

**ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛЕКТИВНОГО КОНЦЕНТРАТА РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ
ИЗ МОНАЦИТА
Перминова И.А.**

Научный руководитель доцент Тихонов В.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Подробно проблема и основные особенности Красноуфимского монацитового концентрата, а также выбор схемы переработки приведены в статье «Переработка монацитового концентрата» [3]. Основные сведения по данному техногенному сырью: монацит является промышленным источником тория и редкоземельных металлов (РЗМ), в данный момент в количестве более 82 тыс. т складирован в городе Красноуфимск Свердловской области, сумма редкоземельных оксидов составляет в среднем 54 %, тория – 5,4 %, что делает его радиоактивным и налагает определенные требования на все этапы обращения с монацитом; в настоящее время в России не перерабатывается в связи с экономическими затратами существующих технологий переработки [6].

Технология переработки монацитового концентрата с получением концентрата редкоземельных металлов, представленная в данной статье, разрабатывалась на основе щелочного способа, описанного в [4], схема переработки представлена на рисунке. По результатам анализа местности близ складов выявлено, что местная инфраструктура недостаточно развита для обеспечения бесперебойной работы проектируемого предприятия. Предлагается расположить производство в г. Северск Томской области, на базе АО «Сибирский химический комбинат» в связи с наличием на предприятии квалифицированных кадров и опыта работы с подобными объектами.

Транспортировку монацита осложняет радиоактивность материала, так как согласно приказу №388 Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 сентября 2016 года об утверждении федеральных норм и правил в области использования атомной энергии «Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов», при этом для перевозки необходимо использовать специализированные возвратные транспортные контейнеры. Процесс становится менее затратен при использовании невозвратных контейнеров. Причем, для нужд проекта такой контейнер должен отвечать следующим требованиям:

- выступать реактором после прибытия на место назначения, а значит, быть устойчивым к натриевой щелочи, соляной кислоте и температурам до 80-100 °С;
- быть устойчивым к радиации;
- после использования обеспечивать возможность захоронения пустой породы вместе с реактором без риска утечки радиации, отвечать требованиям приказа №388 от 15 сентября 2016 года;
- внутреннее устройство должно обеспечивать равномерное распределение жидкости по объему материала при орошении без образования каналов и застойных зон.

Предлагается использование полимерного материала полипропилен, обладающего низкой проникающей способностью, стойкого к радиации и преимущественно сшивающегося. Сшивка происходит под действием ионизирующего излучения, при этом макромолекулы полимеров распадаются на свободные радикалы и рекомбинируют в новые пространственные структуры. В результате чего изменяются свойства полимера – в материале происходят положительные изменения: увеличивается предел прочности на разрыв и повышается температура плавления. Наряду с этими процессами, хотя и не так интенсивно протекает деструкция полимера. Для снижения негативного влияния в полимер вводят специальные добавки, поглощающие энергию излучения - антирады или сцинтилляторы. Полипропилен допускает температуры эксплуатации до 120-140 °С, вполне стойкий в слабых и сильных основаниях и слабых кислотах и стойкий сильных (по четырехбалльной шкале стойкости) [1, 2, 5].

Таким образом, используя различные материалы и добавки можно подобрать материал, отвечающий заданным свойствам и изготовить полимерный реактор, отвечающий требованиям технологического процесса и требованиям, предъявляемым к перевозке опасных и радиоактивных грузов.

Так как материал в реакторе должен обеспечивать хорошее просачивание и по предварительным расчетам выявлено, что экономически и технологически более целесообразно несколько замедлить процесс вместо затрат на создание давления и высоких температур в реакторе, принято решение не подвергать материал измельчению, оставив изначальную крупность – 90-1000 мкм. Кроме того, что это сохранит технологические свойства материала, связанные с транспортировкой, хранением, процессами циркуляции растворов сквозь слой материала, ограничением возможности проникновения мелкой радиоактивной пыли в воздухе рабочей зоны, данное решение исключит затраты на приобретение мельницы и ее обслуживание.

Процесс получения коллективного концентрата РЗМ из монацита состоит из нескольких стадий, включающих выщелачивание и растворение образовавшихся гидроксидов соляной кислотой (с последующим поэтапным осаждением гидроксидов РЗМ и тория).

В реактор подается нагретая до 80-100 °С (вместо 140-150 °С) NaOH, которая циркулирует до достижения целесообразной (96,5 %) степени разложения монацита. РЗЭ остаются в реакторе в виде гидроксидов (твердые), жидкость удаляется на кристаллизацию тринатрийфосфата (ТНФ) и очистку щелочи.

В данном случае температура влияет на скорость реакции, чем в данном случае можно пренебречь, так как это не оказывает положительного влияния на экономику процесса. Нагрев до 100–110 °С необходим для предотвращения преждевременной кристаллизации фосфата натрия.

Плюсом щелочного метода является попутное получение товарного ТНФ на стадии регенерации щелочи. Процесс планируется проводить в выпарном кристаллизаторе.

Осадок промывается, добавляется HCl для перевода гидроксидов РЗЭ в водорастворимую форму: 10 %-ную соляную кислоту берут в количестве 80 % от теоретического. При установлении в конце выщелачивания pH=3,5 около 85 % редкоземельных элементов переходит в раствор, в то время как весь торий остается в осадке.

Из осадка при его нейтрализации до pH = 4,2–4,7 выделяют ториевый концентрат, в котором соотношение $\text{ThO}_2 : (\text{TR})_2\text{O}_3 = 10 : 1$.

Для получения практически чистого концентрата РЗЭ без посторонних примесей планируется использовать такой селективный метод как мембранная эмульсионная экстракция.

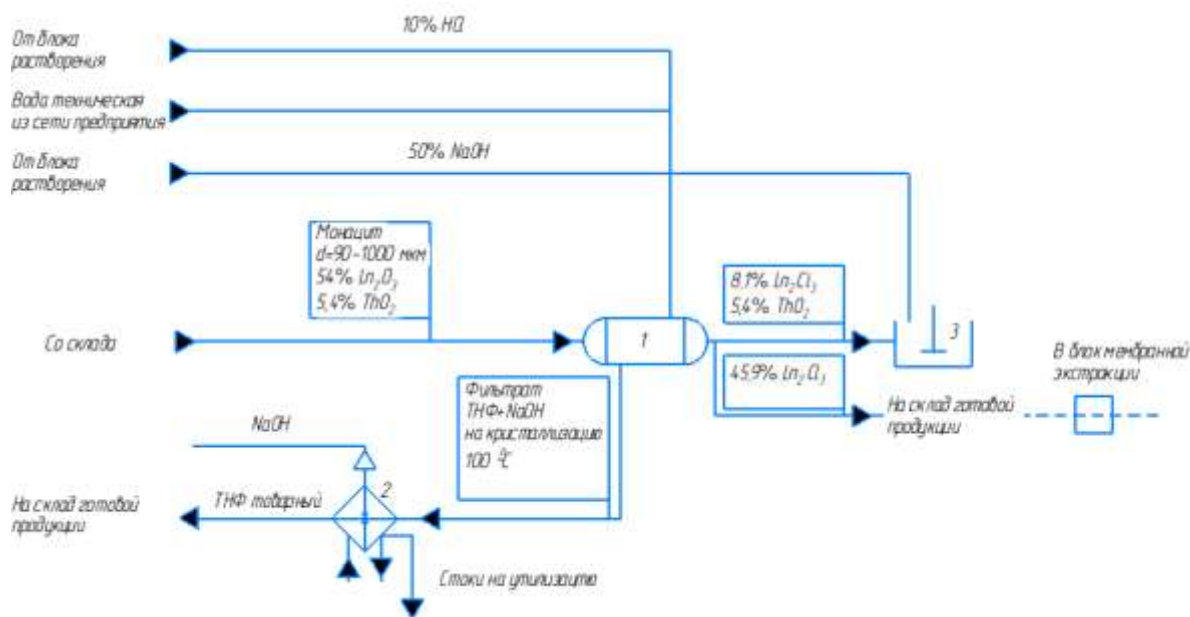


Рис. Технологическая схема переработки монацитового концентрата

1 – реактор выщелачивания/транспортная емкость; 2 – кристаллизатор выпарной;
3 – аппарат с мешалкой (осадитель)

Таким образом, на основании анализа литературных источников, текущей ситуации относительно монацитового концентрата, в том числе анализа попыток утилизации Красноуфимского монацитового концентрата различными предприятиями, была предложена технология переработки монацитового концентрата с получением коллективного концентрата редкоземельных металлов, требующая минимальных строительных и эксплуатационных затрат, а также высокой чистоты получаемых продуктов.

Литература

1. Бормотов А.Н. Полимерные композиционные материалы для защиты от радиации: монография / А.Н. Бормотов, А.П. Прошин, Ю.М. Баженов, А.М. Данилов, Ю.А. Соколова. – М.: Палеотип, 2006. – 272 с.
2. Воробьева Г.Я. Химическая стойкость полимерных материалов. – М.: Химия, 1981. – 296 с.
3. Перминова И.А. Переработка монацитового концентрата // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXV Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию горно-геологического образования в Сибири, 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. Том 2 / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – С. 317-318.
4. Половов, И. Б. Ядерно-химическая технология тория: учеб. пособие / И. Б. Половов, А. В. Абрамов, Р. В. Камалов; Мин-во науки и высш. обр. РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 143 с.
5. Стрелихеев А.А. Основы химии высокомолекулярных соединений Учебное пособие для химико-технологических специальностей высших учебных заведений / А.А. Стрелихеев, В.А. Деревницкая, Г.Л. Слонимский – 3-е издание. – М.: Химия, 1976. – 440 с.
6. Проект «Комплекс по переработке монацитового концентрата» [Электронный ресурс] // Красноуфимский монацит [сайт]. URL: <http://www.monazite.ru> (дата обращения: 18.12.2020).