

## Детритовые цирконы как источник информации при реконструкции условий осадконакопления терригенных комплексов Ветреного пояса (Фенноскандинавский щит)

Межеловская С.В.<sup>1</sup>, Межеловский А.Д.<sup>1</sup>, Смолькин В.Ф.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Российский государственный геологоразведочный университет, Москва, geocon@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского, Москва, v.smolkin@sgm.ru*

**Аннотация.** При изучении докембрийских вулканогенно-осадочных структур, в первую очередь внимание уделяется вулканитам, как наиболее информативным в геодинамическом отношении. При этом зачастую в тени остается осадочная компонента, несущая не менее важную информацию в отношении условий формирования структур. В статье представлены впервые выполненные изотопные исследования детритового циркона методами LA-ICP-MS из терригенной толщи палеопротерозойской структуры Ветренный пояс. На основе полученных данных установлен возраст и особенности осадконакопления пород кожозерской свиты, расположенных в центральной части разреза структуры. Преобладает популяция детритового циркона с возрастом 2736–2880 млн. лет. Его источниками, предположительно, были гранитоиды Сумозерско-Кенозерской структуры.

**Ключевые слова:** Фенноскандинавский щит, палеопротерозой, Восточная Карелия, Ветренный пояс, детритовый циркон, локальный изотопный U–Th–Pb анализ.

## Detrital zircons as a source of information for reconstructing the sedimentation conditions of terrigenous formations of the Vetreny Belt (Fennoscandinavian Shield)

Mezhelovskaya S.V.<sup>1</sup>, Mezhelovskiy A.D.<sup>1</sup>, Smolkin V.F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Russian State Geological Prospecting University, Moscow, geocon@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Vernadsky State Geological Museum of Russian Academy of Sciences, Moscow, v.smolkin@sgm.ru*

**Abstract.** During the study of Precambrian volcanogenic-sedimentary structures, first of all, attention is paid to the volcanic rocks, as the most important in the geodynamic aspect. At the same time, the sedimentary component, which carries no less important information about the conditions of formation of the structures, is often left in the shade. The article presents the first studies of detrital zircon from the terrigenous formation of the Paleoproterozoic Vetreny Belt structure isotopic using LA-ICP-MS methods. Based on the results of these studies, the age and sedimentation features of the rocks of the Kozhozerskaya Formation located in the central part of the section of the structure were determined. The detrital zircon population dated at 2736–2880 Ma is most abundant. Presumably its sources were granitoids of the Sumozersko-Kenozerskaya structure.

**Key words:** Fennoscandinavian Shield, Paleoproterozoic, Eastern Karelia, Vetreny Belt, detrital zircon, in situ U–Th–Pb isotope analysis.

### Введение

Ветренный пояс расположен в юго-восточной части Фенноскандинавского щита и простирается с северо-запада на юго-восток примерно на 250 км, при ширине выходов от 15 до 85 км. Он представляет собой осадочно-вулканогенную структуру, ограниченную на северо-востоке региональным надвигом с Беломорским коллизионным орогеном. На юго-западе Ветренный пояс надвинут на палеоархейское серогнейсовое основание и мезоархейские зеленокаменные пояса Карельской гранит-зеленокаменной области. Максимальная мощность осадочно-вулканогенного комплекса достигает 7–8 км. Породы комплекса метаморфизованы преимущественно в условиях зеленосланцевой фации; локально в зоне разрывных нарушений – эпидот-амфиболитовой.

В разрезе Ветреного пояса, по данным (Куликов и др., 2011), выделяются следующие свиты (снизу вверх): терригенно-осадочная токшинская, сложенная кварцитами и кварцевыми гравелистами; кирпичная, представленная андезибазальтами, андезитами и их туфами; калгачинская – конгломераты; кожозерская – кварциты, плагиопорфиновые базальты, известняки, доломиты, мергели;

виленгская - песчаники, алевролиты и глинистые сланцы. Завершает разрез свита ветреного пояса, сложенная вулканитами коматиитовой серии (преимущественно коматиитовыми базальтами) и туфами основного состава.

### ***Литологическая характеристика кожозерской свиты***

В качестве объекта исследования авторами были выбраны породы кожозерской свиты, которые наиболее хорошо обнажены по берегам оз. Кожозеро, в северо-западном направлении от оз. Ундозеро через оз. Кожозеро, южнее Пневских озер, г. Шапочки до нижнего течения р. Левушки. Общая ширина выявленной полосы ее развития составляет до 3 км при протяженности более 200 км (Геология шунгитоносных..., 1982). Разрез свиты имеет неоднородное строение, снизу вверх выделяются: биотитсодержащие ритмичнослоистые среднезернистые метапесчаники; зеленые хлоритовые сланцы по туффитам; переслаивание мраморизованных карбонатных и доломитовых сланцев; потоки порфировых метаплагиобазальтов превращенных в амфиболиты, местами миндалекаменных и карбонатизированных; мелко- среднезернистые кварцево-слюдистые кварцитопесчаники с обломками гранитоидов, местами смятые в мелкие складки. Общая мощность кожозерской свиты оценивается в 400-600 м.

Аркозовая составляющая, изученная авторами на мысе Плитный (рис. 1), представлена розово-серыми, крупно- и среднезернистыми рассланцованными кварцитами.

Породы обладают гранобластовой, иногда порфиробластовой структурой. Кроме зерен кварца различного размера наблюдаются крупные выделения калиевого полевого шпата (ортоклаза) и таблитчатые кристаллы плагиоклазов кислого состава довольно хорошей сохранности. В роли цемента выступают минералы группы эпидота и слюд (рис. 2).



Рис. 1. Аркозовые метапесчаники мыса Плитный.

Fig. 1. Arkose metasandstones of the Cape Plitny.

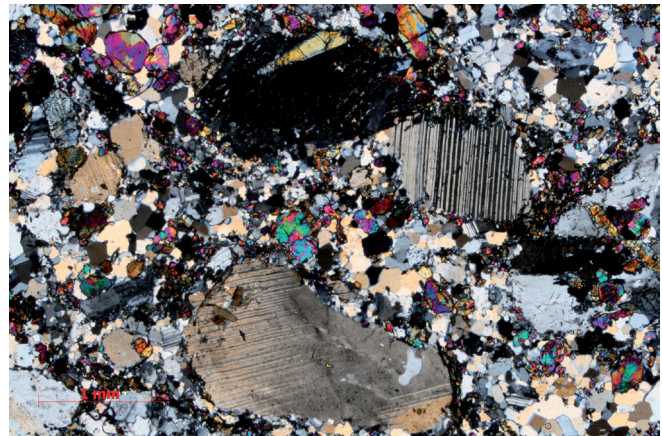


Рис. 2. Микрофотография аркозовых метапесчаников кожозерской свиты.

Fig. 2. Microphotograph of arkosic metasandstones of the Kozhozerskaya Formation.

Иногда встречаются мелкие обломки микроклина с характерной микроклиновой решеткой. Сортировка отсутствует. Петрогеохимически породы отвечают повышеннощелочным силицитам - содержания  $\text{SiO}_2$  до 75, натровый модуль (НМ) – 0.29, индексы ICV – 1.4; CIA – 47 и CIW – 53 указывают на слабоизмененные низкозрелые метапесчаники. На диаграмме Юдовича Я.Э., основанной на фемичности и щелочности, породы попадают в поле метааркозов.

### ***Методика исследования***

Проба (К-07-08-4) весом 5 кг была отобрана из естественного обнажения коренных пород на мысе Плитный (оз. Кожозеро) из нижней (терригенной) части разреза кожозерской свиты.

Выделение монофракций циркона осуществлялось по стандартным методикам с использованием концентрационного стола, магнитной сепарации и тяжелых жидкостей в Геологическом ин-

ституте РАН. Зерна циркона были имплантированы в эпоксидную смолу, сошлифованы и приполированы на половину своей толщины. Предварительный просмотр зерен циркона проводился при помощи бинокля. Для определения U–Th–Pb возраста и содержаний элементов-примесей в цирконе использовался метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой с лазерной абляцией (LA-ICP-MS) по методике, описанной (Смолькин и др., 2020). Для визуализации полученных данных построены гистограммы и кривые плотности вероятности возрастов (Ludwig, 2003).

### Результаты U–Pb датирования

Методом LA-ICP-MS продатировано 69 зерен, в том числе для 53 зерен получены конкордантные значения. Основная часть зерен детритового циркона имеет  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст в интервале 2736–2880 млн. лет с пиками на PD графике 2769 и 2795 млн. лет (рис. 3). Содержания U в этом кластере варьируются от 47 до 315, Th – 36–280, отношения Th/U – 0.1–1.6.

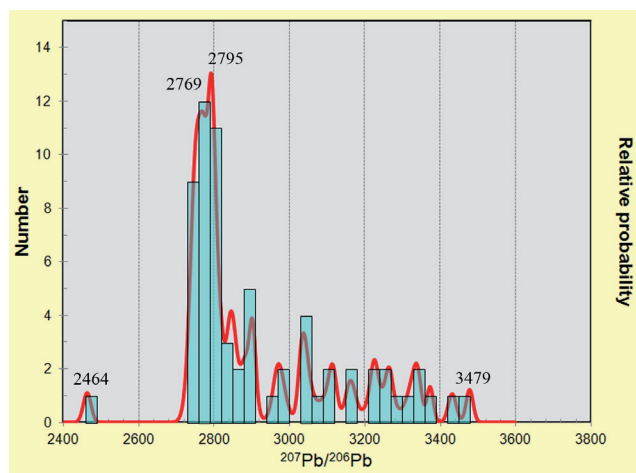


Рис. 3. График распределения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраста зерен детритового циркона из терригенных пород кожозерской свиты.

Fig. 3. Distribution plot of  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  age of detrital zircons from terrigenous rocks of the Kozhozerskaya Formation.

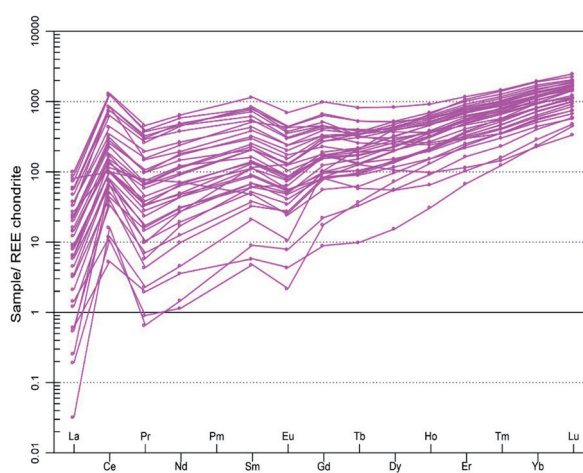


Рис. 4. Содержания элементов-примесей в зернах детритового циркона, нормализованных по хондриту CI (McDonough, Sun, 1995).

Fig. 4. Element-impurity concentrations in detrital zircon grains normalized by CI chondrite (McDonough, Sun, 1995).

В подчиненном количестве встречаются зерна с возрастaми 2950–3100 млн. лет с более высокими содержаниями U – 158–455, Th – 104–382 (Th/U – 0.5–1.1) и 3220–3380 млн. лет (U – 187–649, Th – 196–759, Th/U – 0.7–1.6). Самые древние зерна циркона имеют возраст 3479 и 3493 млн. лет и характеризуются максимальными содержаниями U – 951 и 481, Th – 998 и 405 соответственно (Th/U = 1.1 и 0.8). Самое молодое зерно циркона имеет возраст 2464 млн. лет (U – 182, Th – 114 ppm; Th/U = 0.6).

Во всех продатированных зернах циркона были измерены содержания редких земель, суммарные значения которых увеличивается от молодых к древним. На графике распределения РЗЭ (рис. 4), нормированных к хондриту, отчетливо проявлено обогащение HREE по отношению к LREE, положительная Ce и отрицательная Eu аномалии. Основываясь на этом можно предположить, что большая часть зерен циркона является магматической; меньшая, с выположенным спектром, метаморфическая.

### Выводы

Полученные результаты изотопного и геохимического изучения зерен детритового циркона позволяют предположить, что в качестве источника обломочного материала для формирования терригенных пород кожозерской свиты были гранитоиды Сумозерско-Кенозерской структуры. Для более древних зерен циркона – до 3380 млн. лет – вероятным источником являются ТТГ-гнейсы Водлозерского блока, которые находятся на небольшом удалении от Ветреного пояса.

Исследования были поддержаны Грантом РФФИ (17-05-00592 А).

## Литература

1. Геология шунгитоносных вулканогенно-осадочных образований протерозоя Карелии (под ред. В.А. Соколова). Петрозаводск. Изд-во: Карелия. 1982. 208 с.
2. Куликов В.С., Куликова В.В., Бычкова Я.В. Ветреный пояс: тектоно- и петротип палеопротерозоя Юго-Восточной Фенноскандии // Геология Карелии от архея до наших дней. Материалы докладов Всероссийской конференции, посвященной 50-летию Института геологии КарНЦ РАН. Петрозаводск. 2011. С. 91–103.
3. Смолькин В.Ф., Межеловская С.В., Межеловский А.Д. Источники обломочного материала терригенных толщ палеобассейнов неоархейского и палеопротерозойского возраста Восточной части Фенноскандинавского щита по данным изотопного анализа детритового циркона (SIMS, LA-ICP-MS) // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2020. Т. 28. № 6. С. 3–36. <https://doi.org/10.31857/S0869592X20060095>.
4. Ludwig K.R. User's manual for Isoplot/Ex 3.0, A geochronological toolkit for Microsoft Excel. BGC Special Publication № 1. 2003. 2455 Ridge Road. Berkeley CA 94709, USA.
5. McDonough W.F., Sun S.S. The composition of the Earth // Chemical Geology. 1995 V. 120. P. 223–253. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(94\)00140-4](https://doi.org/10.1016/0009-2541(94)00140-4).