

Та-Nb МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В КЕРАМИЧЕСКИХ ПЕГМАТИТАХ СЕВЕРНОГО ПРИЛАДОЖЬЯ: СОСТАВ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Егоров А.В.¹, Арзамасцев А.А.^{1,2}

¹ Институт наук о Земле СПбГУ, Санкт-Петербург, egorovalex.nw@gmail.com

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, arzamas@ipgg.ru

В пределах Питкярантского пегматитового поля Северного Приладожья известно несколько месторождений керамических пегматитов, отработка которых в основном завершена. Помимо крупных пегматитовых тел на территории поля насчитывается более 400 мелких пегматитовых жил. Образование пегматитового поля связывают с коллизионным этапом развития региона, в течение которого произошло внедрение синорогенных гранитных комплексов: Маткасельского, Импиинемского (1871 ± 12 млн. лет) [3], Тервуского (1858.8 ± 2.5 млн. лет) [2]. Зачастую выявление связи гранитов с пегматитами в пределах Питкярантского поля весьма затруднительно, так как пространственная связь данных образований хорошо прослеживается только в пределах гранитных комплексов. Вмещающими породами для пегматитов является архейские гранито-гнейсы, слагающие купольные структуры, а также супракрустальные раннепротерозойские породы питкярантской свиты (рис. 1). Размещение пегматитовых жил контролируется системой тектонических нарушений северо-западного и субмеридионального простирания, которые были заложены в период свекофеннской складчатости. Обновление тектонической активности в последующий постколлизионный период привело к изменению существующих пегматитовых тел, которое проявилось в милонитизации и интенсивных метасоматических преобразованиях. Постколлизионные изменения связывают с плагиомикроклиновыми и микроклин-плагиоклазовыми мигматит-гранитами [4].

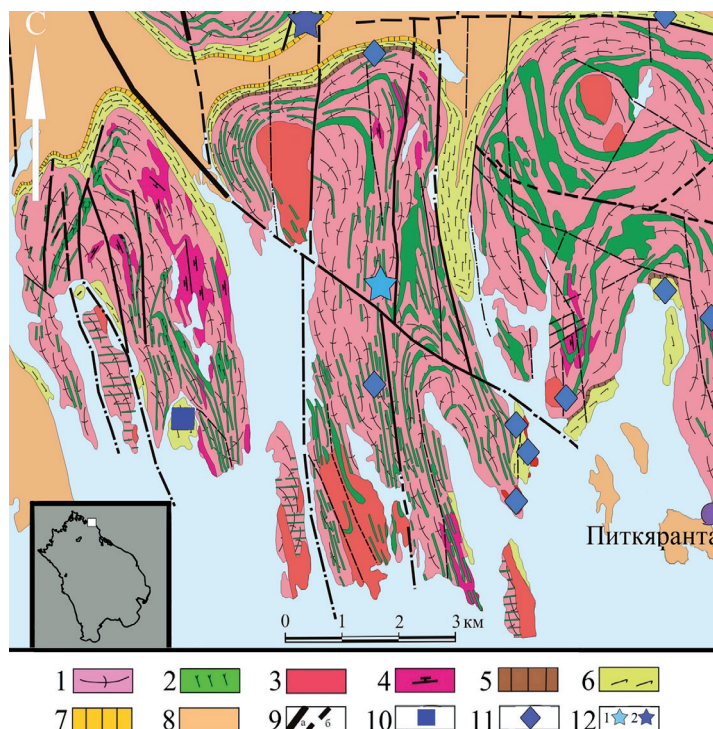


Рис. 1. Схема геологического строения района работ [9].

1 – гранито-гнейсы; 2 – амфиболиты; 3 – плагиомикроклиновые граниты; 4 – микроклин-плагиоклазовые граниты; 5 – нижний карбонатный горизонт питкярантской свиты; 6 – амфиболиты питкярантской свиты; 7 – верхний карбонатный горизонт питкярантской свиты; 8 – кварцевые песчаники, кварц-биотитовые сланцы ладожской серии; 9 – разломы: а) достоверные, б) предполагаемые; 10 – Импиинемский диорит-гранодиоритовый комплекс; 11 – месторождения керамических пегматитов Питкярантского поля; 12 – проявления Та-Nb минерализации в пегматитах: 1) участок работ, 2) месторождение Линнаваара. Врезка – местоположение района, контур – Ладожское озеро.

По данным К.И. Степанова [3] с постколлизийными метасоматическими изменениями пегматов месторождения Линнаваара связана редкометаллическая Ta-Nb минерализация, приуроченная к вторичным прожилкам мусковит-кварц-альбитового состава.

В ходе полевых работ нами исследовано пегматитовое тело, локализованное в пределах ядра Мурсульского гранито-гнейсового купола. Вскрытая шурфом пегматитовая жила залегает в архейских (возраст 2659 ± 15 млн. лет) [1] гранито-гнейсах (рис. 2), которые смяты в линейные изоклинальные складки с крутопадающими крыльями. Гранито-гнейсы простираются субмеридионо и характеризуются вертикальным падением. Пегматитовая жила представляет собой дискордантное изогнутое линзообразное тело протяженностью 35 м и видимой мощностью от 1 до 10 м. Глубина шурфа в центральной части жилы – 3 м. Южная часть жилы сильно задернована, предполагаемая граница проведена по данным радиометрической съемки.

При изучении тела было выявлено характерное зональное строение. На границе с вмещающими гранито-гнейсами присутствует краевая зона, представленная срастаниями крупнокристаллического полевого шпата. Промежуточная зона сложена прорастающими совместно полевым шпатом и кварцем. В центральной части тела развиты блоки микроклина, которые вскрыты шурфом.

В пределах южного борта шурфа наблюдаются небольшие (3-5 см) мусковит-кварц-альбитовые прожилки, секущие блоковый микроклин. В отвалах шурфа обнаружены образцы, содержащие срастания крупных (до 10 см) кристаллов мусковита, кварца и олигоклаза, а также биотита, кварца и микроклина. Также в отвалах наблюдаются крупные (до 25 см) осколки молочно-белого и серого кварца на основании которых можно сделать вывод о присутствовавшем в жиле кварцевом ядре.

Для исследований отобраны три пробы (> 8 кг каждая): 1) ПМ-1 – проба из центральной зоны крупнокристаллического микроклина; 2) ПО-1 – проба из мусковит-кварц-альбитовых прожилков из южного борта карьера; 3) ПО-2 – проба, состоящая из образцов мусковит-кварц-олигоклазового срастания, из отвалов. Помимо крупных проб для каждой из зон отбирались штучные образцы.

Породообразующими минералами пегматитовой жилы являются полевые шпаты, мусковит, биотит и кварц. Также присутствуют многочисленные скопления мелких (до 0.5 мм) кристаллов спессартина и гнездовые выделения магнетита (до 1 см). В подчиненном количестве наблюдаются второстепенные минералы: пирит, халькопирит, апатит, циркон, рутил, ильменит, ильменорутит, колумбит, монацит, ксенотим, бетафит, ураноторит.

В пробе ПО-1, отобранной из прожилков мусковит-кварц-альбитового состава, была установлена Ta-Nb минерализация, которая также присутствует в пробе ПО-2, но характеризуется меньшим содержанием. Наблюдается две формы выделения Ta-Nb-содержащих минералов: твердые растворы изоморфного ряда ферроколумбит $\text{Fe}^{2+}\text{Nb}_2\text{O}_6$ – ферротанталит $\text{Fe}^{2+}\text{Ta}_2\text{O}_6$ в составе рутила (рис. 3 а) и редкие радиоактивные минералы, схожие по химическому составу с лиандратитом $\text{U}(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_8$ и ишикаваитом $(\text{U}, \text{Fe})\text{NbO}_4$. Включения в рутиле представляют собой относительно мелкие (5-80 μm) обособления неправильной формы. Размер зерен рутила варьирует в пределах 0.1-1.2 мм, при высокой концентрации включений наблюдается мозаичная структура. По химическому составу включения соответствуют ферроколумбиту с изоморфными примесями Mn и Sc.

Выделения Ta-Nb минералов в виде включений в рутиле встречаются довольно часто.

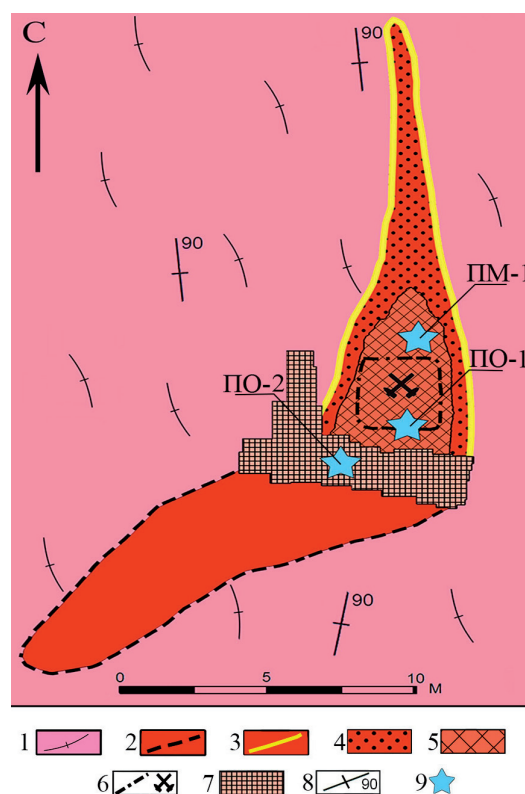


Рис. 2. Геологический план участка работ. 1 – гранито-гнейсы; 2 – предполагаемая граница жилы; 3 – краевая зона; 4 – промежуточная зона; 5 – центральная зона; 6 – шурф; 7 – отвалы шурфа; 8 – элементы залегания; 9 – места отбора проб: ПМ-1, ПО-1, ПО-2.

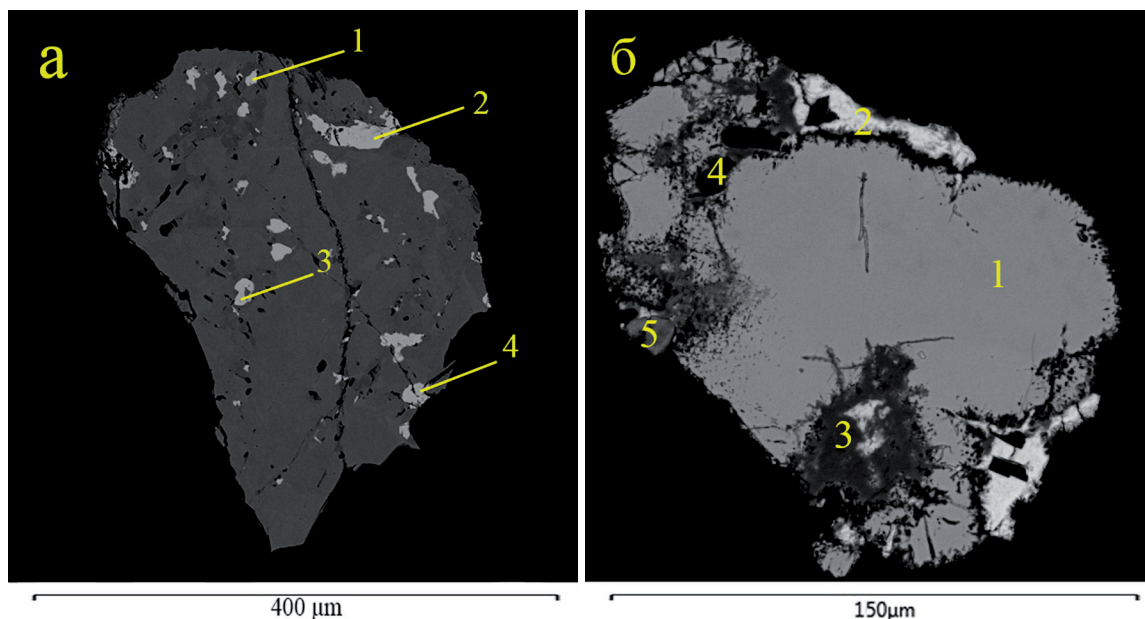


Рис. 3. Формы выделения Ta-Nb минералов, микрофотографии в режиме отраженных электронов (электронный микроскоп Hitachi S-4300N).

а – включения ферроколумбита (светлые) в рутиле, состав включений приведен в таблице 1;
 б – срастания ферроколумбита и лиандратита: 1 – ферроколумбит, 2 – лиандратит, 3 – магнетит, 4 – включения микроклина, 5 – включение циркона.

Реже тантало-ниобаты наблюдаются в виде сложных срастаний с многочисленными различными по составу включениями (рис. 3 б). Данные срастания не превышают размера 200 μm и, возможно, являются осколками более крупных минеральных индивидов. В качестве основных минералов в срастаниях выступают ферроколумбит и лиандратит, в составе которых наблюдаются включения микроклина. Размер включений микроклина не превышает 10 μm , каплевидная форма выделения свидетельствует о том, что осколки были захвачены в процессе роста ферроколумбита и лиандрита и переработаны. Циркон присутствует в виде единичного каплевидного включения в ферроколумбите, что, опять же, говорит о его более раннем образовании по отношению к вмещающему минералу. По периметру включений в ферроколумбите присутствуют зоны развития магнетита.

Таблица 1. Химический состав включений ферроколумбита в рутиле, мас. %.

Номер включения	Sc_2O_3	TiO_2	MnO_2	FeO	Nb_2O_5	Ta_2O_5
1	3.30	8.45	2.32	14.68	65.32	5.92
2	2.76	5.81	7.66	13.12	66.29	4.36
3	3.14	6.45	8.97	8.61	66.42	6.41
4	2.21	7.24	2.74	18.18	66.01	3.61

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа и масс-спектрометрии (ICP-MS) были определены содержания петрогенных, REE и малых элементов. Для установления возможного источника пегматитового расплава полученные составы проб исследуемого пегматитового тела сопоставлялись с составами кислых интрузий эпохи свекофеннской складчатости: предколлизийным Куркиекским и синколлизийным Тервуским плутонами [2] (рис. 4).

График распределения редкоземельных и малых элементов в пробах из пегматитовой жилы характеризуется явно выраженными отрицательными аномалиями для Ba, Sr, Eu и Ti. При этом присутствуют аномально высокие содержания радиоактивных элементов (U, Th). Повышенное содержание характерно также для Rb и Nb. Содержание HREE несущественно преобладает над LREE, отношение $(\text{La/Yb})_n$ для проб из пегматитовой жилы установлено в пределах единицы.

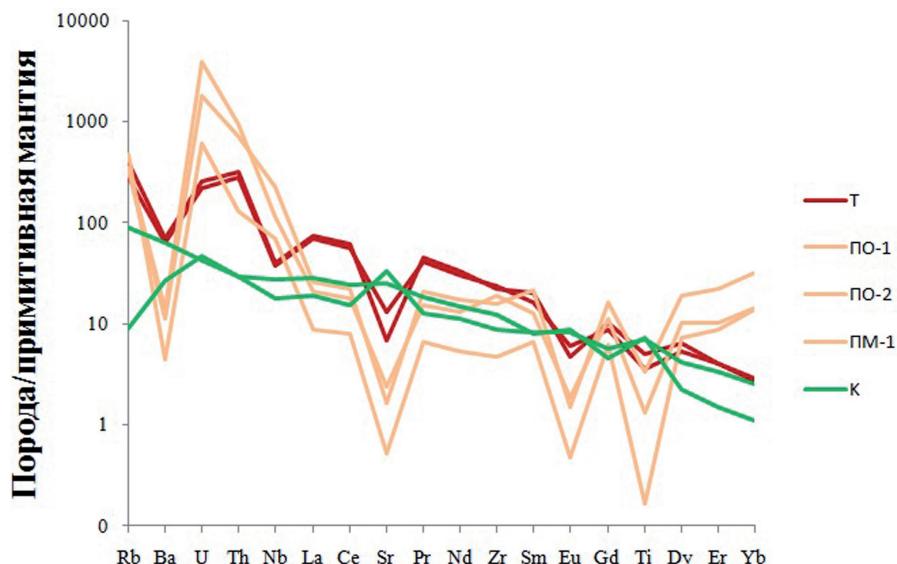


Рис. 4. Распределение редкоземельных и малых элементов в исследуемой пегматитовой жиле (ПО-1, ПО-2, ПМ-1) и кислых свекофенских плутонах Тервус (Т) и Куркиеки (К). Нормирование на состав примитивной мантии [5].

Сопоставив тренд распределения редкоземельных и малых элементов в породах Куркиекского плутона (1881 ± 6.7 млн. лет) [2], с трендом пегматитов, наблюдаем незначительную обратную корреляцию – слабые Sr, Eu, Ti положительные аномалии.

Явно выраженная корреляция в распределении REE и малых элементов наблюдается между пробами из пегматитовой жилы и гранитами Тервуского плутона (1858.8 ± 2.5 млн.лет) [2]. Для гранитов Тервуского плутона, как и для исследуемых пегматитов характерны положительные аномалии Rb, U, Th и отрицательные аномалии для Ba, Sr, Eu, Ti. В распределении REE наблюдаются различия: повышенное содержание LREE при более низких значениях HREE, отношение $(La/Yb)_n$ равно 70. Граниты Тервуского плутона являются синколлизионными, их образование связывают с селективным плавлением и мигматизацией вмещающих гранито-гнейсовых толщ.

Учитывая характер распределения редкоземельных и малых элементов, можно установить связь между исследуемой пегматитовой жилой и гранитами Тервуского типа. По видимому, пегматитовая жила была сформирована на завершающей стадии кристаллизации расплава синколлизионных гранитов. Однако, пространственной связи пегматитов и гранитов в пределах участка работ не выявлено.

Повышенное содержание радиоактивных элементов в пегматите объясняется пространственной близостью U-Th рудопроявления Пюттмяки, которое приурочено к постороженным мигматит-гранитам (1789 ± 31 млн. лет) [4]. Происхождение Ta-Nb минерализации, вероятно, обусловлено воздействием флюидонасыщенных гидротермальных растворов мигматит-гранитов. В пользу связи Ta-Nb минерализации с мигматит-гранитами рудопроявления Пюттмяки свидетельствует присутствие U-содержащих тантало-ниобатов: лиадратита и ишикаваита.

Литература

1. Мыскова Т.А., Милькевич Р.И., Львов П.А. U-Pb геохронология (SRIMP-II) цирконов из метаосадков ладожской серии (Северное Приладожье, Балтийский щит). Т 20. // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2012. № 2. С. 1-13.
2. Седова И.С., Саморукова Л.М. Глебовицкий В.А., Крылов Д.П., Геохимия гранитоидов Свекофенского тектоно-метаморфического цикла Северного Приладожья // Петрология. 2004. Т. 12. № 4. С. 394-414.
3. Степанов К.И., Санин Д.М., Санина Г.Н. Государственная геологическая карта масштаба 1:200 000 (второе издание). Листы Р-35-XXIV, Р-36-XIX // Объяснительная записка. Гл.ред. Ю.Б. Богданов, отв. ред. В.Г. Легкова. СПб: Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ. 2004. С. 74-85.
4. Шурилов А.В., Полеховский Ю.С., Тарасова И.П. Радиоактивная минерализация Импилахтинского полигона геологического факультета СПбГУ (Северное Приладожье): уч. Пособие. СПб: С.-Петербург. ун-т, 2013. С. 9-23.
5. McDonough W.F., Sun S.S., The composition of the Earth. Chem. Geol. 1995. V. 120. P. 223-253.