

ЖИЛЬНАЯ ПЛАГИОКЛАЗИТОВАЯ СЕРИЯ КАЧКАНАРСКОГО МАССИВА (УРАЛ) – ПРОДУКТ ДЕСИЛИКАЦИИ ПЛАГИОГРАНИТНОГО ШТОКВЕРКА

В вопросе о генезисе жильных плагиоклазитов, обильных в рудных карьерах Качканарского ГОКа, отмечаются противоречия между полевыми данными и теоретическими ограничениями. Жильный штокверк прорывает твердый пироксенит, вмещающий титаномагнетитовые залежи; однако существование плагиоклазовой магмы невероятно, поскольку противоречит законам кристаллизации силикатных систем. Жилы содержат ксенолиты пироксенитов, реже роговообманковых габбро и горнблендитов. На контактах с матрицей и вокруг ксенолитов наблюдаются роговообманковые реакционные каймы. Мелкие обломки превращаются в скопления роговой обманки. Жильная серия – это непрерывный химический ряд обогащенных Sr (выше 1000 г/т) составов: от бескварцевых до соответствующих плагиограниту с 25–40 % нормативного кварца; преобладают бескварцевые разновидности, содержащие 95 % и более основного андезина An_{40} – An_{50} . Наблюдается акцессорная примесь сульфидов, сфена, циркона, редко магнетита, биотита. Составы роговой обманки – общей минеральной фазы жил, реакционных кайм и рудной пироксенитовой матрицы – значимо не различаются, фиксируя режим эквипотенциальной области водного метаморфизма, в которой все породы и руды изофациальны и составляют единую равновесную метаморфическую систему. Приуроченность плагиоклазитов к ареалу водного метаморфизма, включающему рудные залежи месторождения, и химическое родство с плагиогранитами позволяют считать, что плагиоклазиты – суть продукт неизохимического метаморфизма (десиликации) плагиогранитного протолита. В условиях избытка водного флюида, способствовавшего химическому обмену, плагиогранитные дайки, внедрившиеся в недосыщенную SiO_2 , твердую и горячую (около 700 °С) матрицу, испытали вместе с ней метаморфизм амфиболитовой фации, десилицировались вплоть до появления нормативного нефелина, но сохранили реликтовую морфологию жильного магматического штокверка.

There are contradictions between field data and theoretical constrains in the problem of veined plagioclase genesis in open pit mines of the Kachkanar Dressing Plant. Veined stockwork breaks through hard pyroxenite containing titanomagnetite bodies; however, the existence of plagioclase magma is unlikely as far as this is at variance with the pattern of silicate system crystallization. Veins contain xenolites of pyroxenites, rarer of hornblende gabbro and hornblendites. Hornblende reaction rims occur at contacts with matrix and around xenolites. Small fragments occur as hornblende congestion. The veined series is a continuous chemical series of Sr-rich (over 1000 g/t) compositions: from quartz-free to that corresponding to plagiogranite with 25 to 40 % of normative quartz; quartz-free varieties containing 95 % and more of basic An_{40} – An_{50} andesine are predominant. Accessory admixture of sulphides, sphene, zircon, rarely magnetite and biotite may be observed. Hornblende compositions – general mineral phase of veins, reactions rims and ore pyroxenite matrix – are closely approximated and fix the regime of equipotential area of water metamorphism, wherein all rocks and ores are isofacial and comprise a single balanced metamorphic system. The fact that plagioclases are confined to a water metamorphism area, which encloses ore deposits, as well as chemical affinity with plagiogranites suggest that plagioclases are products of non-isochemical metamorphism (desilication) of plagiogranite protolith. Under conditions of water fluid excess favourable for chemical interchange, plagiogranite dykes, which had intruded into hard and hot (ca. 700 °C) matrix undersaturated with SiO_2 , also underwent metamorphism of the amphibolite facies, were desilicated up to emergence of normative nepheline, but preserved relic morphology of veined magmatic stockwork.

В клинопироксенитах Качканарского массива, вмещающих крупнейшие месторождения титаномагнетитовых руд, известна серия мономинеральных плагиоклазовых, как правило, бескварцевых жильных пород – аналога впервые описанных Л. Дюпарком плагиоаплитов [18]. Здесь эти породы описаны Н. К. Высоцким как «роговообманковые

(сиенито-диоритовые) аплиты» и «плагиоклазовые аплиты (плагиоклазиты)» с олигоклаз-андезином An_{16} – An_{46} [3]. Та же жильная серия была описана во многих пунктах Платиноносного пояса Урала под названиями аплитовидных пород, лейкодиоритов, диорит-аплитов, сиенит-диоритовых аплитов, плагиоклазитов, олигоклазитов, андезинитов.

Первоначальный термин Л. Дюпарка «плагиаплит» не кажется удачным, поскольку вызывает ассоциации с термином «плагιο(гранит)аплит», поэтому авторы обозначают этот элемент Пояса как *плагноклазитовую жильную серию*.

Более поздние работы содержат сведения по распространению, морфологии, соотношениям плагноклазитовой серии с породами и рудами Качканарского массива, в меньшей мере характеризуют ее состав. В. А. Решитко, оспаривая мнение А. Н. Заварицкого [10] о количестве жильных пород как индикаторе глубины эрозионного среза платиноносных массивов, пришел к заключению, что обилие плагноклазитовых жил объясняется тектонической нарушенностью, различия в уровне эрозионных срезов не оказывают никакого влияния на распределение жильных пород [12]. Л. Ф. Борисенко привел некоторые данные по минеральному составу жильных пород и по концентрациям в них микроэлементов [1]. В. Г. Фоминых и Ю. А. Волченко на основании химических анализов выделили среди них по составу плагноклаза несколько групп, по их мнению, разновозрастных [14, 15].

Вопрос о генезисе качканарских плагноклазитов практически не обсуждался. По мнению В. Г. Фоминых и др., это «жильные низкотемпературные образования, связанные со становлением плагногранитных интрузий восточного склона Урала» [15, с. 55]. Между тем, вопрос о природе плагноклазитовой серии представляется крайне интересным не только потому, что в рудных карьерах Качканарского ГОКа плагноклазитовые жилы составляют иногда по объему до 20 % и более горной массы. Здесь имеет место фундаментальное противоречие между полевыми данными и теоретическими ограничениями, которое до сих пор не было отчетливо сформулировано, а именно: с одной стороны, плагноклазитовые жилы *выполняют* пространство, образовавшееся при хрупком разрыве и дроблении твердого пироксенитового монолита, — наблюдается как будто бы отчетливая картина интрузивного внедрения магматической жидкости; но, с другой стороны, с точки зрения того, что известно современной петрологии, получить *плагноклазитовую* жидкость можно, только расплавив какой-то *плагноклазитовый* субстрат; однако такой экзотический случай не может иметь петрогенетического значения. Разумеется, не может быть речи о плагноклазитовой выплавке из пироксенитового субстрата. Наконец, множество экспериментов показало, что частичное плавление базитов при любых условиях неизменно приводит к образованию кремнеземистой (гранитоидной) выплавки с более чем 25 % нормативного кварца [16, 17, 20, 21 и др.]. Все это лишним раз подтверждает вывод Н. Боуэна: «*Не существует жидких магм, состав которых соответствовал бы составу какого бы то ни было плагноклаза*» [2, с. 172]. Поэтому любая модель образования качканарской плагноклазитовой серии должна учитывать эти основополагающие ограничения.

Геология Качканарского массива. Под Качканарским массивом понимается группа из трех крупных аллохтонных габбро-гипербазитовых тел, отделенных одно от другого метавулканитами (рис. 1). Два западных дунит-клинопироксенитовых тела, известные под названиями Светлый Бор и Вересовый Бор, являются первичным источником гигантской Исовской платиновой россыпи. Третье, наиболее крупное тело округлых очертаний, с размерами примерно 10–11 км — собственно Качканарский массив, сложено клинопироксенитами и габбро.

В связи с платиновым бумом начала XX столетия массив был изучен Н. К. Высоцким [3], который впервые составил геологическую карту в м-бе 1 : 42 000 и дал детальные описания горных пород. В 1946 г. после магнитных съемок, обнаруживших крупные магнитные аномалии, начались разведочные работы на титаномагнетитовые руды. В 1949–1952 гг. В. А. Решитко выполнил геологическую съемку всего рудного поля в м-бе 1 : 10 000, впервые показав внутреннюю структуру массива [13]. Промышленное освоение месторождений стимулировало детальные исследования горных пород и руд, результаты которых изложены во множестве публикаций. Особо следует отметить многочисленные работы В. Г. Фоминых с соавторами [15 и др.].

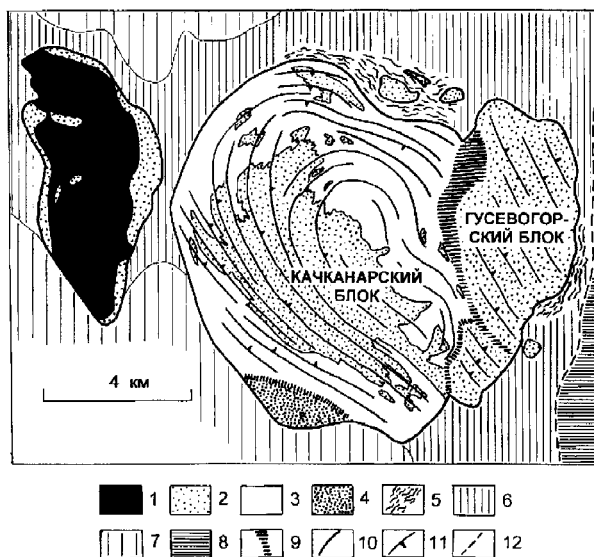


Рис. 1. Структурная схема Качканарского массива (по данным геологических съемок В. А. Решитко 1949–1952 гг. с дополнениями и интерпретацией А. А. Ефимова и др. [7]).

1 — дуниты автономного тела Светлого Бора; 2 — клинопироксениты, в том числе рудные; 3 — тылаиты и оливиновые габбро; 4 — офитовые ортоклазосодержащие габбро-нориты; 5 — двупироксеновые гранулиты («роговики»); 6 — зона амфиболитов; 7 — зеленые сланцы ордовика (?); 8 — вулканы силура; 9 — внутренние тектонические швы; 10 — внешний тектонический контакт массива; 11 — расслоенность (полосчатая текстура) в пироксенитах и габбро; 12 — прочие тектонические контакты.

Структура массива сформировалась в условиях высокотемпературной аккреции и пластического течения, имевших место в начале тектоно-метаморфической истории Платиноносного пояса [5, 7]. В контуре монолитного тела отчетливо выделяются два связанных тектоническим швом крупных тектонических блока, площади которых соотносятся примерно как 3 : 1 – Качканарский и Гусевгорский. Первый обнаруживает хорошо выраженное концентрическое (брахисинклинальное, по В. А. Решитько) строение, во втором слабо проявленная полосчатость в пироксенитах имеет однообразное северо-западное простирание. Качканарский блок сложен высокотемпературными тектонитами пироксенит-тылаитовой серии – *горячим меланжем*, возникшим при горячем тектоническом и химическом смешении двух исходных компонентов – дунит-пироксенитового и оливин-габбрового. Гусевгорский блок сложен почти исключительно пироксенитами, содержащими рудные залежи. Позднее, в эпоху растяжения и гидратации, горячий шов был несколько подновлен и явился подводящим каналом для водного флюида, вызвавшего амфиболитовый метаморфизм рудной зоны с образованием роговообманковых пироксенитов, горнблендитов и роговообманковых габбро. В эту же эпоху в горячем шве и вблизи него возникла область тектонического растяжения, разрывы в которой были выполнены жильным материалом – возник плагиоклазитовый штокверк. Штокверк не выходит за

внешний контур массива и образовался до момента перемещения габбро-гипербазитовых тел из глубинной зоны в структуры верхней коры, т. е. является неотъемлемой частью всего Качканарского аллохтона [5].

Геология жильной серии. Сеть плагиоклазитовых жил, наивысшая плотность которой отмечается в карьерах Главном и Западном, слагает довольно неясно очерченный ареал в нескольких квадратных километрах, приуроченный к Гусевгорскому полю рудных пироксенитов и горячему тектоническому шву (рис. 2). Вывод В. А. Решитько [12] об обилии жил как следствии тектонической нарушенности этой части массива справедлив: зона массового развития жил, превосходно вскрытая в бортах карьеров, фиксирует зону дробления твердой пироксенитовой матрицы, т. е. не выходящую за внешний контур массива зону *тектонического растяжения*. В. Г. Фоминых и др. [15] показали, что наиболее мощные жилы, до нескольких метров мощностью (в редких случаях – до 10 и даже до 20 м), приурочены к системе крутопадающих разрывов северо-северо-западного простирания, а менее мощные – к системе разрывов субширотного простирания.

Жильный материал внедрился, безусловно, в условиях хрупкого разрыва. Контакты жил и очертания ксенолитов резкие, однако при раскальвании ксенолиты, несмотря на большой контраст в составе, не отделяются от цемента. Ксенолиты разной



Рис. 2. Жильный плагиоплитовый штокверк в рудных пироксенитах (Западный карьер Качканарского ГОКа).

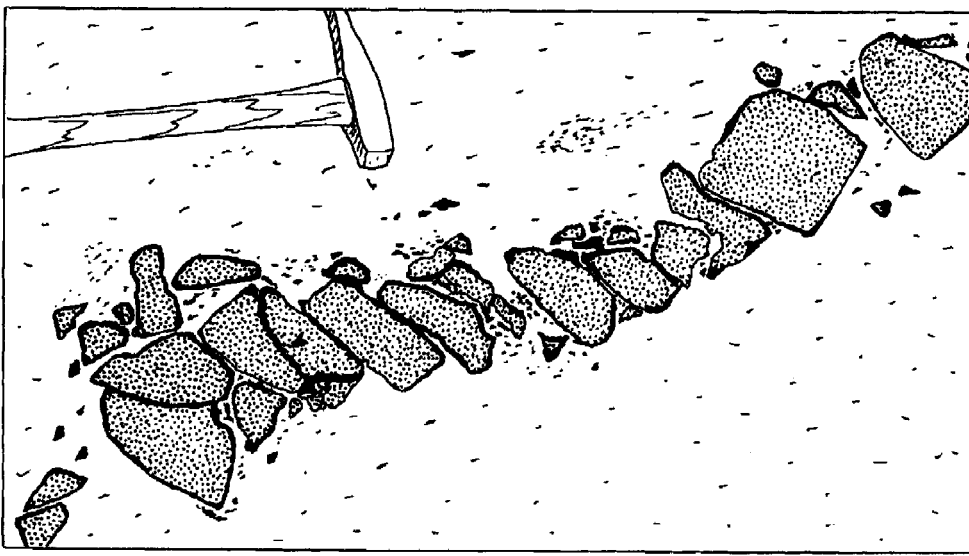


Рис. 3. Серия вытянутых в одну линию и повернутых примерно на один и тот же угол пироксенитовых блоков в мощной плагиоклазитовой жиле (схема по рис. 2).

Эпизод фрагментации длинного и узкого пироксенитового ксенолита («септы») с одновременным раздвигом фрагментов и заполнением образовавшихся промежутков жильным материалом. Блоки пироксенита окружены узкими, непостоянной ширины роговообманковыми каймами (черное) с неровными внешними и внутренними ограничениями. Самые мелкие фрагменты теряют явные обломочные очертания, превращаясь в скопления и монокристаллы роговой обманки. В непосредственной близости к блокам и в промежутках между ними жильный плагиоклазит обогащается роговой обманкой, приобретая «диоритовый» облик.

величины и формы, содержащие титаномагнетитовую вкрапленность, присутствуют в разном количестве; местами жилы переполнены ими. Ксенолиты часто остроугольны, разноориентированны, повернуты относительно друг друга, в других случаях раздроблены и сцементированы плагиоклазитом (рис. 3). Очертания противоположных стенок жил часто таковы, что при всей сложности контуров допускают возможность их совмещения, указывая на то, что жила представляет собой полость растяжения, компенсированную (заполненную) плагиоклазитовым веществом. Состав ксенолитов определяется составом окружающих жилы пород. Какие-либо экзотические, не местные включения не встречены.

Количество роговой обманки в плагиоклазитах колеблется от полного отсутствия до 10–15 %, кварцсодержащие разности редки. Обычно жилы разного состава пространственно разобщены, и нет никаких указаний на то, что они представляют последовательные интрузивные фазы. В Северном и Западном карьерах наблюдались преимущественно андезиновые, в Центральном – андезиновые и олигоклазовые плагиоклазиты, причем последние иногда с существенным количеством кварца (см. рис. 6, В). Пересечения жил наблюдаются крайне редко, и в этих случаях какой-либо разницы в их составе не отмечается. Во всяком случае, утверждение о существовании трех возрастных групп жил – андезинитовой, олигоклазитовой и плагиоклазитовой [15], нашими наблюдениями не подтверждается. Наблюдались редкие случаи, когда в

жильном плагиоклазите присутствуют маломощные прожилки того же состава, но с большей крупностью зерна, представляющие собой, по-видимому, зоны собирательной рекристаллизации.

На контактах белых жил с окружающими темно-серо-зелеными пироксенитами и вокруг пироксенитовых ксенолитов всегда наблюдаются черные роговообманковые каймы разной ширины, от нескольких миллиметров до нескольких сантиметров, очень редко содержащие примесь плагиоклаза. Эти каймы, представляющие собой, по общему мнению всех авторов начиная с Л. Дюпарка [18, 19], продукт реакции жильной породы и пироксенита, обычно несколько сглаживают очертания ксенолитов и уменьшают резкость их контуров; от них внутрь ксенолитов по системе трещин нередко ответвляются зоны развития роговой обманки. В большем или меньшем количестве рассеянные выделения роговой обманки присутствуют и внутри ксенолитов. Мелкие фрагменты пироксенита теряют собственные очертания, превращаясь в неясно ограниченные скопления, агрегаты или монокристаллы роговой обманки, в которых иногда появляется плагиоклаз того же состава, что и в жилах. В непосредственной близости к обломкам в почти мономинеральной плагиоклазитовой массе часто наблюдаются характерные участки обогащения роговой обманкой, создающие впечатление местного загрязнения, «диоритизации» (рис. 3).

Редкие габбровые ксенолиты представлены только роговообманковыми и клинопироксен-роговообманковыми габбро с вкрапленностью тита-

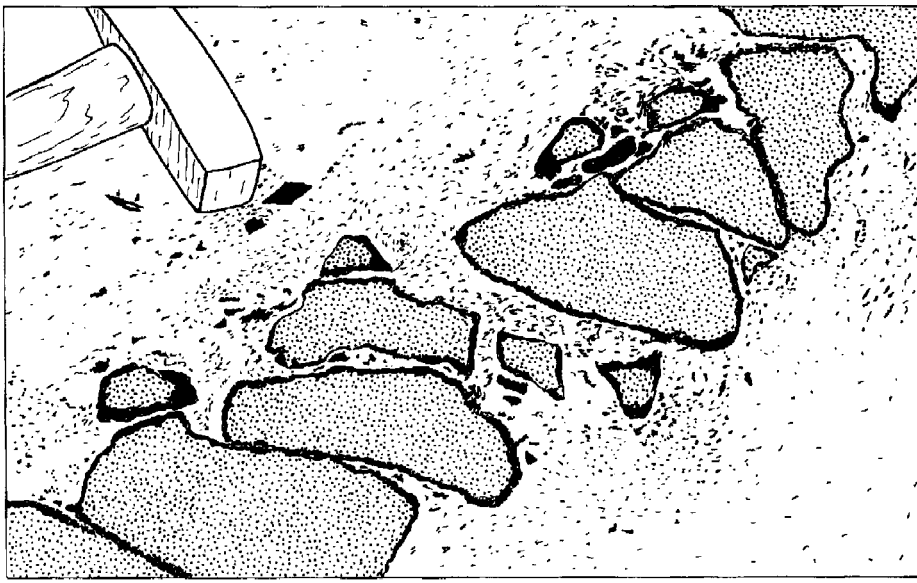


Рис. 4. Блок крупнозернистого плагиоклазсодержащего горнблендита (меланократового роговообманкового габбро) с мелкозернистым участком плагиоклаз-роговообманкового состава (частые точки) в жильном плагиоклазите.

Здесь в отличие от пироксенитовых блоков реакционная кайма отсутствует; вся порода целиком превращена в агрегат роговой обманки с примесью плагиоклаза того же состава (Ap_{50}), что и в жильной породе.

номагнетита, близкими к хорошо изученным габбро так называемого «серебрянского» типа. Последние, как было показано [6], являются в строгом фациальном смысле габброподобными амфиболитами – продуктом неизохимического метаморфизма первичных, безводных габбро (габбро-норитов, оливиновых габбро). В рассматриваемом случае субстратом роговообманковых габбро являются, по-видимому, оливин-анортитовые габбро Качканарского блока типа слагающих горы Еловую, Еловую Гриву и др. Достаточно очевидна тенденция гранитизации ксенолитов (габбровые блоки содержат андезин, а иногда и нормативный кварц, что для местных габбро нехарактерно). Габбровые ксенолиты, в отличие от пироксенитовых, не имеют роговообманковых кайм; часто они теряют четкость очертаний, приобретая характер теневых включений и плагиоклаз-роговообманковых скоплений в жильной массе, сохраняющих при этом некоторую угловатость, унаследованную от исходных очертаний ксенолитов (рис. 4).

Петрохимия. Геологическая дискретность жильной серии и вмещающих ее габбро-пироксенитов находит отражение в их химической дискретности (новые анализы приведены в табл. 1; в графиках использованы, кроме них, анализы из монографии В. Г. Фоминых и др. [15]). Две химические совокупности, одна из которых существенно фемическая, а другая – предельно салическая, отчетливо контрастируют на любых петрохимических диаграммах (рис. 5, 6). Обособленная плагиоклазитовая серия слагает непрерывный и протяженный химический ряд, включающий бесчисленное количество ультралейкократовых (менее 10 %

фемического компонента) петрографических разновидностей – от пород бескварцевых до соответствующих плагиограниту с 25–40 % нормативного кварца. Обычны практически мономинеральные породы, содержащие 95 % и более плагиоклаза; преобладают бескварцевые плагиоклазиты с примесью роговой обманки примерно до 10 %. Обогащенные роговой обманкой бескварцевые разновидности типа лейкодиоритов достаточно явно связаны с зонами дезинтеграции пироксенитовых ксенолитов в массе ультралейкократового плагиоклазита. Менее распространены кварцсодержащие разновидности, составы с количеством кварца более 25 % крайне редки.

Минералы и парагенезисы. В составе пироксенитов, горнблендитов и их рудных разновидностей преобладают клинопироксен и роговая обманка. Оливин редок. В клинопироксен-роговообманковых габбро к этим минералам присоединяется плагиоклаз. Рудные минералы представлены сидеролитовыми выделениями титаномagnetита, зеленой шпинелью, редкими зернами ильменита, сульфидов и крайне редко, как установлено специальными исследованиями, минералами платиновой группы. Расчеты по магнетит-ильменитовому геотермометру показали, что сплошные, прожилковые и вкрапленные руды в пироксенитах формировались при 700–750 °С, а руды в роговообманковых пироксенитах и горнблендитах – при температурах около 600–650 °С, соответствующих амфиболитовой фации метаморфизма [15].

Жильные породы существенно сложены плагиоклазом, редко свежим, чаще разложенным и замещенным низкотемпературными минералами (пренит, хлорит и др.). Структура агрегата плагиоклаза обычно неравномернoзернистая, напоминающая

АНАЛИЗЫ ГОРНЫХ ПОРОД, мас. % (SR, г/т)

№	Гр.	№ обр.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	П.п.п.
1	1	11512	52,99	0,075	25,02	2,24	0,019	2,28	8,34	5,92	0,06	1,33
2	1	11513	54,00	0,047	27,86	1,41	0,009	0,98	8,37	5,92	0,06	0,87
3	1	11514	54,47	0,027	28,42	1,35	0,007	1,69	7,97	5,92	0,09	1,29
4	1	11515	53,72	0,030	29,16	1,24	0,006	0,85	7,63	5,92	0,14	2,66
5	1	11517-2	50,16	0,525	23,01	6,30	0,078	3,95	8,86	4,97	0,16	2,56
6	1	11518-2	54,12	0,136	26,25	2,56	0,027	1,46	8,09	5,92	0,12	2,11
7	1	11519-2	54,19	0,085	27,14	2,03	0,019	1,30	7,94	6,78	0,08	Н/о
8	1	11521-2	53,50	0,116	26,55	2,22	0,023	2,30	8,14	4,26	0,16	2,54
9	1	11522-2	51,75	0,241	25,11	4,27	0,040	2,56	8,49	5,68	0,14	2,10
10	1	11523-2	52,68	0,226	25,85	3,63	0,036	2,10	8,57	4,50	0,10	2,16
11	1	11525-2	53,11	0,111	27,01	2,33	0,019	1,41	8,27	6,78	0,12	2,14
12	1	11529-2	48,19	0,263	27,86	4,04	0,056	2,67	10,00	4,74	0,18	2,88
13	1	11538-2	56,94	0,045	25,74	2,27	0,023	1,17	6,94	5,92	0,04	0,83
14	2	11569-2	64,30	0,057	20,30	2,42	0,021	0,64	2,99	8,00	0,93	1,19
15	2	11570-2	52,67	0,043	29,87	1,64	0,020	0,94	7,09	5,68	1,57	2,28
16	2	11571-2	51,96	0,031	29,94	1,37	0,007	0,85	7,99	5,68	1,14	2,36
17	2	11573-2	53,80	0,025	31,15	1,59	0,016	0,91	8,95	0,27	0,36	3,20
18	2	27443	53,47	0,025	28,50	1,12	0,011	0,98	9,11	4,84	0,12	2,48
19	2	27444	54,49	0,011	29,66	1,15	0,004	0,66	7,89	4,18	0,12	2,17
20	2	27445	52,52	0,065	28,99	1,94	0,023	1,12	9,24	4,18	0,16	2,57
21	2	27447-1	49,85	0,470	23,09	5,93	0,064	4,11	8,50	4,79	0,87	2,39
22	2	27447-2	53,59	0,037	29,37	0,93	0,008	0,84	7,98	5,06	0,85	2,54
23	2	27449	53,08	0,058	23,59	3,17	0,035	2,04	10,89	4,93	0,23	2,52
24	2	27450	52,34	0,028	29,72	1,11	0,004	0,87	8,95	5,28	0,29	2,94
25	2	27451	53,32	0,032	30,94	1,37	0,005	0,91	8,55	2,42	0,73	2,03
26	3	11516	46,73	1,348	4,39	16,63	0,144	12,18	17,60	0,45	0,00	Н/о
27	3	11517-1	44,96	1,456	8,78	16,49	0,217	11,14	12,47	1,12	0,11	1,91
28	3	11518-1	43,34	1,555	10,43	13,81	0,146	11,99	14,34	0,85	0,43	1,09
29	3	11519-1	43,32	1,722	9,50	14,55	0,142	12,02	14,99	1,08	0,34	1,18
30	3	11521-1	43,42	1,481	10,27	14,00	0,143	12,25	13,65	1,45	0,28	1,25
31	3	11522-1	41,79	1,813	5,40	22,33	0,161	11,02	15,70	0,62	0,00	Н/о
32	3	11538-1	45,00	0,629	3,13	22,41	0,103	13,27	15,89	0,41	0,00	Н/о
33	3	11575	31,41	2,311	8,64	33,61	0,177	9,76	12,06	0,69	0,14	0,00
34	3	27442-2	49,63	0,206	3,00	10,75	0,190	18,54	15,04	0,20	0,02	0,98
35	6	11570-1	51,30	0,340	8,97	8,15	0,184	10,49	16,57	1,01	0,08	1,67
36	6	11571-1	39,61	1,265	10,53	20,13	0,130	11,31	14,13	0,73	0,24	Н/о
37	6	11573-1	49,80	0,593	15,67	10,32	0,190	6,01	9,79	3,30	0,13	2,77
38	6	11576	41,79	1,191	8,85	18,37	0,147	9,86	16,44	0,69	0,05	1,26
39	6	11577	42,73	1,081	9,01	16,78	0,142	9,82	16,74	0,76	0,06	1,36
40	4	11523-1	46,46	1,116	16,25	11,07	0,128	7,13	11,18	2,83	0,14	2,27
41	4	11525-1	43,36	1,229	14,53	13,86	0,148	7,72	11,73	2,41	0,09	3,50
42	4	11526	46,22	1,020	17,41	10,12	0,121	6,57	10,71	3,30	0,14	2,61
43	4	11528	43,05	0,544	16,81	11,73	0,128	7,84	14,55	0,99	0,03	3,10
44	4	11529-1	42,82	0,865	15,66	14,14	0,142	7,83	13,16	1,01	0,07	3,03
45	7	11569-1	53,18	0,272	8,65	8,02	0,200	9,60	14,81	2,20	0,15	1,54
46	7	11572	39,13	0,974	18,90	14,06	0,172	7,07	13,63	0,92	0,24	3,23
47	7	27442-1	40,14	1,033	15,29	16,19	0,150	8,22	14,36	0,55	0,10	2,49
48	7	27446	40,10	1,036	14,11	15,44	0,154	9,10	14,89	0,97	0,14	2,14
49	7	27448	37,21	1,087	13,99	17,52	0,127	10,11	15,23	0,31	0,10	2,93

Примечание. Гр. – группы пород: 1 – жильные плагиоклазиты в пироксенитах Северного карьера Качканарского ГОКа; 2 – те же породы в пироксенитах Западного карьера; 3 – блоки пироксенитов в плагиоклазитовых жилах гр. 1 и 2; 6 – блоки горнблендитов и роговообманковых пироксенитов в жилах гр. 2; 4 – блоки роговообманкового и клинопироксен-роговообманкового габбро в жилах гр. 1; 7 – то же в жилах гр. 2. Fe₂O₃ – суммарное содержание железа; Fsp – сумма нормативных полевых шпатов, мас. %; Plin – состав нормативного плагиоклаза, мол. % An; F – общая железистость, ат. %; Н/о – компонент не определялся.

ТАБЛИЦА 1

P ₂ O ₅	Сумма	Sr	Fsp	Pln	F
0,10	98,37	1500	93,03	43	33
0,05	99,58	1710	95,98	44	42
H/o	101,23	1630	94,43	43	29
H/o	101,36	1400	95,50	42	43
0,25	100,82	1820	84,08	47	45
0,08	100,87	1710	93,65	43	47
0,07	99,63	1520	95,44	39	44
0,13	99,94	1660	83,83	51	33
0,18	100,56	1560	90,35	45	46
0,19	100,04	2200	85,29	51	47
0,07	101,37	1970	95,00	40	46
0,26	101,14	1020	90,30	53	44
0,02	99,94	1210	88,94	39	50
0,00	100,85	377	89,13	17	66
0,09	101,89	850	96,44	40	47
0,04	101,37	1740	96,99	44	45
0,02	100,29	1130	64,73	95	47
H/o	100,66	1360	92,47	51	37
H/o	100,33	1800	85,16	51	47
0,03	100,84	1480	88,84	55	47
0,36	100,42	753	84,79	48	42
H/o	101,15	980	94,37	47	36
0,01	100,55	394	86,53	48	44
0,02	101,55	1500	96,59	48	39
H/o	100,31	1370	79,27	66	43
H/o	99,47	56	14,01	71	41
0,84	99,49	6	29,99	65	43
H/o	97,98	297	34,56	75	37
H/o	98,84	225	32,34	67	38
H/o	98,19	51	36,12	61	37
H/o	98,83	67	17,65	68	51
H/o	100,84	52	10,23	65	46
H/o	98,80	133	27,51	76	64
H/o	98,57	115	9,37	80	23
H/o	98,76	296	29,82	68	29
0,00	98,08	167	33,41	79	48
0,42	98,99	635	59,05	48	47
H/o	98,65	141	28,09	77	49
H/o	98,43	176	28,93	75	47
0,47	99,04	1150	58,54	55	44
0,44	99,02	788	52,48	57	48
0,46	98,68	1700	64,23	52	44
H/o	98,77	1000	52,58	82	43
0,02	98,75	820	49,52	81	48
H/o	98,62	277	34,02	40	30
H/o	98,33	796	59,36	85	50
H/o	98,52	655	46,51	89	50
0,03	98,13	584	45,04	79	46
0,02	98,63	441	41,98	93	47

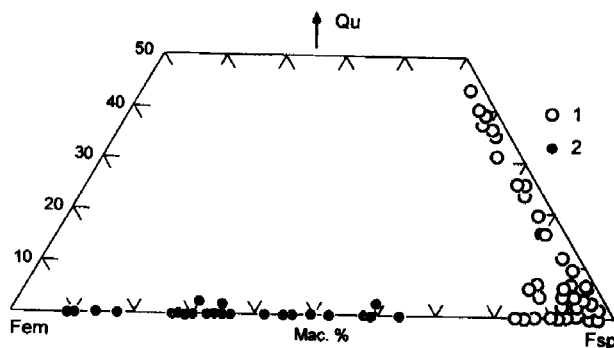


Рис. 5. Химическая дискретность габбро-пироксенитов и секущих их жил плагиоклазитов.

1 – плагиоклазиты; 2 – габбро-пироксениты и материал блоков, цементируемых плагиоклазитами.

порфирикластическую и свидетельствующая о том, что после образования средне- или крупнозернистого агрегата имел место эпизод дробления и рекристаллизации. Крупные толстотаблитчатые выделения цементируются более мелкими гранобластовыми зернами (необластами). Иногда плагиоклаз образует пегматоидный агрегат с размерами индивидуальных до 10 см и более. Примесь роговой обманки варьирует от почти полного отсутствия до 10–15 %, редко более. Достаточно часто вместе с роговой обманкой или вместо нее присутствует интерстициальный эпидот, ксеноморфный по отношению к плагиоклазу. Кварц редок. В качестве акцессорной примеси присутствуют сфен, циркон, апатит, пирит, редко магнетит и биотит.

Клинопироксен (табл. 2, микрозондовые анализы), не встречающийся в жильных породах, имеет специфический состав: это низкожелезистый, высококальциевый салит без признаков высокотемпературного распада, обогащенный тетраэдрическим Al (т. е. с выраженной фассаитовой тенденцией), свойственный в Платиноносном поясе исключительно продуктам водного метаморфизма, в том числе анортит-роговообманковым габбро «серебрянского» типа. Он сосуществует с роговой обманкой, равновесен с ней и является наиболее низкотемпературным конечным членом метаморфического пироксенового тренда Платиноносного пояса [9], фазой амфиболитовой ступени, избыточной по отношению к образующейся в равновесных количествах роговой обманке.

Плагиоклаз. Состав этого второстепенного для габбро-пироксенитовой и главного для жильной серии минерала инструментально почти не определялся из-за повсеместной его разложивости. Однако состав нормативного плагиоклаза, вычисленный по валовым анализам жильных пород, многие из которых близки к мономинеральным, должен быть близок к модальному. По этим данным (см. рис. 6, В) весь диапазон состава колеблется от альбита до кислого лабрадора (от An₃ до An₅₄; одна точка оказалась близка даже к битовниту – An₆₆). В Северном и Западном карьерах, по нашим данным, явно преобладают андезиниты

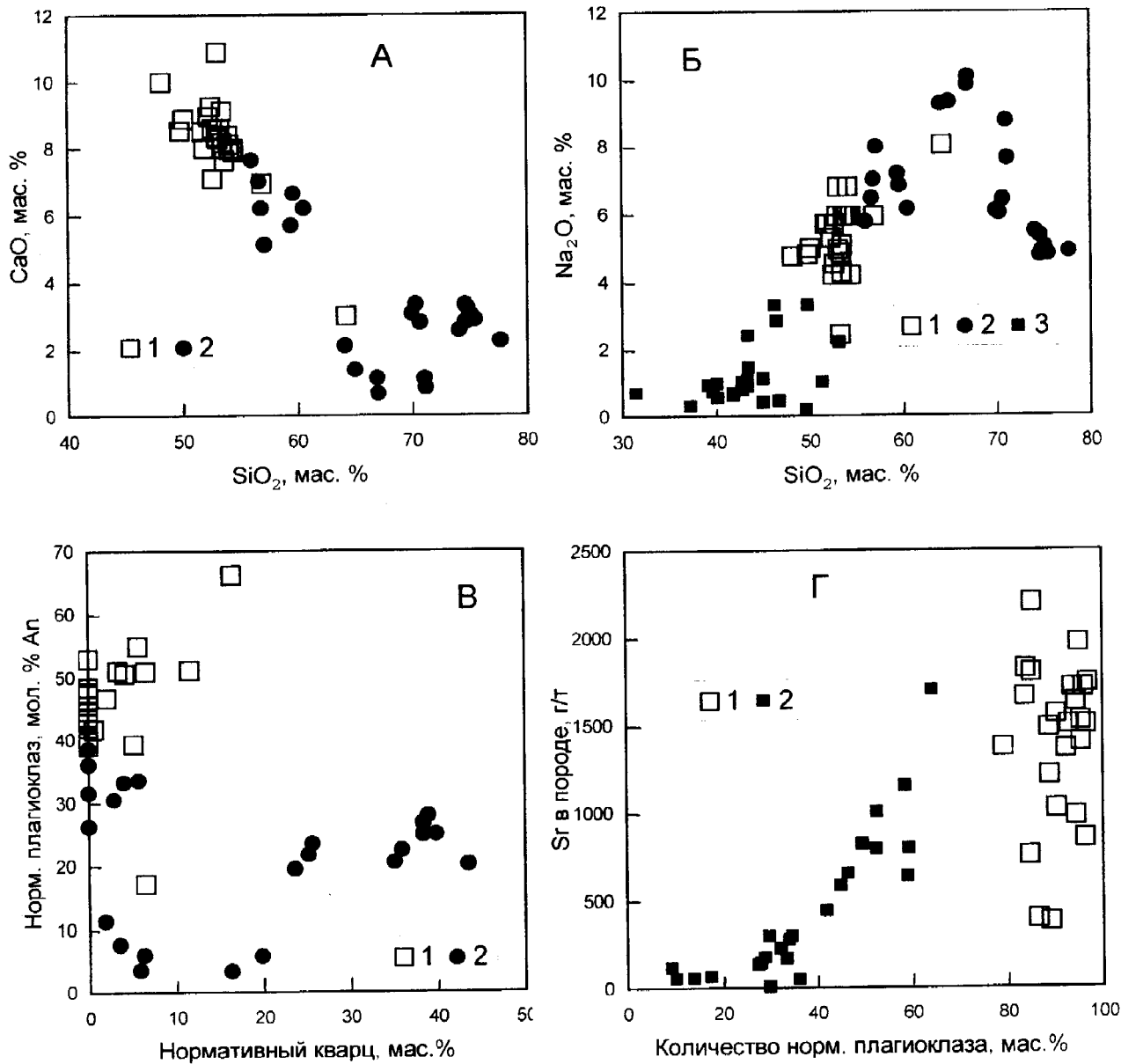


Рис. 6. Петрохимические особенности плагиоклазитовых жил и габбро-пироксенитов.

А, Б – диаграммы $\text{SiO}_2\text{--CaO}$ и $\text{SiO}_2\text{--Na}_2\text{O}$. 1 – плагиоклазиты Северного и Западного карьеров (оригинальные данные); 2 – жильная серия Центрального карьера, по данным [15]; 3 – габбро-пироксенитовая матрица (оригинальные данные). В – диаграмма нормативный кварц – нормативный плагиоклаз для жильных плагиоклазитов. Усл. об. см. на рис. А. Г – диаграмма количество нормативного плагиоклаза – содержание стронция. 1 – плагиоклазиты Северного и Западного карьеров (оригинальные данные); 2 – габбро-пироксениты.

с плагиоклазом состава $\text{An}_{40}\text{--An}_{50}$, в Центральном – породы с плагиоклазом более кислым, чем An_{40} [15]. По-видимому, более представительное опробование может позволить более точно установить пространственные вариации состава плагиоклаза.

Состав плагиоклаза явно связан с количеством кварца (см. рис. 6, В). Жильные породы отчетливо разделяются на три группы: 1) бескварцевые, или очень бедные кварцем (часто содержащие нормативный оливин или нефелин) андезиты с плагиоклазом $\text{An}_{30}\text{--An}_{50}$; 2) бедные кварцем альбититы; 3) богатые кварцем (25% и выше) олигоклазиты с плагиоклазом $\text{An}_{20}\text{--An}_{25}$. Последняя группа

не отличается от типичных плагиогранитов Платиноносного пояса. Подобно последним вся эта группа обогащена Sr – до 2000 г/т и выше, как, впрочем, и габбро-пироксениты (см. рис. 6, Г), в которых содержание Sr, как всегда, связано линейной зависимостью с количеством нормативного плагиоклаза. Ограниченное количество иммерсионных измерений состава плагиоклаза в габбровых ксенолитах позволяет сделать вывод, что он обычно близок к таковому вмещающей жильной породы – в пределах $\text{An}_{40}\text{--An}_{60}$. Такой состав плагиоклаза не свойствен качканарским габбро, содержащим, как правило, анортит более основной чем An_{90} . Следо-

ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫЕ МИКРОЗОНДОВЫЕ АНАЛИЗЫ МИНЕРАЛОВ, мас. %

№	Гр.	№ обр.	Мин.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма	F
1	3	27442-2	Срх	48,26	0,78	6,75	7,50	0,26	13,42	21,83	0,24	0,02	99,06	24,5
2	6	11570-1	Срх	51,09	0,23	1,90	6,71	0,23	14,83	24,07	0,70	0,00	99,76	20,8
3	6	11576	Срх	46,84	0,73	6,66	7,61	0,20	13,38	24,06	0,21	0,00	99,69	24,7
4	6	11577	Срх	47,29	0,73	6,27	6,64	0,23	13,34	24,98	0,14	0,00	99,62	22,4
5	7	11569-1	Срх	50,11	0,34	2,84	6,89	0,29	14,37	24,12	0,66	0,00	99,62	21,9
6	7	11572	Срх	48,70	0,54	5,35	7,28	0,21	13,45	24,09	0,31	0,00	99,93	23,8
7	7	27448	Срх	47,30	0,75	6,94	6,14	0,16	14,36	23,51	0,14	0,00	99,30	19,7
8	9	11543	Срх	47,80	0,58	6,07	6,61	0,15	14,33	24,59	0,12	0,00	100,25	21,0
9	9	11544	Срх	47,10	0,82	6,77	7,33	0,21	13,78	23,62	0,19	0,00	99,82	23,5
10	9	27431	Срх	51,43	0,37	2,81	8,72	0,39	13,88	22,08	0,69	0,00	100,37	26,9
11	9	27434	Срх	49,85	0,24	2,82	8,56	0,44	14,16	23,02	0,30	0,00	99,39	26,3
12	9	27436	Срх	49,94	0,39	2,71	8,70	0,52	14,56	22,44	0,53	0,00	99,79	26,2
13	11	11531	Срх	50,98	0,47	2,37	8,00	0,59	15,48	21,55	0,43	0,00	99,87	23,7
14	11	11533	Срх	50,86	0,30	2,25	7,62	0,46	14,72	23,70	0,47	0,00	100,38	24,0
15	11	11534	Срх	50,92	0,52	3,03	6,57	0,39	15,36	22,77	0,35	0,00	99,91	20,3
16	11	11536	Срх	51,65	0,43	3,03	6,70	0,41	15,42	22,09	0,28	0,00	100,01	20,6
17	11	11537	Срх	50,93	0,54	3,00	7,06	0,42	15,16	22,13	0,33	0,00	99,57	21,7
18	1	11512	Am	45,88	1,34	9,31	14,18	0,24	13,75	11,84	1,49	0,16	98,19	37,1
19	1	11514	Am	45,83	1,11	8,89	10,76	0,23	17,73	12,08	1,42	0,17	98,22	25,8
20	1	11515	Am	44,60	1,52	9,84	13,74	0,19	12,99	12,05	2,31	0,22	97,46	37,6
21	1	11521-2	Am	45,74	1,47	9,30	13,05	0,21	14,12	12,16	1,79	0,18	98,02	34,5
22	1	11522-2	Am	43,56	1,64	9,87	14,81	0,23	13,47	12,25	2,26	0,23	98,32	38,5
23	1	11523-2	Am	44,28	1,55	10,32	14,17	0,26	13,75	11,65	2,35	0,19	98,52	37,1
24	1	11525-2	Am	44,21	1,41	9,76	14,18	0,21	14,02	11,86	2,14	0,16	97,95	36,6
25	1	11529-2	Am	46,60	1,10	8,93	14,07	0,26	14,00	11,32	1,49	0,13	97,90	36,5
26	2	11569-2	Am	48,56	0,51	6,84	12,70	0,31	16,24	11,51	1,26	0,08	98,01	31,0
27	2	11571-2	Am	42,14	1,28	11,45	13,89	0,16	13,09	13,51	2,24	0,27	98,03	37,6
28	2	11573-2	Am	46,60	1,01	8,14	13,91	0,16	13,89	12,18	1,00	0,15	97,04	36,2
29	2	27443	Am	40,41	1,17	14,65	9,60	0,11	15,41	12,90	1,82	0,97	97,04	26,1
30	2	27447-1	Am	46,80	1,10	9,62	12,55	0,18	13,91	11,50	1,65	0,18	97,49	33,9
31	2	27447-2	Am	43,30	1,32	10,65	13,05	0,16	14,33	12,28	2,01	0,21	97,31	34,1
32	2	27451	Am	44,92	1,02	10,44	8,87	0,13	17,43	12,12	1,84	0,65	97,42	22,5
33	3	11517-1	Am	45,81	1,23	8,60	13,87	0,26	14,69	11,74	2,05	0,16	98,41	35,1
34	3	11518-1	Am	40,27	1,90	14,14	10,32	0,13	14,91	12,48	2,61	1,04	97,80	28,2
35	3	11519-1	Am	41,19	1,88	13,76	9,82	0,11	14,23	12,54	2,46	1,04	97,03	28,1
36	3	11521-1	Am	41,35	1,68	13,32	10,18	0,15	15,43	11,45	2,80	0,7	97,06	27,3
37	3	11522-1	Am	45,07	1,32	9,96	13,04	0,18	14,56	12,05	2,00	0,16	98,34	33,8
38	3	11538-1	Am	48,51	0,55	5,90	12,85	0,26	17,00	11,57	1,22	0,06	97,92	30,2
39	3	11545	Am	42,49	0,93	14,31	8,75	0,10	16,16	12,79	1,69	0,83	98,05	23,5
40	3	11547	Am	40,72	1,44	14,39	10,04	0,10	15,53	13,19	1,64	1,04	98,09	26,8
41	3	11575	Am	42,33	1,59	14,71	9,40	0,13	14,42	12,93	2,13	0,71	98,35	27,1
42	3	27442-2	Am	45,86	0,97	11,06	7,31	0,10	16,68	12,51	1,85	0,71	97,05	20,0
43	6	11548	Am	40,76	1,51	14,07	10,82	0,15	15,10	12,47	2,31	0,73	97,92	29,0
44	6	11549	Am	41,07	1,57	13,51	10,90	0,13	14,69	12,58	2,28	0,73	97,46	29,6
45	6	11570-1	Am	43,95	0,70	10,08	12,27	0,18	16,56	12,26	1,49	0,18	97,67	29,7
46	6	11571-1	Am	39,13	1,01	13,87	12,38	0,15	14,02	12,38	4,68	0,63	98,25	33,4
47	6	11573-1	Am	47,70	0,73	6,48	13,77	0,26	14,57	12,15	1,32	0,26	97,24	35,1
48	6	11576	Am	41,93	1,25	13,27	11,33	0,13	14,68	12,69	1,93	0,65	97,86	30,5
49	6	11577	Am	41,94	1,18	13,45	11,19	0,15	14,49	12,38	2,02	0,57	97,37	30,5
50	4	11523-1	Am	42,75	1,90	10,62	14,17	0,21	13,26	12,12	2,71	0,28	98,02	37,8
51	4	11525-1	Am	43,68	1,35	9,95	13,90	0,18	14,01	12,14	2,28	0,22	97,71	36,1
52	4	11526	Am	43,75	1,28	10,07	14,03	0,21	14,29	12,14	2,32	0,21	98,30	35,9
53	4	11529-1	Am	42,89	1,17	10,46	15,88	0,19	12,82	11,97	2,14	0,18	97,70	41,3
54	7	11569-1	Am	50,71	0,28	5,16	11,35	0,32	16,92	12,51	0,91	0,13	98,29	27,9

№	Гр.	№ обр.	Мин.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма	F
55	7	11572	Am	41,30	1,31	13,32	12,04	0,15	14,27	12,45	2,17	0,56	97,57	32,4
56	7	27442-1	Am	40,29	1,21	13,73	12,40	0,18	14,15	12,03	2,25	0,62	96,86	33,3
57	7	27446	Am	41,10	0,06	14,14	10,51	0,16	15,04	12,51	2,81	0,7	97,03	28,5
58	7	27448	Am	41,98	1,16	14,56	9,87	0,11	14,67	12,92	1,64	0,86	97,77	27,6
59	9	11543	Am	42,38	0,89	13,76	9,61	0,08	15,37	12,90	1,65	0,60	97,24	26,1
60	9	11544	Am	41,37	1,48	14,36	10,47	0,18	14,66	12,69	2,00	0,59	97,80	29,0
61	9	27431	Am	41,43	2,20	12,06	13,39	0,15	14,20	12,14	2,23	0,63	98,43	34,9
62	9	27434	Am	50,09	0,22	5,03	14,20	0,45	14,33	12,31	1,15	0,07	97,85	36,5
63	9	27436	Am	42,48	2,16	11,66	13,84	0,37	13,30	11,60	2,81	0,22	98,44	37,5
64	10	27440	Am	44,17	0,96	10,82	9,91	0,08	16,28	11,97	2,01	0,75	96,95	25,6
65	10	27441	Am	43,86	1,24	11,19	10,41	0,15	15,95	12,12	1,56	0,71	97,19	27,1
66	11	11531	Am	42,19	2,64	10,92	11,11	0,34	15,26	11,30	3,28	0,41	97,45	29,6
67	11	11533	Am	42,25	1,79	11,35	14,17	0,40	13,6	11,84	2,44	0,18	98,02	37,6
68	11	11534	Am	42,39	1,84	12,16	9,69	0,21	16,74	11,59	2,32	0,14	97,08	24,9
69	11	11536	Am	42,27	2,26	11,44	10,76	0,24	15,90	11,70	2,60	0,26	97,43	28,0
70	2	11573-2	Ep	39,14	0,07	23,42	10,18	0,11	0,00	24,03	0,00	0,00	96,95	100,0
71	2	27440	Ep	37,33	0,21	27,94	8,80	0,37	0,00	23,86	0,00	0,00	98,51	100,0
72	2	27443	Ep	36,95	0,21	27,97	8,80	0,37	0,00	23,85	0,00	0,00	98,15	100,0

Примечание. Гр. – группы пород: 1 – жильные плагиоклазиты в пироксенитах Северного карьера Качканарского ГОКа; 2 – те же породы в пироксенитах Западного карьера; 3 – блоки пироксенитов в плагиоклазитовых жилах гр. 1 и 2; 6 – блоки горнблендитов и роговообманковых пироксенитов в жилах гр. 2; 4 – блоки роговообманкового и клинопироксен-роговообманкового габбро в жилах гр. 1; 7 – то же в жилах гр. 2; 9 – клинопироксен-роговообманковые габбро из Западного карьера; 10, 11 – соответственно клинопироксениты и габбро в удалении от зоны плагиоклазитового штокверка (за пределами карьеров Качканарского ГОКа). F – общая железистость, ат. %.

вательно, возможен вывод о химическом обмене между богатой Na жильной массой и, напротив, бедными Na ксенолитами.

Роговая обманка, представленная обыкновенной низкотитанистой, умеренно глиноземистой и умеренно железистой разностью с достаточно широкими вариациями химического состава (табл. 2, микронзондовые анализы), – единственный общий, «сквозной» породообразующий минерал, присутствующий в рудных габбро-пироксенитах, в секущих ее плагиоклазитовых жилах и в реакционных каймах. На диаграмме $(Na+K) - Al^{IV}$ (рис. 7) все множество роговых обманок разделено на три совокупности, соответствующие жильной серии, вмещающим породам в непосредственной близости к жилам (ксенолиты, реакционные каймы, экзоконтакты жил) и, наконец, габбро-пироксенитовому окружению жильного штокверка. Поля трех совокупностей перекрываются в такой степени, что говорить о дискретных типах роговой обманки не представляется возможным. То же можно отметить в отношении содержания TiO_2 и MnO . При резком химическом различии валового состава контактирующих пород состав роговой обманки в них практически одинаков (в табл. 1 и 2 половины таких образцов обозначены индексами «1» и «2» при номерах проб; например: 11512-1 – пироксенит в контакте с жилой, 11512-2 – материал жилы). При этом существуют некоторые статистические различия составов, например, суммарное содержание глинозема в роговой обманке из жильных пород в среднем несколько ниже, чем во вмещающих по-

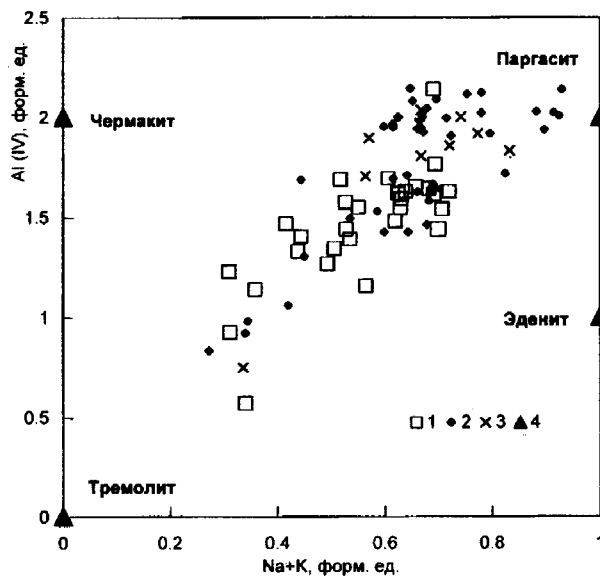


Рис. 7. Состав роговой обманки в координатах $(Na + K) -$ тетраэдрический Al.

1 – жильные плагиоклазиты; 2 – габбро-пироксениты из блоков (ксенолитов) в жилах; 3 – пироксениты и габбро в удалении от зоны развития жил; 4 – конечные члены группы кальциевых амфиболов.

родах, однако размах колебаний таков, что и по этому показателю дискретные совокупности не выделяются.

Можно предполагать на основе изложенного, что в пределах ареала минеральные парагенезисы жил и вмещающих пород близки к состоянию равновесия, т.е. составляют единую термодинамическую систему.

Обсуждение. По новейшим данным, в тектоно-метаморфической истории Платиноносного пояса Урала имела место поздняя стадия водного метаморфизма, связанная с событием тектонического растяжения [5]. В твердой, сухой, но еще горячей габбро-гипербазитовой массе образовались разрывы, вдоль которых из зоны проникли водный флюид и плагиогранитные выплавки. Условия этой стадии соответствовали высокой амфиболитовой фации (флюидные давления около 3–5 кбар, температуры около 700 °С). Об этом свидетельствуют парагенезис клинопироксена с роговой обманкой, отсутствие явлений закалки в плагиогранитах, затвердевание плагиогранитной жидкости в ходе гидратации субстрата, а также ретроградная реакция ортоклаз + ортопироксен → биотит + кварц в калиевых габбро и т.д. Одновременно с плагиогранитными интрузиями возникли линейные зоны и ареалы водного метаморфизма, фиксируемые парагенезисами с роговой обманкой. Именно такой ареал приурочен к месту сочленения Гусевогорского и Качканарского блоков. Первые указания на это были получены еще при геологической съемке: В. А. Решитько [11] отмечал широкое развитие амфиболитизации в Гусевогорском рудном поле, развившейся в развитии роговой обманки в пироксенитах, в образовании горнблендитов и т.д. В. Г. Фоминых и др. [15] показали, что этот процесс сопровождался перераспределением TiO_2 между титаномагнетитом и новообразованной роговой обманкой, благодаря чему рудный концентрат Гусевогорского месторождения содержит в среднем на 1 % меньше TiO_2 , чем таковой собственно Качканарского месторождения, где амфиболитизация почти не выражена.

Однако этот очевидный вывод о связи процессов преобразования руд и жильной серии не снимает вопроса о том, что представляло собой жильное вещество до метаморфизма. Прежде чем попытаться ответить на этот вопрос, следует кратко рассмотреть некоторые специфические особенности метаморфизма амфиболитовой ступени в Платиноносном поясе.

Во-первых, это регрессивный процесс: не обнаружено признаков развития высокотемпературных минеральных парагенезисов по низкотемпературным. Следовательно, источником тепловой энергии во всех случаях является остаточное тепло габбро-гипербазитовых масс. Во-вторых, все безводные силикаты (оливин, пироксены, плагиоклаз), слагавшие субстрат к моменту появления водного флюида, по отдельности, а фемические силикаты – и по отдельности, и вместе *устойчивы* в присутствии воды при данных температурах (около

700 °С). Поэтому все собственно мафические и все мономинеральные породы в данных условиях не имеют каких-то специфических гидратированных эквивалентов – это все те же дуниты, пироксениты, анортозиты и т.д. Однако все парагенезисы фемических минералов с плагиоклазом, т.е. все габбровые парагенезисы, в этих же условиях в присутствии воды *неустойчивы*, они продуцируют в *равновесных количествах* реакционную роговую обманку. Поскольку диапазон состава последней достаточно широк, неизбежно образование избыточных фаз, в зависимости от химизма субстрата представленных обычно плагиоклазом, клинопироксеном фассаитового типа и оксидами. Таким образом, однозначным индикатором метаморфизма высокой амфиболитовой ступени в Платиноносном поясе являются роговообманковые габбро. В гипербазитах, где химических ресурсов для образования роговой обманки гораздо меньше (пироксениты), а в отдельных случаях (оливиновые породы) и вообще нет, этот метаморфизм не оставляет столь легко различимых следов. Изофациальная ассоциация горных пород, обычная для ареалов водного метаморфизма, включает роговообманковые и клинопироксен-роговообманковые габбро (габброподобные амфиболиты) вместе с горнблендитами, пироксенитами, роговообманковыми пироксенитами, верлитами и оливиновыми породами.

Изложенное объясняет детали реакционных явлений. Поскольку в мономинеральном пироксените образование роговой обманки даже при избытке воды невозможно или ограничено возможно, центральные части ксенолитов сохраняют пироксенитовый состав (иногда с незначительной амфиболитизацией). Пироксенит при избытке воды остается таковым, пока его химический состав не будет метасоматически изменен настолько, что станет возможным образование роговообманковой реакционной каймы. Ширина каймы демонстрирует, таким образом, глубину диффузии (биметасоматического обмена компонентами) между жильным веществом и веществом матрицы, но не разницу в водонасыщенности или в интенсивных параметрах метаморфизма между жилами и вмещающей породой. Другая картина свойственна редким габбровым ксенолитам: они лишены реакционных кайм по той причине, что здесь нет необходимости в привносе вещества извне, достаточно присутствия водного флюида.

В краевых зонах отдельных фрагментов, где происходит химическое смешение жильного вещества и пироксенита, первичный контур этих фрагментов или блоков может исчезнуть, при этом кристаллизуются новообразованные роговая обманка и плагиоклаз. Биметасоматическая кайма растет как к центру блока, так и в сторону жильной матрицы. При благоприятных условиях диффузии ширина каймы может увеличиться настолько, что пироксенитовое «ядро» исчезнет – на его месте может возникнуть включение горнблендита (рис. 3) и даже габброподобная роговообманковая порода с плагиоклазом того же состава, что в окружающем

плагиоклазите (рис. 4). Привнос силикатных компонентов внутрь блоков не может происходить без выноса фемических компонентов пироксенита в жильную массу. Обогащение последней роговой обманкой вблизи ксенолитов (диоритизация) иногда совершенно очевидно (рис. 3).

Плагиоклазиты включают разности от бескварцевых до таких, в которых количество кварца позволяет назвать породу плагиогранитом. Их количество невелико, но, например, в Кытлымском массиве плагиоклазиты, которые секут пироксениты, тесно связаны с плагиогранитами, слагающими здесь крупную интрузию, и количественно подчинены последним [6]. Уже Л. Дюпарк указывал, что кварц «обилел в массивных плагиоаплитах... до равных с полевым шпатом количеством» [19]; под массивными плагиоаплитами подразумевались плагиограниты. Таким образом, уже в начале изучения Платиноносного пояса была выделена некая особая, более поздняя, чем гипербазиты и габбро, плагиоклазит-плагиогранитная серия.

Плагиоклазиты приурочены только к ареалам водного метаморфизма и вне их не встречаются, плагиограниты прорывают все без исключения массивы Платиноносного пояса. Нет оснований говорить о разновозрастности тех и других; во всяком случае, нет никаких намеков на пересечение плагиогранитных жил плагиоклазитовыми.

Таким образом можно утверждать главный петрогенетический тезис: *жильные плагиоклазиты Качканарского массива суть в первом приближении десилицированные плагиограниты*. Это предположение, впервые высказанное в довольно общей форме А. Н. Заварицким [10], разрешает то на первый взгляд неразрешимое противоречие в толковании петрогенетического смысла плагиоклазитового штокверка, о чем говорилось выше.

Заключение. Взаимодействие твердого и горячего габбро-гипербазитового окружения с жильным затвердевшим плагиогранитом в условиях высокой амфиболитовой фации можно описать тремя предельными случаями: 1. Интрузия в сухие габбро-гипербазиты, в силу тектонических причин непроницаемую для водного флюида: десиликация даек отсутствует, химический обмен и гидратация на контактах ничтожны. 2. Интрузия в область, где водный флюид к моменту внедрения был израсходован на образование равновесного количества роговой обманки: десиликация отсутствует, дайки секут уже метаморфизованные породы. 3. Интрузия при избытке водного флюида непосредственно в ареал метаморфизма, связанный с зоной тектонического растяжения: жилы и матрица обмениваются веществом путем взаимной диффузии, плагиогранит десилицируется вплоть до появления нормативного оливина (нефелина). Жилы и матрица изофациальны, имеют общие минеральные фазы и бластические структуры. Пироксенитовая матрица в силу устойчивости фемических парагенезисов в присутствии воды может производить впечатление неметаморфизованной. Именно последний случай реализуется в Качканарском массиве. Таким обра-

зом, плагиоклазиты Гусевогорского рудного поля, сохранившие реликтовую морфологию магматического штокверка, образовались в условиях амфиболитовой фации умеренных давлений по жильному плагиогранитному протолиту в процессе химического обмена с веществом клинопироксенитовой матрицы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 98-05-64482).

1. Борисенко Л. Ф. Редкие и малые элементы в гипербазитах Урала. М.: Наука, 1966. 224 с.
2. Боуэн Н. Л. Эволюция изверженных пород. М.—Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1934. 324 с.
3. Высокский Н. К. Месторождения платины Исковского и Нижне-Тагильского районов на Урале. СПб., 1913. 694 с. (Тр. Геол. Ком. Нов. сер. № 62).
4. Ефимов А. А. Метаморфическая дифференциация: механизм образования анортзитовых сегрегаций в габбро Довыренского массива (Северное Прибайкалье) // Геохимия. 1989. № 7. С. 1042–1046.
5. Ефимов А. А. Платиноносный пояс Урала: тектоно-метаморфическая история древней глубинной зоны, записанная в ее фрагментах // Отчет. геология. 1999. № 3. С. 31–39.
6. Ефимов А. А., Ефимова Л. П. Кытлымский платиноносный массив. М.: Недра, 1967. 336 с. (Материалы по геологии и полезным ископаемым Урала. Вып. 13).
7. Ефимов А. А., Ефимова Л. П., Магзов В. И. Тектоника Платиноносного пояса Урала: соотношение вещественных комплексов и механизм формирования структуры // Геотектоника. 1993. № 3. С. 34–46.
8. Ефимов А. А., Потапова Т. А. О первичном веществе жадеитовых пород Полярного Урала // Метаморфогенная металлогения Урала. Сб. науч. трудов. Свердловск, 1992. С. 128–136.
9. Ефимов А. А., Потапова Т. А., Берлибле Д. Г. Химическая эволюция пироксенов уральских габбро: роль барического, термического, кислородного и химического факторов // Геохимия. 1999. № 5. С. 466–485.
10. Заварицкий А. Н. Коренные месторождения платины на Урале // Материалы по общей и прикладной геологии. Вып. 108. Л.: Изд. Геолкома, 1928. 56 с.
11. Решитько В. А. Метаморфизм зон расланцевания и глубинных разломов в районе Качканарского габбро-периодитового массива на Урале // Сов. геология. 1959. № 12. С. 24–39.
12. Решитько В. А. О значении жильных пород для определения уровней эрозийных срезов массивов Платиноносного пояса Урала // ДАН СССР. 1962. Т. 142. № 4. С. 906–908.
13. Решитько В. А. Брахисинклинали габбро-периодитовых массивов Платиноносного пояса Урала и их происхождение // Магматизм, метаморфизм, металлогения Урала. Т. 1. Свердловск: УФАН СССР, 1963. С. 393–404.
14. Фоминых В. Г., Волченко Ю. А. Жильные породы Гусевогорского массива и их генетическое значение // Геология и полезные ископаемые Урала. Матер. к 2 Урал. конфер. молодых геологов и геофизиков. Т. 1. Свердловск, 1969. С. 142–144.
15. Фоминых В. Г., Краева Ю. П., Ларина Н. В. Петрология и рудогенезис Качканарского массива. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. 181 с.
16. Ходоревская Л. И., Жариков В. А. Экспериментальное изучение плавления амфиболитов в связи с проблема-

ми генезиса тоналит-грандиоритовых магматических серий // Экспериментальное и теоретическое моделирование процессов минералообразования. М.: Наука, 1998. С. 11–31.

17. *Beard J. S., Lofgren G. E.* Dehydration melting and water-saturated melting of basaltic and andesitic greenstones and amphibolites at 1, 3, and 7 kbar // *J. Petrol.* 1991. V. 32. P. 356–401.

18. *Duparc L., Jerchoff S.* Sur les plagioclites du Koswin-sky // *Compt. Rend. Acad. Sc. Paris.* 1902. (Цит. по Duparc, Tikonowitch, 1920).

19. *Duparc L., Tikonowitch M. N.* Le platine et les gite platiniferes de l'Oural et du Monde. Geneve: Sonor, 1920. 547 p.

20. *Ellis D. J., Thompson A. B.* Subsolidus and partial melting reactions in the quartz-excess $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{SiO}_2+\text{H}_2\text{O}$ system under water-excess and water-deficient conditions to 10 kbars: some implications for the origin of peraluminous melts from mafic rocks // *J. Petrol.* 1986. V. 27. P. 91–121.

21. *Helz R. T.* Phase relations of basalts and their melting ranges at $P(\text{H}_2\text{O}) = 5$ kbar. P. 2. Melt compositions // *J. Petrol.* 1976. V. 17. P. 139–193.