

УДК: 551.242/551.14

РАННЕКЕМБРИЙСКИЙ ВОЗРАСТ И КОРОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ГРАНИТОИДОВ ГОРЯЧИНСКОГО ПЛУТОНА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ): ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

Е. Ю. Рыцк¹, Е. Б. Сальникова¹, академик РАН В. В. Ярмолюк²,
А. А. Андреев^{2,*}, Е. С. Богомолов¹, Ю. М. Лебедева¹, С. Д. Великославинский¹,
И. В. Анисимова¹, Ю. В. Плоткина^{1,*}, А. М. Федосеенко¹

Поступило 27.03.2018 г.

Приведены результаты U–Pb-датирования по циркону и Nd-изотопного изучения адакитовых гранитов Горячинского плутона, вскрытого вдоль берега Байкала на участке выклинивания пакета сдвиговых тектонических пластин Байкало-Муйского пояса. Получено необычное для Северного Прибайкалья раннекембрийское значение возраста гранитоидов 545 ± 6 млн лет. По мнению авторов, новые геологические и изотопные данные свидетельствуют о формировании изученных гранитоидов на завершающем этапе позднебайкальского сдвигового тектогенеза, ставшего причиной проявления адакитового магматизма в пределах Байкало-Муйского пояса.

Ключевые слова: Адакитовый магматизм, ранний кембрий, Nd-изотопные источники, U–Pb-данные по циркону.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524844468-471>

Байкало-Муйский пояс (БМП) является одной из ключевых структур в докембрийской истории Центрально-Азиатского орогенного пояса (ЦАОП). Главные тектонические элементы БМП были сформированы в раннем и позднем неопротерозое. Однако и после этого в его пределах проявлялась магматическая активность, геодинамическая природа которой остаётся не раскрытой. К таким проявлениям магматизма относятся кембрийские низкощелочные калий-натровые гранитоиды с возрастом 556 ± 16 млн лет [1], установленные в бассейне рек Лесная и Бол. Якорь Каралон-Мамаканской зоны. В нашем сообщении вопрос о тектонической природе таких гранитоидов рассматривается на примере Горячинского плутона, расположенного в Кичерской зоне БМП, Северное Прибайкалье, и вскрытого вдоль берега Байкала в междуречье Гуилга–Куркула (рис. 1). Этот плутон сложен двуполевошпатовыми

порфировидными гранитоидами, участвующими в строении крутозалегающей тектонической пластины (20×2 км) на участке выклинивания пакета сдвиговых тектонических пластин БМП. Изотопные данные о возрасте гранитоидов Горячинского плутона отсутствуют. Принимая во внимание ключевое значение этого участка для выяснения последовательности смены геодинамических обстановок в области сочленения кратона и подвижного пояса (см. рис. 1), мы выполнили геохронологическое и изотопно-геохимическое исследование гранитоидов Горячинского плутона, а также вмещающих их метаморфических пород БМП.

По своему составу биотитовые и амфибол-биотитовые граниты Горячинского массива характеризуются нормальной щёлочностью (Σ до 8,1%, $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$) и высокими отношениями $\text{Sr}/\text{Y} = 180$ и $(\text{La}/\text{Yb})_{\text{N}} = 29$, что соответствует обширной группе постколлизийных адакитовых гранитоидов. В распределении нормированных по примитивной мантии элементов отмечаются отчётливые Ta–Nb- и Ti-минимумы, а также Sr-максимум. При высоко дифференцированном распределении РЗЭ граниты сильно деплетированы тяжёлыми РЗЭ, особенно Dy, Ho, Er, Tm, Yb и Lu при отсутствии Eu-аномалии.

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия
Российская Академия наук, Санкт-Петербург

² Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии Российская
Академия наук Москва

* E-mail: axel-foley@yandex.ru

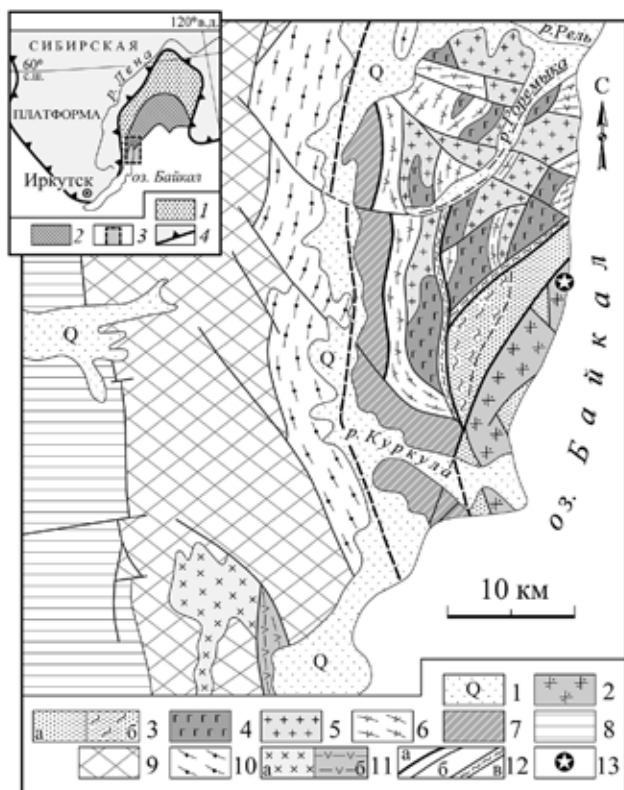


Рис. 1. Схема геологического строения юго-западного фланга области сочленения Сибирского кратона и Байкало-Муйского пояса (междуречье Куркула-Горемыка). Составлена по геологическим материалам масштаба 1 : 50 000 (В.П. Сафронов и др., 1970 г.) и авторов.

1 — четвертичные отложения; Байкало-Муйский пояс (2–6): 2 — гранитоиды Горячинского плутона; 3 — зелёные сланцы, метатупфопесчаники (а), тектониты (б) Гуилгинской пластины; Ранний неопротерозой Горемыкского блока (4–6): 4 — массивы метагаббро с редкими телами ультрабазитов; 5 — гнейсо-граниты, чарнокито-гнейсы, мигматиты; 6 — амфиболиты, амфиболовые плагиогнейсы; 7 — зона бластомилонитов; Сибирский кратон (8–11): 8 — байкальская серия венда; палеопротерозойские комплексы (9–11): 9 — акитканский вулканоплутонический комплекс; 10 — реоморфизованные гнейсы чуйской толщи; 11 — плагиограниты (а), зелёные ортосланцы иликтинской толщи (б); 12 — тектонические швы (а — главные, б — второстепенные; в — зоны тектонитов); 13 — место отбора пробы гранитоидов для геохронологического исследования. На врезке показано местоположение площади исследования: Байкало-Патомский (1) и Байкало-Муйский (2) складчатые пояса; 3 — площадь исследования; 4 — граница чехла Сибирской платформы.

Выделение циркона из гранитоидов (проба R15-9-3) проводилось по стандартной методике с использованием тяжёлых жидкостей. Акцессорный циркон образует идиоморфные и субидиоморфные призматические и длиннопризматические

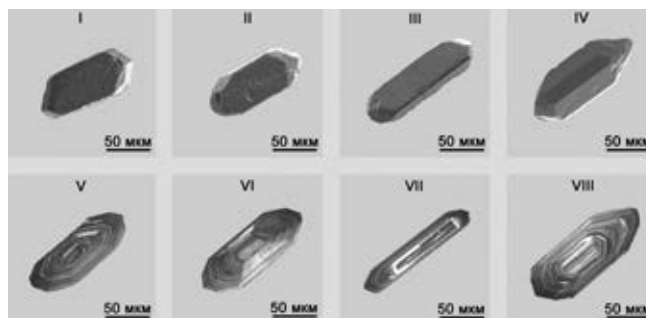


Рис. 2. Микрофотографии кристаллов циркона из пробы R-15-9-3, выполненные на сканирующем электронном микроскопе VEGA3 TESCAN: I–IV — в режиме вторичных электронов; V–VIII — в режиме катодолуминесценции.

прозрачные и полупрозрачные кристаллы жёлтого и коричневого цвета. Основными элементами огранки кристаллов являются призмы {100}, {110}, {101} и дипирамиды {111}, {211} (рис. 2, I–IV). Размер зёрен циркона изменяется от 50 до 300 мкм, а отношение длины к ширине от 2:1 до 4:1. Для внутреннего строения циркона характерна тонкая чётко проявленная магматическая зональность (рис. 2, V–VIII) и секториальность (рис. 2, VI), кроме того, в некоторых зёрнах присутствуют унаследованные ядра (рис. 2, V, VIII). Выбранные для геохронологических U–Pb-исследований кристаллы циркона (или их фрагменты) подвергались многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений в спирте, ацетоне и 1 M HNO₃. При этом после каждой ступени эти кристаллы промывались особо чистой водой. Химическое разложение циркона и выделение U и Pb выполнялось по модифицированной методике Т. Е. Кроу [2].

Мы проанализировали единичные кристаллы наиболее прозрачного и идиоморфного циркона из фракции 85–100 мкм (№ 4, в табл. 1) и микронавески циркона из фракций 50–85 мкм, 85–100 и > 150 мкм, подвергнутого предварительной кислотной обработке [3] для уменьшения степени дискордантности (№ 1–3 в табл. 1). Изотопные анализы выполнены на многоколлекторном масс-спектрометре TRITON TI как в статическом режиме, так и при помощи счётчика ионов. Для изотопных исследований использовался трассер ²³⁵U–²⁰²Pb. Точность определения U–Pb-отношений и содержаний U и Pb составила 0,5%. Холостое загрязнение не превышало 15 пг Pb и 1 пг U. Обработка экспериментальных данных проводилась при помощи программ “PbDAT” [4] и “ISOPLOT” [5]. При расчёте возрастов использованы общепринятые значения констант распада урана [6]. Поправки на обычный свинец введены

Таблица 1. Результаты изотопных U—Pb-исследований циркона (проба R-15-9-3)

№	Размерная фракция (мкм) и характеристика циркона	U/Pb*	Изотопные отношения					R _{hO}	Возраст, млн лет		
			²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^a	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb ^a	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U		²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb
1	> 150, кисл. обр. = 2,0 ч	8,14	368	0,0637±1	0,0781±1	0,9418±50	0,1072±3	0,98	674±4	656±3	733±2
2	50–75, кисл. обр. = 2,0 ч	10,3	855	0,0602±1	0,0608±1	0,7787±15	0,0938±1	0,85	585±1	578±1	611±2
3	75–100, кисл. обр. = 1,5 ч	11,2	8619	0,0598±1	0,0564±1	0,7651±18	0,0927±1	0,98	577±1	572±1	598±1
4	85–100, 4 крист.	10,6	216	0,0591±4	0,0704±1	0,7262±60	0,0892±2	0,50	554±5	551±2	569±16

Примечания. ^a — изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; R_{hO} — коэффициент корреляции ошибок отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U — ²⁰⁶Pb/²³⁸U; * — навеска циркона не определялась; кисл.обр. = 2,0 — кислотная обработка циркона с заданной экспозицией, ч. Величины ошибок 2σ соответствуют последним значащим цифрам.

в соответствии с модельными величинами [7]. Все ошибки приведены на уровне 2σ.

Точки изотопного состава изученного циркона располагаются на дискордии (рис. 3), нижнее пересечение которой с конкордией отвечает возрасту 545 ± 6 млн лет (СКВО = 0,66, верхнее пересечение равно 1012 ± 30 млн лет). Морфологические особенности циркона свидетельствуют о его магматическом происхождении, поэтому полученное по нижнему пересечению дискордии значение 545 ± 6 млн лет может рассматриваться в качестве оценки возраста кристаллизации родоначального расплава гранитоидов Горячинского плутона.

Nd-изотопный состав гранитоидов характеризуется отрицательными значениями параметра ε_{Nd} (550) (от –6,0 до –6,2) и значениями модельного возраста *t*_{Nd}(DM) 1570–1572 и *t*_{Nd}(DM-2st) 1782–1800 млн лет, которые указывают на

формирование гранитоидов Горячинского плутона за счёт плавления палеопротерозойской коры с незначительной добавкой ювенильного материала байкальской коры. Близкий Nd-изотопный состав имеют и вмещающие гранитоиды зелёные сланцы и метатупофоспесчаники (см. рис. 1б), а также гнейсограниты Байкальского массива раннего неопротерозоя.

Полученные данные о возрасте гранитоидов Горячинского плутона указывают на их становление в самом начале (?) хорошо известного периода шельфового карбонатного осадконакопления в раннем кембрии, сменившего грубообломочные осадочные толщи грабенов и “межгорных” прогибов (по [8]) в пределах БМП. Особенности геологического строения участка междуречья Горемыка–Куркула (см. рис. 1) не исключают принадлежности изученных гранитоидов, входящих в состав Гуилгинской тектонической пластины, к ранее неизвестному раннекаледонскому террейну, аккрецированному к Анамакит-Муйскому террейну БМП, например, в раннем ордовике. Однако предпочтительнее, на наш взгляд, выглядит предположение о связи коровых гранитоидов раннего кембрия с завершающими процессами позднебайкальского сдвигового тектогенеза. Эти процессы сопровождалась поступлением в кору мантийных магм с образованием предшествующих гранитоидам Горячинского плутона ювенильных адakitовых плагиогранитов, габбро-анортозитовых и пироксенит-габбро-норитовых интрузий в интервале времени от 625 до 580 млн лет. Гранитоиды плутона в этом ряду являются результатом анатексиса палеопротерозойской коры в зоне главного сдвига, а их эксгумация в верхние

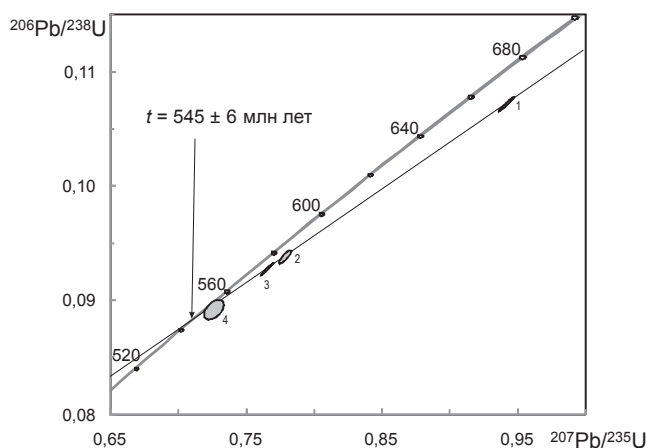


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для цирконов из пробы R-15-9-3. Номера точек соответствуют порядковым номерам в табл. 1.

горизонты осуществлялась в составе тектонических пластин и сопровождалась широким развитием бластомилонитов и диафторитов.

Таким образом, можно говорить, что в позднем венде, соответствующем начальным стадиям формирования Палео-Азиатского океана, структуры БМП подвергались крупным сдвиговым деформациям и перемещениям, ставших причиной проявления в его пределах адакитового магматизма.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках темы НИР №0153–2018–0012, НИР 0136–2018–0026 и при поддержке РФФИ (проект №18–05–00724).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Срывцев Н.А., Халилов В.А., Булдыгеров В.В., Перелаяев В.И. // Геология и геофизика. 1992. № 9. С. 92–78.
2. Krogh T.E. // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1973. V. 37. P. 485–494.
3. Mattinson J.M. // Contribs Mineral. and Petrol. 1994. V. 116. P. 117–129.
4. Ludwig K.R. PbDat for MS-DOS, Vers. 1.21 // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 88-542. 1991b. 35 p.
5. Ludwig K.R. Isoplot 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel // Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ. 2003. V. 4.
6. Steiger R.H., Jager E. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1976. V. 36. № 2. P. 359–362.
7. Stacey J.S., Kramers I.D. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1975. V. 26. № 2. P. 207–221.
8. Салон Л.И. Геология Байкальской горной области. М., 1964. Т. 2. 699 с.

EARLY CAMBRIAN AGE AND CRUSTAL SOURCE OF GRANITOIDS OF THE GORYACHINSKY PLUTON (NORTH BAIKAL AREA): GEODYNAMIC IMPLICATIONS

E. Yu. Rytsk, E. B. Sal'nikova, Academician of the RAS V. V. Yarmolyuk,
A. A. Andreev, E. S. Bogomolov, Yu. M. Lebedeva, S. D. Velikoslavinskii,
I. V. Anisimova, Yu. V. Plotkina, A. M. Fedoseenko

Received March 27, 2018

The article presents the results of U-Pb in zircon and Nd-isotope study of the adakite granites of the Goryachinsky pluton, exposed along the Baikal coast in the section of termination of the package of shear tectonic plates of the Baikal-Muya belt. The Early Cambrian age of granitoids, which is unusual for the Northern Baikal region, is 545 ± 6 Ma. According to the authors, new geological and isotopic data indicate the formation of the studied granitoids at the final stage of the Late Baikal shear tectogenesis, which caused the manifestation of adakite magmatism within the Baikal-Muya belt.

Keywords: Adakite magmatism, early Cambrian, Nd-isotope sources, U-Pb zircon data.