

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ГИН РАН)



**МАТЕРИАЛЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
(С ИНОСТРАННЫМ УЧАСТИЕМ)**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ
ВУЛКАНОГЕННО-ОСАДОЧНЫХ, ТЕРРИГЕННЫХ
И КАРБОНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ
(ЛИТОЛ 2023)**

18–21 апреля 2023 г.

Конференция посвящена памяти
Анны Григорьевны Коссовской (1915–2000)
Ирины Васильевны Хворовой (1913–2003)



Москва
ГЕОС

С.В. Межеловская¹, А.Д. Межеловский², К.И. Юшин¹

Геохимия циркона из метаосадочных пород кожозерской свиты Ветреного пояса

Рифтогенная структура Ветреный пояс расположена в юго-восточной части Балтийского щита, ограничена Карельским кратоном с юго-запада и Беломорский коллизионным орогеном с северо-востока. В сводном разрезе структуры, по данным [3], выделяются следующие стратиграфические подразделения (снизу–вверх): терригенная токшинская свита, сложенная кварцитами и кварцевыми гравелитами (мощность 300–1500 м); вулканогенная кирпичная, представленная андезибазальтами, андезитами и их туфами (700–1000 м). Выше залегает ряд терригенно-осадочных свит: калгачинская – конгломераты (250 м); кожозерская – аркозовые метапесчаники с примесью туфогенного материала, известняки, доломиты, мергели (400–600 м); виленгская – песчаники, алевролиты и глинистые сланцы (1200–1500 м). Завершает разрез свита Ветреного пояса, сложенная вулканитами коматиитовой серии (преимущественно коматиитовыми базальтами) и туфами основного состава (до 4000 м). Структурно-вещественные комплексы Ветреного пояса претерпели изменения не выше зеленосланцевой фации, это обусловило хорошую сохранность пород и их структурно-текстурных особенностей. Возраст структуры, согласно датировкам коматиитовых базальтов завершающего этапа, отвечает сумийскому надгоризонту палеопротерозоя и лежит, по разным оценкам, в интервале 2410–2405 млн лет [4,10,11], однако в серийных

¹ Геологический институт (ГИН) РАН, Москва, Россия

² Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ-РГГРУ), Москва, Россия

легендах к государственным геологическим картам последнего поколения [1] суммарный разрез укладывается в 4 надгоризонта палеопротерозоя (от сумия до людиковия включительно), таким образом возраст структуры в настоящее время остается дискуссионным.

Настоящая работа посвящена средней части разреза Ветреного пояса – кожозерской преимущественно терригенно-карбонатной свите. Отложения свиты простираются в широтном направлении (согласно с простираением структуры) в виде широкой полосы от оз. Вингозеро и постепенно выклиниваются у оз. Бол. Чикомоха. В разрезе свиты выделяется три пачки (снизу–вверх): аркозовые метагравелиты, метапесчаники с прослоями туфопесчаников и метавулканитов среднего состава; андезиты, андезибазальты с прослоями туфопесчаников; карбонатосодержащие сланцы с маломощными прослоями известняков и доломитов. На контактах с интрузивными телами базитов развиваются скарноиды и кальцифиры. Суммарная мощность оценивается в 400–600 м, изредка достигая 1000 м. Взаимоотношения с подстилающими и перекрывающими образованиями разнятся по данным разных отчетов: в одном случае верхний контакт с породами виленгской свиты является постепенным в районе Румангоры [1], в других случаях контакты являются тектоническими [5].

Проведенные авторами полевые исследования и детальная документация реперных обнажений кожозерской свиты, территориально расположенных в труднодоступной центральной части Ветреного пояса (гг. Вингора, Хозега, мысы Плитный и Монастырский), показали следующее: свита является крайне неоднородной по составу: в основании залегают аркозовые, плохо сортированные и местами рассланцованные кварцитопесчаники, фациально переходящие в карбонат-силикатные сланцы. Осадки чередуются с маломощными амфиболитизированными базальтами и серо-зелеными сланцами грауваккового состава. В составе карбонат-силикатных сланцев наблюдается примесь полевых шпатов (до 5%) и мелких зерен кварца (7–10%), а наложенные метаморфические процессы привели к формированию низкотемпературных амфиболов актинолит-тремолитового состава. Базальты и трахибазальты сложены крупными выделениями роговой обманки, плагиоклаза и биотита. По составу кварцитопесчаники смещены в сторону составов полимиктовых песчаников, в них встречаются обломки кислых пород (от 5 до 10%) гравийного размера, основные минералы: кварц (60–70%), кислый плагиоклаз (8–10%), микроклин (5–7%), мусковит (6–8%), в подчиненном количестве находится эпидот (1.5–2%), что может указывать на примесь туфогенного материала. Подобные кварцитопесчаники, расположенные в основании разреза, петрохимически отвечают аркозам, являются незрелыми (ICV–1.3–1.4), что подтверждается и при петрографическом изучении – отсутствие сортировки и окатанности зерен, наличие мелких обломков

магматических пород до 10%. Породы формировались за счет слабо выветрелых источников (CIA–40–50); отношение Fe/Mn 70–85 характеризует прибрежно-морские обстановки накопления первоначальных песчаных осадков.

Из аркозовых кварцитопесчаников была выделена монофракция циркона и проведено U-Pb датирование методом La-ICP-MS (69 зерен). Диапазон возрастов лежит в интервале от 2750 до 2850 млн лет, единичные зерна имеют более древние возраста – до 3225 млн лет, самое молодое зерно относится к палеопротерозою–2464 млн лет. Отношение Th/U для большинства зерен укладываются в интервал 0.2–1.1, что характеризует их как магматические; два зерна имеют аномально низкие величины Th/U–0.03 и 0.08, и вероятно являются метаморфическими.

При анализе полученных аналитических данных было установлено, что подавляющая их часть имеет высокую степень дискордантности, рассчитанную по формуле $D = 100\% \cdot [\text{возраст } (^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})/\text{возраст } (^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}) - 1]$, что указывает на нарушение изотопной системы в цирконе. Для 9 зерен с дискордантностью менее 5% был получен конкордантный возраст 2761 ± 4 млн лет (СКВО = 1.8), который характеризует время формирования пород источника.

При анализе распределения редких земель в цирконе, во всех 69 зернах наблюдается дифференцированное распределение с ростом от легких элементов к тяжелым; отчетливо проявлена Ce положительная и Eu отрицательная аномалии. Такие спектры характерны для циркона магматического генезиса [7]. Отношение Hf/Yb в среднем составляет около 10–15, что типично для гранитоидов, отношение $(\text{Sm}/\text{La})_N$ составляет 12 для большинства зерен, что указывает на обогащение их La. Рассчитанные температуры кристаллизации по Ti в цирконе дали очень широкий диапазон – от 605 до 1153 °C, для 9 конкордантных зерен циркона температура колеблется от 690 до 754 °C, что может соответствовать непосредственной температуре кристаллизации циркона при магматическом процессе. Более высокие температуры, по-видимому, обусловлены интенсивным флюидным воздействием на циркон, в результате которого мог быть привнесён титан, что подтверждается также повышенной концентрацией элементов-примесей [2], и низким значением отношения $(\text{Sm}/\text{La})_N$. На дискриминационной диаграмме $\text{La}-\text{Sm}_N/\text{La}_N$ [9] подавляющее большинство точек тяготеет к области гидротермального циркона, небольшая часть попадает в область пористого циркона, 8 фигуративных точек оказались в области неизменного магматического циркона и именно по ним был получен конкордантный возраст. На дискриминационной диаграмме Y-U/Yb [8, 9] все фигуративные точки расположены в поле континентального происхождения циркона, а большинство точек концентрируются в области континентальных гранитоидов.

Кварцитопесчаникикожозерской свиты формировались в прибрежно-морских условиях на континенте, за счет разрушения близкорасположенного источника. В области питания преобладали породы кислого состава с возрастом близким к 2761 млн лет. В пределах прилегающего Водлозерского домена широко развиты гранитоиды нескольких групп: субщелочные гранодиорит-гранит-лейкограниты, трондьемиты, чарнокиты и эндербиты, нормально щелочные гранит-лейкограниты. Наиболее близкий модельный возраст 2.75 млрд лет имеют гранитоиды первой группы [6], которые и могли выступать в роли потенциального источника сноса при формировании осадков. Подавляющее большинство изученных цирконов имеет нарушенную изотопную систему и претерпели интенсивное флюидное воздействие на позднемагматическом этапе, находясь в составе источника сноса обломочного материала.

Литература

1. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200 000. Серия Карельская. Листы Р-37-I (Маленьга), Р-37-VII (Сергиево). Объяснит. записка. СПб.: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001. 94 с.
2. *Каулина Т.В.* Образование и преобразование циркона в полиметаморфических комплексах. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2010. 144 с.
3. *Куликов В.С., Светов С.А., Слабунов А.И. и др.* Геологическая карта юго-восточной Фенноскандии масштаба 1:750 000: новые подходы к составлению // Тр. КарНЦ РАН. Серия Геология докембрия. 2017. № 2. С. 3–41.
4. *Межеловская С.В., Корсаков А.К., Межеловский А.Д., Бибикина Е.В.* Временной диапазон формирования осадочно-вулканогенного комплекса Ветреного Пояса // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2016. Т. 24. № 2. С. 3–16.
5. *Ракитин И.Ю., Пылаев Н.Ф., Медведев В.А. и др.* Отчет о результатах поисково-оценочных работ на золото и металлы платиновой группы, проведенных на Нименьгской площади в Архангельской области в 2007–2010 гг. ЗАО «Онегазолото», Т. 1. 2010. 227 с.
6. Ранний докембрий Балтийского щита / Под ред. В.А.Глебовицкого. СПб.: Наука, 2005. 711 с.
7. *Скублов С.Г., Макеев А.Б., Красоткина А.О. и др.* Изотопно-геохимические особенности циркона из Пижемского титанового месторождения (средний Тиман) как отражение гидротермальных процессов // Геохимия. 2022. Т. 67. № 9. С. 807–829.
8. *Смолькин В.Ф., Скублов С.Г., Ветрин В.Р.* Редкоэлементный состав дегрированного циркона архейского возраста из ятулийских терригенных пород Фенноскандии // Записки Российского минералогического общества. 2020. Т. 149. № 6. С. 85–100.

9. *Grimes C.B., John B.E., Kelemen P.B. et al.* Trace element chemistry of zircons from oceanic crust: A method for distinguishing detrital zircon provenance // *Geology*. 2007. V. 35. P. 643–646.

10. *Puchtel I.S., Haase K.M., Hofmann A.W. et al.* Petrology and geochemistry of crustally contaminated komatiitic basalts from the Vetreny Belt, southeastern Baltic Shield: evidence for an early Proterozoic mantle plume beneath rifted Archean continental lithosphere // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1997. V. 61. P. 1205–1222.

11. *Puchtel I.S., Touboul M., Blichert-Toft J. et al.* Lithophile and siderophile element systematics of Earth's mantle at the Archean-Proterozoic boundary: Evidence from 2.4 Ga komatiites // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 2016. V. 180. P. 227–255.