

### Список литературы

1. Mitkin V.N. Physical-chemical basis for application of fluoroxidants in noble metal analytical chemistry. Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy, 2001.– Vol.56.– P.135–175.
2. Опаловский А.А. Фторгалогенаты щелочных металлов. Успехи химии, 1967.– Т.36.– Вып.10.– С.1673–1700.
3. Шагалов В.В. Дисс. «Физико-химические основы синтеза тетрафторобромата калия» канд. хим. наук.– Томск: ТПУ, 2010.– 156 с.
4. Дьяченко А.Н., Шагалов В.В. Химическая кинетика гетерогенных процессов.– Томск: Издательство ТПУ, 2014.– 99 с.
5. Волошин И.В., Лизунов А.И. // Химия и химическая технология. Труды XIII Всероссийская научно-практическая конференция имени профессора Л.П. Кулёва студентов и молодых ученых с международным участием.– Томск, 2012.– Т.2.– С.138–140.

---

### Исследование вскрытия монацитового концентрата бифторидом аммония

К.В. Обмуч, С.В. Литовкин

Научный руководитель – к.х.н., доцент Н.Б. Егоров

*Томский политехнический университет*

*364050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, kvo@tpu.ru*

Монацит – это минерал, представляющий собой безводную смесь ортофосфатов редкоземельных металлов и тория, отвечающий формуле  $(Ce, La, Nd, \dots Th)PO_4$ . В монаците обычно содержится от 3,5 до 10% оксида тория ( $ThO_2$ ) и 0,1–0,4% оксида урана ( $U_3O_8$ ). Химический состав монацита не постоянный, а определяется его происхождением. Сумма редкоземельных оксидов в монаците составляет 55–74%, содержание оксида фосфора ( $P_2O_5$ ) – 18,4–31,5%.

Монацитовый концентрат является промышленным сырьем для получения редкоземельных элементов цериевой группы и тория [1]. В технологии редких металлов давно требует решения проблема переработки монацитового концентрата. В настоящее время наиболее перспективным считается расположенное в Томской области Туганское месторождение, в котором имеется порядка 16 тысяч тонн монацита с общим содержанием редкоземельных элементов порядка 69%.

Для переработки монацитового концентрата в основном применяют два способа его разложения – с использованием серной кислоты или гидроксида натрия (при атмосферном давлении или автоклавном выщелачивании), а также его спекание со щелочными, карбонатными

или карбонатно-щелочными соединениями металлов первой группы [2]. Оба способа имеют промышленное применение, однако, когда целью производства является получение товарных редкоземельных продуктов, то отдают предпочтение вскрытию с использованием щелочи. Основным преимуществом щелочного метода заключается в отделении фосфора на первой стадии процесса в виде фосфата натрия [3].

Традиционно обсуждаемые недостатки, приводящие к удорожанию процесса: 1) методы не обеспечивают высокого извлечения; 2) большой объём перерабатываемых растворов; 3) расход реагентов в 2–3 раза превышает теоретически необходимое количество (при постоянно возрастающей стоимости на вскрывающие монацит реагенты при отсутствии их полной регенерации в технологической цепочке, что отрицательно сказывается на экономике процесса).

При этом фосфор улетучивается, а спек, содержащий Th и PЗЭ, обрабатывают кислотами. Очевидными недостатками этих методов являются высокие энергозатраты на нагрев и периодичность процесса восстановления.

Наибольший интерес как фторирующий реагент представляет  $\text{NH}_4\text{HF}_2$ , поэтому в данной работе его использовали для вскрытия монацитового концентрата.

Целью данной работы является разработка способа вскрытия монацитового концентрата бифторидом аммония, позволяющим отделить фосфор от смеси редкоземельных и радиоактивных элементов.

Технологический процесс комплексной переработки монацитового концентрата включает следующие основные переделы:

1. Электромагнитное разделение компонентов монацита с получением монацитового концентрата.
2. Измельчение монацитового концентрата и его шихтовка с  $\text{NH}_4\text{HF}_2$ .
3. Сплавление монацитового концентрата с  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  при температуре 400–450 °С.
4. Абсорбция, образующихся газообразных соединений.
5. Выщелачивание урана и тория карбонатными растворами с последующим их разделением.
6. Получение безводных фторидов редкоземельных элементов.

Полученные безводные фториды редкоземельных элементов являются исходным сырьём для получения мишметалла.

При нагревании монацита с избытком бифторида аммония в платиновом тигле (400–450 °С), выделяются пары и в течении 10–15 минут образуется однородный осадок. Этот осадок выщелачивали горячей во-

дой, для удаления растворимых продуктов реакции, таких как избыток фторида аммония и фосфата аммония и т.д. Затем осадок был высушен и подвержен второму нагреванию (около 450 °С) с бифторидом аммония, в результате чего почти девяносто процентов монацита вскрылось.

Проведенные исследования и полученные количественные характеристики по вскрытию и выделению редкоземельных элементов, урана и тория указывают на перспективность фтораммонийной переработки монацитового концентрата.

### Список литературы

1. Пельмский Г.А., Котова В.М., Чехович П.А., Капитонов И.М. // Рациональное освоение недр, 2012.– №1.– С.30–45.
2. Shin H., Park H., Yoo K. // Geosystem Engineering, 2012.– Vol.15.– №2.– P.118–122.
3. Найманбаев А.Г. // Горный журнал Казахстана, 2009.– №2.– С.24–25. Naymanbaev A.G. // Gornyi zurnal Kazahstana, 2009.– №2.– С.24–25. (in Russian).

---

## Экстракция иттрия, скандия и редкоземельных металлов бинарными реагентами

Л.О. Пак

Научный руководитель – к.х.н., доцент Е.В. Злобина

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
050040, Казахстан, Алматы, пр. аль-Фараби, 71, lidochkarak@mail.ru*

Основным промышленным методом извлечения и разделения близких по свойствам редкоземельных металлов (РЗМ), иттрия и скандия является экстракция [1]. Известные экстракционные реагенты – трибутилфосфат, ди-2-этилгексилфосфорная кислота (Д2ЭГФК), карбоновые кислоты обладают недостаточной селективностью. Поэтому актуальной задачей является поиск новых эффективных экстракционных систем, позволяющих проводить выделение и очистку иттрия и скандия из концентратов РЗМ, а также осуществлять разделение концентратов РЗМ с получением индивидуальных соединений. Использование бинарных экстрагентов – ионных пар, образованных из органических кислот и органических оснований, позволяет при высоких степенях извлечения уменьшить расход реагентов и достигнуть необходимой селективности. Целью данной работы было исследование экстракционных свойств бинарного экстрагента, полученного на основе катионообменного экстрагента Д2ЭГФК и четвертичного аммониевого основания – хлорида