

УДК 550.42;550.93;552.31

НОВЫЕ ИЗОТОПНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ НА ВРЕМЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЛЕРИТОВ НЕРСИНСКОГО КОМПЛЕКСА БИРЮСИНСКОГО ПРИСАЯНЬЯ

Е. А. Васюкова^{1,2,*}, Д. В. Метелкин^{2,3}, академик РАН Ф. А. Летников⁴, Е. Ф. Летникова¹

Поступило 06.08.2018 г.

Представлены новые данные об изотопном Sm–Nd-составе долеритов нерсинского комплекса, согласованные с петрографическим изучением и результатами U–Pb-датирования детритовых цирконов из перекрывающих осадочных последовательностей Бирюсинского Присянья. Полученные данные свидетельствуют об отсутствии предполагаемого магматического события на уровне 1,6 млрд лет и однозначно указывают на неопротерозойский возраст интрузий. Исследование изотопной системы в породах и минералах позволяет утверждать, что источником породообразующего расплава была метасоматизированная мантия, а ход формирования пород происходил в несколько этапов.

Ключевые слова: нерсинский комплекс, Sm–Nd-изотопная система, долериты, U–Pb-возраст.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524855594-598>

На юго-западной окраине Сибирского кратона широко распространены дайки и силлы габбро-долеритов, традиционно объединяемые в нерсинский комплекс. Наиболее они изучены в пределах Бирюсинского Присянья (рис. 1) и локализованы в поле распространения палеопротерозойских гранитоидов саянского комплекса, среди терригенно-карбонатной последовательности карагасской серии неопротерозоя и отсутствуют в вышележащей оселковой серии венда [1–3]. Петрохимические характеристики долеритов и структурная позиция подобны дайковым комплексам Франклин на севере Канадского щита [4, 5]. На основе изотопных Ar–Ar-исследований нерсинского комплекса показано, что основной этап внедрения отвечал рубежу 741 ± 4 млн лет [4], что действительно очень близко к магматическому событию Франклин [6]. Полученные палеомагнитные данные подтвердили возможность объединения названных комплексов в качестве единого магматического ареала, сформированного на этапе распада суперконтинента Родиния, а сам палеомагнитный полюс стал ключевым для среднего неопротерозоя Сибири [3, 5]. Несколько позднее

были получены единичные более молодые датировки ~610 и 510 млн лет [4], которые хотя и ставят вопрос о возможности разделения нерсинского комплекса, но не противоречат региональным геологическим данным. Однако недавно по результатам U–Pb-датирования бадделеита из долеритов одного из наиболее крупных силлов (рис. 1) получен существенно более древний возраст ~1,6 млрд лет [7]. Это кардинально меняет интерпретацию палеомагнитных данных, построенные реконструкции и сложившиеся представления о геологии Бирюсинского Присянья. Повторить результаты U–Pb-датирования не представилось возможным: в трёх пробах из того же силла ни одного зерна бадделеита нам выделить не удалось. Поэтому для верификации полученных данных проведены изотопные Sm–Nd-исследования. Первая проба K307/15 ($54^{\circ}49'25,6''$ с.ш., $98^{\circ}12'40,6''$ в.д.) характеризует центральную часть силла, вторая — K309/15 — его апикальную область ($54^{\circ}49'30,2''$ с.ш., $98^{\circ}12'40,0''$ в.д.) и взята непосредственно в том месте обнажения, где получен палеопротерозойский возраст.

Изученные долериты имеют полнокристаллическую пойкилоофитовую структуру (рис. 2). Главные породообразующие минералы: плагиоклаз, клинопироксен. Лейсты плагиоклаза слагают каркас породы. Крупные ксеноморфные ойкокрсты клинопироксена находятся в основной массе, облекая плагиоклаз. Клинопироксен имеет буроватую окраску и повышенное содержание Ti. По краю клинопироксена наблюдается последовательное замещение бурым или синевато-зелёным амфиболом, биотитом, хлоритом. Плагиоклаз в центральной

¹ Институт геологии и минералогии
им. В.С. Соболева Сибирского отделения
Российской Академии наук, Новосибирск

² Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет

³ Институт нефтегазовой геологии и геофизики
им. А.А. Трофимука Сибирского отделения
Российской Академии наук, Новосибирск

⁴ Институт земной коры Сибирского отделения
Российской Академии наук, Иркутск

*E-mail: lenav@inbox.ru; helenav@igm.nsc.ru

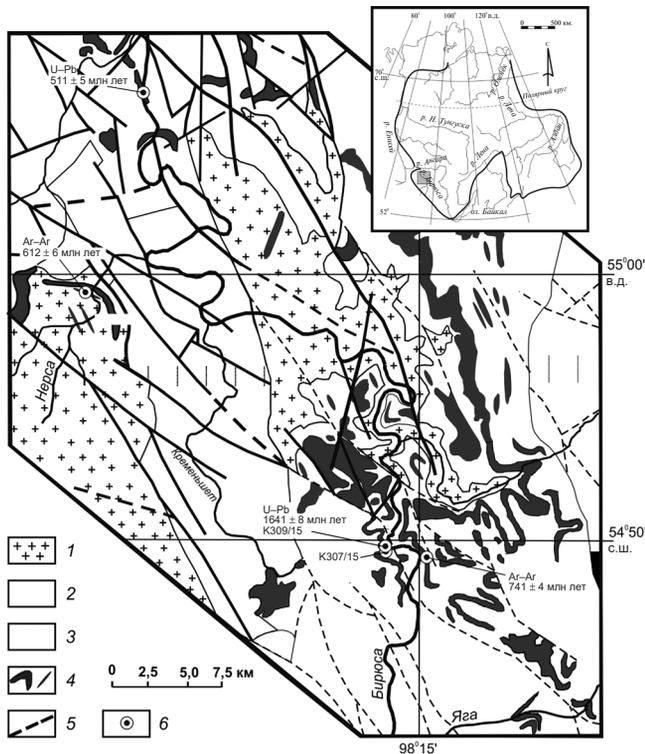


Рис. 1. Схема геологического строения района среднего течения р. Бирюса [1, 2]. 1 — гранитоиды саянского комплекса; 2 — терригенно-карбонатные отложения карагасской серии; 3 — терригенно-карбонатные отложения оселковской серии; 4 — долеритовые интрузии нерсинского комплекса; 5 — основные разломы; 6 — точки отбора проб на изотопно-геохронологические исследования с указанием их результатов [4, 7].

части серицитизирован. Аксессуары представлены рудными минералами и апатитом. В обр. К309/15 апатит присутствует в виде единичных зёрен, а в обр. К307/15 его количество достаточное для выделения монофракции. Исходя из петрографических

данных, можно предполагать как минимум четыре разновозрастных события, связанных с формированием и преобразованием породы. Первое соответствует времени кристаллизации рудных минералов. Второе отвечает формированию силикатной массы породы в последовательности плагиоклаз, затем клинопироксен. Третье связано с позднемагматическим, или наложенным, образованием венцовых структур амфибола двух генераций и биотита. Четвёртое связано с постмагматическими преобразованиями: серицитизацией, хлоритизацией.

Исследования изотопного состава Nd (табл. 1) проведены для валового состава породы (WR), монофракций плагиоклаза (Pl), клинопироксена (Cpx), биотита (Bt), акцессорного апатита (Ap) и смеси схожих, плохо разделяемых или находящихся в сростках минералов: биотит—амфибол (Bt+Amf), клинопироксен—амфибол (Cpx+Amf).

В итоге для обр. К309/15 точки составов Pl, Bt, WR на диаграмме Sm/Nd—Nd/Nd легли на изохрону, соответствующую возрасту 546 ± 64 млн лет (рис. 3). Другая псевдоизохрона — 1792 ± 100 млн лет проведена через точки состава Cpx и WR (рис. 3). Последнее определение нельзя считать достоверным по нескольким причинам. Во-первых, изохрона строится минимум по трём точкам, две из которых характеризуют мономинеральные фракции, а третья — валовый состав породы. Во-вторых, при пойкилоофитовой структуре сложно отделить Cpx от Pl, находящегося в нём в виде обильных включений. Это значит, что полученное по Cpx Sm/Nd-соотношение несёт информацию не только о Cpx, но и о Pl. Этой особенностью, кроме того, исключается гипотеза о ксеногенном или интрателлурическом происхождении минерала. В-третьих, точка WR, скорее всего, значительно смещена вследствие

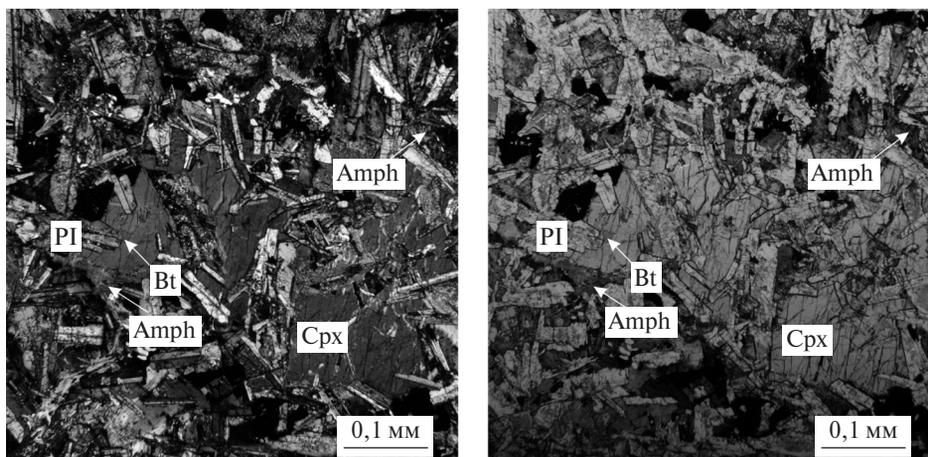


Рис. 2. Структурные особенности изученных долеритов. Фото шлифа обр. К309/15 в скрещенных николях (слева) и проходящем свете (справа).

Таблица 1. Результаты изотопных Sm—Nd-исследований

Фракция	Концентрация, мкг/г		Изотопные отношения		$\epsilon Nd(T)$
	Sm	Nd	$^{147}Sm/^{144}Nd$	$^{143}Nd/^{144}Nd$	
Обр. К309/15					
WR	6,94	21,8	0,1923	$0,511843 \pm 14$	-15,1
Срх	4,22	10,69	0,2386	$0,512389 \pm 13$	
Срх+Amf	24,5	41,2	0,3596	$0,511984 \pm 11$	
Bt	4,51	16,58	0,1644	$0,511760 \pm 11$	
Pl	3,60	17,47	0,1246	$0,511603 \pm 10$	
Обр. К307/15					
WR	5,01	18,97	0,1689	$0,511871 \pm 11$	-13,0
Pl	1,015	6,90	0,0888	$0,511511 \pm 41$	
Срх	7,11	16,53	0,2551	$0,512205 \pm 7$	
Bt+Amf	5,70	18,04	0,1910	$0,512187 \pm 19$	
Ap	309,1	1054,6	0,1772	$0,511813 \pm 9$	

Примечание. Выполнено в ГИ КНЦ РАН под руководством Т.Б. Баяновой.

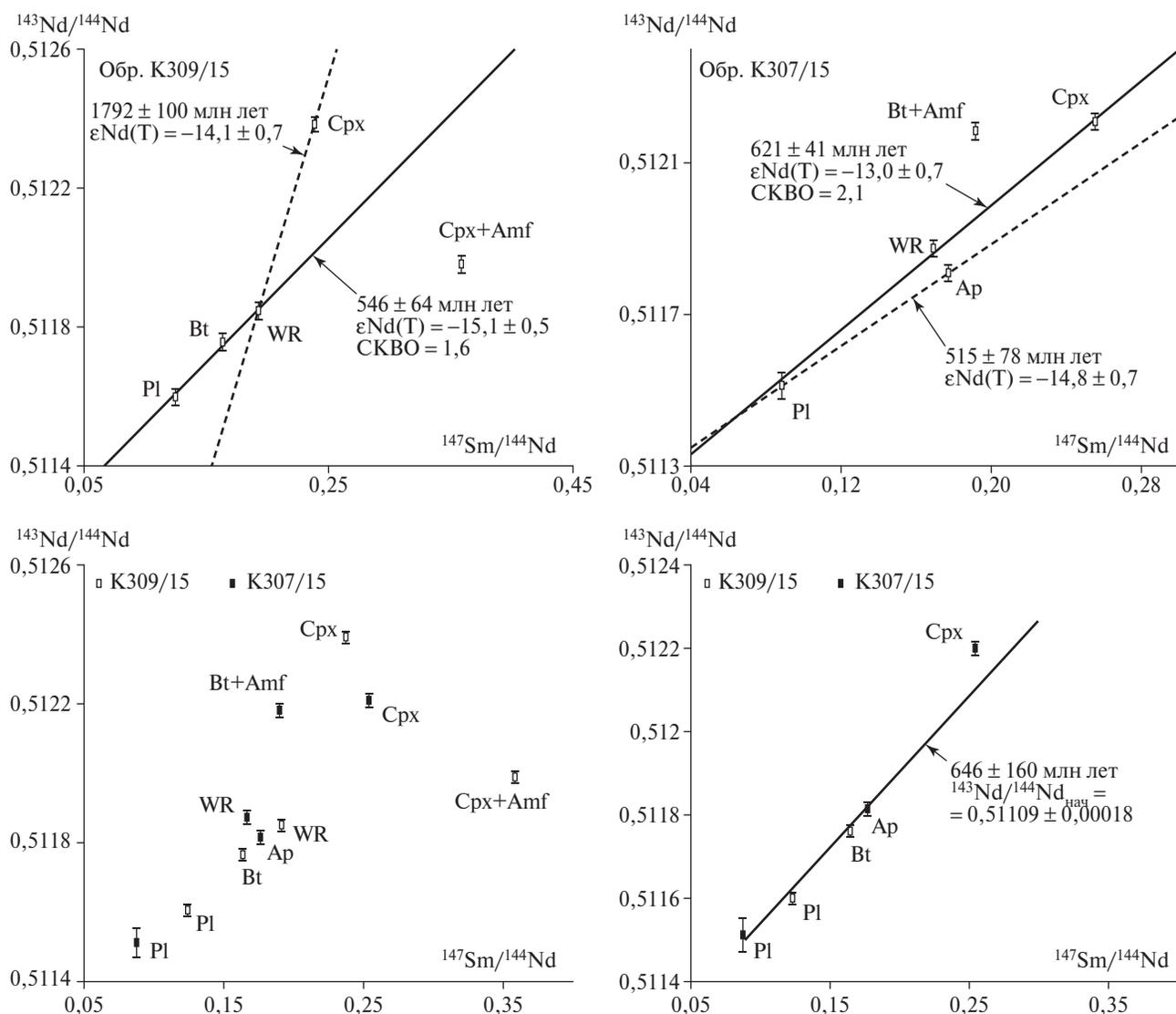


Рис. 3. Диаграммы Sm/Nd—Nd/Nd с предполагаемыми псевдоизохронами. Пояснения в тексте.

видимых постмагматических процессов, повлекших изменения в изотопной системе породы. Смещённое значение WR подтверждается значительным отличием Sr_{x+Amph} , Sr_x от изохроны, построенной через Pl и Vt (рис. 3). Несмотря на хороший СКВО = 1,6, вследствие неопределённости WR и сложности точной оценки объёмного соотношения Pl также вызывает недоверие и эта изохрона.

Разброс точек изотопного состава для обр. К307/15 не столь велик, но вариации всё-таки значимые, и построить изохрону через все точки невозможно (рис. 3). Предлагаемую псевдоизохрону Sr_x , Pl, WR с возрастом 621 ± 41 млн лет вряд ли можно считать достоверной, поскольку следует предполагать сдвиг WR вследствие постмагматических преобразований, сопровождающихся кристаллизацией Amph, Vt и хлорита. Сдвиг Vt+Amph от общего тренда ясно указывает на это. Другая псевдоизохрона — 515 ± 78 млн лет неудовлетворительная вследствие большой погрешности для Pl и недостатка данных по WR, хотя и проведена через наиболее надёжные точки составов Pl, Ar, соответствующие этапу кристаллизации породы.

Поскольку оба изученных образца отобраны из разных частей одного тела, характеризуются схожим минеральным составом и значениями $\epsilon Nd(T)$ (от -15 до -13) и их образование связано с единым источником, мы посчитали возможным объединить результаты измерений на одной диаграмме (рис. 3). Если исключить из анализа точки

с дискуссионными значениями, оставшиеся будут располагаться вдоль псевдоизохроны с возрастом ~650 млн лет.

В пользу неопротерозойского возраста долеритов также свидетельствуют результаты U–Pb-датирования детритовых цирконов из венд–палеозойских песчаников юго-западной окраины Сибирской платформы [8, 9]. Обобщение этих данных позволяет уверенно утверждать, что магматическая активность на уровне ~1,6 млрд лет отсутствовала. Отмечены характерные для Сибири более древние максимумы, а также локальный пик на рубеже ~630 млн лет (рис. 4), который связывают с базитовым, в том числе щелочным, магматизмом в обстановках континентального растяжения [10].

Таким образом, проведённое исследование изотопного состава Nd в долеритах нерсинского комплекса, возраст которых по результатам датирования бадделеита предполагается палеопротерозойским [7], и имеющиеся сведения о возрасте детритовых цирконов в перекрывающих осадочных последовательностях вполне однозначно указывают на отсутствие свидетельств магматического события на уровне 1,6 млрд лет. Хотя новые данные — 646 ± 160 млн лет с малой точностью описывают время внедрения изученного силла и отчасти могут быть омоложены вследствие постмагматических преобразований изотопной системы, неопротерозойский возраст нерсинского комплекса существенно более обоснован.

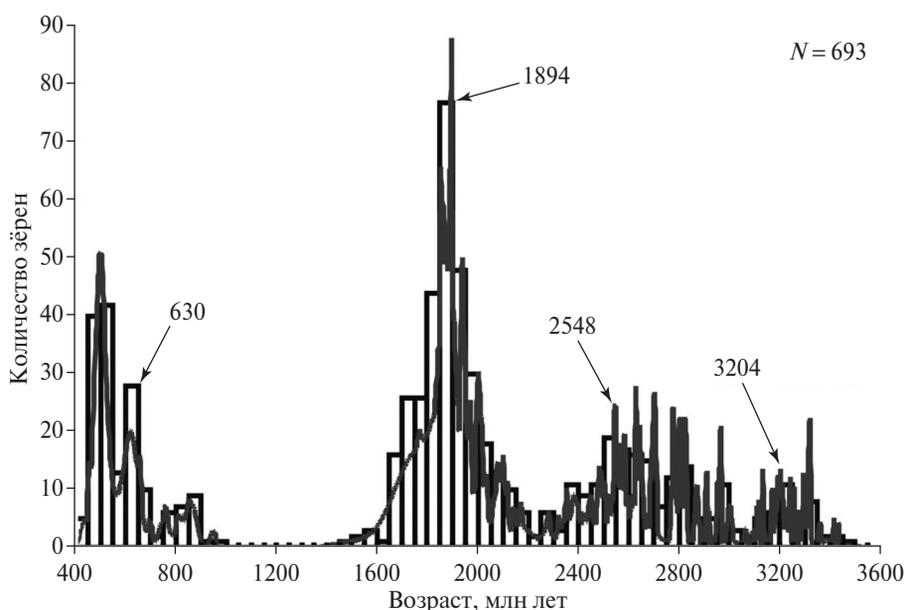


Рис. 4. Сводный график распределения возраста детритовых цирконов из вендских (оселковская серия по [8]), кембрийских (усть-тагульская свита по данным авторов), ордовикских и девонских (по [9]) терригенных пород Бирюсинского Присяня.

Источники финансирования. Работа выполнена в рамках проектов РФФИ (№ 18–05–00234), Минобрнауки России (№ 5.2324.2017/4.6 и № 5.4786.2017/6.7), государственного задания ИГМ СО РАН. Сообщение является вкладом в IGCP-648.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скляр Е. В., Гладкочуб Д. П., Мазукабзов А. М. и др. // Геотектоника. 2000. № 6. С. 59–75.
2. Метелкин Д. В., Белоносов И. В., Гладкочуб Д. П. и др. // Геология и геофизика. 2005. Т. 46. № 4. С. 398–413.
3. Метелкин Д. В., Благовидов В. В., Казанский А. Ю. // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 8. С. 1114–1133.
4. Gladkochub D. P., Wingate M. T. D., Pisarevsky S. A., et al. // Precamb. Res. 2006. V. 147. P. 260–278.
5. Pisarevsky S. A., Natapov L. M., Donskaya T. V., et al. // Precamb. Res. 2008. V. 160. P. 66–76.
6. Heaman L. M., LeCheminant A. N., Rainbird R. H. // Earth and Planet. Sci. Lett. 1992. V. 109. P. 117–131.
7. Ernst R. E., Hamilton M. A., Söderlund U., et al. // Nature Geosci. 2016. V. 9. P. 464–469.
8. Летникова Е. Ф., Кузнецов А. Б., Вишневецкая И. А. и др. // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 10. С. 1507–1529.
9. Glorie S., De Grave J., Buslov M. M., et al. // J. Asian Earth Sci. 2014. V. 82. P. 115–123.
10. Ярмолюк В. В., Коваленко В. И., Сальникова Е. Б. и др. // ДАН. 2005. Т. 404. № 3. С. 400–406.

NEW ISOTOPE CONSTRAINTS ON THE TIME OF FORMATION OF THE NERSINSKII DOLERITE COMPLEX FROM THE BIRYUSA–SAYAN AREA

E. A. Vasyukova^{1,2}, D. V. Metelkin^{2,3}, Academician of the RAS F. A. Letnikov⁴, E. F. Letnikova¹

¹*Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

²*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation*

³*Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation*

⁴*Institute of the Earth's Crust, Irkutsk, Russian Federation*

Received August 6, 2018

New data on the Sm–Nd isotopic composition of the dolerites of the Nersinskii complex that are consistent with the petrographic study and the U–Pb dating of detrital zircon from the overlying sedimentary sequences of the Biryusa–Sayan area are presented. The data obtained indicate the absence of the supposed magmatic event 1.6 billion years ago and clearly indicate the Neoproterozoic age of the intrusions. Their source could have been the metasomatized mantle; after formation, dolerites went through several stages of metasomatism, which was reflected in the evolution of its isotopic systems.

Keywords: Nersinskii complex, Sm–Nd isotop system, U–Pb age.