

**AGE OF THE AMNUNAKTA MONZOGABBRO-MONZODIORITE MASSIF
IN THE SOUTHERN FRAMING OF THE SIBERIAN CRATON****I.V. Buchko¹, A.A. Rodionov¹, E.B. Salnikova²**¹Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of RAS, Blagoveshchensk, Russia²Institute of Precambrian Geology and Geochronology of RAS, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT. The first geochronological data have been obtained for Amnunakta massif composed of monzogabbro-monzodiorite and located in the southeastern part of the Selenga-Stanovoy superterrane. It was found that the age of Amnunakta massif (240 ± 1 Ma) is almost similar to that of quartz porphyry of the Kuitun formation and alkaline granites of the Nerchugan complex, which were sampled from the eastern flank of the Selenga-Vitim Volcano-Plutonic belt. Taking into account the geological position and geochemical features of the Amnunakta massif, there are grounds to suggest that the formation of this massif (as well as of quartz porphyry of the Kuitun formation and alkaline granites of the Nerchugan complex) was associated with one of the impulses of bimodal intraplate magmatism during the evolution of the Selenga-Vitim belt.

KEYWORDS: monzogabbro; Triassic; Selenga-Vitim belt; intraplate magmatism

SHORT COMMUNICATION

Received: January 29, 2020

Revised: February 25, 2020

Accepted: March 13, 2020

FOR CITATION: Buchko I.V., Rodionov A.A., Salnikova E.B., 2020. Age of the Amnunakta monzogabbro-monzodiorite massif in the southern framing of the Siberian craton. *Geodynamics & Tectonophysics* 11 (2), 296–301. doi:10.5800/GT-2020-11-2-0475

ВОЗРАСТ АМНУНАКТИНСКОГО МОНЦОГАББРО-МОНЦОДИОРИТОВОГО МАССИВА ЮЖНОГО ОБРАМЛЕНИЯ СИБИРСКОГО КРАТОНА

И.В. Бучко¹, А.А. Родионов¹, Е.Б. Сальникова²

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск, Россия

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ. Впервые получены геохронологические данные для Амнунактинского монцогаббро-монцодиоритового массива юго-восточной части Селенгино-Станового супертеррейна. Установлено, что возраст Амнунактинского массива (240 ± 1 млн лет) практически совпадает с возрастом кварцевых порфиров куйтунской свиты и щелочных гранитов нерчуганского комплекса восточного фланга Селенгино-Витимского вулканоплутонического пояса. Учитывая геологическое положение и геохимические особенности Амнунактинского массива, можно полагать, что его становление, так же как и формирование порфиров куйтунской свиты и щелочных гранитов нерчуганского комплекса, связано с одним из импульсов проявления бимодального внутриплитного магматизма в ходе эволюции указанного пояса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: монцогаббро; триас; Селенгино-Витимский пояс; внутриплитный магматизм

1. ВВЕДЕНИЕ

Юго-восточная часть Сибирского кратона, а также его обрамление характеризуются широким проявлением ультрамафит-мафитового магматизма разного возраста. К наиболее древним образованиям этого региона относятся Каларская анортозит-чарнокитовая (2.62 млрд лет [Larin et al., 2006]) и Хорогочинская габбро-анортозитовая (2.63 млрд лет [Buchko et al., 2008a]) ассоциации. В течение палеопротерозойского этапа его геологического развития произошло становление габбро-анортозитовых Кенгурак-Сергачинского (1.87 млрд лет [Buchko et al., 2008b]), Джугджурского (1.74 млрд лет [Neymark, 1992]) и Луктурского (1.89 млрд лет [Polyakov, 2006]) массивов.

В то же время результаты геохронологических исследований последних лет показали, что многие ультрамафит-мафитовые массивы юго-восточного обрамления Сибирского кратона, ранее относимые к докембрию, имеют палеозойский и мезозойский возраст. Так, пермско-триасовые оценки возраста (~ 250 млн лет) получены для Лукиндинского дунит-троктолит-габбро-анортозитового [Buchko et al., 2018] и Лучинского дунит-троктолит-габбрового [Buchko et al., 2010] массивов, поздне триасово-раннеюрские – для габбрового Ульдегитского (228 ± 1 млн лет [Buchko et al., 2010]) и пироксенит-габбро-норитового Чек-Чиканского (203 ± 1 млн лет [Buchko et al., 2010]) массивов, позднеюрские – для перидотит-вебстерит-габбрового Веселкинского (154 ± 1 млн лет [Buchko et al., 2007]) и перидотит-габбро-монцодиоритового Петропавловского (159 ± 1 млн лет [Buchko et al., 2007]) массивов.

Расположение палеозойских и мезозойских ультрамафит-мафитовых массивов юго-восточного обрамления Сибирского кратона вдоль Монголо-Охотского складчатого пояса указывает на то, что их становление так или иначе связано с формированием этого пояса, поэтому их изучение позволяет уточнить существующие представления об эволюции как Монголо-Охотского пояса, так и восточной части Азии в целом.

2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом данного исследования послужил Амнунактинский монцогаббро-монцодиоритовый массив, который находится в юго-восточной части Селенгино-Станового супертеррейна южного обрамления Сибирского кратона и пространственно ассоциирует с магматическими комплексами восточного окончания гигантского Селенгино-Витимского (Селенгинского) вулканоплутонического пояса, который прослеживается в субширотном направлении вдоль юго-восточного обрамления Сибирского кратона на расстояние более чем 2 тыс. км из Западной Монголии до верховьев рек Витим и Олёкма на востоке (рис. 1) и является одним из наиболее крупных вулканоплутонических поясов Восточной Азии.

Амнунактинский массив представляет собой вытянутое в широтном направлении интрузивное тело протяженностью около 3 км и шириной 1.0–1.5 км, залегающее среди прорывающих его поздне мезозойских гранитоидов тукурингского и тындинско-бакаранского (?) комплексов (рис. 1). В современных схемах корреляции магматических комплексов Восточной Азии рассматриваемый массив, так же как и большинство ультрамафит-мафитовых массивов юго-восточного обрамления Сибирского кратона, относится к раннепротерозойскому лукиндинскому комплексу.

Монцогаббро и монцодиориты Амнунактинского массива представляют собой мелко- и среднезернистые породы с массивной текстурой и гипидиоморфно-зернистой структурой. Среди первичных минералов преобладают плагиоклаз – 50–75 %, калиевый полевой шпат (микроклин) – 5–10 %, клинопироксен – 10–15 %, биотит – 7–10 %, кварц – <5 % и роговая обманка – 2–5 %. Акцессорные минералы – ильменит, магнетит, апатит и циркон.

По соотношению $MgO-FeO^*-(Na_2O+K_2O)$ и $SiO_2-(FeO^*/MgO)$ монцогаббро и монцодиориты Амнунактинского массива отвечают известково-щелочной серии. Они

характеризуются повышенной глиноземистостью, умеренной магниальностью и титанистостью ($TiO_2=0.99-2.02\%$). Им свойственно обогащение легкими РЗЭ ($[La/Yb]_n=5.0-12.9$) при отрицательной европиевой аномалии ($Eu/Eu^*=0.72-0.81$). Кроме этого, они обогащены

щелочными и щелочно-земельными элементами ($Ba=1120-1800$ ppm, $Rb=50-65$ ppm) на фоне относительной деплетированности некоторыми высокочарядными элементами ($Nb=2.9-8.8$ ppm, $Hf=0.3-0.9$ ppm, $Ta=0.2-0.6$ ppm).

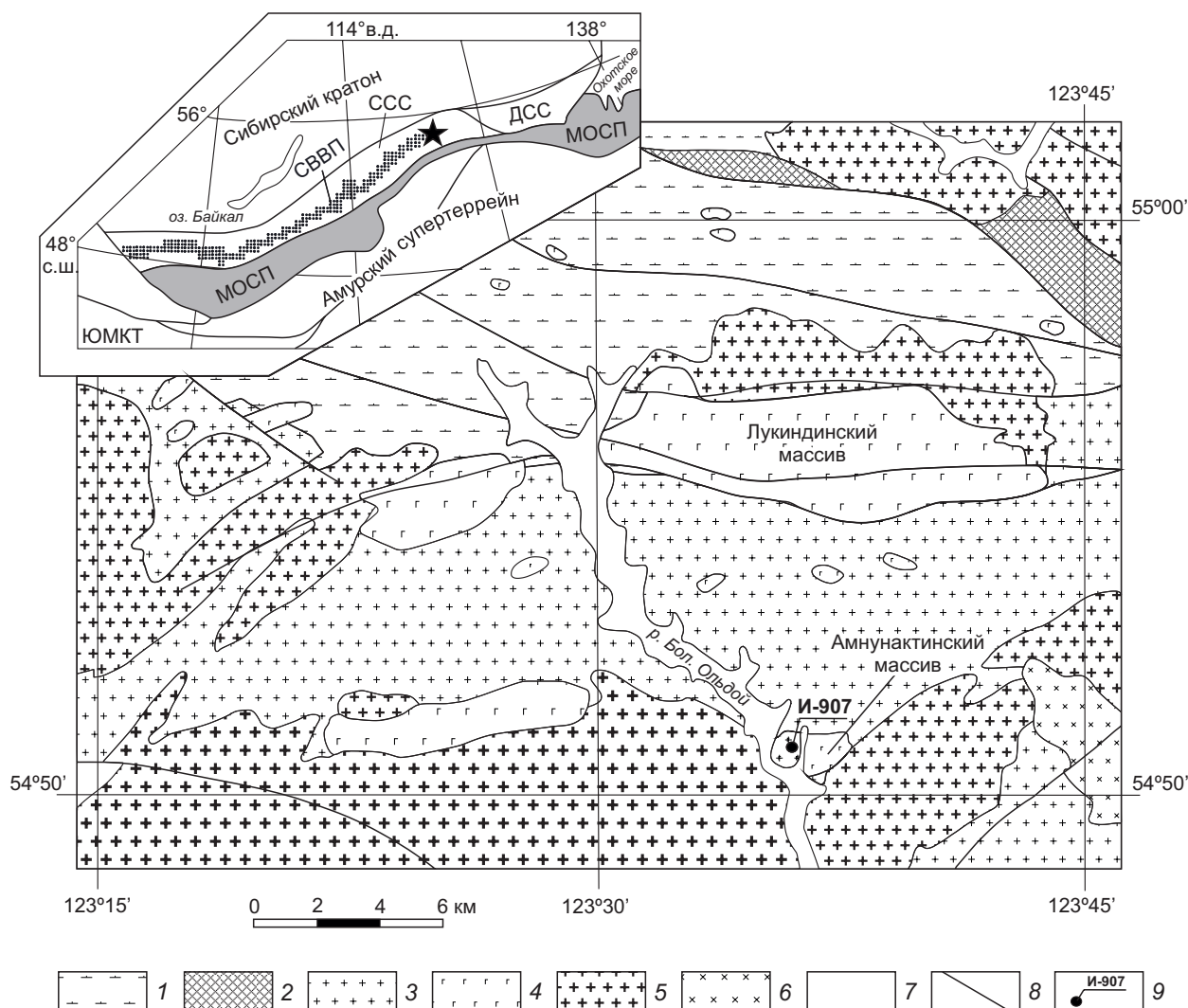


Рис. 1. Схема расположения Амнунактинского монцогаббро-монциодоритового массива. Составлена по [Milay, 1964] с изменениями авторов.

1 – амфиболиты, кристаллические сланцы верхнеархейской (?) джигдалинской свиты; 2 – метапесчаники, метаалевролиты, филлитизированные сланцы условно нижнепротерозойской желтулакской серии; 3 – граниты раннемелового (по [Larin et al., 2001]) тукурингрского комплекса; 4 – габбро, габбро-нориты, троктолиты, анортозиты условно раннепротерозойского лукиндинского комплекса; 5–6 – позднемезозойские интрузии: 5 – биотитовые граниты, 6 – сиениты, граносиениты; 7 – кайнозойские рыхлые отложения; 8 – основные разломы; 9 – место отбора образца для геохронологических исследований и его номер. На врезке звездочкой показано положение Амнунактинского массива по отношению к главным тектоническим структурам региона. Аббревиатурой обозначены: СВВП – Селенгино-Витимский вулканоплутонический пояс; МОСП – Монголо-Охотский складчатый пояс; ЮМКТ – Южно-Монгольский коллаж террейнов; CCC – Селенгино-Становой супертеррейн; ДСС – Джугджуро-Становой супертеррейн.

Fig. 1. Geological scheme of the Amnunakta monzogabbro-monzodiorite massif. Modified after [Milay, 1964].

1 – amphibolite, crystalline schists of the Neoproterozoic (?) Dzheltulak series; 2 – metasandstone, metasilstone, phillitized slates, Paleoproterozoic (?) Dzheltulak series; 3 – granites of the Early Cretaceous [Larin et al., 2001] Tukuringra complex; 4 – gabbro, gabbro-norites, troctolites, and anorthosites of the Paleoproterozoic Lukinda complex; 5–6 – Late Mesozoic intrusions: 5 – biotite granites, 6 – syenites, granosyenites; 7 – Cenozoic loose sediments; 8 – main faults; 9 – sampling point for geochronological studies and its number. Inset – position of the Amnunakta massif in relation to the major regional tectonic structures. СВВП – Selenga-Vitim Volcano-Plutonic belt; МОСП – Mongolia-Okhotsk Fold belt; ЮМКТ – South Mongolian collage of terranes; CCC – Selenga-Stanovoy superterrane; ДСС – Dzhugdzhur-Stanovoy superterrane.

3. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Для геохронологических исследований (U-Pb метод по циркону) в восточной части Амнунактинского массива (рис. 1) был отобран образец биотит-амфиболового монцогаббро (И-907). Выделение циркона из этого образца проводилось по стандартной методике с использованием тяжелых жидкостей. Выбранные для U-Pb геохронологических исследований кристаллы циркона подвергались многоступенчатому удалению поверхностных загрязнений в спирте, ацетоне и 1 М HNO_3 . Для изотопных исследований использован смешанный изотопный индикатор ^{235}U - ^{202}Pb . Изотопные анализы выполнены на масс-спектрометре TRITON TI в статическом режиме. Содержания U и Pb, а также U/Pb изотопные отношения определены с погрешностью 0.5 %. Холостое загрязнение не превышало 15 пг Pb и 1 пг U. Обработка экспериментальных данных проводилась при помощи программ «PbDAT» [Ludwig, 1991] и «ISOPLOT» [Ludwig, 1999]. При расчете возраста использованы общепринятые значения констант распада урана [Steiger, Jager, 1976]. Поправки на обычный свинец введены в соответствии с модельными величинами [Stacey, Kramers, 1975]. Все ошибки приведены на уровне 2σ .

Акцессорный циркон, выделенный из монцогаббро Амнунактинского массива (обр. И-907), образует

идиоморфные прозрачные и полупрозрачные призматические и короткопризматические кристаллы светло-желтого цвета, ограненные призмами {100}, {110} и дипирамидой {101} (рис. 2). Размер кристаллов изменяется от 50 до 300 мкм, $K_{удл.} = 1.0-3.0$. Для их внутреннего строения характерна четко проявленная «тонкая» зональность (рис. 2).

4. РЕЗУЛЬТАТЫ U-PB ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В ходе U-Pb геохронологических исследований были проанализированы две микронавески (5 и 10 зерен) наиболее крупных, идиоморфных и прозрачных кристаллов циркона, отобранных из размерных фракций 100–150 и 150–200 мкм (табл. 1). Как видно на рис. 2 и из табл. 1, их конкордантный возраст составляет 240 ± 1 млн лет (СКВО – 0.08, вероятность конкордантности – 78 %). Морфологические особенности изученных цирконов указывают на их магматическое происхождение, что дает возможность рассматривать полученную для них оценку возраста (240 ± 1 млн лет) как возраст кристаллизации расплавов, родоначальных для монцогаббро Амнунактинского массива. В свою очередь, это свидетельствует о том, что его формирование произошло не в раннем протерозое, как было принято считать ранее, а в среднем триасе.

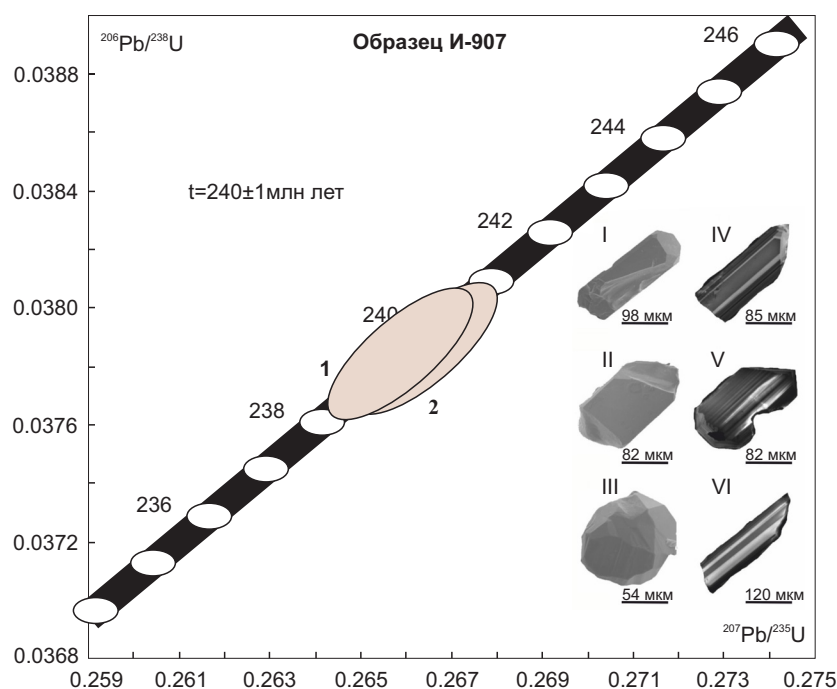


Рис. 2. Диаграмма с конкордией для циркона из биотит-амфиболового монцогаббро Амнунактинского массива (образец И-907).

Номера точек на диаграмме соответствуют порядковым номерам в табл. 1. Микрофотографии кристаллов циркона из биотит-амфиболового монцогаббро Амнунактинского массива (образец И-907), выполненные на сканирующем электронном микроскопе АВТ 55: I–III – в режиме вторичных электронов; IV–VI – в режиме катодолуминесценции.

Fig. 2. Concordia diagram for zircon from biotite-amphibole monzogabbro of the Amnunakta Massif (sample I-907).

The numbers of points in the diagram correspond to the serial numbers in Table 1. Micrographs of zircon crystals from biotite-amphibole monzogabbro of the Amnunakta Massif (sample I-907) from a scanning electron microscope АВТ 55: I–III – secondary electrons mode; IV–VI – cathodoluminescence mode.

Таблица 1. Результаты U-Pb геохронологических исследований акцессорного циркона из биотит-амфиболового монцогаббро Амнунактинского массива (образец И-907)**Table 1.** Results of U-Pb geochronological studies of accessory zircon from biotite-amphibole monzogabbro of the Amnunakta massif (sample I-907)

Но- мер п/п	Размерная фракция (мкм) и характеристика циркона	U/Pb	Изотопные отношения					Rho	Возраст, млн лет		
			$^{206}\text{Pb}/$ ^{204}Pb	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	$^{208}\text{Pb}/$ ^{206}Pb	$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U		$^{207}\text{Pb}/$ ^{235}U	$^{206}\text{Pb}/$ ^{238}U	$^{207}\text{Pb}/$ ^{206}Pb
1	100–150, 10 зерен*	22.68	3802	0.0510±1	0.3024±1	0.2658±7	0.0378±1	0.77	239±1	239±1	239±4
2	150–200, 5 зерен*	22.50	1933	0.0510±1	0.3040±1	0.2663±7	0.0379±1	0.82	240±1	240±1	242±3

Примечание. а – изотопные отношения, скорректированные на бланк и обычный свинец; Rho – коэффициент корреляции ошибок отношений $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; * – навеска циркона не определялась; 5, 10 зерен – количество зерен циркона в микронавеске. Величины ошибок (2σ) соответствуют последним значащим цифрам.

Note. a – isotopic ratios corrected for blank and common Pb; Rho – relationship error correlation coefficient $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U} - ^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$; * – zircon weight not determined; 5, 10 grains – number of zircon grains in a micron-weight sample. Error values (2σ) correspond to the last significant digits.

5. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

Возраст Амнунактинского массива (240 ± 1 млн лет) практически совпадает с возрастом кварцевых порфиров куйтунской свиты (246 ± 2 млн лет [Larin et al., 2011]) и щелочных гранитов нерчуганского комплекса (239 ± 5 млн лет [Larin et al., 2011]) восточного фланга Селенгино-Витимского вулканоплутонического пояса. Учитывая указанные тождественные геохронологические данные, а также положение Амнунактинского массива в пределах восточного окончания Селенгино-Витимского пояса (см. рис. 1), можно полагать, что становление исследованного массива связано с одним из импульсов формирования упомянутого вулканоплутонического пояса.

Согласно существующим представлениям, образование Селенгино-Витимского пояса рассматривается как результат взаимодействия мантийного плюма с литосферой в условиях активной континентальной окраины или в связи с широкомасштабными продольными перемещениями на границе континента и Монголо-Охотского океана (см. обзор в [Larin et al., 2011]).

6. ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

Buchko I.V., Sal'nikova E.B., Kotov A.B., Sorokin A.P., Larin A.M., Velikoslavinskii S.D., Yakovleva S.Z., Plotkina Yu.V., 2008a. Age and Tectonic Position of the Khorogochi Gabbro-Anorthosite Massif (Dzhugdzhur-Stanovoi Superterrane). *Doklady Earth Sciences* 423 (1), 1312–1315. <https://doi.org/10.1134/S1028334X08080291>.

Buchko I.V., Sorokin A.A., Kotov A.B., Samsonov A.V., Larionova Yu.O., Ponomarchuk V.A., Larin A.M., 2018. The Age and Tectonic Setting of the Lukinda Dunite-Gabbro-Anorthosite Massif in the East of the Selenga-Stanovoi Superterrane, Central Asian Fold Belt. *Russian Geology and Geophysics* 59 (7), 709–717. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2018.07.001>.

Buchko I.V., Sorokin A.A., Sal'nikova E.B., Kotov A.B., Larin A.M., Izokh A.E., Velikoslavinsky S.D., Yakovleva S.Z., 2007. The Late Jurassic Age and Geochemistry of Ultramafic-Mafic Massifs of the Selenga-Stanovoy Superterrane (Southern Framing of the North Asian Craton). *Russian Geology and*

Geophysics 48 (12), 1026–1036. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2007.11.005>.

Buchko I.V., Sorokin A.A., Sal'nikova E.B., Kotov A.B., Velikoslavinskii S.D., Larin A.M., Izokh A.E., Yakovleva S.Z., 2010. The Triassic Stage of Mafic Magmatism in the Dzhugdzhur-Stanovoi Superterrane (Southern Framing of the North Asian Craton). *Russian Geology and Geophysics* 51 (11), 1157–1166. <https://doi.org/10.1016/j.rgg.2010.10.001>.

Buchko I.V., Sorokin A.A., Sorokin A.P., Sal'nikova E.B., Kotov A.B., Larin A.M., Velikoslavinskii S.D., Yakovleva S.Z., 2008b. Age and Tectonic Setting of the Kengurak-Sergachi Gabbro-Anorthosite Massif (the Selenga-Stanovoi Superterrane, Southern Frame of the Siberian Craton). *Stratigraphy and Geological Correlation* 16 (4), 349–359. <https://doi.org/10.1134/S0869593808040011>.

Larin A.M., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Glebovitskii V.A., Sukhanov M.K., Yakovleva S.Z., Kovach V.P., Berezhnaya N.G., Velikoslavinskii S. D., Tolkachev M. D., 2006. The Kalar Complex, Aldan-Stanovoi Shield, an Ancient Anorthosite-Mangerite-Charnockite-Granite Association: Geochronologic, Geochemical, and Isotopic-Geochemical Characteristics. *Petrology* 14 (1), 2–20. <https://doi.org/10.1134/S0869591106010024>.

Larin A.M., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Kovach V.P., Sergeeva N.A., Yakovleva S.Z., 2001. Mesozoic Granites of the Chubachi Massif of the Tukuringra Complex (Dzhugdzhur-Stanovoy Folded Area): New Geochemical, Geochronological and Isotope-Geochemical Data. *Petrology* 9 (4), 417–432 (in Russian) [Ларин А.М., Котов А.Б., Сальникова Е.Б., Ковач В.П., Сергеева Н.А., Яковлева С.З. Мезозойские граниты Чубачинского массива тукурингрского комплекса (Джугджуро-Становая складчатая область): новые геохимические, геохронологические и изотопно-геохимические данные // Петрология. 2001. Т. 9. № 4. С. 417–432].

Larin A.M., Kotov A.B., Sal'nikova E.B., Sorokin A.A., Sorokin A.P., Korshunov A.M., Velikoslavinskii S.D., Yakovleva S.Z., Plotkina Yu.V., 2011. Age and Tectonic Position of Granites and Volcanics in the Eastern Margin of the Selenga-Vitim Volcano-Plutonic Belt. *Doklady Earth Sciences* 441 (1), 1502–1507. <https://doi.org/10.1134/S1028334X11110262>.

Ludwig K.R., 1991. PbDat for MS-DOS. Version 1.21. U.S. Geological Survey Open-File Report 88-542, 34 p.

Ludwig K.R., 1999. ISOPLOT/Ex. Version 2.06. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkley Geochronology Center Special Publication, No 1a, 49 p.

Milay T.A., 1964. A Geological Map and a Map of Minerals of the USSR. Stanova Series. Scale of 1:200000. Sheet N-51-X. VSEGEI, Leningrad (in Russian) [Милай Т.А. Геологическая карта и карта полезных ископаемых СССР. Серия Становая. Масштаб 1:200000. Лист N-51-X. Л.: ВСЕГЕИ, 1964].

Neymark L.A., Larin A.M., Ovchinnikova G.V., Yakovleva S.Z., 1992. Uranium-Lead Age of Dzhugdzhur Anorthosites. Reports of the Academy of Sciences 323 (3), p. 514–518 (in Russian) [Неймарк Л.А., Ларин А.М., Овчинникова Г.В., Яковлева С.З. Уран-свинцовый возраст анортозитов Джугджура // ДАН. 1992. Т. 323. № 3. С. 514–518].

Polyakov G.V., Izokh A.E., Krivenko A.P., 2006. Platinum-Bearing Ultramafic-Mafic Formations of Mobile Zones in Central and Southeast Asia. Geology and Geophysics 47 (12), 1227–1241 (in Russian) [Поляков Г.В., Изох А.Э., Кривенко А.П. Платиноносные ультрамафит-мафитовые формации подвижных поясов Центральной и Юго-Восточной Азии // Геология и геофизика. 2006. Т.47. № 12. С. 1227–1241].

Stacey J.S., Kramers I.D., 1975. Approximation of Terrestrial Lead Isotope Evolution by a Two-Stage Model. Earth and Planetary Science Letters 26 (2), 207–221. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(75\)90088-6](https://doi.org/10.1016/0012-821X(75)90088-6).

Steiger R.H., Jager E., 1976. Subcommittee on Geochronology: Convention on the Use of Decay Constants in Geo- and Cosmochronology. Earth and Planetary Science Letters 36 (2), 359–362. [https://doi.org/10.1016/0012-821X\(77\)90060-7](https://doi.org/10.1016/0012-821X(77)90060-7).

INNA V. BUCHKO

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher
Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of RAS
1 Relochniy Ln, Blagoveschensk 675000, Russia
e-mail: inna@ascnet.ru
ORCID: [0000-0001-5330-8832](https://orcid.org/0000-0001-5330-8832)

ALEXEY A. RODIONOV

Junior Researcher
Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of RAS
1 Relochniy Ln, Blagoveschensk 675000, Russia
e-mail: scream_amsu@mail.ru
ORCID: [0000-0002-4416-3341](https://orcid.org/0000-0002-4416-3341)

EKATERINA B. SALNIKOVA

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher
Institute of Precambrian Geology and Geochronology of RAS
2 Makarova Emb, Saint Petersburg 199034, Russia
e-mail: katesalnikova@yandex.ru, e.b.salnikova@ipgg.ru

ИННА ВЛАДИМИРОВНА БУЧКО

докт. геол.-мин. наук, в.н.с.
Институт геологии и природопользования ДВО РАН
675000, г. Благовещенск, пер. Рёлочный, 1, Россия

АЛЕКСЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ РОДИОНОВ

м.н.с.
Институт геологии и природопользования ДВО РАН
675000, г. Благовещенск, пер. Рёлочный, 1, Россия

ЕКАТЕРИНА БОРИСОВНА САЛЬНИКОВА

канд. геол.-мин. наук, в.н.с.
Институт геологии и геохронологии докембрия РАН
199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, 2, Россия