

УДК 551.72; 551.24.056

НОВЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ГРЕНВИЛЬСКИХ И ВАЛЬГАЛЬСКИХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ЗАПАДНОЙ ОКРАИНЕ СИБИРСКОГО КРАТОНА НА ПРИМЕРЕ ГАРЕВСКОГО МЕТАКОМПЛЕКСА ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА

И. И. Лиханов

*Институт геологии и минералогии СО РАН им. В.С. Соболева (пр. Акад. Коптюга, 3,
Новосибирск, Россия, 630090)*

По результатам минералого-петрологических, геохимических и изотопно-геохронологических исследований получены данные по особенностям петрогенезиса, геотектоническим обстановкам и условиям формирования, возрастам метаморфизма и протолита контрастных по составу пород гаревского метаморфического комплекса. Установлены два импульса неопротерозойской эндогенной активности на западной окраине Сибирского кратона, связанные со становлением суперконтинента Родиния, коррелирующие с гренвильскими (930–900 млн лет) и постгрэнвильскими (880–845 млн лет) коллизионно-аккреционными процессами вальгальской складчатости.

Ключевые слова: геохимия; тектонические обстановки; U-Pb и ^{40}Ar - ^{39}Ar возраст; Lu-Hf изотопная систематика цирконов; Енисейский кряж

Для цитирования: Лиханов И. И. Новые доказательства гренвильских и вальгальских тектонических событий на западной окраине Сибирского кратона на примере Гаревского метаконплекса Енисейского кряжа // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 77–80. doi: 10.17076/geo1682

Финансирование. Работа выполнена за счет средств гранта РФФИ (проект № 21-77-20018).

I. I. Likhanov. NEW EVIDENCE FOR THE GRENVILLE AND VALHALLA TECTONIC EVENTS AT THE WESTERN MARGIN OF THE SIBERIAN CRATON: THE CASE OF THE GAREVKA METACOMPLEX, YENISEY RIDGE

*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy
of Sciences (3 Acad. Koptuyug Ave., 630090 Novosibirsk, Russia)*

We report new data on the petrogenesis, tectonic settings, thermodynamic conditions, metamorphism and protolith ages for compositionally contrasting rocks of the Garevka metamorphic complex, obtained from the results of mineralogical-petrological, geochemical, and isotope-geochronological studies. Zircon SHRIMP U-Pb analyses coupled with ^{40}Ar - ^{39}Ar dating constrain the timing of two new pulses of Neoproterozoic en-

dogenous activity at the western margin of the Siberian Craton, associated with the Grenville (930–900 Ma) and the post-Grenville Valhalla (880–845 Ma) accretion-and-collision processes.

Keywords: geochemistry; tectonic settings; U-Pb and ^{40}Ar - ^{39}Ar dating; Lu-Hf zircon isotope systematics; Yenisey Ridge

For citation: Likhanov I. I. New evidence for the Grenville and Valhalla tectonic events at the western margin of the Siberian Craton: the case of the Garevka metacomplex, Yenisey Ridge. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:77–80. doi: 10.17076/geo1682

Funding. The study was funded by Russian Science Foundation grant # 21-77-20018.

Реконструкция геологической истории Енисейского кряжа, представляющего собой коллизионно-аккреционный ороген на западной окраине Сибирского кратона, важна не только для понимания тектонической эволюции подвижных поясов, но и для верификации данных палеомагнитного моделирования о конфигурации Родинии. Этот суперконтинент возник на рубеже мезо-неопротерозоя в результате гренвильского орогенеза, фиксировавшего закрытие позднемезопротерозойского океана: его заключительные деформации имели возраст 1,2–0,9 млрд лет [Богданова и др., 2009]. Ключевым для палеоконтинентальных реконструкций неопротерозойского этапа эволюции Родинии также является вальгальский ороген [Sawood et al., 2010], сформировавшийся в диапазоне гренвильского и постгренвильского циклов, включающих эпохи Ренланд (980–910 млн лет) и Нордатьян (880–720 млн лет).

С другой стороны, на основании имеющихся в литературе представлений о низкой эндогенной активности в геологической эволюции Земли в интервале между 1,8 и 0,75 млрд лет, известных как «скучный миллиард» (boring billion), в ряде работ сделан вывод об отсутствии на Енисейском кряже гренвильских коллизионных событий (например, [Верниковский, Верниковская, 2006]). Это привело к противоречивой трактовке ключевых вопросов геологической эволюции региона.

Мы считаем, что проблемы оценки геохронологических рубежей в истории суперконтинента Родиния во многом далеки от окончательного решения. Это связано с дефицитом геохимических данных и возрастных датировок, включающих периоды его становления и распада, что ограничивает возможности временных корреляций глобальных геологических процессов в истории Земли [Лиханов и др., 2014].

Попытка восполнения этого пробела принята в настоящей статье, где приведены

геохронологические доказательства ранне-неопротерозойских событий в эволюции докембрийских комплексов Енисейского кряжа. Такие исследования важны не только для понимания процессов, сформировавших тектонический облик региона, но и для решения широко дискутируемого вопроса о вхождении Сибирского кратона в состав древнего суперконтинента Родиния.

Наименее изученной является северо-западная часть Енисейского кряжа, сложенная древнейшими в Заангарье породами гаревского метаморфического комплекса (ГМК). Эти интенсивно метаморфизованные толщи, расположенные в пределах Приенисейской региональной сдвиговой зоны, составляют инфраструктуру (наиболее глубокие уровни) коллизионной системы [Likhanov et al., 2018]. В строении этого комплекса принимают участие серые биотитовые плагиогнейсы немтихинской толщи, которые выше по разрезу сменяются порфиробластическими плагиогнейсами, кристаллическими сланцами и гнейсами с широким развитием лейкогранитов, пегматитов, рапакиви- и адакитоподобных гранитов, мигматитов, амфиболитов и метатерригенно-карбонатных пород (кварцитов, кальцифиров, мраморов) малогаревской толщи [Likhanov et al., 2004].

В развитии этого комплекса были выделены три этапа [Likhanov et al., 2015]. На первом этапе сформировались зональные комплексы низких давлений And-Sil типа гренвильского возраста при обычном для орогенеза метаморфическом градиенте $dT/dH = 25\text{--}35\text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$ [Likhanov et al., 2019]. На втором этапе эти породы подверглись неопротерозойскому (~800 млн лет) коллизионному метаморфизму умеренных давлений Ky-Sil типа с низким $dT/dH \leq 12\text{ }^\circ\text{C}/\text{км}$ [Likhanov, Santosh, 2020]. Заключительные стадии развития коллизионного орогена в регионе маркируются дайковыми роями бимодального пояса, представленного анорогенными грани-

тоидами и внутриплитными базитами рифтогенной природы с возрастными внедрения 797–792 млн лет, фиксирующими начало распада Родинии [Likhanov, Santosh, 2017, 2019].

В рамках настоящих исследований получены новые геологические, геохимические и изотопно-геохронологические данные по петрогенезису, геотектоническим обстановкам формирования, термодинамическим условиям, возрастам метаморфизма и протолита для контрастных по составу пород ГМК – порфиروбластических гранитогнейсов, микроклин-цоизитовых ортоамфиболитов, рапакиви- и адакитоподобных гранитов, плагиогранитогнейсов, мигматитов и ортоклазовых лейкогранитогнейсов. Обсуждены возможные модели и геодинамические обстановки их формирования.

Установлены два новых импульса неопротерозойской эндогенной и тектонической активности на западной окраине Сибирского кратона (930–900 и 880–845 млн лет), коррелирующие с гренвильскими и постгренвильскими ранними коллизионно-аккреционными процессами вальгальской складчатости, с которыми связано становление суперконтинента Родиния.

Синхронность магматической и деформационно-метаморфической активности, а также схожая последовательность однотипных тектоно-термальных событий на арктической окраине Родинии подтверждают территориальную близость Сибири и кратонов Северной Атлантики (Лаврентии и Балтики) в диапазоне времени (0,93–0,85 млрд лет), что согласуется с современными палеомагнитными реконструкциями положения суперконтинентов. Новые доказательства гренвильских коллизионных событий в комплексе с другими возрастными эквивалентами в пределах западной окраины Сибирского кратона и палеоконтинентальными реконструкциями позволяют разрешить ряд противоречий в трактовке ключевых вопросов геологии региона, например, предположения об отсутствии на Енисейском кряже гренвильских коллизионных событий.

Литература

Богданова С. В., Писаревский С. А., Ли Ч. Х. Образование и распад Родинии (по результатам МПГК 440) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2009. Т. 17, no. 3. С. 29–45.

Верниковский В. А., Верниковская А. Е. Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа // Геология и геофизика. 2006. Т. 47. С. 35–52.

Лиханов И. И., Ножкин А. Д., Ревердатто В. В., Козлов П. С. Гренвильские тектонические события и эволюция Енисейского кряжа, западная окраина Си-

бирского кратона // Геотектоника. 2014. Т. 48, № 5. С. 32–53. doi: 10.7868/S0016853X1405004X

Cawood P. A., Strachan R., Cutts K., Kinny P. D., Hand M., Pisarevsky S. Neoproterozoic orogeny along the margin of Rodinia: Valhalla orogen, North Atlantic // *Geology*. 2010. Vol. 38. P. 99–102. doi: 10.1130/G30450.1

Likhanov I. I. Mass-transfer and differential element mobility in metapelites during multistage metamorphism of Yenisei Ridge, Siberia / *Metamorphic Geology: Microscale to Mountain Belts* // Geol. Society, London, Special Publications. 2019. Vol. 478. P. 89–115. doi: 10.1144/SP478.11

Likhanov I. I., Santosh M. Neoproterozoic intraplate magmatism along the western margin of the Siberian Craton: implications for breakup of the Rodinia supercontinent // *Precambrian Res.* 2017. Vol. 300. P. 315–331. doi: 10.1016/j.precamres.2017.08.019

Likhanov I. I., Santosh M. A-type granites in the western margin of the Siberian Craton: implications for breakup of the Precambrian supercontinents Columbia/Nuna and Rodinia // *Precambrian Res.* 2019. Vol. 328. P. 128–145. doi: 10.1016/j.precamres.2019.04.018

Likhanov I. I., Santosh M. The “triple point” paradigm of aluminosilicates revisited // *Geological Journal*. 2020. Vol. 55, no. 6. P. 4772–4789. doi: 10.1002/gj.3716

Likhanov I. I., Polyansky O. P., Reverdatto V. V., Memmi I. Evidence from Fe- and Al-rich metapelites for thrust loading in the Transangarian Region of the Yenisey Ridge, eastern Siberia // *Journal of Metamorphic Geology*. 2004. Vol. 22. P. 743–762. doi: 10.1111/j.1525-1314.2004.00546.x

Likhanov I. I., Reverdatto V. V., Kozlov P. S., Khiller V. V., Sukhorukov V. P. P-T-t constraints on polymetamorphic complexes in the Yenisey Ridge, East Siberia: implications for Neoproterozoic paleocontinental reconstructions // *Journal of Asian Earth Sciences*. 2015. Vol. 113. P. 391–410. doi: 10.1016/j.jseaes.2014.10.026

Likhanov I. I., Régnier J.-L., Santosh M. Blueschist facies fault tectonites from the western margin of the Siberian Craton: Implications for subduction and exhumation associated with early stages of the Paleo-Asian Ocean // *Lithos*. 2018. Vol. 304–307. P. 468–488. doi: 10.1016/j.lithos.2018.02.021

References

Bogdanova S. V., Pisarevsky S. A., Li Z. X. Assembly and breakup of Rodinia (some results of IGCP Project 440). *Stratigraphy and Geological Correlation*. 2009;17(3):259–274. doi: 10.1134/S0869593809030022

Cawood P. A., Strachan R., Cutts K., Kinny P. D., Hand M., Pisarevsky S. Neoproterozoic orogeny along the margin of Rodinia: Valhalla orogen, North Atlantic. *Geology*. 2010;38:99–102.

Likhanov I. I., Nozhkin A. D., Reverdatto V. V., Kozlov P. S. Grenville tectonic events and evolution of the Yenisei Ridge at the Western margin of the Siberian Craton. *Geotectonics*. 2014;48(5):371–389. doi: 10.1134/S0016852114050045

Likhanov I. I. Mass-transfer and differential element mobility in metapelites during multistage metamor-

phism of Yenisei Ridge, Siberia. *Metamorphic Geology: Microscale to Mountain Belts. Geol. Society, London, Special Publications.* 2019;478:89–115. doi: 10.1144/SP478.11

Likhanov I. I., Santosh M. Neoproterozoic intraplate magmatism along the western margin of the Siberian Craton: implications for breakup of the Rodinia supercontinent. *Precambrian Res.* 2017;300:315–331. doi: 10.1016/j.precamres.2017.08.019

Likhanov I. I., Santosh M. A-type granites in the western margin of the Siberian Craton: implications for breakup of the Precambrian supercontinents Columbia/Nuna and Rodinia. *Precambrian Res.* 2019;328:128–145. doi: 10.1016/j.precamres.2019.04.018

Likhanov I. I., Santosh M. The “triple point” paradigm of aluminosilicates revisited. *Geol. J.* 2020;55(6):4772–4789. doi: 10.1002/gj.3716

Likhanov I. I., Polyansky O. P., Reverdatto V. V., Memmi I. Evidence from Fe- and Al-rich metapelites

for thrust loading in the Transangarian Region of the Yenisey Ridge, eastern Siberia. *Journal of Metamorphic Geology.* 2004;22:743–762. doi: 10.1111/j.1525-1314.2004.00546.x

Likhanov I. I., Reverdatto V. V., Kozlov P. S., Khiler V. V., Sukhorukov V. P. P-T-t constraints on poly-metamorphic complexes in the Yenisey Ridge, East Siberia: implications for Neoproterozoic paleocontinental reconstructions. *J. Asian Earth Sci.* 2015;113:391–410. doi: 10.1016/j.jseaes.2014.10.026

Likhanov I. I., Régnier J.-L., Santosh M. Blueschist facies fault tectonites from the western margin of the Siberian Craton: Implications for subduction and exhumation associated with early stages of the Paleo-Asian Ocean. *Lithos.* 2018;304-307:468–488. doi: 10.1016/j.lithos.2018.02.021

Vernikovskiy V. A., Vernikovskaya A. E. Tectonics and evolution of granitoid magmatism in the Yenisei Ridge. *Russian Geology and Geophysics.* 2006;47(1):32–50.

Поступила в редакцию / received: 22.08.2022; принята к публикации / accepted: 25.08.2022.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Лиханов Игорь Иванович

д-р геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник
лаборатории метаморфизма и метасоматоза

e-mail: likh@igm.nsc.ru

CONTRIBUTOR:

Likhanov, Igor

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, Metamorphism
and Metasomatism Laboratory