

## АУТИГЕННЫЕ АКЦЕССОРНЫЕ МИНЕРАЛЫ ГЛИНИСТЫХ СЛАНЦЕВ ЯТУЛИЯ СЕГОЗЕРСКОЙ СТРУКТУРЫ: МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ВОЗРАСТ

Бессмертный К.Н.<sup>1,2</sup>, Суханова М.А.<sup>2,3</sup>, Силаева О.М.<sup>4,5</sup>, Устинова В.В.<sup>1</sup>,  
Степанова А.В.<sup>1</sup>, Галанкина О.Л.<sup>3</sup>, Кервинен А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Институт геологии Карельского научного центра РАН, kirillbessmertnyy@gmail.com

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>3</sup> Институт геологии и геохронологии РАН

<sup>4</sup> Геологический институт РАН

<sup>5</sup> Московский государственный университет

Вулканогенно-осадочные комплексы ятулия (2.3–2.1 млрд лет) широко распространены на территории Фенноскандинавского щита и являются важной частью истории его развития (Соколов и др., 1970). Одним из опорных объектов для изучения ятулия Фенноскандинавского щита является Сегозерская структура, расположенная в восточной части Карельского кратона на границе Водлозерского и Центрально-Карельского террейнов (Слабунов и др., 2006). Она представляет собой синклиналь площадью 900 км<sup>2</sup>, сложенную различными метаосадочными и метавулканическими породами, которые относятся к нижнему и среднему ятулию (Соколов и др., 1970).

Вулканогенно-осадочные комплексы ятулия в районе оз. Сегозеро включают терригенную толщу серых и красных песчаников и кварцito-песчаников с прослойми алевролитов и аргиллитов, а также их интракластов. Размерность терригенных пород варьирует от пелитовой (<0.005 мм) до мелкогалечной (2–10 мм), с преобладанием крупнозернистых песчаников (0.5–1 мм). Форма кварцевых зерен часто окатанная и полуокатанная, реже хорошо окатанная и угловато-окатанная. Преобладает плохая и средняя сортировка. Повсеместно в разрезах встречаются косослоистые текстуры и знаки ряби волнения, а в аргиллитовых разностях – текстуры трещин усыхания.

Среди метаосадочных пород выделяются две пачки глинистых сланцев, которые различаются по текстурно-структурным особенностям и минеральному и химическому составам. Верхняя и нижняя пачки глинистых сланцев разделяются в разрезе потоком раннеятулийских базальтов. Глинистые сланцы преимущественно сложены иллитом (80 % и более), обломочная часть (менее 10 %) представлена кварцем. Для нижней пачки характерно наличие псевдоморф лимонита по пириту.

Рентгенофазовый анализ показал, что тонкозернистые глинистые прослои двух пачек практически не различаются по минеральному составу в пределах синклинали. Минеральный состав этих толщ представлен кварцем, мусковитом, биотитом и хлоритом, в подчиненном количестве присутствуют кальцит, гематит, пирит, ортоклаз, магнетит. Отличительной особенностью глинистых сланцев верхней пачки является высокое содержание гематита.

Химический состав глинистых сланцев нижней пачки значительно отличается от состава глинистых сланцев верхней пачки. Так, верхняя пачка характеризуется более высокими содержаниями Si, Mg и Ca и значительно более низкими концентрациями Al и K. Глинистые сланцы нижней пачки отличаются значительно более высокими содержаниями тяжелых и легких редкоземельных элементов (Nd до 428 г/т, Yb до 19 г/т).

Акцессорные минералы нижней пачки глинистых сланцев представлены цирконом, монацитом, ксенотитом и минералами группы рутила. Циркон представлен обломочными трещиноватыми зернами с отчетливой осцилляторной зональностью и размером от 50 до 250 мкм, морфологически близкими к циркону вмещающих песчаников. Ксенотит формирует ксеноморфные зерна размером до 100 мкм, насыщенные включениями. Монацит представлен редкими кристаллами размерами порядка 30–60 мкм, редко до 100 мкм. Морфологически выделяются две разновидности монацита. Для первой характерны мелкие угловатые зерна размером не более

60 мкм, для второй – ксеноморфные зерна размером 20–40 мкм. Также был обнаружен монацит со сложным строением. Ядро размерами 50 на 30 мкм содержит множество включений. Оболочка однородна. Ядро и оболочка контрастно отличаются между собой. Так, ядро богато Th, Ce, Si, а оболочка – La. Размер зерен составляет 140 мкм в диаметре.

Аксессорные минералы глинистых сланцев верхнего уровня контрастно отличаются от аксессорных минералов нижнего уровня. Монацит представлен зернами неправильной формы, которые значительно меньше по размерам (5–25 мкм), чем в нижней пачке. Ксенотим отсутствует. Обнаружены аутигенный апатит и титанит. Апатит представлен субдиоморфными и ксеноморфными зернами размером от 30 до 120 мкм, титанит – зернами неправильной формы, размер которых варьирует в пределах 20–45 мкм. В некоторых случаях содержание титанита в породе превышает пять процентов.

Минералы группы рутила представлены двумя разновидностями. Анатаз формирует серовато-желтые зерна размером около 100 мкм, рутил – вытянутые зерна бледно-желтого цвета, с выраженной трещиноватостью. Их размер варьирует от 60 до 150 мкм.

Были проведены U-Pb ID TIMS геохронологические исследования однородных зерен монацита и ксенотима из глинистых сланцев нижнего уровня. Единичные зерна монацита и ксенотима подвергались разложению в HCl, химическое выделение свинца и урана проводилось в соответствии со стандартной методикой Т.Е. Кроу (Krogh, 1973), предварительно к пробам добавлялся изотопный индикатор  $^{202}\text{Pb} + ^{235}\text{U}$ . Измерение изотопного состава Pb и U выполнялось на приборе Triton TI в Институте геологии и геохронологии докембрия РАН (ИГГД РАН). Возраст монацита в глинистых сланцах в северо-восточной части Сегозерской структуры составляет  $1855 \pm 14$  млн лет (СКВО = 1.14), возраст ксенотима из глинистых сланцев юго-западной части структуры –  $1751 \pm 5$  млн лет (СКВО = 0.033).

Для зерен монацита, имеющих сложное строение (ядро и оболочку), была применена методика химического датирования (CHIME). Измерения были проведены в ИГГД РАН на электронно-зондовом анализаторе JEOL JXA-8230. U-Th-Pb значения возраста ядер, полученные в отдельных точках, в совокупности дают средневзвешенное значение возраста  $2472 \pm 42$  млн лет (СКВО = 1.3), а оболочек –  $1753 \pm 101$  млн лет (СКВО = 0.41).

Таким образом, первые результаты изучения глинистых сланцев нижнего и среднего ятулия в Сегозерской структуре показали, что несмотря на схожий состав породообразующих минералов, аксессорные минералы верхней и нижней пачек существенно отличаются друг от друга. Так, для нижней пачки характерно высокое содержание монацита, ксенотима, а также наличие рутила, антаза и циркона. Для верхней пачки глинистых сланцев характерно большое количество апатита и титанита, ксенотим не установлен, монацит формирует единичные мелкие зерна. Результаты U-Pb (ID TIMS) и U-Th-Pb (CHIME) геохронологических исследований предполагают, что в формировании глинистых сланцев нижней пачки участвовал источник сноса, содержавший монацит с возрастом около 2.5 млрд лет. Образование однородных зерен монацита ( $1855 \pm 14$  млн лет) и ксенотима ( $1751 \pm 5$  млн лет) в глинистых сланцах может быть связано с метаморфическими событиями или активным воздействием флюида и маркирует эпизод тектоно-метаморфической переработки ятулийского вулканогенно-осадочного чехла на Карельском кратоне.

При работе использовалось оборудование Аналитического центра Института геологии КарНЦ РАН, ЦКП АИРИЗ ИГГД РАН и РЦ «Рентгенодифракционные методы исследования» СПбГУ. При поддержке проекта и в рамках реализации проекта РНФ № 23-17-00260.

### Список литературы

Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б., Бибикова Е.В. и др. Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. 2006. В. 6. С. 1–33.

Соколов В.А., Галдобина Л.П., Рылеев А.В. и др. Геология, литология и палеогеография ятулия центральной Карелии / Под ред. В.А. Соколова. Петрозаводск, 1970. 366 с.

Krogh T.E. A low-contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations // Geochim. Cosmochim. Acta. 1973. Vol. 87. P. 485–494.