

**ИЗМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСОВ АКЦЕССОРНЫХ МИНЕРАЛОВ
В КОНТАКТЕ ГРАНИТОВ ТУРОЧАКСКОГО И ДИОРИТОИДОВ
УЛЬМЕНСКОГО ИНТРУЗИВОВ (ГОРНЫЙ АЛТАЙ)**

А. И. БАЖЕНОВ, Т. И. ПОЛУЭКТОВА

(Представлена профессором А. М. Кузьминым)

Акцессорные минералы отдельных гранитоидных массивов Горного Алтая в последние годы интенсивно изучаются [1, 2, 3, 5].

Цель предлагаемой работы — выяснить минералогические преобразования в диоритоидах под влиянием более молодой интрузии турочакских гранитов. Опробование гранитов Турочакского массива производилось через 1 км от контакта к центру тела, диоритоиды Ульменского интрузива изучены в направлении от контакта с гранитами (рис. 1). Вес всех проб 2,5 кг. Количество акцессорных минералов в протолочках подсчитывалось методом «дорожки».

Описываемый район расположен в среднем течении р. Ульменя, правого притока р. Бии. В геологическом строении его принимают участие нижне- и среднекембрийские образования, объединенные в манжерокскую ($Ст\frac{1}{2}mn$), каянчинскую ($Ст\frac{2}{2}kn$) и каимскую ($Ст\frac{1}{2}kn$) свиты. Из интрузивных образований широко развиты граниты Турочакского плутона (его северо-восточная часть) и диоритоиды Ульменского массива, возраст которых соответственно определяется как додевонский и салаирский.

Турочакский гранитный массив представляет крупный батолит. Северо-восточный контакт его имеет пологое падение на СВ, о чем свидетельствует сравнительно большая ширина контактового ореола. По своему химическому составу граниты занимают промежуточное положение между щелочными и щелочноземельными гранитами по Дэли [4], отличаясь от щелочных пересыщенностью Al_2O_3 , а от щелочноземельных — несколько пониженными числовыми характеристиками a и b . Эти граниты сложены плагиоклазом — 31,7%, микроклином — 33,1%, кварцем — 21,2%, биотитом — 2,9% и акцессорными — 1,1%. Количество плагиоклаза в эндоконтактной зоне интрузива уменьшается с приближением к контакту с роговиками (рис. 2), состав его изменяется от олигоклаза № 20—25 в центральной части массива до андезина № 40—32 в краевой зоне. Микроклин присутствует в ксеноморфных, реже идиоморфных зернах в двух генерациях. Микроклин 1 наиболее ранний и распространен в центральной части батолита в форме микроклин-пертита, в котором выделения альбита имеют тонкожилковатую форму. Минерал обычно пелитизирован. Микроклин 2 развит в эндоконтактной полосе интрузива, где он слагает свежие зерна с ясно вы-

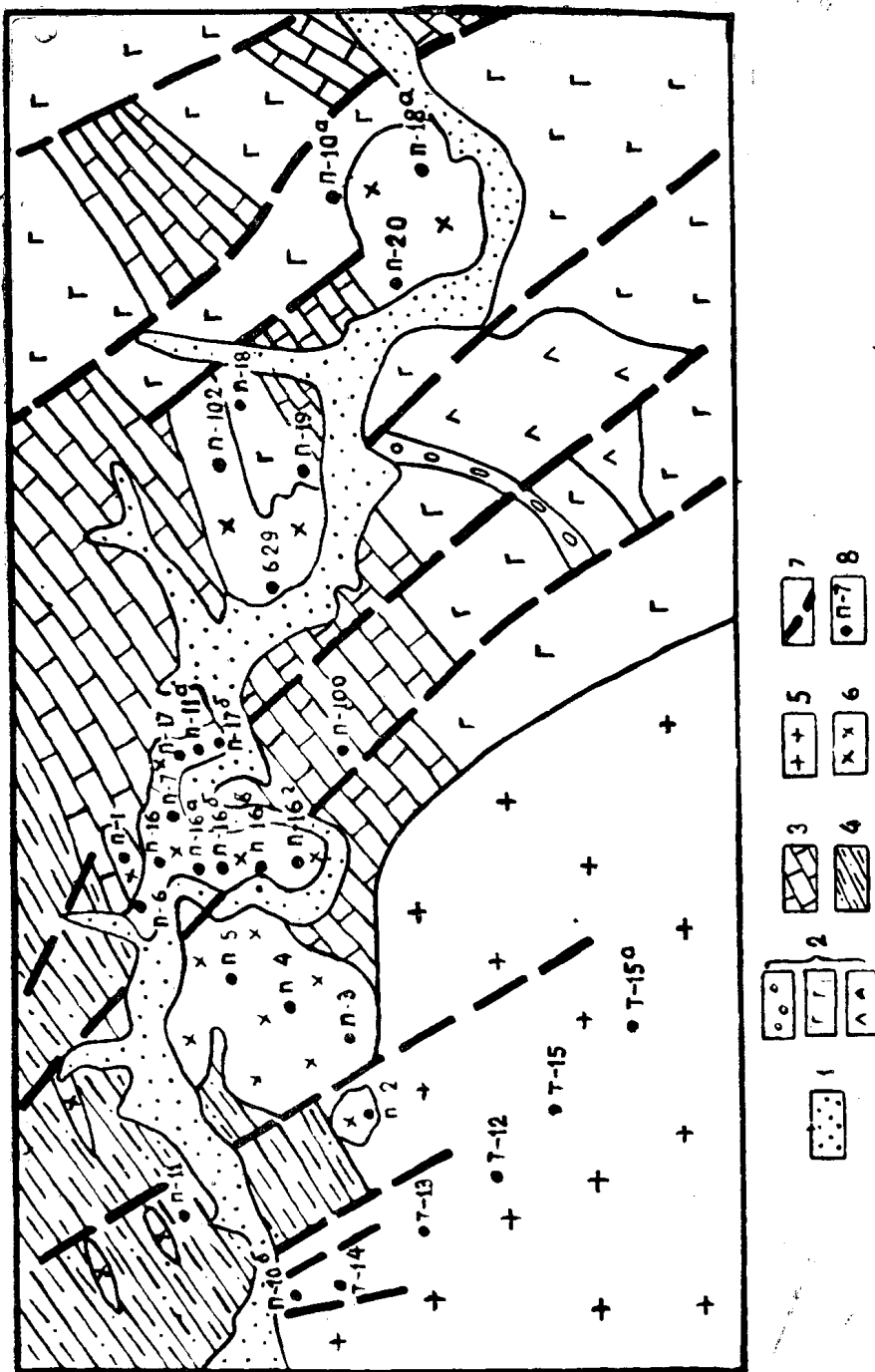


Рис. 1. Схема геологического строения района: 1 — современные аллювиальные отложения; 2 — камская свита — конгломераты, туфы среднего и основного состава, порфиры; 3 — каинская свита — известняк; 4 — мажарокская свита — алевролиты, сланцы, туфы, порфиры, известняки; 5 — граниты Турочакского массива; 6 — диоритонды Ульяновского массива; 7 — тектонические разрывы; 8 — точки отбора и номера проб.

раженной решеткой. Содержание биотита закономерно возрастает от периферии к центру (рис. 2). Общая железистость его уменьшается в том же направлении (рис. 2). Присутствует биотит в двух генерациях. Биотит 1 образует чешуйки, обладает обычным для него плеохроизмом и распространен преимущественно в центре массива. Биотит 2 более поздний и встречается главным образом в эндоконтактной зоне. Он слагает кайму вокруг магнетита, проникает по трещинкам спайности в плагиоклаз в виде жилок — в микроклине, выполняет межзерновые пространства в кварце. Кварц всегда обладает облачным погасанием.

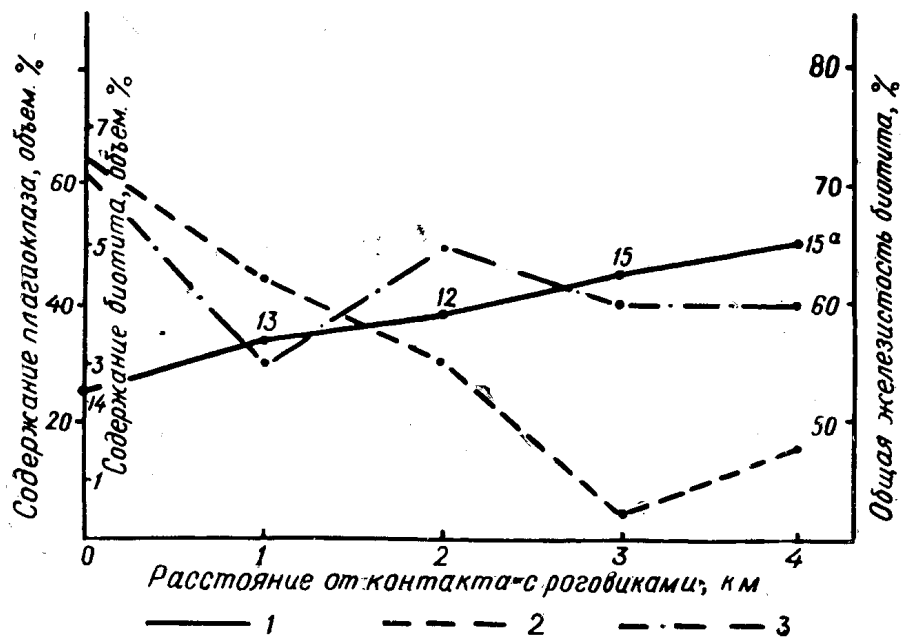


Рис. 2. Вариационная диаграмма содержания биотита и плагиоклаза и общей железистости биотита в эндоконтактной зоне Турочакского плутона: 1 — плагиоклаз, 2 — общая железистость биотита

Ульменский диоритовый массив представляет шток, вытянутый в субширотном направлении, и срезан на западе Турочакским. По своему химизму диоритоиды близки среднему составу безоливиновых габбро по Дэли [4], отличаясь от последних меньшим содержанием Al_2O_3 и CaO. Они сложены плагиоклазом — 59,5%, роговой обманкой — 23,1%, ортоклазом — 3,2%, диопсидом — 11%, аксессуарными — 3,2%. Состав плагиоклаза изменяется от № 27 в контакте с гранитами до № 80—85 с удалением от последних. Количество роговой обманки с удалением от контакта с турочакскими гранитами с 49% до 13% — в самой удаленной точке. В породе различаются две разновидности амфибола. Роговая обманка 1 — бурая, видимо, более ранняя, присутствует в гипидиоморфных, реже — аллотриоморфных, зернах; $N_g = 1,65$ —1,70. Роговая обманка 2 — зеленая, слагает аллотриоморфные зерна, замещает бурую роговую обманку и диопсид, образуя вокруг последнего своеобразный венчик. Количество диопсида уменьшается с удалением от контакта с гранитами. Микроклин появляется близ контакта с турочакскими гранитами.

Список аксессуарных минералов в гранитах и диоритоидах приведен в табл. 1.

Циркон один из наиболее характерных и распространенных аксессуарных минералов гранитов. Количество его уменьшается с удалением от кон-

Таблица 1

Содержание акцессорных минералов в интрузивных породах района

Место взятия пробы	№ пробы	Весовое содержание, г/т											
		циркон	апатит	сфен*) лейкоксен	гранат	турмалин	флюорит	ильменит	магнетит	пирит	молибденит	эпидот	
Среднее содержание в центре интрузива		3,0	1,23	0,17	0,0007	ед. з.	ед. з.	0,036	739	0,0009	ед. з.		
Эндоконтактовая часть массива	Т-14	155	125	137	0,053	0,045	ед. з.	ед. з.	480	ед. з.	0,0206		
	Т-13	70,0	104	314,8	0,265	0,5	ед. з.	0,003	40	0,087	0,0507		
	Т-12	64	96	274,8	0,348	ед. з.	ед. з.		39,6	0,076	0,0001		
	Т-15	6,96	1	4,8	0,24	ед. з.	ед. з.		28	ед. з.			
	Т-15а	6	0,52	4,8	0,065	ед. з.	0,003		300				
Среднее содержание		60,51	65,13	147,2	0,251	0,109	ед. з.		177,5	0,032	0,0142		
Горизонтальный разрез интрузива	П-2 П-3 П-4 П-5 П-6 П-7	Ульменские диоритоиды											
		28	85,6	$\frac{10,8}{276}$	ед. з.		ед. з.			2972	0,046		0,04
		31,6	95,2	$\frac{14,8}{180}$	ед. з.		ед. з.			2228	0,027		0,09
		6,4	30,8	$\frac{160,4}{160,4}$				46,0		20	0,055	ед. з.	0,05
		ед. з.	39,3	14,8						9230			
		ед. з.	ед. з.	$\frac{15,6}{16,9}$						3792			
		5,2	45,2	$\frac{104}{17,2}$						1212	0,086		

Продолжение таблицы I

Место взятия пробы	№ пробы	Весовое содержание, г/т										
		циркон	апатит	сфен*) лейкоксен	гранат	турмалин	флюорит	ильменит	магнетит	пирит	молибденит	эпидот
	П-17	ед. з.	11,48	$\frac{8}{208}$					292	0,087		0,534
	П-176	ед. з.	14,4	12,4	ед. з.			48	0,965		0,68	
	П-110	3,64	193,64	$\frac{144}{156}$				192	0,263			
	П-18а	4,2	206	194				20			ед. з.	
	П-20	4,4	204	196				20			ед. з.	
Среднее содержание		7,58	115	$\frac{5,7}{107}$			4,1	1820	0,139		0,71	

*) Числитель—содержание сфена, знаменатель—содержание лейкоксена.

такта с роговиками к центру интрузива (рис. 3). Диоритоиды Ульменского массива более бедны цирконом, и встречен он не во всех прото-лочках. Намечается увеличение содержания его к контакту с гранитами — 21 г/т и уменьшение до десятых долей г/т с удалением от него, за исключением двух проб (П-18 а, П-20), в которых количество циркона возрастает соответственно от 4, 2 до 4,4 г/т.

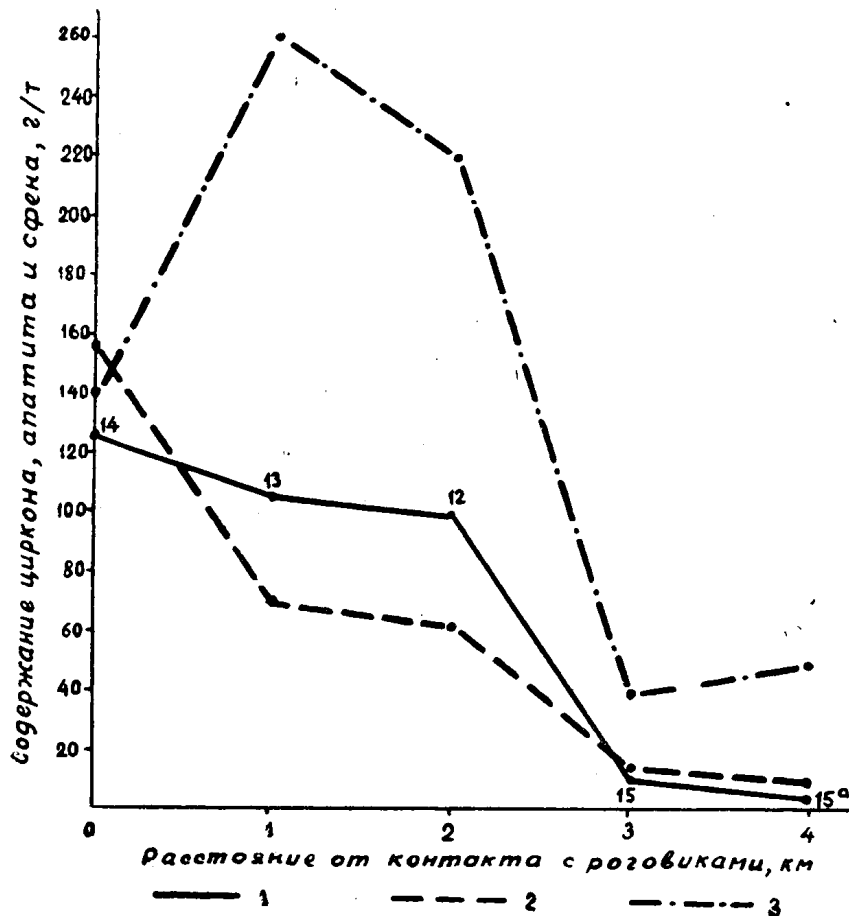


Рис. 3. Вариационная диаграмма содержания акцессорного циркона, апатита и сфена в эндоконтактовой зоне Турочакского интрузива: 1 — циркон, 2 — апатит, 3 — сфен

Типоморфия кристаллов циркона определялась по методике В. А. Ермолаева [5]. Из описанных этим автором 25 кристалломорфологических типов в турочакских гранитах установлено четыре: восьмой, девятый, десятый и двенадцатый типы (рис. 4). Кристаллы 8-го типа слабо уплощены по граням (110), грани {311} выражены слабо. Поверхность кристаллов ямчатая. С удалением от контакта интрузива кристаллы становятся более совершенными. Размеры индивидов этого типа даже в одной и той же протолочке варьируют в широких пределах, но средняя величина их в различных пробах выдержана. В эндоконтактовой зоне массива кристаллы циркона крупнее, чем в центральной. С удалением от контакта удлинение¹⁾ кристаллов постепенно умень-

*) Под удлинением (P)-кристалла понимается отношение длины (*l*) к его ширине (*m*) $P = \frac{l}{m}$.

шается от 2,7 до 2,1 (рис. 5). Цирконы 10-го кристаллографического типа сильно трещиноваты, грани корродированы на (100) многочисленными черными наростами, приуроченными к периферии граней. С удалением от эндоконтакта к центру интрузива они характеризуются большей изометричностью индивидов. Кристаллы 9-го типа слабо уплощены по (100), грани {311} развиты в неполном количестве, на гранях многочисленные черные наросты, поверхность граней неровная. Удлинения кристаллов варьируют от 2,2 до 2,7.

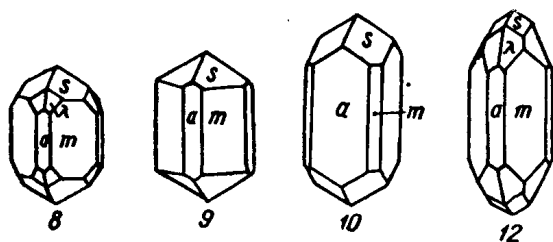


Рис. 4. Типы кристаллов акцессорного циркона в гранитах Турочакского и диоритоидах Ульменского массивов. Цифры соответствуют кристалломорфологическим типам циркона В. А. Ермолаева

Двенадцатый кристаллографический тип отличается богатством граней, которые несут явные следы угнетенного роста. Поверхность граней гладкая, блестящая. Удлинения индивидов изменяются от 0,8 до 6,5.

В диоритоидах наибольшим распространением пользуются 9 и 8 типы, значительно реже встречается десятый. Сильная трещиноватость и «оплавленность» кристаллов — отличительный признак аналогичных типов из гранитов. На гранях кристаллов присутствуют многочисленные черные наросты, особенно богаты ими индивиды

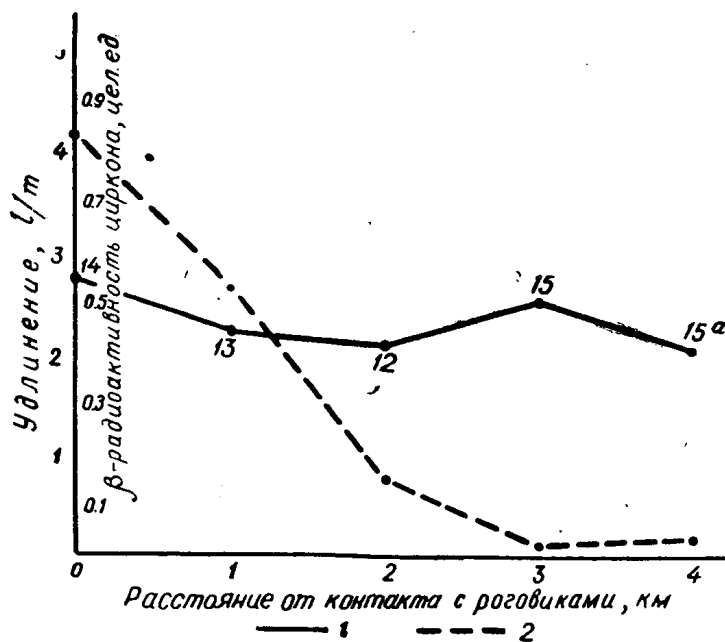


Рис. 5. Вариационная диаграмма удлинения кристаллов акцессорного циркона 8-го типа и β -радиоактивность циркона: 1 — удлинение кристаллов циркона 8-го типа; 2 — β -радиоактивность циркона

из эндоконтактовых частей массива. Нередко встречаются параллельные сростки по граням (010) двух кристаллов. Размер сростшихся индивидов различен. Более крупный — подроблен, второй — меньшего размера с ровными, гладкими гранями. Удлинение кристаллов 9-го типа по всему массиву примерно выдержано и изменяется в пределах

от 1,7 до 2,5, в самой удаленной от контакта с гранитами точке оно составляет 1,1. Кристаллы 10-го и 8-го типов сравнительно редки. Их морфология аналогична индивидам соответствующих типов из гранитов.

Окраска кристаллов описываемого минерала в гранитах изменяется от бесцветных до темно-бурых. Для каждого типа специфичен свой цвет (табл. 2). В краевой части интрузивного тела цирконы 8-го типа имеют бурю окраску; с удалением от контакта появляются бесцветные при преимуществе светло-бурых, наконец, в наиболее удаленной преобладают бесцветные и светло-желтые при полном отсутствии бурых. В двух пробах, взятых из контакта с роговиками, встречены зональные цирконы с более темно окрашенным центром. Кристаллы 10-го типа в основной своей массе бурые, лишь в двух пробах зафиксировано 10% бесцветных и 10% серых. 9-й тип характеризуется светло-бурой окраской при подчиненном количестве бурых индивидов. Все встреченные кристаллы 12-го типа бесцветны.

В диоритоидах наибольшим распространением пользуются серые и бурые индивиды (табл. 2). В контакте с гранитами 80% кристаллов 9-го типа темно-бурые, 20% — светло-окрашенные, с удалением от контакта увеличивается содержание светлоокрашенных. Далее по разрезу вновь появляются бурые индивиды, и в самых крайних точках от контакта главная роль принадлежит серым и светло-бурым. Лишь в точках, расположенных на некотором удалении от контакта с гранитами (П-16, П-6, П-7, П-17), преобладают бурые, серые, светло-бурые кристаллы.

В ультрафиолетовых лучах описываемый минерал из контакта с роговиками люминесцирует буроватым светом; в пробах из центральной части Турочакского массива он просвечивает желтым, светло-желтым светом. Цирконы из диоритоидов люминесцируют в бурых, оранжевых тонах, реже — в светло-оранжевых и светло-желтых.

Кристаллы циркона содержат разнообразные включения; наиболее богаты ими индивиды 8-го типа. В кристаллах 9-го и 10-го типов ввиду темной окраски включения не просматриваются. Среди включений различаются темные каплевидные, видимо, газовой-жидкие, концентрирующиеся в центре кристалла. Включения трубчатой формы бурого, зеленого цвета ориентированы параллельно и субпараллельно оси симметрии четвертого порядка. Часто в двух параллельных сростках кристаллов один индивид содержит как газовой-жидкие, так и трубчатые включения, в другом они отсутствуют. В диоритоидах кристаллы 9-го типа богаты включениями преимущественно трубчатой формы, параллельными между собой и ориентированными под небольшим углом к F_4 .

В различных точках Турочакского массива β -радиоактивность циркона неодинакова. В породах эндоконтакта он обладает повышенной активностью (0,88 условных единиц) по сравнению с пробами, удаленными от контакта (0,003 усл. ед.). Эти данные позволяют говорить об общей тенденции уменьшения радиоактивности минерала с удалением от контакта (рис. 5). Цирконы из диоритоидов обладают очень низкой радиоактивностью, причем в контакте с гранитами она меньше, чем в удаленных от последнего точках.

В шлифах гарнитов бесцветные цирконы наблюдаются в виде включений в плагиоклазе и ортоклазе. Темноокрашенные — встречаются в биотите и окружены интенсивными плеохроичными дворицами. В диоритоидах он концентрируется в бурой роговой обманке, образуя светло-желтый слабоплеохроирующий ореол.

Апатит присутствует во всех протолочках гранитов и диоритоидов. Количество его изменяется от 0,32 г/т в центральной части грани-

Окраска кристаллов акцессорного циркона

Название породы	№ пробы	Кристаллографический тип																								
		8 тип						9 тип						10 тип												
		А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж				
Граниты Турочакского интрузива	Т-12	30	—	70	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Т-13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Т-14	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Т-15	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Т-15а	7300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Диоритоиды Ульменского массива	П-3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	П-17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
П-20	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

А — бесцветные; Б — светложелтые; В — светлосерые; Г — серые; Д — бурые; Е — красновато-бурые; Ж — темнубурые.

тов Турочакского интрузива до 125 г/т — в его краевой зоне (рис. 3).

В эндоконтактной полосе кристаллы призматические короткостолбчатые и представляют комбинацию простых форм $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{0001\}$ (рис. 6). Удлинение обычно составляет 2—1,7. Цвет серый или бурый за счет покрывающей его пленки гидроокислов железа. Поверхность индивидов ямчатая, на гранях часто отмечаются обильные наросты мелких зерен магнетита; характерно наличие газовой-жидких включений темно-бурого цвета, концентрирующихся, как правило, в центре кристалла. В ультрафиолетовых лучах апатит светится ярко-голубым светом.

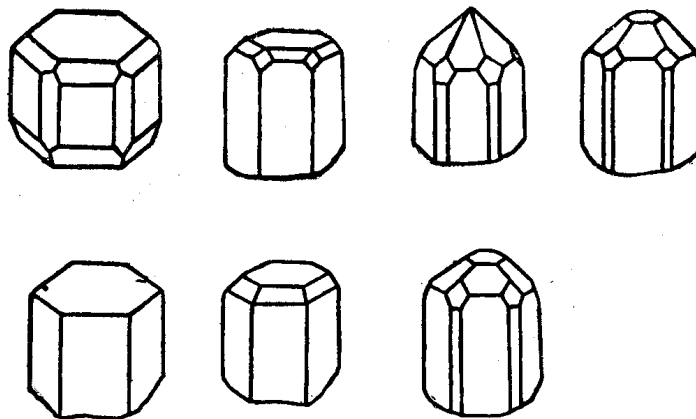


Рис. 6. Кристаллы акцессорного апатита. Верхний ряд — из гранитов Турочакского интрузива, нижний ряд — из диоритоидов Ульменского массива

В диоритоидах апатит — наиболее распространенный акцессорный минерал; количество его изменяется в широких пределах, достигая минимума (95,2 г/т) в контакте с турочакскими гранитами и максимума (206 г/т) — в центральной части интрузива. Количественно-минералогические подсчеты в шлифах показывают, что содержание его в отдельных точках массива поднимается до 2—2,5%, позволяя относить его к второстепенным породообразующим минералам. Присутствует он в породе в двух разновидностях. Первая широко распространена в контакте с гранитами и представлена молочно-белыми крупными короткостолбчатыми кристаллами с комбинацией простых форм $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}1\}$, $\{0001\}$ (рис. 6), нередко округлые зерна с плохо различимыми кристаллографическими формами. Поверхность граней сильно корродирована с грубой вертикальной штриховкой, кристаллы несут следы растворения, что придает им округлую форму. В контактовой полосе нередко зональные кристаллы с более темной центральной зоной. Среди включений различают стержневидные бурые и желто-бурые и темные, почти черные газовой-жидкие. Вторая разновидность описываемого минерала широко развита в удаленных от контакта с гранитами участках и представлена водянопрозрачными длиннопризматическими кристаллами с редкими газовой-жидкими включениями.

В шлифах гранитов апатит присутствует в многочисленных вкраплениях в биотите, иногда — в ортоклазе. В диоритоидах обе разновидности его наблюдаются во всех породообразующих минералах, но особенно много его в роговой обманке, где они располагаются в виде цепочек кристаллов, ориентированных вдоль трещин спайности.

Сфен, лейкоксен распределены: количество сфена уменьшается от эндоконтактной зоны Турочакского плутона к его центру. Преобладающая масса сфена в граните представлена светло-желтыми, розовыми, полупрозрачными кристаллами, обладающими блестящими гранями и острыми гранными углами. В приконтактной зоне встречаются бурые уплощенные индивиды. Довольно обычны мелкие черные включения, видимо, ильменита. Наиболее распространен титанит в диоритоидах, где он повсеместно фиксируется в количестве от 7 до 196 г/т. Минимальные содержания его наблюдаются в контакте с Турочакским массивом, максимальное — в центре Ульменского интрузива. Облик кристаллов довольно однообразен — конвертообразные уплощенные индивиды, в приконтактной зоне — в виде неправильных зерен. Иногда он образует оторочки вокруг ильменита, в виде включений наблюдается в ортоклазе.

Лейкоксен — продукт разложения сфена, присутствует во всех протолочках диоритоидов. Содержание его увеличивается к контакту с гранитами, соответственно уменьшается количество сфена. Представлен этот минерал округлыми светло-желтыми зернами. Иногда внутри можно наблюдать реликты бурого сфена.

Турмалин — шерл — в повышенном количестве фиксируется в пробах гранитов из контакта с роговиками. В диоритоидах он встречен в одной протолочке, пространственно удаленной от контакта с гранитами.

Флюорит присутствует в единичных неправильных, округлых, водянопрозрачных зернах, в пробах гранитов. В диоритоидах встречаются разности, окрашенные в зеленовато-фиолетовые тона различной интенсивности. Несколько своеобразны изумрудно-зеленые флюориты из контакта гранита с роговиками. На отдельных обломках кристаллов сохранены октаэдрические грани с грубой штриховкой, параллельной ребрам октаэдра.

Магнетит — один из наиболее распространенных аксессуарных минералов. Количество его в гранитах краевой части массива значительно меньше, чем в центральной: оно колеблется от 23 до 480 г/т против 228—1172 г/т в центре интрузива. Размеры октаэдрических кристаллов его изменяются от 0,14 до 0,27 мм, причем более крупные тяготеют к центру плутона. В диоритоидах содержание магнетита колеблется в широких пределах, достигая максимума (3792 г/т) в контакте с турочакскими гранитами, и минимума (20 г/т) — на значительном удалении от последних. Отличительная особенность описываемого минерала в этих породах — округлая форма зерен. В пробах из контакта с гранитами около 20% кристаллов представлено исключительно сферическими образованиями. С удалением от контакта минерал приобретает характерную для него октаэдрическую огранку. В шлифах гранитов четко различаются две разновидности магнетита. Первая, более ранняя, образует идиоморфные включения в плагиоклазе, ксеноморфные — в калишпате. Вторая разновидность образует мелкую сыпь в биотите. В диоритоидах он также фиксируется в двух разностях. Ранняя — заполняет межзерновые пространства, а поздняя — образует сыпь в зеленой роговой обманке.

Ильменит сравнительно редкий минерал, присутствующий в неправильных зернах, редко — таблитчатых кристаллах, включенных в калишпат и плагиоклаз.

Пирит в кубических, реже октаэдрических и пентагондодекаэдрических кристаллах встречен в пробах гранитов из приконтактной полосы. В диоритоидах он фиксируется почти постоянно. В одной пробе

гранитов из контакта с роговиками обнаружен уплощенный кристалл вольфрамита красно-бурого цвета. Из вторичных акцессорных минералов повсеместно распространен эпидот, количество которого в диоритоидах увеличивается к контакту с гранитами.

Изложенный материал позволяет сделать следующие выводы о преобразовании вещественного состава диоритоидов под влиянием Турочакской гранитной интрузии.

1. Крайне неравномерное распределение породообразующих и акцессорных минералов в диоритоидах. 2. Повышенное содержание темноцветных минералов с приближением к контакту с гранитами. 3. Наличие близ контакта с гранитами двух генераций роговых обманок. 4. Акцессорные минералы, как правило, несут следы растворения, особенно усиливающегося в контакте с гранитами. 5. Наличие двух генераций апатита и магнетита, одна из которых сингенетична материнской породе, вторая — эпигенетична. 6. Вещественный состав гранитов эндоконтактовой зоны с удалением от контакта к центру изменяется вполне закономерно: количество плагиоклаза в гранитах увеличивается, а содержание биотита и его общая железистость уменьшается. 7. Количество акцессорных минералов (циркон, апатит, сфен) в турочакских гранитах снижается от периферии интрузива к центру. В обратной зависимости находится магнетит. 8. В эндоконтактовой полосе гранитного массива акцессорные минералы сильно корродированы, трещиноваты, с удалением от контакта они отличаются хорошей сохранностью, четкой кристаллографической огранкой. 9. В диоритоидах в контакте с гранитами все акцессорные минералы сильно корродированы; с удалением от контакта они приобретают более или менее четкую кристаллографическую огранку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. Н. Амшинский, Н. В. Мариич и др. Акцессории гранитоидов Алтая и методика их изучения. Недра, 1964.
2. А. И. Баженов. Изменение радиоактивности акцессорного циркона в вертикальных и горизонтальных сечениях Элекмонарского многофазного гранитоидного массива (Горный Алтай). Сб. Матер. по минер., петрог. и полезн. ископ. Зап. Сибири, Изд. Томск. ТГУ, 1962.
3. А. И. Баженов. К вопросу об изменении радиоактивности акцессорного сфена на примере пород Элекмонарского многофазного гранитоидного массива (Горный Алтай). Изв. ТПИ, т. 121, 1963.
4. Р. О. Дэли. Изверженные породы и глубины Земли. ОНТИ, 1936.
5. В. А. Ермолаев. К методике массового кристаллографического анализа акцессорного циркона. Изв. ТПИ, т. 121, 1963.
6. В. В. Ляхович, Б. П. Золотарев и др. Акцессорные минералы в гранитоидах Горного Алтая. Сб. Вопросы минер., геохим., генезиса месторожд. ред. элементов, АН СССР, вып. 2, 1959.
7. Вл. Соболев. Значение железистости фемических минералов и вспомогательные диаграммы для определения составов биотитов. Минер. Сб. Львов. геол. об-ва, №4, 1950.