

Ю. А. ДОЛГОВ, А. А. ТОМИЛЕНКО, В. П. ЧУПИН

ВКЛЮЧЕНИЯ СОЛЕВЫХ РАСПЛАВОВ-РАССОЛОВ В КВАРЦЕ ГЛУБИННЫХ ГРАНИТОВ И ПЕГМАТИТОВ

(Представлено академиком В. С. Соболевым 8 VII 1975)

При изучении включений в минералах анатектитов из некоторых регионально мигматизированных комплексов Алданского и Балтийского щитов, а также из зон полосового метаморфизма (районы Южно-Чуйского хребта и Большой Мунгун-Тайги в Западной Туве) в кварце установлено широкое распространение многофазовых включений, пересыщенных солями. По классификации Н. П. Ермакова (¹) их можно отнести к кристаллофлюидным включениям остаточных существенно солевых расплавов и расплавов-рассолов.

Солевые включения, обнаруженные в кварце глубинных докембрийских анатектитов, во многом похожи, поэтому рассмотрим их особенности на результатах исследований, выполненных для западной части Алданского щита. Такие включения обнаружены в кварце гранитов и пегматитов, образующих как жильный материал мигматитов, так и изолированные мелкие тела или дайки, а также в кварце вмещающих кварцитов и гнейсов амфиболитовой фации и в некоторых гранитоидах и пегматитах гранулитовой фации (²⁻⁴).

Анатектическое происхождение мигматит-гранитов (и пегматитов) верхнеалданской свиты однозначно доказано нами по раскристаллизованным включениям силикатных расплавов, выявленных в кварце этих пород (^{5, 6}).

Первично-вторичные солевые включения распределены в зернах кварца обычно по залеченным трещинкам, иногда произвольно по всему объему зерна. Преобладают изометричные или изометрично-уплощенные включения размером от 1—5 до 20—25 мкм. В фазовом составе кристаллические фазы резко преобладают над интерстиционной газовой-жидкой фазой (раствора и газа примерно по 5 об. %) (рис. 1). Среди твердых фаз определены NaCl (преобладает), KCl, ± рудный минерал и 2—3 анизотропных кристаллика (возможно, карбопаты) (рис. 1, см. вкл. к стр. 944).

Следует отметить одинаковые соотношения фаз (одинаковое наполнение) для группы включений в одной залеченной трещине и различные для разновозрастных трещин. Прослежены переходы от более ранних включений, пересыщенных солями, к поздним включениям с одним кристалликом соли. Отмечается неравномерное распределение включений в кварце.

Результаты термобарометрических исследований солевых включений приведены в табл. 1.

Рудная фаза во включениях не растворяется при нагревании до T_2 и более высоких температур даже при длительных выдержках (20 час.), возможно из-за частичной или полной разгерметизации (разуплотнения) практически всех включений при перегревах выше T_2 . Решение вопроса о принадлежности рудной фазы к минералу-узнику включения или минералу-спутнику требует дальнейших исследований.

Отмечаются несколько более высокие T_2 включений в кварце гранитоидов из мигматитовых прожилков и зональных пегматитов (до 660°) по

сравнению с остальными гранитоидными и метаморфическими образованиями (до 550°).

Из-за частичной разгерметизации солевых включений могут быть существенно завышены истинные температуры их гомогенизации (до 700—900° и даже выше). При разгерметизации под действием высокого внутреннего давления солевой расплав-рассол по трещинкам выходит на чистую поверхность препарата-пластинки, и из него мгновенно выкристаллизовываются соли. Температуры их плавления равны 770—800°, показав

Таблица 1

Результаты определения температур и давлений по включениям солевых расплавов-рассолов в кварце докембрийских пород верхнеаддапской свиты (район пос. Суон-Тинт)

№№ п.п.	№ обр.	T_1 , °C	T_2 , °C	$T_2 - T_1$, °C	P , кбар
1	763-а	140—160	490—500	350	4,5—5,0
2	748	200	500	300	4,0
3	748-а	90—170	490—540	350—400	4,5—6,0
4	749	100—140	500	360—400	4,5—6,0
5	759	140—190	430—500	300—310	4,5
6	938	140—160	480—500	340—350	4,0—4,5
7	920-г	140—170	500—530	330—350	4,0—5,5
8	T-158	135—150	420—600	285—450	4,5—5,0
9	T-109	145—265	470—660	325—395	4,0—4,5
10	T-267	140—150	540—600	390—450	5,0—6,0
11	T-248	150—250	510—580	330—360	3,5—4,5
12	935	170—180	490—500	310—330	4,0
13	935-а	160—170	480—510	310—350	4,0—4,5
14	936	170—180	540—550	360—380	4,5
15	T-96	140—150	535—600	395—450	5,5—6,0
16	96	165—200	420—560	255—360	3,5—4,0
17	T-93	110—115	445—470	345—355	5,5—6,0
18	T-99	125—130	400	270	4,0
19	T-100	140—150	510—540	370—390	5,0

Примечание. T_1 — температура частичной гомогенизации (исчезновение газового пузырька); T_2 — температура полной гомогенизации (исчезновение последнего кристаллика соли); P — давление во включении при T_2 . 1—5 — апатектитовые пегматиты с зонами крупной графитизации из обессленных мигматитов; 6 — аляскинские граниты в кварцитах; 7—13 — гранитоидные лейкосомы мигматитов в гнейсах и кристаллосланцах; 14, 15 — гранито-гнейсы; 16—19 — кварциты (мономинеральные, фельдшпатизированные и спиллитовые). Интервальные значения температур для каждого образца получены по данным не менее десяти групповых замеров. Включения одной группы имеют одинаковые $T_{\text{гом}}$.

тель преломления близок к 1,54. На основании этих данных, в сочетании с кристаллооптическими определениями солей в непрогретых включениях, криометрических исследований (T эвтектик в интервале от -45 до -54°), сделан вывод о преобладании в составе включений хлоридов Na с примесью других солей (хлоридов K, Ca, возможно карбонатов и др.).

Концентрация NaCl в растворе гомогенных солевых включений, определенная по температуре исчезновения последнего кристаллика соли с использованием диаграммы NaCl — вода (⁷), вероятно, достигала для включений с T_2 около 550° (наиболее частые значения) 55 вес. %, а для более высокотемпературных включений 65—75 вес. %.

Были проведены анализы состава газовой фазы включений солевых расплавов-рассолов (табл. 2). Анализы выполнены Н. А. Шугуровой и Л. А. Шохоповой. По составу газовой фазы условно можно выделить несколько групп включений (расположены в порядке уменьшения количества включений в группе): 1) включения с CO₂ и группой кислых газов (H₂S, SO₂, HCl, HF) + NH₃; CO₂ обычно преобладает; 2) те же + группа N₂ + р.г.; 3) с примесью водорода и (редко) CO.

В изучавшихся солевых включениях при T_2 развивается довольно высокое давление. По PT -диаграмме даже для 30% раствора NaCl (⁸) мини-

мальное давление в момент захвата и консервации существенно солевых включений оценивается в 3,5–6,0 кбар (см. табл. 1). С учетом более высоких концентраций солевых расплавов-рассолов во включениях и поправках на увеличение плотности раствора от T_1 до T_2 (⁹) реальные значения давлений должны быть еще более высокими. Солевые включения по внешним признакам похожи на раскристаллизованные включения силикатных расплавов и отличаются от них по существенно более низким температурам

Таблица 2

Результаты количественного анализа состава газовой фазы индивидуальных включений солевых расплавов-рассолов

№№ п.п.	№ обр.	$T_{\text{гом}}, ^\circ\text{C}$	$\frac{V_{\text{пуз}}}{V_{\text{пуз во вкл.}}}$	Концентрация, об. %				
				$\text{H}_2\text{S}, \text{SO}_2, \text{HCl}, \text{HF}, \text{NH}_3$	CO_2	CO	H_2	$\text{N}_2 + \text{г.г.}$
1	748	He опр.	30	73,0	27,0	0,0	0,0	0,0
2	748	» »	80	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	748	» »	—	45,6	35,8	0,0	0,0	8,6
4	748	» »	—	24,5	37,0	0,0	0,0	38,5
5	748	» »	—	20,0	39,5	0,0	0,0	40,5
6	749	» »	40	9,4	57,5	0,0	33,1	0,0
7	749	660	—	9,9	72,4	0,0	5,3	12,0
8	748	He опр.	—	36,8	41,5	0,0	21,7	0,0
9	749	» »	—	12,9	79,4	0,0	7,7	0,0
10	749	» »	125	14,2	60,0	12,0	10,8	3,0
11	T-109	575	—	31,6	68,4	0,0	0,0	0,0
12	T-158	He опр.	—	42,3	57,7	0,0	0,0	0,0
13	T-158	625	—	33,7	66,3	0,0	0,0	0,0
14	T-158	He опр.	—	20,3	79,7	0,0	0,0	0,0
15	T-248	580	—	21,5	52,5	0,0	0,0	26,0
16	T-248	510	—	23,5	65,2	0,0	11,7	0,0
17	T-109	He опр.	—	23,5	26,8	0,0	11,3	38,4
18	938	» »	35	63,0	38,0	0,0	0,0	0,0
19	938	» »	—	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	938	» »	—	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0
21	938	» »	—	17,9	71,5	10,6	0,0	0,0
22	T-96	» »	—	20,5	71,0	0,0	0,0	8,5
23	90/4	» »	—	21,8	78,2	0,0	0,0	0,0
24	T-100	» »	—	38,2	61,8	0,0	0,0	0,0
25	T-100	» »	—	25,5	74,5	0,0	0,0	0,0
26	T-100	» »	—	24,5	70,0	0,0	0,0	5,5
27	T-100	» »	—	31,8	32,0	0,0	26,4	9,8

Примечание. №№ 1–10 — анатектитовые пегматиты с зонами крупной графитки из обособлений в мигматитах; 11–17 — гранитоидные лейкосомы мигматитов; 18–21 — аляскистые граниты в кварцитах — «гранитизированные кварциты»; 22 — гранито-гнейс; 23–27 — кварциты. O_2 ли в одном из образцов не обнаружен (0,0%).

(100–150°) начала растворения твердых фаз. Ошибочное толкование подобных позднемагматических включений в качестве первичных включений может привести к ложным выводам о низкотемпературности и обводненности анатектических расплавов. Вместе с тем, даже частичная разгерметизация солевых включений может привести к ошибкам в сторону резкого завышения температур.

Изученные кристалло-флюидные включения с минимальным количеством водной фазы следует считать, по-видимому, поздними остаточными существенно солевыми расплавами и расплавами-рассолами (¹), отделяющимися при полной раскристаллизации самых последних порций анатектических магм, что согласуется с данными Н. Д. Рябчикова (¹⁰). Помимо возможного минимального значения температур (660°) по этим включениям для областей кристаллизации анатектитов в докембрийских гнейсовых толщах установлено высокое давление (5,0–6,0 кбар) отделяющихся

флюидов (см. табл. 1). Это подтверждает высказанное ранее предположение (¹¹, ¹²), что флюиды, отделяющиеся при дегазации кристаллизующихся глубинных магм, являются высокоплотными (жидкими) и в рассмотренном случае должны находиться под давлением, равным или даже большим $P_{\text{литост.}}$. Полученные PT -значения характеризуют PT -параметры регрессивного этапа регионального метаморфизма.

Институт геологии и геофизики
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
1 VII 1975

ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. П. Ермаков, Геохимические системы включений в минералах, М., «Недра», 1972, стр. 375. ² Г. М. Другова, Л. В. Климов и др., Тр. Лаб. геол. докембрия АН СССР, в. 8, 3 (1959). ³ В. И. Кицул и др., В кн.: Геология и петрология докембрия Алданского щита, М., «Наука», 1966, стр. 15. ⁴ Е. М. Лазько, Геологическое строение западной части Алданского кристаллического массива, Изд-во Львовск. ун-та, 1956, стр. 195. ⁵ А. А. Томиленко, В. И. Чупин, Тр. Всесоюз. симп., Обзорные карты и общие проблемы метаморфизма, т. 2, Новосибирск, 1972, стр. 54. ⁶ В. П. Чупин, ДАН, т. 221, № 3 (1975). ⁷ С. Такеноучи, Дж. Кеннеди, Термодинамика постмагматических процессов, М., «Мир», 1968. ⁸ Г. Г. Леммлейн, П. В. Клевцов, Зап. Всесоюз. мин. общ., т. 85, в. 4 (1956). ⁹ Ю. В. Ляхов, Зап. Всесоюз. мин. общ., т. 102, в. 4, 385 (1973). ¹⁰ И. Д. Рябчиков, Термодинамика флюидной фазы гранитоидных магм, М., «Наука», 1975, стр. 230. ¹¹ Ю. А. Долгов, В сб.: Минералогическая термометрия и барометрия, «Наука», 1965, стр. 72. ¹² Ю. А. Долгов, В сб.: Условия образования пьезооптических минералов в пегматитах. Тр. Всесоюз. н.-н. ин-та синтеза мин. сырья, т. 11, М., «Недра», 1969, стр. 3.

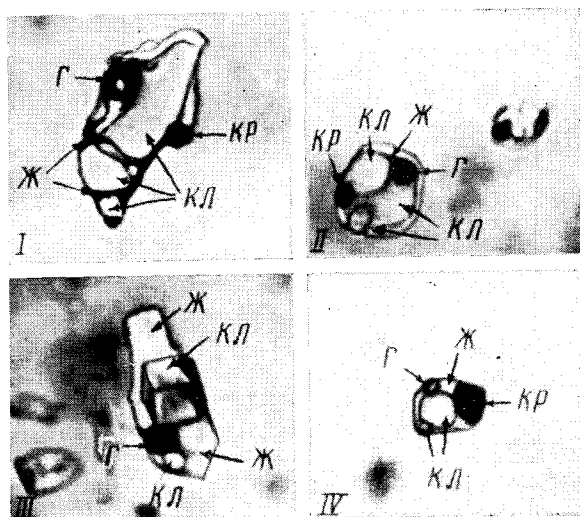


Рис. 1. I, II — ранние раскристаллизованные и кристалло-флюидные включения солевых расплавов-рассолов; III, IV — поздние включения с кристалликом галита. Обозначения фаз включений: Г — газовая, Ж — жидкая, КЛ — твердая легкорастворимая, КР — твердая рудная