



УДК 552.2:551.72(571.5)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.32>

Гранит-лейкогранитная серия пород олёкминского комплекса Восточного Забайкалья: U-Pb LA-ICP-MS геохронология по цирконам и Sm-Nd изотопная систематика пород

С. И. Дриль, Ю. В. Носкова

Институт геохимии им. А. П. Виноградова СО РАН, г. Иркутск, Россия

В. П. Ковач

Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

С. А. Сасим

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Исследуется олёкминский гранитоидный комплекс трехфазного строения, представленный протяженным поясом крупных массивов и батолитов, локализованным вдоль северо-западного фланга Монголо-Охотского орогенного пояса. Отмечается, что первая фаза комплекса представлена равномерно-зернистыми биотит-роговообманковыми кварцевыми диоритами и гранодиоритами, вторая – порфириовидными биотитовыми гранодиоритами и гранитами, а третья – равномерно-зернистыми и лейкократовыми гранитами. Формирование исследованных гранитоидов связывается с процессами субдукции и коллизии в пределах Монголо-Охотского палеоокеана в палеозойское время. Однако возрастное положение пород олёкминского комплекса не определено с достаточной достоверностью, что вызвало необходимость проведения прецизионных геохронологических исследований. Изотопное U-Pb датирование цирконов, извлеченных из лейкократовых гранитов комплекса, осуществлялось методом лазерной абляции (LA-ICP-MS) с использованием приборного комплекса, состоящего из квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7900 и системы лазерной абляции Photon Machines Analyte G2 с длиной волны 193 нм. Проведенные геохронологические исследования позволили обосновать возраст гранитоидов третьей фазы олёкминского комплекса как мезозойский. Для выяснения природы корового источника гранитоидов были проведены исследования Sm-Nd изотопной системы пород с использованием многоколлекторного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой NEPTUNE. На основе этих данных обоснован неопротерозойский возраст корового протолита лейкократовых гранитов олёкминского комплекса.

Ключевые слова: Монголо-Охотский орогенный пояс, Восточное Забайкалье, олёкминский гранитоидный комплекс, U-Pb геохронология цирконов, Sm-Nd изотопная систематика гранитоидов.

Для цитирования: Гранит-лейкогранитная серия пород олёкминского комплекса Восточного Забайкалья: U-Pb LA-ICP-MS геохронология по цирконам и Sm-Nd изотопная систематика пород / С. И. Дриль, Ю. В. Носкова, В. П. Ковач, С. А. Сасим // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 32–41. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.32>

Введение

Протяженные ареалы гранитоидов Центрально-Азиатского орогенного пояса являются важнейшими индикаторами, фиксирующими время и характер процессов формирования тектонического коллажа слагающих этот пояс террейнов. Монголо-Охотский орогенный пояс, являющийся важной составной частью Центрально-Азиатского пояса [Парфенов, Попеко, Томурто-гоо, 1999; Модель формирования орогенных ... , 2003], обрамляется с юга и севера в современных координатах ареалами батолитовых интрузий ундинского и олёмминского гранитоидных комплексов палеозойского возраста (рис. 1). Оба комплекса фиксируют масштабные эндогенные события на окраинах Монголо-Охотского палеоокеана. Возраст гранитоидов ундинского комплекса определен как позднепермский – раннетриасовый (257–248 МА), и его становление связывается с коллизионными процессами вдоль северной границы Аргунского супертеррейна Монголо-Охотского пояса [Geochronology and Sr-Nd isotope ... , 2017]. Возрастные рамки и геодинамическая природа гранитоидов олёмминского комплекса является предметом дискуссии, что не позволяет уверенно связать их с каким-то геодинамическим режимом, существовавшим в пределах Монголо-Охотского палеоокеана. Вмещающими толщами для массивов олёмминского комплекса являются различные по своему литологическому составу метаморфические образования неопротерозоя, что дает возможность оценить вклад разных источников вещества в генезис гранитоидов.

Современное состояние исследований

Ареал распространения его интрузий охватывает площадь западностанового террейна [Модель формирования орогенных ... , 2003] или восточной части селенгино-станового супертеррейна [Возраст и границы ... , 2018]. Согласно современным геологическим картам комплекс отнесен к раннему палеозою и обладает трехфазным строением [Тимофеевский, 1972; Геологическое строение ... , 1997]. Первая фаза представлена равномерно-зернистыми биотит-роговообманковыми кварцевыми диоритами и гранодиоритами, вторая – порфиоровидными биотитовыми гранодиоритами и гранитами, а третья – равномерно-зернистыми гранитами и лейкократовыми гранитами. Гранитоиды двух первых фаз содержат породы известково-щелочного ряда нормальной щелочности, тогда как в породах завершающей фазы отмечаются и субщелочные разности [Казимировский, 2004].

В настоящее время представления о возрасте интрузий олёмминского комплекса подвергаются существенному пересмотру. Так, Rb-Sr геохронологическими исследованиями были определены позднепалеозойские возрасты гранитоидов как для западной части пояса – 343–318 млн лет, так и для юго-восточной его части – 319 млн лет [Казимировский, Сандиминова, Банковская, 2002]. Позднепалеозойские датировки были подтверждены и уточнены в дальнейшем U-Pb геохронологическими исследованиями цирконов из гранодиоритов и гранитов северо-восточной части интрузивного ареала, которые определили возраст 355–358 млн лет [Гранитоиды олёмминского комплекса ... , 2015; Возраст и границы ... , 2018]. Кроме того, этими иссле-

дованиями в западной части ареала были выявлены граниты возрастом 237 млн лет, что соответствует раннему мезозою.

Таким образом, современными геохронологическими исследованиями выяснено, что в рамках олёкминского гранитоидного комплекса объединены существенно разновозрастные образования. Это определило необходимость продолжения геохронологических исследований, которые были проведены для гранитов Нижнеингодинского батолита, представляющих юго-западную часть ареала, а также гранитов Маректинско-Береинского массива, расположенного на северной границе ареала распространения интрузий олёкминского комплекса (рис. 1). В обоих случаях для геохронологических исследований выбирались породы гранит-лейкогранитной серии завершающей интрузивной фазы.

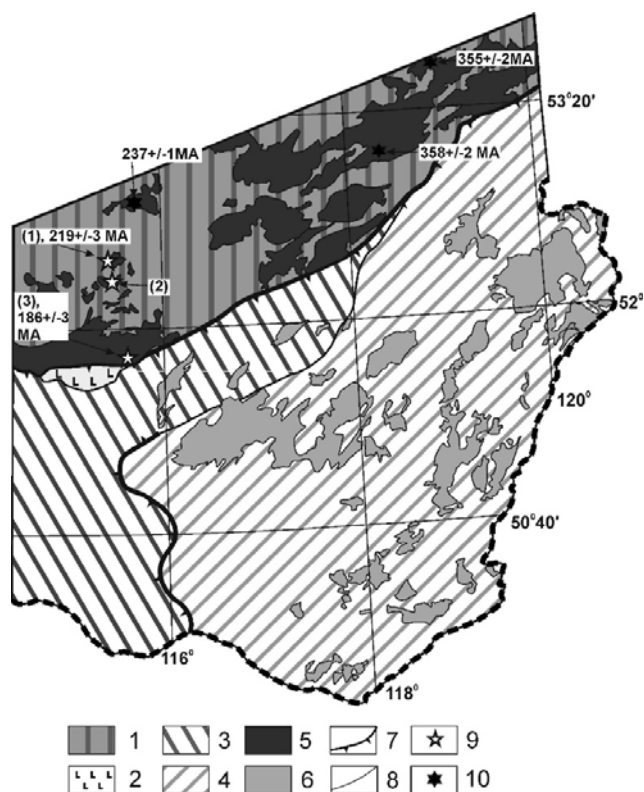


Рис. 1. Схема террейнов Восточного Забайкалья по [Модель формирования орогенных ... , 2003] и положение гранитоидов олёкминского комплекса в южной части западностановой террейна. Контурсы интрузий показаны с учетом материалов геологических карт [Геологическая карта ... , 1976; Геологическая карта ... , 1992].

Условные обозначения: 1 – западностановой метаморфический террейн; 2 – каменный островодужный террейн; 3 – ононский террейн аккреционного клина; 4 – аргунский супертеррейн; 5 – интрузии гранитоидов олёкминского комплекса; 6 – интрузии ундинского комплекса; 7 – надвиги; 8 – геологические границы; 9 – возраст интрузий по литературным данным [Гранитоиды олекминского комплекса ... , 2015; Возраст и границы ... , 2018]; 10 – новые возрастные данные, полученные авторами. Цифрами показано положение исследованных массивов: (1) – Маректинско-Береинского; (2) – Жарчинского; (3) – Нижнеингодинского батолита, южная часть

Методы исследования

Изотопное U-Pb датирование цирконов осуществлялось методом лазерной абляции (LA-ICP-MS) в Институте наук о Земле Академии наук Тайваня с использованием приборного комплекса, состоящего из квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7900 и системы лазерной абляции Photon Machines Analyte G2 с длиной волны 193 нм по методике, описанной [Skuzovatov, Shatsky, Wang, 2019]. Для определения изотопного состава неодима и концентраций неодима и самария применялся метод двойного изотопного разбавления с использованием смешанного трассера $^{149}\text{Sm}+^{150}\text{Nd}$. Измерения Sm-Nd изотопной системы пород проводились на многоколлекторном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой NEPTUNE в ЦКП «Изотопно-геохимических исследований» ИГХ СО РАН по методике [Precise and accurate ... , 2010]. Погрешности определения отношений $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ и $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ составили 0,003 и 0,4 % соответственно. Измерения изотопного состава в стандарте JNdI-1 показали следующие результаты ($n = 40$): $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,512107 \pm 4$.

Результаты исследования

Из проб среднезернистых неяснопорфировидных лейкократовых гранитов Нижнеингодинского батолита (СА-15-30) и Маректинско-Береинского массива (ЗСТ-14-17) олёмминского комплекса были выделены фракции цирконов, использовавшиеся для последующего U-Pb датирования. Цирконы из обеих проб образуют хорошо кристаллографически оформленные удлиненные ($L = 1,5-3,5$) призматические зерна интенсивного медового цвета. Представительные микрофотографии цирконов, выполненные в режиме катодolumинесценции, показаны на рис. 2. Для цирконов из гранита Нижнеингодинского батолита характерно присутствие отчетливо выраженных резорбированных митамиктных ядер, обрастающих каймой с осциллярной магматической зональностью. Цирконы из гранита Маректинско-Береинского массива имеют однородные идиоморфные, реже – резорбированные, ядра, также окруженные осциллярной магматической оболочкой.

Для цирконов из гранита (СА-15-30) Нижнеингодинского батолита получены конкордантные возрасты (рис. 3), которые для восьми точек находятся в интервале от $180,4 \pm 8$ до $194,6 \pm 9,2$ млн лет. Расчеты проводились с использованием программы Isoplot-3.0 [Ludwig, 2003]. Взвешенное среднее для них дает возраст 186 ± 3 млн лет (2σ , СКВО = 1,01, вероятность равна 0,42). Расчет конкордантного возраста (Concordia Age) для этих анализов показывает аналогичный результат – 186 ± 3 млн лет, (2σ , СКВО = 0,0054, вероятность равна 0,94), что позволяет принять эту оценку возраста как возраста кристаллизации породы. Для цирконов из гранита (ЗСТ-14-17) Маректинско-Береинского массива также получены конкордантные возрасты (рис. 4), которые находятся в интервале от $207,4 \pm 9,9$ до 229 ± 11 млн лет. Расчет взвешенного среднего по двенадцати точкам дает результат 219 ± 4 млн лет (95 %, СКВО = 1,8, вероятность равна 0,042). Расчет конкордантного возраста (Concordia Age) приводит к аналогичному результату –

219±3 млн лет (2σ СКВО = 0,25, вероятность – 0,62), что позволяет принять возраст 219±3 млн лет как возраст кристаллизации этого гранита. Таким образом, полученные датировки указывают на широкое развитие гранитоидов мезозойского возраста в рамках традиционно выделяемого палеозойского олёкминского гранитоидного комплекса [Геологическое строение ... , 1997], что впервые было показано [Возраст и границы ... , 2018].

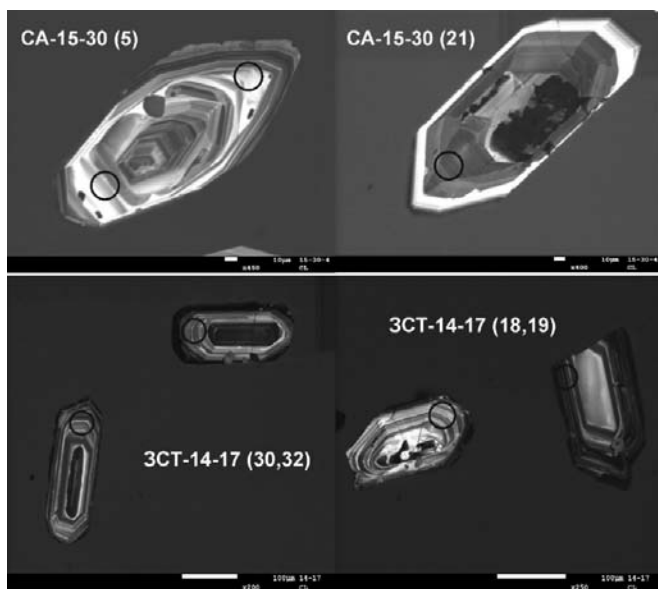


Рис. 2. Представительные микрофотографии цирконов из среднезернистых неяснопорфировидных лейкократовых гранитов Нижнеингодинского батолита (СА-15-30) и Маректинско-Береинского массива (ЗСТ-14-17) олёкминского комплекса Восточного Забайкалья, выполненные в режиме катодолуминесценции

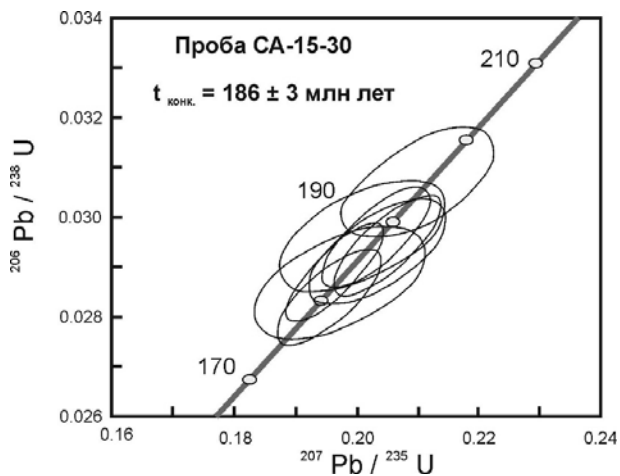


Рис. 3. Диаграмма с конкордией для пробы среднезернистого неяснопорфировидного гранита Нижнеингодинского батолита олёкминского комплекса (проба СА-15-30)

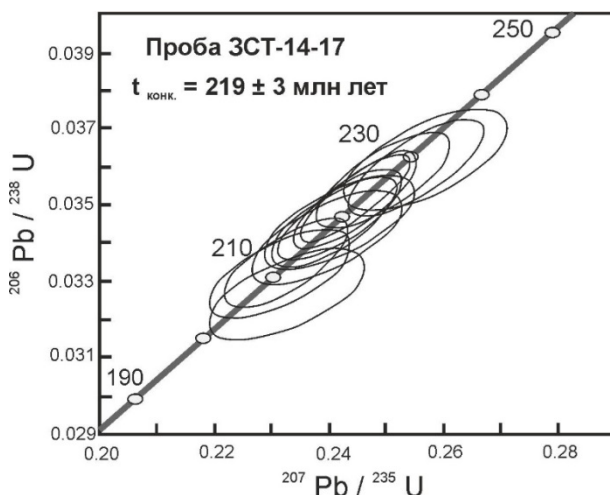


Рис. 4. Диаграмма с конкордией для пробы среднезернистого неяснопорфировидного гранита Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса (ЗСТ-14-17)

Для выяснения природы корового протолита гранитоидов олёкминского комплекса был исследован изотопный состав Nd (табл.) в породах гранит-лейкогранитовой серии Маректинско-Береинского и Жарчинского массивов (см. рис. 1).

Таблица

Изотопный состав Nd в гранитах гранит-лейкогранитной серии пород Маректинско-Береинского и Жарчинского массивов олёкминского гранитоидного комплекса

Проба	Маректинско-Береинский массив				Жарчинский массив			
	ВД-165	ВД-158-3	ВД-157	ВД-153	ВД-105	ВД-955-1	ВД-863	ВД-206
Nd (мкг/г)	11,9	18,5	23,1	22,4	13,9	16,9	36,9	11,7
Sm (мкг/г)	2,2	3,2	3,9	4,1	2,8	2,7	6,8	2,2
$^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$	0,512456	0,512416	0,512441	0,512423	0,512426	0,512450	0,512471	0,512446
$\pm 2\text{SE}$	13	11	14	11	10	12	9	12
$^{147}\text{Sm} / ^{144}\text{Nd}$	0,1118	0,1051	0,1038	0,1114	0,1224	0,0966	0,1122	0,1168
$^{143}\text{Nd} / ^{144}\text{Nd}$ (219 млн лет)	0,512296	0,512265	0,512292	0,512264	0,512250	0,512312	0,512311	0,512278
$\epsilon\text{Nd}(0)$	-3,5	-4,3	-3,8	-4,2	-4,1	-3,7	-3,2	-3,7
ϵNd (219 млн лет)	-1,2	-1,8	-1,2	-1,8	-2,1	-0,9	-0,9	-1,5
T_{Nd} (DM-2)	1112	1162	1118	1164	1186	1086	1088	1140

Изотопные Sm-Nd характеристики гранитоидов обоих массивов соответствуют таковым для континентальной коры неопротерозойского возраста, имея величины δNd (219 млн лет) = $-0,9 - (-2,1)$ и величины T_{Nd} (DM-2) = $1086 - 1164$ млн лет. Эти данные несколько отличны от Sm-Nd изотопной характеристики коллизионных пермо-триасовых гранитоидов ундинского комплекса, маркирующего южный в современных координатах фланг Монголо-Охотской сутурной зоны: δNd (254 млн лет) = $-1,9 - (-5,0)$ и T_{Nd} (DM-2) = $1210 - 1460$ млн лет. Подобное различие свидетельствует о том, что в мезозойское время к северу от сутуры в процесс гранитообразования вовлекался менее радиогенный коровый протолит по сравнению коллизионными гранитоидами, сформированными южнее. При этом в целом Sm-Nd изотопные характеристики гранитоидов сопоставимы с таковыми в метасадочных породах ононского террейна аккреционного клина Монголо-Охотского орогенного пояса – $eNd(t) = -7,0 - (+0,7)$, 1050–1570 МА, что соответствует области эволюции изотопного состава Nd неопротерозойской коры Центрально-Азиатского орогенного пояса и представляет собой региональный верхнекоровый изотопный репер.

Заключение

Полученные новые геохронологические данные свидетельствуют о том, что в рамках традиционно выделяемого палеозойского олекминского интрузивного комплекса Восточного Забайкалья присутствует значительный объем гранитоидов мезозойского возраста, представляющих собой самостоятельный магматический эпизод в становлении Монголо-Охотского орогенного пояса, связанный с тектоническими условиями растяжения вдоль северной границы сутурной зоны. Эти гранитоиды должны быть выделены в самостоятельный интрузивный комплекс. Индивидуальность этого магматического комплекса подтверждается Sm-Nd изотопными данными, указывающими на менее радиогенный источник по сравнению с коллизионными гранитоидами Монголо-Охотского орогенного пояса.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ 18-05-00840, 18-35-00425, а также в рамках выполнения государственного задания по проекту XI.129.1. (0350-2016- 0028)

Список литературы

- Возраст и границы олекминского магматического пояса Селенгино-Станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса / В. П. Ковач [и др.] // Доклады Академии наук. 2018. Т. 483, № 1. С. 64–69. <https://doi.org/10.31857/S086956520003413-7>
- Геологическая карта Читинской области масштаба 1:1 000 000 / ред. И. Г. Рутштейн, В. В. Старченко. М. : Мингео РСФСР, 1976.
- Геологическая карта Читинской области масштаба 1:500 000 / ред. И. Г. Рутштейн. Чита : Читагеология, 1992.
- Геологическое строение Читинской области. Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1:500 000. Чита, 1997. 239 с.
- Гранитоиды олекминского комплекса селенгино-станового супертеррейна Центрально-Азиатского подвижного пояса: возраст и тектоническое положение / А. М. Ла-

рин [и др.] // Доклады Академии наук. 2015. Т. 464, № 2. С. 194–198. <https://doi.org/10.7868/S0869565215260187>

Казимировский М. Э. Геохимия палеозойского гранитоидного магматизма Западно-Становой зоны Забайкалья // Геология и геофизика. 2004. Т. 45, № 3. С. 347–362.

Казимировский М. Э., Сандимирова Г. П., Банковская Э. В. Изотопная геохронология палеозойских гранитоидов Селенгино-Становой горной области // Геология и Геофизика. 2002. Т. 43, № 11. С. 973–989.

Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии / Л. М. Парфенов [и др.] // Тихоокеанская геология. 2003. № 6. С. 7–41.

Парфенов Л. М., Попеко Л. И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. № 5. С. 24–43.

Тимофеевский Д. А. Геология и минералогия Дарасунского золоторудного региона. М.: Недра, 1972. 260 с. (Тр. ЦНИГРИ; вып. 98).

Geochronology and Sr-Nd isotope geochemistry of Late Paleozoic collisional granitoids of Undinsky complex (Eastern Transbaikalian region) / S. I. Dril [et al.] // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2017. Vol. 8, N 3. P. 455–459. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-3-0261>.

Ludwig K. R., 2003. ISOPLOT 3.0-a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication.

Skuzovatov S., Shatsky V., Wang K.-L. Continental subduction during arc-microcontinent collision in the southern Siberian craton: Constraints on protoliths and metamorphic evolution of the North Muya complex eclogites (Eastern Siberia) // *Lithos*. 2019. Vol. 342–343. P. 76–96. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.05.022>

Precise and accurate determination of Sm, Nd concentrations and Nd isotopic compositions in geological samples by MC-ICP-MS / Y.-H. Yang, Zh. Y. Chu, F.-Y. Wu, L.-W. Xia, J.-H. Yang // *J. Anal. At. Spectrom.* 2010. Vol. 26. P. 1237–1244.

Granitic-Leuco-Granitic Rock Series of the Olekma Intrusive Complex of Eastern Transbaikalia: U-Pb LA-ICP-MS Zircon Geochronology and Isotopic Sm-Nd rock Systematics

S. I. Dril, Yu. V. Noskova

Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

V. P. Kovach

Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS, Saint Petersburg, Russian Federation

S. A. Sasim

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. The diversity of geodynamic settings which are typical of granitoid magmatism, wide variations in geochemical and isotope characteristics make it possible to use granitoids as a key towards deciphering processes of continental crust formation and dating of crust-formation processes. The data on the granitoid composition can be used as indicators of geodynamic settings, common to orogenic and post-orogenic stages in formation of fold belts within continents. The Central-Asian orogenic belt and its major constituent i.e. the Mongol-Okhotsk Orogenic Belt represent structures where different geochemical types of granitoids were produced in different geodynamic settings through the Paleozoic and Mesozoic. Therefore, the Mongol-Okhotsk Orogenic Belt can be used as a reference to study interaction between compositional characteristics and geodynamic settings of granitoids. The Paleozoic granitoid Intrusions of the Olekma complex (Eastern Transbaikalia) mark the northern boundary of the Mongol-Okhotsk Orogenic belt within the West-Stanovoy terrane and record a large-

scale endogenous event on the margin of the Mongol-Okhotsk paleo-ocean. The age of those rocks is conventionally taken as the Paleozoic and is not supported by geochronology data. Therefore, it is impossible to recognize their place in the geodynamic history of the Mongol-Okhotsk Orogenic Belt. In this study, we perform U-Pb LA-ICP MS geochronological studies of zircons from granite-leucogranite rocks of this complex. The new geochronological data indicate that the Paleozoic Olekma intrusive complex of East Transbaikalia contains a significant amount of Mesozoic granitoids (219–186 Ma), which represent an independent magmatic episode in the formation of the Mongol-Okhotsk orogenic belt, associated with extensional tectonic regime along the northern boundary of the suture zone. These granitoids have to be regarded as an independent intrusive complex, which is supported by Sm-Nd isotope data indicating a less radiogenic source compared to the collision granitoids of the Mongol-Okhotsk orogenic belt. The isotope Sm – Nd characteristics of granitoids of both massifs are similar to those of the Neoproterozoic continental crust with values of $eNd(219\text{ Ma}) = -0,9$ (-2,1) and $TNd(DM-2) = 1086\ 1164\text{ Ma}$, which correspond to the evolution region of the Nd isotope composition of the Neoproterozoic crust within the Central Asian orogenic belt.

Keywords: Mongol-Okhotsk orogenic belt, Eastern Transbaikalia, Olekminsky granitic complex, U-Pb zircon geochronometry, Sm-Nd isotopic systematics of rocks.

For citation: Dril S.I., Noskova Yu.V., Kovach V.P., Sasim S.A. Granitic-Leuco-Granitic Rock Series of the Olekma Intrusive Complex of Eastern Transbaikalia: U-Pb LA-ICP-MS Zircon Geochronology and Isotopic Sm-Nd rock Systematics. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 32, pp. 32-41. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.32> (in Russian)

References

Kovach V.P., Kotov A.B., Larin F.V., et al. Vozrast i granitsy olekminskogo magmaticheskogo poyasa Selengino-Stanovogo superterreina Centralno-Aziatskogo podvizhnogo poyasa [Age and boundary of olekminsky magmatic belt of Selengino-Stanovoi superterrane of the Central-Asian fold belt]. *Doklady akademii nauk*, 2018, vol. 483, no. 1, pp. 64-69. <https://doi.org/10.31857/S086956520003413-7>

Geologicheskaya karta Chitinskoi oblasti, m-b 1:1 000 000 [Geologic map of the Chita Region 1:1 000 000]. Eds. Rutshtein I.G., Starchenko V.V., Moscow, MINGEO RF, 1976.

Geologicheskaya karta Chitinskoi oblasti, m-b 1:500 000 [Geologic map of the Chita Region 1:500000]. Ed. Rutshtein I.G. Chita, 1992.

Geologicheskoe stroenie Chitinskoi oblasti [Geological structure of the Chita Region. Description to the Geologic map of the Chita Region 1:500 000]. Chita, 1997, 239 p.

Larin A.M., Kotov A.B., Kovach V.P., et al. Granitoidy olekminskogo kompleksa Selengino-Stanovogo superterreina Centralno-Aziatskogo podvizhnogo poyasa: vozrast i tektonicheskoe polozhenie [Granitoids of Olekma complex of Selengino-Stanovoi superterrane of the Central-Asian fold belt: age and tectonic position]. *Doklady akademii nauk*, 2015, vol. 464, no. 2, pp. 194-198. <https://doi.org/10.7868/S0869565215260187>.

Kazimirovskiy M.E. Geohimiya paleozoiskogo magmatizma Zapadno-Stanovoi zoni Zabaikaliya [Geochemistry of Paleozoic granitic magmatism of Western Stanovoy zone of Transbaikalia]. *Geology and Geophysics*, 2004, vol. 45, no. 3, pp. 347-362.

Kazimirovskiy M.E., Sandimirova G.P., Bankovskaya E.V. Izotopnaya geohronologia paleozoiskih granitoidov Selengino-Stanovoi gornoi oblasti [Isotope geochronology of Paleozoic granitoids of Selenga-Stanovoi area]. *Geology and Geophysics*, 2002, vol. 43, no. 11, pp. 973-989.

Parphenov L.M., Berzin N.A., Khanchuk A.I. et al. Model formirovaniya orogennih poyasov Centralnoi i Severo-Vostochnoi Azii [Model of forming of the orogenic fold belts of the Central and North-Eastern Asia]. *Tikhookean Geology*, 2003, no. 6, pp. 7-41.

Parphenov L.M., Popeko L.I., Tomurtogoo O. Problemy tektoniki Mongolo-Ohotskogo orogennogo poyasa [Problems of tectonics of the Monghol-Okhotsk belt]. *Tikhookean Geology*, 1999, no. 5, pp. 24-43.

Timopheevsky D.A. Geologia i mineralogia Darasunskogo zolotorudnogo regiona [Geology and mineralogy of the Darasun goldbearing region]. *Proceedings of the TSNIIGREE*, 1972, vol. 98, Moscow, Nedra Publ, 260 p.

Dril S.I., Noskova Yu.V., Wang K.-L., et al. Geochronology and Sr-Nd isotope geochemistry of Late Paleozoic collisional granitoids of Undinsky complex (Eastern Transbaikalian region). *Geodynamics & Tectonophysics*, 2017, vol. 8, no. 3, pp. 455-459. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-3-0261>.

Ludwig, K.R., 2003. ISOPLOT 3.0-a Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication.

Skuzovatov S., Shatsky V., Wang K.-L. Continental subduction during arc-microcontinent collision in the southern Siberian craton: Constraints on protoliths and metamorphic evolution of the North Muya complex eclogites (Eastern Siberia). *Lithos*, 2019, vol. 342-343, pp.76-96. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2019.05.022>

Yang Y.-H., Chu Zh. Y., Wu F.-Y., Xia L.-W., Yang J.-H. Precise and accurate determination of Sm, Nd concentrations and Nd isotopic compositions in geological samples by MC-ICP-MS. *J. Anal. At. Spectrom*, 2010, vol.26, pp.1237-1244

Дриль Сергей Игоревич

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник, заведующий,
лаборатория геохимии изотопов
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а
e-mail: sdril@igc.irk.ru

Dril Sergey Igorevich

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Researcher, Head,
Laboratory of Isotope Geochemistry
Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS
1A, Favorsky st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: sdril@igc.irk.ru

Носкова Юлия Владимировна

младший научный сотрудник
Институт геохимии им. А. П. Виноградова
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Фаворского, 1а
e-mail: j.noskova@igc.irk.ru

Noskova Yulia Vladimirovna

Junior Research Scientist
Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS
1A, Favorsky st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: j.noskova@igc.irk.ru

Ковач Виктор Петрович

кандидат геолого-минералогических наук,
ведущий научный сотрудник
Институт геологии и геохронологии
докембрия РАН
Россия, 199034, г. Санкт-Петербург,
наб. Макарова, 2
e-mail: v.p.kovach@gmail.ru

Kovach Viktor Petrovich

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Leading Research Scientist
Institute of Precambrian Geology
and Geochronology RAS
2, Makarov st., Saint Petersburg, 199034
Russian Federation
e-mail: v.p.kovach@gmail.ru

Сасим Сергей Александрович

кандидат геолого-минералогических наук,
заведующий, кафедра полезных
ископаемых
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: sasimserg@mail.ru

Sasim Sergey Aleksandrovich

Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Head, Department
of Mineral Deposits
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
e-mail: sasimserg@mail.ru

Коды научных специальностей: 25.00.03, 25.00.04

Дата поступления: 20.04.2020

Received: April, 20, 2020