

УДК 552.163

ЭТАПЫ И ВОЗРАСТ МЕТАМОРФИЗМА В ПОРОДАХ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КИТОЙСКОГО БЛОКА (ШАРЫЖАЛГАЙСКИЙ ВЫСТУП СИБИРСКОГО КРАТОНА)

В. П. Сухоруков^{1*}, В. Б. Савельева²

¹ Институт геологии и минералогии СО РАН (пр. Академика Коптюга, 3, Новосибирск, Россия, 630090), *svp@igm.nsc.ru

² Институт земной коры СО РАН (ул. Лермонтова, 128, Иркутск, Россия, 664033)

Проведено изучение глиноземистых гнейсов и гранатовых амфиболитов восточной части Китойского блока Шарыжалгайского выступа (район Китойского силлиманитового месторождения). На основании петрографического изучения микроструктурных взаимоотношений минералов, их химической неоднородности, оценок РТ-параметров метаморфизма и термодинамического моделирования установлено, что оба типа пород подверглись двухэтапному метаморфизму. Первый эпизод регионального метаморфизма характеризовался пиковыми параметрами $T = 780\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 8\text{--}9\text{ кбар}$ и завершился снижением давления на регрессивной стадии. Второй этап метаморфизма протекал при низких давлениях 2–4 кбар и в широком интервале температур от 650–700 до 850 °С. На основании датирования циркона и монацита из гранат-антофиллитовых гнейсов был установлен возраст метаморфизма в интервале 2489–2496 и 2446–2456 млн лет, что совпадает с возрастом гранитоидного магматизма.

Ключевые слова: Сибирский кратон; Китойский блок; гранулитовый метаморфизм; неоархей

Для цитирования: Сухоруков В. П., Савельева В. Б. Этапы и возраст метаморфизма в породах восточной части Китойского блока (Шарыжалгайский выступ Сибирского кратона) // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 144–147. doi: 10.17076/geo1652

Финансирование. Работа выполнена по государственному заданию ИГМ СО РАН при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

V. P. Sukhorukov^{1*}, V. B. Savel'eva². STAGES AND AGE OF METAMORPHISM OF THE EASTERN PART OF KITOY BLOCK (SHARYZHALGAI UPLIFT, SIBERIAN CRATON)

¹ Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (3 Acad. Koptug Ave., 630090 Novosibirsk, Russia), *svp@igm.nsc.ru

² Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (128 Lermontova St., 664033 Irkutsk, Russia)

Alumina gneisses and garnet amphibolites of the eastern part of the Kitoy block of Sharyzhalgai Uplift (Kitoy sillinite deposit area) were studied. On the basis of petrographic studies of mineral microstructures, chemical zoning, PT-estimates and thermodynamical modeling two stages of metamorphism were found in both rock types. The first episode of regional metamorphism (M1) occurred at $T = 780\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $P = 8\text{--}9\text{ kbar}$ and was followed by decompression in the retrograde stage. The second stage (M2) occurred at low pressure, $P = 2\text{--}4\text{ kbar}$, and in a wide temperature interval of $T = 650\text{--}850\text{ }^{\circ}\text{C}$. Two peaks were established on the basis of U-Pb monazite and zircon dating in garnet-anthophyllite gneisses. Both of them correspond to Neoproterozoic age: the age of M1 falls into the interval of ca. 2489–2496 Ma, the age of M2 – ca. 2446–2456 Ma. The high-temperature metamorphism of the Kitoy block and nearly coeval granitoid magmatism can be regarded as evidence for a Neoproterozoic collision in the SW Siberian Craton.

Keywords: Siberian Craton; Kitoy block; granulite metamorphism; Neoproterozoic

For citation: Sukhorukov V. P., Savel'eva V. B. Stages and age of metamorphism of the eastern part of the Kitoy Block (Sharyzhalgai Uplift, Siberian Craton). *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:144–147. doi: 10.17076/geo1652

Funding. The study was carried out under state assignment to the Institute of Geology and Mineralogy SB RAS with support from the Russian Ministry for Science and Higher Education.

Китойский и Иркутский гранулитогнейсовые блоки образуют большую часть Шарыжалгайского выступа Сибирской платформы, они сложены однотипными породными ассоциациями, в обоих блоках для метаморфических пород по циркону установлены два этапа гранулитового метаморфизма: 2,55–2,60 и 1,85–1,86 млрд лет, которые коррелируют с образованием гранитоидов (2,53–2,54 и 1,85–1,86 млрд лет) [Гладкочуб и др., 2005; Turkina et al., 2012 и др.].

Китойское силлиманитовое месторождение располагается в восточной части Китойского блока, вблизи его границы с Иркутским блоком. Район месторождения сложен силлиманитовыми, андалузит-силлиманитовыми, гранат-силлиманитовыми сланцами и гнейсами, которые переслаиваются с кварцитами, амфиболитами, мраморами. Толщи силлиманитосодержащих сланцев подстилаются амфиболитами и амфиболовыми гнейсами, которые содержат пачки высокоглиноземистых сланцев, отдельные прослои биотитовых и биотит-гранатовых гнейсов.

Минеральные ассоциации гранатовых амфиболитов $\text{Grt} + \text{Hbl} + \text{Pl} + \text{Qz} \pm \text{Cpx}$. В них установлено два типа реакционных микроструктур: 1) плагиоклаз-роговообманковые каймы вокруг граната и 2) формирование мелкозернистого агрегата $\text{Cpx} + \text{Orx} + \text{Pl}$ по более крупным зернам роговой обманки. Первый тип структур проявлен во всех образцах, второй – только в части. Плагиоклаз в реакционных каймах име-

ет более высокую основность, чем в матрице породы, амфибол характеризуется более низким содержанием Na, Ti, Al (IV). Оценка PT-параметров пика метаморфизма проводилась по минералам матрикса и ассоциации $\text{Grt} + \text{Hbl} + \text{Pl} + \text{Qz}$, полученные параметры отвечают $T = 710\text{--}770\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 8\text{--}9\text{ kbar}$. Для регрессивного этапа по составам минералов каем $\text{Hbl} + \text{Pl}$ получены значения T около $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ при существенно более низких давлениях 1,3–2,5 кбар. Замещение роговой обманки мелкозернистым агрегатом с двупироксеновой ассоциацией происходило, вероятно, при температурах гранулитовой фации метаморфизма – около $850\text{ }^{\circ}\text{C}$ [Sukhorukov, Savel'eva, 2020].

Глиноземистые гнейсы представлены двумя типами: гранат-силлиманитовые с ассоциацией $\text{Grt} + \text{Crd} + \text{Sill} + \text{Bt} + \text{Pl} + \text{Qz}$ и гранат-антофиллитовые с ассоциацией $\text{Grt} + \text{Bt} + \text{Crd} + \text{Anth} + \text{Ged} + \text{Orx} + \text{Pl}$. Обе ассоциации содержат акцессорные рутил, циркон и монацит. Главные реакционные структуры для гранат-силлиманитовых гнейсов включают кордиерит-кварцевые каймы вокруг зерен граната и замещение силлиманитом исходного андалузита, от частичного в одних образцах до полного в других. В кордиеритовых каймах отмечается резорбирование биотита. В гранат-антофиллитовых гнейсах встречаются следующие реакционные структуры: 1) кордиерит-антофиллитовые каймы вокруг граната и биотита; 2) каймы практически чистого анортита с включениями антофиллита вокруг исходного Ca-Na-плагиоклаза;

3) каймы антофиллита вокруг исходных ортопироксена и жедрита.

Оценки РТ-параметров метаморфизма производились с использованием традиционных минералогических геотермометров и геобарометров, геотермометров на основании содержания титана в цирконе и циркония в рутиле, а также термодинамического моделирования с использованием программного комплекса PERPLEX 672 [Connolly, 1990, 2009]. Для оценки параметров первого этапа метаморфизма использовались центральные части минералов матрикса породы, второй стадии – минералов каем. Полученные параметры для первой стадии метаморфизма – $T = 780\text{--}800\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 8\text{--}9$ кбар, для второй стадии – $T = 600\text{--}750\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P = 2\text{--}4$ кбар [Sukhorukov et al., 2020].

Таким образом, для гнейсов основного и глиноземистого состава установлена двухэтапная метаморфическая история, в которой первый этап регионального метаморфизма верхов амфиболитовой фации сменяется стадией декомпрессии и повторным метаморфизмом при низких давлениях.

Для возрастных оценок были использованы U-Pb датировки по циркону и монациту из образца гранат-антофиллитовых гнейсов. На основании 20 анализов монацита выделяется два отчетливых пика возраста – около 2451 ± 16 и $2496 \pm 9,5$ млн лет. По 33 анализам циркона, лежащим в интервале 2522–2421 млн лет, выделяется один отчетливый пик около 2489 млн лет и слабовидимый пик около 2446 млн лет, что в целом совпадает с данными, полученными по монациту. Эти значения хорошо коррелируют с данными, полученными В. И. Левицким с соавт. [2010] по жилам пегматоидных гранитоидов (2483 ± 4 млн лет), и данными В. А. Глебовицкого с соавт. [2011] по U-Pb датированию монацита ($2493 \pm 1,2$ млн лет) и Sm/Nd датированию граната и силлиманита (2515 ± 17 , 2456 ± 50 , 2502 ± 17 и 2410 ± 110 млн лет).

Полученные данные возраста свидетельствуют в пользу предположения о неогархейском возрасте начала формирования Сибирского кратона [Smelov, Timofeev, 2007; Turkina et al., 2012].

Литература

Гладкочуб Д. П., Донская Т. В., Мазукабзов А. М., Сальникова Е. Б., Склярлов Е. В., Яковлева С. З. Возраст и геодинамическая интерпретация гранитоидов китайского комплекса (юг Сибирского кратона) // Геология и геофизика. 2005. Т. 46(11). С. 1139–1150.

Глебовицкий В. А., Левченко О. А., Левицкий В. И., Ризванова Н. Г., Левский Л. К., Богомолов Е. С., Левицкий И. В. Возрастные рубежи проявления метаморфизма на Китайском силлиманитовом месторождении (Юго-Восточное Присянье) // ДАН. 2011. Т. 436, № 3. С. 351–355.

Левицкий В. И., Резницкий Л. З., Сальникова Е. Б., Левицкий И. В., Котов А. Б., Бараш И. Г., Яковлева С. З., Анисимова И. В., Плоткина Ю. В. Возраст и происхождение Китайского месторождения силлиманитовых сланцев (Восточная Сибирь) // ДАН. 2010. Т. 431, № 3. С. 386–391.

Connolly J. A. D. Multivariable phase diagrams: An algorithm based on generalized thermodynamics // Am. J. Sci. 1990. Vol. 290. P. 666–718. doi: 10.2475/ajs.290.6.666

Connolly J. A. D. The geodynamic equation of state: What and how // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2009. Vol. 10, iss. 10. Q10014. doi: 10.1029/2009GC002540

Smelov A. P., Timofeev V. F. The age of the North Asian Cratonic basement: an overview // Gondwana Research. 2007. Vol. 12. P. 279–288. doi: 10.1016/j.gr.2006.10.017

Sukhorukov V. P., Savel'eva V. B. Two episodes of metamorphism in the rocks of the Eastern Kitoi block (Sharyzhalgai uplift of the Siberian platform) according to the garnet amphibolite data // Geodynamics & Tectonophysics. 2020. Vol. 11(1). P. 107–121. doi: 10.5800/GT-2020-11-1-0466

Sukhorukov V. P., Savel'eva V. B., Jiang Y., Li Zh. P-T path of metamorphism and U-Pb monazite and zircon age of the Kitoi terrane: Implication for Neoproterozoic collision in SW Siberian Craton // Geoscience Frontiers. 2020. Vol. 11(6). P. 1915–1934. doi: 10.1016/j.gsf.2020.05.012

Turkina O. M., Berezhnaya N. G., Lepekina E. N., Kapitonov I. N. U-Pb (SHRIMP II), Lu-Hf isotope and trace element geochemistry of zircons from high-grade metamorphic rocks of the Irkut terrane, Sharyzhalgai Uplift: implications for the Neoproterozoic evolution of the Siberian Craton // Gondwana Research. 2012. Vol. 21. P. 801–817. doi: 10.1016/j.gr.2011.09.012

References

Connolly J. A. D. Multivariable phase diagrams: An algorithm based on generalized thermodynamics. *Am. J. Sci.* 1990;290:666–718. doi: 10.2475/ajs.290.6.666

Connolly J. A. D. The geodynamic equation of state: What and how. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 2009;10(10): Q10014. doi: 10.1029/2009GC002540

Gladkochub D. P., Donskaya T. V., Mazukabzov A. M., Sal'nikova E. B., Sklyarov E. V., Yakovleva S. Z. The age and geodynamic interpretation of the Kitoi granitoid complex (southern Siberian Craton). *Russ. Geol. Geophys.* 2005;46:1121–1133.

Glebovitskii V. A., Levchenko O. A., Levitskii V. I., Rizvanova N. G., Levskii L. K., Bogomolov E. S., Levitskii I. V. Age stages of metamorphism at the Kitoi Sillimanite schist deposit, southeastern Prisyanye. *Dokl. Earth Sci.* 2011;436:13–17.

Levitskii V. I., Reznitskii L. Z., Sal'nikova E. B., Levitskii I. V., Kотов A. B., Barash I. G., Yakovleva S. Z.,

Anisimova I. V., Plotkina Yu. V. Age and origin of the Kitoi sillimanite schist deposit, eastern Siberia. *Dokl. Earth Sci.* 2010;413(1):394.

Smelov A. P., Timofeev V. F. The age of the North Asian Cratonic basement: an overview. *Gondwana Research.* 2007;12:279–288. doi: 10.1016/j.gr.2006.10.017

Sukhorukov V. P., Savel'eva V. B. Two episodes of metamorphism in the rocks of the Eastern Kitoi block (Sharyzhalgai uplift of the Siberian platform) according to the garnet amphibolite data. *Geodynamics & Tectonophysics.* 2020;11(1):107–121. doi: 10.5800/GT-2020-11-1-0466

Sukhorukov V. P., Savel'eva V. B., Jiang Y., Li Zh. P-T path of metamorphism and U-Pb monazite and zircon age of the Kitoi terrane: Implication for Neoproterozoic collision in SW Siberian Craton. *Geoscience Frontiers.* 2020;1(6):1915–1934 doi: 10.1016/j.gsf.2020.05.012

Turkina O. M., Berezhnaya N. G., Lepekhina E. N., Kapitonov I. N. U-Pb (SHRIMP II), Lu-Hf isotope and trace element geochemistry of zircons from high-grade metamorphic rocks of the Irkut terrane, Sharyzhalgai Uplift: implications for the Neoproterozoic evolution of the Siberian Craton. *Gondwana Research.* 2012;21:801–817. doi: 10.1016/j.gr.2011.09.012

Поступила в редакцию / received: 19.08.2022; принята к публикации / accepted: 29.08.2022.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Сухоруков Василий Петрович

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник

e-mail: svp@igm.nsc.ru

Савельева Валентина Борисовна

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник

e-mail: vsavel@crust.irk.ru

CONTRIBUTORS:

Sukhorukov, Vasily

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher

Savel'eva, Valentina

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher