

**ОСОБЕННОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНОГО МЕТАМОРФИЗМА
ОСНОВНЫХ ЭФФУЗИВОВ ТАЛАНОВСКОГО ГРАБЕНА
(СЕВЕРНЫЕ ОТРОГИ КУЗНЕЦКОГО АЛАТАУ)**

В. Г. КРЮКОВ, В. З. МУСТАФИН, В. К. ЧЕРЕПНИН

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

В последнее время публикуется значительный материал по изменениям кислых и субщелочных вулканогенных образований; в меньшей мере — средних и основных, которые характеризуются своеобразием продуктов гидротермального метаморфизма, обусловленным сходством новообразованной породы с кислыми или субщелочными разностями эффузивов. Подобные факты очень четко проявляются на площади Талановского грабена. Изучение одного из участков этой структуры позволяет рассмотреть некоторые особенности гидротермальной проработки вулканитов основного состава.

Участок сложен лабрадоровыми, лабрадор-пироксеновыми порфиридами и их кластолавами. Простираение описываемых пород близмеридиональное с моноклиальным восточным падением под углами $40-70^\circ$ [3]. Характеризуются порфириды темно-серой до черной окраской, массивной, миндалекаменной и слабофлюидальной текстурами. Минералогический состав их прост: плагиоклаз № 40—60, редко № 70—76 (60—80%); пироксен, представленный авгитом (10—30%), и магнетит (10—20%). Кроме того, отмечаются редкие зерна апатита и пирротина.

Эффузивы основного состава интродуцируются крупным с многочисленными апофизами дайкообразным телом базальтовых порфиритов. Простираение этого тела субмеридиональное, падение восточное под углами $60-70^\circ$. Базальтовые порфириды отличаются темно-серой с зеленоватым оттенком окраской и значительной степенью раскristаллизации. В их составе преобладают плагиоклазы средней основности (№ 30—50, реже № 50—60). Фемические минералы (авгит-омфациит и оливин) играют подчиненную роль.

Эффузивные и субвулканические разности порфиритов прорваны дайками сиенит-порфиров, диоритовых порфиритов и спессартитов. Все они имеют северо-западное простираение и крутое ($70-80^\circ$) юго-западное падение. Протяженность их составляет десятки, иногда сотни метров при мощности от 0,5—1,5 до 10—20 м. Наиболее молодыми являются дайки диоритовых порфиритов и спессартитов.

Сиенит-порфиры представляют собой мелко- и скрыззернистые породы. Исключительно калишпатовые порфиритовые выделения составляют 5—15% всего объема. Призматически-зернистая основная масса породы состоит преимущественно из калишпатов, а также из темноцветных минералов, практически полностью замещенных хлоритом и серицитом. Количественно полевые шпаты и темноцветы находятся в соотношении от 2:1 до 4:1.

Диоритовым порфирирам свойственно большое количество порфиروهых вкрапленников плагиоклаза № 50—55 и авгита, часто титанистого. Офитовая основная масса их состоит из плагиоклаза № 30—50 (около 40—60%), авгита (30—40%). Устанавливаются также некоторые количества роговой обманки, апатита, магнетита, ильменита и пирита.

Спессартиты имеют порфиридовидную от мелко- до крупнозернистой структуру. Основными минералами в них являются: обыкновенная роговая обманка (40—60%), плагиоклаз № 30—50 (около 30—40%) и авгиг (до 5—10%). Помимо этого, фиксируются единичные зерна биотита, апатита, ильменита, магнетита и пирита.

Структурные черты участка определяются моноклиналим падением эффузивов и тектоническими нарушениями субмеридионального, северо-западного и субширотного направлений (рис. 1). По характеру

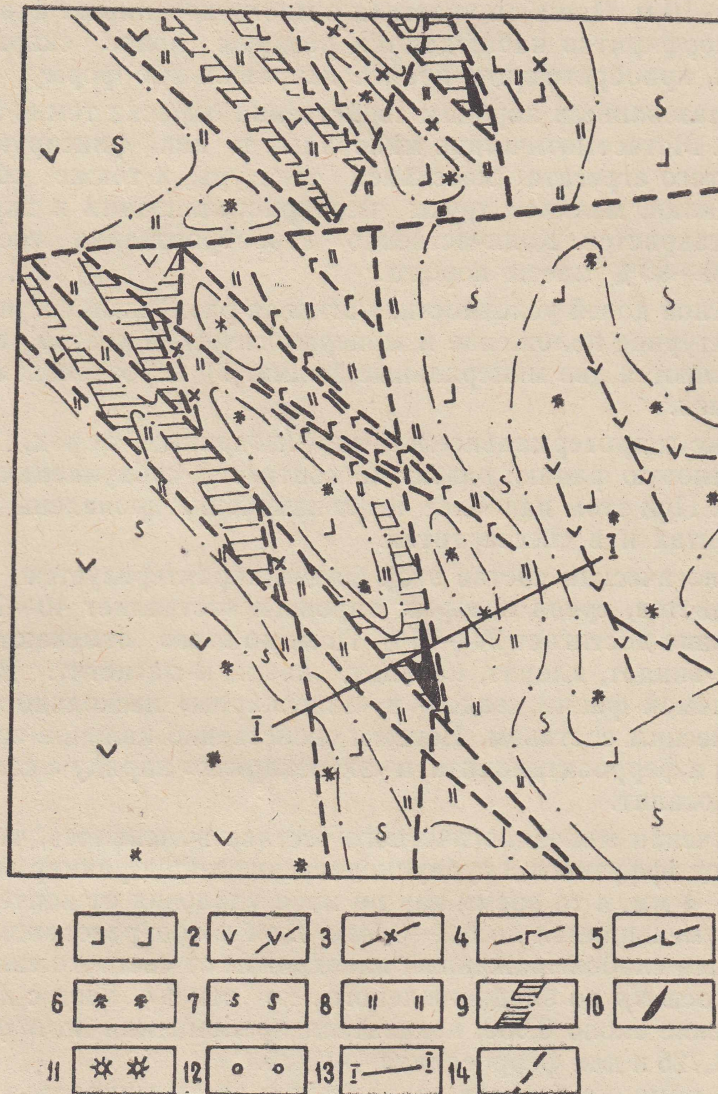


Рис. 1. Геологическая карта участка (составили В. Г. Крюков и В. З. Мустафин): 1 — лабрадоровые, лабрадор-пироксеновые порфириды и их кластолавы; 2 — базальтовые порфириды; 3 — сиенит-порфиры; 4 — спессартиты; 5 — диоритовые порфириды; 6 — скарноподобные образования; 7 — среднетемпературные пропилиты; 8 — низкотемпературные пропилиты; 9 — границы и площади кварц-серицитовых метасоматитов; 10 — рудные тела; 11 — пироксеновые «скарны»; 12 — пироксен-гранатовые «скарны»; 13 — линия отбора проб для силикатного анализа; 14 — дизъюнктивы

дизъюнктивы отвечают сбросам и сбросо-сдвигам. Северо-западными и отчасти субмеридиональными структурами контролируется пространственное распределение продуктов гидротермального метаморфизма.

На площади участка по результатам исследования новообразований можно выделить три типа измененных пород, связанных с воздействием гидротермальных растворов разных стадий минерализации. Первой стадии отвечают скарноподобные образования; второй стадией обусловлено возникновение пропилитов и третьей стадией — кварц-серицитовых метасоматитов.

Скарноподобные образования (в понимании Д. С. Коржинского, 1945) развиваются главным образом вдоль контакта базальтовых порфиритов с основными эффузивами. Ширина полосы новообразований, возникающих в субвулканических породах, достигает 50—90 м. В вулканитах изменения проявляются гораздо локальнее, образуя полосы шириной около 5—10 м. Лишь на участках с многочисленными апофизами базальтовых порфиритов наблюдаются раздувы полос скарноподобных образований, приобретающие крайне неправильную форму.

Новообразованным породам свойственна окраска темно-зеленовато-серых тонов. Метасоматические минералы в них фиксируются в виде тонкозернистого агрегата массивной текстуры, а также образующего пятна, прожилки, мелкие друзы перекристаллизации и вкрапленники крупных метакристов. Количественно новообразования составляют от 20—40 до 60—80% массы породы.

С известной долей условности, учитывая различный состав исходных пород, структурное положение и минералогический состав новообразований, выделяются две минеральные фации: 1) пироксеновая, 2) пироксен-гранатовая.

Комплекс гидротермально-метаморфизованных пород, составляющий пироксеновую фацию, развит по контактам субвулканических тел с эффузивами. При этом наиболее четко изменения проявлены в базальтовых порфиритах и в спессартитах.

Минералогический состав этой фации характеризуется преобладанием темноцветов, среди которых пироксен составляет 40—70%. Количество андезина достигает 20—40%. Помимо этого отмечаются амфиболы, а также эпидот, хлорит, кальцит, кварц и магнетит. Выделяемые для описываемой фации «эндо»- и «экзоскарны» несколько отличаются минералогическим составом. Первым свойственно наличие салита, роговой обманки и ферроактинолита, в «экзоскарнах» наряду с салитом отмечается ферросалит.

При изучении минералогического состава выяснилось, что на участках контактов эффузивов и субвулканических пород размер зерен салита достигает 2—4 мм, в то время как по мере удаления от контакта размер кристаллов уменьшается до 0,2—0,5 мм. Для новообразованных пироксенов отмечается слабовыраженный плеохроизм от светлого синевато-зеленоватого по оси Np до бледно-зеленого по оси Nq . Угол с ΔNq до 46° , двупреломление около 0,030, показатели преломления по $N'q$: для салита — около 1,725 и для ферросалита — 1,735.

Роговая обманка слагает центральные части микродроз перекристаллизации, где размер ее кристаллов достигает 0,5—1,5 мм. Для нее характерен четкий плеохроизм от зеленовато-желтого по оси Np до синевато-зеленого по Nq со схемой абсорбции $Np < Nm < Nq$. Угол с ΔNq около 23° , показатели преломления по $N'q = 1,638$ и $N'm = 1,625$. Все это свидетельствует [1] о богатом магнием (60%) амфиболе.

Ферроактинолит, как правило, образует оторочку вокруг зерен роговой обманки, причем размер его кристаллов достигает лишь 0,3—0,5 мм. Плеохроизм резкий: по Nq — синезеленоватый, по Np — желтовато-зеле-

новатый. Угол с ΔNq составляет $12-14^\circ$, двупреломление около $0,017-0,020$ и показатель преломления по $N'_q = 1,700$.

Хлорит представлен волокнистыми и радиально-лучистыми агрегатами пеннина со слабым плеохроизмом от светлого желто-зеленого по оси Nq до синевато-зеленого по оси Np . Схема абсорбции $Np \approx Nm \approx Nq$ показатели преломления по $N'_q = 1,570$, а по N''_q — немного менее $1,570$.

Кальциту свойственны карбонатная спайность, псевдоабсорбция, высокое двупреломление и показатели преломления: n'_o около $1,660$ и $n'_e = 1,485$. Зерна его достигают $1-5$ мм.

Пироксен-гранатовая фация пользуется несравненно меньшим распространением, тяготея к контактам субвулканических тел с эффузивами. По сути дела, она представляет результат дальнейшего развития процесса, когда количество граната возрастает настолько, что становится возможным выделение самостоятельной фации. Количественное соотношение пироксена и граната соответствует $3:1$. Помимо широко развитых ферросалита и граната отмечаются также андезин № $30-35$, эпидот, кальцит, кварц, магнетит, реже актинолит, альбит, серицит, сфен и апатит. В отдельных участках устанавливается развитие железистой разновидности пироксена, близкой к геденбергиту.

Типичными минералами скарноподобных образований являются пироксены, гранат и роговая обманка, свидетельствующие лишь о частичной подвижности Na_2O и K_2O . Не вызывает сомнений подвижность H_2O и CO_2 . Анализ минерального состава этих образований указывает также на практически полное отсутствие заметных перемещений MgO , окислов железа, CaO , P_2O_5 , SiO_2 и Al_2O_3 .

Пропилиты 4,7 пользуются чрезвычайно широким распространением, особенно четко проявляясь в эффузивах и сиенит-порфирах. Со «скарнами» они имеют как секущие взаимоотношения, так и постепенные переходы. От скарноподобных образований пропилиты отличаются следующими особенностями: 1) окраской зеленоватых тонов; 2) наличием брекчиевидных текстур; 3) отсутствием гранатов и пироксенов; 4) широким развитием типичных минералов, которыми являются эпидот, актинолит, хлорит, альбит и пирит, причем общее количество их не превышает $20-30\%$.

В пропилитах наблюдается разъедание зерен пироксенов и гранатов эпидотом. Последним, совместно с пиритом, нередко замещается магнетит. Наряду с типичными минералами, определяющими облик новообразований стадии, в незначительном количестве устанавливаются ортоклаз, серицит и кварц. Интересно, что серицит, как правило, отделен от кварца альбитом, который, в свою очередь, отделен от кальцита — агрегатом кристаллов кварца. При этом эпидоту характерны: размер зерен $0,1-0,3$ мм, слабый плеохроизм от бесцветного по Np до желтовато-зеленоватого по Nq со схемой абсорбции $Np < Ng < Nm$. Двупреломление его около $0,020$ и показатель преломления по $N'_q = 1,770$.

Зерна актинолита, образующие пластинчатые кристаллы и радиально-лучистые агрегаты, достигают $0,3-0,5$ мм. В отличие от ферроактинолита показатель преломления описываемого минерала по оси $= 1,670$.

Из хлоритов отмечаются пеннин и клинохлор, причем первый ассоциирует с эпидотом, тогда как клинохлор — с альбитом и кальцитом. Клинохлору свойственна более высокая, в отличие от пеннина, интерференционная окраска и показатель преломления по N'_q около $1,585$.

Необходимо отметить, что даже макроскопически среди пропилитов возможно выделение фаций с эпидотом (среднетемпературные пропилиты) и безэпидотовых фаций (низкотемпературные пропилиты). Последние, пользуясь более локальным развитием, тяготеют обычно к северо-

западным структурам. Ширина полосы низкотемпературных пропилитов колеблется от 20—40 м до 100—200 м.

Изучение фациального состава гидротермальных изменений пропилитового типа (эпидот, актинолит, хлориты, альбит, пирит) позволяет заметить, что увеличивающаяся интенсивность постмагматического процесса приводит к некоторой подвижности окислы магния и железа.

Кварц-серицитовые метасоматиты по распространенности резко уступают пропилитам. Проявляясь в виде гнезд, «столбов» и линз с глубиной, они довольно быстро выклиниваются. На поверхности ширина их выхода составляет 10—15 м, реже до 20—25 м, а уже на глубинах 60—90 м от дневной поверхности они представлены зонками мощностью до 0,5—1,0 м. Приурочиваются кварц-серицитовые метасоматиты к тем же северо-западным структурам с наиболее интенсивной трещиноватостью. Им свойственны некоторые особенности, позволяющие отличать их от пропилитов и от «скарнов»: 1) красновато-зеленоватые до светлых зеленовато-серых окрасок; 2) полосчатые, пятнистые, массивные, брекчиевые текстуры; 3) полное отсутствие гранатов, пироксенов, амфиболов и эпидота; 4) широкое развитие серицита и кварца, а также ортоклаза, альбита, карбонатов и хлорита; 5) интенсивное проявление сульфидной минерализации, а также флюорита; 6) количественно новообразования составляют до 80—90% всей массы породы.

Ширина полосы, переходной от пропилитов к кварц-серицитовым метасоматитам, измеряется первыми метрами. В ее пределах, совместно с реликтами эпидота, актинолита и исходного эффузива, устанавливаются следующие новообразования: кальцит, альбит, пеннин и серицит. При этом с глубиной возрастает роль альбита. Участки пород, непосредственно примыкающие к дизъюнктивным структурам, имеют более сложный состав. Для них фиксируется преобладающая роль кварца и серицита. Вместе с тем довольно широким развитием пользуются доломит, ортоклаз, альбит, клинохлор, прохлорит и флюорит. Рудные минералы представлены халькопиритом, галенитом, сфалеритом, пиритом, арсенопиритом и гематитом.

Необходимо отметить, что серицит, встречающийся практически по всей метасоматической колонке, лишь в низкотемпературных образованиях играет самостоятельную роль. Интенсивно этот минерал развивается на оруденелых участках, где количество его доходит до 25—35% массы породы. В этом случае он часто образует совместно с адуляром или кварцем микродрозы перекристаллизации.

В пределах оруденелых участков, кроме серицита, отмечаются такие характерные минералы, как доломит (высокие показатели преломления $n^o = 1,685$ и n'_e около 1,505), а также клинохлор и прохлорит (резкий плеохроизм от сине-зеленого по оси Np до желтовато-зеленого по оси Nq ; показатель преломления по Nq около 1,640).

Обычно к скоплениям серицита и хлорита приурочиваются рудные минералы, образующие вкрапленность, пятна, микропрожилки и цемент брекчий. При этом жильные минералы, как правило, образуют равновесные ассоциации с рудными, что подчеркивается примерно равным идиоморфизмом тех и других.

Исходя из минералогического состава (кварц, серицит, хлорит), устанавливается следующий ряд подвижности компонентов: H_2O , CO_2 , S , O_2 , K_2O , Na_2O .

Процесс образования различных типов измененных пород, судя по взаимоотношениям новообразованных минералов, носит в общем-то непрерывный характер, выражая постепенное понижение температуры. Последнее свидетельствует о проявлении регрессивного гидротермального метаморфизма, в заключительную стадию которого формировалась рудная минерализация.

Метасоматическое преобразование эффузивов отражается на рис. 2 и табл. 1, где показано изменение химического состава лабрадор-пироксеновых порфиров. Следует отметить, что применение кислородного метода Барта при определении привноса-выноса химических компонентов в процессе гидротермального метаморфизма в случае незначительного колебания пористости не вызывает существенных возражений исследователей [5, 6].

Анализ диаграммы показывает, что начальные стадии процесса выделяются значительной основностью растворов и участием натрия. При контактовом метаморфизме существенного привноса каких-либо компонентов не отмечается. Однако уже на стадии формирования среднетемпературных пропилитов отмечается привнос трехвалентного железа, кальция и натрия, которые идут в основном на образование эпидота, альбита, кальцита и актинолита. Натрий играет ведущую роль и в низкотемпературных пропилитах. Кварц-серицитовые метасоматиты характеризуются возрастающей ролью калия, а также алюминия, трехвалентного железа и воды. Этим обуславливается факт широкого развития серицита, железистого хлорита и ортоклаза.

Таким образом, изложенный материал показывает, что постмагматическая деятельность проявилась в формировании растворов, приведших к возникновению скарноподобных образований, пропилитов и кварц-серицитовых метасоматитов, порядок пространственного расположения которых подчеркивает падение температуры процесса, имеющее место обычно в случае регрессивного метаморфизма.

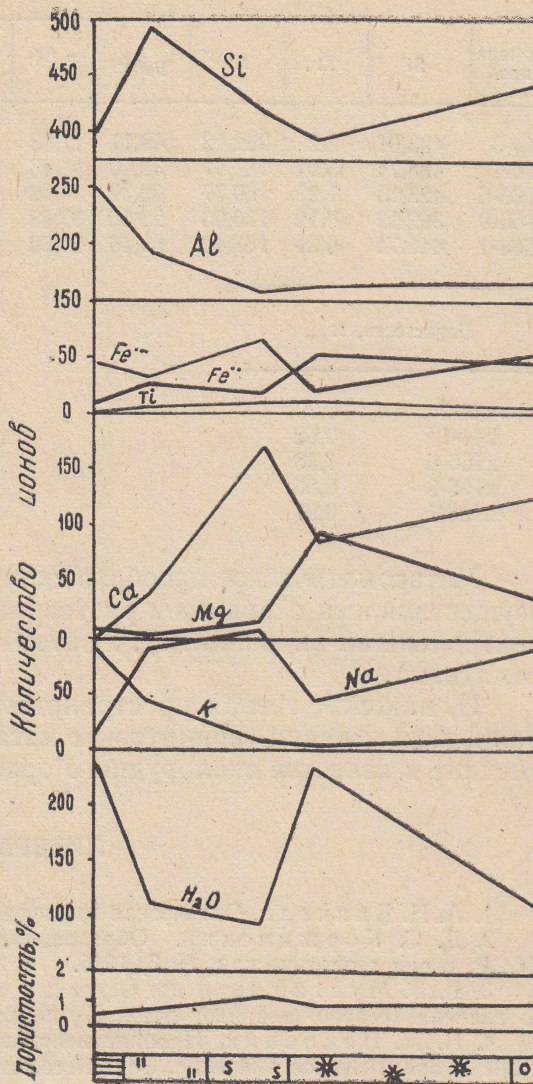


Рис. 2. Диаграмма привноса-выноса химических компонентов в процессе гидротермального метаморфизма основных эффузивов. Условные обозначения те же, что и на рис. 1

Таблица 1

Изменение химического состава в лабрадор-пироксеновых порфиритах при гидротермальном метаморфизме

Номера проб	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O+
к44-3	48,21	0,35	26,61	7,81	2,55	0,08	0,80	0,44	1,00	8,25	0,12	4,24
к44-1	54,03	0,87	17,63	5,79	4,85	0,30	0,04	4,35	4,85	3,65	0,71	1,84
к166-6	39,56	0,90	13,47	8,50	2,69	0,34	1,20	15,21	5,10	0,45	0,70	4,00
к166-9	45,70	1,26	17,50	3,65	8,08	0,06	7,33	9,34	2,72	0,48	0,38	0,84
п588-1	44,71	0,83	15,62	7,80	6,23	0,25	2,32	11,96	4,68	0,72	0,58	1,84

Номера проб	Si	Ti	Al	Fe ³⁺	Fe ²⁺	Mn	Mg	Ca	Na	K	P	H ₂ O
к44-3	403,01	2,2	262,12	49,11	17,80	0,57	9,96	3,94	16,20	87,94	0,83	236,32
к44-1	488,74	5,91	187,91	39,40	36,63	2,29	0,54	42,14	85,00	42,10	5,43	110,97
к166-6	423,13	7,23	169,77	68,39	24,02	3,08	19,11	174,23	105,70	6,13	6,23	89,85
к166-9	392,12	8,12	176,93	23,56	57,88	0,44	93,68	85,82	45,22	5,25	2,74	228,83
п588-1	445,74	6,21	183,40	58,46	51,82	2,11	34,43	127,63	90,35	9,15	4,86	55,81

Пористость, %

к44-3	0,39
к44-1	0,52
к166-6	1,18
к166-9	0,83
п588-1	0,97

Метасоматическое преобразование эффузивов на начальных стадиях осуществлялось основными растворами. Постепенно они становились нейтральными (пропилиты), а затем кислыми (кварц-серицитовые метасоматиты).

И, наконец, тесная пространственная приуроченность рудной минерализации к кварц-серицитовым метасоматитам позволяет выделять последние в качестве околорудного ореола измененных пород.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Н. Винчелл. Оптическая минералогия. Изд. ИЛ, 1956.
2. Д. С. Коржинский. Образование контактовых месторождений. Изв. АН СССР, серия геологическая, № 3, 1945.
3. В. З. Мустафин и др. Основные черты геологического строения Талановского грабена (северо-западный склон Кузнецкого Алатау). Изв. ТПИ, т. 151, 1966.
4. Н. И. Наковник. Пропилитизированные породы, их минеральные фации, генезис и практическое значение. Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, ч. 83, № 2, 1954.
5. Н. И. Наковник. Определение количественного изменения вещества при гидротермальном метаморфизме. Зап. Всесоюз. минерал. о-ва, ч. 87, вып. 4, 1958.
6. В. А. Рудник. Методы определения количественного изменения вещества при метаморфизме. Сб.: Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. Изд. «Недра», 1966.
7. Ф. Н. Шахов. Геология жильных месторождений. Изд. «Наука», 1964.