

## КОВДОРСКИЙ ФОСКОРИТ-КАРБОНАТИТОВЫЙ КОМПЛЕКС КАК КРУПНЕЙШИЙ ИСТОЧНИК СКАНДИЯ В РОССИИ

**Калашников А.О. (kalashnikov@geoksc.apatity.ru), Яковенчук В.Н.,  
Пахомовский Я.А., Паникоровский Т.Л., Коноплёва Н.Г., Базай А.В.,  
Михайлова Ю.А., Горяинов П.М., Кривовичев С.В., Иванюк Г.Ю.**

Кольское отделение, ИГ Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар. Санкт-Петербургское отделение.  
Санкт-Петербургский Государственный Университет

## THE KOVDOR PHOSCORITE-CARBONATITE COMPLEX AS THE LARGEST SCANDIUM SOURCE IN RUSSIA

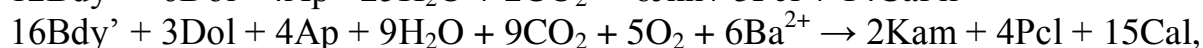
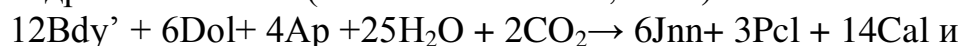
**Kalashnikov A.O., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Ya.A., Panikorovskii T.L.,  
Konoplyova N.G., Bazai A.V., Mikhailova Yu.A., Goryainov P.M.,  
Krivovichev S.V., Ivanyuk G.Yu.**

Kola branch, Institute of Geology of the Komi Science Center, Urals Branch of RAS, Syktvykar,  
Russia. Saint Petersburg branch. Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Скандий относится к стратегическим металлам, который находит всё более широкое применение в электронике, оптической, автомобильной, и авиационной промышленности. Однако он, как и прочие редкоземельные металлы, практически не образует крупных месторождений. В основном, скандийсодержащие фазы извлекаются попутно с добычей минералов иттрия, лантаноидов, урана и алюминия, – в том числе, таковых карбонатитовых комплексов Бойян-Обо, Томтор и Ковдор (Kalashnikov et al., 2016).

В Ковдорской фоскорит-карбонатитовой трубке основным концентратором скандия является бадделеит (рис. 1а), который включает этот металл по схеме  $2Zr^{4+} \leftrightarrow Sc^{3+}Nb^{5+}$  (Ivanyuk et al., 2016). Содержание скандия в бадделеите последовательно возрастает от краевой части трубки, сложенной (апатит)-форстеритовыми фоскоритами, к промежуточной зоне бескарбонатных существенно магнетитовых фоскоритов и, далее, к осевой зоне карбонатсодержащих фоскоритов и карбонатитов (рис. 1б). Ресурсы Ковдорского комплекса в отношении  $Sc_2O_3$  достигают 420 т при его среднем содержании в бадделеите 0.08 мас. % (Kalashnikov et al., 2016).

Помимо бадделеита, в карбонатсодержащих фоскоритах и карбонатитах осевой зоны трубки присутствуют поздние фосфаты скандия: ёнаит,  $CaMgSc(PO_4)_2(OH) \cdot 4H_2O$  (рис. 1с), и кампелит,  $Ba_3Mg_{1.5}Sc_4(PO_4)_6(OH)_3 \cdot 4H_2O$  (рис. 1д), – образование которых связано с гидротермальным изменением развитых здесь Sc-Nb-содержащего бадделеита и Ba-содержащего гидроксилapatита (Yakovenchuk et al., 2017):



где Ap – гидроксилapatит; Bdy' – Sc-Nb миналбадделеита,  $Sc_{0.5}Nb_{0.5}O_2$ ; Cal – кальцит, Dol – доломит; Jnn – ёнаит; Kam – кампелит, Pcl – пирохлор,  $Ca_2NbO_7$ .

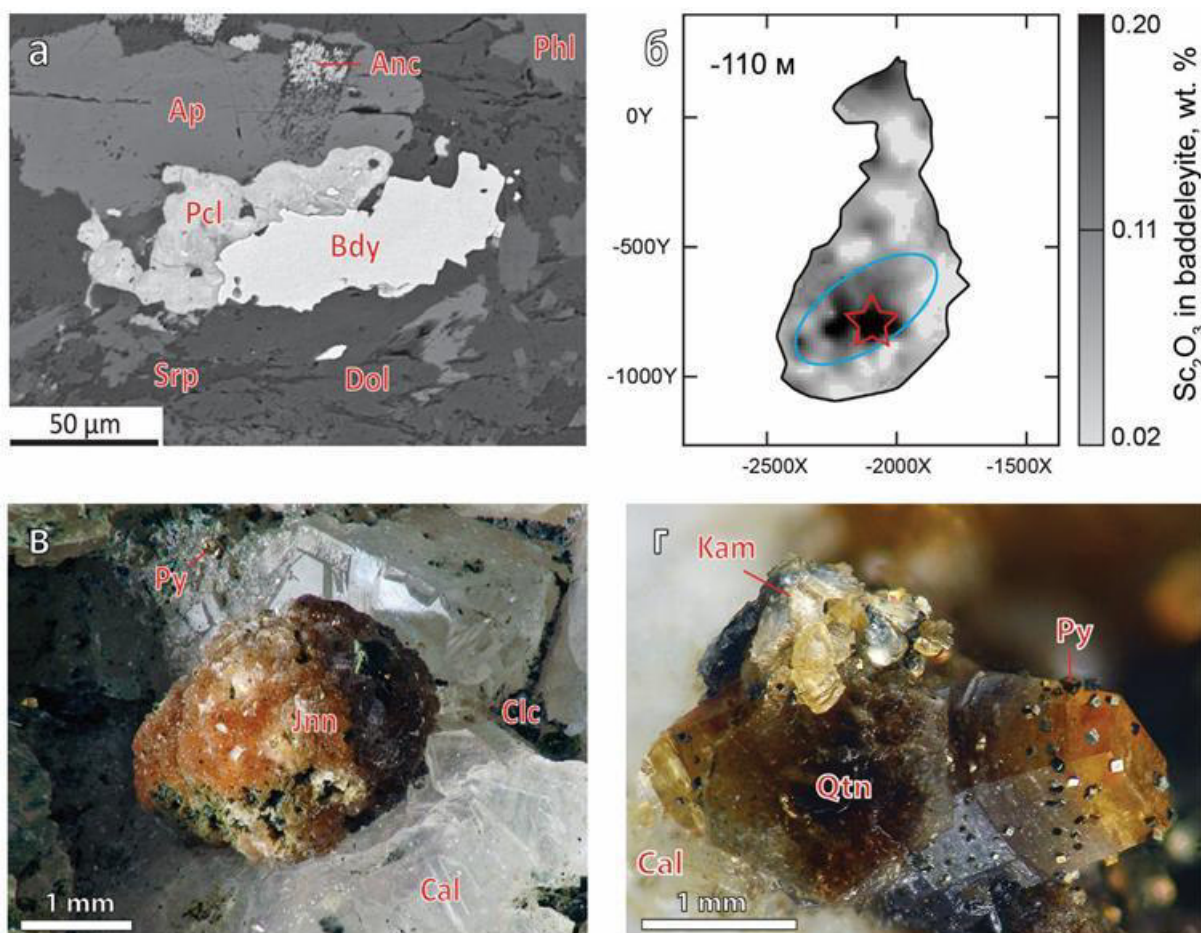


Рис. 1. Скандийсодержащий бадделеит, замещаемый пирохлором в кальцитовом карбонате (а), распределение содержания  $Sc_2O_3$  в бадделеите в пределах Ковдорской фоскорит-карбонатитовой трубки (б), сферолиты ёнаита (в) и кампелита (г) в пустотах обогащённых кальцитом фоскоритов из осевой зоны трубки. Голубой овал – ареал развития ёнаита, звёздочка – проявление кампелита. Anc – анкилит-(Ce), Ap – гидроксилapatит, Bdy – бадделеит, Cal – кальцит, Clc – клинохлор, Dol – доломит, Jnn – ёнаит, Pcl – пирохлор, Py – пирит, Qtn – квинтинит, Srp – серпентин.

Технология извлечения скандия из бадделеитового концентрата предусматривает спекание последнего с карбонатом и хлоридом кальция, обработку кека соляной кислотой и последовательное добавление к образовавшемуся хлоридному раствору сульфата аммония и трибутилфосфата (Lebedev, 2007). На основе этой технологии в Ковдоре может быть налажено ежегодное производство скандия в количестве 3-4 т, что сопоставимо с годовой мировой потребностью в этом металле и может вывести Россию в число основных поставщиков скандия на мировой рынок.

*Работа выполнена в рамках проекта РНФ 16-17-10173.*

*Ivanyuk G.Yu., Kalashnikov A.O., Pakhomovsky Ya.A., Mikhailova J.A., Yakovenchuk V.N., Konopleva N.G., Sokharev V.A., Bazai A.V., Goryainov P.M. Economic minerals of the Kovdor baddeleyite-apatite-magnetite deposit, Russia: mineralogy, spatial distribution, and ore processing optimization // Ore Geology Reviews. 2016. Vol. 77. P. 279–311.*

*Kalashnikov A.O., Konopleva N.G., Pakhomovsky Ya.A., Ivanyuk G.Yu.* Rare Earth Deposits of the Murmansk Region, Russia—A Review // *Economic Geology*, 2016. Vol. 111. P. 1529–1559.

*Kalashnikov A.O., Yakovenchuk V.N., Pakhomovsky Ya.A., Bazai A.V., Sokharev V.A., Konopleva N.G., Mikhailova J.A., Goryainov P.M., Ivanyuk G.Yu.* Scandium of the Kovdor baddeleyite–apatite–magnetite deposit (Murmansk Region, Russia): Mineralogy, spatial distribution, and potential resource // *Ore Geology Reviews*. 2016. Vol. 72. P. 532–537.

*Lebedev V.N.* Extraction and refining of scandium upon the processing of baddeleyite concentrates // *Theor. Found. Chem. Eng.* 2007. 41, 718–722.

*Yakovenchuk V.N., Ivanyuk G.Yu., Pakhomovsky Ya.A., Panikorovskii T.L., Britvin S.N., Krivovichev S.V., Shilovskikh V.V., Bocharov V.N.* Kampelite,  $\text{Ba}_3\text{Mg}_{1.5}\text{Sc}_4(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , a new very complex Ba-Sc phosphate mineral from the Kovdor phosphorite-carbonatite complex (Kola Peninsula, Russia) // *Mineralogy and Petrology*. 2017. DOI 10.1007/s00710-017-0515-1