

МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОРОД  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЕРМАКОВСКОЕ И ЗАВИТИНСКОЕ В СВЕТЕ  
ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ОБЩЕЙ МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ  
МИНЕРАЛОВ БЕРИЛЛИЯ И ЛИТИЯ ПРИ ХИМИКО-ФИЗИЧЕСКОМ  
ВОЗДЕЙСТВИИ

Азарова Ю.В. ([azarova\\_yu@mail.ru](mailto:azarova_yu@mail.ru)), Кринов Д.И. ([krinov67@mail.ru](mailto:krinov67@mail.ru)),  
Кольцов В.Ю. ([basilik2@yandex.ru](mailto:basilik2@yandex.ru))  
Московское отделение. АО «ВНИИХТ»

MINERALOGICAL AND PETROCHEMICAL ANALYSIS OF ROCKS FROM  
ERMAKOVSKOE AND ZAVITINSKOYE DEPOSITS IN TERMS OF  
FEASIBILITY OF CREATING OF THE MODEL OF BERYLLIUM AND  
LITHIUM MINERALS BEHAVIOUR ON EXPOSURE TO PHYSICAL-AND-  
CHEMICAL EFFECT

**Azarova Yu.V., Krinov D.I., Kolcov V.Yu.**

Moscow branch. SC "Leading Scientific-Research Institute of Chemical Technology"

Бериллий принадлежит к редким стратегически важным элементам, незаменимым в ряде отраслей современной техники. Он обладает легкостью, прочностью и высокой температурой плавления, способен сохранять свои свойства при температуре 700-800°C, является коррозионноустойчивым. Основными первичными продуктами бериллиевого производства являются бериллиевые концентраты – берилловые, берtrandитовые и берtrandит-фенакитовые, кроме того, он добывается как сопутствующий элемент (месторождение Завитинское). Данная работа выполнена в рамках проекта: «Разработка инновационной технологии получения бериллийсодержащих концентратов и гидроксида бериллия из минерального и техногенного сырья».

**1. Месторождение Ермаковское.** Ермаковское месторождение локализовано на южной окраине Ангаро-Витимского батолита на юго-западе Кижингино-Кудунской зоны. Флюорит-бериллиевое оруденение - метасоматические, брекчиевые и прожилково-вкрапленные тела. Рудные зоны флюорит-бериллиевых руд приурочены к пластам карбонатных пород в пачке переслаивания известняков со сланцами. Средний химический состав: SiO<sub>2</sub> – 25-40; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2-9; ∑FeO - 1-3; MnO - 0,5-0,9; MgO – 0,5-6; CaO – до 35-40; Na<sub>2</sub>O – 0,4-3; K<sub>2</sub>O – 2-4; **BeO - 0,8-до 9**; Li<sub>2</sub>O – н. п.о; CO<sub>2</sub> – 2-7; F – до 18-25; CaF<sub>2</sub> - 25-45, до 65-72 % (в рудных зонах). Минералы-носители полезных компонентов - фенакит и берtrandит. Наиболее распространены массивные берtrandит-фенакит-флюоритовые руды. Они установлены во всех рудных зонах и представлены апоизвестняковыми метасоматитами (Куприянова, 2009).

**2. Месторождение Завитинское.** Месторождение находится в Читинской области, Шилкинском районе. Оно является частью пегматитового поля на правом берегу р. Ингоды, его площадь 4,5 км<sup>2</sup>. Рудные объекты - гранитоидные пегматитовые тела. Их средний химический состав: SiO<sub>2</sub> - 70-74; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 15-17; ∑FeO - 1-1,5; MnO - 0,1-0,2; MgO - 0,4-0,9; CaO - 0,3-0,6; Na<sub>2</sub>O - 4-5; K<sub>2</sub>O - 2-4; **BeO - 0,02-0,06**; Li<sub>2</sub>O - 0,03-0,8 % (в рудных зонах). Основной рудный минерал на Be – берилл.

**3. Промышленные химические свойства минералов-носителей Be и Li и их концентратов.** Самый распространенный метод переработки бериллиевых и литиевых концентратов - сернокислотное разложение с выделением из раствора соединений лития и бериллия, элементов близких по своим свойствам.

*Бериллиевые минералы*

Фенакит:  $Be_2SiO_4 + 2H_2SO_4 \rightarrow \underline{2BeSO_4(p-p)} + SiO_2(осадок) + 2H_2O$   
(Самойлов, 2008)

Берtrandит:  $Be_4(Si_2O_7)(OH)_2 + 4H_2SO_4 \rightarrow \underline{4BeSO_4(p-p)} + 2SiO_2(осадок) + 5H_2O$

Концентрат фенакит-берtrandит-флюоритовый:

$Be_2SiO_4 + Be_4(Si_2O_7)(OH)_2 + CaF_2 + 7H_2SO_4 \rightarrow \underline{6BeSO_4(p-p)} + CaSO_4 \cdot 2H_2O(осадок) + 3SiO_2 \cdot nH_2O(осадок) + \underline{2HF} + nH_2O (250-300^\circ C)$

*Литиевые минералы*

β-сподумен ( химически более активная модификация минерала)

$nLi[AlSi_2O_6] + nH_2SO_4 \rightarrow \underline{nLi_2SO_4(p-p)} + nH[AlSi_2O_6](осадок)$  (при 250 °С).

Лепидолит:  $2K(Li_m, Al_n)_2[(Si_p Al_q)_3]O_{10}(OH) + H_2SO_4 \rightarrow \underline{(4-n)Li_2SO_4(p-p)} + (10-m-p)Al_2(SO_4)_3(p-p) + K_2SO_4(p-p) + (6-q)SiO_2(осадок) + RH_2O.$

Концентрат сподумен-лепидолитовый:

$nLiAl[Si_2O_6] + nK(Li, Al)_2[(Si, Al)_3]O_{10}(OH) + nH_2SO_4 \rightarrow \underline{nLi_2SO_4(pp)} + nH[AlSi_2O_6](осадок) + nK_2SO_4(p-p) + nAl_2(SO_4)_3(p-p) + nSiO_2(осадок) + nH_2O.$

**4. Возможность создания общей модельной системы поведения рудных минералов бериллия и лития при химико-физическом воздействии**

*Общая реакция поведения основных рудных минералов бериллия и лития в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:*

**силикат полезного компонента + nH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> → сульфат полезного компонента (p-p) ± сульфаты примесных компонентов (p-p) + силикатный (алюмосиликатный) шлам (осадок) + nH<sub>2</sub>O**

Реакция растворения в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> одинаково возможна для рудных минералов (как химических соединений Li и Be) рассмотренных месторождений и происходит при температуре – 250-300 °С. Однако, в технологическом процессе надо учесть ряд особенностей реакций H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с природными минералами (смесями минералов). Самые важные: А) при взаимодействии с H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> концентрата-Li в реакционном растворе помимо

Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> образуются растворы сульфатов К, Al, Mg и только силикат-алюмосиликатная смесь в осадке. В случае концентрата-Ве примесных компонентов в растворе не отмечается, а кроме силикатного осадка образуется гидратированный гипс, из-за обязательного присутствия в концентрате флюорита (CaF<sub>2</sub>). Выделяется газообразный HF. Следствие этого – необходим различный набор реагентов и различные технологии для удаления примесных фаз. Б) Рассматриваемые месторождения совершенно разные петрохимические системы: Завитинское - порода-носитель пегматитовые тела гранитоидного состава; Ермаковское - хрупкие пласты карбонатных пород. Исходя из этого: **создание общей модели поведения рудных минералов Ве и Li при химико-физическом воздействии для Ермаковского и Завитинского месторождений теоретически возможно, но только при введении в реакционную систему дополнительного количества CaF<sub>2</sub> и доработке технологии процесса.**

*Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 гг." Соглашение №14.582.21.0008 о предоставлении субсидии, уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58215X0008.*

*Куприянова И.И., Шпанов Е.П., Гальченко В.И. Ермаковское флюорит-бериллиевое месторождение (Западное Забайкалье, Россия). М.: ВИМС, 2009. 309 с.*

*Самойлов В.И. Оценка кинетики взаимодействия механоативированного сподумена с серной кислотой // www.rusnauka.com/ 2008.*

*Самойлов В.И., Куленова Н.А., Серая Н.В. Оценка термодинамики взаимодействия фенакита с серной кислотой // www.rusnauka.com/ 2008.*