

ваниями. Определяющими факторами размещения и контроля промышленного оруденения комплексных руд является развитие мощных зон милонитизации и катаклаза, контролирующих действие низкотемпературных метасоматических процессов, среди которых наиболее важными представляются хлор-натровый метасоматоз свекофенского этапа активизации и пространственная связь с пегматоидным гранитообразованием.

#### Литература

1. Ахмедов А.М., Вороняева Л.В., Павлов В.А. и др. Золотоносность Южно-Печенгской структурной зоны (Кольский полуостров): типы проявлений и перспективы выявления промышленных содержаний золота. // Региональная геология и металлогения. 2004. № 20. с. 139–152.
2. Gu L., Zheng Y., Tang X. et al. Copper, gold and silver enrichment in ore mylonites within massive sulphide orebodies at Hongtoushan VHMS deposit, N.E. China. // Ore geology reviews. 2007. N30. P. 1–29.
3. Loukola-Ruskeeniemi K. Geochemistry of Proterozoic metamorphosed black shales in eastern Finland, with implications for exploration and environmental studies. // Geological turkimuskeskus, Espoo/ 1997. P. 174.
4. Ore geology reviews. 2007. N 31. P. 1-2.
5. Pirajno F., Thomassen B., Dawes P.R. Copper-gold occurrences in the Palaeoproterozoic Inglefield mobile belt, northwest Greenland: a new mineralization style? // Ore geology reviews. 2003. N 22. P. 225–249.

### **Архейский эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро – Полнек-Тундра в истории геологического развития Центрально-Кольского блока (Кольский полуостров)**

**Петровская Л.С., Петров В.П.**

Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, e-mail: [petrovsk@apatity.ru](mailto:petrovsk@apatity.ru), [petrov@admks.apatity.ru](mailto:petrov@admks.apatity.ru)

Архейский гетерогенный эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро – Полнек-Тундры, расположен в центральной части Центрально-Кольского блока. В пределах этого района развиты различные по своему происхождению и вещественному составу породы, которые могут рассматриваться в качестве реперных геологических образований для реконструкции истории геологического развития района. Метаморфические образования представлены мигматизированными гранулитами и гнейсами кольской серии, испытавшими региональный метаморфизм в условиях гранулитовой и амфиболитовой фаций. Интрузивные образования включают в себя эндербиты, амфибол-биотитовые тоналиты, а также различные по составу жильные образования. Становление эндербитового массива происходило после гранулитового метаморфизма вмещающих его пород кольской серии, что подтверждается секущими контактами между эндербитами и гранулитогнейсами. Амфибол-биотитовые тоналиты слагают отдельные участки в массиве эндербитов. Границы между эндербитами и тоналитами нечеткие, наблюдаются постепенные переходы. Синметаморфические жильные гранат-силлиманитсодержащие микроклин-плагиоклазовые граниты секут мигматитовую полосчатость гнейсов кольской серии. Самыми поздними образованиями являются жильные лейкогранит-аплиты, секущие все выше перечисленные разновидности пород.

Изученный архейский эндербит-гранулитовый комплекс района Пулозеро – Полнек-Тундры является типичным представителем высокометаморфизованных гранулитогнейсовых комплексов Центрально-Кольского мегаблока. Общим для исследованного комплекса является полицикличность проявлений метаморфизма и магматизма, андалузит-силлиманитовый тип термодинамического режима регионального метаморфизма архейского времени, сопряженность гранулитового метаморфизма со становлением гиперстенсодержащих гранитоидов. Вместе с тем исследованный комплекс по ряду своих особенностей отличается от других высокометаморфизованных комплексов Центрально-Кольского мегаблока отсутствием признаков более древних высокотемпературных процессов метаморфизма, проявлением в эндербитах наложенного метаморфизма амфиболитовой фации и относительно хорошей сохранностью от воздействия более поздних протерозойских процессов, влияние которых устанавливается только с помощью изотопных методик.

С учетом данных по эндогенным процессам гранулитогнейсовых комплексов Центрально-Кольского мегаблока, полученных предыдущими исследователями в эволюционном развитии гранулитогнейсовой области в целом устанавливается пульсационность геологических событий с латерально неоднородными термодинамическими режимами.

Самым древним определением возраста в Кольском регионе является возраст  $3606 \pm 16$  млн. лет, полученный для гнейсов кольской серии по ксеногенным цирконам в северо-западной части Центрально-Кольского мегаблока (оз. Нельявр) [7]. Этот возраст свидетельствует о том, что к этому моменту в северо-восточной части Балтийского щита уже существовала земная кора.

Модельный Sm-Nd возраст протолита гнейсов кольской серии оценивается в 2922 млн. лет в северо-восточной части мегаблока [17] и – в 2955 млн. лет в центральной [11]. Момент проявления вулканической деятельности и время образования исследуемых пород в северо-западной части мегаблока фиксируется наличием циркона вулканогенного происхождения с возрастом  $2910 \pm 21$  млн. лет [7], что, вероятно, свидетельствует о синхронности процессов осадконакопления и вулканизма в Центрально-Кольском мегаблоке.

В северо-восточной части мегаблока (район оз. Чудзъявра) продатированы наиболее ранние этапы гранулитового метаморфизма и эндербитообразования с возрастными  $2832 \pm 11$  млн. лет [16] и  $2830 \pm 60$  млн. лет [13], соответственно. Примерно в это же время фиксируется становление магматического комплекса, исходного для основных амфибол-двупироксеновых кристаллосланцев центральной части мегаблока (район Веже-Тундры), возраст которого устанавливается наличием магматической генерации цирконов в  $2830 \pm 70$  млн. лет [1]. Приведенные данные свидетельствуют о региональном проявлении условий гранулитовой фации в пределах центральной и северо-восточной частях мегаблока и приуроченности формирования эндербитов к областям развития высокометаморфизованных комплексов.

В северо-западной части мегаблока на побережье оз. Нельявр для гнейсов кольской серии определен ещё один этап гранулитового метаморфизма с возрастом в  $2788 \pm 16$  млн. лет [7]. Для генерации гранулитовых цирконов из основных кристаллосланцев центральной части мегаблока (район Веже-Тундры) получен возраст  $2760 \pm 10$  млн. лет, который интерпретируется как время протекания метаморфизма гранулитовой фации [1]. Данный этап метаморфизма устанавливается по акцессорным цирконам, которые по химизму и морфологии отвечают «гранулитовым» цирконам.

Более поздний этап регионального гранулитового метаморфизма, с которого и начинается рассмотрение геологической истории исследуемого эндербит-гранулитового комплекса района Пулозеро – Полнек-Тундры, фиксируется возрастом  $2724 \pm 49$  млн. лет [9]. По данным А.И. Тугаринова, Е.В. Бибиковой [15], региональный метаморфизм кольских гнейсов Центральных районов Кольского полуострова в районе оз. Вайкис – оз. Мончезеро протекал одновременно как в гранулитовой, так и амфиболитовой фациях метаморфизма  $2700 \pm 50$  млн. лет тому назад. Близкий возраст одновременного проявления гранулитового и амфиболитового метаморфизма в  $2740 \pm 50$  млн. лет для глиноземистых гнейсов кольской серии (район ст. Пулозеро) был ранее получен Е.В. Бибиковой и др. [4]. Проявление амфиболитового метаморфизма в гнейсах кольской серии с возрастом  $2743 \pm 18$  млн. лет, фиксируемого на северо-западе мегаблока [7], может рассматриваться как наличие метаморфической зональности с увеличением степени метаморфизма к его центральной части. В районе оз. Чудзъявра внедрение и кристаллизация гиперстенсодержащих монцодиоритов с возрастом  $2720 \pm 3$  млн. лет [16], кварцевых монцодиоритов –  $2715 \pm 8$  млн. лет [16] и гранодиоритов – 2710 млн. лет [13] соответствуют условиям гранулитовой фации и сопряжено со временем проявления гранулитового метаморфизма в районе Пулозеро – Полнек-Тундра. Согласно приведенным данным, интервал 2.70-2.74 млрд. лет тому назад соответствует образованию различных пород и породных ассоциаций в высокометаморфизованных комплексах Центрально-Кольского мегаблока в условиях, отвечающих условиям гранулитового метаморфизма.

Важным эндогенным событием в развитии Центрально-Кольского мегаблока является формирование крупного массива эндербитов района Пулозеро – Полнек-Тундры с возрастом  $2656 \pm 10$  млн. лет [9] и внедрение более мелких тел гиперстенсодержащих кварцевых диоритов района оз. Чудзъявра с возрастом в  $2679 \pm 18$  млн. лет [16].

В районе Пулозеро – Полнек-Тундры преобразование эндербитов в амфибол-биотитовые тоналиты в условиях амфиболитовой фации метаморфизма определяется возрастными  $2640 \pm 20$  млн. лет

и  $2635 \pm 5$  млн. лет [9, 10]. Близкое по времени проявление синтетектонического гранулитового метаморфизма с возрастом  $2648 \pm 18$  млн. лет фиксируется в районе оз. Чудзъявра по сильно рассланцованному силлиманит-гранат-биотитовому гнейсам [16], что может свидетельствовать о снижении степени метаморфизма с северо-востока мегаблока к его центральной части. Примерно в это же время в районе оз. Чудзъявра фиксируется внедрение монацитсодержащих плагиогранитов с возрастом  $2634 \pm 12$  млн. лет, которые объединены в одну возрастную группу с анатектит-гранитами и плагиопегматитами [16].

Более поздний этап наложенного метаморфизма в условиях амфиболитовой фации фиксируется в умереннокальциевых гнейсах кольской серии и амфибол-биотитовых тоналитах района Пулозеро – Полнек-Тундры возрастными  $2568 \pm 10$  млн. лет и  $2575 \pm 20$  млн. лет, соответственно [9]. К этому же этапу можно отнести внедрение жильных гранат-силлиманитсодержащих микроклин-плагиоклазовых гранитов с возрастом в  $2550 \pm 16$  млн. лет, секущих умереннокальциевые гранулиты кольской серии района Пулозеро – Полнек-Тундры [9], которые близки по времени к постгранулитовым пегматитам района оз. Чудзъявр с возрастом  $2556 \pm 27$  млн [16].

В районе Пулозеро – Полнек-Тундра в породах эндербит-гранулитового комплекса определяется регрессивный этап метаморфизма, соответствующий условиям низкотемпературной амфиболитовой фации. Его проявление фиксируется Sm-Nd возрастными  $2544 \pm 13$  млн. лет для гнейсов кольской серии и  $2537 \pm 80$  млн. лет для эндербитов, которые, вероятно, и определяют верхний предел времени регрессивного низкотемпературного метаморфизма амфиболитовой фации [12]. Это предположение подтверждается также незначительными регрессивными изменениями краевых зон гранатов гнейсов кольской серии, сформированных в условиях наложенной амфиболитовой фации метаморфизма, а также оценками температур их образования ( $500-600$  °C), которые являются близкими к температурам закрытия Sm-Nd системы в гранатах и плагиоклазах.

Внедрение протерозойских жильных лейкогранит-аплитов с возрастом  $2497 \pm 15$  млн. лет [11] приходится на время формирования крупных платинометаллических расслоенных интрузий базит-ультрабазитов г. Генеральской, Монче-плутона, Панских-Федоровых тундр и др. в период от 2500 до 2400 млн. лет [2, 3].

В этот же период времени Sm-Nd и Rb-Sr исследованиями фиксируются термально-флюидные преобразования пород эндербит-гранулитового комплекса района Пулозеро – Полнек-Тундры, которые произошли в интервале 2505-2460 млн. лет [12] и соответствуют рифтовой стадии развития Кольской рифтогенно-коллизийной системы в палеопротерозое [5, 6, 8, 14 и др.].

Завершение докембрийской эндогенной активности Центрально-Кольского мегаблока фиксируется в породах эндербит-гранулитового комплекса района Пулозеро – Полнек-Тундры Rb-Sr возрастными в 1811-1827 млн. лет [12], которые соответствуют поздней коллизийной стадии развития Кольской рифтогенно-коллизийной системы в палеопротерозое [5, 6, 8, 14 и др.].

Детальные геолого-петрологические и изотопно-геохимические исследования эндербит-гранулитового комплекса архея района Пулозеро - Полнек-Тундра, сопоставление полученных результатов с соответствующими данными по другим районам Центрально-Кольского мегаблока позволяют уточнить и дополнить существующие представления о вещественном составе и природе архейской коры, пространственно-временных закономерностях развития метаморфизма позднего архея, его термодинамических режимах и взаимосвязи с тектогенезом и магматизмом.

*Авторы благодарны академику РАН Ф.П. Митрофанову за рекомендацию в выборе геологического объекта, помощь и консультации в работе.*

#### Литература

1. Авакян К.Х. Геология и петрология Центрально-Кольской гранулит-гнейсовой области архея – М.: Наука, 1992. 168 с.
2. Баянова Т.Б., Митрофанов Ф.П., Пожиленко В.И. Геохронология реперных геологических образований и процессов раннего докембрия Кольского региона // Материалы III Всероссийского совещания: Общие вопросы расчленения докембрия. – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2000. С. 24–28.
3. Баянова Т.Б. Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма: автореф. дис. док. геол.-мин. наук. – Москва, 2002. – 48 с.

4. Бибикова Е.В., Тугаринов А.И., Грачева Т.В., Константинова М.В. О возрасте гранулитов Кольского полуострова // Геохимия. – 1973. – № 5. С. 664–675.
5. Минц М.В., Глазнев В.Н., Конилов А.Н. и др. Ранний докембрий северо-востока Балтийского щита: палеогеодинамика, строение и эволюция континентальной коры – М: Научный мир, 1996. 287 с.
6. Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б., Балабонин Н.Л. и др. Кольский глубинный раннедокембрийский коллизии: новые данные по геологии, геохронологии, геодинамике и металлогении // Вестник СПбГУ. Сер. 7. 1997. Вып. 3. № 21. С. 5–18.
7. Мыскова Т.А., Бережная Н.Г., Глебовицкий В.А. и др. Находки древнейших цирконов с возрастом 3600 млн. лет в гнейсах кольской серии Центрально-Кольского блока Балтийского щита (U-Pb, SHRIMP-II) // ДАН. – 2005. – Т. 402. № 1. С. 82–86.
8. Петров В.П. Метаморфизм раннего протерозоя Балтийского щита – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. 325 с.
9. Петровская Л.С., Баянова Т.Б. Архейский магматизм и метаморфизм района Пулозеро (Центрально-Кольский блок) // Петрография на рубеже XXI века: итоги и перспективы. Материалы Второго Всероссийского петрографического совещания. Т. 4. – Сыктывкар, 2000 а. С. 298–301.
10. Петровская Л.С., Баянова Т.Б. Последовательность эндогенных процессов в архейских породах // Изотопная геохронология. Материалы конференции «Изотопное датирование геологических процессов: новые методы и результаты». – Москва: ГЕОС, 2000 г. С. 264–266.
11. Петровская Л.С., Баянова Т.Б., Деленицын А.А. Позднеархейское время формирования эндробит-гранулитового комплекса района Пулозеро Центрально-Кольского мегаблока – Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза // Материалы. II Российской конференции. – Санкт-Петербург: Центр информационной культуры, 2003. С. 358–361.
12. Петровская Л.С., Митрофанов Ф.П., Баянова Т.Б., Серов П.А. Этапы и условия формирования архейского эндробит-гранулитового комплекса района Пулозеро – Полнек-Тундра Центрально-Кольского блока (Кольский полуостров) // ДАН. – 2007. Т. 416. № 3. С. 1–4.
13. Пушкарев Ю.Д., Кравченко Э.В., Шестаков Г.И. Геохронометрические реперы докембрия Кольского полуострова – Л.: Наука, 1978. 136 с.
14. Ранний докембрий Балтийского щита // Отв. редактор чл.-кор. РАН В.А. Глебовицкий. – СПб.: Наука, 2005 – 711 с.
15. Тугаринов А.И., Бибикова Е.В. Геохронология Балтийского щита по данным цирконометрии – М.: Наука, 1980. – 131 с.
16. Balashov Yu.A., Mitrofanov F.P., Balagansky V.V. New geochronological data on archaean rocks of Kola peninsula // Correlation of Precambrian formations of the Kola-Karelian region and Finland. – Apatity: Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, 1992. P. 13–34.
17. Timmerman M.J., Daly S.J. Sm-Nd evidence for late Archaean crust formation in the Lapland – Kola Mobil Belt, Kola Peninsula, Russia and Norway // Precambrian Rec. – 1995. – V. 72. P. 97–107.

## **Геология, возраст и предполагаемый источник магм Островного массива рапакиви-образных кварцевых монцонитов – монцогранодиоритов Мурманского домена**

**Петровский М.Н., Петровская Л.С., Баянова Т.Б.**

Геологический институт КНЦ РАН, г. Апатиты, e-mail: [petrovsk2@rambler.ru](mailto:petrovsk2@rambler.ru), [petrovsk@apatity.ru](mailto:petrovsk@apatity.ru),  
[tamara@geoksc.apatity.ru](mailto:tamara@geoksc.apatity.ru)

Магматизм этапов кратонизации земной коры отличается широким проявлением калиевых высокожелезистых гранитоидных пород участвующих в строении анортозит-рапакивигранитных ассоциаций. Эти породы характеризуются необычным составом темноцветных минералов, в них присутствуют высокожелезистые амфиболы, слюды, пироксены и оливины [1, 2, 6 и др.]. Наибольший интерес для петрологов представляет образование пород с минеральной ассоциацией фаялит + кварц. Данный парагенезис, как правило, наиболее хорошо проявлен в сиенитовых и монцонитовых породах позднедокембрийских анортозит-рапакивигранитных интрузивных комплексов Балтийского и Украинского щитов либо встречается в самостоятельных сиенитовых и монцонитовых массивах более молодого (фанерозойского) возраста [5, 8 и др.]. Очевидно, что близость состава