

УДК 550.42+551.2.03 (470.5)

## ГРАНИТООБРАЗОВАНИЕ В ДОКЕМБРИЙСКОЙ ИСТОРИИ ПРИПОЛЯРНОУРАЛЬСКОГО ЛИТОСФЕРНОГО СЕГМЕНТА

А. М. Пыстин\*, Ю. И. Пыстина

Институт геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (ул. Первомайская, 54, Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 167982), \*pystin.48@mail.ru

В докембрийском разрезе Ляпинского мегантиклинория на Приполярном Урале широко представлены гранитоиды: выделяется более 20 относительно крупных массивов и большое количество мелких тел. Степень их изученности выше, чем в других районах северной части Урала, однако вопросы типизации этих пород остаются нерешенными. Вплоть до 90-х годов прошлого столетия расчленение и корреляция гранитоидов рассматриваемого района в основном базировались на геологической позиции гранитоидных массивов. Выделялись раннепротерозойские, позднерифейско-кембрийские и позднепалеозойские гранитоидные комплексы. С получением в последние 30 лет изотопных геохронологических данных определен основной возрастной интервал проявления процессов гранитогенеза: 640–490 млн лет назад. Это послужило основанием для многих исследователей рассматривать все приполярноуральские гранитоиды в рамках одного позднерифейско-кембрийского сальнеро-маньхамбовского комплекса. В статье обоснована ошибочность такой точки зрения. На основе анализа геологической позиции гранитоидных массивов, петрогеохимических особенностей и метаморфизма слагающих их пород, а также результатов изотопного датирования гранитоидов реконструирован длительный и сложный процесс гранитообразования в докембрийской истории Приполярноуральского литосферного сегмента. Показано, что кристаллизация гранитоидов S-типа, ассоциирующихся с высокотемпературными метаморфическими породами, связана с коллизионными процессами при формировании нижнепротерозойского кристаллического основания. В позднем рифее с процессами рифтогенеза, знаменующими начало протоуральско-тиманского тектогенеза, произошло образование гранитоидов А-типа кожимского комплекса, а на субдукционном этапе в раннем венде – гранитоидов I-типа водораздельного комплекса с надсубдукционными характеристиками. Наиболее масштабно процессы гранитообразования проявились в венде и раннем кембрии на коллизионном и постколлизионном этапах развития протоуральско-тиманид, которые привели к образованию гранитоидов I- и А-типов двухфазного сальнеро-маньхамбовского комплекса.

Ключевые слова: Приполярный Урал; Ляпинский мегантиклинорий; докембрий; гранитоидный комплекс; U-Pb-возраст

Для цитирования: Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Гранитообразование в докембрийской истории Приполярноуральского литосферного сегмента // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 2. С. 129–133. doi: 10.17076/geo2172

Финансирование. Работа выполнена в рамках темы НИР ИГ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН № 122040600012-2.

## A. M. Pystin\*, Yu. I. Pystina. GRANITE FORMATION IN THE PRECAMBRIAN HISTORY OF THE SUBPOLAR URALS LITHOSPHERIC SEGMENT

*Institute of Geology, Komi Science Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences (54 Pervomayskaya St., 167982 Syktyvkar, Komi, Russia), \*pystin.48@mail.ru*

Granitoids are widely represented in the Precambrian section of the Lyapinsky Meganticlinorium in the Subpolar Urals: over 20 relatively large massifs and numerous smaller bodies are distinguished. They have been more thoroughly studied than other areas of the northern Urals, but the issues of typification of these rocks remain unresolved. Until the 1990s, the subdivision and correlation of granitoids in this region were primarily based on the geological position of the granitoid massifs. Early Proterozoic, Late Riphean-Cambrian, and Late Paleozoic granitoid complexes were distinguished. With the acquisition of isotope geochronological data over the past 30 years, the main age interval for granitogenesis has been determined as 640–490 Ma BP. This has prompted many researchers to consider all Subpolar Ural granitoids as part of a single Late Riphean-Cambrian Salnero-Manhambo complex. This article substantiates the fallacy of this viewpoint. Based on an analysis of the geological position of granitoid massifs, the petrogeochemical characteristics and metamorphism of their constituent rocks, as well as the results of isotopic dating of granitoids, a long and complex process of granite formation in the Precambrian history of the Polar Ural lithospheric segment is reconstructed. It is shown that the crystallization of S-type granitoids associated with high-temperature metamorphic rocks is related to collisional processes during the formation of the Lower Proterozoic crystalline basement. In the Late Riphean, with rifting processes marking the beginning of the Protouralide-Timanide tectogenesis, there formed A-type granitoids of the Kozhimsky complex, and during the subduction stage in the Early Vendian, I-type granitoids of the Vodorazdelny complex with supra-subduction characteristics formed. The most extensive granite formation processes occurred in the Vendian and Early Cambrian, during the collisional and post-collisional stages of the Protouralide-Timanide development, which led to the formation of I- and A-type granitoids of the two-phase Salnero-Manhambovsky complex.

**Keywords:** Subpolar Urals; Lyapinsky Meganticlinorium; Precambrian; granitoid complex; U-Pb age

**For citation:** Pystin A. M., Pystina Yu. I. Granite formation in the Precambrian history of the subpolar Urals lithospheric segment. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 2. P. 129–133. doi: 10.17076/geo2172

**Funding.** The studies were carried out under state assignment to the Institute of Geology of the Komi Science Centre UB RAS, research theme #122040600012-2.

На Приполярном Урале в пределах Ляпинского мегантиклинория вскрывается наиболее полный разрез докембрия для всего Тимано-Североуральского региона. Характерной чертой геологического строения этой части Урала является широкое проявление гранитоидного магматизма (рис.). Схемы расчленения и корреляции гранитоидов рассматриваемого района вплоть до середины 90-х годов прошлого столетия в основном базировались на геологической позиции гранитоидных массивов. Выделялись раннепротерозойские, позднерифейско-кембрийские и позднепалеозойские гранитоидные комплексы. С получением в последние 30 лет изотопных геохронологических данных определился основной возрастной интервал проявления процессов гранитогенеза: 640–490 млн лет назад. Это дает основание

для многих исследователей рассматривать все приполярноуральские гранитоиды в рамках одного позднерифейско-кембрийского салнеро-маньямбовского комплекса. При этом не исключается, что в составе названного комплекса могут быть выделены отдельные популяции гранитоидов, различающиеся по возрасту и тектоническим условиям образования.

Однако многочисленные указания на наличие в гранитоидах магматических цирконов ранне-среднерифейского и даже раннепротерозойского возрастов могут указывать на то, что массовое гранитообразование в конце позднего докембрия и в начале палеозоя и сопутствующие процессы метаморфизма могли «затушевать» более ранние эпизоды магматической активности при формировании Приполярноуральского литосферного сегмента.

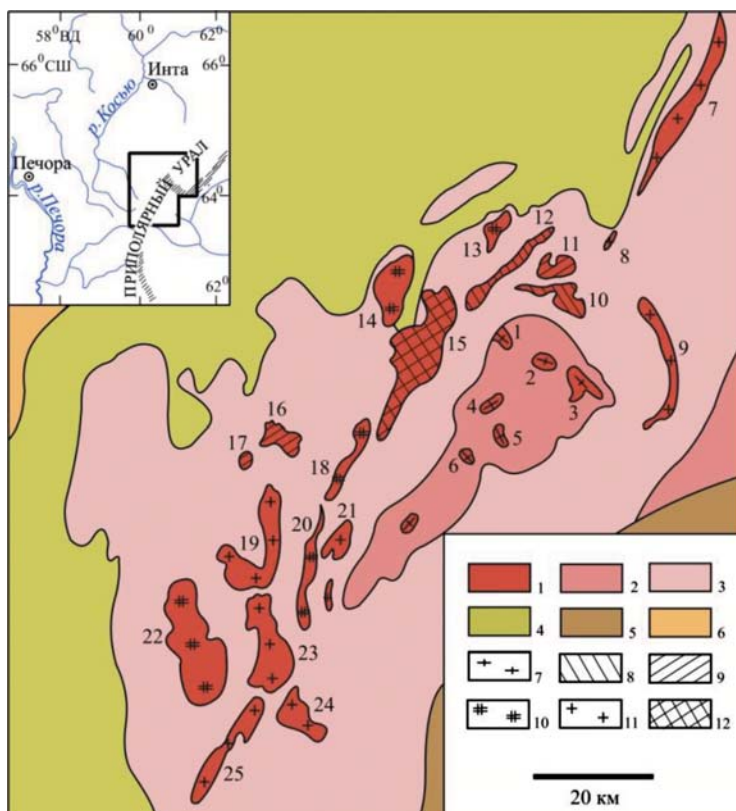


Схема размещения гранитоидных массивов в северной части Ляпинского мегантиклинория (Приполярный Урал):

1 – гранитоиды, 2 – метаморфические комплексы (PR.), 3 – вулканогенно-осадочные комплексы Центрально-Уральской мегазоны (RF<sub>3</sub>-V), 4 – палеозойские осадочные комплексы Западно-Уральской мегазоны, 5 – палеозойские вулканогенно-осадочные и офиолитовые комплексы Восточно-Уральской мегазоны, 6 – пермь-триасовые комплексы чехла Восточно-Европейской платформы, 7–12 – гранитоидные комплексы: 7 – николайшорский, 8 – кожжимский, 9 – водораздельный, 10 – сальнеро-маньхамбовский (первая фаза), 11 – сальнеро-маньхамбовский (вторая фаза), 12 – сальнеро-маньхамбовский (нерасчлененный). Массивы гранитоидов: 1 – Николайшорский, 2 – Амбаршорский, 3 – Хальмерьюский, 4 – Мансаранизский, 5 – Свободненский, 6 – Лавкашорский, 7 – Лемвинский, 8 – Бадьяюский и Яротский, 9 – Тынаготский, 10 – Кожжимский, 11 – Кузьпуаюский, 12 – Хаталамба-Лапчинский, 13 – Лапчавожский, 14 – Малдинский, 15 – Народнинский, 16 – Вангырский, 17 – Водораздельный, 18 – Маньхобеюский, Городкова, 19 – Неройско-Патокский, 20 – Сальнерский, 21 – Няртинский, 22 – Малопатокский, 23 – Торговский, Кефталыкский, 24 – Хартесский, 25 – Кулемшорский. На рисунке не показаны два массива в южной части Ляпинского мегантиклинория: Ильяизский и Маньхамбовский, которые находятся южнее нижней границы схемы в 80 и 100 км соответственно

Scheme of distribution of granitoid massifs in the northern part of the Lyapinsky Meganticlinorium (Subpolar Urals):

1 – granitoids, 2 – metamorphic complexes (PR.), 3 – volcanogenic-sedimentary complexes of the Central Ural megazone (RF<sub>3</sub>-V), 4 – Paleozoic sedimentary complexes of the West Ural megazone, 5 – Paleozoic volcanogenic-sedimentary and ophiolite complexes of the East Ural megazone, 6 – Permian-Triassic complexes of the cover of the East European platform. 7–12 – granitoid complexes: 7 – Nikolayshorsky, 8 – Kozhimsky, 9 – Vodorazdelny, 10 – Salnero-Manhambovsky (first phase), 11 – Salnero-Manhambovsky (second phase), 12 – Salnero-Manhambovsky (undivided). Granitoid massifs: 1 – Nikolaishorsky, 2 – Ambarshorsky, 3 – Kholmeryusky, 4 – Mansaranizsky, 5 – Svobodnensky, 6 – Lavkashorsky, 7 – Lemvinsky, 8 – Badyayusky and Yarotsky, 9 – Tyngotsky, 10 – Kozhimsky, 11 – Kuzpuyusky, 12 – Khatalamba-Lapchinsky, 13 – Lapchavozhsky, 14 – Maldinsky, 15 – Narodninsky, 16 – Vangyrsky, 17 – Vodorazdelny, 18 – Mankhobeyusky, Gorodkova, 19 – Neroysko-Patoksky, 20 – Salnersky, 21 – Nyartinsky, 22 – Malopatoksky, 23 – Torgovskiy, Keftalyksky, 24 – Khartessky, 25 – Kulemshorsky. The figure does not show two massifs in the southern part of the Lyapinsky Meganticlinorium: Ilyazsky and Mankhambovsky, which are located south of the lower boundary of the scheme at 80 and 100 km, respectively

Так, на наш взгляд, представляется вполне обоснованным выделение гранитоидов раннепротерозойского возраста, которые традиционно объединяются в николайшорский комплекс. К ним относятся небольшие автохтонные и параавтохтонные массивы (Николайшорский, Амбаршорский, Хальмерьюский и др.), сложенные гнейсовидными гранитами S-типа. Они залегают среди мигматизированных гнейсов и амфиболитов няртинского метаморфического комплекса раннепротерозойского возраста. U-Pb и Pb-Pb датировки зерен циркона в мигматизированных гнейсах и мигматитах, по нашим данным, характеризуются широким интервалом значений: 1950–634 млн лет.

Изофаціальность и тесная пространственная связь гранитогнейсов николайшорского массива с вмещающими метаморфическими

породами предполагает комплементарность ранних процессов высокотемпературного метаморфизма пород и ранних этапов гранитообразования. Учитывая время проявления раннего этапа метаморфизма пород николайшорского метаморфического комплекса, достигающего высоких ступеней амфиболитовой фации – 2127 ± 31 млн лет [Пыстин, Пыстина, 2019], нижняя возрастная граница формирования рассматриваемых гранитоидов может превышать 1950 млн лет и требует уточнения.

Другая возрастная популяция гранитоидов, сформировавшаяся ранее сальнеро-маньхамбовского комплекса, была выделена Б. А. Голдиным с соавт. [1999, ссылки в работе] в среднерифейскую кожжимскую гранит-риолитовую формацию (Кожжимский и Хаталамба-Лапчинский массивы). Основанием послужило то, что

гранитоиды залегают среди отложений нижней части верхнедокембрийского разреза (в пуйвинской свите) и ассоциируются с кислыми вулканитами. Гранитоиды по петрогеохимическим характеристикам относятся к А-типу с признаками плюм-зависимых образований. С учетом новых данных, свидетельствующих о позднерифейском возрасте пуйвинской свиты [Пыстин, Пыстина, 2019], с которой ассоциируют гранитоиды и кислые вулканиты кожимского комплекса (формации по Б. А. Голдину), их возраст следует считать позднерифейским.

Еще один ряд гранитоидных массивов, которые могут быть выделены в самостоятельную возрастную группу, предшествующую формированию сальнеро-маньхамбовского комплекса, недавно предварительно обозначен Ю. Г. Шардаковой и др. [2023]. К ним отнесены массивы, сложенные породами, близкими к I-гранитам и имеющими геохимические параметры надсубдукционных образований (отрицательные аномалии Nb, Ti, Zr и др.), – Водораздельный и Вангырский. Возраст гранитоидов – около 600 млн лет. Комплекс может быть назван «Водораздельным» по названию наиболее хорошо изученного массива.

В составе собственно сальнеро-маньхамбовского комплекса большинством исследователей выделяется две фазы: первая представлена преимущественно гранитами и гранодиоритами с петрогеохимическими характеристиками I-типа (Малдинский, Лапчавожский, Малопатокский и Ильязский массивы), вторая – преимущественно лейкократовыми гранитами, гранитами, умереннощелочными лейкогранитами с петрогеохимическими характеристиками А-типа (Лемвинский, Тынаготский, Хартесский и другие массивы). Гранитоиды как первой, так и второй фазы выделяются также в составе полифазных массивов Маньхамбовского и Народнинского. Имеющиеся геохронологические данные по гранитоидам первой фазы из разных массивов сопоставимы. Изотопный U-Pb-возраст циркона составляет 558–548 млн лет [Удоротина и др., 2022, ссылки в работе]. Имеющиеся изотопные U-Pb-датировки цирконов из гранитоидов второй фазы сальнеро-маньхамбовского комплекса относятся частично к позднему венду и в основном к раннему кембрию. Преобладают датировки в интервале 527–507 млн лет.

Таким образом, эволюция гранитообразования в докембрийской и частично раннекембрийской истории Приполярноуральского литосферного сегмента выглядит следующим образом. Кристаллизация наиболее ранних гранитоидов S-типа, ассоциирующихся

с высокотемпературными метаморфическими породами, связана с коллизионными процессами при формировании нижнепротерозойского кристаллического основания. Они выделяются в раннепротерозойский николайшорский комплекс (около 1,95 млрд лет). В течение раннего и среднего рифея Приполярноуральский литосферный сегмент, по крайней мере в его верхнекоревой части, был амагматичен. В позднем рифее с процессами рифтогенеза, приведшими к заложению Тиманской пассивной окраины, и, возможно, с плюмовой активностью связано формирование гранитоидов А-типа позднерифейского кожимского комплекса. Со следующим этапом гранитообразования связано образование гранитоидов I-типа водораздельного комплекса с надсубдукционными характеристиками. Возраст пород около 600 млн лет. Наиболее масштабно процессы гранитообразования последовательно проявились в венде и раннем кембрии на коллизионном и постколлизионном этапах развития протуралид-тиманид. На границе раннего и позднего венда произошло внедрение гранитоидов I-типа первой фазы сальнеро-маньхамбовского комплекса, в конце венда и раннем кембрии – гранитоидов А-типа второй фазы названного комплекса.

## Литература

Голдин Б. А., Калинин Е. П., Пучков В. Н. Магматические формации западного склона севера Урала и их минерагения. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 1999. 214 с.

Пыстин А. М., Пыстина Ю. И. Докембрий Приполярного Урала: хроностратиграфический аспект // Труды Карельского научного центра РАН. 2019. № 2. С. 34–52. doi: 10.17076/geo904

Удоротина О. В., Куликова К. В., Шуйский А. С., Соболева А. А., Андреичев В. Л., Голубева И. И., Капитанова В. А. Гранитоиды севера Урала: геохронология, эволюция, источники. Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2022. 120 с.

Шардакова Г. Ю., Волчек Е. Н., Червяковский В. С., Червяковская М. В., Холоднов В. В. Гранитный массив Водораздельный (Приполярный Урал) и проблемы корреляции доордовикских гранитоидов и вулканитов северной части Ляпинского антиклинория // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2023. Т. 31, № 3. С. 3–31. doi: 10.31857/S0869592X23030079

## References

Goldin B. A., Kalinin E. P., Puchkov V. N. Igneous formations of the western slope of the northern Urals and their minerageny. Syktyvkar: Komi NTs URO RAN; 1999. 214 p. (In Russ.)

Pystin A. M., Pystina Yu. I. The Precambrian in the Sub-Polar Urals: the chronostratigraphic aspect.

*Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS.* (In Russ.). 2019;2:34–52. doi: 10.17076/geo904

*Shardakova G. Yu., Volchek E. N., Chervyakovskii V. S., Chervyakovskaya M. V., Kholodnov V. V. Vodorazdelny granite massif (Subpolar Urals) and correlation problems of the pre-Ordovician granitoids and volcanics rocks from the northern part of the Lyapinsky anticli-*

*norium. Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya = Stratigraphy. Geological correlation.* 2023;31(3):3–31. (In Russ.). doi: 10.31857/S0869592X23030079

*Udoratina O. V., Kulikova K. V., Shuiskii A. S., Soboleva A. A., Andreichev V. L., Golubeva I. I., Kapitanova V. A. Granitoids of the Northern Urals: geochronology, evolution, sources. Syktyvkar: IG Komi NTS URO RAN; 2022. 120 p. (In Russ.)*

*Поступила в редакцию / received: 30.07.2025; принята к публикации / accepted: 23.12.2025.  
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.*

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:**

**Пыстин Александр Михайлович**

д-р геол.-мин. наук, профессор,  
главный научный сотрудник

*e-mail: pystin.48@mail.ru*

**Пыстина Юлия Ивановна**

д-р геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник

*e-mail: yuliya\_pystina@mail.ru*

#### **CONTRIBUTORS:**

**Pystin, Alexander**

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Professor,  
Chief Researcher

**Pystina, Yulia**

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher