



GRANODIORITES OF OLEKMINSKY COMPLEX OF THE EASTERN TRANSBAIKALIA: U-Pb LA-ICP-MS ZIRCONS GEOCHRONOLOGY AND AGE POSITION OF COMPLEX

S.I. Dril ¹✉, V.P. Kovach ², A.B. Kotov², K.-L. Wang ^{3,4}, A.M. Larin ², Y. Iizuka ³, H.-Y. Lee ³

¹ Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 1a Favorsky St, Irkutsk 664033, Russia

² Institute of Precambrian Geology and Geochronology, Russian Academy of Sciences, 2 Makarov Emb, Saint Petersburg 199034, Russia

³ Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, 128 Academia Rd., Sec. 2, Nangang, Taipei 11529, Taiwan

⁴ National Taiwan University, 1 Roosevelt Rd., Sec. 4, Taipei 106, Taiwan

ABSTRACT. The paligenic calc-alkaline granitoid massifs of the Olekminsky complex form a magmatic belt stretching within the Western-Stanovoy terrane in the northeastern direction for more than 700 km. New U-Pb LA-ICP-MS dates for zircons from the granodiorites of the Marekta-Bereinsky massif of the Olekminsky complex and the granodiorites of the Yamninsky massif of the Krestovsky complex were obtained, amounting to 371 ± 4 Ma and 364 ± 5 Ma, respectively. These geochronological data are well consistent with the 355–358 Ma ones, therefore suggesting the Late Carboniferous age of quartz-diorite-granodiorite-granite rocks of the Olekminsky complex. However, these dates are not correlated with the existing legends of geological maps covering the area of the Western-Stanovoy structural-formation zone or the Western-Stanovoy terrane, as the intrusive formations of the Olekminsky complex are dated as the Early Paleozoic. In addition, new geochronological data call into question distinguishing of a separate Early Paleozoic Krestovsky granitoid complex.

KEYWORDS: Mongol-Okhotsk orogenic belt; zircon LA-ICP-MS U-Pb geochronological data; Western-Stanovoy terrane; Olekminsky intrusive complex

FUNDING: Scientific research was supported by RSF, grant № 22-27-00775.



EDN: NFBUGR

RESEARCH ARTICLE

Correspondence: Sergey I. Dril, sdril@igc.irk.ru

Received: December 14, 2022

Revised: October 3, 2023

Accepted: October 13, 2023

FOR CITATION: Dril S.I., Kovach V.P., Kotov A.B., Wang K.-L., Larin A.M., Iizuka Y., Lee H.-Y., 2024. Granodiorites of Olekminsky Complex of the Eastern Transbaikalia: U-Pb LA-ICP-MS Zircons Geochronology and Age Position of Complex. *Geodynamics & Tectonophysics* 15 (1), 0740. doi:10.5800/GT-2024-15-1-0740

ГРАНОДИОРИТЫ ОЛЁКМИНСКОГО КОМПЛЕКСА ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ: U-Pb LA-ICP-MS ГЕОХРОНОЛОГИЯ ПО ЦИРКОНАМ И ВОЗРАСТНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ КОМПЛЕКСА

С.И. Дриль¹, В.П. Ковач², А.Б. Котов², К.-Л. Ван^{3,4}, А.М. Ларин², Ё. Иизука³, Х.-Я. Ли³

¹ Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1а, Россия

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2, Россия

³ Институт наук о Земле, Академия Синика, 11529, Нанкан, п-т Академический, 128, сек. 2, Тайбэй, Тайвань

⁴ Национальный университет Тайваня, 106, Тайбэй, п-т Рузвельта, 1, сек. 4, Тайвань

АННОТАЦИЯ. Массивы палингенных известково-щелочных гранитоидов олёкминского комплекса образуют магматический пояс, протянувшийся в пределах Западно-Станового террейна в северо-восточном направлении более чем на 700 км. Получены новые U-Pb LA-ICP-MS датировки для цирконов из гранодиоритов Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса и гранодиоритов Ямнинского массива крестовского комплекса, составившие соответственно 371 ± 4 млн лет и 364 ± 5 млн лет. Эти геохронологические данные хорошо согласуются с полученными ранее датировками 355–358 млн лет, что позволяет уверенно говорить о позднекарбовом возрасте кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии пород олёкминского комплекса. Этот факт вступает в противоречие с существующими легендами геологических карт, охватывающих территорию Западно-Становой структурно-формационной зоны, или Западно-Станового террейна, на которых интрузивные образования олёкминского комплекса отнесены к раннему палеозою. Кроме того, новые геохронологические данные ставят под сомнение выделение самостоятельного раннепалеозойского крестовского гранитоидного комплекса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Монголо-Охотский орогенный пояс; LA-ICP-MS U-Pb датирование по цирконам; Западно-Становой террейн; олёкминский гранитоидный комплекс

ФИНАНСИРОВАНИЕ: Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, грант № 22-27-00775.

1. ВВЕДЕНИЕ

Гранитоидный магматизм широко проявлен во всех внутриконтинентальных орогенных поясах, а также в пределах складчато-надвиговых поясов континентальных окраин. Гранитоиды формируются в значительных объемах в результате аккреционных или коллизионных процессов, образующих континентальные блоки [Windley, 1995; Kovalenko et al., 1996, 1999; Jahn, 2004; Jahn et al., 2000; Kröner et al., 2017; Wang et al., 2017; и мн. др.]. Кроме того, масштабное гранитообразование может быть связано с воздействием на сформированную континентальную кору внутриплитовых эндогенных процессов [Kovalenko et al., 1996, 1999; Yarmolyuk et al., 2012, 2013; и мн. др.]. Разнообразие геодинамических обстановок, в которых проявляется гранитоидный магматизм, широкие вариации геохимических и изотопных характеристик пород дают возможность использовать гранитоиды как ключ для расшифровки процессов формирования вещественного состава континентальной коры. Возрастное положение гранитоидных комплексов позволяет определить время существования геодинамических режимов, свойственных орогенному (коллизионному) и посторогенному этапам становления складчато-надвиговых поясов континентов.

Монголо-Охотский орогенный пояс (МООП), являющийся важной составной частью Центрально-Азиатского орогенного пояса [Parfenov et al., 1999, 2003], обрамляется с юго-востока и северо-запада (в современных координатах) ареалами батолитовых интрузий

ундинского и олёкминского гранитоидных комплексов. Возраст гранитоидов ундинского комплекса определен как позднепермский – раннетриасовый, и его становление связывается с коллизионными процессами вдоль северной границы Аргунского супертеррейна МООП [Dril et al., 2017]. Возрастные рамки гранитоидов олёкминского комплекса являются предметом дискуссии [Geological Structure..., 1997; Kazimirovsky, 2004; Larin et al., 2015; Kovach et al., 2018]. Критически важным для определения возрастной позиции и объема этого комплекса является датирование его гранодиоритов, что составляет цель настоящей публикации.

2. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Массивы олёкминского гранитоидного комплекса образуют магматический пояс, протянувшийся в пределах Западно-Станового террейна в северо-восточном направлении более чем на 700 км (рис. 1, а). Изначально выделенный комплекс включал в себя практически все палеозойские гранитоиды Западно-Становой структурно-формационной зоны Забайкалья [Kazitsin et al., 1967]. В ходе дальнейших исследований в стремлении учесть разнообразие пород и многофазность палеозойских массивов в составе собственно олёкминского комплекса были объединены относительно однородные по строению кварцеводиорит-гранодиорит-гранитные интрузии (ранняя фаза) и секущие их массивы

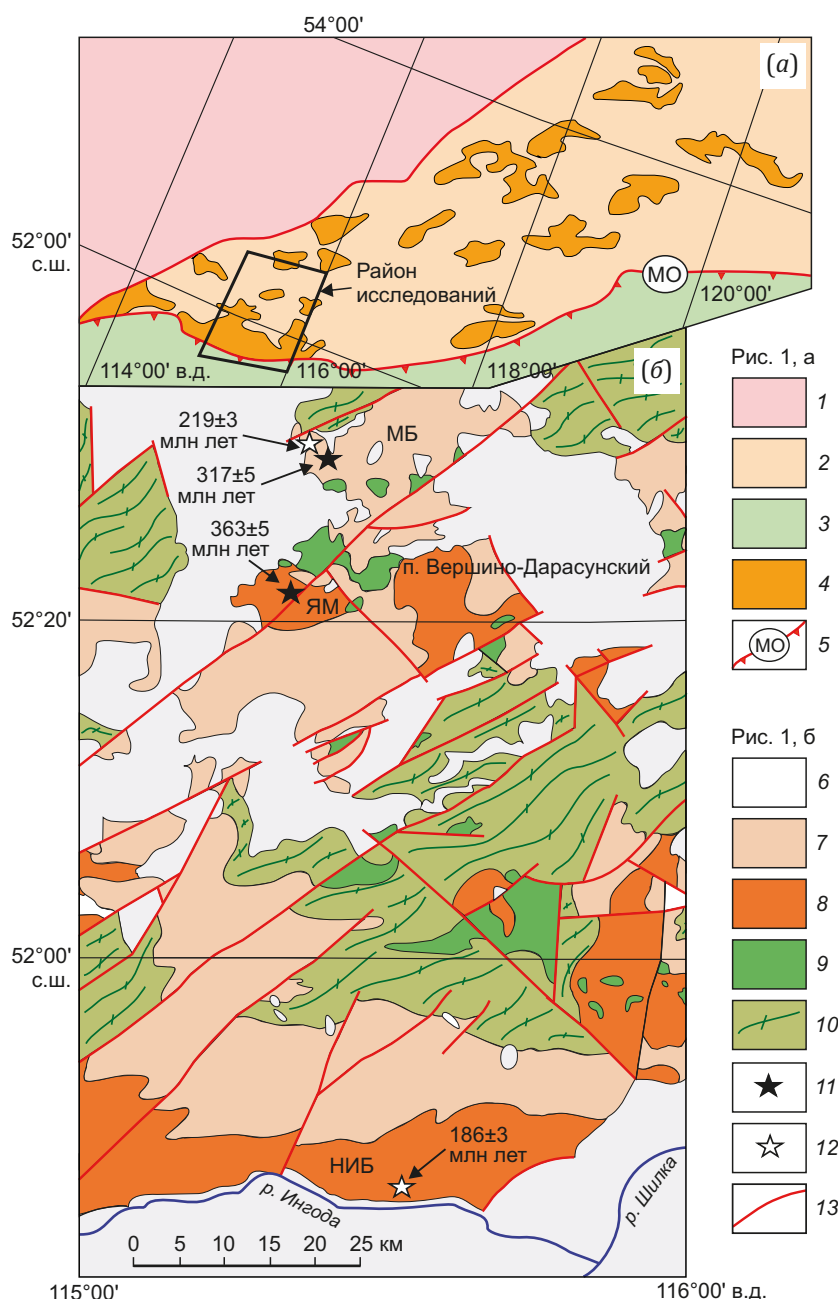


Рис. 1. Схема расположения массивов гранитоидов олёкминского комплекса в пределах Западно-Станового террейна Монголо-Охотского орогенного пояса (а) [Larin et al., 2015] и геологическая схема исследованного района (б) [Kazimirovsky, 2004].

1 – Хилок-Витимская зона Селенгино-Станового геоблока по [Larin et al., 2015]; 2 – Западно-Становой террейн МООП по [Parfenov et al., 2003]; 3 – террейны южного обрамления Монголо-Охотской сутурной зоны; 4 – интрузии олёкминского комплекса по [State Geological Map..., 2010]; 5 – Монголо-Охотская сутурная зона; 6 – посткарбоновые интрузии и мезокайнозойские отложения; 7 – гранитоиды олёкминского комплекса; 8 – гранитоиды крестовского комплекса; 9 – габброиды и гипербазиты кручининского комплекса; 10 – докембрийский фундамент; 11 – места отбора геохронологических проб настоящего исследования; 12 – места отбора геохронологических проб по [Dril et al., 2020]; 13 – разломы. Объекты: МБ – Маректинско-Берейнский массив, ЯМ – Ямнинский массив, НИБ – Нижнеингодинский батолит.

Fig. 1. Location scheme of granitoids of the Olekminsky complex in the frame of Western-Stanovoy terrane of the Mongol-Okhotsk orogenic belt (a) [Larin et al., 2015] and geological scheme of investigated area (b) [Kazimirovsky, 2004].

1 – Khilok-Vitim area of the Selenga-Stanovoy geo-block [Larin et al., 2015]; 2 – Western-Stanovoy terrane of the Mongol-Okhotsk orogenic belt [Parfenov et al., 2003]; 3 – terranes of the south framing of the Mongol-Okhotsk suture zone; 4 – intrusions of the Olekminsky complex [State Geological Map..., 2010]; 5 – Mongol-Okhotsk suture zone; 6 – Post-Carboniferous intrusions and Mesozoic-Cenozoic deposits; 7 – granitoids of the Olekminsky complex; 8 – granitoids of the Krestovsky complex; 9 – gabbro and ultramafic rocks of Kruchininsky complex; 10 – Precambrian basement; 11 – localities of geochronological samples used in this investigation; 12 – localities of geochronological samples [Dril et al., 2020]; 13 – faults. Abbreviations: МБ – Marekta-Bereinsky massif; ЯМ – Yamninsky massif; НИБ – Lower-Ingodinsky batholith.

гранит-лейкогранитного состава (поздняя фаза) [Geological Structure..., 1997; State Geological Map..., 2010]. Контакты гранитоидов с метаморфическими породами вмещающей рамы, как правило, имеют инъекционный характер и представлены зонами мигматитов разной ширины.

Этими же геолого-структурными исследованиями из первоначального объема олёкминского комплекса был выделен более древний – крестовский – комплекс [Geological Structure..., 1997]. К последнему отнесены наиболее пестрые по составу массивы, сложенные кварцевыми диоритами, гранодиоритами, тоналитами и плагиогранитами, часто гнейсовидными. Строение массивов зональное, с развитием более основных разностей пород в периферической части, где последние содержат большое количество ксенолитов и скиалитов пород вмещающей рамы [Geological Structure..., 1997; State Geological Map..., 2010]. Массивы олёкминского и крестовского комплексов тесно пространственно совмещены, а возрастные соотношения между ними обоснованы лишь структурными наблюдениями, которые не всегда очевидны из-за сходства вещественных типов и петрографических особенностей пород комплексов [Kazimirovsky et al., 2002]. Наиболее подробно структурные соотношения между гранитоидами разных фаз олёкминского комплекса, а также между породами обоих комплексов изучены в пределах Нерчинско-Куэнгского хребта к северу от бассейна р. Ингода (рис. 1, б) [Geological Structure..., 1997; Kazimirovsky, 2004], где и были выбраны объекты для геохронологических исследований.

По своему вещественному составу гранитоиды олёкминского комплекса разделяются на две серии, соот-

ветствующие в целом фазам внедрения магматитов [Kazimirovsky, 2004]. К первой из них относятся кварцеводиорит-гранодиорит-гранитные породы, отвечающие по щелочности нормальному известково-щелочному ряду на диаграмме $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})-\text{SiO}_2$. Вторая серия представлена гранитами и лейкогранитами как нормальной щелочности, так и субщелочными. На классификационной диаграмме $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{CaO})-\text{SiO}_2$ составы пород обеих серий – кварцевых диоритов, гранодиоритов, гранитов и лейкогранитов – располагаются на границе полей известковых и известково-щелочных пород. На диаграмме $\text{FeO}^*/(\text{FeO}+\text{MgO})-\text{SiO}_2$ составы гранитоидов первой серии попадают в поле магнезиальных гранитов кордильерского типа, тогда как граниты и лейкограниты второй серии попадают в область составов фракционированных железистых разностей.

Как и гранитоиды олёкминского комплекса, серия пород крестовского комплекса на примере Ямнинского массива [Geological Structure..., 1997] обладает отчетливо выраженной натровой спецификой [Geological Structure..., 1997; State Geological Map..., 2010; Kazimirovsky, 2004].

Породы кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии олёкминского комплекса имеют дифференцированные нормированные спектры распределения редкоземельных элементов [Kazimirovsky, 2004] (рис. 2, а). В кварцевых диоритах и гранодиоритах величина $\text{La}/\text{Yb}(\text{N})=33.5-11.1$ при $\text{Eu}/\text{Eu}^*=1.140.85$, в гранитах степень фракционированности спектра REE уменьшается – $\text{La}/\text{Yb}(\text{N})=21.1-8.8$ при снижении суммарного содержания лантаноидов. Величина Eu/Eu^* лежит в тех же пределах и составляет 1.19–0.86. Для гранитов и лейкогранитов второй серии характерны менее

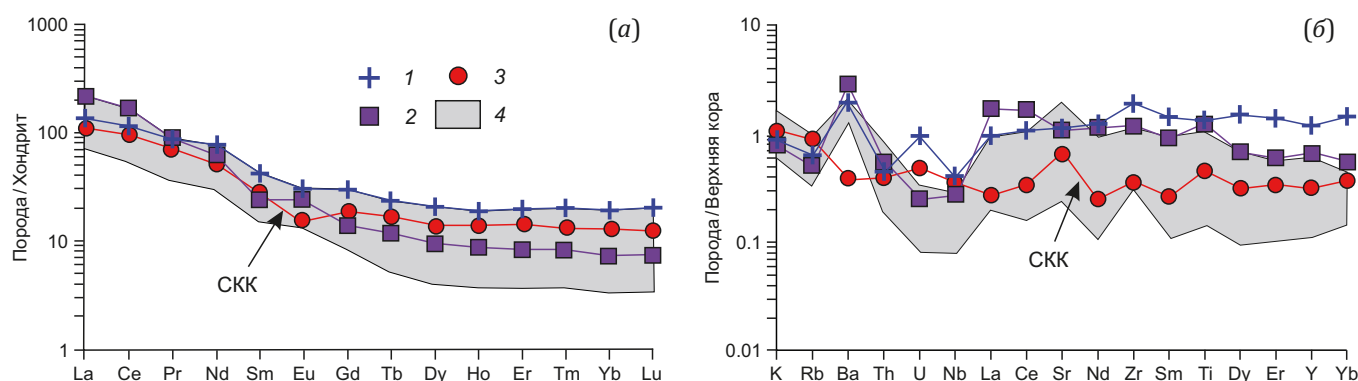


Рис. 2. Нормированные спектры распределения редкоземельных элементов (а) и мультикомпонентная диаграмма (б) для гранитоидов кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии олёкминского комплекса.

1 – гранодиорит Маректинско-Берейнского массива (ЗСТ-15-17); 2 – гранодиорит Ямнинского массива (ЗСТ-66); 3 – средний состав континентальной коры по [Taylor, McLennan, 1988]; 4 – поле составов гранитоидов кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии олёкминского комплекса по [Kazimirovsky, 2004]. Факторы нормирования – хондрит и верхняя континентальная кора, даны по [Sun, McDonough, 1989; Taylor, McLennan, 1988].

Fig. 2. Chondrite-normalized REE concentration patterns (a) and spider-diagram (b) of quartz diorite – granodiorite – granite rock-suite of the Olekminsky complex.

1 – granodiorite of Marekta-Bereinsky massif (ZST-15-17); 2 – granodiorite of Yamninsky massif (ZSE-66); 3 – average composition of continental crust [Taylor, McLennan, 1988]; 4 – field of compositions of quartz diorite – granodiorite – granite rock-suite of the Olekminsky complex [Kazimirovsky, 2004]. Factors of normalization – chondrite and upper continental crust according to [Sun, McDonough, 1989; Taylor, McLennan, 1988].

дифференцированные нормированные спектры REE – La/Yb (N)=11.8–8.7 при значительных вариациях величины $Eu/Eu^*=1.23–0.57$.

Мультikomпонентная диаграмма для гранитоидов олёкминского комплекса (рис. 2, б) показывает, что исследованные породы по сравнению со средним составом континентальной коры [Taylor, McLennan, 1988] обеднены K, Rb, Th, U, Nb. При этом наблюдается обогащение такими компонентами, как Ba, Sr, средние и тяжелые REE, Zr, Ti, Y, и, подчеркивается, что гранитоиды первой серии имеют более низкие величины $K/Ba=40–15$ по сравнению с таковыми в породах второй серии – $K/Ba>50$ [Kazimirovsky, 2004].

Таким образом, на основе имеющихся данных гранитоиды олёкминского и крестовского (Ямнинский массив) комплексов по своим петролого-геохимическим характеристикам могут быть отнесены к палингенному известково-щелочному геохимическому типу гранитоидов [Tauson, 1977]. При этом породы кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной и гранит-лейкогранитной серий олёкминского комплекса имеют некоторые вещественные отличия, заключающиеся в разнице магнетиальности/железистости пород, а также в величине K/Ba отношения.

3. ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изотопно-геохронологические данные, полученные для гранитоидов олёкминского комплекса, немногочисленны и противоречивы. Rb-Sr геохронологическими исследованиями были определены позднепалеозойские значения возраста для гранодиоритов и гранитов как в западной части пояса – 343–318 млн лет, так и в его юго-восточной части – 319 млн лет [Kazimirovsky et al., 2002]. Этими же исследованиями для гранитоидов Алеурского хребта к северу от г. Сретенска определен возраст 475 млн лет, а для петротипического Крестовского кварцево-диорит-гранодиоритового массива (Амазарский хребет) – возраст 542 млн лет. Последние датировки служат, по существу, единственным изотопно-геохронологическим обоснованием выделения самостоятельного крестовского комплекса, более древнего, чем олёкминский. При этом сами авторы признают, что степень достоверности полученных Rb-Sr данных «не дает строгих оснований» для выделения самостоятельного кембрийско-ордовикского интрузивного комплекса [Kazimirovsky et al., 2002].

В то же время позднепалеозойские датировки были подтверждены и уточнены дальнейшими U-Pb геохронологическими исследованиями циркона, проводившимися классическим U-Pb (ID-TIMS) методом. Так, для гранодиоритов и гранитов северо-восточной части интрузивного ареала были установлены значения 355–358 млн лет [Larin et al., 2015; Kovach et al., 2018], что соответствует раннему карбону. Этими исследованиями в западной части ареала были выявлены граниты со среднетриасовым возрастом 237 млн лет. Кроме

того, были получены U-Th-Pb LA-ICP-MS геохронологические данные по циркону, которые свидетельствуют о том, что в рамках традиционно выделяемого палеозойского олёкминского интрузивного комплекса присутствует значительный объем лейкократовых гранитоидов поздне триасового – раннеюрского возраста – 219–186 млн лет [Dril et al., 2020].

4. ВЫБОР КОНКРЕТНЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Тесная пространственная совмещенность интрузий олёкминского и крестовского комплексов, сходство вещественных типов пород затрудняют как разделение самих комплексов, так и выделение отдельных фаз в их составе на основе только структурно-вещественных критериев. Недостаточность геохронологических данных также не вносит существенную ясность в этот вопрос. Наиболее информативными для проведения дополнительных геохронологических исследований с целью уточнения возрастного положения обоих комплексов являются гранодиориты. Этот тип пород является характерным для первой фазы олёкминского комплекса и для серии пород крестовского комплекса. На этом основании в качестве объектов исследований были выбраны порфировидные биотит-амфиболовые гранодиориты Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса и аналогичные гранодиориты Ямнинского массива, который согласно [Geological Structure..., 1997] отнесен к крестовскому комплексу. Вещественно оба гранодиорита являются типичными представителями палингенного известково-щелочного геохимического типа гранитоидов (рис. 2). Точки отбора проб показаны на рис. 1, б.

5. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для U-Th-Pb (LA-ICP-MS) геохронологических исследований из каждой пробы гранодиоритов были отобраны представительные зерна циркона, изучение морфологических особенностей которых осуществлялось в режиме катодолюминесценции с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL FE-SEM JSM-7100F, оснащенного катодолюминесцентным детектором Centaurus Scintillator, в Институте наук о Земле (Академия Синика, Тайпей, Тайвань).

На рис. 3 и 4 показаны наиболее характерные катодолюминесцентные (CL) изображения цирконов исследованных гранодиоритов. Цирконы представлены кристаллографически правильно оформленными зернами с удлинением $L=2–5$ и с окраской от бледно-желтого до интенсивного медово-желтого цвета. Как правило, кристаллы обладают четко выраженным ядром, часто насыщенным микровключениями, и явно выраженной каймой с типичной осциллярной магматической зональностью. Именно эта кайма и исследовалась с помощью метода LA-ICP-MS.

U-Th-Pb LA-ICP-MS геохронологические исследования детритовых цирконов выполнены в Институте наук о Земле (Академия Синика, Тайпей, Тайвань) с

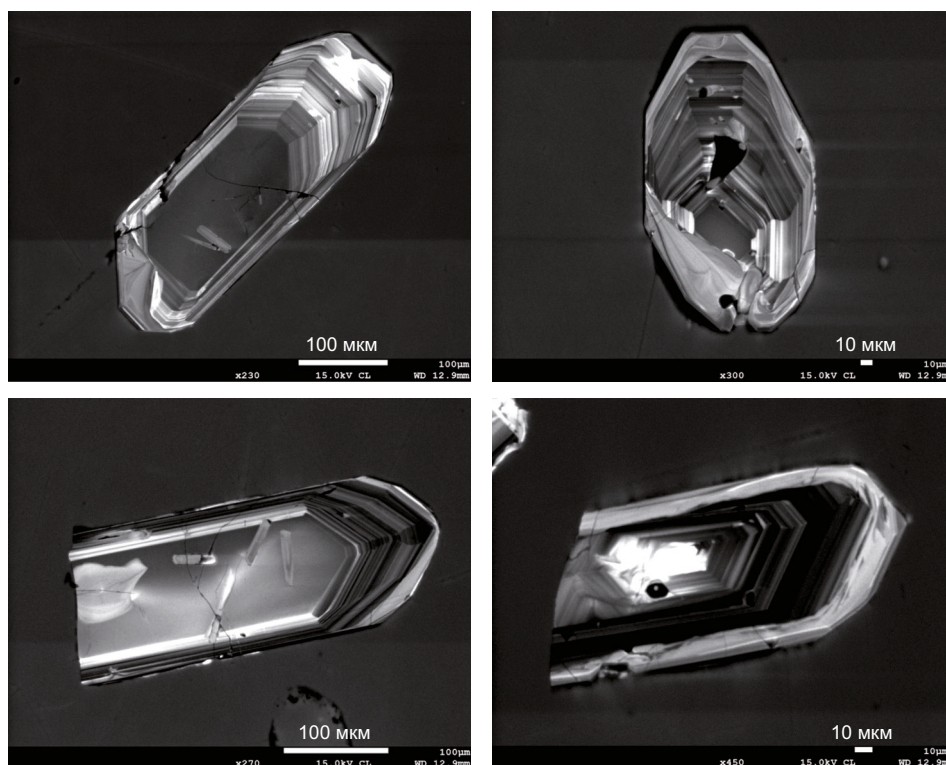


Рис. 3. Катодолюминесцентные изображения характерных цирконов из среднезернистого амфибол-биотитового порфировидного гранодиорита (ЗСТ-15-17) Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса.

Fig. 3. CL-images of typical zircons from the coarsely grained amphibole-biotite porphyritic granodiorite (ZST-15-17) of Marekta-Bereinsky massif of the Olekminsky complex.

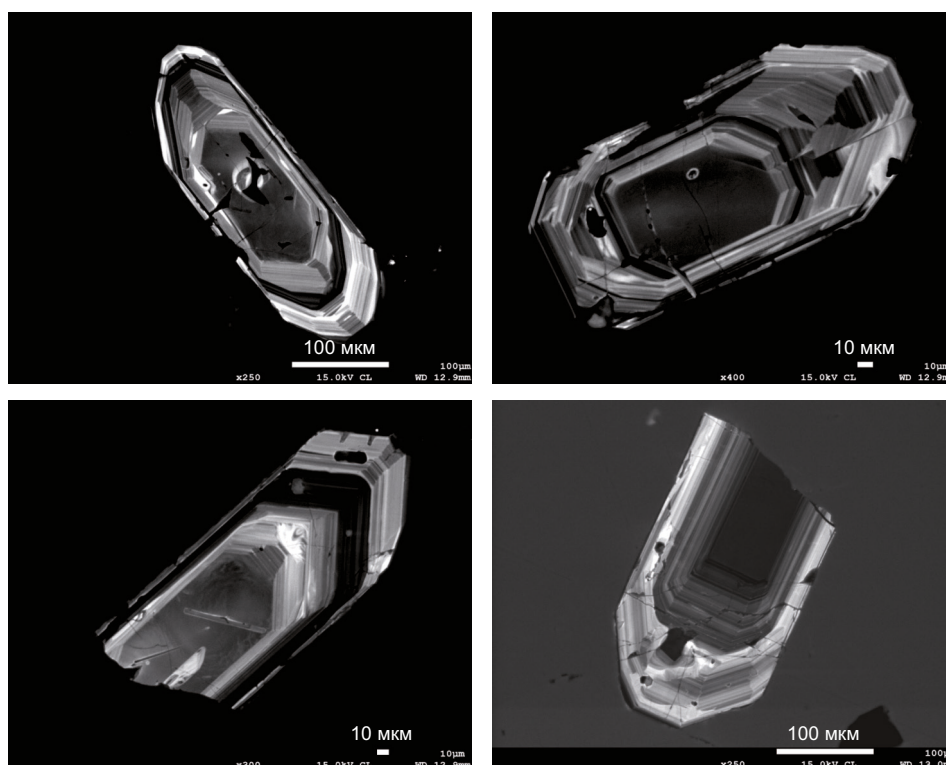


Рис. 4. Катодолюминесцентные изображения характерных цирконов из среднезернистого амфибол-биотитового порфировидного гранодиорита (ЗСТ-66) Ямнинского массива олёкминского комплекса.

Fig. 4. CL-images of typical zircons from the coarsely grained amphibole-biotite porphyritic granodiorite (ZST-66) of Yamninsky massif of the Olekminsky complex.

использованием 193-нанометровой ArF эксимерной системы лазерной абляции Photon Machines Analyte G2 и квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 7900. Диаметр пучка лазера составлял 30 мкм, длительность измерения 90 с (30 с – холостое загрязнение, 60 с – абляция). Калибровка производилась по стандартному циркону GJ-1 [Jackson et al., 2004]. Для контроля качества данных использовались стандартные цирконы Harvard 91500 и Plešovice. Для них в ходе исследований получены конкордантные оценки возраста 1063 ± 3 и 339 ± 4 млн лет, что находится в хорошем соответствии с данными, полученными методом ID-TIMS [Wiedenbeck et al., 1995; Sláma et al., 2008].

U-Th-Pb изотопные отношения были рассчитаны в программе GLITTER© [Van Achterbergh et al., 2001]. Поправки на обычный Pb рассчитаны по программе ComPbCorr [Anderson, 2002]. Расчет конкордантных возрастов производился в программе Isoplot v.4.15 [Ludwig, 2008].

6. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ U-Th-LA-ICP-MS ИССЛЕДОВАНИЙ

Из пробы среднезернистого амфибол-биотитового порфириовидного гранодиорита Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса (ЗСТ-15-17) было проанализировано 32 зерна циркона и получено 20 оценок возраста с дискордантностью $\pm 5\%$. Следует отметить, что все последние были получены для кайм с магматической осцилляционной зональностью, тогда как даже частичное включение в анализируемый объем вещества ядер приводило к получению дискордантного результата. Это может свидетельствовать об уна-

следованной природе ядер цирконов. Аналитические данные приведены в Прил. 1, табл. 1.1. Оценки возраста этих цирконов по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ изменяются от 353 ± 8 до 384 ± 9 млн лет (1σ) и имеют средневзвешенное значение, равное 371 ± 4 млн лет (СКВО=1.3, вероятность=0.17). Это значение возраста совпадает с конкордантным возрастом 371 ± 4 млн лет (СКВО=0.013, вероятность=0.91) (рис. 5). Принимая во внимание морфологические характеристики циркона, возраст кристаллизации гранитов ЗСТ-15-17 можно оценить как позднедевонский, ~ 370 млн лет.

Для пробы гранодиорита крестовского комплекса ЗСТ-66 было выполнено 12 анализов и получено 9 конкордантных определений возраста. Эти данные приведены в Прил. 1, табл. 1.2. Оценки возраста этого циркона по отношению $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ изменяются от 357 ± 8 до 371 ± 8 млн лет (1σ) и имеют средневзвешенное значение, равное 364 ± 5 млн лет (СКВО=0.58, вероятность=0.79), совпадающее с конкордантным возрастом 364 ± 5 млн лет (СКВО=0.015, вероятность=0.90) (рис. 6). Полученные данные в первом приближении свидетельствуют о позднедевонском (364 млн лет) возрасте гранодиоритов Ямнинского массива.

Таким образом, возраст гранодиоритов исследованных массивов олёкминского и крестовского комплексов совпадает в пределах погрешности и близок к оценкам возраста, полученным U-Pb ID-TIMS методом, 358 ± 2 млн лет [Larin et al., 2015] и 355 ± 2 млн лет [Kovach et al., 2018].

7. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основе предшествующих геохронологических исследований, основанных на применении Rb-Sr метода,

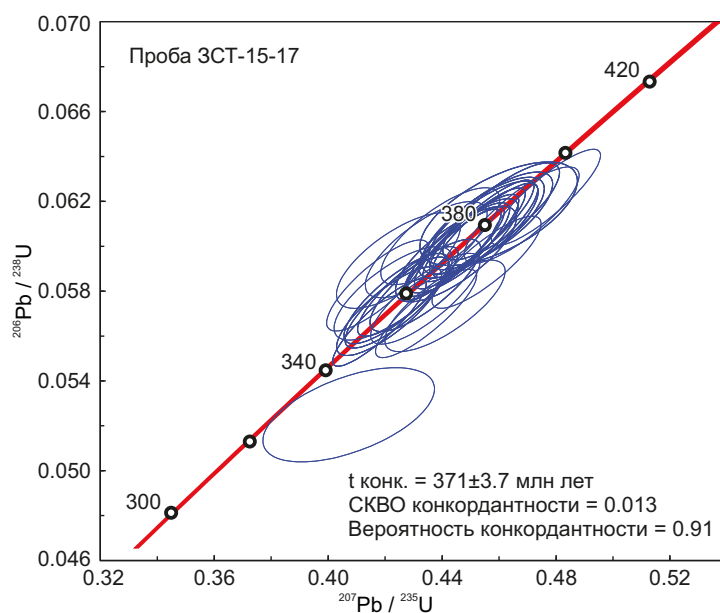


Рис. 5. Диаграмма с конкордией для циркона из пробы порфириовидного гранодиорита (проба ЗСТ-15-17) Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса.

Fig. 5. Concordia diagram for zircon from the porphyritic granodiorite (sample ZST-15-17) of Marekta-Bereinsky massif of the Olekminsky complex.

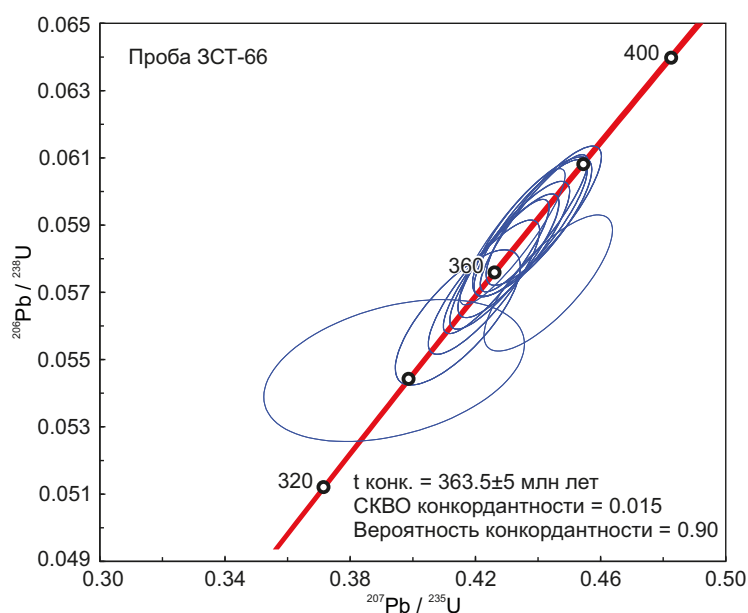


Рис. 6. Диаграмма с конкордией для циркона из пробы среднезернистого порфировидного гранодиорита Ямнинского массива олёкминского комплекса (проба ЗСТ-66).

Fig. 6. Concordia diagram for zircon from the porphyritic granodiorite (sample ZST-66) of Yamninsky massif of the Olekminsky complex.

было сделано заключение о возможности существования в пределах Западно-Становой структурно-формационной зоны, или террейна, двух раннепалеозойских гранитоидных комплексов – кембрийского (крестовского) и ордовикского (олёкминского), представленных палингенной известково-щелочной кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серией пород [Kazimirovsky, 2004]. Подобное возрастное деление предполагается и легендами геологических карт [Geological Structure..., 1997; State Geological Map..., 2010]. Высокая степень сходства геохимических характеристик гранитоидов обоих комплексов делает практически невозможным разделение последних по вещественному составу [Kazimirovsky et al., 2000; Kazimirovsky, 2004]. Для гранит-лейкогранитной серии пород олёкминского комплекса были получены позднепалеозойские (позднекарбоновые) датировки, на основании чего было предложено исключить гранитоиды этой серии из состава комплекса. В пользу этого заключения свидетельствовали и некоторые петролого-геохимические отличия этих пород от гранитоидов кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии.

Проведенные позднее U-Pb ID-TIMS и U-Pb LA-ICP-MS геохронологические исследования внесли существенные коррективы в оценки возрастного положения гранитоидов [Larin et al., 2015; Kovach et al., 2018; Dril et al., 2020]. Так, для гранодиоритов и гранитов северо-восточной части интрузивного ареала олёкминского и крестовского комплексов был установлен возраст 355–358 млн лет [Larin et al., 2015; Kovach et al., 2018], что соответствует раннему карбону. Этими исследованиями в западной части ареала были выявлены граниты со среднетриасовым возрастом 237 млн лет. Кро-

ме того, были получены данные, которые свидетельствуют о том, что в рамках традиционно выделяемого палеозойского олёкминского интрузивного комплекса присутствует значительный объем лейкократовых гранитоидов поздне триасового (219 млн лет) и раннеюрского возраста (186 млн лет) [Dril et al., 2020]. Важно отметить, что U-Pb геохронологическими исследованиями по цирконам не были получены раннепалеозойские датировки, что поставило вопрос о самом существовании эпизодов раннепалеозойского гранитообразования в пределах Западно-Станового террейна.

Авторами получены новые U-Pb LA-ICP-MS датировки для цирконов из гранодиоритов Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса и гранодиоритов Ямнинского массива крестовского комплекса, составившие соответственно 371 ± 4 млн лет и 364 ± 5 млн лет. Эти даты совпадают с учетом ошибки определения возраста, и это совпадение ставит под сомнение отнесение кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии Ямнинского массива к образованиям крестовского комплекса согласно [Geological Structure..., 1997]. Вновь полученные геохронологические данные хорошо согласуются с датировками 355–358 млн лет [Larin et al., 2015; Kovach et al., 2018], что позволяет уверенно говорить не о раннепалеозойском [Kazimirovsky et al., 2002; Kazimirovsky, 2004], а о позднекарбонном возрасте кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии пород олёкминского комплекса. Кроме того, возникает вопрос об обоснованности выделения самостоятельного крестовского комплекса как такового.

Раннеюрский возраст 186 млн лет, полученный для лейкократовых гранитов Нижнеингодинского батолита [Dril et al., 2020], подтверждает высказанное ранее

предположение [Kazimirovsky et al., 2000] о более молодом возрасте пород гранит-лейкогранитной серии, которые предлагалось исключить из объема олёкминского комплекса. Триасовые датировки гранитоидов 237–219 млн лет [Larin et al., 2015; Dril et al., 2020] могут свидетельствовать о том, что в результате геолого-структурных исследований в состав олёкминского комплекса были включены массивы бичурского комплекса, для которого принят возраст 260–235 млн лет [Geological Structure..., 1997].

8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Массивы палингенных известково-щелочных гранитоидов олёкминского комплекса образуют магматический пояс, протянувшийся в пределах Западно-Станового террейна в северо-восточном направлении более чем на 700 км. Получены новые U-Pb LA-ICP-MS датировки для цирконов из гранодиоритов Маректинско-Береинского массива олёкминского комплекса и гранодиоритов Ямнинского массива крестовского комплекса, составившие соответственно 371 ± 4 млн лет и 364 ± 5 млн лет. Эти геохронологические данные хорошо согласуются с датировками 355–358 млн лет [Larin et al., 2015; Kovach et al., 2018], что позволяет уверенно говорить о позднекарбоневом возрасте кварцеводиорит-гранодиорит-гранитной серии пород олёкминского комплекса. Этот факт вступает в противоречие с существующими легендами геологических карт, охватывающих территорию Западно-Становой структурно-формационной зоны, или Западно-Станового террейна, на которых интрузивные образования олёкминского комплекса отнесены к раннему палеозою. Кроме того, новые геохронологические данные ставят под сомнение выделение самостоятельного раннепалеозойского крестовского гранитоидного комплекса.

9. ЗАЯВЛЕННЫЙ ВКЛАД АВТОРОВ / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку рукописи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

All authors made an equivalent contribution to this article, read and approved the final manuscript.

10. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью.

The authors declare that they have no conflicts of interest relevant to this manuscript.

11. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Anderson T., 2002. Correction of Common Lead in U-Pb Analyses That Do Not Report ^{204}Pb . *Chemical Geology* 192 (1–2), 59–79. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(02\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00195-X).

Dril S.I., Noskova Yu.V., Kovach V.P., Sasim S.A., 2020. 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* 32, 32–41 (in Russian) [Дриль С.И., Носкова Ю.В., Ковач В.П., Сасим С.А. Гранит-лейкогранитная серия пород олёкминского комплекса Восточного Забайкалья: U-Pb LA-ICP-MS геохронология по цирконам и Sm-Nd изотопная систематика пород // Известия ИГУ. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 32. С. 32–41]. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.32.32>.

Dril S.I., Noskova Yu.V., Wang K.-L., Belyaev V.A., Skuzovatov S.Yu., Grigoriev D.A., Belkov D.A., 2017. Geochronology and Sr-Nd Isotope Geochemistry of Late Paleozoic Collisional Granitoids of Undinsky Complex (Eastern Transbaikalian Region). *Geodynamics & Tectonophysics* 8 (3), 455–459. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-3-0261>.

Geological Structure of Chita Region, 1997. Explanatory Note to the Geological Map of the Scale 1:500000. Chita, 239 p. (in Russian) [Геологическое строение Читинской области: Объяснительная записка к геологической карте масштаба 1:500000. Чита, 1997. 239 с.].

Jackson S.E., Pearson N.J., Griffin W.L., Belousova E.A., 2004. The Application of Laser Ablation-Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry to in Situ U-Pb Zircon Geochronology. *Chemical Geology* 211 (1–2), 47–69. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2004.06.017>.

Jahn B.M., 2004. The Central Asian Orogenic Belt and Growth of the Continental Crust in Phanerozoic. In: J. Malpas, C.J.N. Fletcher, J.R. Ali, J.C. Aitchison (Eds), *Aspects of the Tectonic Evolution of China*. Geological Society of London Special Publications 226, 73–100. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2004.226.01.05>.

Jahn B.M., Wu F.Y., Chen B., 2000. Massive Granitoid Generation in Central Asia: Nd Isotope Evidence and Implications for Continental Growth in the Phanerozoic. *Episodes* 23 (2), 82–92. <https://doi.org/10.18814/EPIIUGS/2000/V23I2/001>.

Kazimirovsky M.E., 2004. Geochemistry of Paleozoic Granitoid Magmatism in the West Stanovoy Zone of Transbaikalia. *Russian Geology and Geophysics* 45 (3), 347–362 (in Russian) [Казимировский М.Э. Геохимия палеозойского гранитоидного магматизма Западно-Становой зоны Забайкалья // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 3. С. 347–362].

Kazimirovsky M.E., Dril S.I., Sandimirova G.P., 2000. Comparative Geochemistry and Age of Paleozoic Granitoids of West-Stanovaya Zone of Transbaikalia. *Russian Geology and Geophysics* 41 (7), 990–1002 (in Russian) [Казимировский М.Э., Дриль С.И., Сандимирова Г.П. Сравнительная геохимия и возраст палеозойских гранитоидов Западно-Становой зоны Забайкалья // Геология и геофизика. 2000. Т. 41. № 7. С. 990–1002].

Kazimirovsky M.E., Sandimirova G.P., Bankovskaya E.V., 2002. Isotope Geochronology of Paleozoic Granites of the Selenga-Stanovoy Mountain Area. *Russian Geology and Geophysics* 43 (11), 973–989 (in Russian) [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].

Kazitsin Yu.V., Alexandrov G.V., Panov E.N., Shuldiner V.I., 1967. Mesozoic Ore-Bearing Intrusions of the Shilka-Olekma Region. Nedra, Moscow, 184 p. (in Russian) [Казицын Ю.В., Александров Г.В., Панов Е.Н., Шульдинер В.И. Мезозойские металлоносные интрузии Шилка-Олёкминского региона (Северо-Восточное Забайкалье). М.: Недра, 1967. 184 с.].

Kovach V.P., Kotov A.B., Larin A.M., Sal'nikova E.B., Velikoslavinskii S.D., Yakovleva S.Z., Plotkina Yu.V., 2018. Age and Boundaries of the Olekma Magmatic Belt of the Selenga-Stanovoi Superterrane (Central Asian Mobile Belt). Doklady Earth Sciences 483, 1375–1379. <https://doi.org/10.1134/S1028334X1811003X>.

Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Budnikov S.V., Zhuravlev D.Z., Kozakov I.K., Kotov A.B., Rytsk E.Yu., Salnikova E.B., 1999. Magmatism as Factor of Crust Evolution in the Central Asian Foldbelt: Sm-Nd Isotopic Data. Geotectonics 3, 21–41 (in Russian) [Коваленко В.И., Ярмольюк В.В., Ковач В.П., Будников С.В., Журавлев Д.З., Козаков И.К., Котов А.Б., Рыцк Е.Ю., Сальникова Е.Б. Корообразующие магматические процессы при формировании Центрально-Азиатского складчатого пояса: Sm-Nd изотопные данные // Геотектоника. 1999. № 3. С. 21–41].

Kovalenko V.I., Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Kotov A.B., Kozakov I.K., Salnikova E.B., 1996. Sources of Phanerozoic Granites of the Central Asia: Sm-Nd Isotopic Data. Geochemistry 8, 699–713 (in Russian) [Коваленко В.И., Ярмольюк В.В., Ковач В.П., Котов А.Б., Козаков И.К., Сальникова Е.Б. Источники фанерозойских гранитов Центральной Азии: Sm-Nd изотопные данные // Геохимия. 1996. № 8. С. 699–713].

Kröner A., Kovach V., Alexeiev D., Wang K.-L., Wong J., Degtyarev K., Kozakov I., 2017. No Excessive Crustal Growth in the Central Asian Orogenic Belt: Further Evidence from Field Relationships and Isotopic Data. Gondwana Research 50, 135–166. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.04.006>.

Larin A.M., Kotov A.B., Kovach V.P., Sal'nikova E.B., Velikoslavinskii S.D., Yakovleva S.Z., Plotkina Y.V., Yarmolyuk V.V., 2015. Granitoids of the Olekma Complex in the Selenga-Stanovoi Superterrane of the Central Asian Mobile Belt: Age and Tectonic Position. Doklady Earth Sciences 464, 903–906. <https://doi.org/10.1134/S1028334X15090093>.

Ludwig K.R., 2008. ISOPLOT 3.70. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. User's Manual. Berkeley Geochronology Center Special Publication 4, 76 p.

Parfenov L.M., Berzin N.A., Khanchuk A.I., Badarch G., Belichenko V.G., Bulgatov A.N., Dril S.I., Kirillova G.L. et al., 2003. Model of the Formation of Orogenic Belts in Central and North-East Asia. Russian Journal of Pacific Geology 22 (6), 7–41 (in Russian) [Парфёнов Л.М., Берзин Н.А., Ханчук А.И., Бадарч Г., Беличенко В.Г., Булгатов А.Н., Дриль С.И., Кириллова Г.Л. и др. Модель формирования орогенных поясов Центральной и Северо-Восточной Азии // Тихоокеанская геология. 2003. Т. 22. № 6. С. 7–41].

Parfenov L.M., Popeko L.I., Tomurtogoo O., 1999. The Problems of Tectonics of the Mongol-Okhotsk Orogen. Rus-

sian Journal of Pacific Geology 18 (5), 24–43 (in Russian) [Парфёнов Л.М., Попеко Л.И., Томуртоого О. Проблемы тектоники Монголо-Охотского орогенного пояса // Тихоокеанская геология. 1999. Т. 18. № 5. С. 24–43].

Sláma J., Košler J., Condon D.J., Crowley J.L., Gerdes A., Hanchar J.M., Horstwood M.S.A., Morris G.A. et al., 2008. Plešovice Zircon – A New Natural Reference Material for U-Pb and Hf Isotopic Microanalysis. Chemical Geology 249 (1–2), 1–35. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2007.11.005>.

State Geological Map of the Russian Federation, 2010. Aldan-Zabaikalskaya Series. Scale 1:1000000. Sheet N-50 (Sretensk). Explanatory Note. VSEGEI, Saint Petersburg, 377 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Алдано-Забайкальская. Масштаб 1:1000000. Лист N-50 (Сретенск): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 377 с.].

Sun S.-S., McDonough W.F., 1989. Chemical and Isotopic Systematics of Oceanic Basalts: Implications for Mantle Composition and Processes. Geological Society of London Special Publications 42 (1), 313–345. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19>.

Tauson L.V., 1977. Geochemical Types and Potential Ore Content of Granitoids. Nauka, Moscow, 280 p. (in Russian) [Тайсон Л.В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.].

Taylor S.R., McLennan S.M., 1988. Continental Crust: Its Composition and Evolution. Mir, Moscow, 384 p. (in Russian) [Тейлор С.Р., Мак-Леннан С.М. Континентальная кора: ее состав и эволюция. М.: Мир, 1988. 384 с.].

Van Achterbergh E., Ryan C.G., Jackson S.E., Griffin W.L., 2001. Data Reduction Software for LA-ICP-MS. Appendix. In: P.J. Sylvester (Ed.), Laser Ablation-ICP-Mass Spectrometry in the Earth Sciences. Principles and Applications. Mineralogical Association of Canada Short Course Series. Vol. 29. Mineralogical Association of Canada, Ottawa, p. 239–243.

Wang T., Tong Y., Zhang L., Li S., Huang H., Zhang J., Guo L., Yang Q., Hong D., Donskaya T., Gladkochub D., Tserendash N., 2017. Phanerozoic Granitoids in the Central and Eastern Parts of Central Asia and Their Tectonic Significance. Journal of Asian Earth Sciences. 145 (B), 368–392. <https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2017.06.029>.

Wiedenbeck M., Allé P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W., 1995. Three Natural Zircon Standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, Trace-Element and REE Analyses. Geostandards and Geoanalytical Research 19 (1), 1–23. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1995.tb00147.x>.

Windley B., 1995. The Evolving Continents. John Wiley & Sons, Chichester, 526 p.

Yarmolyuk V.V., Kovach V.P., Kozakov I.K., Kozlovsky A.M., Kotov A.B., Rytsk E.Yu., 2012. Mechanisms of Continental Crust Formation in the Central Asian Foldbelt. Geotectonics 46, 251–272. <https://doi.org/10.1134/S001685211204005X>.

Yarmolyuk V.V., Kozlovsky A.M., Kuzmin M.I., 2013. Late Paleozoic – Early Mesozoic Within-Plate Magmatism in North Asia: Traps, Rifts, Giant Batholiths, and the Geodynamics of Their Origin. Petrology 21. № 2. С. 101–126. <https://doi.org/10.1134/S0869591113010062>.

Таблица 1.1. U-Th-Pb LA-ICP-MS аналитические данные для циркона из гранодиорита Маректинско-Береинского массива олёкминского интрузивного комплекса
Table 1.1. U-Th-Pb LA-ICP-MS analytical data for zircon from granodiorite of Marecta-Bereinsky massive of the Olekminsky intrusive complex

№ п/п	Анализ	Тип коррек- ции	Коммен- тарии	Общий ²⁰⁶ Pb, %	Дискордантность, %		Изотопные отношения*						Rho*	Th/U	Возраст, млн лет					
					Центр эллипса погрешностей	Край эллипса погрешностей	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ			²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ
1	ЗСТ-15-17-01	Нет	Конкор- дантный	.	-4.13	.	0.0542	0.0007	0.4331	0.0130	0.0580	0.0014	0.80	2.2	379	29	365	9	363	8
2	ЗСТ-15-17-02	Нет	Конкор- дантный	.	-0.69	.	0.0541	0.0006	0.4434	0.0118	0.0595	0.0014	0.89	3.1	375	25	373	8	372	9
3	ЗСТ-15-17-03	Нет	Конкор- дантный	.	-0.5	.	0.0542	0.0007	0.4478	0.0122	0.0600	0.0014	0.87	2.2	377	26	376	9	376	9
4	ЗСТ-15-17-04	Нет	Конкор- дантный	.	8.78	.	0.0531	0.0008	0.4217	0.0139	0.0576	0.0014	0.74	2.3	333	33	357	10	361	9
5	ЗСТ-15-17-05	Нет	Конкор- дантный	.	0.49	.	0.0537	0.0007	0.4231	0.0122	0.0572	0.0014	0.83	1.7	357	28	358	9	359	8
6	ЗСТ-15-17-06	Нет	Конкор- дантный	.	-1.99	.	0.0542	0.0008	0.4440	0.0142	0.0594	0.0014	0.76	2.3	379	32	373	10	372	9
7	ЗСТ-15-17-08	Нет	Конкор- дантный	.	0.17	.	0.0542	0.0008	0.4520	0.0140	0.0605	0.0015	0.78	2.6	378	30	379	10	379	9
8	ЗСТ-15-17-09	Нет	Конкор- дантный	.	-0.85	.	0.0544	0.0011	0.4592	0.0185	0.0613	0.0016	0.63	1.4	386	45	384	13	383	9
9	ЗСТ-15-17-10	Нет	Конкор- дантный	.	-0.84	.	0.0543	0.0008	0.4563	0.0146	0.0609	0.0015	0.76	2.2	384	32	382	10	381	9
10	ЗСТ-15-17-11	Нет	Конкор- дантный	.	-0.93	.	0.0542	0.0007	0.4464	0.0129	0.0598	0.0014	0.82	1.6	378	28	375	9	374	9
11	ЗСТ-15-17-12	Нет	Конкор- дантный	.	-0.41	.	0.0541	0.0006	0.4423	0.0117	0.0594	0.0014	0.89	1.4	373	25	372	8	372	8
12	ЗСТ-15-17-13	Нет	Конкор- дантный	.	3.6	.	0.0534	0.0007	0.4228	0.0123	0.0574	0.0014	0.82	2.6	348	28	358	9	360	8
13	ЗСТ-15-17-14	Нет	Конкор- дантный	.	0.14	.	0.0542	0.0008	0.4536	0.0144	0.0607	0.0015	0.76	2.2	379	31	380	10	380	9
14	ЗСТ-15-17-15	Нет	Конкор- дантный	.	-0.07	.	0.0541	0.0007	0.4444	0.0124	0.0596	0.0014	0.85	2.1	374	26	373	9	373	9
15	ЗСТ-15-17-17	Нет	Конкор- дантный	.	-3.14	.	0.0545	0.0007	0.4543	0.0124	0.0605	0.0014	0.86	2.3	391	26	380	9	379	9
16	ЗСТ-15-17-18	Нет	Конкор- дантный	.	-10.96	.	0.0548	0.0007	0.4331	0.0128	0.0574	0.0014	0.81	1.4	402	28	365	9	360	8
17	ЗСТ-15-17-19	Нет	Конкор- дантный	.	-0.09	.	0.0542	0.0006	0.4532	0.0122	0.0606	0.0014	0.87	1.7	380	26	380	9	380	9
18	ЗСТ-15-17-22	Нет	Конкор- дантный	.	-0.44	.	0.0542	0.0006	0.4504	0.0120	0.0603	0.0014	0.87	2.1	379	25	378	8	377	9
19	ЗСТ-15-17-23	Нет	Конкор- дантный	.	-10.77	.	0.0554	0.0007	0.4673	0.0135	0.0612	0.0015	0.82	2.6	428	27	389	9	383	9

Таблица 1.1 (продолжение)
Table 1.1 (continued)

№ п/п	Анализ	Тип коррек- ции	Коммен- тарии	Общий ²⁰⁶ Pb, %	Дискордантность, %		Изотопные отношения*						Rho*	Th/U	Возраст, млн лет					
					Центр эллипса погрешностей	Край эллипса погрешностей	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ			²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ
20	ЗСТ-15-17-24	Нет	Конкор- дантный	.	-12.07	.	0.0557	0.0007	0.4759	0.0128	0.0620	0.0015	0.87	2.6	439	25	395	9	388	9
21	ЗСТ-15-17-28	Нет	Конкор- дантный	.	-0.19	.	0.0537	0.0007	0.4203	0.0123	0.0568	0.0013	0.81	2.8	357	28	356	9	356	8
22	ЗСТ-15-17-29	Нет	Конкор- дантный	.	-0.78	.	0.0544	0.0007	0.4601	0.0137	0.0614	0.0015	0.80	2.1	387	28	384	10	384	9
23	ЗСТ-15-17-30	Нет	Конкор- дантный	.	1.53	.	0.0537	0.0007	0.4269	0.0118	0.0577	0.0014	0.85	2.2	356	26	361	8	362	8
24	ЗСТ-15-17-31	Нет	Конкор- дантный	.	-1.7	.	0.0537	0.0006	0.4168	0.0110	0.0563	0.0013	0.89	2.8	359	25	354	8	353	8
25	ЗСТ-15-17-21	Нет	Поправка на обычный свинец на T=0 млн лет	.	-31.71	-2.2	0.0565	0.0016	0.4059	0.0201	0.0521	0.0014	0.55	1.9	474	59	346	15	327	9
26	ЗСТ-15-17-27	Нет	Поправка на обычный свинец на T=0 млн лет	.	31.43	10	0.0520	0.0009	0.4236	0.0145	0.0591	0.0014	0.71	1.9	284	35	359	10	370	9
27	ЗСТ-15-17-32	Нет	Поправка на обычный свинец на T=0 млн лет	.	26.89	6.6	0.0521	0.0007	0.4162	0.0120	0.0580	0.0014	0.82	2.0	288	28	353	9	363	8
28	ЗСТ-15-17-07	Нет	Общий ²⁰⁶ Pb<предела обнаружения	.	18.25	0.7	0.0528	0.0008	0.4384	0.0140	0.0602	0.0015	0.76	2.0	320	32	369	10	377	9
29	ЗСТ-15-17-16	Нет	Общий ²⁰⁶ Pb<предела обнаружения	.	18.2	0.5	0.0527	0.0008	0.4334	0.0143	0.0596	0.0015	0.74	1.7	317	34	366	10	373	9
30	ЗСТ-15-17-20	Нет	Общий ²⁰⁶ Pb<предела обнаружения	.	-17.81	-5.3	0.0554	0.0007	0.4334	0.0119	0.0567	0.0013	0.86	2.5	430	26	366	8	356	8
31	ЗСТ-15-17-25	Нет	Общий ²⁰⁶ Pb<предела обнаружения	.	-21.17	-7.7	0.0560	0.0008	0.4401	0.0141	0.0571	0.0014	0.75	2.5	450	31	370	10	358	8
32	ЗСТ-15-17-26	Нет	Общий ²⁰⁶ Pb<предела обнаружения	.	-17.81	-5.7	0.0559	0.0007	0.4548	0.0128	0.0590	0.0014	0.84	1.6	447	26	381	9	370	8

Примечание. Rho* – коэффициент корреляции ошибок измеренных отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U.
Note. Rho* – error correlation coefficient of measured ratios ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U.

Таблица 1.2. U-Th-Pb LA-ICP-MS аналитические данные для циркона из гранодиорита Ямнинского массива олёкминского интрузивного комплекса

Table 1.2. U-Th-Pb LA-ICP-MS analytical data for zircon from granodiorite of Yamninsky massive of the Olekminsky intrusive complex

№ п/п	Анализ	Тип коррек- ции	Коммен- тарии	Общий ²⁰⁶ Pb, %	Дискордантность, %		Изотопные отношения*						Rho*	Th/U	Возраст, млн лет					
					Центр эллипса погрешностей	Край эллипса погрешностей	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ			²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	±1σ	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ U	±1σ	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U	±1σ
1	ЗСТ-66-01	Нет	Конкор- дантный	.	-0.69	.	0.0538	0.0006	0.4287	0.0116	0.0578	0.0014	0.87	2.6	364	26	362	8	362	8
2	ЗСТ-66-02	Нет	Конкор- дантный	.	-0.37	.	0.0540	0.0007	0.4372	0.0121	0.0588	0.0014	0.85	2.3	369	27	368	9	368	8
3	ЗСТ-66-03	Нет	Конкор- дантный	.	-0.26	.	0.0540	0.0007	0.4376	0.0127	0.0588	0.0014	0.82	3.5	369	29	369	9	368	9
4	ЗСТ-66-04	Нет	Конкор- дантный	.	-1.66	.	0.0541	0.0007	0.4414	0.0123	0.0592	0.0014	0.85	2.5	376	27	371	9	370	9
5	ЗСТ-66-05	Нет	Конкор- дантный	.	0.02	.	0.0540	0.0006	0.4383	0.0115	0.0589	0.0014	0.89	3.0	369	25	369	8	369	8
6	ЗСТ-66-06	Нет	Конкор- дантный	.	1.32	.	0.0537	0.0006	0.4260	0.0113	0.0576	0.0014	0.88	3.1	356	26	360	8	361	8
7	ЗСТ-66-07	Нет	Конкор- дантный	.	5.36	.	0.0535	0.0006	0.4313	0.0112	0.0585	0.0014	0.90	2.4	348	25	364	8	367	8
8	ЗСТ-66-08	Нет	Конкор- дантный	.	0.18	.	0.0535	0.0008	0.4136	0.0133	0.0561	0.0014	0.75	2.6	351	33	351	10	352	8
9	ЗСТ-66-09	Нет	Конкор- дантный	.	-0.53	.	0.0539	0.0007	0.4317	0.0119	0.0581	0.0014	0.85	3.5	366	27	364	8	364	8
10	ЗСТ-66-12	Нет	Конкор- дантный	.	-0.87	.	0.0537	0.0007	0.4221	0.0119	0.0570	0.0014	0.84	2.8	360	28	358	8	357	8
11	ЗСТ-66-10	Поправка на общий ²⁰⁶ Pb	Да	0.54	13.85	.	0.0524	0.0026	0.3930	0.0278	0.0544	0.0014	0.37	3.0	301	114	337	20	342	9
12	ЗСТ-66-11	Нет	Общий ²⁰⁶ Pb<предела обнаружения	.	-23.2	-11	0.0563	0.0008	0.4428	0.0137	0.0571	0.0014	0.77	2.6	462	31	372	10	358	8

Примечание. Rho* – коэффициент корреляции ошибок измеренных отношений ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U.

Note. Rho* – error correlation coefficient of measured ratios ²⁰⁷Pb/²³⁵U и ²⁰⁶Pb/²³⁸U.