

Е. Б. Халезова

О ТИПОМОРФИЗМЕ ЦИРКОНА ИЗ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД
ВИШНЕВЫХ И ИЛЬМЕНСКИХ ГОР

В течение ряда лет (1954—1959 гг.) автор занимался изучением цирконов Урала в районах Вишневых и Ильменских гор. Анализ большого и разнообразного материала позволил обобщить характерные свойства этого важного акцессорного минерала и сделать некоторые выводы, являющиеся предметом настоящей статьи.

Геологическое строение района отражено в статье Б. М. Роненсона (1959).

Циркон в различных породах распределен неравномерно. Он наиболее характерен для миаскитов и их пегматитов и очень редко встречается

Таблица 1

Последовательность образования и преобразования пород и время выделения циркона

Порода	Ассоциация циркона
Ранние гранитные пегматиты	} Циркон в К-Na-полевом шпате
Миаскиты	
Миаскитовые пегматиты и гибридные пегматиты	} Циркон совместно с пирохлором в альбите
Альбитизированные миаскиты, гранитные и миаскитовые пегматиты и альбититы	
Карбонатизированные миаскитовые пегматиты и миаскиты	Циркон в позднем канкрините
Цеолитизированные миаскитовые пегматиты	Раздробленный реликтовый циркон, сцементированный цеолитом
Поздние гранитные пегматиты	Циркон в альбите
Кварцево-арфведсонитовые прожилки	Циркон в ассоциации с арфведсонитом

в гранитах. В табл. 1 приведена вероятная последовательность образования и преобразования пород и время выделения в них циркона. На основании всех сделанных нами наблюдений устанавливаются три этапа формирования циркона (табл. 1). Первый этап, при котором выделилась сравнительно небольшая часть циркона, одновременно с К-Na-полевым шпатом, относится к ранней стадии кристаллизации пегматита. Второй этап связан с мощным процессом более поздней альбитизации. На этом этапе выделилась основная масса циркона, который тесно ассоциирует здесь с пирохлором (рис. 1, а, б). Последняя стадия формирования циркона связана с еще более поздними процессами карбонатизации.

Форма кристаллов циркона весьма разнообразна: 1) призматические

кристаллы трех типов — а) цирконовый, с развитием граней призмы $\{110\}$ и дипирамиды $\{111\}$, б) гиацинтовый, с развитием граней призмы $\{010\}$ и дипирамиды $\{111\}$ и в) смешанный, обладающий как теми, так и другими формами; 2) кристаллы изометричного облика; 3) кристаллы дипирамидального облика двух типов — а) ауэрбахитовый, состоящий только из дипирамиды $\{111\}$ и иногда из призмы $\{110\}$ очень слабо развитой в виде тоненькой полоски, и б) дипирамидальный, состоящий из двух или даже из трех дипирамид $\{111\}$, $\{221\}$ и $\{331\}$ или $\{112\}$.

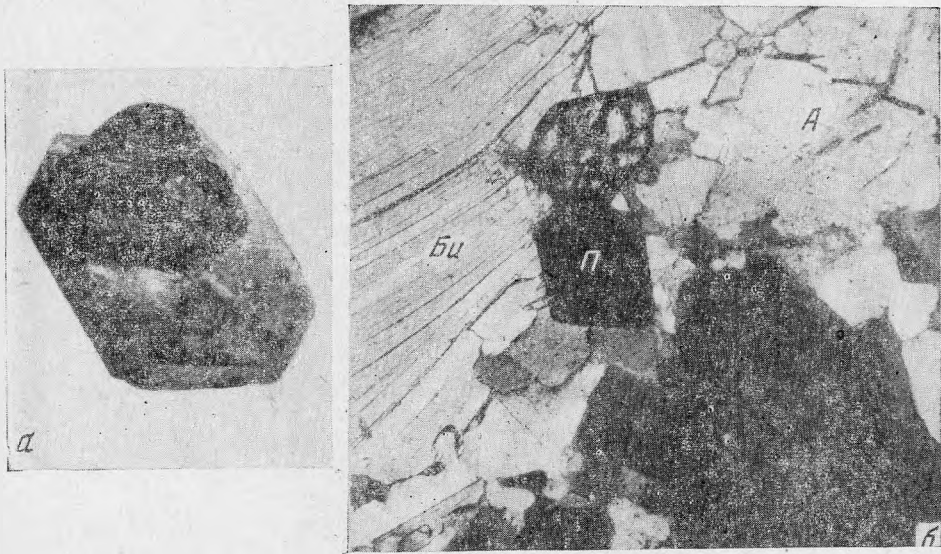


Рис. 1. Сростание циркона с пирохлором. Вишневые горы

а — циркон (светлый), пирохлор (темный); жила 135, увел. 10; б — циркон (Ц) и пирохлор (П) на контакте биотита (Бц) и альбита (А); жила 141, николи скрещены, увел. 34

Наиболее распространенной формой кристаллов является призматическая, гиацинтового типа, особенно характерная для ильменских пегматитов. Несколько менее распространена дипирамидальная форма, которая более типична для пегматитов Вишневых гор, чем Ильменских. Наименее часто встречается призматическая форма кристаллов цирконового типа.

Облик кристаллов циркона до некоторой степени определяется условиями образования и преобразования включающих его горных пород (табл. 2). Это особенно отчетливо выражено в породах сложного генезиса. Например, в фенитизированных гранитных пегматитах встречаются цирконы двух типов: 1) цирконового облика, свойственные неизменным гранитным пегматитам (рис. 2, а, б), и 2) гиацинтового, близкие к облику циркона, характерному для гибридных пород (рис. 3, а, б). Призматический циркон цирконового типа характерен для гранитных пегматитов и пород, более богатых кварцем.

В случае интрузивных образований щелочной магмы (миаскитов и их пегматитов) цирконы из краевых зон миаскитовых массивов отличаются от цирконов из центральных частей. В первом случае — это кристаллы гиацинтового облика (см. рис. 3), во втором — дипирамидального (рис. 4, а, б) или изометричного (рис. 5). Цирконы из гибридных миаскитовых пегматитов имеют призматическую форму гиацинтового типа.

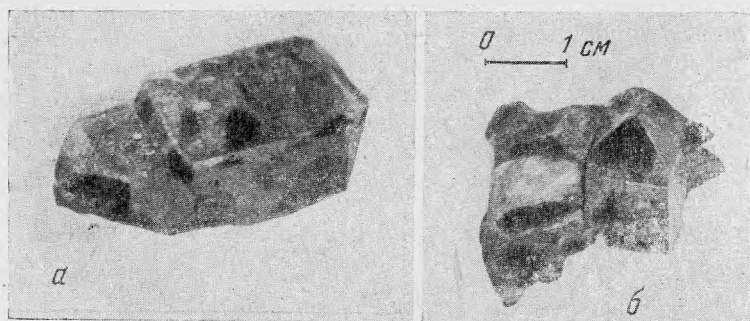


Рис. 2. Длиннопризматический кристалл циркона цирконового типа. Вишневые горы

a — жила 45, увел. 10; *б* — циркон в ассоциации с эгирин-авгитом из кварцево-арфведсонитовых прожилков; жила 35, образец Н. С. Самсоновой

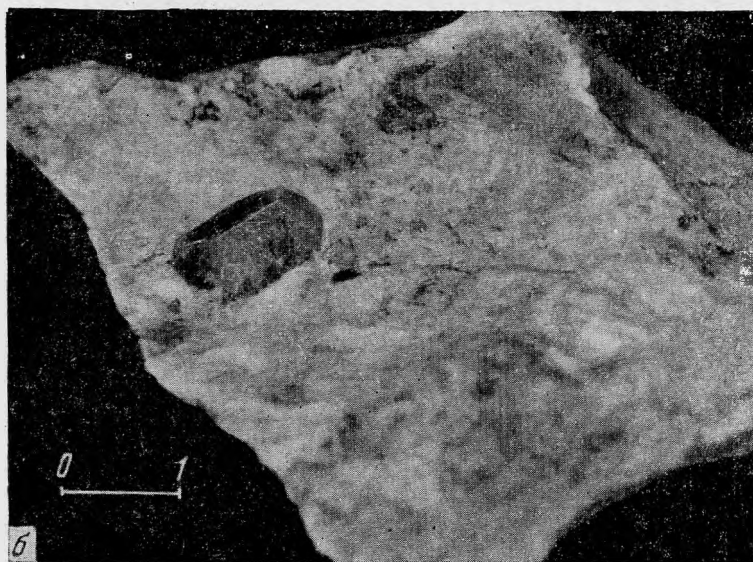
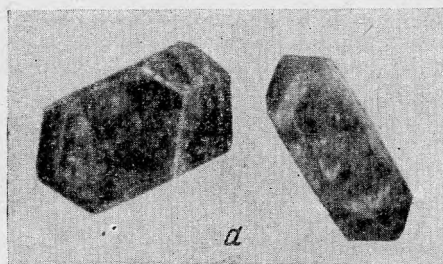


Рис. 3. Длиннопризматические кристаллы гвацитового облика. Ильмены, копь 179

a — увел. 5; *б* — циркон в альбитизированном миекситовом пегматите

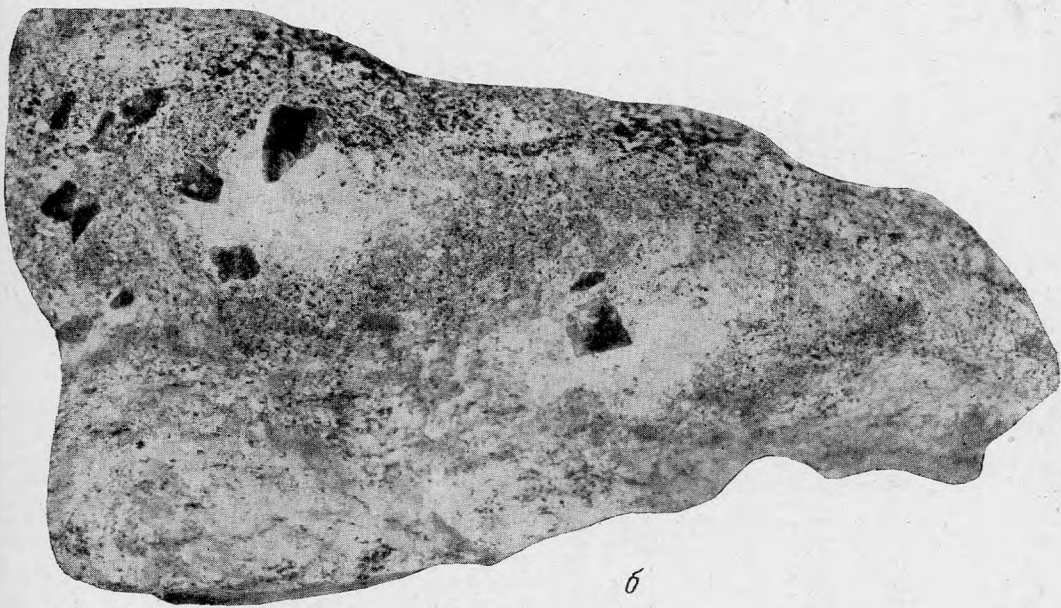
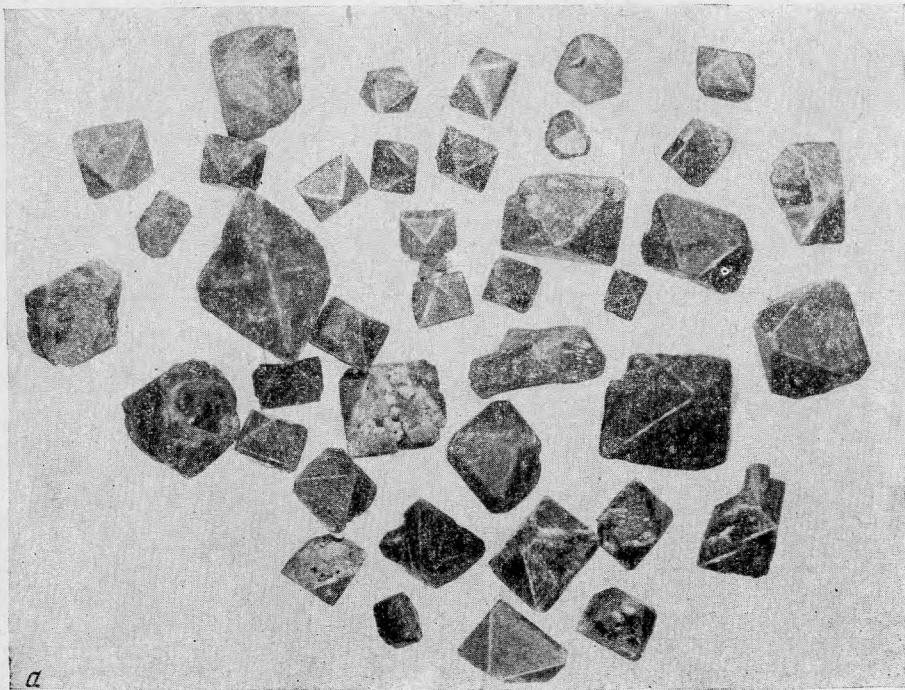


Рис. 4. Дипирамидальные кристаллы циркона. Вишневые горы, Курочкин лог
а — циркон из россыпей; б — циркон в альбитизированном миеските (центральная часть миески-
тового массива)

Типы пегматитов	Типы кристаллов *	Характерные формы	Примеры пегматитовых жил
Гранитные пегматиты		$m \{110\}$, $s \{111\}$, реже $a \{010\}$	Вишневые горы, жила 145; Ильмены — копи 183 и 61
Альбититы по гранитным пегматитам		$s \{111\}$, $p \{221\}$, иногда $π \{331\}$ и $β \{112\}$	Вишневые горы, район жилы 37
Мяскистые пегматиты		$s \{111\}$, $a \{010\}$, иногда $c \{001\}$	Вишневые горы, Курочкин лог, жила 5
Альбитизированные мяскастые пегматиты и альбититы		$a \{010\}$, $s \{111\}$, иногда $m \{110\}$, $λ \{131\}$, $φ \{141\}$	Вишневые горы, жилы 135, 5 и 141; Ильмены, копи 117, 115, 11 и др.
Карбонатизированные мяскастые пегматиты		$s \{111\}$, $p \{221\}$, иногда $π \{331\}$	Вишневые горы, Курочкин лог, Плодово-ягодный питомник
Гибридные пегматиты		$a \{010\}$, $s \{111\}$, иногда $m \{110\}$	Вишневые горы, жила 133; Ильмены, копи 28, 30 и 210

* Рисунки кристаллов циркона взяты из атласа Гольдшмидта.

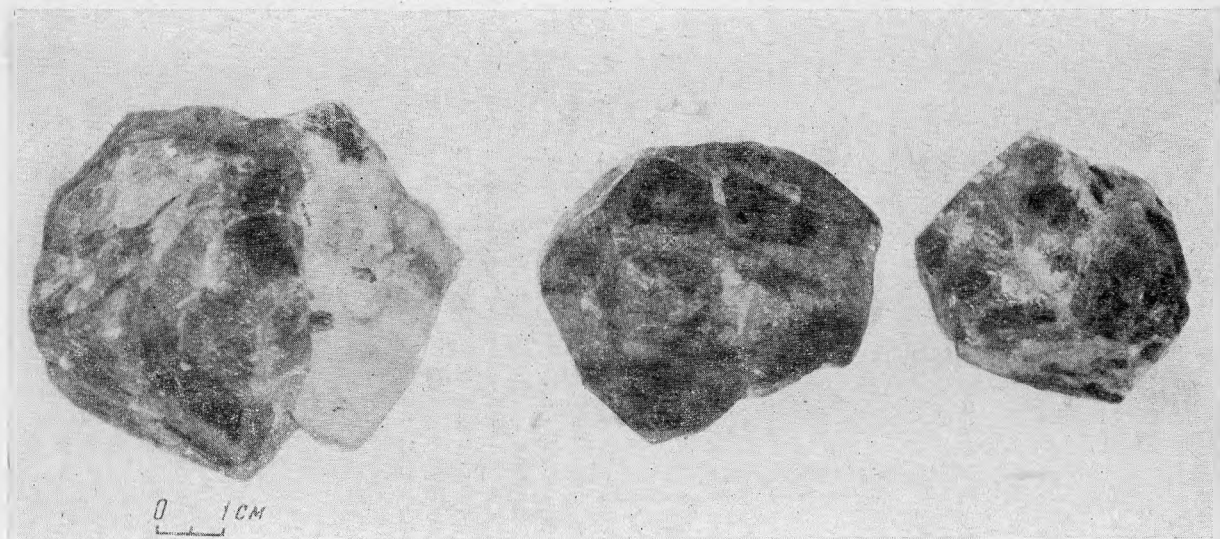


Рис. 5. Крупные изометричные кристаллы циркона из альбитизированного псфелин-полевошпатового пегматита. Винные горы, жила 5

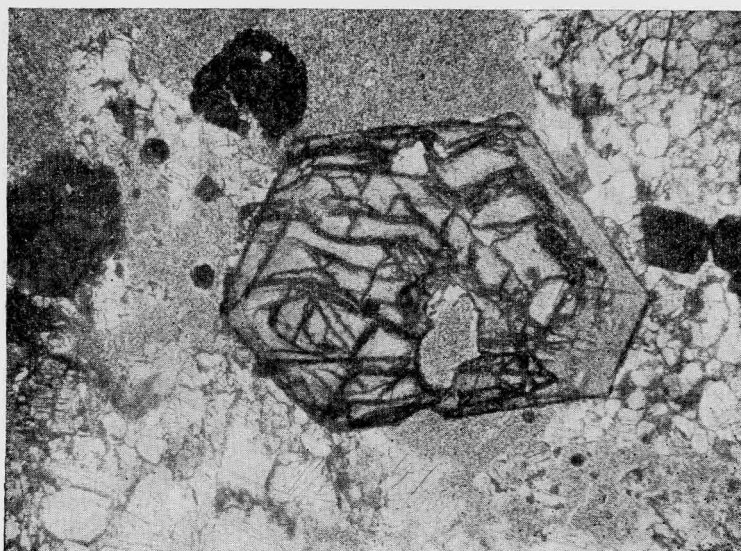


Рис. 6. Зональный кристалл циркона в ассоциации с пироклором в альбите. Свита жил 147, без анализатора, увел. 17

В альбититах встречены цирконы всех типов. Это объясняется образованием альбититов за счет альбитизации различных пород и пегматитов; в них циркон нередко является реликтовым, и циркон II образуется вокруг кристаллов циркона I, копируя его форму (рис. 6).

Особенно интересна форма цирконов, состоящая из двух или трех дипирамид. Она характерна для цирконов позднего генезиса. Цирконы такой формы встречаются в альбититах (рис. 7) и в продуктах позднего метасоматоза, связанных с процессом карбонатизации (рис. 8).

Таким образом, каждому комплексу пород свойственна вполне определенная форма выделения циркона. Однако для объяснения этого явления до настоящего времени нет достаточных оснований.

Химический состав циркона довольно однообразен (табл. 3). Все химические анализы довольно хорошо укладываются в формулу циркона $ZrSiO_4$. Для циркона характерны изоморфные замещения Zr и Hf. Почти всегда постоянны примеси TR и Ca; иногда присутствуют Nb и Ta, количество их обычно ограничивается десятками долями процента и меньше.

Цвет цирконов из щелочной полосы Урала весьма различен и варьирует от бесцветного до молочно-белого, желтого, серого, гиаингово-красного, коричневого, темно-бурого и даже черного. Иногда разнообразные цвета и оттенки можно наблюдать в кристаллах одной и той же жилы и даже в разных частях одного и того же кристалла.

Как правило, более светлые различия циркона связаны с миаскитовыми пегматитами. Примером может служить циркон из жил 5, 29, 30, 135, 132 и ряда пегматитов на хребте Вишневых гор, а также из копей 115, 117, 11, 5, 6, 135 и др. — в Ильменах. Исключением являются темные цирконы из нефелин-полевошпатовых пегматитов Курочкина лога в Вишневых горах и нефелин-полевошпатовых пегматитов в Увильдинской полосе. Циркон, включенный в биотит (копь 374 — Ильмены) или в кальцит (свита жил 140 — Вишневые горы; рис. 9), нередко прозрачен и имеет винно-желтую окраску, напоминающую окраску гиаинта.

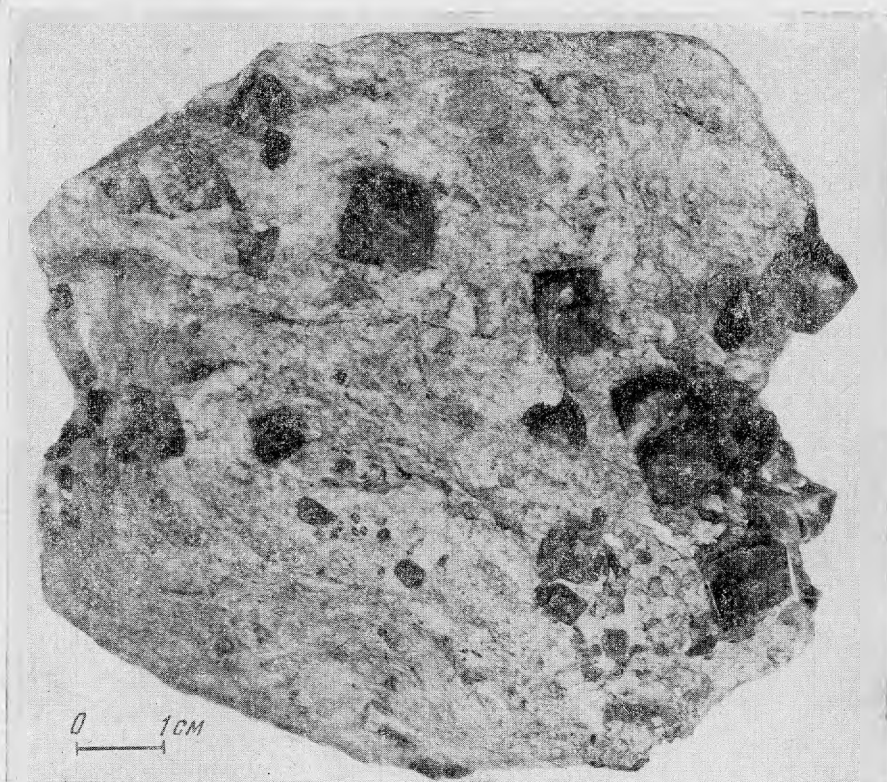


Рис. 7. Темный дипирамидальный циркон в альбититах. Вишневые горы, район жилы 37



Рис. 8. Циркон в калкритите. Вишневые горы, Курочкин лог

Таблица 3

Химический состав циркона (вес. %)

Компоненты	Стадии						
	магматическая	пегматитовая		альбитизация в пегматитах	метасоматическая альбитизация		карбонатизация
	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	31,72	33,46	32,23	32,71	32,05	32,04	32,25
TiO ₂	Следы	Следы	—	—	Следы	—	Следы
Al ₂ O ₃	—	0,90	Не опр.	0,85	0,75	1,82	0,61
Fe ₂ O ₃	0,11	0,51	0,30	0,17	0,12	0,44	0,03
FeO	—	—	0,27	—	—	—	—
MnO	—	—	0,02	—	—	Следы	—
MgO	0,10	0,11	—	0,14	0,18	0,12	0,22
CaO	0,31	0,58	0,65	0,56	0,35	1,23	0,66
(Zr, Hf)O ₂	67,71	63,93	63,68	65,24	66,23	63,91	65,63
ΣTR	—	—	0,34	0,18*	0,30*	0,30*	0,38*
Nb ₂ O ₅	} 0,02	—	Не опр.	—	0,06	—	—
Ta ₂ O ₅		—	»	—	0,04	—	—
Na ₂ O	Не опр.	Не опр.	0,18	Не определялись			
K ₂ O	»	»	0,37				
H ₂ O ⁺	0,33	0,02	0,40	0,26	} 0,37	0,35	} 0,12
H ₂ O ⁻	0,03	0,06	0,32	—		—	
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	0,53
П. п. п.	—	0,30	—	—	—	—	0,39
Сумма	100,33	99,87	98,76	99,93	100,15	99,91	100,44
Аналитик	Т. А. Капитонова		—	И. С. Разна	В. М. Некрасова	И. С. Рафина	Т. А. Капитонова
Удельный вес	4,613	4,637	4,531	4,568	4,643	4,601	4,645
Литературный источник	Еськова, Мухитдинов, Халезова, 1959		Рубель, 1949	Автор			

* ΣTR определена колориметрически В. П. Богдановой. Сумма анализа пересчитана без учета ΣTR.

1 — Дипирамидальный серовато-желтый циркон из миаскитов Вишневых гор (средняя проба).

2 — Бурый циркон гиацитного облика из гибридного пегматита, Увильды

3 — Красноватый циркон гиацитного облика из гибридного пегматита, Ильмены, копь 128.

4 — Бесцветный циркон из миаскитового альбитизированного пегматита Вишневых гор, жила 141.

5 — Бурый дипирамидальный циркон из альбититов, образовавшихся по гранитным пегматитам, Вишневые горы, район жилы 37.

6 — Коричневый дипирамидальный (ауэрбахитовый) циркон из альбитизированных миаскитов Вишневых гор, Курочкин лог.

7 — Желтый и коричневый дипирамидальный циркон из карбонатизированного миаскитового пегматита Вишневых гор, Курочкин лог.

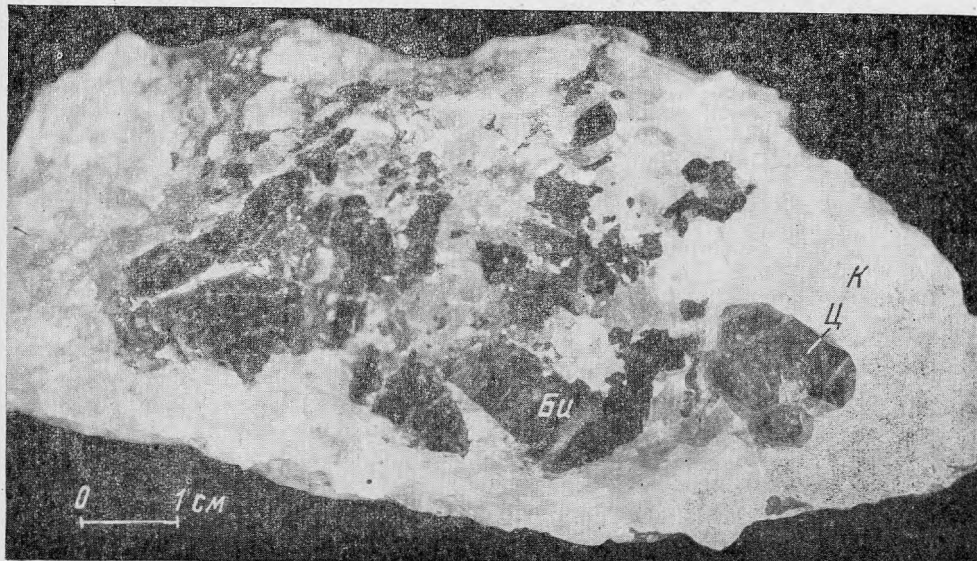


Рис. 9. Прозрачный зопальный кристалл циркона (Ц) гнацитового типа среди кальцита (К) и биотита (Би). Образец Е. С. Ильменсва

Цирконы из гибридных пегматитов, ассоциирующие с красноватым и желтым полевым шпатом, ортитом, эшинитом, иногда монацитом и другими, обычно не просвечивают, окрашены в бурые, красновато-бурые и темно-бурые тона.

В гранитных пегматитах цирконы окрашены в коричневые цвета и непрозрачны.

Блеск на гранях у цирконов из мнаскитовых пегматитов и альбититов стеклянистый, у прозрачных разновидностей — сильный, почти алмазный. Цирконы же из гибридных пегматитов, как правило, имеют слабый блеск, иногда они почти матовые; у цирконов из гранитных пегматитов блеск несколько сильнее.

Удельный вес Вишневогорского циркона, определявшийся как Г. Г. Прохоровой, так и автором, меняется от 4,578 до 4,710; по наблюдениям других исследователей (Бонштедт-Куплетская, 1951; Костылева, Владимирова, 1934; Рубель, 1949; Шафрановский, 1933) — от 4,474 до 4,716. По нашим наблюдениям, величина удельного веса изменяется параллельно с изменением окраски, что согласуется с мнением Кёхлина (Köchlin, 1909).

Светлые цирконы, как правило, имеют более низкий удельный вес (4,57—4,63), желтые и коричневые цирконы — более высокий (4,64—4,74). Исключением составляют цирконы из Вишневитовой жилы 135 (светлый прозрачный циркон с удельным весом 4,8).

Ильменские цирконы отличаются более темной окраской. Лишь цирконы из нефелин-полевошпатовых пегматитов обладают светлыми тонами. Наибольшее количество циркона в Ильменах приурочено к полевошпатовым пегматитам и окрашено в коричневые и бурые тона. Удельный вес колеблется от 4,57 до 4,7.

Была сделана попытка определить удельный вес различно окрашенных частей одного кристалла циркона из кальцитового прожилка среди мнаскистов в районе жилы 140 (табл. 4). Мы видим, что даже в пределах

Таблица 4

Изменение физических свойств в одном кристалле циркона из кальцитово-го жилки в миаските

Габитус	Цвет циркона	Цветовой эффект при фосфоресценции	Удельный вес	Микротвердость		Содержание Нf, %
				в тг./мм ²	по шкале Мооса	
Призматический кристалл гвашиного типа	Бесцветный	Белый	4,64	1152,6	7,15	1,6
	Лимонно-желтый	Белый с желтоватым оттенком	4,66	1169,8	7,2	} 1,7
				1204,8	7,3	
	Розовый	Не опр.	4,72	Не опр.	Не опр.	1,8
	Оранжевый	Желтый	4,75	1385,8	7,8	Не опр.

одного кристалла удельный вес связан с окраской и увеличивается на 0,1 при переходе от бесцветных частей к оранжевым.

Микротвердость цирконов, определенная на приборе ПМТ-3 С. И. Лебедевой и Н. И. Разенковой, оказалась различной на разных гранях одного и того же кристалла циркона.

Для того чтобы сопоставить цирконы из пегматитов и горных пород различного типа, сравним твердость одной и той же грани, которая присутствует во всех типах кристаллов, а именно: грани дипирамиды (111) (табл. 5) Как видим, твердость цирконов из горных пород различного возрастного положения закономерно изменяется, уменьшаясь от более ранних образований к более поздним.

Для сравнения в табл. 5 приводятся данные о твердости циркона из альбитизированного пегматита Ловозерского щелочного массива и из мариуполитов Мариупольского щелочного массива. Твердость первого (табл. 5, п. 9) близка к твердости циркона Вишневогорских альбитизированных пегматитов (табл. 5, п. 3), а твердость второго (табл. 5, п. 10) соответствует твердости циркона из альбитизированных миаскитов Вишневых гор (табл. 5, п. 6).

На основании просмотра цирконов в ультрафиолетовых лучах ультрамикроскопа УИ-1 с коротковолновым источником излучения ультрафиолетового света (длина волны 2800 Å), мы пришли к тому же выводу, что и Б. В. Чесноков (1959): ранее большинство кристаллов циркона обладали способностью люминесцировать, были прозрачны и имели красновато-бурую окраску; впоследствии эти свойства были в той или иной степени утрачены под действием более поздних процессов. Существуют как целиком светящиеся, так и не светящиеся кристаллы, в зависимости от того, в какой степени они подверглись изменению при воздействии более поздних процессов.

Цирконы, встречающиеся в наименее измененных участках жилы и обладающие прозрачностью и коричневатой-красноватой или желтоватой окраской, люминесцируют во всей своей массе. Такие кристаллы редки и встречены нами на г. Каравай (Вишневые горы). Это ранние цирконы, ассоциирующие с микроклином.

В альбититах иногда наблюдаются зональные кристаллы цирконов, внутренняя зона которых более темная и прозрачная, а наружная, подвергшаяся процессу Na-метасоматоза, — более светлая и замутненная. Сила свечения таких кристаллов уменьшается от центра к периферии. Нами во многих случаях отмечалось свечение только на сколах; в пери-

Микротвердость цирконов в разновозрастных горных породах

№ п/п	Типы образований	Парагенетические ассоциации	Характеристика циркона	Микротвердость на грани (111)		Месторождение
				средняя твердость кг/мм ²	по шкале Мооса	
1	Гибридные пегматиты	Циркон, магнетит, эшинит, ортит, розовый K-Na полевой шпат, биотит	Темно-бурые кристаллы гиацитного облика, непрозрачные	1416	7,9	Ильмены, копь 30
2	То же	То же	Кристаллы гиацитного облика, коричневые полупрозрачные	1387	7,85	Увильды
3	Альбитизированные мнаскитовые пегматиты	Циркон, пироклор, альбит	Кристаллы гиацитного облика, бурые, непрозрачные	1257	7,5	Ильмены, копь 179
4	То же	Циркон, пироклор, альбит	Изометричные кристаллы серовато-белые, полупрозрачные	1246	7,4	Вишневые горы, жила 5
5	Альбититы	Циркон, альбит	Дипирамидальные кристаллы ({111}, {221}, {331}), темно-бурого цвета, слегка просвечивают в краях	1250	7,45	То же, жила 37
6	Мнаскиты альбитизированные	То же	Кристаллы ауэрбахитового типа {111}, коричневого цвета, непрозрачный	1097	6,95	То же, Курочкин лог
7	Поздние метасоматические процессы (биотит-кальцитовая жила, циркон в канкрините)	Циркон, канкринит, сфен, магнетит, гатчетолит, альбит пластинчатый (клевеландит)	Дипирамидальный ({111}, {221}, {331}), темно-бурый, слегка просвечивает в краях	1116	7,0	То же
8	Рухляки, гишгергевые процессы	Циркон, пироклор, альбит	Кристаллы гиацитного облика, светлые, почти белые, непрозрачные	965	6,55	То же, свита жил 147
9	Альбитизированные пегматиты	Циркон, альбит, эгириин	Кристаллы ауэрбахитового типа, темно-бурого цвета, просвечивают в краях	1200	7,3	Ловозеро
10	Альбитизированные маршуполиты		Кристаллы ауэрбахитового типа, светло-коричневого цвета, непрозрачные (образец Е. И. Семенова)	1055	6,85	Мариуполь

ферических частях и на гранях кристаллов свечения нет. В работе Б. В. Чеснокова (1959) это явление описано более детально.

Представляют интерес прозрачные, близкие к гиадинту, кристаллы циркона из кальцитового прожилка среди миаскитов (рис. 9), которые обнаруживают во всех своих частях яркое свечение. Это, а также их прозрачность и свежесть, наводят на мысль, что данный циркон в противоположность другим разновидям, встречающимся в кальцитовых прожилках (Курочкин лог, Вишневые горы), не является реликтовым, а обязан своим происхождением более поздним процессам карбонатизации.

Таким образом, по яркости и оттенкам люминесценции можно судить не только о степени изменения кристаллов циркона, но и о времени образования циркона. На основании данных по фосфоресценции цирконов¹ выяснилось, что цирконы из различных типов пегматитов, приуроченных к различным породам, обладают при фосфоресценции различным цветовым эффектом. Так, цирконы из интрузивных пород — миаскитов и биотитовых сиенитов дают зеленый цветовой эффект; таков же цветовой эффект и у цирконов из миаскитовых пегматитов, расположенных в центральных частях миаскитового массива.

Цирконы из альбитизированных миаскитовых пегматитов дают при фосфоресценции белый цветовой эффект иногда с сиреневым, реже с зеленым оттенками. В пегматитах, где наиболее сильно проявлен процесс альбитизации, и в альбититах цвет фосфоресценции цирконов лиловый или белый с сиреневым оттенком. Призматический циркон из жилы 145 (Вишневые горы), относящийся к альбитизированным гранитным пегматитам, имеет зеленовато-желтый цветовой эффект. По мнению А. К. Трофимова, фосфоресценция цирконов обусловлена присутствием редких земель.

Столь заметные изменения всех физических свойств циркона, а также различное содержание гафния (см. ниже), в зависимости от приуроченности его к тем или другим породам, должны бы сказаться и на оптике циркона; но, несмотря на попытки, нам не удалось этого выявить. Наименьший показатель преломления по удлинению минерала ($N_o = N_p$) лежит в интервале 1,900—1,918. Более точных данных о светопреломлении цирконов получить не представилось возможным.

Можно наметить некоторые типоморфные особенности циркона в связи со временем его выделения (табл. 6). Наиболее интересной особенностью, связанной с типоморфными признаками циркона, является содержание гафния², которое закономерно уменьшается от более ранних образований к более поздним.

1. Для цирконов из гранитных пегматитов, обладающих наибольшим количеством гафния (2,8%), характерна длиннопризматическая форма кристаллов чаще всего цирконового типа и темная окраска (исключение составляет светлый циркон из копи 51 в Ильменских горах); такие цирконы непрозрачны.

2. Для цирконов из миаскитовых пегматитов, обладающих таким же или несколько меньшим содержанием гафния (2,35%) и относительно высоким содержанием иттрия (0,4%), характерны дипирамидальный и гиадинтовый облик кристаллов, более светлая окраска, полупрозрачность, относительно высокий удельный вес, зеленый цветовой эффект при фосфоресценции и в некоторых случаях содержание Be 0,0025%.

3. Для цирконов из гибридных пегматитов, содержащих меньшее количество гафния (1,4%) и иттрия (0,1—0,2%), характерны призматиче-

¹ Нами совместно со старшим научным сотрудником А. К. Трофимовым в Государственном оптическом институте в Ленинграде было просмотрено в искровом фосфороскопе конструкции ГОИ 72 образца циркона как из щелочных пород, так и из различного типа пегматитов.

² Все определения NiO_2 были произведены Л. И. Сосновской.

ская форма кристаллов гиацинтового облика, темная окраска, непрозрачность, повышенная микротвердость, повышенный удельный вес и бледно-лиловый цветовой эффект при флуоресценции.

4. Цирконы из поздних гранитных пегматитов, содержащие наименьшее количество гафния (1,23%), так же как и цирконы ранних гранитных пегматитов, имеют длиннопризматический габитус, но, в отличие от последних, светло окрашены. Они непрозрачны и очень мелкие.

5. В альбитизированных зонах всех упомянутых выше типов пегматитов цирконы, как правило, содержат меньшее количество гафния и иттрия. Циркон из альбитизированных миаскитовых пегматитов иногда содержит Be и Sc . Форма цирконов или остается прежней, или приобретает гиацинтовый вид. Они обычно непрозрачны. Цвет флуоресценции желтый (в случае альбитизации гранитных пегматитов), зеленый (в случае альбитизации миаскитовых пегматитов) или лиловый (в случае альбитизации гибридных пегматитов).

Цирконы альбититов обладают чаще всего бледно-сиреневым или лиловым цветовым эффектом.

6. При позднем метасоматозе, обусловленном влиянием поздних кальцито-биотитовых жил на ранее сформированный пегматит, количество гафния в цирконах снижается до 0,8%. Форма кристаллов дипирамидальная с развитием двух или трех дипирамид {111}, {221} и {331}. Окраска темная; они слегка просвечивают в краях. Сильный стеклянный блеск на гранях. Такого же облика цирконы встречаются в случае поздней альбитизации (альбититы района жилы 37). Обладая одинаковой формой и окраской, эти цирконы несколько различаются по содержанию гафния (1,09 и 0,78%) и по цветовому эффекту флуоресценции: у циркона из альбититов он чаще всего лиловый, у циркона же из продуктов позднего метасоматоза — зеленый.

Изменение удельного веса и окраски обнаруживает связь с содержанием гафния и иттрия, но не согласуется с данными по относительному возрасту пород и пегматитов, в которых встречается циркон (см. табл. 6).

В изученных цирконах, по мере увеличения содержания гафния и иттрия, удельный вес возрастает и окраска становится более темной.

Некоторые разности циркона окрашены неравномерно, и отдельные части одного кристалла часто отличаются друг от друга по удельному весу, содержанию гафния и иттрия (табл. 7). У зонально окрашенных кристаллов можно наблюдать изменение физических свойств по зонам; хорошо прослеживается связь окраски с удельным весом и содержанием гафния и иттрия (рис. 10 и табл. 4); краевые части обесцвечены по сравнению с центральной зоной, и по своей окраске, а также по пониженному содержанию гафния и иттрия, сходны с цирконами тех пегматитов, которые подверглись интенсивному Na -метасоматозу. Светлоокрашенные зоны в неравномерно и зонально окрашенных кристаллах могли образоваться: а) как новая генерация минерала в процессе Na -метасоматоза; б) при метасоматическом изменении циркона; в) в процессе кристаллизации из расплава при изменении содержания гафния в расплаве.

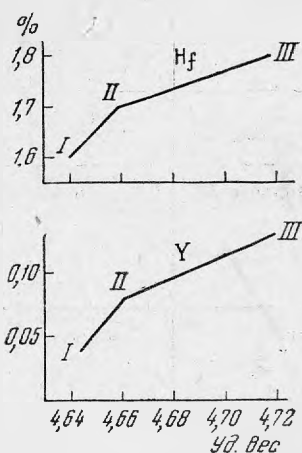


Рис. 10. Зависимость удельного веса от содержания Hf и Y в различно окрашенных зонах одного кристалла циркона

I — периферическая бесцветная зона; II — средняя желтая зона; III — центральная розовая зона

Типоморфизм

Свойства	Типы образований, из которых взят циркон,					
	ранние гранитные пегматиты		миаскитовые пегматиты		гибридные пегматиты	
	центральная часть жилы	приконтактная часть жилы	центральная часть жилы	приконтактная часть жилы	центральная часть жилы	приконтактная часть жилы
	циркон, магнетит, монацит, эпидит, К-Na-полевой шпат	чевкинит, альбит, циркон	микроклин, циркон	микроклин, циркон, альбит	циркон, магнетит, монацит, ортит, корунд, альбит, К-Na-полевой шпат, бетафит	
Содержание HfO_2 , %	$\frac{2,8^*}{2,6-3}$	$\frac{1,8}{1,7-1,9}$	$\frac{2,35}{2,3-2,4}$	1,8	$\frac{1,4}{1,3-1,7}$	$\frac{1,17}{1,1-1,2}$
Морфология	Длиннопризматический — цирконовый		Дипирамидальный и изометричный		Призматический — гиацитовый	
Цвет	Темно-бурый		Коричневый и сероватый		Темно-бурый	
Прозрачность	Непрозрачный		Полупрозрачный		Непрозрачный	
Микротвердость	Данных нет				$\frac{1416^{**}}{7,9}$	
Удельный вес	4,59		4,69—4,70		4,68—4,74	
Цвет флюоресценции	Данных нет		Белый с зеленоватым оттенком или зеленый		Данных	
Данные спектрального анализа, %	Данных нет		Be — 0,0025; Y — 0,4; Sc — нет		Y — 0,1—0,2; Be — нет; Sc — нет	

* В числителе — среднее содержание HfO_2 , в знаменателе — пределы колебаний HfO_2 .

** Числитель — в кг/мм^2 , знаменатель — по шкале Мооса.

В пользу первого предположения говорят факты обрастания хорошо ограненного темноокрашенного циркона светлоокрашенными. Внешняя светлоокрашенная зона свободно отделяется от внутреннего кристалла, грани которого сохраняют свежесть и блеск (циркон из рухляков зоны 147; рис. 6). Второе предположение подтверждается прежде всего пятнистой обесцвеченностью цирконов, при которой метасоматические растворы проникали вдоль сети неправильных трещин (циркон из пегматита 5, гора Каравай). В пользу третьего предположения свидетельствует тот факт, что соединения циркона плавятся при менее высокой темпера-

Таблица 6

циркона

и их парагенетические ассоциации

поздние гранитные интрузии	альбитизация					карбонатизация
	фенитизиро- ванные и аль- битизирован- ные ранние гранитные пегматиты	альбитизиро- ванные миас- китовые пег- матиты	альбитизиро- ванные гиб- ридные пег- матиты	альбититы		
				за счет гра- нитных пег- матитов	за счет миас- китовых пегматитов	
1) циркон, альбит; 2) циркон, арфведсо- нит	альбит, цир- кон, пирохлор	альбит, пирохлор, циркон, блотит	циркон, пирохлор, альбит			поздний метасо- матоз, связанный с кальцит-биоти- товыми жилами
$\frac{1,23}{1,2-1,3}$	$\frac{1,18}{1,1-1,2}$	$\frac{1,5}{1,3-1,7}$	$\frac{0,91}{0,87-0,97}$	$\frac{1,09}{0,90-1,30}$	$\frac{0,89}{0,73-1,15}$	$\frac{0,78}{0,66-0,86}$
Длинно- призматиче- ский цирконо- вый и гиа- цинтовый	Длинно- призматиче- ский цирконо- вый и гиа- цинтовый	Дипирами- дальный и гиацинтовый	Призматиче- ский — гиа- цинтовый	Дипира- мидальный {111}, {221}, {331}	Гиацинто- вый	Дипирамидаль- ный {111}, {221}, {331}
Серова- то-белый	Темно-бу- рый и серо- вато-белый	Темно-бу- рый (дипира- мидальный) серовато-бе- лый (гиацин- товый)	Серовато- белый	Темно-бу- рый	Серовато- белый	Темно-бурый
Непро- зрачный	Непрозрач- ный	Непрозрач- ный (темный) и полупро- зрачный (свет- лый)	Непрозрач- ный	Слегка просвечива- ет в краях	Непро- зрачный	Слегка просве- чивает в краях
Данных нет		$\frac{1235-1257}{7,4-7,5}$	Данных нет	$\frac{1250}{7,45}$	$\frac{1097}{6,95}$	$\frac{1116}{7,0}$
4,64	Данных нет	4,57—4,68	4,7	4,64	4,59—4,60	4,64
нет	Желтый	Белый или белый с зеле- новатым или сиреневым оттенком	Бледно- лиловый	Бледно- сирене- вый	Лиловый	Зеленый
Данных нет		Be — 0,0005; Y — 0,1—0,5; Sc — 0—0,00п	Y — 0,1; Be — нет Sc — нет	Y — 0,1—0,2; Be — нет Sc — нет	Y — 0,1; Be — нет Sc — нет	Y — 0,00п; Be — 0,0п (+)—0,1; Sc — 0—0,00п

туре (2680°), чем соединения гафния (2780°). Поэтому нужно думать, что из магматического расплава первыми будут выпасть кристаллы, наиболее богатые гафнием (например, темноокрашенная центральная часть зонального циркона из рухляков свиты 147); по мере роста кристалла и остывания магмы количество гафния как в расплаве, так и в кристаллах циркона будет убывать и в соответствии с этим будет уменьшаться удельный вес и меняться окраска внешних зон кристалла.

Эти различия в свойствах ZrO₂ и HfO₂, видимо, до некоторой степени проявляются и при метасоматическом образовании, и при метасоматическом замещении циркона.

Таблица 7

Удельные веса и содержание Hf и Y в образцах различно окрашенных зон отдельных кристаллов циркона* из Вишневых гор

Номер образца	Типы образований	Местонахождение	Цвет циркона	Y**	HfO ₂ ***	Удельный вес
187a	Нефелин-полевошпатовый пегматит	Свита жил 147, гора Каравай	Желтый.	0,06	2,24	4,70
187			Темно-желтый	0,07	2,36	4,71
18	Альбитизированный нефелин-полевошпатовый пегматит	Пегматитовая жила 5	Бесцветный	0,11	1,43	4,64
17			Серый	0,18	1,59	4,66
175a	Серицитизированный нефелин-полевошпатовый пегматит	Жила 30	Светло-желтый	—	1,4	—
175б			Розовато-оранжевый	0,09	1,8	—
193б	Фенитизированный гранитный пегматит	Жила 133	Светло-коричневый	0,15	0,87	4,7
193a			Темно-коричневый	0,20	1,30	
пр. 97	Альбитизированная порода	Свита жил 144	Серовато-желтый	0,09	0,44	—
пр. 97a			Темно-оранжевый	0,11	0,57	—
147/57в	Рухляки	Свита жил 147	Светло-желтый	—	0,87	—
147/57б			Темно-оранжевый	—	0,93	4,6
15	Кальцитовая жила в миаскитах	Свита жил 140	Бесцветная, слегка розоватая краевая зона кристалла	0,03	1,6	4,644
13			Темно-розовый, центральная часть кристалла	0,13	1,8	4,72

* У более темных зонностей иногда обнаруживается Th в количестве ~ 0,2 % (обр. 187 и 193a).

** Определен рентгенохимическим методом (в %).

*** Определена спектрально (в %).

Как следует из приведенных выше данных (см. табл. 6), количество гафния в цирконах согласуется с относительным возрастом содержащих циркон пегматитов. Эта связь настолько четкая, что в некоторых случаях она позволяет коррелировать относительный возраст минерала по содержанию в нем гафния. Так, например, циркон, связанный с сахаровидным альбитом из пегматитов Курочкина лога, принимался Э. М. Бонштедт-Кушлетской (1951) за наиболее поздний циркон, связанный с Na-метасоматозом (т. е. альбитизацией). Однако данные о содержании гафния в этом цирконе (1,7%) говорят о том, что это циркон более раннего происхождения; он находился совместно с микроклином и образовался в собственно пегматитовую стадию, а затем микроклин был замещен более поздним сахаровидным альбитом. Это подтверждают и шлифы. Как видно на

рис. 8, зерно циркона очень сильно корродировано по краям более поздним по сравнению с ним альбитом. На рис. 11 изображен шлиф, где хорошо видно, как ранний циркон разбит трещинами и залечен более поздним (сахаровидным) альбитом и как затем по этому альбиту развиваются более поздние цеолиты.

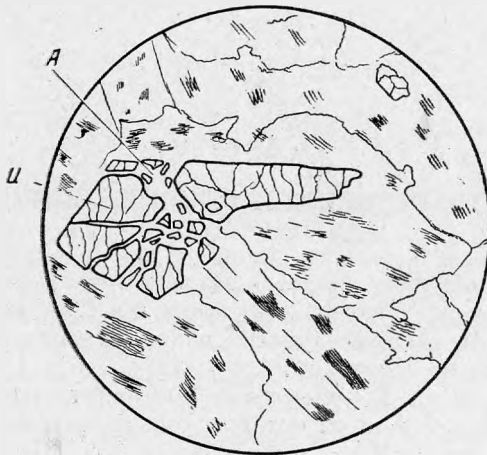


Рис. 11. Циркон в сахаровидном альбите. Циркон (ц) разбит трещинами и залечен альбитом (А). Никели скрещены, увел. 72

В заключение необходимо подчеркнуть, что внешние признаки типоморфизма циркона, выраженные в его кристаллографической форме и окраске, отражают ряд его физических и химических свойств, — таких, как микротвердость, удельный вес, фосфоресценция, содержание гафния и иттрия. Таким образом, морфологические признаки минерала тесно увязываются не только с условиями его нахождения, но и с особенностями его внутреннего строения и химического состава. Поэтому в понятие типоморфизм в применении к цирконам, а может быть, в применении и к другим минералам, следует вкладывать более глубокий смысл, чем это обычно принято.

ЛИТЕРАТУРА

- Бонштедт-Куплетская Э. М. Минералогия щелочных пегматитов Вишневых гор. Изд-во АН СССР, 1951.
- Еськова Е. М., Мухитдинов Г. Н., Халезова Е. Б. Некоторые особенности химико-минералогического состава щелочных пород Вишневых гор. — Труды ИМГРЭ, вып. 3, 1959.
- Костылева Е. Е., Владимирова М. Е. Циркон. Минералогия СССР, серия А, вып. 2, 1934.
- Роненсон Б. М. Основные черты геологического строения северной части Вишневых гор. — Изв. высш. уч. завед., геология и разведка, № 1, 1959.
- Рубель Р. Б. Циркон. Сб. «Минералы Ильменского заповедника». Под редакцией академика А. Н. Заварицкого. Изд-во АН СССР, 1949.
- Шафрановский И. И. Цирконы Вишневых гор. — Записки Всес. мин. об-ва, ч. 62, вып. 1, 1933.
- Чесноков Б. В. О люминесценции и внутреннем строении кристаллов циркона из Вишневых гор на Урале. — Записки Всес. мин. об-ва, серия 2, ч. 88, вып. 5, 1959.
- Köschlin R. Density of zircons. — Min.-Petr. Mitt., 22, 1909.