

УДК 552.4

ДВА ЭТАПА ФОРМИРОВАНИЯ АРХЕЙСКОГО НУРЛАТСКОГО ГРАНУЛИТОВОГО КОМПЛЕКСА ВОЛГО-УРАЛИИ

А. А. Федотова^{1*}, О. М. Туркина², А. В. Постников³,
М. М. Фугзан¹, М. О. Аносова¹, О. В. Астраханцев¹,
Т. И. Кирнозова¹, И. А. Сабиров³

¹ Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН
(ул. Косыгина, 19, Москва, Россия, 119991), *fedotova@geokhi.ru

² Институт геологии и минералогии СО РАН им. В. С. Соболева (пр. Акад. Коптюга, 3,
Новосибирск, Россия, 630090)

³ Российский государственный университет нефти и газа (национальный
исследовательский университет) им. И. М. Губкина (Ленинский пр., 65, корп. 1,
Москва, Россия, 119991)

Волго-Уральский сегмент представляет собой один из трех крупных элементов структуры фундамента Восточно-Европейской платформы. Докембрийские комплексы здесь полностью перекрыты осадочным чехлом. Нурлатский комплекс, одна из областей распространения гранулитов и гнейсов архейской отрядненской серии, находится в северной части Средневожского мегаблока Волго-Уралии. Данные по микроэлементному составу типичных эндербито-гнейсов комплекса получены впервые. Для геохимической характеристики кристаллических сланцев, присутствующих в составе нурлатского комплекса в подчиненном объеме, необходимы дополнительные исследования. Эндербито-гнейсы нурлатского комплекса близки к породам серий ТТГ по содержанию элементов-примесей. Выделены две группы эндербито-гнейсов, отличающихся по геохимическим особенностям и изотопному составу Nd. Величины La_n/Yb_n пород группы Нур1 находятся в интервале от 8,3 до 11,6 ($T_{Nd}(DM)$ 3,7–3,5 млрд лет); эндербито-гнейсы Нур 2 показывают значения La_n/Yb_n от 20 до 21 ($T_{Nd}(DM)$ 3,4–3,1 млрд лет). Проведено сравнение эндербито-гнейсов нурлатского комплекса с эндербитами Титовского массива и гранитоидами Бакалинского массива, формирующего восточную часть Средневожского мегаблока. Протолиты пород Нур 1 ($T_{Nd}(DM)$ от 3,7 до 3,5 млрд лет), вероятно, соответствуют первичному вулканогенному материалу нурлатского комплекса. В неоархейское время, не позднее чем 2,7 млрд лет назад, предположительно при частичном плавлении пород Нур 1, сформировались эндербиты Нур 2 нурлатского комплекса ($T_{Nd}(DM)$ от 3,4 до 3,1 млрд лет) и эндербиты Титовского массива ($T_{Nd}(DM) = 3,2$ млрд лет). В это же время кристаллизовались диориты и породы лейкосомы мигматитов Бакалинского массива.

Ключевые слова: архей; эндербиты; геохимия; ТТГ; Sm-Nd изотопная система; Волго-Уралия; Восточно-Европейская платформа

Для цитирования: Федотова А. А., Туркина О. М., Постников А. В., Фугзан М. М., Аносова М. О., Астраханцев О. В., Кириозова Т. И., Сабиров И. А. Два этапа формирования архейского нурлатского гранулитового комплекса Волго-Уралии // Труды Карельского научного центра РАН. 2026. № 2. С. 159–163. doi: 10.17076/geo2236

Финансирование. Работа выполнена по теме государственного задания Института геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского РАН.

A. A. Fedotova^{1*}, O. M. Turkina², A. V. Postnikov³, M. M. Fugzan¹, M. O. Anosova¹, O. V. Astrakhantsev¹, T. I. Kirnozova¹, I. A. Sabirov³. TWO FORMATION STAGES OF THE ARCHEAN NURLAT GRANULITE COMPLEX OF THE VOLGO-URALIA

¹*Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences (19 Kosygina St., 119991 Moscow, Russia), *fedotova@geokhi.ru*

²*Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (3 Acad. Koptyug Ave., 630090, Novosibirsk, Russia)*

³*Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (65 Leninskii Ave., Bldg. 1, 119991 Moscow, Russia)*

The Volga-Ural segment is one of three major structural elements of the East European Platform basement. The Precambrian complexes here are completely overlapped by sedimentary cover. The Nurlat complex is a granulite and gneiss area within the Archean Otradnenskaya series located in the northern part of the Middle Volga megablock of the Volgo-Uralia. Data on the microelement composition of typical enderbite-gneisses of the complex have been obtained for the first time. Further studies are needed to determine the geochemical characteristics of the crystalline schists occurring within the Nurlat complex in minor amounts. The trace element content of enderbite-gneisses of the Nurlat complex are similar to that of TTG series rocks. Two groups of enderbite-gneisses were distinguished based on geochemical features and Nd isotope composition. The La_n/Yb_n values of the Nur 1 group rocks fall in the 8.3–11.6 ($T_{Nd}(DM)$ of 3.7–3.5 Ga) interval; enderbite-gneisses of the Nur 2 group have La_n/Yb_n values at 20–21 ($T_{Nd}(DM)$ 3.4–3.1 Ga). The Nurlat enderbite-gneisses were compared with enderbites of the Titovsky massif and granitoids of the Bakalinsky massif, which forms the eastern part of the Middle Volga megablock. The protoliths of the Nur 1 rocks ($T_{Nd}(DM)$ from 3.7 to 3.5 Ga) probably correspond to the primary volcanic material of the Nurlat complex. In the Neoproterozoic time, no later than 2.7 Ga, presumably during partial melting of the Nur 1 rocks, there formed enderbites of the Nur 2 complex ($T_{Nd}(DM)$ from 3.4 to 3.1 Ga) and enderbites of the Titovsky massif ($T_{Nd}(DM) = 3.2$ Ga). Simultaneously, diorites and leucosomes in migmatites of the Bakaly massif were crystallized.

Keywords: Archean; enderbites; geochemistry; TTG; Sm-Nd isotope system; Volgo-Uralia; East European Platform

For citation: Fedotova A. A., Turkina O. M., Postnikov A. V., Fugzan M. M., Anosova M. O., Astrakhantsev O. V., Kirnozova T. I., Sabirov I. A. Two formation stages of the Archean Nurlat granulite complex of the Volgo-Uralia. *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2026. No. 2. P. 159–163. doi: 10.17076/geo2236

Funding. The study was carried out under state assignment to the Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry RAS.

Волго-Уральский сегмент представляет один из трех крупных элементов структуры фундамента Восточно-Европейской платформы [Vogdanova et al., 2016]. Докембрийские комплексы здесь перекрыты платформенным чехлом.

Для палеопротерозойских складчатых зон севера и юго-запада Волго-Уралии и ее об-

рамления, Волго-Донской и Вятско-Камской, получен комплекс аналитических данных [Щипанский, Хераскова, 2023; Erofeeva et al., 2024 и ссылки в них]. Установлено, что в области распространения архейских пород локально проявлен палеопротерозойский метаморфизм, 1,99 и 1,95 млрд лет назад [Федотова

и др., 2019; Bogdanova et al., 2021]. Но архейская геологическая история Волго-Уралии и Средневожского мегаблока, одного из главных элементов структуры региона, остается во многом неясной.

Нурлатский комплекс – одна из областей (60 × 20 км) распространения гранулитов и гнейсов архейской отрядненской серии, расположенная северо-восточнее архейского Титовского массива (50 × 50 км) эндербитов [Богданова, 1986; Бибикина и др., 1994; Геология..., 2003; Постников и др., 2025].

Впервые выполненное определение концентраций микроэлементов в типичных эндербито-гнейсах нурлатского комплекса и исследование изотопного состава Nd этих пород дали возможность разделить эндербито-гнейсы на группы Нур 1 и Нур 2. Для геохимической характеристики присутствующих в подчиненном объеме кристаллических сланцев нурлатского комплекса нужны дополнительные исследования. Эндербито-гнейсы близки к породам серий ТТГ [Martin et al., 2005] по петрохимическому составу, низким содержаниям Y ($< 11,3$ ppm), Yb ($< 1,1$ ppm), фракционированному спектру РЗЭ, отличаясь от типичных ТТГ несколько пониженными (214–285 ppm) концентрациями Sr. Породы группы Нур 1 характеризуют величины La_n/Yb_n от 8,3 до 11,6; Eu/Eu^* от 0,9 до 1,1; $T_{Nd}(DM)$ от 3,7 до 3,5 млрд лет. Для эндербито-гнейсов Нур 2 устанавливаются значения La_n/Yb_n от 20 до 21, Eu/Eu^* от 0,9 до 1,5, $T_{Nd}(DM)$ 3,4–3,1 млрд лет. Геохимические особенности пород группы Нур 2 сближают их с эндербитами Титовского массива, где $La_n/Yb_n > 18$, $T_{Nd}(DM)$ 3,2 млрд лет.

Геологическое строение Средневожского блока Волго-Уралии [Постников и др., 2025 и ссылки в ней], новые и ранее опубликованные аналитические данные [Бибикина и др., 1994; Bogdanova et al., 2010; Аносова и др., 2025; Постников и др., 2025] позволяют обосновать следующие предположения. Протолиты пород Нур 1 ($T_{Nd}(DM)$ от 3,7 до 3,5 млрд лет) соответствуют первичному вулканогенному материалу нурлатского комплекса. В неоархейское время, не позднее чем 2,7 млрд лет назад, вероятно, во время частичного плавления пород группы Нур 1, сформировались эндербиты Нур 2 нурлатского комплекса ($T_{Nd}(DM)$ от 3,4 до 3,1 млрд лет) и эндербиты Титовского массива ($T_{Nd}(DM)$ 3,2 млрд лет). В близком интервале времени в условиях амфиболитовой фации произошло частичное плавление ранних пород Бакалинского массива с формированием кварцевых диоритов и лейкосомы мигматитов (2718 ± 5 и 2710 ± 19 млн лет [Bogdanova et al., 2010]).

Литература

Аносова М. О., Астраханцев О. В., Постников А. В., Федотова А. А., Кирнозова Т. И., Фугзан М. М., Сабиров И. А. Архейский возраст гранито-гнейсовых комплексов Камско-Вятской зоны Волго-Уральского сегмента Восточно-Европейского кратона // *Геохимия*. 2025. Т. 70, № 1. С. 38–60. doi: 10.31857/S0016752525010029

Бибикина Е. В., Кирнозова Т. И., Попова Л. П., Постников А. В., Макаров В. А., Кременецкий А. А. U–Pb возраст и корреляция магматических образований гранулитовых и амфиболитовых комплексов Волго-Уральской области Восточно-Европейской платформы // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 1994. Т. 2, № 3. С. 3–7.

Богданова С. В. Земная кора Русской плиты в раннем докембри // *Труды ГИН АН СССР*. Вып. 408. М.: Наука, 1986. 224 с.

Геология Татарстана. Стратиграфия и тектоника / Гл. ред. Б. В. Буров. М.: ГЕОС, 2003. 402 с.

Постников А. В., Сабиров И. А., Аносова М. О., Астраханцев О. В., Федотова А. А., Кирнозова Т. И., Фугзан М. М. Датирование ранних этапов формирования сиалического фундамента Волго-Уральского сегмента Восточно-Европейского кратона // *Бюллетень Региональной межведомственной стратиграфической комиссии по Центру и Югу Русской платформы*. 2025. № 7. С. 14–27.

Федотова А. А., Богданова С. В., Клаэссон С., Аносова М. О., Постников А. В., Фугзан М. М., Кирнозова Т. И. Новые данные о палеопротерозойском возрасте метаморфизма Елабужской зоны деформаций Волго-Уралии, Восточно-Европейский кратон // *ДАН*. 2019. Т. 488, № 3. С. 307–312. doi: 10.31857/S0869-56524883307-312

Щипанский А. А., Хераскова Т. Н. Волго-Донской коллизионный ороген Восточно-Европейского кратона как палеопротерозойский аналог Гималай-Тибетского орогена // *Геодинамика и тектонофизика*. 2023. Т. 14, № 2. Art. 0692. doi: 10.5800/GT-2023-14-2-0692

Bogdanova S.V., Belousova E., Piazzolo S., De Waele B., Larionov A. N., Postnikov A. V., Samsonov A. V. Palaeoproterozoic reworking of early Archaean lithospheric blocks: rocks and zircon records from charnockitoids in Volgo-Uralia // *Precambrian Res.* 2021. Vol. 360. Art. 106224. doi: 10.1016/j.precamres.2021.106224

Bogdanova S. V., De Waele B., Bibikova E. V., Belousova E. A., Postnikov A. V., Fedotova A. A., Popova L. P. Volgo-Uralia: The first U-Pb, Lu-Hf and Sm-Nd isotopic evidence of preserved paleoarchean crust // *Am. J. Sci.* 2010. Vol. 310, no. 10. P. 1345–1383. doi: 10.2475/10.2010.06

Bogdanova S. V., Gorbatshev R., Garetsky R. G. EUROPE | East European Craton // *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* / E. Scott (ed.). Elsevier, 2016. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10020-X

Erofeeva K. G., Samsonov A. V., Larionov A. N., Pilityna T. A., Postnikov A. V., Sabirov I. A., Vovshina A. Yu., Borisovsky S. E., Golovanova T. I.,

Dubenskiy A. S., Sheshukov V. S. Buried Paleoproterozoic orogen of the East European Craton: age and origin of the Vyatka terrane // *Gondwana Res.* 2024. Vol. 129. P. 53–74. doi: 10.1016/j.gr.2023.12.009

Martin H., Smithies R. H., Rapp R., Moyen J.-F., Champion D. An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution // *Lithos.* 2005. Vol. 79. P. 1–24. doi: 10.1016/j.lithos.2004.04.048

References

Anosova M. O., Astrakhantsev O. V., Postnikov A. V., Fedotova A. A., Kirnozova T. I., Fugzan M. M., Sabirov I. A. The Archean age of granite-gneiss complexes from the Kama-Vyatka zone (the Volga-Ural segment, East European Craton). *Geochem. Int.* 2025;63(1): 30–50. doi: 10.1134/S0016702924700794

Bibikova E. V., Kirnozova T. I., Popova L. P., Postnikov A. V., Makarov V. A., Kremenetskii A. A. U–Pb age and correlation of magmatic rocks of the granulite and amphibolite complexes of the Volga-Uralian segment of the East European Platform. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelyatsiya = Stratigraphy. Geological Correlation.* 1994;2(3):3–7. (In Russ.)

Bogdanova S. V. Earth's crust of the Russian Plate in the Early Precambrian. *Trudy GIN AN SSSR = Transactions GI AS USSR.* Iss. 408. Moscow: Nauka; 1986. 224 p. (In Russ.)

Bogdanova S. V., Belousova E., Piaolo S., De Waele B., Larionov A. N., Postnikov A. V., Samsonov A. V. Palaeoproterozoic reworking of early Archean lithospheric blocks: rocks and zircon records from charnockitoids in Volgo-Uralia. *Precambrian Res.* 2021;360:106224. doi: 10.1016/j.precamres.2021.106224

Bogdanova S. V., Gorbatshev R., Garetsky R. G. EUROPE | East European Craton. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences.* Elsevier; 2016. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10020-X

Bogdanova S. V., De Waele B., Bibikova E. V., Belousova E. A., Postnikov A. V., Fedotova A. A., Popova L. P. Volgo-Uralia: The first U–Pb, Lu–Hf and Sm–Nd isotopic evidence of preserved paleoarchean crust. *Am. J. Sci.* 2010;310(10):1345–1383. doi: 10.2475/10.2010.06

Burov B. V. (ed.). *Geology of Tatarstan. Stratigraphy and tectonics.* Moscow: GEOS; 2003. 402 p. (In Russ.)

Erofeeva K. G., Samsonov A. V., Larionov A. N., Pilitsyna T. A., Postnikov A. V., Sabirov I. A., Vovshina A. Yu., Borisovsky S. E., Golovanova T. I., Dubenskiy A. S., Sheshukov V. S. Buried Paleoproterozoic orogen of the East European Craton: age and origin of the Vyatka terrane. *Gondwana Res.* 2024;129:53–74. doi: 10.1016/j.gr.2023.12.009

Fedotova A. A., Bogdanova S. V., Klaehsson S., Anosova M. O., Postnikov A. V., Fugzan M. M., Kirnozova T. I. New data on the Paleoproterozoic age of metamorphism in the Yelabuga deformation zone of Volgo-Uralia, East European Craton. *Dokl. Earth Sci.* 2019;488: 1123–1127. doi: 10.1134/S1028334X19090241

Martin H., Smithies R. H., Rapp R., Moyen J.-F., Champion D. An overview of adakite, tonalite-trondhjemite-granodiorite (TTG), and sanukitoid: relationships and some implications for crustal evolution. *Lithos.* 2005;79:1–24. doi: 10.1016/j.lithos.2004.04.048

Postnikov A. V., Sabirov I. A., Anosova M. O., Astrakhantsev O. V., Fedotova A. A., Kirnozova T. I., Fugzan M. M. Dating of the early stages of formation of the sialic basement of the Volga-Ural segment of the East European Craton. *Byulleten' Regional'noi mezhvedomstvennoi stratigraficheskoi komissii po Tsentru i Yugu Russkoi platformy = Bulletin of the ISC of Russia for the Center and South of the Russian Platform.* 2025;7: 14–27. (In Russ.)

Shchipansky A. A., Kheraskova T. N. The Volga-Don collisional orogen in the East European Craton as the Paleoproterozoic analogue of the Himalayan-Tibetan orogen. *Geodynamics & Tectonophysics.* 2023;14(2):0692. (In Russ.). doi: 10.5800/GT-2023-14-2-0692

Поступила в редакцию / received: 16.10.2025; принята к публикации / accepted: 23.12.2025.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Федотова Анна Анатольевна

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

e-mail: fedotova@geokhi.ru

Туркина Ольга Михайловна

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

e-mail: turkina@igm.nsc.ru

Постников Александр Васильевич

д-р геол.-мин. наук, зав. кафедрой литологии

e-mail: postnikov.a@gubkin.ru

Фугзан Мира Минигалимовна

канд. хим. наук, старший научный сотрудник

e-mail: fugzan@geokhi.ru

CONTRIBUTORS:

Fedotova, Anna

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

Turkina, Olga

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

Postnikov, Alexander

Dr. Sci. (Geol.-Miner.), Head of Department

Fugzan, Mira

Cand. Sci. (Chem.), Senior Researcher

Аносова Мария Олеговна

канд. хим. наук, старший научный сотрудник

e-mail: anosova@geokhi.ru

Астраханцев Олег Владимирович

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

e-mail: astrakhantsev@geokhi.ru

Кирнозова Татьяна Ивановна

научный сотрудник

e-mail: kirnozovat@mail.ru

Сабиров Ильнур Анварович

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник,
доцент кафедры литологии

e-mail: sabirov.i@gubkin.ru

Anosova, Maria

Cand. Sci. (Chem.), Senior Researcher

Astrakhantsev, Oleg

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

Kirnozova, Tatiana

Researcher

Sabirov, Ilnur

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