

УДК 553.2

ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГРАНУЛИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ СЕВЕРА АЛДАНО-СТАНОВОГО ЩИТА

А. А. Кравченко^{1*}, Г. С. Анисимова¹, В. И. Березкин¹,
Н. В. Попов², Е. Е. Лоскутов¹, А. И. Журавлев¹

¹ Институт геологии алмаза и благородных металлов Сибирского отделения РАН
(пр. Ленина, 39, Якутск, Россия, 677980), *kravchenkoa@diamond.ysn.ru

² Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука Сибирского
отделения РАН (пр. Академика Коптюга, 3, Новосибирск, Россия, 630090)

Проблемы металлогенической специализации раннедокембрийской континентальной земной коры в различных по составу и обстановкам формирования метаморфических комплексах имеют актуальное значение для развития региональной металлогении. В работе рассмотрены геологическое строение, особенности минерального и вещественного состава месторождений и пунктов минерализации в палеопротерозойских гранулитовых комплексах Алдано-Станового щита. Выполнено сопоставление особенностей состава с рудными месторождениями в свекофеннидах Балтийского щита как хорошо изученной складчатой области. Сделан вывод о сходстве металлогенической специализации метаморфических комплексов.

Ключевые слова: Алдано-Становой щит; палеопротерозой; рудная минерализация.

Для цитирования: Кравченко А. А., Анисимова Г. С., Березкин В. И., Попов Н. В., Лоскутов Е. Е., Журавлев А. И. Геология и металлогеническая специализация палеопротерозойских гранулитовых комплексов севера Алдано-Станового щита // Труды Карельского научного центра РАН. 2022. № 5. С. 64–67. doi: 10.17076/geo1697

Финансирование. Исследования выполнены в рамках госзадания ИГАБМ СО РАН и договорных работ с АО «Золото Селигдара».

**A. A. Kravchenko^{1*}, G. S. Anisimova¹, V. I. Beryozkin¹, N. V. Popov²,
E. E. Loskutov¹, A. I. Zhuravlev¹. GEOLOGY AND METALLOGENIC
SPECIALIZATION OF PALEOPROTEROZOIC GRANULITE COMPLEXES
IN THE NORTH OF THE ALDAN-STANOVY SHIELD**

¹ Diamond and Precious Metal Geology Institute, Siberian Branch, Russian Academy
of Sciences (39 Lenin Ave., 677980 Yakutsk, Russia), *kravchenkoa@diamond.ysn.ru

² Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch, Russian Academy
of Sciences (3 Acad. Koptuyug Ave., 630090 Novosibirsk, Russia)

The problems of metallogenic specialization of the Early Precambrian continental crust in metamorphic complexes of varying composition and formation conditions are of great importance for the development of regional metallogeny. The paper considers the geology, features of the mineral and material composition of deposits and points of mineralization in the Paleoproterozoic granulite complexes of the Aldan-Stanovoy Shield. We compared the features of composition with those of ore deposits in Svecofennides of the Baltic Shield as a well-studied folded region. The conclusion was drawn about similarities in the metallogenic specialization of the metamorphic complexes.

Keywords: Aldan-Stanovoy Shield; Paleoproterozoic; ore mineralization

For citation: Kravchenko A. A., Anisimova G. S., Beryozkin V. I., Popov N. V., Loskutov E. E., Zhuravlev A. I. Geology and metallogenic specialization of Paleoproterozoic granulite complexes in the north of the Aldan-Stanovoy Shield. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN = Transactions of the Karelian Research Centre RAS*. 2022;5:64–67. doi: 10.17076/geo1697

Funding. The studies were carried out under state assignment to the Diamond and Precious Metal Geology Institute, SB RAS and under contract with Seligdar Gold JSC.

Длительный период становления Алдано-Станового щита (3,5–1,7 млрд лет) сопровождался неоднократными процессами метаморфизма, магматизма и деформации, что обусловило его сложное строение [Котов, 2003]. В настоящее время в тектонической структуре щита выделяется несколько крупных блоков – составных террейнов и супертеррейнов, ограниченных крупными разломами и зонами тектонического меланжа [Смелов и др., 2001а]. Формирование расположенных в северной части щита гранулитогнейсовых Нимнырского и Учурского террейнов и отделяющих их структур связывается предшественниками с субдукцией, коллизией микроплит, микроконтинентов и островных дуг [Mints et al., 2000]. Металлогения щита изучена в значительно меньшей мере, чем Балтийского [Турченко, 2007]. Описаны главным образом месторождения железа, флогопита и апатита [Рундквист и др., 1999; Mints et al., 2000]. Полиметаллическая минерализация упоминалась изредка как сопутствующая [Смелов и др., 2001б]. В последние десятилетия специалистами предприятия «Якутскгеология» открыты новые докембрийские золоторудные объекты. Обнаружение объектов с неизвестными ранее типами минерализации делает актуальным изучение вещественного состава метаморфических комплексов. Нашим коллективом при помощи сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6480LV с энергетическим спектрометром фирмы OXFORD изучены составы рудных минералов в метаморфических комплексах. Рентгено-флуоресцентным анализатором Niton XL3tGOLDD определены содержания элементов-примесей в горных породах. Проведен факторный анализ их содержаний.

В кристаллических сланцах и амфиболитах золоторудных объектов и склоновых отложений

бассейнов золотых россыпей минерализация встречена на участках повторного расщепления и метаморфической полосчатости в пространственной связи с кварцевыми жилами. Обнаружены сульфидно-арсенидные метаморфогенно-гидротермальные руды. Золото сконцентрировано в леллингите, встречается самородное золото и мальдонит. В золотосодержащих породах часто встречаются: арсенопирит, никелин, кобальтин, пирротин и висмут. В нескольких пробах обнаружены серебро и антимонит. Состав руд схож с гипо- и мезозональными орогенными месторождениями [Groves et al., 2020].

В диопсидовых породах магнезиальных скарнов, сопровождающих флогопитовую и магнетитовую минерализацию, обнаружены золото, серебро, шеелит, молибдошеелит, зигенит, халькопирит и сфалерит. В пространственно сопряженных со скарнами кварцевых породах с графитом встречены сфалерит и халькопирит, микровключения металлов: самородной меди с примесями олова и никеля, кобальта с примесью вольфрама, вольфрама, золота и серебра. Содержание некоторых из металлов в скарнах и кварцитах ранее оценивалось предшественниками с целью попутной добычи.

В диафторитах по кристаллическим сланцам основного состава и метадиоритам обнаружены сульфидная и золотая минерализация в ассоциации с зонами катаклаза, эпидотовыми замещениями, прожилками и выделениями хлорита. В диафторитах по кристаллосланцам диагностированы борнит, халькозин, теллуриды и самородное золото с примесями меди, висмута, теллура. В диафторитах по метадиоритам встречаются пирит и халькопирит, флюорит и галенит, золото.

Результаты факторного анализа содержания элементов-примесей по совокупности различных пород показали близкое распределение Au, Ag, As, Sb, W, Mo, Zn, Co, Fe с одной стороны, Cr, Cu, Ni, S, Te, Pd с другой, что в общих чертах отражает профили описанных выше типов минерализации.

В свекофеннидах Балтийского щита [Горячев, 2014] минералами орогенных месторождений золота являются: пирит, пирротин, арсенопирит, халькопирит, леллингит, сфалерит, галенит, кобальтин, пентландит, тетраэдрит, аурустибит, мальдонит, самородные Bi, Sb, Ag, теллуриды Bi, Pb, Fe, Ni, золото, серебро и др. Здесь также описаны скарновые месторождения с магнетитовым и сульфидным полиметаллическим оруденением (Fe-Mn, Fe-Co-Ni, Fe-апатитовые, Cu-Pb-Zn, Au-Bi-Se, W-Mo), кварциты с полиметаллической минерализацией и связанные с эпидот-хлоритовыми замещениями борнитовые руды с золотом [Mineral..., 2012; Кулешевич, Лавров, 2013].

Металлогеническая специализация и рудные минеральные ассоциации палеопротерозойских метаморфических комплексов Алдано-Станового и Балтийского щитов имеют определенные черты сходства, причины чего предстоит изучить.

Литература

Горячев Н. А. Благороднометалльный рудогенез и мантийно-коровое взаимодействие // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 2. С. 323–332.

Котов А. Б. Граничные условия геодинамических моделей формирования континентальной коры Алданского щита: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. СПб., 2003. 78 с.

Кулешевич Л. В., Лавров О. Б. Типоморфные особенности золота докембрийских месторождений и проявлений Карелии // Золото Фенноскандинавского щита: Мат-лы междунар. конф. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013. С. 109–112.

Рундквист Д. В., Минц М. В., Ларин А. М. и др. Металлогения рядов геодинамических обстановок раннего докембрия / Редкол.: Г. С. Гусев (отв. ред.) и др. М.: МПР РФ, РАН, Геокарт, РосГео, 1999. 398 с.

Смелов А. П., Зедгенизов А. Н., Тимофеев В. Ф. Алдано-Становой щит // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: Наука/Интерпериодика, 2001а. С. 81–103.

Смелов А. П., Никитин В. М., Бирюлькин Г. В., Попов Н. В., Стогний В. В. Каларо-Учурский раннепротерозойский коллизионный металлогенический пояс // Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: Наука/Интерпериодика, 2001б. С. 306–316.

Турченко С. И. Металлогения тектонических структур палеопротерозоя. СПб.: Наука, 2007. 175 с.

Groves D. I., Santosh M., Deng J., Wang Q., Yang L., Zhang L. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration // *Mineralium Deposita*. 2020. Vol. 55. P. 275–292. doi: 10.1007/s00126-019-00877-5

Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia / Eilu P. (ed.). Geological Survey of Finland, Special Paper 53. 2012. 401 p.

Mints M. V., Rundqvist D. V., Larin A. M., Nenaikhov V. M., Rytsk E. Yu., Turchenko S. I., Chernyshov N. M. Early Precambrian geodynamics and metallogeny // *Geodynamics and Metallogeny: Theory and Implications for Applied Geology*. Moscow, 2000. P. 105–191.

References

Goryachev N. A. Noble-metal ore genesis and mantle–crust interaction. *Geologiya i geofizika = Geology and Geophysics*. 2014;55(2):323–332. (In Russ.)

Kotov A. B. Boundary conditions in geodynamic models of the Aldan Shield Crust formation: Summary of DSc (Dr of Geol.-Miner.) thesis. St. Petersburg; 2003. 78 p. (In Russ.)

Kuleshevich L. V., Lavrov O. B. Typomorphic features of gold of the Precambrian deposits and manifestations in Karelia. *Zoloto Fennoskandinavskogo shchita: Mat-ly mezhdunar. konf. = Gold of the Fennoscandian Shield: Proceedings intern. conf.* Petrozavodsk: KarRC RAS; 2013. P. 109–112. (In Russ.)

Rundqvist D. V., Mints M. V., Larin A. M. et al. Metallogeny of the series of geodynamic situations at the Early Precambrian. Moscow: MPR RF, RAN, Geokart, RosGeo; 1999. 398 p. (In Russ.)

Smelov A. P., Zedgenizov A. N., Timofeev V. F. Aldano-Stanovoy Shield. *Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) = Tectonics, Geodynamics, and Metallogeny of the Republic of Sakha (Yakutia)*. Moscow: Nauka/Interperiodika; 2001a. P. 81–103. (In Russ.)

Smelov A. P., Nikitin V. M., Biryul'kin G. V., Popov N. V., Stognii V. V. Kalar-Uchur Early Proterozoic collisional metallogenic belt. *Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii Respubliki Sakha (Yakutiya) = Tectonics, Geodynamics, and Metallogeny of the Republic of Sakha (Yakutia)*. Moscow: Nauka/Interperiodika; 2001b. P. 306–316. (In Russ.)

Turchenko S. I. Metallogeny of the Paleoproterozoic tectonic structures. St. Petersburg: Nauka; 2007. 175 p. (In Russ.)

Groves D. I., Santosh M., Deng J., Wang Q., Yang L., Zhang L. A holistic model for the origin of orogenic gold deposits and its implications for exploration. *Mineralium Deposita*. 2020;55:275–292. doi: 10.1007/s00126-019-00877-5 (In Russ.)

Eilu P. (ed.). *Mineral deposits and metallogeny of Fennoscandia*. Geological Survey of Finland, Special Paper. 2012;53. 401 p.

Mints M. V., Rundqvist D. V., Larin A. M., Nenaikhov V. M., Rytsk E. Yu., Turchenko S. I., Chernyshov N. M. Early Precambrian geodynamics and metallogeny. *Geodynamics and Metallogeny: Theory and Implications for Applied Geology*. Moscow; 2000. P. 105–191.

Поступила в редакцию / received: 22.08.2022; принята к публикации / accepted: 25.08.2022.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Кравченко Александр Александрович

канд. геол.-мин. наук, заведующий лабораторией металлогении

e-mail: kravchenkoa@diamond.ysn.ru

Анисимова Галина Семеновна

канд. геол.-мин. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геологии и минералогии благородных металлов

e-mail: g.s.anisimova@diamond.ysn.ru

Березкин Василий Ионович

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

e-mail: beryozkin2003@list.ru

Попов Николай Васильевич

канд. геол.-мин. наук, старший научный сотрудник лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия

e-mail: PopovNV@ipgg.sbras.ru

Лоскутов Евгений Евгеньевич

канд. геол.-мин. наук, ученый секретарь

e-mail: loskutov@diamond.ysn.ru

Журавлев Анатолий Иванович

младший научный сотрудник лаборатории «Геологический музей»

e-mail: ai.zhuravlevgeo@gmail.com

CONTRIBUTORS:

Kravchenko, Alexander

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Head of Metallogeny Laboratory

Anisimova, Galina

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Leading Researcher, Laboratory for Precious Metal Geology and Mineralogy

Beryozkin, Vasiliy

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

Popov, Nikolai

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Senior Researcher, Laboratory for Precambrian Paleontology and Stratigraphy

Loskutov, Evgeny

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Secretary for Science

Zhuravlev, Anatoly

Junior Researcher, Geological Museum Laboratory