

### $\alpha$ -РАДИОАКТИВНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ КРИСТАЛЛОВ АКЦЕССОРНОГО ЦИРКОНА ИЗ ПОРОД АЛЕНГУЙСКОГО МАССИВА (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

В. А. ЕРМОЛАЕВ, А. М. КУЗЬМИН, А. А. ЯТИС

В статье излагаются результаты изучения  $\alpha$ -радиоактивности отдельных кристаллов акцессорного циркона из пород Алэнгуйского массива (Восточное Забайкалье). По данным геологов Читинского геологического управления Е. В. Барабашева, Н. А. Трущевой в указанном массиве выделяется две интрузивные фазы. В первую фазу сформировались преимущественно крупно- и среднезернистые, иногда слабо порфирированные, лейкократовые граниты с розовым полевым шпатом и дымчатым кварцем. Во вторую фазу образовались более щелочные по составу морионовые граниты.

Детальным кристалломорфологическим анализом в породах выше указанных фаз Алэнгуйской интрузии установлено несколько морфологических типов кристаллов циркона (3). Идеальные формы выделенных кристаллов приведены на рис. 1. Так крупно- и среднезернистые

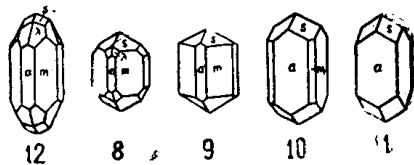


Рис. 1. Кристаллы акцессорного циркона из пород Алэнгуйского гранитоидного массива. Простые формы:  $a\{100\}$ ,  $m\{110\}$ ,  $s\{111\}$ ,  $\lambda\{311\}$

граниты первой фазы как главной, так и краевой интрузивной фаций характеризуются, за небольшим исключением, кристаллами циркона 9-го (частота встречаемости 60—70%) морфологического типа. Незначительным распространением здесь же пользуются кристаллы 8-го (частота встречаемости 14—9%) и других типов. Между кристаллами 8-го и 9-го типов очень часто наблюдаются промежуточные формы,

обусловленные постепенными переходами в развитии граней  $\{311\}$  и  $\{111\}$ . Большинство кристаллов бесцветны или имеют слабо-желтоватый оттенок. Средняя суммарная  $\beta$ -радиоактивность изучаемых типов циркона для пород первой фазы составляет 55,6 имп/мин\*).

Морионовые граниты второй интрузивной фазы слагают несколько разобщенных массивов, которые, несмотря на большие расстояния между ними (десятки километров), содержат преимущественно бурые и темно-бурые кристаллы циркона 10-го типа с частотой встречаемости, равной 80—90%. Здесь наблюдаются кристаллы 8-го и 9-го типов со средней частотой встречаемости соответственно 10 и 5%. Кристаллы

этих типов имеют желтый, светло-желтый цвета и редко бесцветны. Суммарная  $\beta$ -радиоактивность цирконов из пород второй фазы в среднем равна 88 имп/мин. Размеры кристаллов как в породах первой, так и второй фазы изменяются в пределах от сотых до десятых долей миллиметра. При этом необходимо отметить, что в породах второй фазы они несколько крупнее, чем в первой.

Наличие нескольких морфологических типов кристаллов циркона в одной и той же породе в пределах каждой фазы говорит о том, что физико-химические условия в процессе их кристаллизации не оставались постоянными, закономерно изменялись. Об этом свидетельствует геометрическая связь в развитии кристаллографических форм между выделенными типами; о том же говорит наличие зональности в кристаллах циркона и особенностях их сростков. В ряде случаев достаточно хорошо устанавливается следующая последовательность кристаллизации вышеуказанных морфологических типов кристаллов циркона. Так бесцветные и водянопрозрачные кристаллы 12-го типа, которые имеют незначительное распространение (около 1%), связаны постепенными переходами (промежуточные типы кристаллов) с бесцветными и светло-желтыми кристаллами 8-го типа. В свою очередь 8-й тип сменяется 9-ым морфологическим типом более бурых окрасок. Эта последовательность от 12-го к 9-му типу подчеркивается также уменьшением роли граней {311} и постепенным увеличением значения граней {111}, что очень хорошо наблюдается при изучении шлихов. В том же направлении возрастает и изометричность кристаллов. Недостаточно точно в этой последовательности установлено место кристаллов 10-го морфологического типа.

Что же касается радиоактивных элементов, особенно урана и, видимо, тория, то последние, как известно, способны накапливаться в более поздних кислых дифференциатах в процессе дифференциации магм гранитоидного состава [5, 6]. Следует также отметить, что содержание урана, как показали Л. В. Гаусон [5], Е. С. Ларсен и другие [4], не остается постоянным в различных породообразующих и акцессорных минералах. Интересные данные на этот счет приводятся А. И. Баженовым [2], который установил, что  $\beta$ -радиоактивность цирконов в наиболее юных фазах интрузии выше, чем в древних.

Таким образом, можно предполагать, что различные морфологические типы кристаллов циркона, выделившиеся в процессе кристаллизации в различное время, будут содержать неодинаковое количество радиоактивного вещества. В связи с этим авторами и была предпринята попытка исследовать  $\alpha$ -радиоактивность отдельных кристаллов акцессорного циркона из пород различных фаз Аленгуйской интрузии.

Определение  $\alpha$ -радиоактивности циркона производилось с помощью ядерных пластинок с толщиной эмульсионного слоя 100 микрон. Плотность эмульсии 3,6 г/см<sup>3</sup>. Подсчет  $\alpha$ -треков по всей облучаемой площади производился под микроскопом при увеличении 900 $\times$  (рис. 2). Для облучения на пластинках на их эмульсионный слой накладывались кристаллы на одну из наиболее хорошо развитых и гладких граней призматического пояса. Экспозиция облучения 30 дней. Этот метод излучения  $\alpha$ -радиоактивности уже неоднократно использовался многими исследователями [1, 5, 7, 8, 9]. Необходимо отметить, что для изучения  $\alpha$ -радиоактивности кристаллы из одной пробы отбирались по возможности одинаковых размеров с равными блестящими гранями, так как ранее Загхлоула [9] было установлено, что удельная  $\alpha$ -радиоактивность зависит от размеров кристаллов.

Для изучения  $\alpha$ -радиоактивности отдельных кристаллов из неизменных пород первой и второй фаз Аленгуйской интрузии было отобрано соответственно две наиболее представительные пробы (10000, 4587).

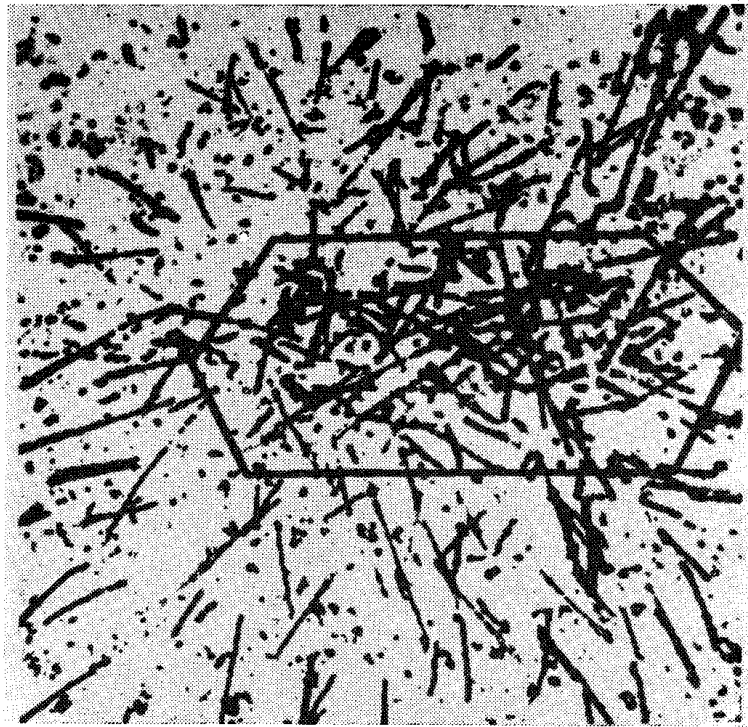


Рис. 2. Микрорадиография кристалла акцессорного циркона. Увел. в 900 раз

Результаты кристалломорфологического анализа циркона в указанных пробах сведены в табл. № 1.

Таблица 1

Фаза	№ проб	Морфологические типы		Цвет кристаллов циркона, частота в %							$\beta$ -радиоактивность, имп/мин
		Тип крист.	Частота в %	Бесцветные	Светло-желтые	Желтые	Светло-бурые	Бурые	Темно-бурые	Серые	
I	10000	8	40	60	37,5		2,5				65,6
		9	58	48	29	2	9	12			
		10	2								
	66	8	20	72	28						94,3
		9	50	10	56	6		22	6		
		10	19		5		10	70	15	15	
II	4587	8									172,6
		9	7								
		10	82		10		20	30	39	1	
		11	11								

58 — максимальная частота встречи в %.

Данные изучения  $\alpha$ -радиоактивности отдельных кристаллов циркона без разделения их на морфологические типы из этих проб приводятся на рис. 3.

Из кривых на рис. 3 достаточно хорошо видно, что  $\alpha$ -радиоактивность кристаллов циркона из морионовых гранитов второй фазы в 2,5 раза выше, чем из пород первой. Эта же разница устанавливается и по

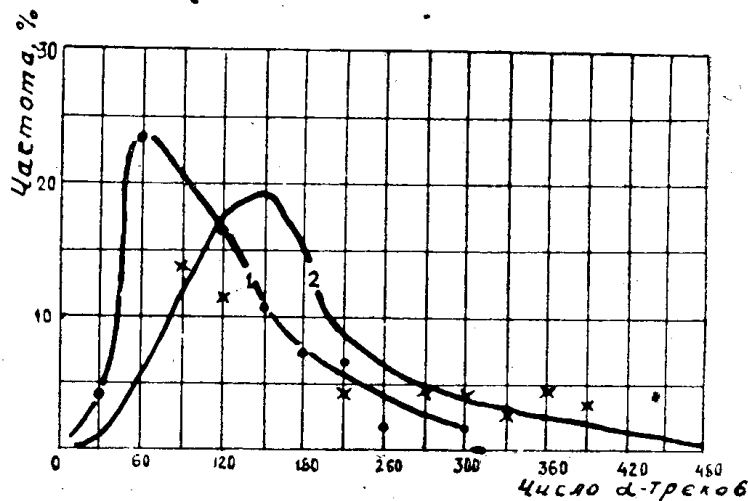


Рис. 3.  $\alpha$ -радиоактивность кристаллов циркона из пород первой (кривая 1) и второй (кривая 2) фазы Аленгуйского гранитоидного массива

$\beta$ -радиоактивности (табл. 1). Необходимо также отметить, что максимум  $\alpha$ -радиоактивности цирконов из пород первой фазы не превышает 330  $\alpha$ -треков на единичную площадь, тогда как для второй на эту же площадь максимальное количество  $\alpha$ -треков колеблется в пределах от 330 до 480, а в отдельных случаях эти значения достигают 600—720.

По данным измерения максимальных длин  $\alpha$ -треков был построен энергетический спектр  $\alpha$ -излучения радиоактивных элементов циркона из пород первой фазы (рис. 4). Изучение этого спектра показывает, что в исследуемом цирконе в основном наблюдаются радиоактивные элементы семейства урана и тория.

Из кривых рис. 3 хорошо видно, что отдельные кристаллы циркона в той и другой фазах имеют различную  $\alpha$ -радиоактивность. Поскольку в пробах наблюдается несколько морфологических типов, имеющих различные цвета, то первое, а также и это обстоятельство побудили нас изучить  $\alpha$ -радиоактивность кристаллов известных морфологических типов из породы одной и той же фазы.

Для исследования  $\alpha$ -радиоактивности была выбрана представительная проба № 66 из неизменного гранита первой фазы. Результаты детального кристалломорфологического анализа ее приводятся в табл. 1. Из этой пробы было отобрано 300 бесцветных кристаллов 8-го типа, 300 кристаллов 9-го типа от светло-желтой до светло-бурой окраски и такое же количество кристаллов 10-го типа светло-бурой и бурой окрасок. Необходимо отметить, что окраска большинства кристаллов является равномерной и лишь изредка среди них можно наблюдать зональные кристаллы. Под бинокулярной лупой МБС-1 производился отбор кристаллов одной окраски, что требовало большого труда и внимания, так как между цветами у различных морфологических типов кристаллов циркона существуют постепенные переходы. Поэтому среди 300

штук кристаллов попадали кристаллы более или менее одного цвета, но с той или иной тональностью. Каждая из этих групп (по 300 кристаллов) помещалась на ядерную пластинку, и производилось изучение  $\alpha$ -радиоактивности по вышеописанной методике.

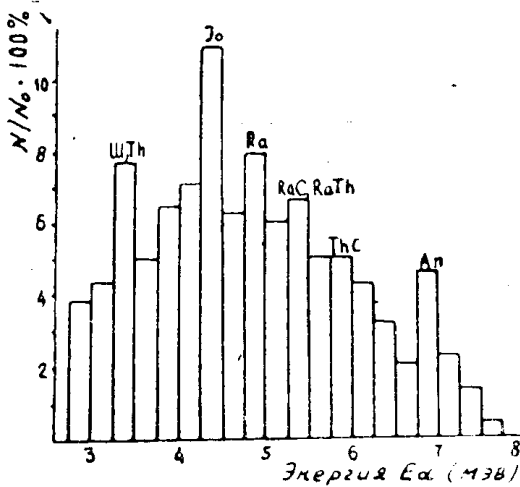


Рис. 4. Спектр энергии  $\alpha$ -частиц радиоактивного вещества в цирконе

Результаты изучения отдельных кристаллов циркона определенных морфологических типов приводятся на рис. 5. Из этих кривых следует, что  $\alpha$ -радиоактивность возрастает от 12-го и 8-го морфологического типа к 10-му, при этом для последних двух кривых (9 и 10) наблюдается большой разброс значений. Здесь на пластинках было встречено зональное распределение  $\alpha$ -треков, в центральной части зерна которых густота была значительно меньше, чем по периферии.

Как уже отмечалось ранее, между выделенными морфологическими типами кристаллов циркона из гранита

одной фазы наблюдается генетическая связь в геометрическом развитии форм, тесно связанных с условиями в последовательности их развития при кристаллизации. Такая же связь наблюдается в особенностях изменения цвета кристаллов: от бесцветных и водянопрозрачных 12-го и 8-го типов к 10-му изменяется через светло-желтую и светло-бурую до бурой и темно-бурой. В этом же направлении, как видно из рис. 5,

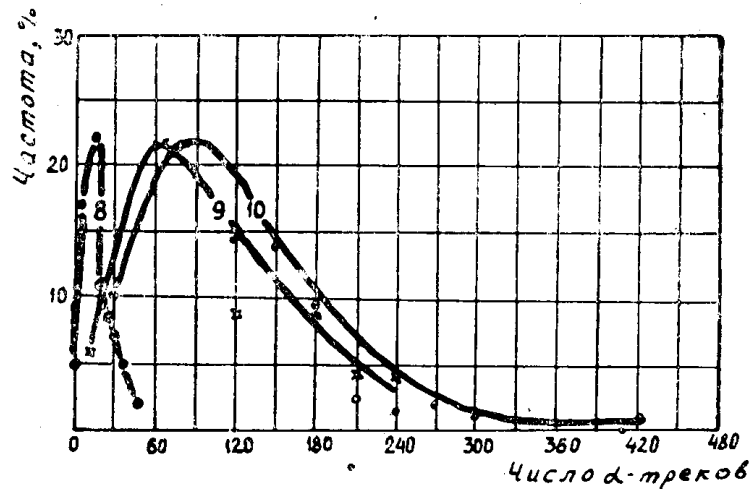


Рис. 5. Изменение  $\alpha$ -радиоактивности кристаллов различных морфологических типов акцессорного циркона из пород первой фазы Аленгуйской интрузии

возрастает  $\alpha$ -радиоактивность цирконов из гранитов первой фазы и изменяется в среднем от 20  $\alpha$ -треков/ед. площади (8-й тип) до 111  $\alpha$ -треков/ед. площади (9-й тип) и до 146  $\alpha$ -треков/ед. площади к 10-му морфологическому типу.

## Выводы

1.  $\alpha$ -радиоактивность отдельных кристаллов акцессорного циркона из гранитов Аленгуйского массива увеличивается примерно в 2,5 раза в породах второй фазы, что связано с накоплением урана и тория в более кислых дифференциатах. Это обстоятельство неоднократно подчеркивалось многими исследователями [2, 5, 6].

2. Закономерности изменения морфологии, цвета и  $\alpha$ -радиоактивности отдельных кристаллов акцессорного циркона одной и той же фазы дают нам основание полагать следующее:

а) В процессе кристаллизации циркона в направлении от 12-го и 8-го к 10-му морфологическому типу из породы одной и той же фазы также происходит накопление радиоактивных элементов.

б) В связи с этим можно предполагать, что при кристаллизации гранита первым выделяется 12-й тип, который сменяется 8-м и 9-м, а затем 10-м морфологическим типом. В целом кристаллизация циркона происходит, по-видимому, в течение продолжительного времени.

В заключение авторы пользуются случаем выразить благодарность Е. В. Барабашеву и Н. А. Трущевой за предоставление шлихов, а также сотрудникам научно-исследовательского института при ТПИ за большую работу по подсчету  $\alpha$ -треков в ядерных пластинках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Баранов, Дуле-тянь. Геохимия, № 11, 1961.
2. А. И. Баженов. Материалы по минералогии, петрографии и полезным ископаемым Западной Сибири. Томск, 1962.
3. В. А. Ермолаев. Изв. ТПИ, том 122, 1963.
4. Е. С. Ларсен, Фейер и др. Сб. Геология атомных сырьевых материалов. ГНТИ, 1956.
5. Л. В. Таусон. Геохимия редких элементов в гранитоидах. Изд. АН СССР, 1961.
6. Д. Нейерберг Сб. Геология атомных сырьевых материалов. ГНТИ, 1956.
7. A. R. Gindy. Economic Geology, v. 56, n. 2, 1961.
8. I. H. Ford, C. D. Ollier. Nature, 176. 1955.
9. L. M. Zaghoul. Egypt. G. Geol., n. 2, 3, 1959.