

ТИПОМОРФНЫЕ СВОЙСТВА АКЦЕССОРНОГО ЦИРКОНА ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ

С.Г. Ефимова

Научный руководитель доцент К.Л. Новоселов

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия*

В северо-западной части Рудного Алтая в верхнепалеозойское время широко проявились три этапа гранитоидного магматизма, сформировавшие крупные интрузивные тела в северном окончании Алейского поднятия. Геолого-съёмочными работами последних лет гранитоидные массивы объединены в три магматических комплекса [3]: алейско-змеиногорский ($D_{2-3}az$); волчихинский ($C_{2-3}v$); синюшинский (P_2-T_1s). Выделенные гранитоидные комплексы характеризуются сложным полифазным строением – от габброидов ранних фаз до гранитов и лейкогранитов заключительных. Наибольшим площадным развитием пользуются производные главных фаз внедрения. В главную фазу алейско-змеиногорского комплекса ($D_{2-3}az$) объединены плагиограниты и тоналиты; волчихинского ($C_{2-3}v$) – гранодиориты, лейкограниты, калиевые лейкограниты; синюшинского (P_2-T_1s) – порфиридные граниты. В работе изучен акцессорный циркон пород главных фаз названных разновозрастных комплексов.

Цель работы: выявление индикаторных признаков акцессорного циркона как дополнительных критериев индивидуализации разновозрастных гранитоидных комплексов в условиях слабой обнажённости геологических объектов. **Задачи исследований:** 1) подсчёт содержания циркона (г/т) в разновозрастных гранитоидах; 2) выделение мономинеральных фракций циркона в количестве не менее 100 кристаллов в каждой пробе; 3) определение химического состава цирконов.

Методы исследования включали кристаллооптические (с использованием микроскопа ПОЛАМ – Р-312 и стереоскопического МСП – 1) и аналитические (с использованием электронного сканирующего микроскопа TESCAN VEGA 3 SBU с приставкой EDS Oxford X–Max 50 в лаборатории кафедры геологии и разведки полезных ископаемых, аналитик канд. геол.-минер. наук М.А. Рудмин, а также JSM–6510LV в лаборатории Института геологии и минералогии Сибирского отделения РАН, г. Новосибирск, аналитик М.В. Хлестов).

Результаты исследований и их обсуждение

В гранитоидах главных фаз разновозрастных комплексов циркон в переменных количествах присутствует постоянно. Наиболее низкие и резко варьирующие его содержания (640...4920 г/т) отмечены в плагиограните и тоналите ($D_{2-3}az$); более равномерное распределение и заметно возрастающие концентрации – в калиевом лейкограните ($C_{2-3}v$) и порфиридном граните (P_2-T_1s), средние содержания в которых составляют соответственно 5415 г/т и 12988 г/т.

В основе кристалломорфологического анализа циркона использованы следующие признаки: степень идиоморфизма и развитость граней простых форм призм {100} и {110} и дипирамид {111}, {331}, {311}; тип кристалла в соответствии с существующей классификацией [2]; коэффициент удлинения (F) кристалла – отношение длины кристалла к его поперечному сечению; рельеф поверхностей граней как результат коррозионных явлений; окраска и прозрачность, включения. Среди изученных кристаллов наряду с геометрически правильными кристаллогранными формами встречаются «искажённые» с нарушенной симметрией, с неодинаковым числом и развитием граней одной и той же простой формы.

В рассматриваемых верхнепалеозойских гранитоидах установлено 14 габитусных форм кристаллов, объединённых в четыре группы, типоморфных для кислых пород: 1) цирконовый; 2) гиацинтовый; 3) гиацинтово-цирконовый; 4) удлинённо-призматический до игольчатого (табл.). Наибольшим распространением пользуются кристаллы цирконовой и гиацинтовой групп, однако в их распределении и содержании в разновозрастных гранитоидах проявляются определённые закономерности. В девонских плагиограните и тоналите ($D_{2-3}az$) преобладают кристаллы цирконового и гиацинтового типов с преимущественным развитием граней {110}, {100} и {111} и весьма редко фиксируются удлинённо-призматические кристаллы; в гранитоидах ($C_{2-3}v$) число кристаллов цирконового типа заметно снижается и большей распространённостью пользуются кристаллы гиацинтового и гиацинтово-цирконового типов, а также возрастает число кристаллов удлинённо-призматических форм; в порфиридных гранитах (P_2-T_1s) доминирующими морфологическими типами циркона являются игольчатые, удлинённо-призматические с отчётливо развитыми гранями дипирамид {311} и {111}.

Статистическим анализом вариаций величин удлинений кристаллов (F) циркона выявлены закономерности в изменении его габитуса в разновозрастных гранитоидах. Как следует из диаграммы (рис. 1), удлинение кристаллов циркона – варьирующая величина, дифференцирована на четыре группы, а в более молодых пермо-триасовых гранитоидах выделена пятая группа. Во всех рассматриваемых разновозрастных гранитоидах преобладающий габитус кристаллов (48...50 %) характеризуется величиной удлинения 2...3. Укороченный габитус кристаллов с удлинением 1...2 доминирует в девонских плагиогранитах (до 30 %), в гранитоидах последующих возрастных групп их количество снижается и увеличивается число габитусных форм циркона (до 28...30 %) с удлинением 3...4; в пермо-триасовых порфиридных гранитах, кроме того, появляются игольчатые кристаллы с удлинением 5...6, количество которых в цирконовой фракции составляет 3...5 %.

На поверхности кристаллов циркона при исследованиях в электронном микроскопе наблюдаются характерные следы поздне- и постмагматических процессов растворения. Наиболее выражены следы коррозии на цирконах алейско-змеиногорских гранитоидов ($D_{2-3}az$). Большая часть кристаллов полностью корродированы с сохранением

лишь общего положения граней (рис. 2 А). Наиболее затронуты растворением дипирамидальные грани, что в отдельных случаях привело к обособлению поверхностей роста, напоминающих плоскости спайности (рис. 2 А). Кристаллы циркона гранитоидов волчихинского комплекса ($C_{2-3}v$) несут иной характер растворения. Здесь не наблюдается глубокого разъедания граней, почти нет выраженных кавернозных участков, кристаллы циркона выглядят «окатанными», у них сглаженные рёбра, округлённые вершины (рис. 2 Б). Цирконы синюшинских гранитоидов (P_2-T_1s) практически не подверглись коррозии, сохраняют чёткие формы с выраженными линиями рёбер, с гладкими гранями (рис. 2 В).

Таблица

Кристалломорфологические типы циркона и их распространённость в верхнепалеозойских гранитоидах, %

Цирконовый							Гиацинтовый	Гиацинтово-цирконовый	Удлиненно-призматический до игольчатого				
Плагииграниты и тоналиты ($D_{2-3}az$)													
1	–	4	3	4	8	37	20	1	11	5	5	1	–
Лейкограниты, гранодиориты, калиевые лейкограниты ($C_{2-3}v$)													
1	2	2	3	3	11	15	18	4	15	2	4	12	8
Порфириовидные граниты (P_2-T_1s)													
3	3	3	3	3	18	14	13	2	11	2	2	9	14

Примечание: $m - \{110\}$, $a - \{100\}$, $s - \{111\}$, $\lambda - \{311\}$, $c - \{001\}$

Подавляющее большинство кристаллов циркона бесцветны или окрашены в бледно-розовые цвета, весьма редки буровато-красные индивиды. Все изученные кристаллы насыщены включениями газовой-жидких и твёрдых фаз. Газово-жидкие включения проявляются в двух формах – 1) округлые каплевидные, располагаются в центре или у вершин кристалла; 2) выполняют вытянутые параллельно удлинению кристалла каналы, которые наиболее типичны для цирконов порфириовидных гранитов (P_2-T_1s). Включения твёрдых фаз по времени образования разделены на сингенетические и эпигенетические [1]. Сингенетические включения во всех изученных цирконах образуют игольчатые кристаллы апатита, ориентированные параллельно оси L_4 , реже грани $\{331\}$, а также ильменит, титаномагнетит. Кроме часто встречаемых кристаллов апатита электронно-микроскопическими исследованиями в кристаллах циркона плагиигранитов ($D_{2-3}az$) установлены включения микронных размеров зёрен урано-ториевых минералов (торит, уранинит, иттриалит); в цирконах лейкогранитов ($C_{2-3}v$) наблюдается обильная вкрапленность микрозёрен ксенотима. Эпигенетические включения в кристаллах циркона наиболее обычны и среди этой группы установлены кварц, мусковит, хлорит.

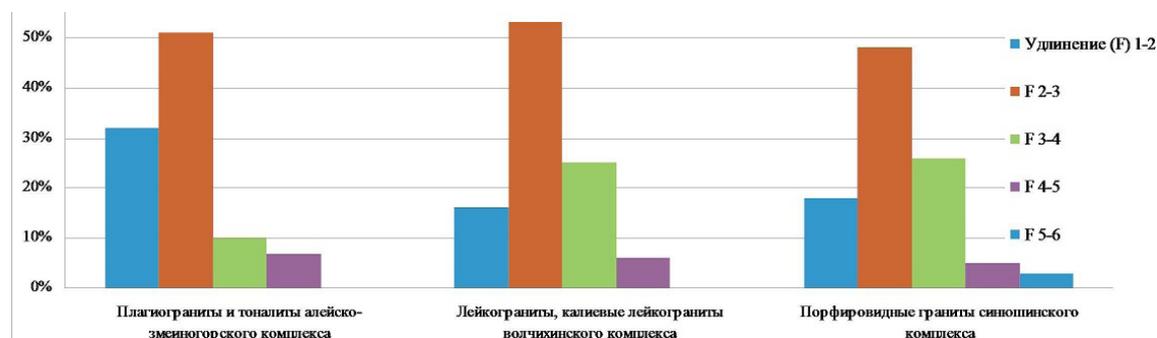


Рис. 1. Вариационная диаграмма удлинений (F) кристаллов циркона. (процент частоты встречаемости удлинений)

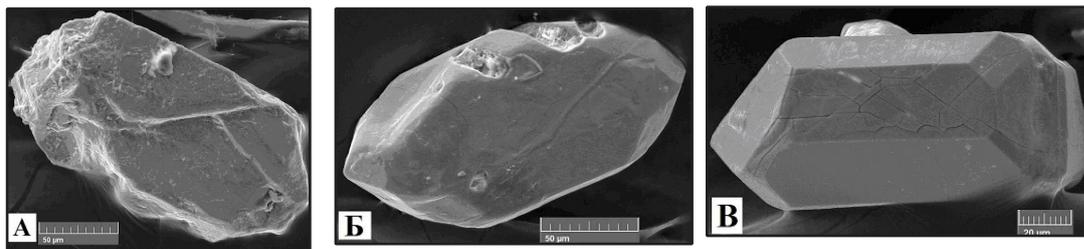


Рис. 2. Формы корродированных кристаллов циркона

Выводы. Изучение акцессорного циркона верхнепалеозойских гранитоидных комплексов выявило следующие его типоморфные признаки. 1. Количества циркона отчётливо индивидуализируют породы разных комплексов. 2. Кристалломорфологические особенности, включающие типизацию габитусных форм и статистический анализ вариаций величин удлинения. 3. Степень коррозии кристаллов отражает различную интенсивность воздействия постмагматических растворов в разновозрастных гранитоидах.

Литература

1. Леммлейн Г.Г. Морфология и генезис кристаллов. М.: Наука, 1973. – 328 с.
2. Минералы. Справочник. Силикаты с одиночными и двоянными кремнекислородными тетраэдрами / под ред. акад. Ф.В. Чухрова. – М.: Наука, 1972. – Т. III. – Вып. 1. – С. 98 – 127.
3. Туркин Ю.А., Новоселов К.Л. Петролого-геохимические особенности девонских гранитоидов северо-западной части Рудного Алтая // Известия Томского политехнического университета. 2012. – Т. 321. – № 1 – С. 5 – 15. (процент частоты встречаемости удлинений)

ОСОБЕННОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АКЦЕССОРНОГО ЦИРКОНА ВЕРХНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ГРАНИТОИДОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РУДНОГО АЛТАЯ

С.Г. Ефимова

Научный руководитель доцент К.Л. Новоселов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
г. Томск, Россия

В работе изучен химический состав акцессорного циркона в гранитоидах главных фаз трёх верхнепалеозойских полифазных магматических комплексов: алейско-змеиногорского ($D_{2-3}az$), волчихинского ($C_{2-3}v$) и синюшинского (P_2-T_1s). Наряду с исследованиями кристалломорфологических и физических свойств акцессорного циркона из разновозрастных гранитоидных комплексов изучен его химический состав. На анализ отбирались кристаллы циркона, наименее подвергнутые постмагматической коррозии. Аналитические работы выполнены в лаборатории кафедры Геологии и разведки полезных ископаемых на электронном сканирующем микроскопе TESCAN VEGA 3 SBU с приставкой EDS Oxford X-Max 50 (аналитик канд. геол.-минер. наук Рудмин М.А.) при участии автора.

В составе циркона разновозрастных гранитоидов постоянной примесью является Hf; примеси Al, Ca и Fe эпизодически фиксируются в цирконах волчихинского комплекса.

Гафний, как известно, является типоморфным элементом и кристаллохимическим близнецом циркония, входит в структуру циркона по схеме изовалентного изоморфизма ($Zr^{4+} \leftrightarrow Hf^{4+}$) [2]. В цирконах разновозрастных гранитоидов Hf фиксируется постоянно, однако его распределение несколько индивидуализировано (табл.). В цирконах девонских гранитоидов ($D_{2-3}az$) содержания Hf наиболее низкие и изменяются незначительно ($X_{ср} = 1,38$ мас. %); в цирконах каменноугольных и пермо-триасовых комплексов концентрации Hf заметно возрастают, составляя в среднем соответственно 1,79 и 1,73 мас. %. Весьма показательным для разновозрастных гранитоидов служит коэффициент цирконий-гафниевого отношения – наиболее высокими значениями ZrO_2/HfO_2 характеризуются цирконы девонских плагиогранитов и тоналитов и цирконы пермо-триасовых порфиридных гранитов, в которых отношение ZrO_2/HfO_2 составляет соответственно 38,16 и 41,66.

Химический состав циркона лейкогранитов ($C_{2-3}v$) несколько обособляется эпизодическим появлением примесей Al, Ca, Fe, образующих структурную примесь по схеме гетеровалентного несовершенного изоморфизма [2]. Вычисленные кристаллохимические формулы цирконов с изоморфными замещениями [1] близки к теоретическим (табл.).

Выводы. Наряду с кристалломорфологическими свойствами циркона надёжным индикаторным признаком разновозрастных верхнепалеозойских гранитоидов северо-западной части Рудного Алтая служит ZrO_2/HfO_2 отношение.