

С. А. Репина

**ОСОБЕННОСТИ ЦИРКОНА ИЗ СЕРИЦИТОЛИТОВ
МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛАННОЕ
(ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)**

S. A. Repina

**ZIRCON'S FEATURES FROM SERICITOLITES OF ZHELANNOE
DEPOSIT (CIRCUMPOLAR URALS)**

The high contents of zircon 0.6—2.3 mas. % is marked in sericitolites of a quartz deposit Zhelannoe. Five types of zircon are allocated. Three types are zircons from containing quartz sandstone. They make 10 % from whole weight of zircon. Two types are new zircons make 90 %. New zircon has a kind of ring grains and well crystals.

Месторождение жильного кварца и горного хрусталя Желанное размещено в мономинеральных кварцитопесчаниках тельпосской свиты (O_1t_1). В нижнем выклинивании крупных кварцевых жил залегают линзовидные тела серицитолиитов, секущие слоистость вмещающих пород [4, 5]. Они имеют однородное внутреннее строение, резкие контакты. На благоприятных участках серицитолииты становятся вмещающими породами для хрусталеносных гнезд. Наложенными хрусталеобразующими процессами околосредовые серицитолииты гидротермально изменены.

Неизмененные серицитолииты — оливково-серые, плотные, массивные или сланцеватые мелкокристаллические мусковитовые породы, содержащие до 15—20 % турмалина, гематита, рутила, циркона, монацита. Хрусталеносных гнезд в этих породах нет, либо они находятся на значительном удалении от них. Серицитолииты, преобразованные хрусталеобразующими процессами — светло-салатовые, белесые, в разной степени разуплотненные породы, около хрусталеносных гнезд они представляют рыхлый агрегат. По составу это те же существенно мусковитовые породы, но в них уже нет гематита и появляется ксенотим. Расположены они около хрусталеносных гнезд. Одна из основных особенностей серицитолиитов — высокое содержание циркона 0.6—2.3 %. Из всего парагенезиса минералов циркон явился наиболее информативным минералом при решении вопросов, связанных с генезисом

этих пород. В морфологии циркона отражены разнообразные, повторяющиеся во времени процессы: кристаллизация, растворение, окатывание, дробление, регенерация и т. д.

Все минеральные компоненты серицитолитов распределены равномерно [5]. В большинстве проб около 1 % циркона, чуть меньше его в серицитолитах вдоль нижнего контакта — 0.6—0.8 %. Цирконовые монофракции выделены из проб протолочек почти по всем серицитолитовым телам месторождения. Основная задача при изучении цирконов состояла в том, чтобы определить, какие цирконы и сколько их попало в серицитолиты из вмещающих кварцитопесчаников и какие цирконы образованы вместе с формированием этих пород. В соответствии с поставленной задачей при минералогическом анализе выделено пять типов циркона. Изначально все цирконы были разделены на округлые зерна и индивиды с правильными кристаллографическими формами. Если образование последних не вызывает сомнений, то округлость в цирконах могла возникнуть при механическом истирании, при росте или при растворении. В связи с этим округлые зерна были разделены по комплексу таких свойств, как цвет, прозрачность, размер, коэффициент удлинения, форма и скульптура зерен. По этим же признакам разделены цирконы и во вмещающих кварцитопесчаниках. При сравнении цирконов из серицитолитов и кварцитопесчаников, методом исключения были определены цирконы, характерные только для серицитолитов (табл. 1). Зерна, с которыми пришлось работать, имеют размер 0.3—0.4 мм. Единичные результаты микронзондового анализа по отдельным индивидам характеризуют лишь локальные участки зерен. Тем не менее, по содержанию микропримесей отмечаются некоторые закономерности у выделенных разновидностей. В табл. 1 приводятся физические свойства цирконов из кварцитопесчаников и серицитолитов. Цирконы из серицитолитов описаны более подробно.

Первый тип цирконов. Малаконы — непрозрачные, темно- и светло-коричневые, иногда пятнистой окраски. Зерна округлые, изометричные размером 0.1—0.3 мм, реже до 1 мм с коэффициентом удлинения 1—2 (рис. 1а). Они имеют матовую и глянцевую ямчатую поверхности. Пятнистая белесая шероховато-пористая поверхность, образуется при растворении. Зерна малаконов составляют около 0.1 % монофракции. В гидротермально измененных породах их меньше, так как при растворении они становятся белесыми и не выделяются среди основной массы цирконов. Состав малаконов отличается повышенным содержа-

Таблица 1

Физические свойства цирконов из серицитолитов и кварцитопесчаников месторождения Желанное

Типы цирконов		Цвет, прозрачность	Кол-во от массы циркона	Размер (мм)	Удлинение	Хар-р поверхности, скульптура граней	Характер внутреннего строения, включения	Генетический вывод		
Кварцитопесчаники	I I I I V	Округлые	Коричневые, непрозрачные	1 %	0. 1—0.2	1	Шероховатая с ямками	Темно-бурые непрозрачные	Окатанные	
			Темно-розовые, прозрачные	ед. з.	до 0. 15	1	Шероховатая			-
			Чайно-дымчатые прозрачные	1 %	0.2—0.3	1—2	Шероховатая с ямками			Тонкозональное, метамиктный по трещинам
			Бесцветные	98 %	0. 1—0.35	2—3	Шероховатая, реликтовые грани матовые			Тонкозональный, по трещинам метамиктный с ядрами цирконов, гематитом
Серицитолиты	I I I I	Округлые	Коричневые, непрозрачные	0.1 %	0.1 — 1	1—2	Гладкая, блестящая, отдельные участки на зернах белесые пористые	Зерна темно-бурые — малаконы с бесцветной регенерационной каймой	Регенерированные со следами растворения	
			Темно-розовые, прозрачные	0.1 %	0.1—0.2	1				
			Чайно-дымчатые прозрачные	0.5 %	0.2—0.3	1—2				
			Бесцветные	9 %	0.1—0.3	1—2				
	80 %	0.3—0.6		1.5—5	Блестящая, участками белесая пористая, фрагменты граней	Внутренняя зона однородная с включениями: гематита, ядрами цирконов, полостями, каналами. Внешняя — зональная				
	V	Кристаллы	Бесцветные	9 %	0.2—0.3	2 — 7	Блестящие грани: {100}, {110}, {111}, {311}	Однородное с включениями гематита, с ядрами цирконов, полостями, каналами		Новообразованные со следами растворения
Дымчато-красные полупрозрачные			0.5 %	3		Блестящие грани: {100}, {110}	Однородное, замутненное, с тонкой сеточкой трещин или молаконизированным центром зерна			
Желто-белые полупрозрачные			0.5 %	3		Блестящие грани: {100}, {110}				

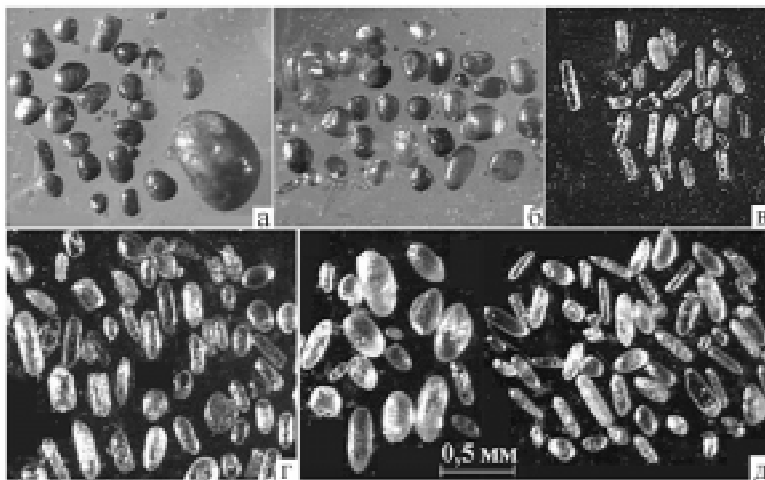


Рис. 1. Цирконы из серицитолитов месторождения Желанное.

а — первый тип: малаконы; б — второй и третий типы: темно-розовые и дымчатые зерна; в — пятый тип: разноокрашенные кристаллы; г — четвертый тип: бесцветные и слабоокрашенные зерна; д — бесцветные цирконы из гнездовых серицитолитов

нием железа, тория, урана и гафния (табл. 2). Возможно, присутствует и вода, так как суммы микронзондового анализа значительно ниже ста процентов. Зерна малаконов регенерированы с образованием каймы бесцветного циркона (рис. 2а). Отдельные участки новообразованной поверхности подвергались растворению. Подобные зерна малаконов встречаются и во вмещающих кварцитопесчаниках.

Второй тип цирконов. Это густо окрашенные округлые зерна цирконов: малиновые, темно-розовые прозрачные глянцевиые. Эти цирконы самые мелкие, их размер 0.1—0.2 мм. Они встречаются в виде отдельных зерен или примерно 0.1 % на монофракцию. Для них характерно повышенное содержание урана (табл. 2). В розовых цирконах отмечаются трещины, белесые пористые участки, образованные при растворении. Во вмещающих кварцитопесчаниках эти цирконы отмечаются редко.

Третий тип цирконов. Эти цирконы чайно-дымчатые прозрачные, овальной формы, иногда с фрагментами граней. Размер зерен 0.2—0.3 мм (рис. 1б). Форма, характер поверхности зерен — такие же как у малаконов. Их количество также невелико и не превышает 0.5 % на фракцию. В их составе отмечается повышенное содержание тория, урана. Зерна этого типа циркона

Таблица 2

**Химический состав цирконов из серицитолитов месторождения
Желанное (Приполярный Урал)**

№ п/п	Типы цирконов	SiO ₂	FeO	ZrO ₂	Hf O ₂	ThO ₂	UO ₂	YO ₂	Сумма
1	I тип — коричневые округлые зерна (малаконы)	31.64	3.35	58.17	2.65	0.18	0.36	-	96.35
2		33.18	0.17	59.09	1.46	1.59	0.28	-	95.77
3		28.68	10.54	57.26	2.48	0.11	0.24	-	99.31
4	II тип — темно-розовые округлые зерна	32.54	-	65.72	1.67	0.02	0.55	-	100.5
5		32.41	0.08	65.39	1.73	0.07	0.29	-	99.97
6	III тип — дымчатые округлые зерна	31.42	-	66.17	1.83	0.28	-	-	99.7
7		32.82	-	65.54	0.62	0.03	0.13	-	99.49
8		31.81	0.01	66.16	1.94	0.24	0.11	-	100.17
9	IV тип — бесцветные округлые зерна	32.66	-	65.55	1.67	-	-	0.03	99.91
10		32.53	-	66.36	0.63	0.02	-	-	99.54
11		32.71	-	65.9	1.76	0.02	-	-	100.39
12		32.88	-	65.49	1.65	-	0.08	-	100.13
13		32.75	-	65.40	1.82	0.04	-	0.03	100.05
14		32.29	0.01	65.88	1.54	0.1	-	-	99.85
15		V тип — кристаллы	32.38	0.01	66.61	0.61	0.09	0.03	-

Примечание. Пробы из штольни 19. Микронзонд JXA-733, аналитик Е. И. Чурин, ИМин.

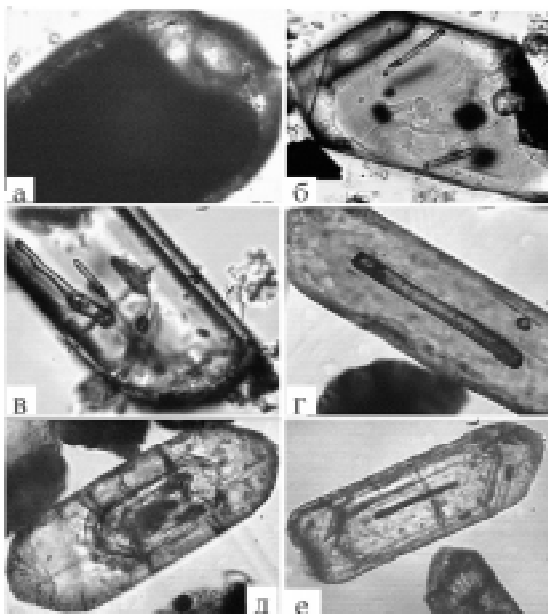


Рис. 2. Микроморфология цирконов из серицитолитов месторождения Желанное

а — регенированное зерно малакона; б, в, г — кристаллы циркона с разнообразными включениями: полостями, каналами, игольчатыми включениями с газовой-жидкой и твердой фазой, цирконовыми ядрами, гематитом; д, е — подрастворенные округлые цирконы; во внутренней зоне, имеющей правильные кристаллографические очертания многочисленные включения: каналы, цирконовые ядра

также регенированы. Такие же цирконы встречаются и в кварцитопесчаниках, но они мельче.

Четвертый тип цирконов. Это бесцветные округлые цирконы, они составляют 90 % монофракции. Цирконы этого типа несколько различаются в неизменных и гидротермально измененных гнездовых серицитолитах по форме, размерам, наличию вторичным процессам.

В неизменных серицитолитах выделяется две разновидности бесцветного округлого циркона. Изометричные и уплощенные индивиды размером 0.1—0.3 мм составляют около 9 %. По характерной форме, размеру, по отсутствию включений, фрагментов граней предполагается, что изначально эти цирконы принадлежали кварцитопесчаникам.

Для всех других бесцветных округлых цирконов характерна удлиненная форма. Они имеют размер 0.3—0.4 мм при коэффициенте удлинения 4—5 (рис. 1г). Бесцветные зерна имеют бледно-желтый или розоватый оттенок, есть зерна красновато-серые и белесые с мелкой сеточкой трещин. В этих цирконах нередко отмечаются фрагменты граней, поверхность зерен мелкопористая блестящая, иногда матовая. Бесцветные удлиненные зерна циркона составляют около 80 %. Во внутреннем строении большинства зерен выделяется две резко выраженные зоны. Граница раздела внутренней и внешней зоны резко выражена, возможно, это связано с перерывом роста индивида. Для внутренней зоны с правильными кристаллографическими очертаниями характерно отсутствие зональности и обилие включений: круглые цирконовые ядра, различные полости, игольчатые образования от нитевидных до трубчатых, каналы, включения гематита (рис. 2 д, е). Встречаются зерна с метамиктной внутренней зоной. Внешняя часть зерна имеет слабо выраженное тонкозональное строение. Характерно соотношение скоростей роста дипирамиды и призмы 3:1. Зоны иногда имеют овальную форму. Во внешних зонах цирконов встречаются включения тонких пластинок гематита, ростки очень мелких кристалликов рутила. Редко отмечаются срастания поверхностей циркона по удлинению с иглами турмалина.

Поверхность округлых гляцевых зерен циркона, при изучении их под электронным микроскопом, имеет характер скорлуповатой отдельности с тонкими слоями-наплывами. Они могли быть образованы при росте цирконов из пересыщенных растворов. Зоны роста таких зерен имеют округлую форму. Матовая поверхность циркона имеет ячеисто-сотовый характер со своеобразными ветвистыми каналами, с конусами растворения сложной формы. Подобный микрорельеф циркона А. А. Краснобаевым [2] описан как результат растворения циркона в щелочной среде. Растворению больше подвержены вершинные части зерен.

В гидротермально измененных околосредовых серицитолитах почти все цирконы белесые, матовые, обесцвеченные. Часть цирконов имеет более крупные размеры, чем у всех вышеописанных разновидностей (рис. 1д). Эти цирконы имеют овальную форму, размер до 0.6 мм с коэффициентом удлинения 1.5—3. Крупные зерна составляют 10 % от цирконовой фракции. В начале процесса хрусталеобразования эти цирконы были укрупнены с образованием округлых форм. У основной же части цирконов та же размерность, что и в предыдущей группе из неизмененных серицитолитов, у многих из них наблюдаются сохранившиеся

фрагменты граней. Почти все цирконы из гнездовых серицитолитов трещиноваты, у них шершавая, пористая поверхность с щелями, глубокими каналами, образованными при растворении (рис. 3б). Трещины были залечены, но впоследствии по ним наиболее активно шло растворение. При растворении были вскрыты внутренние каналы, высвобождены включения. В составе этих цирконов отмечаются значительные вариации в содержании гафния, иногда устанавливается очень малая примесь итрия. Качественным анализом на РЭММА-202М (аналитик Котляров В. А., ИМин УрО РАН) установлено, что зоны в цирконе существенно различаются по содержанию гафния и тория.

Пятый тип цирконов — это кристаллы с четкой гранной скульптурой. Хорошо ограненных кристаллов немного. Чаше встречаются кристаллы с белесыми, пористыми подрастворенными головками, ребрами, но с блестящими гранями. Всего таких индивидов до 10 % от цирконовой фракции. Кристаллы мелкие 0.2—0.3 мм тонкие игловидные или уплощенные призматические (рис. 1в). Среди кристаллов выделяется три разновидности:

Наиболее часто встречаемые кристаллы циркона бесцветные или с бледно-желтым, розоватым, буроватым оттенком.

Форма таких кристаллов игловидная с коэффициентом удлинения 7—2, с преобладающим развитием призм: главной $\alpha\{100\}$, подчиненной $m\{110\}$ и дипирамид $\rho\{111\}$ и $\chi\{311\}$ — гиацинтовый тип (рис. 4 д, е, ж, к). Кристаллы имеют сверкающие грани, в них обычны включения пластинок гематита.

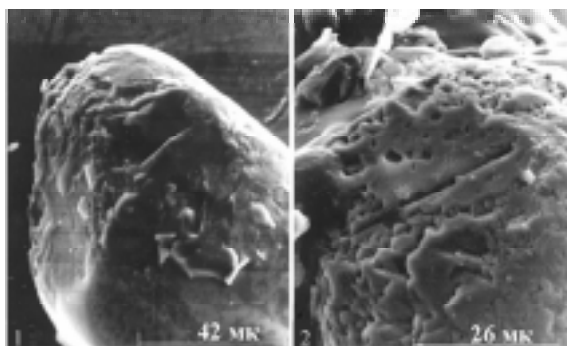


Рис. 3. Электронные микрофотографии поверхностей цирконов из серицитолитов.

а — толстые слои, бугристые наплывы на гранях кристалла циркона; б — щели, конусы растворения на поверхности цирконов из гнездовых серицитолитов

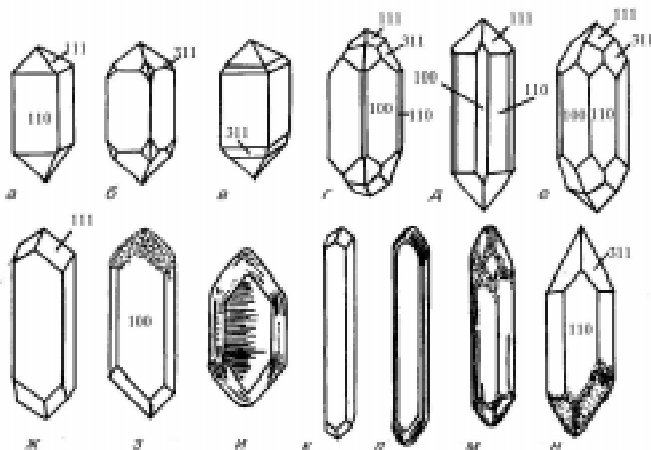


Рис. 4. Морфологические типы кристаллов циркона из серицитолитов.

з, и, л, м, н — кристаллы подвергшиеся растворению; в, г — рис. В. А. Букановой [1]

Кристаллы цирконов серые мутные с обилием красных включений или дымчато-красные, кирпично-красные просвечивающие. Форма кристаллов призматическая, часто уплощенная, асимметричная гиациントвого или цирконового типа с преобладающим развитием граней $m\{110\}$ и $p\{111\}$ (рис. 4 а, ж). Коэффициент удлинения таких кристаллов 3. Грани слабо блестящие, пористые.

Кристаллы цирконов белесые, желтовато-белые, мутные с мелкой сеточкой трещин, метамиктные. Грани матовые. Кристаллы гиациントвого типа, асимметричные, часто уплощенные с коэффициентом удлинения 3 (рис. 4 ж).

На микрофотографии (рис. 3а) кристалл циркона имеет слегка округлые грани, ребра. Такие цирконы встречаются наиболее часто. Гранные формы кристалла покрыты толстыми слоями, бугристыми напыльями. Подобные ситуации описаны В. Г. Фекличевым [6] и характерны для роста кристаллов из сильно пересыщенных растворов. В этом же индивидуе проявлено и более позднее слабое избирательное растворение, проявившееся в образовании полигональной формы ямок, щелей растворения на ребрах кристалла. В данном случае округлость кристалла циркона первична и возникла в результате напыльного роста при кристаллизации из сильно пересыщенных растворов и последующем растворении.

Для внутреннего строения кристаллов характерно отсутствие зональности и обилие разнообразных включений (рис. 2 б, в, г). Наиболее часто встречаются очень мелкие круглые цирконовые ядра. Много газово-жидких включений, различных полостей, игольчатых образований. Эти включения имеют форму каналов от нитевидных до трубчатых, разный состав, ориентировку и происхождение. Возможно, это уже раскристаллизованные твердые включения. Наиболее часто встречаются включения пластинок гематита, на рис. 2б они в виде темных пятен.

Кристаллов значительно больше в неизменных серицитолитах. В гнездовых породах цирконы обычно подвержены растворению и у них сохраняются лишь фрагменты граней. Для кристаллов характерно низкое содержание гафния (табл. 2). По характеру включений, отсутствию зональности обнаруживается сходство бесцветных кристаллов циркона и внутренних зон округлых цирконов четвертого типа. На основании этого можно предположить, что эти образования являются представителями одной генерации. Многие цирконы измельчены, некоторые из них растащены на фрагменты и сцементированы породой. Наиболее часто это можно видеть в серицитолитах вдоль их контактов или по внутренним тектоническим зонам.

Из табл. 1 хорошо видно, что цирконы в серицитолитах более крупные, бесцветные зерна характеризуются большим коэффициентом удлинения, при этом присутствует значительное количество хорошо образованных кристаллов. Все эти различия являются новообразованными и составляют около 90 % от всей массы циркона. Из пяти выделенных типов цирконов первые три — это темноокрашенные цирконы, их суммарное количество не превышает 1 %. Все признаки, наличие подобных цирконов во вмещающих кварцитопесчаниках, указывают на их аллотигенное происхождение. В серицитолитах эти зерна были регенерированы, что хорошо видно на примере малаконов. В нижнюю часть полости, впоследствии заполненную жильным кварцем, они могли попасть при тектоническом дроблении и истирании пород во время ее формирования, а также могли быть привнесены в виде примеси гидротермальными растворами, циркулирующими в открытых трещинных системах и высвобождающих акцессории при растворении кварца.

Онтогенетические особенности новообразованного циркона указывают на длительность и сложность процесса их образования. Первыми были образованы кристаллы циркона призматического облика с коэффициентом удлинения 2—7 и максимальным размером 0.3 мм. Многие из них содержат ядра циркона,

явившиеся, по-видимому, затравками при образовании кристаллов. Во время роста кристаллы захватывали из растворов мельчайшие кристаллы-зародыши гематита, газово-жидкие включения. После некоторого перерыва, на участках с хорошей проницаемостью (возможно, по зонам рассланцевания) цирконы продолжили свой рост из пересыщенных растворов. Многие цирконы стали более крупными и округлыми. Их максимальный размер 0.4 мм с коэффициентом удлинения 2—5. У некоторых округлых зерен сохранились фрагменты граней. Редкие кристаллы представляют собой реликтовые индивиды. Во внешних зонах цирконов появляются включения рутила и турмалина. Но нигде не было встречено включений мусковита в цирконе или сростаний с ним. Пластические массы серицитолитов испытывали неоднократное тектоническое перемещение. Цирконы вместе с другими минералами дробились. Позднее фрагменты зерен были регенерированы, трещины залечивались и вновь подвергались слабому растворению.

Хрусталеобразующими растворами цирконы во внутригнездовых серицитолитах вновь были укрупнены. Эти зерна имеют овальную форму размером до 0.6 мм с коэффициентом удлинения 1.5—3. Тектонические подвижки вблизи хрусталеносных гнезд продолжались, и цирконы становились еще более трещиноватыми. Внутри гнезд цирконы вместе с другими минералами были подвергнуты сильному растворению. Включения в них уже отсутствуют, видимо, они также растворялись по многочисленным трещинам, либо при растворении были выведены на поверхность.

Цирконы и другие минералы серицитолитов равномерно распределены во всем объеме породы. Судя по наличию в кристаллах многочисленных полостей сложной формы с газово-жидкой или раскристаллизованной фазой, можно предположить, что кристаллизация циркона происходила в жидкой среде высокой плотности. Кристаллизация циркона и гематита на всем протяжении происходила одновременно. На завершающем этапе образования циркона начали свой рост рутил и турмалин. По отсутствию в цирконе включений мусковита или сростаний этих минералов, можно предположить, что кристаллы циркона образовались до мусковита. Дальнейший рост циркона происходил уже в литифицированной породе. На протяжении всего тектоно-гидротермального процесса цирконы как и другие минералы серицитолитов испытывали неоднократное растворение в щелочной среде. Слабое растворение фиксируется в цирконах из измененных серицитолитов. Интенсивному растворению подвер-

жены цирконы из серицитолитов около гнезд во время хрусталеобразования.

Литература

1. *Буканова В. А., Никитенко И. П.* Кристалломорфологические особенности акцессорного циркона из околожилных метасоматитов в кварцитах Приполярного Урала // Труды Ин-та геол. КомиФАН СССР, 1971. Вып. 15. С. 94—99.
2. *Краснобаев А. А.* Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 148 с.
3. *Пыстина Ю. И.* Минералогическая стратиграфия метаморфических образований Приполярного Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 1997. 124 с.
4. *Репина С. А.* Последовательность формирования кварцхрусталеносной минерализации месторождения Желанное на Приполярном Урале // Металлогения древних и современных океанов—97. Процессы рудообразования. Миасс: ИМин УрО РАН, 1997. С. 234—240.
5. *Репина С. А.* Строение и состав серицитолитовых тел на кварцевом месторождении Желанное (Приполярный Урал) // Металлогения древних и современных океанов—99. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. С. 161—170.
6. *Фекличев В. Г.* Микрориссталломорфологические исследования. М.: Наука, 1970. 177 с.