

**АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ КСЕНОЛИТОВ КАМЕНСКОГО
ГРАНИТОИДНОГО МАССИВА (Рудный Алтай)**

Т. И. ПОЛУЭКТОВА

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

В работе излагаются особенности распределения акцессорных минералов в ксенолитах сланцев и во вмещающих их гранитоидах.

Каменский гранитоидный массив располагается в северо-западной части Иртышской зоны смятия. Длина интрузива составляет 20 км, ширина меняется от 6 до 11 км. С юго-востока и северо-востока гранитоиды контактируют с зеленокаменными сланцами девонского возраста. Юго-западный и северо-западный контакты массива перекрыты мощной толщей четвертичных отложений. Форма тела по геолого-геофизическим данным представляет собой сложный дискордантный лакколит, полого погружающийся к юго-востоку. Возраст плутона, вероятно, пермский.

В строении массива принимают участие породы пяти интрузивных фаз (в порядке становления): порфиоровидные биотитовые граниты; среднезернистые, двуслюдянные, лейкократовые граниты, аплитовидные граниты, аплиты и пегматиты. Наибольшим развитием пользуются граниты первой, главной, интрузивной фазы, которые занимают примерно 70—75% площади массива.

Порфиоровидные биотитовые граниты — темно-серые, розовато-серые или светло-серые породы. Порфиоровые выделения представлены таблитчатыми кристаллами микроклина размером от 3×2 см до $1 \times 0,5$ см; отдельные кристаллы разбиты многочисленными трещинками. Количество вкрапленников 50—75 на 1 м^2 породы. Основная масса состоит из ортоклаза — 35%, плагиоклаза — 27%, кварца — 35% и биотита — 3%.

Ортоклаз развит в виде ксеноморфных зерен размером 2,5—2,0 мм. $2V = 75—85^\circ$. Вторичные изменения минерала выражаются в слабой пелитизации.

Плагиоклаз присутствует в короткопризматических кристаллах размером 0,3—5 мм с характерными полисинтетическими двойниками, иногда слабо серицитизированных. Состав его отвечает олигоклазу № 22—26.

Кварц представлен резко ксеноморфными и изометричными зернами размером от 0,01 до 2,5 мм. Основная масса зерен приурочена к интерстициям между кристаллами плагиоклаза. Оптические свойства кварца обычные. Угасание облачное. Иногда мозаичное. Зерна его, как правило, переполнены газово-жидкими включениями.

Граниты эндоконтактовой фации интрузива по своему минеральному составу аналогичны гранитам собственно интрузивной фации. От последних они отличаются главным образом более мелким размером зерен минералов, повышенным содержанием биотита (10%) и более низким содержанием кварца (25%). Оптические свойства минералов в общем близки к таковым порфиридных биотитовых гранитов главной фации. Некоторое отличие представляет биотит, который образует шпильки, распределенные в породе, как правило, неравномерно. Размер чешуек биотита до 3—3,5 мм; плеохроизм сильный от темно-бурого с красноватым оттенком по Ng до бледно-желтого по Nr. Общая железистость минерала 88—85% [3].

Для гранитов эндоконтактовой фации характерно наличие большого числа ксенолитов вмещающих пород с размерами от 0,5 до 40 м в поперечнике.

Изучаемый ксенолит имеет округлую или близко к округлой форму; размер его 35 м в поперечнике. По составу ксенолит отвечает сильно метаморфизованным сланцам, в которых по плоскости сланцеватости наблюдаются инъекции гранитного расплава. Состав инъектированных сланцев: кварц — 75%, биотит — 16%, мусковит — 5%, плагиоклаз — 2,5%, пироксен — 1%, роговая обманка — 1%, эпидот — 0,5%.

Кварц присутствует в изометричных, округлых агрегатах зерен, края которых нередко корродированы, погасание минерала волнистое. Размер зерен 0,05 мм. Биотит представлен мелкими чешуйками, вытянутыми в направлении сланцеватости, иногда образует включения в кварце; плеохроирует от темно-бурого по Ng до светло-желтого по Nr; общая железистость его 40%, в контакте с гранитом повышается до 73%. Мусковит — относительно крупночешуйчатый, оптические свойства его обычны, развивается, как правило, по биотиту. Плагиоклаз образует изометричные, таблитчатые кристаллы, редко ксеноморфной формы, состав его отвечает олигоклазу № 20—25. Пироксен встречается в форме ксеноморфных, редко идиоморфных зерен, замещающих биотит. Цвет минерала бледный синевато-зеленый с $Ng=42^\circ$, отвечающий составу салита. Роговая обманка — темно-зеленая с $Ng=15^\circ$. Оптические константы: $Ng=1,677$; $Nr=1,640$; $Ng-Nr=0,037$.

Эпидот развивается в форме неправильных зерен с характерными для него аномальными цветами интерференции; $Nr=1,71$, $Ng=1,73$.

По оптическим свойствам он близок доизиту.

Акцессорные минералы были получены из проб весом 2,5 кг, которые отбирались по определенному разрезу (рис. 1). В пробах ксенолита инъектированных сланцев и вмещающих их гранитах установлены циркон, апатит, монацит, магнетит, ильменит, рутил, гематит, турмалин, гранат, ортит, пирит, эпидот, гидроокислы железа; количественное содержание их сведено в табл. 1.

Циркон наибольшим распространением пользуется в гранитах.

где содержание его составляет 754, 25 г/т, в контакте с ксенолитом увеличивается до 899, 40 г/т (рис. 2). Представлен описываемый минерал кристаллами 8, 10, 11 и 12 типов [1] (рис. 3).

Цирконы 8-го кристалломорфологического типа являются характер-

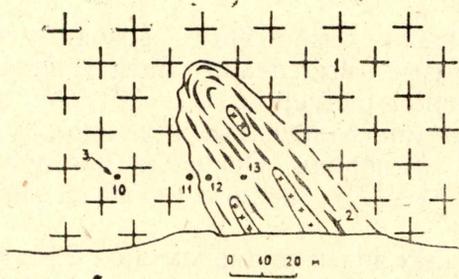


Рис. 1. Схема геологического строения участка: 1 — крупнозернистые биотитовые границы; 2 — ксенолит инъектированных сланцев; 3 — номера и точки отбора проб

ными и часто встречающимися (68%). В контакте с инъецированными сланцами их количество уменьшается почти вдвое — 32%. Длина кристаллов варьирует от 0,29 до 0,07 мм; ширина — от 0,09 до 0,03 мм. Величина удлинения, т. е. отношение длины кристалла к его ширине, изменяется от 6,4 до 1,5, средняя — 3, в контакте с ксенолитом — 3,8. Окраска описываемых индивидов циркона бесцветная, розовая, красно-бурая. В пробе гранитов из контакта с ксенолитом количество бесцветных увеличивается, розовые и красно-бурые — встречаются реже. Все кристаллы циркона этого типа переполнены газовыми, газожидкими включениями. Пузырьки газа концентрируются, как правило, в центре, иногда вытянуты в виде нескольких цепочек, параллельных граням кристалла. В отдельных цирконах, главным образом, из контакта с ксенолитом устанавливаются включения биотита. Поверхность кристаллов ровная, блестящая, ребра прямолинейны. Некоторое исключение представляют красно-бурые цирконы, грани которых шероховатые, разбиты тонкими трещинками, по которым развиваются гидроокислы железа.

Поверхность кристаллов ровная, блестящая, ребра прямолинейны. Некоторое исключение представляют красно-бурые цирконы, грани которых шероховатые, разбиты тонкими трещинками, по которым развиваются гидроокислы железа.

Содержание кристаллов циркона 10-го типа в пробе гранитов из контакта с ксенолитом выше, чем в удалении от него и составляет соответственно 8 и 16%.

Длина многогранников этого типа находится в пределах от 0,32 до 0,12 мм; ширина — 0,068—0,043 мм. Средняя величина удлинения — 3,3, в контакте с ксенолитом увеличивается до 4,6. Все кристаллы, как правило, красно-бурого цвета, в контакте с ксенолитом появляются бесцветные и розовые. Поверхность кристаллов шероховатая, ямчатая, ребра волнистые. На отдельных индивидах наблюдается красно-бурая «рубашка» гидроокислов железа.

11-й кристалломорфологический тип редок и встречается в единичных бесцветных кристаллах. Длина их 0,28 мм, ширина 0,07 мм, удлинение 3,4.

Индивиды 12-го типа наиболее часто встречаются в гранитах из контакта с ксенолитом, где количество их составляет 44%. Длина колеблется от 0,35 до 0,13 мм; ширина — 0,06—0,4 мм. Величина удлинения варьирует от 2 до 10,7, средняя — составляет 2,6. Все представители цирконов этого типа бесцветны, с ровными, блестящими гранями, переполнены газовыми, газожидкими включениями.

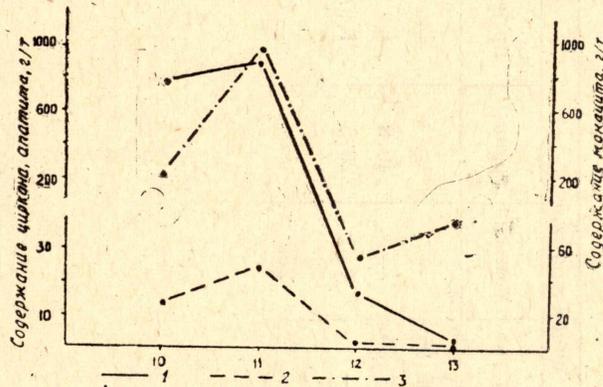


Рис. 2. Вариационная диаграмма содержания аксессуарных минералов в граните и ксенолите Каменского массива: 1 — циркон; 2 — апатит; 3 — монацит

Цифры 10, 11, 12 и 13 — места взятия проб, обозначенные на рис. 1

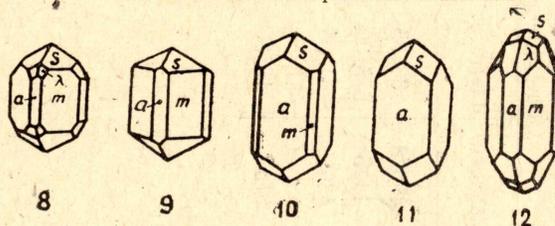


Рис. 3. Типы кристаллов аксессуарного циркона в гранитах и ксенолитах Каменского массива $m\{110\}$, $a\{100\}$, $s\{111\}$, $\lambda\{311\}$.

Цифры соответствуют кристалломорфологическим типам циркона В. А. Ермолаева

№ проб	Наименование породы	Содержание аксессуарных минералов, г/т											
		циркон	апатит	монацит	магнетит	ильметит	рутил	гематит	турмалин	гранат	ортит	пирит	эпидот
10	Гранит	754,25	14,85	235,70	49628	33,85	—	105,25	—	—	—	7,20	2,3
11	"	899,40	24	965	1445	575,30	12	7,35	—	40,8	—	2,40	—
12	Инъецированный сланец	1650	1,50	52,5	1393,6	41,35	—	—	ед.з.	20,5	1,97	0,25	4,35
13	"	2,25	0,5	74	375	10,50	—	—	209	—	—	—	—

Ксенолиты инъецированных сланцев бедны цирконом; содержание его составляет 2,25 г/т, в контакте с гранитом — увеличивается до 16,5 г/т (рис. 2). По своим морфологическим особенностям кристаллы характеризуются резкой асимметрией граней, дополнительные формы {311} присутствуют, иногда в неполном числе, вершины отдельных индивидов часто принадлежат различным кристалломорфологическим типам. Условно цирконы отнесены к кристаллам 8, 9 и 11-го типов, из них в пробе инъецированных сланцев распространены кристаллы 8-го типа, в контакте с гранитом появляются 9 и 11-й типы, 8-й находится в подчиненном количестве.

Кристаллы 8-го типа бесцветны, длина их варьирует от 0,42 до 0,23 мм; ширина — 0,07 до 0,06 мм; удлинение — 3,8, в контакте с гранитами оно повышается до 6,2. Характерны обильные включения газа.

9-й морфологический тип в единичных кристаллах встречен в пробах из контакта с гранитами. Длина его 0,19 мм, ширина 0,10 мм. Величина удлинения — 1,8. Цвет красно-бурый. Поверхность граней неровная, шероховатая, наблюдаются многочисленные наросты темного минерала.

Кристаллы 11-го типа распространены в пробе из контакта с гранитами. Длина этих индивидов изменяется от 0,20 до 0,14 мм; ширина — от 0,05 до 0,04 мм. Величина удлинения варьирует в пределах 2,6—5. Цвет красно-бурый за счет «рубашки» гидроокислов железа.

Апатит в гранитах отмечен в пробе из контакта с ксенолитом, где содержание его составляет 24 г/т (наибольшая величина). Присутствует в призматических, реже дипирамидальных кристаллах в контакте с инъецированными сланцами, встречаются округлые или близко к округлым зерна. Размер кристаллов (в направлении длинной оси) 0,38—0,40 мм, в контакте с ксенолитом уменьшается до 0,18 мм. Величина удлинения варьирует от 1,4 до 2,5. Апатиты бесцветны, серовато-белые, содержат включения мелких пузырьков газа, тонкодисперсного углисто-графитистого вещества, которое придает темную до черной окраску минерала. Поверхность граней шероховатая, ребра сглажены, вершины дипирамиды округлены.

В инъецированных сланцах апатит довольно редкий минерал, содержание его 0,5 г/т, в контакте с гранитом повышается до 1,5 г/т (рис. 2). Встречается в призматических кристаллах размером 0,20—0,25 мм; удлинение колеблется от 1,3 до 2,6. Ребра граней сглажены, искривлены, гранные углы притуплены. Цвет минерала желтый, на гранях часто наблюдаются бурые пятна гидратов окисла железа. В пробе из контакта с гранитами преобладают бесцветные кристаллы, переполненные включениями пузырьков газа.

Монацит — наиболее распространенный минерал гранитов и ксенолитов инъецированных сланцев. Количество его в граните составляет 235,7 г/т, в контакте с ксенолитом — увеличивается до 965 г/т (рис. 2). Наблюдается в виде таблитчатых кристаллов буровато-коричневого, медово-желтого цвета, размером от 0,40 до 0,50 мм. В инъецированных сланцах содержание монацита — 74 г/т, в контакте с гранитами снижается до 52 г/т. Кристаллы его имеют пластинчатый облик размером 0,025—0,050 мм, ребра граней прямолинейны, поверхность ровная, гладкая. Цвет светло-желтый, иногда наблюдаются на зернах бурые полосы гидратов окислов железа, особенно они характерны для монацитов из контакта с гранитами.

Магнетит встречается в пробах постоянно. Количество его в граните составляет 49628 г/т, в контакте с ксенолитом резко уменьшается до 1445 г/т (рис. 4). Кристаллы октаэдрического облика; по величине их четко выделяются две разновидности: мелкие, размером 0,10—0,13 мм

с ровными блестящими гранями, прямолинейными ребрами и крупные, размером 0,23—0,30 мм; грани таких кристаллов, как правило, скульптурные, ребра зазубрены, поверхность шероховатая, ямчатая. В пробе из контакта с инъецированными сланцами преобладает первая разновидность кристаллов магнетита.

В инъецированных сланцах содержание магнетита — 375 г/т, на контакте с гранитом концентрация минерала возрастает до 1393 г/т; октаэдрические кристаллы его размером 0,025—0,075 мм имеют гладкие блестящие грани.

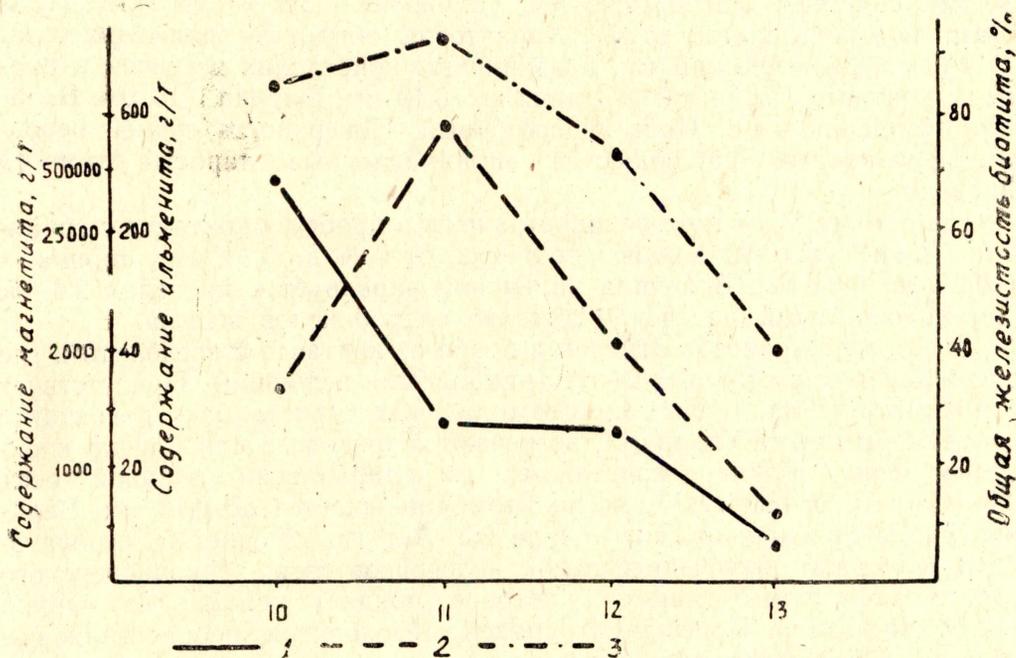


Рис. 4. Вариационная диаграмма содержания аксессуарных минералов и общей железистости биотита в гранитах и ксенолитах Каменского массива: 1 — магнетит; 2 — ильменит; 3 — общая железистость биотита

Цифры от 10 до 13 — места взятия проб, обозначенные на рис. 1

Количество ильменита в гранитах составляет 33,85 г/т, в контакте с ксенолитом увеличивается до 575,30 г/т. Кристаллы тонкопластинчатые, представляющие собой комбинации форм пинакоида {0001} и ромбоэдров {1011}, {2243}. Размер индивидов 0,3—0,68 мм. Поверхность граней неровная, шероховатая, ребра корродированы, отдельные кристаллы лейкоксенизированы.

В инъецированных сланцах ильменит встречается реже, содержание его — 10, 50 г/т, в контакте с гранитом увеличивается до 41, 35 г/т. Распространен в форме таблитчатых кристаллов размером 0,025—0,075 мм. Характерны ровные, гладкие, блестящие грани; лейкоксенизация не проявляется.

Рутил встречен лишь в пробе гранитов из контакта с ксенолитом, где содержание его составляет 12 г/т. Кристаллы призматические, размер их 0,30—0,40 мм. Отмечены типичные для данного минерала

коленчатые двойники, подобные описанным в справочных руководствах. Цвет ярко-красный.

Гематит распространен только в гранитах, где количество его составляет 105, 25 г/т, в контакте с ксенолитом снижается до 7,35 г/т. Наблюдается в обломках таблитчатых кристаллов размером 0,25—0,30 мм.

Турмалин встречается в ксенолите инъецированных сланцев, где содержание его 203 г/т, а в контакте с гранитом фиксируется в единичных зернах. С целью детального исследования кристаллографических особенностей минерала для наиболее хорошо образованных кристаллов турмалина выполнены гониометрические измерения. Отсутствие штриховки на гранях кристалла позволяло получать четкие, ясные сигналы. Для измерения отбиралась кристаллики размером 0,3—0,4 мм.

По данным гониометрического изучения установлено четыре простые формы [4]: $a - \{11\bar{2}0\}$, $m - [10\bar{1}0]$, $\sigma - \{21\bar{3}0\}$, $r - \{10\bar{1}1\}$ (рис. 5). Результаты измерений кристаллов сведены в табл. 2.

Таблица 2

№ п. п.	Наименование грани	Замеры углов				Число замеров	Примечание
		от—до	от—до	средние значения			
		φ	ρ	φ	ρ		
1	$a \{11\bar{2}0\}$	54°45'— 61°05'	90°	60°00'	90°00'	6	сигналы хорошие
2	$m \{10\bar{1}0\}$	89°55'— 90°05'	90°	60°00'	90°00'	4	„ „
3	$\sigma \{21\bar{3}0\}$	70°50'— 71°10'	90°	71°00'	90°00'	2	очень слабые
4	$r \{10\bar{1}1\}$	89°45'— 90°10'	27°20'— 27°30'	90°00'	27°25'	2	удовлетворительные

Кристаллы турмалина красно-бурые до бурых, поверхность граней ровная, блестящая. На отдельных индивидах наблюдаются мелкие наросты биотита. Размер кристаллов по длинной оси — 0,14—0,28 мм, в поперечнике — 0,11—0,20 мм. Отношение длины кристалла к его ширине — 2. Отдельные содержат включения по данным электрограммы чешуек биотита. По оптическим свойствам ($N_p = 1,632$, $N_m = 1,652$), турмалин относится к известково-натровым железистым разностям [2].

Гранат в гранитах встречается в пробе из контакта с инъецированными сланцами — 40,8 г/т и в ксенолите контакта с гранитами — 20,5 г/т. Кристаллы имеют ромбододекаэдрический облик, размер от 0,075 до 1,5 мм. Цвет бледно-розовый.

Ортит в небольшом количестве — 1,9 г/т фиксируется в пробе инъецированных сланцев из контакта с гранитом в виде зерен смоляно-черного цвета с бурым просветом по краям; $N_g = 1,67$; $N_p = 1,64$.

Пирит — существенно гидротермальный минерал, встречается в пробах гранитов, причем в контакте с инъецированными сланцами он встречается реже, чем на удалении от него. Кристаллы кубические, слабо исштрихованы, размером 0,13—0,25 мм. Поверхность граней покрыта бурой пленкой гидроокислов железа. В ксенолите пирит отмечен в пробе из контакта с гранитом, где содержание его составляет 0,25 г/т; встречается исключительно в округлых, шероховатых зернах желтого цвета, размер которых варьирует от 0,025 до 0,25 мм.

Основные выводы

1. Набор акцессорных минералов как для ксенолитов, так и вмещающих их гранитов одинаков, за исключением турмалина и ортита, которые характерны для инъецированных сланцев.

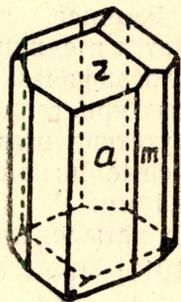


Рис. 5. Кристалл турмалина $a \{11\bar{2}0\}$, $r \{10\bar{1}1\}$, $m \{1010\}$.

2. По морфологическим особенностям акцессорные минералы гранитов и ксенолитов в общем аналогичны.

3. Количественные соотношения акцессорных минералов гранитов и ксенолитов резко различны.

4. В гранитах количество циркона, апатита, монацита, ильменита на контакте с ксенолитом увеличивается; содержание магнетита и гематита снижается, а общая железистость биотита $\left(\frac{\text{Fe}}{\text{Mg}+\text{Fe}}\right)$ повышается.

5. В ксенолите инъецированных сланцев повышенные содержания акцессорных минералов установлены в контакте с гранитом, что свидетельствует, вероятно, о внесении в него элементов акцессорных минералов со стороны гранитоидного интрузива.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Ермолаев. К методике массового кристалломорфологического анализа акцессорного циркона. Изв. Томск. политехн. ин-та, том 121, 1963.
2. Е. Ларсен, Г. Берман. Определение прозрачных минералов под микроскопом. Недра, 1965.
3. В. Соболев. Значение железистости фемических минералов и вспомогательные диаграммы для определения составов биотитов. Мин. сб., № 4, Львов. геол. об-ва, 1950.
4. Dana. The System of Mineralogy. 1900.