

УДК 622.772.001:662.346.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ЩЕЛОЧНОГО ВСКРЫТИЯ ЭВДИАЛИТОВОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНОАКТИВАЦИИ*

О.В. Хохлова¹,
Е.В. Богатырева¹,
П.А. Любахин¹, С.М. Аксенов²,
М.И. Акименко³

¹Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,

²Институт кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН,

³Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН

Исследовано влияние режимов предварительной механоактивации на интенсификацию низкотемпературного щелочного выщелачивания эвдиалитового концентрата. Достигнуто извлечение кремния в раствор на уровне 70%. Последующая обработка продуктов щелочного выщелачивания растворами азотной кислоты обеспечивает извлечение редкоземельных металлов РЗМ в раствор на уровне 87%, циркония – 80%, а кремния менее 1%.

Ключевые слова: механическая активация, щелочное выщелачивание, эвдиалит, РЗМ, реакционная способность.

С развитием новейших отраслей науки и техники во всем мире резко возросла роль редких и редкоземельных металлов, используемых в ведущих отраслях производства и обеспечивающих экономическую и оборонную безопасность любого государства.

Политика Китая на рынке редкоземельных металлов (РЗМ) вызывает необходимость ориентироваться на отечественное производство в индустрии стратегических материалов, тем более что Россия располагает достаточной для этого сырьевой базой. Подпрограм-

STUDY OF THE POSSIBILITY OF EFFECTIVE ALKALINE DECOMPOSITION OF EUDIALYTE CONCENTRATE USING MECHANICAL ACTIVATION

O.V. KHOHLLOVA, E.V. BOGATYREVA,
P.A. LUBACHIN, S.M. AKSENOV,
M.I. AKIMENKO

The influence of preliminary mechanical activation on the intensification of the low-temperature alkali leaching of the eudialyte concentrate was studied. The silicon extraction into solution reached about 70%. Subsequent treatment of the alkali leaching products with solutions of nitric acid provides recovery of REM into solution at 87%, of zirconium – 80%, and less than 1% of silicon.

KEYWORDS: mechanical activation, alkaline leaching, eudialyte, rare-earth metals, reactivity.

ма «Развитие промышленности редких и редкоземельных металлов», утвержденная в составе государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (распоряжение Правительства РФ №91-р от 30.01.2013 г.), в качестве базового сценария использования РЗМ предусматривает объем их потребления в РФ к 2020 г. от 5 до 7 тыс. т при отсутствии импорта.

За рубежом основными источниками РЗМ являются такие руды, как монацит, бабстезит и ксенотим. Россия занимает 2 место по разведанным запасам РЗМ. Но структура минерально-сырьевой базы России и качество редкоземельного сырья существенно отличаются от зарубежной. Российское сырье представлено уникальными комплексными рудами Кольского полуострова, такими, как лопаритовые, перовскитовые и

* Работа выполнена в рамках договора между Национальным исследовательским технологическим университетом «МИСиС» и ОАО «ВНИИХТ» (Москва, Россия) №1/2012 от 20.11.2012 г., реализуемого при финансовой поддержке по постановлению Правительства РФ №218 от 09.04.2010 г.

эвдиалитовые руды. Лопарит и перовскит – источники РЗМ легкой группы, тогда как эвдиалит содержит наиболее востребованные РЗМ тяжелой группы.

Эвдиалит Ловозерского месторождения по составу оксидов редкоземельных элементов в несколько раз превосходит минералы-носители РЗМ других месторождений, рассматриваемых Госкорпорацией «Росатом» в качестве объектов для первоочередного освоения. Кроме оксидов редкоземельных элементов, эвдиалитовые руды содержат в промышленных концентрациях цирконий, ниобий и тантал.

Технология переработки эвдиалитовых концентратов должна соответствовать современным требованиям к технологиям по ресурсо- и энергосбережению и обеспечивать максимальное извлечение ценных компонентов в товарные продукты.

Объект исследования – эвдиалитовый концентрат Ловозерского месторождения с содержанием фракции от 100 до 300 мкм в количестве ~50%, имеющий следующий химический состав (в масс. %): SiO₂ – 44,92; Na₂O – 15,31; ZrO₂ – 10,80; Al₂O₃ – 6,98; CaO – 4,92; Fe₂O₃ – 4,68; TiO₂ – 2,27; MnO – 2,21; ΣРЗО – 2,01; SrO – 1,95; K₂O – 1,45; прочие – 2,50.

Фазовый анализ концентрата показал наличие: эвдиалита, альбита, анортита, нефелина и эгирина в количестве 56,5; 4,7; 13,5; 11,2 и 14,1%, соответственно.

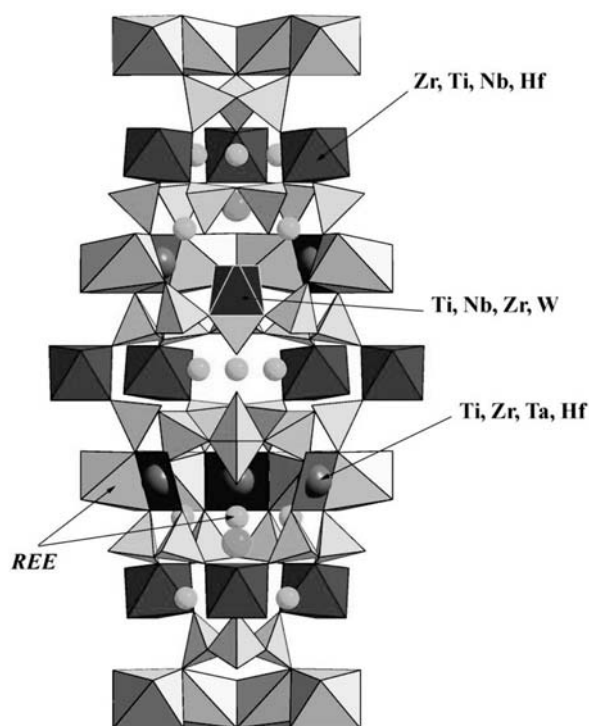
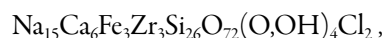


Рис. 1.
Кристаллическая структура эвдиалита

Совместно с Институтом кристаллографии им. А.В. Шубникова РАН и Институтом геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН были произведены исследования кристаллической структуры исходных зерен эвдиалита с применением микрозондового анализа (Cameca SX-100). По данным анализа была определена его формула:



построена кристаллическая структура (рис. 1) и выведен усредненный состав (табл. 1).

Несмотря на то, что эвдиалит считается легкоразлагаемым в кислотах минералом, степень его разложения составляет всего 65–75% [1]. Достаточно полного извлечения циркония в раствор удастся достичь лишь в жестких условиях. Объясняется это блокированием минерала кремнеземом, присутствием кислотонерастворимого циркония, образованием вторичных соединений циркония и т. д.

Ранее проведенные исследования [2] показали, что при любых вариациях физико-химических и технологических параметров, включая автоклавленную обработку и предварительную обработку эвдиалита плазмой по аналогии с цирконом, не удастся извлечь в раствор более 45–80% кремнезема. Причем образующиеся при щелочной обработке эвдиалита гидролизованные формы циркония гораздо хуже, чем исходный эвдиалит, вскрываются в азотной кислоте (степень извлечения ZrO₂ в раствор снижается до 50–70%).

Цель исследования – интенсификация процесса щелочного разложения эвдиалитового концентрата с применением целенаправленного и эффективного механического воздействия на материал.

Результаты низкотемпературного щелочного выщелачивания эвдиалитового концентрата после механоактивации приведены на рис. 2. В результате проведенных исследований было установлено, что щелочное выщелачивание механически активированного эвдиалитового концентрата в течение 2,5 минут при M_ш : M_к = 800:10 позволяет извлечь в раствор до 60% кремния за 6 часов 40% раствором NaOH и при температуре 100°С.

Повышение температуры щелочного выщелачивания до 120°С обеспечивает извлечение кремния в раствор на уровне 70% за 6 часов. При последующем кислотном выщелачивании продукта щелочной обработки – извлечение РЗМ составило 87%, циркония – более 80%, а извлечение кремния в азотнокислый раствор – составило менее 1%. Такие растворы пригодны для экстракционного и сорбционного извлечения РЗМ и циркония.

Работа будет продолжена в направлении оптимизации режимов щелочного и азотно-кислотного выщелачивания.

ТАБЛИЦА 1.

Усредненный состав эвдиалита (масс %)

Компонент	Массовая доля, %	Компонент	Массовая доля, %	Компонент	Массовая доля, %
Na ₂ O	13,362	TiO ₂	0,646	Ce ₂ O ₃	0,179
SiO ₂	51,358	P ₂ O ₅	0,158	HfO ₂	0,048
F	0,143	ZrO ₂	14,394	SrO	1,359
Al ₂ O ₃	0,263	Cl	1,258	MnO	2,528
MgO	0,102	La ₂ O ₃	0,199	Nb ₂ O ₃	0,573
K ₂ O	0,272	Y ₂ O ₃	0,457	BaO	0,133
CaO	6,563	FeO	3,458	Итого:	97,453

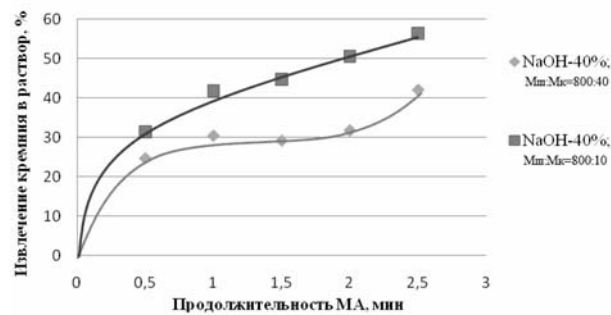


РИС. 2.

Зависимость извлечения кремния в раствор от продолжительности МА эвдиалитового концентрата. Режимы выщелачивания: $t = 100^\circ \text{C}$, $\tau:ж = 1:10$, $[\text{NaOH}] = 40\%$, $\tau = 6 \text{ ч}$

ЛИТЕРАТУРА

1. **ЛИТВИНОВА Т.Е.** Получение соединений индивидуальных РЗМ и попутной продукции при переработке низкокачественного редкометалльного сырья. Дис. докт. хим. наук. СПб, 2014.
2. **МАСЛОБОВ В.А., ЛЕБЕДЕВ В.Н.** Редкоземельное сырье Кольского полуострова и проблемы его комплексной переработки. Апатиты: изд. КНЦ АН СССР, 1991. С. 132–133.

Богатырева Е.В.,
к.т.н., доцент НИТУ «МИСиС»

Хохлова О.В.,
аспирант НИТУ «МИСиС»

Любахин П.А.,
магистр НИТУ «МИСиС»

✉ 119991, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 4,
e-mail: hohlova.oksana.v@gmail.com