

УДК 551.242./551.14

ПЕРМСКИЙ ВОЗРАСТ БУРПАЛИНСКОГО ЩЕЛОЧНОГО МАССИВА (СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ): ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ СЛЕДСТВИЯ

© 2013 г. А. Б. Котов, Н. В. Владыкин, академик В. В. Ярмолюк, Е. Б. Сальникова,
И. А. Сотникова, С. З. Яковлева

Поступило 28.05.2013 г.

DOI: 10.7868/S0869565213330165

Характерная особенность позднепалеозойского этапа геологического развития Центрально-Азиатского складчатого пояса — чрезвычайно широкое развитие процессов ареального гранитоидного магматизма. В Западном Прибайкалье с этим этапом связано формирование одного из крупнейших в мире Ангаро-Витимского батолита (150 000 км²), сложенного разнообразными по составу коровыми гранитоидами. С ними пространственно ассоциируют щелочные граниты и сиениты, нефелиновые и лейцитовые сиениты, ультраосновные комплексы с карбонатитами и бимодальные вулканические серии, которые являются производными внутриплитного магматизма. Эти породы сосредоточены в рифтовых зонах, часть из которых пересекает батолит, а часть обрамляет его с юга и севера. Присутствие в пределах одной магматической провинции столь разных по происхождению изверженных пород является уникальным и имеет ключевое значение для реконструкции геодинамической обстановки формирования Ангаро-Витимского батолита. При этом на первое место выступает вопрос о возрастных соотношениях между магматическими комплексами с разными источниками.

В результате выполненных геохронологических исследований получены данные о возрасте гранитоидов Ангаро-Витимского батолита [1] и внутриплитных магматических ассоциаций его южного обрамления [2]. Существующие представления о возрасте внутриплитных магматиче-

ских комплексов северного обрамления батолита (Сыннырская рифтовая зона) противоречивы, поскольку полученные для них разными методами (K–Ar, Rb–Sr, Pb–Pb) оценки возраста находятся в интервале 400–295 млн лет [3–5]. В данной работе вопрос о времени проявления внутриплитного магматизма северного обрамления Ангаро-Витимского батолита рассмотрен на основе результатов геохронологических U–Pb-исследований пород Бурпалинского массива — одного из типовых щелочных массивов Сыннырской рифтовой зоны.

Бурпалинский массив площадью около 250 км² — многофазная интрузия центрального типа (рис. 1). Последовательность формирования слагающих его пород представляется так [6, 7]: дайки шонкитов → нефелиновые сиениты → трахитоидные щелочные пуласкиты (главная фаза) → жильные нефелиновые, щелочные и эвдиалит-содалит-нефелиновые сиениты, редкометалльные агапитовые сиениты → дайки аляскитов и щелочных гранитов. Кроме того, в центре массива установлены апатит-флюоритовые породы с биотитом, магнетитом, пироксеном, которые прослеживаются в виде жильного тела протяженностью 2 км. Здесь же и в зоне его юго-западного экзоконтакта обнаружены два жильных тела карбонатитов [6].

Для геохронологических U–Pb-исследований использованы пробы пуласкита главной фазы массива и редкометалльного сиенита (рис. 1). Выделение аксессуарных цирконов из этих проб проводили по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей. Выбранные для геохронологических U–Pb-исследований кристаллы циркона подвергали в спирте, ацетоне, 1 М HNO₃ многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений. При этом после каждой ступени зерна циркона (или их фрагменты) промывали особо чистой водой. Химическое разложение циркона и выделение U, Pb выполняли по модифицированной методике Т.Е. Кроу [8]. В некоторых случаях

*Институт геологии и геохронологии докембрия
Российской Академии наук, Санкт-Петербург
Институт геохимии им. А.П. Виноградова
Сибирского отделения Российской Академии наук,
Иркутск
Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Российской Академии наук, Москва*

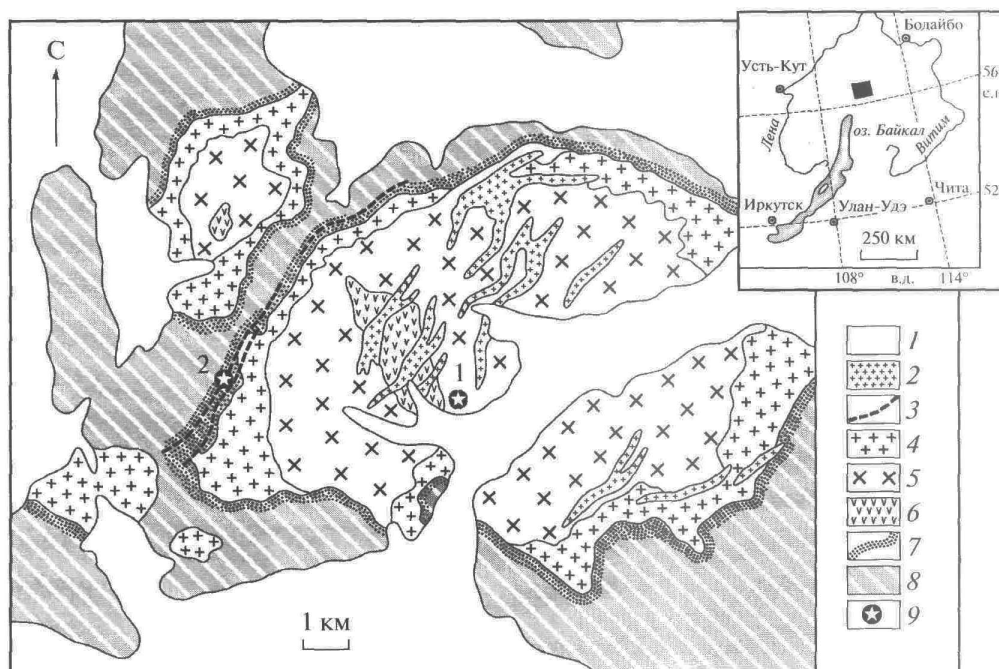


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Бурпалинского массива. 1 – четвертичные отложения; 2 – аляскиты, щелочные граниты; 3 – редкометалльные сиениты; 4 – кварцевые сиениты; 5 – пуласкиты; 6 – нефелиновые сиениты; 7 – роговики; 8 – песчаники, алевриты холодненской свиты; 9 – места отбора проб для геохронологических U–Pb-исследований (1 – Бур 305-10, 2 – Бур 313-10).

для уменьшения степени дискордантности использовали метод предварительной кислотной обработки [9]. Изотопные анализы выполнены на многоколлекторном масс-спектрометре Finnigan MAT-261 в статическом или динамическом режиме. Для изотопных исследований использовали смешанные изотопные индикаторы ^{235}U – ^{202}Pb , ^{235}U – ^{208}Pb . Содержания U и Pb и изотопные U/Pb-отношения определены с погрешностью 0.5%. Холостое загрязнение не превышало 15 пг Pb и 1 пг U. Обработку экспериментальных данных проводили при помощи программ PbDAT [10], ISOPLOT [11]. При расчете возрастов использованы общепринятые значения констант распада урана [12]. Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами [13]. Все ошибки приведены на уровне 2σ .

Пуласкит главной фазы состоит из микроклин-пертита и нефелина (5%). Аксессуарный циркон, выделенный из пуласкита главной фазы массива Бурпала (проба Бур 305-10), представлен прозрачными идиоморфными призматическими розоватыми кристаллами в 50–250 мкм; $K_{\text{удл}} = 2.0$ – 3.0 . Их ограничение определяется комбинацией призм {100}, {110} и дипирамид {111}, {101}, {201} (рис. 2, I–III). В режиме катодолюминесценции они обнаруживают четко проявленное

тонкозональное и секториальное строение (рис. 2, IV–VI).

Геохронологические U–Pb-исследования проведены для двух микронавесок (5 зерен) наиболее идиоморфных и прозрачных кристаллов циркона, отобранных из размерных фракций мельче 100 и крупнее 150 мкм (табл. 1). Точки изотопного состава изученных микронавесок циркона расположены на конкордии (рис. 3), а их конкордантный возраст 294 ± 1 млн лет ($\text{СКВО} = 0.42$, вероятность конкордантности 51%).

Редкометалльный сиенит сложен альбитом, микроклином, арфведсонитом, эгирином. Второстепенные минералы – катаплеит, циркон, флюорит. Циркон из редкометалльного сиенита (проба Бур 313-10) образует полупрозрачные идиоморфные дипирамидальные кристаллы от желтоватого до темно-коричневого цвета. Их размер 85–300 мкм; $K_{\text{удл}} = 1.0$ – 1.2 . Основные элементы их огранки – дипирамиды {101}, {201} (рис. 4, I–V). Центральные части большинства кристаллов замугнены, обогащены минеральными включениями, характеризуются низкой интенсивностью люминесценции и отсутствием зональности (рис. 4, VI–X). Фрагменты зональности только в краевых частях кристаллов циркона (рис. 4, VI–X).

Для геохронологических U–Pb-исследований использована микронавеска (25 зерен) наиболее

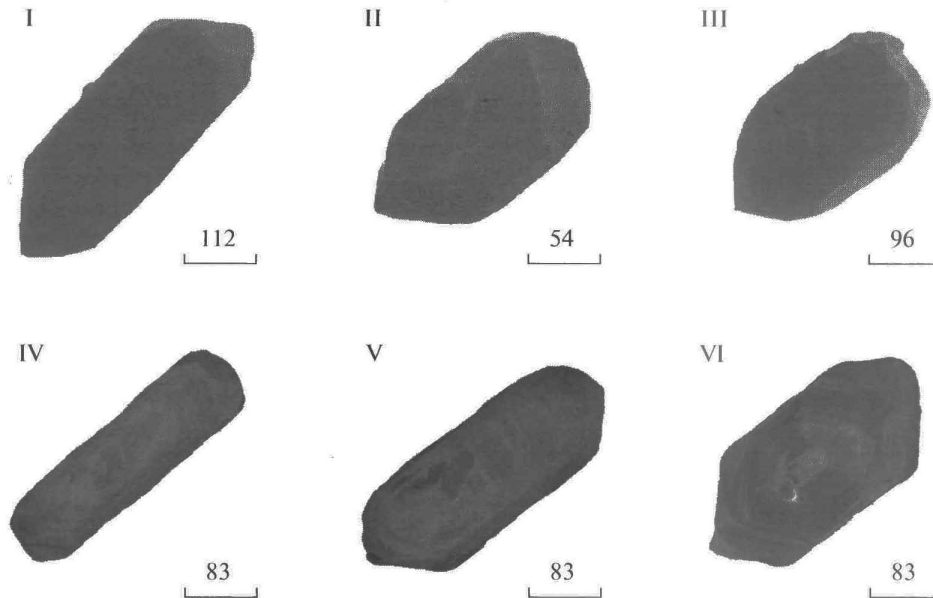


Рис. 2. Микрофото кристаллов циркона из пуласкита Бурпалинского массива (проба Бур 305-10), выполненные на сканирующем электронном микроскопе АВТ 55 в режиме вторичных электронов (I–III) и катодолуминесценции (IV–VI). Масштаб в мкм.

“чистых” кристаллов циркона, отобранная из размерной фракции 100–200 мкм (табл. 1, № 3), а также для двух навесок циркона из фракций 80–100 и крупнее 100 мкм, подвергнутых предварительной кислотной обработке [9] (табл. 1, № 4, 5). Точки изотопного состава изученного циркона образуют дискордию, нижнее пересечение которой с конкордией соответствует возрасту 283 ± 8 млн лет (рис. 3) (СКВО = 1.13, верхнее пересечение 843 ± 240 млн лет).

Морфологические особенности акцессорных цирконов из пуласкита главной фазы и редкометального сиенита Бурпалинского массива свидетельствуют об их магматическом происхождении, что позволяет рассматривать полученные для них оценки возраста, которые практически совпадают в пределах погрешности определений, как возраст становления этого массива.

Полученные геохронологические данные показывают, что формирование Бурпалинского массива произошло в ранней перми. По возрасту он сопоставим с Сыннырским плугоном (около 295 млн лет) [5], который расположен северо-восточнее Бурпалинского массива, в пределах Сыннырской рифтовой зоны. Близкий возраст имеют щелочные гранитоиды и бимодальные вулканические ассоциации Удино-Витимской зоны (288–277 млн лет [14]), а также карбонатиты Сайженской зоны (295–283 млн лет [15]). Формирование этих внутриплитных магматических комплексов происхо-

дило практически одновременно с образованием Ангаро-Витимского батолита (303 ± 7 – 281 ± 1 млн лет [1]). Это дает все основания полагать, что зарождение родоначальных для него расплавов произо-

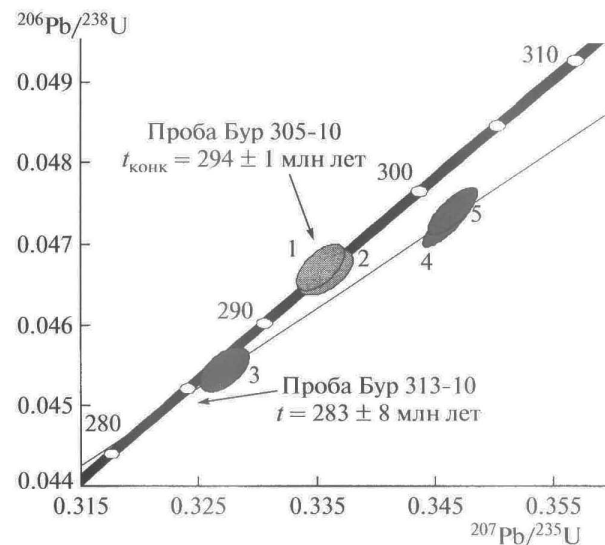


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для цирконов из пуласкита (проба Бур 305-10) и редкометального агпаитового сиенит-пегматита (проба Бур 313-10) Бурпалинского массива. Номера точек на диаграмме (1–5) соответствуют порядковым номерам в табл. 1.

Таблица 1. Результаты геохронологических U–Pb-исследований аксессуарных цирконов из пуласкита и сиенит-пегматита Бурпалинского массива

№ п/п	Размер фракции (мкм) и ее характеристика	Навеска, мг	Содержание, мкг/г		Изотопные отношения		
			Pb	U	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}^a$
Пуласкит (проба Бур 305-10)							
1	<100, 5 зерен	—*	U/Pb = 19.3		808	0.0522 ± 3	0.1951 ± 1
2	>150, 5 зерен	0.11	16.6	317	835	0.0521 ± 2	0.2109 ± 1
Редкометалльный сиенит (проба Бур 313-10)							
3	100–200, 25 зерен	—*	U/Pb = 17.0		264	0.0522 ± 2	0.1932 ± 1
4	85–100, кисл. обр., 1.5 ч	—*	U/Pb = 5.79		8341	0.0531 ± 1	0.0883 ± 1
5	>200, кисл. обр., 2 ч	—*	U/Pb = 21.2		3277	0.0530 ± 1	0.0915 ± 1
№ п/п	Размер фракции (мкм) и ее характеристика	Изотопные отношения		<i>Rho</i>	Возраст, млн лет		
		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
Пуласкит (проба Бур 305-10)							
1	<100, 5 зерен	0.3358 ± 1	0.0466 ± 1	0.53	294 ± 2	294 ± 1	294 ± 11
2	>150, 5 зерен	0.3353 ± 1	0.0467 ± 1	0.60	294 ± 1	294 ± 1	289 ± 9
Редкометалльный сиенит (проба Бур 313-10)							
3	100–200, 25 зерен	0.3272 ± 17	0.0454 ± 1	0.55	287 ± 7	286 ± 6	295 ± 10
4	85–100, кисл. обр., 1.5 ч	0.3461 ± 5	0.0472 ± 5	0.80	335 ± 1	298 ± 1	302 ± 2
5	>200, кисл. обр., 2 ч	0.3466 ± 6	0.0474 ± 6	0.86	302 ± 1	298 ± 1	330 ± 21

Примечания. ^a – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; *Rho* – коэффициент корреляции ошибок отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$, $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; кисл. обр., 2 ч – кислотная обработка в течение двух часов; 5 зер. – количество зерен циркона в навеске; * – навеску циркона не определяли. Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам.

шло в результате воздействия горячей точки мантии или мантийного плюма на литосферу, приведшего к масштабному коровому анатексису.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проекты № 13–05–12075, 12–05–31278, 12–05–00038) и Программ фундаментальных ис-

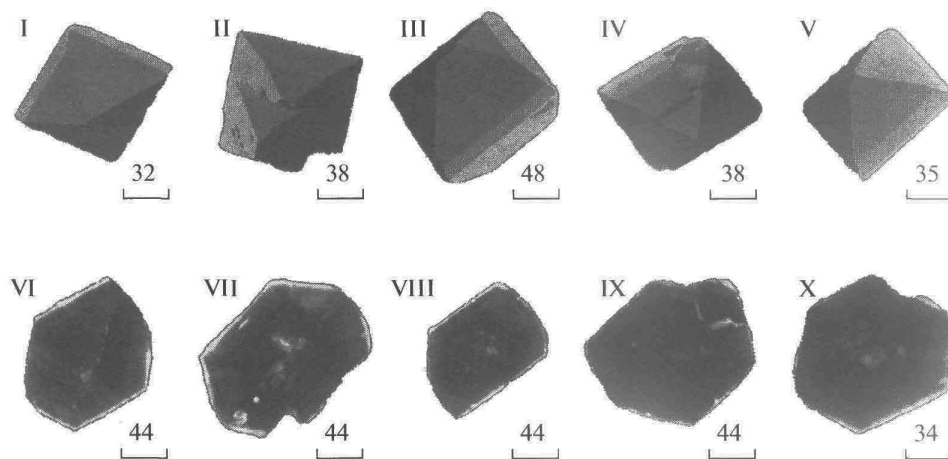


Рис. 4. Микрофото кристаллов циркона из редкометалльного агапитового сиенит-пегматита (проба Бур 313-10) Бурпалинского массива, выполненные на сканирующем электронном микроскопе АВТ 55 в режиме вторичных электронов (I–V) и катодоллюминесценции (VI–X). Масштаб в мкм.

следований ОНЗ РАН “Геодинамическая эволюция структурно-вещественных комплексов складчатых поясов и платформ в неогее” и “Изотопные системы в геохимии и космохимии. Методические и теоретические аспекты. Применение для реконструкции условий и хронологии геологических процессов, в том числе в ранней Земле”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ковач В.П., Сальникова Е.Б., Рыцк Е.Ю. и др. // ДАН. 2012. Т. 444. № 2. С. 184–189.
2. Litvinovsky V.A., Tsygankov A.A., Jahn В.М. и др. // Lithos. 2011. V. 125. P. 845–874.
3. Жидков А.Я., Миркина С.Л., Голубчина М.Н. // ДАН. 1963. Т. 149. № 1. С. 152–155.
4. Жидков А.Я. Щелочные интрузии Сынный и Бурпала Северного Прибайкалья. Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. Л., 1965. 21 с.
5. Покровский Б.Г., Жидков А.Я. // Петрология. 1993. Т. 1. № 2. С. 195–204.
6. Сотникова И.А. Минералого-геохимические особенности редкометалльных щелочных пород Северного Прибайкалья. Автореф. дис. канд. геол.-минерал. наук. Иркутск, 2009. 22 с.
7. Сотникова И.А., Прокофьев В.Ю., Владыкин Н.В. // ДАН. 2011. Т. 441. № 5. С. 1270–1273.
8. Krogh T.E. // Geochim. et cosmochim. acta. 1973. V. 37. P. 485–494.
9. Mattinson J.M. // Contribs Mineral. and Petrol. 1994. V. 116. P. 117–129.
10. Ludwig K.R. // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 88–542. 1991. 35 p.
11. Ludwig K.R. ISOPLOT/Ex.Vers. 2.06 // Berkeley Geochronol. Center Spec. Publ. 1999. № 1a. 49 p.
12. Steiger R.H., Jager E. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1976. V. 36. № 2. P. 359–362.
13. Stacey J.S., Kramers I.D. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1975. V. 26. № 2. P. 207–221.
14. Цыганков А.А., Литвиновский Б.А., Джань Б.М. и др. // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 9. С. 1249–1276.
15. Дорошкевич А.Г., Рунн Г.С., Сергеев С.А., Конопелько Д.Л. // Геология и геофизика. 2012. Т. 53. № 2. С. 219–225.