

**Секция 5.** Химическая технология редких элементов

концентрированные растворы фторида аммония. Для обогащения руды по железу, наиболее оптимальной концентрацией фторида аммония является 0,42 моль/л. Представленный метод по-

зволяет эффективно переработать титаномагнетитовую руду, с получением железного и титано-ванадиевого концентратов.

**Список литературы**

1. Быховский Л.З., Тигунов Л.П., Пахомов Ф.П., Ильменитовые и титаномагнетитовые месторождения России в связи с ультрабазитовыми и базитовыми комплексами: перспективы освоения и комплексного использования // III междунар. конф. «Ультрабазит-базитовые комплексы складчатых областей и связанные с ними месторождения», Екатеринбург, 2009. – С.93–96.
2. Резниченко В.А., Шабалин Л.И., Титаномагнетиты: месторождения, металлургия, химическая технология. – М.: Наука, 1986. – 295с.
3. Андреев А.А. Фтораммонийные технологии в переработке минерального сырья / А.А. Андреев, А.Н. Дьяченко // Фторидные технологии: сб. тез. докл. всерос. научн.- практ. конф. – Томск: ТГПУ, 2009. – С.87.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТВЕРДОФАЗНОГО КАТАЛИЗАТОРА ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ПАЛЛАДИЯ ИЗ ПРОДУКТОВ РАДИОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

И.А. Меркулов<sup>1</sup>, А.Ю. Жабин<sup>1</sup>, С.И. Смирнов<sup>1</sup>, Е.В. Апалькова<sup>1,2</sup>, Г.А. Апальков<sup>1</sup>  
Научный руководитель – д.х.н., профессор И.И. Жерин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФЯО ФГУП «Горно-химический комбинат»  
662970, Россия, г. Железногорск, ул. Ленина 53, [atomlink@mcc.krasnoyarsk.su](mailto:atomlink@mcc.krasnoyarsk.su)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, [tpu@tpu.ru](mailto:tpu@tpu.ru)

В отличие от содержащихся в отработавшем ядерном топливе (ОЯТ) рутения и родия, палладий содержит долгоживущий радиоактивный изотоп Pd-107 ( $T_{1/2} = 6,5 \times 10^6$  лет), что ставит под вопрос целесообразность извлечения палладия из ОЯТ. Однако по результатам проведения ряда исследований установлены перспективные области применения выделенного из ОЯТ осколочного палладия в технологиях переработки радиоактивных отходов ядерного топливного цикла: для иммобилизации иода-129, улавливания трития, изготовления защитных контейнеров [1]. Перспективным также является апробирование выделенного из ОЯТ палладия в производстве твердофазных катализаторов окислительно-восстановительных процессов для выделения и разделения актинидов в технологии радиохимической переработки ОЯТ [2].

Процесс выделения палладия из продуктов кислотного растворения волоксирированного ОЯТ включает 2 этапа. На первом этапе производят выделение в осадок более 78% платиноидов (Ru, Rh, Pd) с отделением более 98% образующихся при растворении ОЯТ взвесей [3]. Второй этап включает переработку твердой фазы (осад-

ков), отделенной при осветлении продуктов кислотного растворения ОЯТ, с фракционированием и очисткой палладия от продуктов деления [4].

Предложенный метод выделения палладия из продуктов гидрометаллургической переработки ОЯТ предполагает перевод в раствор при вскрытии осадка, селективное отделение из полученного раствора при каталитически активированном восстановлении до металла на зернистом слое катализатора, отделение с поверхности катализатора при элюировании раствором азотной кислоты.

В ходе лабораторных исследований использовали осадок, отделенный методом центрифугирования в ходе осветления продукта кислотного растворения ОЯТ ВВЭР-1000 с глубиной выгорания 53 ГВт×сут/т U после 7 летней выдержки. В результате окислительной трансформации (анодного окисления в присутствии серебра (II)) отделенного палладийсодержащего осадка и восстановления осадка в парогазовой фазе (с использованием муравьиной кислоты) удалось растворить более 94% осадка и суммарно перевести в раствор более 98% палладия. Аналитические определения проводили с

использованием масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой XSeries 2.

Полученный от вскрытия осадка раствор нейтрализовали раствором гидразин-гидрата с концентрацией 400 г/л до концентрации азотной кислоты 0,8–2 моль/л, разбавляли деионизированной водой. Восстановление палладия на поверхности твердофазного катализатора проводили путем пропускания раствора через зернистый слой со скоростью 6–7 колоночных объемов в час (к.о./ч) в аппарате колонного типа диаметром 10 мм и высотой 200 мм при температуре 75–80 °С. В качестве катализатора использовали платинированный силикагель и анионит ВП-1АП с содержанием платины 2,0 % масс. Переведение палладия в металлическую форму обеспечивает его очистку от продуктов деления вследствие минимизации их соосаждения

с твердой фазой. Полнота и интенсивность выделения палладия из раствора достигается каталитической активацией процесса, протекающего с восстановлением ионных форм палладия из раствора на поверхности твердофазного катализатора и приводящего к образованию компактных отложений металла в подвижном зернистом слое насадки.

Отделение извлеченного палладия в раствор проводили азотной кислотой с концентрацией 3 моль/л при пропускании 4 к.о. со скоростью 3,6 к.о./ч при температуре 80–85 °С.

В ходе лабораторной апробации предложенного способа выход палладия при выделении из продуктов переработки ОЯТ ВВЭР-1000 составил более 95 %. Очистка палладия от продуктов деления составила  $8,4 \times 10^4$  [4].

### Список литературы

1. Труды Радиового института им. В.Г. Хлопина. Том XVII. 2014.
2. Ананьев А.В. Гетерогенно-каталитические окислительно-восстановительные реакции в водных процессах ядерного топливного цикла: Дис... докт. хим. наук, 2005.– 391с.
3. Жабин А.Ю., Апальков Г.А., Смирнов С.И., Апалькова Е.В. Патент на изобретение 2607644, опубл. 10.01.2017.
4. Жабин А.Ю., Апальков Г.А., Смирнов С.И., Апалькова Е.В. Заявка на изобретение № 2016103362 от 02.02.2016.

## ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИТИЙ-ИОНОВ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

С.М. Мочалова

Научный руководитель – д.т.н., профессор В.А. Карелин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, v.a.karelin@mail.ru

В процессах переработки литиевого гидроминерального сырья (ЛГМС) возникает задача экспрессного определения концентрации литий-ионов в водных растворах. Особенность определения состоит в том, что в растворах ЛГМС концентрация литий-ионов в 30–150 раз меньше концентрации натрия и калий-ионов [1]. Поэтому необходимо определять низкие концентрации литий-ионов в присутствии большого избытка натрия, калий и других ионов. Наиболее перспективный и экспрессный метод неразрушающего определения низких концентраций компонентов в растворах сложного солевого состава – потенциометрический. При его использовании для определения низких концентраций литий-ионов ( $c_{Li^+}$ ) применяется литийселектив-

ный электрод (ЛСЭ) ЭЛИС-142Li [2].

Измерения потенциометрическим методом проводили на установке, представленной на рис. 1 [3]. Она состоит из Li-селективного электрода, хлорсеребряного электрода сравнения и иономера. Электрод предназначен для измерения  $c_{Li^+}$  в диапазоне от 0,7 мг/л до 0,7 г/л. Для измерения концентрации  $Li^+$  менее 0,7 мг/л необходимо разработать способ, при котором электрод ЭЛИС-142Li будет иметь удовлетворительные метрологические характеристики. Предлагаемый способ состоит в добавлении фонового электролита – тетрабората натрия ( $Na_2B_4O_7$ ) в измеряемые растворы, который необходим для стабилизации их ионной силы. Для определения оптимальной концентрации