

И. Л. КОМОВ, Е. М. МЕЛЬНИКОВА, Г. Н. КОКАРЕВ

**НЕКОТОРЫЕ ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АКЦЕССОРНОГО
МОНАЦИТА ИЗ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ
И ИЗМЕНЕННЫХ ПОРОД ПАМИРА И УРАЛА**

В геологической литературе почти отсутствуют сведения о составе и свойствах монацита разных генераций из гидротермальных хрусталеносных кварцевых жил и околожильно-измененных пород. В статье приводятся результаты изучения монацита в искусственных шлихах, полученных из проб (весом 5—10 кг) жильного кварца и вмещающих пород из некоторых районов Центрального Памира, с восточного склона Приполярного и с Южного Урала. Исследовано распределение редкоземельных элементов в монацитах разных генераций.

Геологическое положение и условия образования кварцевых жил Памира и Урала. Гидротермальные хрусталеносные кварцевые жилы на территории Центрального Памира приурочены к породам верхнего протерозоя (западная часть Центрального Памира) и мела — палеогена (Восточная часть Центрального Памира).

Отложения верхнего протерозоя представлены кварцитами с прослоями сланцев. Мел-палеогеновые образования слагаются более разнообразными породами — мраморами, слюдяными сланцами, кварцитами, амфиболитами. Пространственно и генетически кварцевые жилы связаны с раннеальпийским комплексом гранитоидов, отличающимся повышенным содержанием щелочей (с преобладанием натрия над калием), а также фтора и бериллия. Жилы располагаются главным образом в эндо- и экзоконтактах интрузивов. Средние размеры их 10—15 м в длину при мощности 1,5—3 м. Выделяются жилы двух генетических типов — простого жильного выполнения, сформировавшиеся за счет гидротермальных растворов, и метасоматические неправильной формы, образованные путем растворения и переработки ранее сформированных. Первые, в отличие от кварцевых жил метасоматического типа, обладают более простым минеральным составом.

На Южном Урале кварцевые жилы залегают в метаморфических сланцах, гранитоидах и эффузивных породах, часто в зонах контактов с интрузиями.

Кварцевые жилы восточного склона Приполярного Урала развиты среди кристаллических сланцев и слюдисто-гранатовых гнейсов верхнепротерозойского возраста. Нередко наблюдается тесная пространственная связь кварцевых жил с дайками основного состава. В зависимости от типа жил вмещающих трещин выделяются жилы согласные и секущие по отношению к вмещающим породам. Согласные — более ранние; они нехрусталеносны. С секущими иногда связаны хрусталеносные полости. Жилы выполнены серовато-белым или молочно-белым жильным кварцем. В согласных жилах он, как правило, более мелкозернистый, однако в ряде случаев по внешним признакам жильного кварца трудно определить тип жилы.

Таблица 1

**Распределение монацита в кварцевых жилах, вмещающих породах
и в выполнении гнезд на Урале и на Памире**

Район	Порода	Число проб	Частота встречаемости, %	Среднее содержание, г/т
Приполярный Урал	Кристаллические сланцы	23	4	0,014
	Согласные и нехрусталеносные секущие кварцевые жилы	22	—	—
	Хрусталеносные кварцевые жилы	24	21	0,881
Южный Урал	Кристаллические [сланцы	10	30	0,226
	Нехрусталеносные кварцевые жилы	17	23	0,005
	Хрусталеносные [кварцевые жилы	25	12	0,018
Восточный Памир	Метаморфизованные сланцы	71	25	Единичные знаки
	Кварцито-песчаники	49	43	То же
	Кварцевые жилы	31	35	0,07
Западный Памир	Кварциты	140	81	15,56
	Хрусталеносные кварцевые жилы	140	54	2,78
	Выполнение гнезд	57	40	5,90

Распределение монацита и его минеральные ассоциации. Монацит встречается в различных типах кварцевых жил, в околожилых гидротермально-измененных породах, в кристаллах кварца и минеральном выполнении гнезд (табл. 1). Приведенные результаты показывают, что наиболее высокие концентрации монацита свойственны кварцевым жилам и кварцитам Памира (особенно западной части Центрального Памира). В кварцевых жилах и вмещающих породах Восточного Памира монацит присутствует в виде единичных зерен. В пределах Южного и Приполярного Урала отмечается значительно меньшая частота встречаемости монацита и меньшие средние содержания. На Приполярном Урале монацит наблюдался только в хрусталеносных секущих жилах и прилегающих к ним зонах околожильно-измененных пород. Минеральные ассоциации монацита в кварцевых жилах приведены в табл. 2.

Таблица 2

Ассоциации монацита в хрусталеносных кварцевых жилах

Приполярный Урал	Южный Урал	Памир
Сфен, рутил, анатаз, ильменит, турмалин, пирит	Апатит, сфен, рутил, ксенотим, пирит	Апатит, рутил, циркон, анкерит, доломит, пирит, барит, гематит

Обогащение или обеднение монацитом кварцевых жил и вмещающих пород в известной мере зависит от наличия других конкурирующих минералов и времени их образования. Содержания монацита в жилах резко

уменьшаются в том случае, если он находится в ассоциации с ксенотимом, и сфеном. Очевидно, один из конкурирующих минералов-концентратов, выделяясь раньше, связывал большую часть фосфора и редких земель. В пределах Памира в жилах, залегающих в кварцитах, из минералов группы титана наиболее широко развит рутил, а на Урале — сфен. Для кварцевых жил Южного Урала характерны эпидот и ксенотим. По-видимому, меньшее распространение монацита на Урале по сравнению с Памиром объясняется широким развитием во вмещающих породах и жилах кальцийсодержащих минералов (сфена, эпидота). Высокие концентрации ксенотима в хрусталеносных кварцевых жилах Южного Урала также препятствовали образованию в них больших количеств монацита.

На Памире изучена вертикальная зональность в распределении содержаний монацита в кварцевых жилах, гнездах и измененных породах в интервалах абсолютных высот 3200—4200 м. Снизу вверх наблюдается увеличение содержаний монацита как в кварцевых жилах, так и в гидротермально-измененных породах. Наиболее высокие его концентрации приурочены к полосе развития продуктивных кварцевых жил (рис. 1).

Широкое развитие монацита в хрусталеносных кварцевых жилах и гнездах в пределах различных регионов, наличие его в жилах независимо от состава вмещающих пород и обогащение им околожильных зон гидротермально-измененных пород позволяет считать, что образование его связано с гидротермальными растворами, относительно богатыми редкоземельными и летучими компонентами.

Формы кристаллов монацита. Наиболее разнообразные формы кристаллов монацита наблюдаются на Памире. По облику хорошо различается монацит из вмещающих пород и кварцевых жил. В неизмененных кварцитах и алевролитах монацит представлен толстотаблитчатыми кристаллами с габитусными формами {100} и {011} и {010} (рис. 2, а). В гидротермальноизмененных породах габитус кристаллов несколько усложняется (рис. 2, б). Для кварцевых жил характерны кристаллы, уплощенные по первому пинакoidу и слегка вытянутые по оси *c*, образованные сочетанием форм {100} и {011} {110} {010} (рис. 2, в). Кристаллы прозрачные, медово-желтые, средние размеры их составляют 0,2—0,4 мм. Кристаллы монацита из кварцевых жил обладают блестящей гладкой поверхностью, у монацита из вмещающих пород она шероховатая и неровная. Монацит из алевролитов содержит множество цылевидных темноцветных минеральных включений, в связи с этим окраска становится серой или темно-серой. В монаците из альбитизированных кварцитов постоянно присутствуют скопления включений кварца и альбита. По-видимому, образование монацита в этом случае началось одновременно с процессом альбитизации или несколько позднее.

В некоторых кварцевых жилах Западного Памира обнаружен монацит двух генераций. Более ранняя представлена сильно измененными кристаллами с корродированной поверхностью, сглаженными ребрами и с красно-вато-бурыми землистыми пятнами на гранях. Монацит второй генерации образует прозрачные, бледно-желтые четко ограниченные кристаллы. Нали-

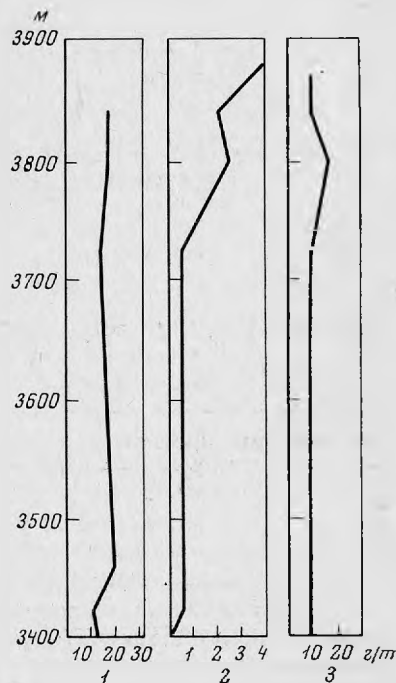


Рис. 1. Вертикальная зональность в распределении монацита во вмещающих гидротермально измененных породах (1), кварцевых жилах (2) и в выполнении гнезд (3)

чие двух типов монацита свидетельствует о том, что его кристаллизация происходила в несколько этапов с изменением физико-химических условий минералообразования.

Монацит из вмещающих пород (рис. 2, *в*) и кварцевых жил (рис. 2, *д*) Южного Урала представлен розовато-желтыми кристаллами со сглаженными ребрами и матовой поверхностью.

На Приполярном Урале монацит в кварцевых жилах встречается в виде угловатых зерен размером до 1 мм, иногда со следами сохранившейся огранки и с красновато-бурыми корочками на поверхности. В кристаллах

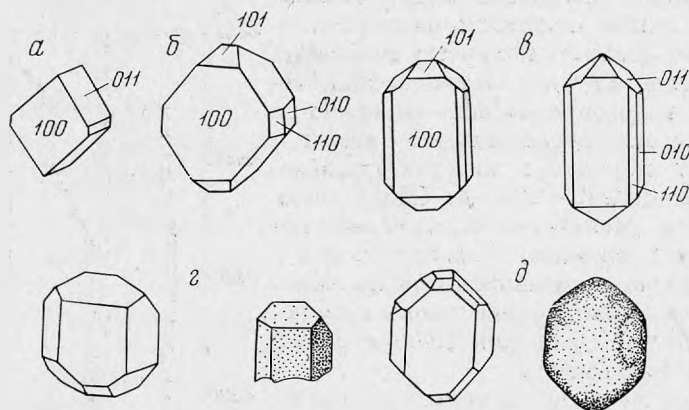


Рис. 2. Формы кристаллов монацита: *а* — из неизмененных кварцитов (Памир); *б* — из альбитизированных кварцитов; *в* — из кварцевых жил (Памир); *з* — из вмещающих пород (Южный Урал); *д* — из кварцевых жил (Южный Урал)

кварца монацит располагается в периферийных частях на гранях призмы. Монацит из вмещающих пород Приполярного Урала по облику кристаллов проявляет большое сходство с южно-уральским. Четкая огранка, прозрачность, гладкая поверхность граней свидетельствуют о том, что редкоземельная минерализация связана с воздействием на породы гидротермальных растворов. Показатели преломления всех изученных монацитов одинаковы:

$$n_g = 1,837 \pm 0,003; n_p = 1,782 \pm 0,003.$$

Особенности состава редких земель в монацитах. В нашем распоряжении находилось 12 анализов редких земель в монацитах из изученных районов. Особенность их заключается в более высоких концентрациях элементов иттриевой группы в монацитах Урала по сравнению с памирскими. Возможно, причина такого различия состоит в том, что при образовании кварцевых жил в равновесии с породой находился раствор с более высокой относительной активностью элементов иттриевой группы. Это согласуется с данными по другому аксессуарному минералу — апатиту, для которого также характерна повышенная концентрация иттриевых земель.

В монацитах Приполярного Урала по сравнению с памирскими наблюдается некоторое снижение содержания лантаноидов и изменение соотношений отдельных групп редких земель. Они отличаются пониженной ролью Σ (La — Nd) и возрастанием Σ (Sm — Ho) при некотором (иногда довольно заметном) уменьшении Σ (Er — Lu). Сокращение суммы цериевых земель происходит, в основном, за счет уменьшения содержания лантана, а увеличение — в результате появления тербия, диспрозия, являющихся характерной геохимической особенностью монацитов из кристаллов кварца. Возрастает также содержание гадолиния и отчасти европия. Таким образом, в монаците Приполярного Урала появляются редкоземельные элементы, относящиеся к наиболее кислотным представителям в своих группах.

Таблица 3

Состав редких земель в монацитах Урала и Памира (в % от суммы TR+Y)

Монацитсодержащие образования	La	Ce	Pr	Nd	ΣCe	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	ΣY	Er	Tu	Yb	Lu	ΣSc	Y	ThO ₂
Приполярный Урал																			
Кристаллы кварца	19,20	46,00	5,90	21,50	92,60	4,30	0,40	2,20	0,10	0,40	—	7,40	—	—	—	—	—	—	—
Кристаллы кварца	19,00	46,90	6,00	21,60	93,50	3,60	0,20	2,00	0,20	0,50	—	6,50	—	—	—	—	—	—	—
Диабаз	18,30	46,50	6,60	20,60	92,00	3,80	0,30	2,80	0,20	0,70	0,20	8,00	—	—	—	—	—	—	—
Кристаллы кварца	27,02	41,80	5,84	13,91	88,57	4,36	0,78	4,18	—	—	0,11	9,43	0,42	—	0,06	—	0,48	1,52	—
Кристаллы кварца	27,70	43,12	6,35	14,43	91,60	3,50	0,62	3,21	—	—	0,05	7,38	—	—	0,02	—	0,02	1,00	—
Кварцевая жила	26,85	44,47	5,32	13,52	90,16	3,12	0,76	3,86	—	—	0,10	7,84	0,41	—	0,05	—	0,46	1,54	—
Памир																			
Кварцевая жила	28,79	45,55	6,20	13,29	93,83	2,09	0,54	2,32	—	—	—	4,95	—	—	0,02	—	0,02	1,20	2,6
Кварц-карбонатная жила	27,82	43,45	5,68	11,71	88,66	2,43	0,64	3,14	—	—	0,17	6,38	0,51	0,04	0,21	—	0,76	4,2	2,1
Кварцевая жила	38,61	45,75	3,75	8,63	96,74	—	0,64	1,44	—	—	—	2,08	—	—	0,10	—	0,10	1,08	3,0
Кварцит альбитизированный	24,69	39,18	4,71	21,12	89,70	2,62	0,51	2,80	—	—	0,15	6,08	0,32	—	0,19	—	0,51	3,71	3,6
Кварцит доломитизированный	28,98	45,44	6,05	13,84	94,31	2,14	0,21	2,14	—	—	—	4,49	—	—	0,02	—	0,02	1,18	1,8
Кварцит	38,34	45,94	3,57	9,80	97,65	—	0,43	1,59	—	—	—	2,02	—	—	0,03	—	0,03	0,70	1,8

* Согласно Д. А. Минееву (1969, стр. 38).

Различным типам геологических образований Урала и Памира соответствуют разновидности монацита с определенным уровнем содержания и характерным составом редких земель. Монациты из кварцевых жил и гидротермальноизмененных вмещающих пород в каждом конкретном регионе имеют большое сходство в составе редких земель, что является дополнительным подтверждением единства происхождения этого минерала.

В проанализированных образцах определены содержания ThO_2 , колеблющиеся от 1,8 до 3,6% (табл. 3). Максимальные содержания ThO_2 характерны для монацита из интенсивно альбитизированных кварцитов Памира (бассейн р. Лянгар). Более низкие содержания (3%) установлены для монацита из кварцево-карбонатных жил ущелья Джуваси. Далее в

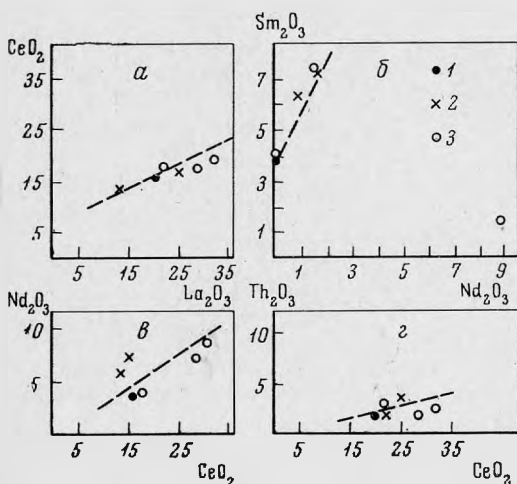


Рис. 3. Корреляционные связи между содержаниями окислов, а также двуокисей редкоземельных элементов церия и тория в монацитах

Содержания соответствующих редкоземельных окислов даны в процентах от суммы редких земель, ThO_2 — вес.%. 1 — монацит из вмещающих пород, 2 — монацит из гидротермально измененных пород, 3 — монацит из кварцевых жил

порядке убывания содержаний ThO_2 в монаците следуют кварциты, хрусталеносные кварцевые жилы (2,1—1,8). В монаците из кварцевых жил и вмещающих пород Урала присутствия ThO_2 не установлено.

Между содержаниями пар редкоземельных элементов, между отдельными элементами и торием в памирских монацитах наблюдается прямая корреляционная связь. Так, прямая связь намечается между содержаниями окисей лантана и церия (рис. 3, а), самария и неодима (рис. 3, б), неодима и церия (рис. 3, в) и тория и церия (рис. 3, г). По составу редких земель в гидротермальных образованиях Памира и Урала можно различать монациты, выделившиеся на ранних стадиях гидротермального процесса из более кислотных растворов, и на более поздних стадиях из растворов с повышенной щелочностью.

Таблица 4

Отношение содержаний $\text{Yb/Gd} + \text{Eu}$ в монацитах различных регионов

Минераловвмещающая среда	Номер пробы	$\text{Yb, Gd} + \text{Eu}$	Регион
Альбитизированные кварциты	88/0	0,06	Памир
Кварц-карбонатная жила	86/0	0,05	»
Кварц-полевошпатовая жила	117/a	0,048	»
Кварциты измененные	81	0,07	»
Кварцевая жила	775	0,01	Урал
Кристаллы кварца	778	0,012	»
То же	690	0,008	»

Из табл. 3 следует, что накопление редкоземельных элементов цериевой группы следует некоторой закономерности. Так, монацит из кристаллов кварца по сравнению с монацитом из жильного кварца содержит больше лантана, празеодима, неодима, самария и гадолиния, но меньше церия. Монациты из кварцевых жил и монокристаллов кварца характеризуются более низкими величинами отношения $Yb/Gd + Eu$ (табл. 4). Это согласуется с данными об уменьшении указанного отношения при увеличении щелочности растворов во флюоритах месторождений различных генетических типов (Василькова и др., 1966), а также в монацитах метасоматических полевошпатовых пород и кварцевых жил грейзенов (Повилайтис, Варшал, 1969).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Широкое развитие монацита в хрусталеносных кварцевых жилах и гнездах различных провинций, обогащение им околожильных гидротермальноизмененных пород свидетельствует о том, что образование этого минерала связано с поступавшими из магматического очага гидротермальными растворами, обогащенными редкоземельными компонентами.

2. Различия в содержании редкоземельных элементов в монацитах разных генераций и изменение габитуса кристаллов отражают смену физико-химических условий в процессе хрусталеобразования.

3. Наличие повышенных концентраций монацита в гидротермальноизмененных породах около продуктивных жильных зон и в хрусталеносных кварцевых жилах можно считать одним из поисковых признаков на хрусталеносность.

Литература

- Буканов В. В., Швецова И. В. Типоморфные особенности акцессорного монацита из жил альпийского типа Приполярного Урала. — Мин. сборник Львовск. ун-та, 1966, № 20, вып. 4.
- Василькова Н. Н., Картенко Н. Ф., Кукушкина О. А. Связь свойств флюорита с его составом и условиями образования. М., «Недра», 1966.
- Минеев Д. А. Лантаноиды в минералах. М., «Недра», 1969.
- Повилайтис М. М., Варшал Г. М. Некоторые типоморфные особенности акцессорного монацита из интрузивных и постмагматических образований гранитного массива Куу (Центральный Казахстан). В кн. «Типоморфизм минералов». М., «Наука», 1969.