказывается неоднородная матрица, которая представляет собой распавшийся твердый раствор - обогащенный магнием Fe-доломит и анкерит с неупорядоченным распределением магния и железа. В связи с этим в кристаллизующихся сидеритах отмечаются значительные колебания в содержаниях магния (от 32 до 16 мол. %) и железа (от 66 до 82 мол. %). Среднее содержание марганца в них 1.6 мол. %.

Из изложенного вытекают следующие выводы и следствия. Флюиды, обусловившие двухэтапную сидеритизацию на Бакальском рудном поле, имеют коровое происхождение [1,10], что согласуется с данными по изотопии стронция сидеритов и анкеритов из однотипных сидеритовых месторождений Восточных

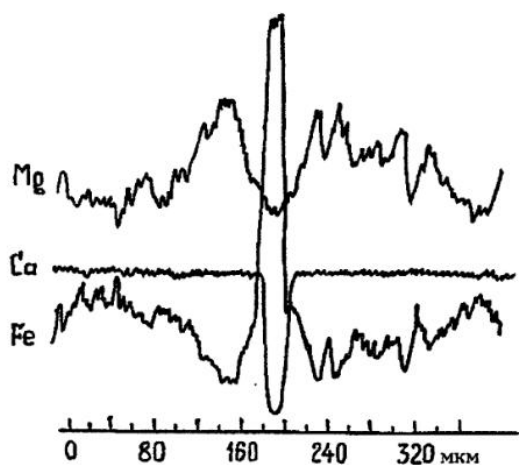
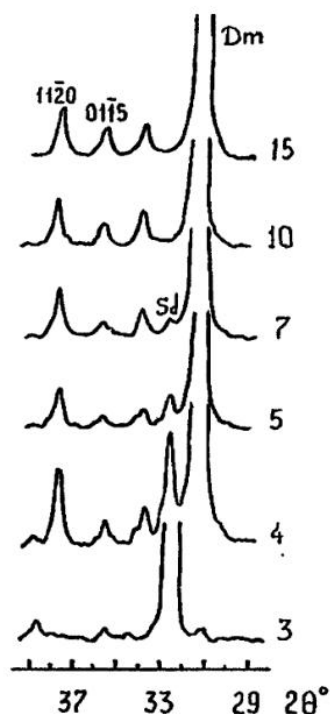


Рис.1 Участки дифрактограмм, демонстрирующие изменение состава промежуточных зон между доломитом и сидеритом

Рис.2 Участок профиля сканирования в зоне опробования 7-8

Алып [9]. Образование субплощадных зон железистых доломитов и анкеритов вследствие миграции элизионно-катагенетических растворов из глинистых рудоматеринских толщ привело к образованию промежуточных коллекторов. Флюид в этот период был кислым, его РТ-параметры соответствовали низкотемпературным гидротермальным (температура не более 300°C , давление вряд ли превышало 1,5 кбар [10 и др.]). На второй (основной рудной) стадии произошла тектонотермальная перестройка элизионного бассейна с образованием тектонических зон, участков повышенной трещиноватости, разуплотнения, что, в свою очередь привело к понижению температуры и давления, активной миграции кислых флюидов. Таким образом, внутри зон элизионно-катагенетической анкеритизации возникли сидеритовые залежи. Рассчитанный ранее [1] баланс железа в Бакальском рудном поле показывает, что количество железа, эмигрировавшее из глинистых сланцев в пределах рудного поля достаточно как для образования железистого доломита, так и мощных и многочисленных сидеритовых залежей. Кроме того, механизм двухфазного распада позволяет объяснить метасоматическое рудообразование без привлечения значительных масс воды, переносящих флюид.

В заключении отметим, что рассмотренный механизм сидеритизации является, по нашему мнению, ключом к пониманию механизма развития блочных метасоматитов по Г.Л.Поспелову [7].

Список литературы

1. Анфимов Л.В., Бусыгин Б.Д., Крупенин М.Т. Закономерности распределения железа в породах рифейской сидеритовой формации Бакала (Южный Урал) // Литология и полезные ископаемые. 1984. №4. С. 136-143

2. Демчук И.Г. Количественное определение изоморфного железа в анкеритах и железистых доломитах методом рентгеноструктурного анализа // Докл.АН СССР.1985. Т.283, N4.С.981-984.

3. Демчук И.Г. Рентгенографическое исследование изоморфизма в доломитах // Изв.РАН. Сер.геол. 1992. N10. С.153-158.

4. Дир У.А. Породообразующие минералы.М.: Мир.1966. Т.5. 407 с.

5. Заварицкий А.Н. К вопросу о происхождении железных руд Бакала. М.: ИГН,1939. 39 с.

6. Карбонаты: минералогия и геохимия / Под ред.Р.Дж.Ридера. М.:Мир,1987. 296 с.

7. Поспелов Г.Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза. Новосибирск, 1972. 335 с.

8. Уманский Я.С. Рентгенография металлов.М.: Metallurgizdat, 1960.

9. Fimmel H. Strontium isotopic evidence for the origin of siderite, ankerite and magnesite mineralization in the Eastern Alps// Mineral.Deposita. 1986. V.2. N4. P.268-275.

10. Krupenin M.T. Iron deposit in Bashkirian Meganticlinorium, South Urals, as a result of water-rock interaction at the Vendian tectonic stage// Proc. the 8-th Int.simp on water-rock interaction.Rotterdam, 1995. P.639-641.