

Д. И. ПАВЛОВ

## ГАЛИТОВЫЕ АНАТЕКТИТЫ И НЕКОТОРЫЕ ИХ МЕНЕЕ МЕТАМОРФИЗОВАННЫЕ АНАЛОГИ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 11 XII 1969)

В петрографической литературе укоренилось представление, что соляные залежи не сохраняются при термодинамометаморфизме и метаморфические эквиваленты галитовых пород неизвестны. Ниже мы попытаемся показать, что по крайней мере в частных случаях соляных пород, вскрытых Заярской и Тубинской опорными скважинами (Иркутский амфитеатр), есть все основания таковые выделять.

Разрез усольской свиты нижнего кембрия (интервал по Заярской скважине 2002—2755,5 м) складается различными по мощности пластами каменной соли, разделенными пачками или слоями карбонатных и сульфатно-карбонатных пород. Суммарная мощность солей свиты 406 м. Толща вмещает два застывших в ней интрузива долеритов, располагающихся на глубинах 2124—2165 и 2603—2706 м. При этом верхний интрузив полностью залегает в солях, нижний же имеет в верхнем контакте соль, а в нижнем трехметровый прослой карбонатно-сульфатных пород, еще ниже сменяющихся солью. Каменная соль имеет вид массивной кристаллической породы. Вблизи долеритов происходит заметное укрупнение кристаллов галита с достижением отдельными индивидами размеров 4—6 см. Но и помимо этого почти весь галит разреза перекристаллизован с преобладанием крупнозернистых разновидностей с размером зерен более 1 см, среди которых попадаются и более мелкозернистые разновидности. Соли всего разреза отличаются заметной чистотой. Нерастворимый в воде остаток в большинстве образцов не превышает 1%. Это ангидрит, доломит, редкие зерна кварца и рудных минералов<sup>(3)</sup>. Для разрезов свиты по другим скважинам Иркутского амфитеатра характерны также слоистые текстуры, обусловленные наличием неравномерно распределенных сезонных прослоек (годовых слоев) тонкозернистого ангидрита или доломито-ангидрита, иногда глинистыми примесями<sup>(7)</sup>. В ряде случаев за счет таких примесей галитовые породы приобретают пятнистую текстуру. При перекристаллизации минеральные примеси обычно отщесняются к периферии зерен галита, концентрируясь вдоль границ между ними.

Ранее, сравнивая температуру полной кристаллизации заярских долеритов, которая по ряду признаков не могла быть ниже 950°, с температурой плавления галита (800°), мы, совместно с И. Д. Рябчиковым, пришли к выводу, что внедрение долеритов должно было привести к плавлению солей в приконтактной зоне. Вывод был подкреплён наблюдениями над характером и распределением газовой-жидких включений в галите<sup>(8)</sup>. Однако даже в приконтактных участках солей не было обнаружено никаких новообразований, которые бы однозначно свидетельствовали о метаморфическом воздействии интрузивов\*.

Дальнейшая обработка материала позволила установить в толще каменной соли, примыкающей к верхнему контакту нижнего интрузива, что ан-

\* Карбонатные породы с развитием по ним пород типа скарнов<sup>(3, 6)</sup> дают такие свидетельства.



гидрит здесь представлен своеобразными округлыми зёрнами. При больших увеличениях внутри них можно видеть одну или две зонки, выполненные кристалликами галита\*. Зонки следуют округлым контурам зёрен. Ангидрит внешних частей зёрен имеет тенденцию к образованию прямоугольных ограничений, как то и свойственно кристаллическим формам этого минерала (рис. 1). В шлифах по той же части разреза в галите обнаружены редкие выделения сильвина. Ограничения этих выделений достаточно произвольны, слагаясь из комбинаций линейных спайных элементов галита и



Рис. 1. Зерно ангидрита из нерастворимого остатка соли. Видны внутренние зонки, выполненные галитом. Иммерсионный препарат, 150 ×, без анализ.



Рис. 2. Галит-амфибол-ангидрит-карбонатная метаморфическая порода. Прозрачный шлиф, 46 ×, без анализ.

иногда их соединяющих выпуклых поверхностей. Таким образом, сильвин ксеноморфен по отношению к галиту.

Напомним, что температура плавления ангидрита  $1450^{\circ}$  и сильвина  $778^{\circ}$ . Однако галитовый расплав способен растворять ангидрит, что даже несколько понижает его температуру плавления (\*). Таким образом, возникновение как бы оплавленных форм ангидрита естественно объяснить некоторым его растворением в расплаве галита. С понижением температуры, после кристаллизации небольших количеств галита, отложившихся на ангидритовых ядрах как на затравках, происходило дораствание кристалла за счет выделения остывающим расплавом остатков растворенного в нем ангидрита. При этом ангидрит частично восстанавливал присущие ему формы. Ксеноморфизм сильвина хорошо соответствует тому, что даже после полного затвердевания галита этот минерал должен был какое-то время оставаться жидким. К тому же само наличие таких выделений, не обнаруженных в солях менее метаморфизованной части разреза, трудно истолковать иначе чем выкристаллизацией из расплава примеси KCl, ранее рассеянной в твердой фазе (содержание  $\text{C}_2\text{O}$  в характеризуемых галитовых породах — первые десятые процента (см. табл. 1)).

Добавочные критерии для оценки температур вблизи контактов представляется рассмотрение изменений приконтактных сульфатно-карбонатных пород. Так, залегающая в ответвлениях верхней интрузии (глубина 2433 м) форстерит-шпинель-серпентиновая порода с ангидритом содержит реликты периклаза (правильные желтоватые кубы с хорошей спайностью

\* Диагностика подтверждена рентгенограммой, снятой для одного такого зерна Г. В. Басовой, где помимо линий ангидрита выявились две наиболее интенсивные линии галита.



по кубу,  $n \sim 1,740$ ), замещаемого бруситом или мелкой сыпью непрозрачного минерала. Карбонаты здесь не сохранились, и порода дезинтегрирована. Расположенная в нижнем контакте нижней интрузии мелкозернистая доломитовая порода имеет пятна сплошной кальцитизации, к которым приурочены выделения шпинели (правильные слабо фиолетовые октаэдры,  $n \sim 1,730$ ) и форстерита ( $n_c \sim 1,670$ , прямое погасание).

Периклаз мог быть получен при термической диссоциации доломита, что при давлении в 1000 бар предполагает наличие температур в  $790-830^\circ$  (<sup>4</sup>). Наибольшее из этих значений относится к случаю, когда газовая фаза целиком составлена  $\text{CO}_2$ , наименьшее — когда половина ее приходится на  $\text{H}_2\text{O}$ . Судя по хорошей сохранности форстерита, лишь небольшая часть которого подверглась замещению серпентином, вряд ли можно ждать здесь заметного влияния водной составляющей. Давление же  $\text{CO}_2$  постоянно поддерживалось диссоциацией карбонатов, продолжавшейся вплоть до их полного разложения.

Второй случай относится к доломитовой породе, залегающей под пластовой интрузией на глубине почти 3 км. Видимо, это как раз те условия, когда термическая диссоциация карбонатов в значительной мере подавлена давлением не находящей себе выхода газовой фазы, роль в которой  $\text{H}_2\text{O}$  незначительна. Для подобных условий А. А. Маракушевым (<sup>5</sup>) намечена приближительная граница полей устойчивости ассоциаций доломит + диопсид (диопсид — продукт реакции доломита и кварца при более низких параметрах) и форстерит + кальцит для  $P_{\text{CO}_2} = 1000$  атм. При общем давлении на твердые фазы от 1000 до 4000 атм. температура этой границы понижается от 900 до  $850^\circ$ .

Даже при очень осторожном использовании приведенных экспериментальных и термодинамических данных очевидно, что при подходе со стороны карбонатных пород подтверждается существование вблизи контактов обеих интрузий Заирска температур, несколько превышающих  $800^\circ$ .

Совокупность приведенного материала позволяет утверждать существование в приконтактных областях долеритовых интрузивов, застывших в солях, галитовых расплавов\*. Таким образом, есть все основания говорить и о проплавленных метаморфических породах, эквивалентных галитовым. Замечательно, что при отсутствии в солях примесей (кроме ангидрита и карбонатов) минеральный состав полученных анатектитов идентичен таковому первичных солей. Практически одинаковы и их химические составы (табл. 1, анализы 1 и 2). Разумеется, столь широкий диапазон устойчивости перечисленных минералов может быть осуществлен только в сухой обстановке.

Таблица 1

Химические анализы галитовых пород Заирской и нерастворимого остатка галит-амфибол-ангидрит-карбонатной породы Тубинской опорных скважин

|                         | 1      | 2      | 3     |
|-------------------------|--------|--------|-------|
| $\text{SiO}_2$          | 0,09   | 0,03   | 26,40 |
| $\text{TiO}_2$          | Сл.    | Сл.    | 0,55  |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 0,00   | 0,00   | 8,22  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 0,02   | 0,02   | 2,38  |
| $\text{FeO}$            | 0,00   | 0,00   | 2,04  |
| $\text{MnO}$            | 0,00   | 0,00   | Сл.   |
| $\text{MgO}$            | 0,03   | 0,05   | 9,72  |
| $\text{CaO}$            | 0,43   | 0,19   | 22,15 |
| $\text{Na}_2\text{O}$   | 50,58  | 51,01  | 2,10  |
| $\text{K}_2\text{O}$    | 0,25   | 0,15   | 0,38  |
| $\text{H}_2\text{O}^-$  | 0,00   | 0,00   | 0,18  |
| $\text{H}_2\text{O}^+$  | 0,00   | 0,00   | 1,76  |
| $\text{CO}_2$           | 0,03   | 0,08   | 3,10  |
| $\text{SO}_3$           | 0,38   | 0,16   | 24,00 |
| Cl                      | 60,39  | 60,32  | 0,10  |
| Сумма                   | 112,20 | 112,01 | 99,98 |
| Поправка на Cl          | -13,82 | -13,80 | -0,02 |
|                         | 98,38  | 98,21  | 99,66 |

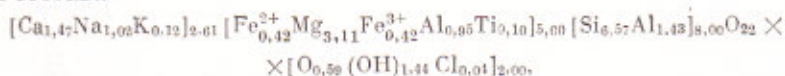
Примечание. 1 — каменная соль, Заирская скважина, 2662,5 м (0,5 м выше нижнего интрузива); 2 — каменная соль, Заирская скважина, 2378 м (225 м выше нижнего, 213 м ниже верхнего интрузивов); 3 — нерастворимый остаток галит-амфибол-ангидрит-карбонатной породы, Тубинская скважина, 2745 м (29,5 м выше интрузива). Анализит Н. Н. Никольская.

\* Несмешиваемость расплавов долерита и галита показана экспериментально (<sup>6</sup>).



Мощность зоны проплавления над нижним телом долеритов Заирска, выделяемой по распространению описанных выше характерных выделений ангидрита и сильвина, оценивается нами приблизительно в 10 м. Переход к следующей, метаморфической зоне, где уже не было плавления соли, достаточно постепенен и условен. Внешне он выражается в уменьшении размеров кристаллов галита, хотя отдельные участки в метаморфической зоне почти так же крупнозернисты, как и в зоне плавления. Для попавших сюда прослоев кварцсодержащих сульфатно-карбонатных пород характерно развитие волластонита, имеющего четкую приуроченность к разного рода трещинным элементам.

Естественно, что и в солях метаморфической зоны новообразования могут возникнуть только при наличии добавочных к сульфату и карбонату примесей. Такие, более явные, галитовые метаморфические породы вскрыты Тубинской опорной скважиной в интервале 2741—2768 м. Ниже располагается шестиметровый интервал мраморизованных известняков, испытавших контактное воздействие расположенных еще ниже долеритов. После проходки 40 м по долеритам скважина была остановлена, нижний их контакт не вскрыт. Макроскопически керн соли из указанного интервала содержит, как то и свойственно распределению глинистых примесей, произвольно сочетающиеся взаимно параллельные прослой и пятна грязно-зеленого цвета. В прозрачном шлифе видно, что цвет их обусловлен наличием хорошо оформленных таблечек амфибола, как бы плавающих вместе с ангидритом и доломитом в галитовой массе (рис. 2). Светлые участки лишены (или почти лишены) амфибола и представлены перекристаллизованным галитом с небольшой добавкой ангидрита и доломита. Судя по оптическим свойствам ( $n_p \sim 1,662$ ;  $cN_g$  в пределах 15—22°; слабый плеохроизм в желтовато-зеленых тонах), амфибол близок гастингситу. Сухой остаток после растворения грязно-зеленой соли в воде был химически проанализирован (табл. 1, анализ 3) и после вычета доломита и ангидрита, составивших соответственно 6,5 и 35,7 вес. % фракции, пересчитан на амфибол состава



что соответствует оптическому определению.

Порода в целом вполне может быть названа галит-амфибол-ангидрит-карбонатной, полученной при контактовом метаморфизме галитовой породы, содержащей глинистые и сульфатно-карбонатные примеси.

Рассмотрение конкретного характера метаморфизма нижнекембрийских солей Иркутского амфитеатра под влиянием застывших в них долеритов не только существенно само по себе. Оно имеет значение и для критической оценки представлений о генезисе солей, развиваемых Н. А. Кудрявцевым<sup>(4)</sup>, который, утверждая, в частности, что отсутствие контактового воздействия заирских диабазов на соль ясно свидетельствует о появлении последней после внедрения диабазов (стр. 164), распространяет свой вывод на всю нижнекембрийскую соляную формацию Сибирской платформы.

Отметим также, что при одновременном с плавлением проявлении тектонических воздействий расплавленная соль вполне может интродуцировать в вышележащие толщи.

Институт геологии рудных месторождений,  
петрографии, минералогии и геохимии  
Академии наук СССР  
Москва

Поступило  
14 XI 1969

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> Г. Винклер, Генезис метаморфических пород, 1969, стр. 45. <sup>2</sup> А. А. Иванов, Тр. Всесоюз. н.-и. геол. инст., нов. сер., 161 (1968). <sup>3</sup> З. А. Кондратьева, З. Н. Ипатова, Тр. Всесоюз. нефт. н.-и. геол.-разв. инст., 198 (1962). <sup>4</sup> Н. А. Кудрявцев, В сборн. Проблемы происхожд. нефти, 1966. <sup>5</sup> А. А. Маракушев, В сборн. Проблемы петрологии и генетики минералогии, 1, «Наука», 1969. <sup>6</sup> Д. И. Павлов, И. Д. Рябчиков, Изв. АН СССР, сер. геол., № 2 (1968). <sup>7</sup> Я. К. Писарчик, Тр. Всесоюз. н.-и. геол. инст., нов. сер., 89 (1963). <sup>8</sup> Справочник по плавкости солевых систем, 2, Изд. АН СССР, 1961.