

УДК 552.4

ЭВОЛЮЦИЯ ГРАНИТОИДНОГО МАГМАТИЗМА И ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОРЫ И АККРЕЦИОННО- КОЛЛИЗИОННЫХ СОБЫТИЙ НА ЮГО-ЗАПАДЕ СИБИРСКОГО КРАТОНА В АРХЕЕ

О. М. Туркина

Институт геологии и минералогии СО РАН (пр. Акад. Коптюга, 3, Новосибирск, Россия, 630090)

Представлены данные по возрасту, составу и изотопным параметрам архейских гранитоидов Шарыжалгайского выступа (ЮЗ Сибирского кратона). От палеоархей к мезо- и неоархей произошло изменение в составе доминирующих гранитоидов с ростом содержания K_2O , снижением Eu/Eu^* и уменьшением ϵ_{Nd} пород и ϵ_{Hf} цирконов. Палеоархейский этап ТТГ-магматизма отражает образование сиалической коры за счет плавления мафических субстратов, что подтверждается положительными значениями для пород (ϵ_{Nd} от 0 до +3,1) и цирконов (ϵ_{Hf} от 0 до +6,3). В мезоархее было проявлено четыре этапа гранитоидного магматизма на рубежах ~ 3,0; 2,95; 2,88 и 2,86 млрд лет. Изотопные параметры, такие как отрицательные значения ϵ_{Nd} и ϵ_{Hf} мезоархейских калиевых гранитоидов и кислых вулканитов, отражают смену роста коры ее переработкой. Асинхронность этапов палео- и мезоархейского магматизма в различных блоках Шарыжалгайского выступа свидетельствует о различной эволюции их литосферы. Новый импульс формирования ювенильной коры на рубеже 2,7 млрд лет фиксируется неоархейскими кислыми метавулканитами с ϵ_{Nd} от +1,2 до -2,4 и ϵ_{Hf} от +2,9 до -0,5. Синхронное проявление неоархейского (2,55–2,53 млрд лет) гранитоидного магматизма и высокотемпературного метаморфизма фиксирует коллизионные процессы и амальгамацию архейских блоков в структуру неоархейского супертеррейна. Изотопные параметры неоархейских гранитоидов (ϵ_{Nd} от -4,4 до -1,7 и ϵ_{Hf} от -6,2 до -3,7), а также мезоархейские ядра цирконов отражают рециклинг архейской коры путем внутрикратонного плавления и ее кратонизацию.

Ключевые слова: архей; гранитоиды; геохимия; эволюция коры; кратонизация

Для цитирования: Туркина О. М. Эволюция гранитоидного магматизма и этапы формирования коры и аккреционно-коллизионных событий на юго-западе Сибирского кратона в архее // Труды Карельского научного центра РАН. 2025. № 5. С. 130–133. doi: 10.17076/geo2167

Финансирование. Финансовое обеспечение исследований осуществлялось из средств федерального бюджета на выполнение государственного задания ИГМ СО РАН (122041400044-2).

O. M. Turkina. EVOLUTION OF GRANTOID MAGMATISM AND STAGES OF CRUSTAL GROWTH AND ACCRETION-COLLISION EVENTS IN THE SOUTHWESTERN SIBERIAN CRATON IN THE ARCHAEOAN

V. S. Sobolev Institute of Geology and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences (3 Koptyuga Ave., 630090 Novosibirsk, Russia)

The paper presents data on the age, composition, and isotopic parameters of Archean granitoids of the Sharyzhalgai uplift (southwestern Siberian Craton). From the Paleoarchean to the Meso- and Neoproterozoic, there was a change in the composition of the predominant granitoids with an increase in K_2O content, a decrease in Eu/Eu^* , and a decrease in ϵ_{Nd} of the rocks and ϵ_{Hf} of zircons. The Paleoarchean stage of TTG magmatism reflects the growth of sialic crust due to melting of the mafic source, which is confirmed by positive values for rocks (ϵ_{Nd} from 0 to +3.1) and zircons (ϵ_{Hf} from 0 to +6.3). The Mesoproterozoic saw four stages of granitoid magmatism at ~ 3.0, 2.95, 2.88, and 2.86 Ga. The isotopic features, negative values of ϵ_{Nd} and ϵ_{Hf} of Mesoproterozoic potassium granitoids and felsic volcanics are evidence that crustal growth was followed by crustal reworking. The asynchrony of the stages of Paleo- and Mesoproterozoic magmatism in different blocks of the Sharyzhalgai uplift indicates a distinct evolution of their lithosphere. A new impulse of juvenile crust formation at ca. 2.7 Ga is recorded in Neoproterozoic felsic metavolcanics with ϵ_{Nd} from +1.2 to -2.4 and ϵ_{Hf} from +2.9 to -0.5. The simultaneous Neoproterozoic (2.55–2.53 Ga) granitoid magmatism and high-grade metamorphism record collision processes and the amalgamation of crustal blocks into a Neoproterozoic superterrane structure. The Neoproterozoic granitoids' isotopic parameters (ϵ_{Nd} from -4.4 to -1.7 and ϵ_{Hf} from -6.2 to -3.7) as well as Mesoproterozoic inherited zircon cores reflect the recycling of the Archean crust by intracrustal melting and its cratonization.

Keywords: Archean; granitoids; geochemistry; crustal evolution; cratonization

For citation: Turkina O. M. Evolution of granitoid magmatism and stages of crustal growth and accretion-collision events in the Southwestern Siberian Craton in the Archean. *Труды Карельского научного центра РАН*. 2025. № 5. С. 130–133. doi: 10.17076/geo2167

Funding. The study was funded from the Russian federal budget through state assignment to IGM SB RAS (122041400044-2).

Введение

Гранитоиды являются главным компонентом всех архейских провинций, их формирование на протяжении архея отражает различные стадии эволюции от роста ювенильной коры за счет мафических источников до ее дифференциации в результате внутрикорового плавления. Важным индикатором тектонических событий служит синхронность проявления гранитообразования в разных блоках коры, поскольку это маркирует этапы их амальгамации в ходе аккреционно-коллизивных событий, то есть гранитоиды выступают в качестве «сшивающих» комплексов. Синтез информации по архейскому гранитоидному магматизму [Laurent et al., 2014; Moyn, Laurent, 2018] показал изменение в характере гранитоидного магматизма на протяжении архея со сменой доминирующих в палео-мезо-архее тоналит-трондьемит-гранодиоритовых (ТТГ) ассоциаций разнообразными типами

гранитоидов (санукитоиды, калиевые биотитовые граниты, «гибридные» граниты) в неархее, что отражает вовлечение в плавление различных мантийных и коровых источников. Результаты выполненного автором синтеза данных по геологии, возрасту, геохимии и изотопному составу гранитоидов и кислых вулканитов, развитых в Шарыжалгайском выступе, представленные в настоящей работе, позволяют проследить эволюцию литосферы юго-запада Сибирского кратона на протяжении архея.

Состав архейских гранитоидов

Шарыжалгайский выступ состоит из четырех блоков: Булунского и Онотского гранит-зеленокаменных (ГЗ) и Иркутского и Китойского гранулит-гнейсовых, финальная амальгамация которых произошла в палеопротерозое и фиксируется субсинхронным внедрением гранитоидов в интервале 1,84–1,86 млрд лет во всех блоках [Туркина, Капитонов, 2019].

Наиболее ранние проявления кислого магматизма представлены типичными для палеоархея ТТГ-комплексами (гнейсы и интрузии) в Онотском и Булунском ГЗ-блоках и протолитами гранулитов среднего состава в Иркутском блоке. Они формировались в узком диапазоне 3,4–3,3 млрд лет, представлены преимущественно низкокалиевыми трондьемитами и тоналитами, но обладают широкими вариациями $(La/Yb)_n$ (6–72) и Sr/Y (9–135), что указывает на генерацию расплавов из базитовых источников в условиях как умеренного, так и низкого давления [Туркина и др., 2013; Туркина, 2022].

Формирование мезоархейских гранитоидов и кислых вулканитов отвечает рубежам ~ 3,0; 2,95; 2,88 и 2,86 млрд лет. Первые три возрастные группы включают калиевые гнейсовидные граниты и метариолиты с низкими $(La/Yb)_n$ (3–16) и Sr/Y (0,6–2,3), а также резким Eu-минимумом ($Eu/Eu^* = 0,25–0,73$) [Turkina et al., 2020; Туркина, Сухоруков, 2022]. Их формирование было связано с плавлением коровых сиалических источников в условиях низких давлений. Напротив, гнейсограниты с возрастом ~2,86 млрд лет и кислые гранулиты раннего неоархея (~2,7 млрд лет), представленные в Иркутском блоке, отличаются пониженным содержанием K_2O (тоналиты и гранодиориты), имеют фракционированные РЗЭ-спектры ($(La/Yb)_n = 144$ и 10–78) практически без Eu-аномалии ($Eu/Eu^* = 0,7–1$), а также повышенное Sr/Y (166 и 20–62). Их формирование происходило из базитовых источников при повышенных давлениях.

Неоархейские гранитоиды, образованные в узком временном интервале 2,53–2,55 млрд лет, отличаются наибольшим разнообразием составов. Среди них обособляется три группы. Первая представлена амфиболсодержащими тоналитами и гранодиоритами с повышенными $(La/Yb)_n$ (17–29) и Sr/Y (15–52) и слабой Eu-аномалией ($Eu/Eu^* = 0,5–0,92$). Вторая группа отличается более высоким содержанием K_2O , включает гранодиориты, редко граниты, но сходна с гранитоидами первой группы по индикаторным отношениям: $(La/Yb)_n$ (15–31), Sr/Y (18–45) и Eu/Eu^* (0,5–1,2). Генерация расплавов этих гранитоидов, вероятно, происходила из базитовых низко- и высококалиевых источников. Третья доминирующая группа представлена высококалиевыми биотитовыми гранитами и лейкогранитами. Для большинства из них типичны фракционированные спектры РЗЭ ($(La/Yb)_n = 20–89$) с отчетливым Eu-минимумом ($Eu/Eu^* = 0,13–0,52$) при пониженном Sr/Y (7–34). Образование таких гранитоидов, вероятно, происходило из коровых сиалических субстратов.

Заключение

Синтез представленных геохимических данных и изотопного состава гранитоидов позволяет судить об этапах эволюции литосферы юго-запада Сибирского кратона в архее. Палеоархейский этап ТТГ-магматизма отражает образование инициальной сиалической коры за счет плавления мафических субстратов, что подтверждается положительными значениями для пород (ϵ_{Nd} от 0 до +3,1) и цирконов (ϵ_{Hf} от 0 до +6,3). Мезоархейские калиевые гранитоиды и риолиты (3,0–2,88 млрд лет) характеризуются преимущественно отрицательными величинами ϵ_{Nd} (от –3,8 до +0,3), что предполагает доминирующую переработку палеоархейской коры и подтверждается изотопным составом Hf для цирконов из риолитов (ϵ_{Hf} от –8,5 до +1,1). Новый импульс формирования ювенильной коры с рубежа 2,86 до 2,7 млрд лет фиксируется проявлениями базитового магматизма, а также неоархейскими кислыми метавулканитами с ϵ_{Nd} от +1,2 до –2,4 и ϵ_{Hf} от +2,9 до –0,5. Асинхронность проявления палео- и мезоархейского магматизма в различных блоках Шарыжалгайского выступа свидетельствует об индивидуальной истории формирования их литосферы. Неоархейский этап характеризуется синхронным образованием разнообразных гранитоидов в трех из четырех блоков, что предполагает их амальгамацию на рубеже 2,55–2,53 млрд лет в структуру неоархейского супертеррейна. В пользу коллизионной природы гранитоидов свидетельствует разнообразие их геохимических типов, а также субсинхронный высокотемпературный метаморфизм. Изотопные параметры неоархейских гранитоидов (ϵ_{Nd} от –4,4 до –1,7 и ϵ_{Hf} от –6,2 до –3,7), а также мезоархейские ядра цирконов отражают рециклинг в результате внутрикорового плавления, что привело к кратонизации архейской коры.

Литература

Туркина О. М. Раннедокембрийская эволюция коры Иркутского блока Шарыжалгайского выступа (юго-запад Сибирского кратона): синтез U-Pb, Lu-Hf и Sm-Nd изотопных данных // Геология и геофизика. 2022. Т. 63, № 2. С. 163–182. doi: 10.15372/GiG2020191

Туркина О. М., Капитонов И. Н. Источники палеопротерозойских гранитоидов (Шарыжалгайский выступ, юго-запад Сибирского кратона): от литосферной мантии до верхней коры // Геология и геофизика. 2019. Т. 60, № 4. С. 489–513.

Туркина О. М., Капитонов И. Н., Сергеев С. А. Изотопный состав Hf в цирконе из палеоархейских

плаггиогнейсов и плаггиогранитоидов Шарышалгайского выступа (юг Сибирского кратона) и его значение для оценки роста континентальной коры // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. С. 357–370.

Туркина О. М., Сухоруков В. П. Раннедокембрийский гранитоидный магматизм Китойского блока и этапы коллизионных событий на юго-западе Сибирского кратона // Геология и геофизика. 2022. Т. 63, № 5. С. 745–763.

Laurent O., Martin H., Moyen J. F., Doucelance R. The diversity and evolution of late-Archean granitoids: evidence for the onset of “modern-style” plate tectonics between 3.0-2.5 Ga // *Lithos*. 2014. Vol. 205. P. 208–235. doi: 10.1016/j.lithos.2014.06.012

Moyen J. F., Laurent O. Archean tectonic systems: a view from igneous rocks // *Lithos*. 2018. Vol. 302-303. P. 99–125. doi: 10.1016/j.lithos.2017.11.038

Turkina O. M., Sukhorukov V. P., Sergeev S. A. Mesoarchean bimodal volcanic rocks of the Onot greenstone belt, southwestern Siberian Craton: implications for magmatism in an extension/rift setting // *Precamb. Res.* 2020. Vol. 343. Art. 105731. doi: 10.1016/j.precamres.2020.105731

References

Laurent O., Martin H., Moyen J. F., Doucelance R. The diversity and evolution of late-Archean granitoids: evidence for the onset of “modern-style” plate tectonics

between 3.0-2.5 Ga. *Lithos*. 2014;205:208–235. doi: 10.1016/j.lithos.2014.06.012

Moyen J. F., Laurent O. Archean tectonic systems: a view from igneous rocks. *Lithos*. 2018;302-303:99–125. doi: 10.1016/j.lithos.2017.11.038

Turkina O. M. Early Precambrian crustal evolution in the Irkut Block (Sharyzhalgai Uplift, southwestern Siberian Craton). *Russ. Geol. Geophys.* 2022;63:137–152.

Turkina O. M., Kapitonov I. N. The sources of Paleoproterozoic collisional granitoids (Sharyzhalgai Uplift, southwestern Siberian Craton): from lithospheric mantle to upper crust. *Russ. Geol. Geophys.* 2019. Vol. 60. P. 414–434.

Turkina O. M., Sukhorukov V. P. Early Precambrian granitoid magmatism of the Kitoy Block and stages of collisional events in the southwestern Siberian Craton. *Russ. Geol. Geophys.* 2022;63:620–635.

Turkina O. M., Kapitonov I. N., Sergeev S. A. The isotope composition of Hf in zircon from Paleoproterozoic plagiogneisses and plagiogranitoids of the Sharyzhalgai Uplift (southern Siberian Craton): implications for the continental crust growth. *Russ. Geol. Geophys.* 2013;54:272–282.

Turkina O. M., Sukhorukov V. P., Sergeev S. A. Mesoarchean bimodal volcanic rocks of the Onot greenstone belt, southwestern Siberian Craton: implications for magmatism in an extension/rift setting. *Precamb. Res.* 2020;343:105731. doi: 10.1016/j.precamres.2020.105731

*Поступила в редакцию / received: 04.08.2025; принята к публикации / accepted: 08.08.2025.
Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов / The author declares no conflict of interest.*

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Туркина Ольга Михайловна

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

e-mail: turkina@igm.nsc.ru

CONTRIBUTOR:

Turkina, Olga

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