

## ТИПОМОРФИЗМ ЦИРКОНА КАК КРИТЕРИЙ ГЕНЕЗИСА ГРАНИТОВ БАДЬЯЮСКОГО МАССИВА (ПРИПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

© 2018 г. Ю. В. Денисова

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар*

Бадьяюский гранитный массив (Приполярный Урал) протягивается на 10 км с севера на юг от верховий рек Мал. и Бол. Бадьяю до р. Селемью (рис. 1). Массив сложен преимущественно массивными лейкократовыми (аляскитовыми) гранитами. Также отмечаются участки с мелкозернистыми лейкогранитами вплоть до аплитов. Вблизи восточного контакта отмечаются лейкократовые гранит-порфиры, в южной и восточной частях массива — гранофировые порфиры и равнозернистые гранофировые породы. Для пород этого массива характерно повсеместное проявление катаклаза, который наиболее интенсивно проявлен у контактов. Вмещающими породами для Бадьяюского массива, являются верхнерифейские отложения мороинской свиты [6, 7].

Для пород Бадьяюского массива характерны цирконы трех морфологических типов, а именно: цирконового, гиацинтового и торпедовидного. Первый морфологический тип — **цирконовый** — наиболее распространен в гранитах Бадьяюского массива и представлен прозрачными и полупрозрачными светлоокрашенными, реже темно-коричневыми кристаллами короткопризматического габитуса. Размер зерен 50–2500 мкм, коэффициент удлинения 1–2. Облик кристаллов обусловлен развитием призм (110), (100) и дипирамид (111), (113), (331). Поверхность граней трещиноватая, реже отмечаются зерна и с гладкой, блестящей поверхностью. Внутреннее строение кристаллов, как правило, многозонально, Расположение зон относительно друг друга симметричное. Среди включений отмечаются кварц, апатит. Содержание цирконов первого типа оставляет 70–80% от общего объема этого минерала в породе. Второй морфотип — **гиацинтовый** — образуют полупрозрачные дипирамидально-призматические кристаллы светло-желтого цвета. Размер кристаллов 150–650 мкм, коэффициент удлинения 2–5. Облик кристаллов обусловлен развитием граней (100), (110), (113), (331). Поверхность граней преимущественно трещиноватая. Внутреннее строение кристаллов многозональное. Расположение зон относительно друг друга симметричное. Среди включений встречаются апатит, кварц. Содержание цирконов — 5–10% от общего содержания минерала в породе. Третий морфотип — **торпедовидный** — составляют преимущественно бесцветные (встречаются светло-желтые, редко коричневые) прозрачные цирконы призматического габитуса. Размер кристаллов 500–900 мкм, коэффициент удлинения 2.5–5. Облик кристаллов обусловлен развитием граней (100), (110), (331). Поверхность граней часто трещиноватая. Внутреннее строение кристаллов многозональное. Расположение зон относительно друг друга симметричное. Характерными включениями этого типа являются кварц. Содержание цирконов в среднем 10% от общего объема минерала в породе [2, 3, 4, 5].

Для определения температурного режима кристаллизации минерала и характера минералообразующей среды использовалась методика эволюционного кристалломорфологического анализа цирконов Ж.П. Пюпина и Г. Тюрко, в основу которой положено наличие тесной связи между обликом кристаллов циркона и химизмом среды, содержанием изоморфных примесей, концентрацией циркония, эволюцией расплава, влиянием скорости охлаждения и температурой минералообразующей среды [9, 10]. Согласно использованной методике цирконы типа D, с формой, обусловленной развитием призмы (110) и дипирамиды (111), кристаллизуются при высокой температуре (I. T = 900 °C) и повышенной щелочности минералообразующей среды (I. A = 700). Цирконы, определяемые как типы P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, и характеризующиеся гранями (100), (110), (111), образуются при высокой температуре 750, 800, 850 °C, соответственно, и повышенной щелочности минералообразующей среды. Облик цирконов типа F обусловлен развитием граней (100) и (331), что, также указывает на высокую температуру кристаллизации (I. T = 900 °C) и повышенную щелочность минералообразующей среды (I. A = 800).

Согласно проведенному исследованию, цирконы Бадьяюского массива по своей морфологии соответствуют таким типам, как F, D, P<sub>5</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>. Это позволяет утверждать, что цирконы изученного

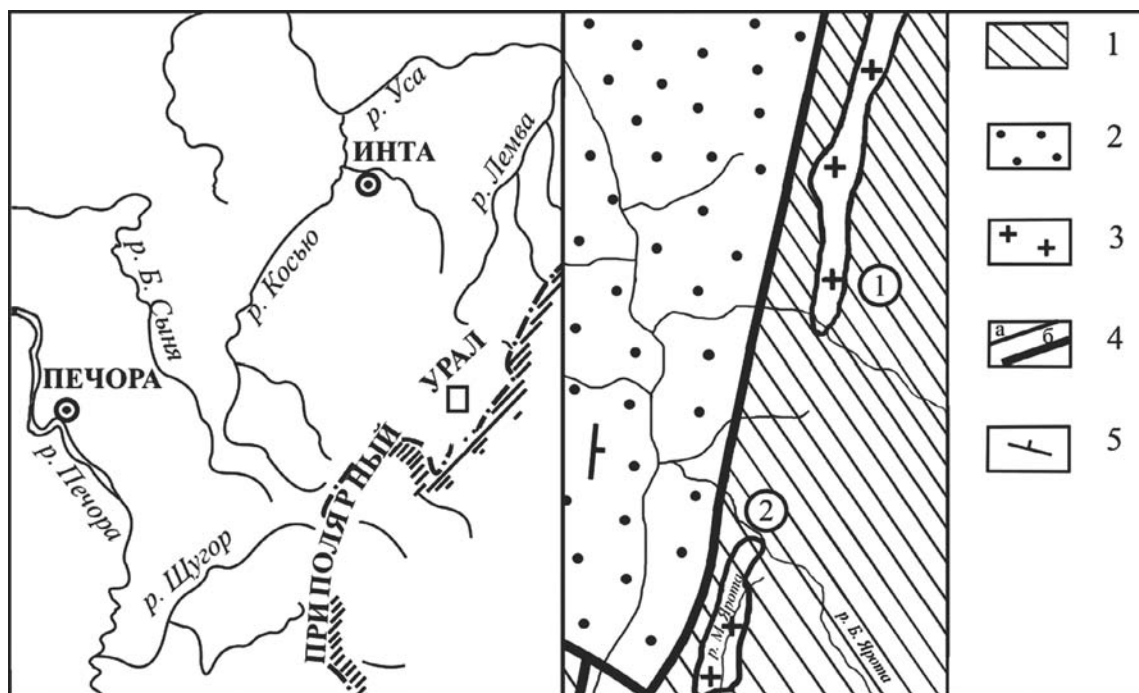


Рис. 1. Бадьяюский гранитный массив

**Условные обозначения:** 1 — слюдяно-кварцевые сланцы, порфиры, порфириты, прослои мраморов и кварцитов; 2 — терригенно-карбонатные отложения; 3 — граниты; 4 — риолиты, фельзиты; 5 — геологические границы: а — стратиграфические и магматические, б — тектонические; 6 — элементы залегания плоскостных структур. Массивы (цифры в кружочках): 1 — Бадьяюский; 2 — Яротский.

массива образовались при повышенной щелочности минералообразующей среды и высокой температуре кристаллизации, находящейся в диапазоне от 750 до 900 °С. Полученные данные так же были подтверждены с помощью термометрии насыщения Ватсона, определяющей температуру кристаллизации породы по распределению содержания циркония между собственно цирконом и цирконсодержащей породой [11, 12]. Согласно методу Ватсона, формирование гранитов Бадьяюского массивов происходило при температуре от 773 до 912 °С и в среднем составляло 841 °С.

Кроме того, для каждого морфотипа была определена своя температура кристаллизации. Так, для светлоокрашенных кристаллов цирконового и торпедовидного типов отмечаются F, D, P<sub>5</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>3</sub> типы, у темноокрашенных разностей этих типов наблюдаются только F, D, P<sub>5</sub> типы. Для цирконов гиацинтового типа характерен тот же набор типов по Пюпену — F, D, P<sub>5</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>3</sub>. Это свидетельствует о том, что светлоокрашенные кристаллы цирконового и торпедовидного типов, а так же цирконы гиацинтового типа образовались при температуре от 750 до 900 °С. Для темноокрашенных цирконов цирконового и торпедовидного типа температурный диапазон составляет 800–900 °С.

При изучении морфологических особенностей циркона важна и такая характеристика, как удлинение, которое не учитывается в классификации Ж. Пюпина и Г. Тюрко. Установлено, что между коэффициентом удлинения и химизмом среды минералообразования имеется тесная связь: удлиненные кристаллы циркона кристаллизуются в кислой среде в условиях быстрого охлаждения, а дипирамидально-призматические — в условиях повышенной щелочности [1]. Это позволяет говорить, что торпедовидного типа циркона образовался при относительно пониженной щелочности среды в условиях быстрого охлаждения. Кристаллы цирконового и гиацинтового типов — при повышенной щелочности минералообразующей среды.

Кроме того, существует предположение, что окраска минералов меняется в зависимости от возраста: чем раньше кристаллизовался кристалл, тем более темный он будет. В ранней работе автора это допущение было подтверждено для цирконов из гранитных массивов Приполярного Урала с помощью цирконий-гафниевого отношения [5]. Это позволяет разделить исследованные

цирконы на ранние и поздние разновидности. Темноокрашенные цирконы цирконового и торпедовидного типа выделились на более раннем этапе образования гранитов Бадьяюского массива, чем светлоокрашенные кристаллы цирконового и торпедовидного типов и цирконы гиацинтового типа. Соответственно, температура начального этапа гранитогенеза находилась в диапазоне 800–900°C.

Таким образом, исследование акцессорного циркона из гранитов Бадьяюского массива позволило сделать вывод о том, что формирование гранитов происходило при высокой температуре (от 750 до 900°C) и повышенной щелочности минералообразующей среды. Полученные данные показывают, что температура формирования гранитов исследованного массива является более высокой, чем температура, полученная М.В. Фишманом и его коллегами для гранитов Бадьяюского массива, которая составила 720°C [8].

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований РАН № 15-18-5-17.*

### Литература:

1. Гераничева Г.К., Марин Ю.Б. Причины морфологической изменчивости циркона // Зап. ЛГИ. – 1968. – Т. 54, Вып. 2. – С. 56–67.
2. Денисова Ю.В. Особенности акцессорных минералов гранитных массивов Приполярного Урала // Геология европейского севера России. – Сыктывкар, 2009. – Сб. 7. – С. 62–72. – (Тр. ИГ Коми научного центра УрО РАН; Вып. 125).
3. Денисова Ю.В. Типоморфические и типохимические особенности акцессорных цирконов гранитоидов Приполярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2014. – № 5. – С. 9–16.
4. Денисова Ю.В. Петрогенетическое значение  $ZrO_2/HfO_2$  отношения в акцессорном цирконе гранитов Приполярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2015. – № 2. – С. 23–31.
5. Денисова Ю.В. Термометрия циркона из гранитоидов Приполярного Урала // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. – 2016. – № 12. – С. 37–44.
6. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Метаморфизм и гранитообразование в протерозойско-раннепалеозойской истории формирования Приполярноуральского сегмента земной коры // Литосфера. – 2008. – № 11. – С. 25–38.
7. Пыстин А.М., Пыстина Ю.И. Новые данные о возрасте гранитоидов Приполярного Урала в связи с проблемой выделения кожимской среднерифейской гранит-риолитовой формации // Известия КНЦ УрО РАН. – 2011. – Вып. 4(8). – С. 14–19.
8. Фишман М.В., Юшкин Н.П., Голдин Б.А., Калинин Е.П. Минералогия, типоморфизм и генезис акцессорных минералов изверженных пород севера Урала и Тимана. – М.; Л.: Наука, 1968. – 252 с.
9. Pupin J.P., Turco G. Le zircon accessoire en géothermométrie // C.R. Acad. Sci. Paris. – 1972. – V. 274, No 2. – P. 212–214.
10. Pupin J.P. Zircon and granite petrology // Contrib. Miner. Petrol. – 1980. – Vol. 73. – P. 207–220.
11. Watson E.B. Zircon saturation in felsic liquids: experimental result and applications to trace element geochemistry // Contr. Mineral. and Petrol. – 1979. – V. 70. – P. 407–419.
12. Watson E.B., Harrison T.M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types // Earth Planet Sci Lett. – 1983. – V. 64. – P. 295–304.