

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, опубли. 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

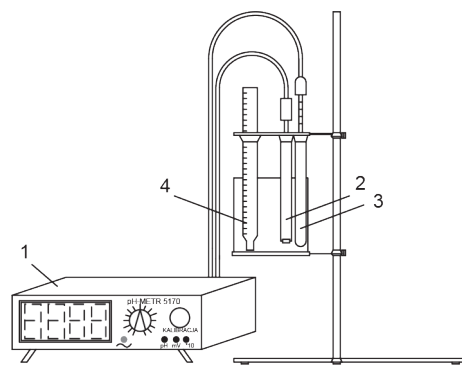


Рис. 1. Лабораторная установка для измерения концентраций литий-ионов
1 – цифровой регистрирующий прибор (иономер); 2 – литийселективный электрод ЭЛИС-142Li; 3 – электрод сравнения; 4 – термометр

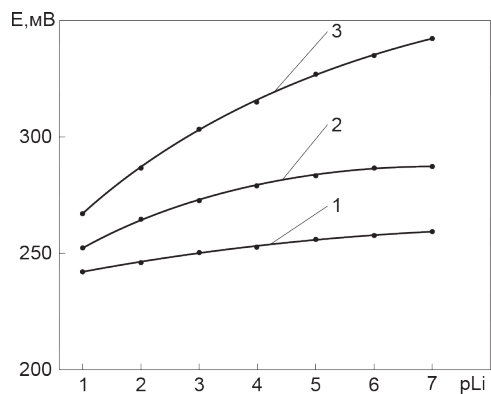


Рис. 2. Градуировочные характеристики ЛСЭ ЭЛИС-142Li в диапазоне концентраций литий-ионов от 0,7 з/л до 0,7 мкг/л: Концентрация $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (M): 1 – 0,005; 2 – 0,00125; 3 – 0,0005

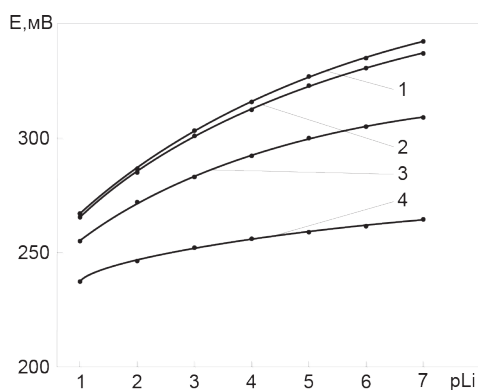


Рис. 3. Влияние катионов натрия на градуировочную характеристику ЛСЭ ЭЛИС-142Li с фоновым электролитом 0,0005 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$: 1 – без добавки Na^+ ; 2 – 7 мг/л Na^+ ; 3 – 35 мг/л Na^+ ; 4 – 70 мг/л Na^+

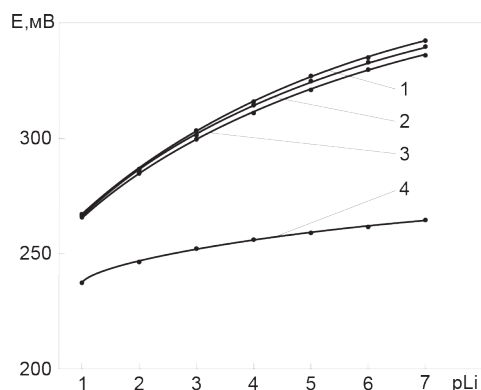


Рис. 4. Влияние катионов калия на градуировочную характеристику ЛСЭ ЭЛИС-142Li с фоновым электролитом 0,0005 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$: 1 – без добавки K^+ ; 2 – 15 мг/л K^+ ; 3 – 75 мг/л K^+ ; 4 – 150 мг/л K^+

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ выполнены исследования трех концентраций: 0,005; 0,00125 и 0,0005 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$. На рис. 2 показано, что в 0,005 M растворе тетрабората натрия электрод ЭЛИС-142Li имеет низкую чувствительность, а при уменьшении концентрации $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ до 0,0005 M чувствительность электрода возрастает и градуировочная характеристика приближается к линейной.

При исследовании влияния Na^+ (рис. 3) на градуировочную характеристику электрода показано при концентрации 7 мг/л Na^+ (10-кратный избыток) градуировочная характеристика

электрода практически не изменяется. При 150 и 300-кратном избытке Na^+ (35 и 70 мг/л) чувствительность электрода резко уменьшается и не обеспечивается возможность определения концентрации литий-ионов.

Калий-ионы оказывают меньшее влияние на градуировочную характеристику электрода ЭЛИС-142Li: концентрации K^+ от 15 мг/л до 75 мг/л не влияют на показания электрода (рис. 4). Добавление 150 мг/л K^+ приводит к резкому уменьшению чувствительности электрода.

Список литературы

1. Коцупало Н.П., Рябцев А.Д. Химия и технология получения соединений лития из литиевого гидроминерального сырья.– Новосибирск, изд-во Гео.– 2008.– 291с.
2. Кристаллические стеклянные электроды. Li селективный электрод. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Фирма «ЭЛИС», 2015 г., г. Москва.

3. Карелин В.А., Микуцкая Е.Н. Потенциометрическое определение фторид-ионов в обессоленных водах энергетических уста-

новок // Известия ТПУ, 2005.– Т.308.– №4.– С.85–89.

АЛГОРИТМ ДОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМ ДЕСУБЛИМАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА UF₆

А.В. Николаев, Н.С. Криницын

Научный руководитель – к.т.н., доцент В.Ф. Дядик

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, niav@tpu.ru

Рассматриваемый в работе аппарат десублимации применяется на Сублимажном заводе АО СХК. Он предназначен для получения твердого гексафторида урана из многокомпонентного газа. Аппарат десублимации представляет собой стальную вертикальную обогреваемую цилиндрическую ёмкость, нижняя часть которого заканчивается конусом и запорной задвижкой. Внутри аппарата смонтирована трубчатка, состоящая из каскада трубок Фильдо соединённых секционно-параллельно. Трубки закреплены верхними концами в крышке аппарата.

Десублимация гексафторида урана проходит во время движения нагретого технологического газа вдоль трубчатки, в которую подаётся хладагент. Температура и давление в аппарате подобраны таким образом, что происходит фазовый переход целевого продукта из газообразного состояния в твёрдое вещество и его постепенное нарастание на поверхности трубчатки. Сброс накопленного гексафторида урана выполняется в результате пропускания через трубчатку аппарата теплоносителя с высокой температурой. Скорость нарастания десублимата зависит не только от температуры поверхности трубчатки и технологического газа, но и концентрации активных компонентов газа. По известной равновесной концентрации компонента определяется рабочий диапазон температур в котором процесс десублимации идёт наиболее эффективно. Таким образом, путем изменения расхода хладагента при известной концентрации целевого продукта в аппарате, можно поддерживать температуру на поверхности трубчатки в нужном диапазоне.

На сегодняшний день перед многими предприятиями ставится задача снижения эксплуатационных затрат. Одним из способов является повышение эффективности работы отдельных узлов аппарата. Узел подачи теплоносителя или

хладагента в трубчатку включает в себя как подготовительную аппаратуру, так и распределительную обвязку на самом десублиматоре. Существующий алгоритм управления аппаратом десублимации не учитывает нагрузку на аппарат и состав перерабатываемого сырья, что влечёт за собой нерациональное расходование хладагента. Его переизбыток приводит к излишней нагрузке на его подготовку и рециркуляцию.

Разработка алгоритма управления, учитывающего объем целевого продукта в технологическом газе, текущее время работы в режиме накопления десублимата позволит снизить эксплуатационные затраты, связанные с подготовкой теплоносителя и хладагента.

Ввиду ограниченного количества контролируемых параметров решение задачи минимизации эксплуатационных затрат затруднительно. Выгодным решением является использование метода математического моделирования, что позволяет выявить необходимые зависимости для построения адаптивной системы управления. Ранее была получена математическая модель описывающая термодинамические процессы, проходящие между хладагентом, нарастающим слоем десублимата и технологическим газом [1]. Тепловой эффект химической реакции рассчитывался исходя из концентрации целевого продукта в технологическом газе и оказывал основное влияние на нагрев хладагента в трубчатке. В тоже время, толщина слоя, нарастающего десублимата оказывает влияние на скорость десублимации, снижает теплопроводность всей системы. В результате чего происходит повышение температуры пограничного слоя со стороны технологического газа, что приводит к замедлению процесса десублимации. Момент наступления теплового равновесия характеризует окончание процесса массообмена. По данным