

ра кислотности среды.

Экспериментально определена зависимость показаний литий-селективного электрода от содержания хлорида лития. Эксперимент проводился в водных растворах без присутствия примесей. Показания литий-селективного электрода фиксировались в пределах чувствительности электрода по литию от 10^{-4} до 10^{-1} моль/л. Концентрация хлорида лития изменялась добавлением 4 М раствора хлорида лития. Последовательное увеличение содержания лития в растворе позволило определить характер реагирования потенциометрической ячейки. Чувствительность литий-селективного электрода меняется с увеличением содержания хлорида лития. Так для концентраций лития от 10^{-4} до 10^{-3} моль/л наблюдается резкое падение чувствительности на два порядка, при увеличении концентрации хлорида лития до 10^{-1} моль/л зарегистрировано прямолинейное уменьшение чувствительности. В качестве области концентраций лития для количественного потенциометрического определения, рекомендуется использовать области с максимальной чувствительностью.

Исследование зависимости показаний литий-селективного электрода при изменении содержания примесей, проводилось также при постоянстве концентрации лития. В качестве примесей использовался раствор хлорида ка-

лия. Проводилось последовательное изменение концентрации лития и калия в растворах, при этом соотношение концентраций лития к калию не изменялось и было равно единице. В ходе эксперимента при добавлении хлорида калия наблюдалось незначительное повышение потенциала с последующим возвращением в исходное состояние. Было установлено время выхода в равновесное состояние потенциометрической ячейки при изменениях концентраций хлорида калия в растворе. Также замерено время выхода в равновесное состояние потенциометрической ячейки при изменениях концентраций хлорида лития в растворе. Полученные временные показатели сопоставимы друг с другом. Выявлено, что добавки хлорида калия не влияют на избирательность литий-селективного электрода.

В ходе проведенных опытов установлена возможность использования гидроксида аммония для регулирования кислотности среды. Также определено поведение литий-селективного электрода при изменении содержания лития. Установлен характер реагирования литий-селективного электрода на содержание хлорида калия в растворе. Полученные данные указывают на возможность проводить количественное потенциометрическое определение лития в водных растворах в присутствии хлорида калия с высокой селективностью к литию.

Список литературы

1. Гришин В.К. *Свойства лития*. – М.: Металлургиздат, 1963. – 116с.
2. Остроушко Ю.И. *Литий, его химия и технология*. – М.: Наука, 1960. – 200с.

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО СЫРЬЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СЕПАРАЦИИ

А.В. Малин, Б.В. Сахневич
Научный руководитель – к.х.н., доцент Р.В. Оствальд

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, avmalin.work@gmail.com*

Переработка вторичного металлосодержащего сырья в современном мировом производстве металлов быстро возрастает. Темпы развития современных IT технологий и объемы накопленных отходов, вызывают все больший интерес к рециклингу металлов техногенного сырья [1]. Сложность обусловлена следующими факторами [2, 3]:

- Экономическая целесообразность пере-

работки отходов радиоэлектронной промышленности имеет только при целевом извлечении золота и прочих благородных металлов;

- Полиметаллический состав техногенных источников сырья, наличие компонентов в элементарном виде, и трудности их разделения являются сложной научно-технической задачей.

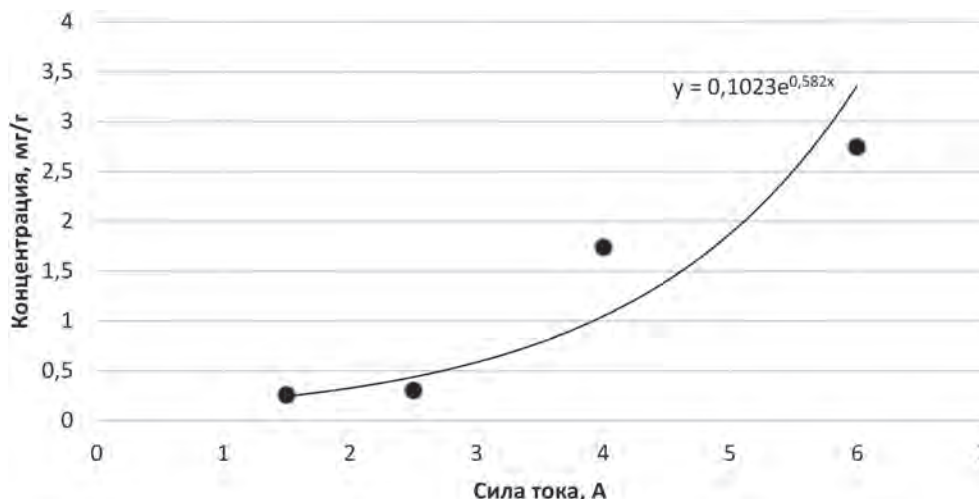


Рис. 1. ЗСодержание золота в диамагнитных фракциях

В целях снижения расходов на реагенты, увеличения доли содержания благородных металлов в сырье, а так же удаления текстолита, керамики и пластмасс используются различные методы физического обогащения материала [4].

Авторами был изучен характер а так же эффективность электромагнитного обогащения продуктов радиоэлектронной промышленности вышедшей из использования. Сепарация осуществлялась на электромагнитном сепараторе ЭВС-10/5 (Механобр техника, Россия). Распределение компонентов отслеживалось на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно связанной плазмой Thermo Scientific ICAP6000 Series (Thermo Scientific, UK). Для вскрытия материала использовалась лабораторная микроволновая система Mars 6 (CEM Corporation, USA).

В первую очередь рассматривалось влияние силы тока в электромагните в диапазоне от 0,7 до 6 А, на разделение диамагнетиков таких как золото, серебро, медь и т.д. от ферромагнетиков железа и никеля. При заданной силе тока проводилось разделение материала на парамагнитную и диамагнитную фракции. В дальнейшем диамагнитную и парамагнитную фракции отдельно подвергали повторной сепарации. Стадии разделения проводились три раза.

В ходе сепарации был установлен электростатический характер поведения текстолитовой основы электронных плат. Так как текстолит имеет наибольший объем в материале, при его движении совместно с парамагнитными металлами захватываются частицы диамагнитных

металлов. Снижение силы тока приводит к незначительному снижению захвата текстолита, но и хуже проводит отделение парамагнитных частиц.

Также рассматривался вопрос распределения золота в связи с электростатическим характером сепарации.

Начальная концентрация золота в материале соответствовала $m=0,8$ мг/г. Что позволяет судить о достаточно высоком концентрировании благородных металлов, однако в парамагнитной фракции содержание золота так же велико, и увеличивается по мере увеличения силы тока. Увеличение содержания благородных компонентов в полученном полиметаллическом материале осуществляется за счет отделения текстолита и парамагнитных металлов. Со снижением содержания этих примесей, доля золота увеличивается в массовом отношении.

Итогом рассмотрения электромагнитного обогащения продуктов радиоэлектронной промышленности является установление распределения благородных металлов и в парамагнитную и диамагнитную фракции и возникающие из этого потери целевого металла на уровне 20%. Высокий коэффициент разделения золота характерен для низких токов. Для глубокой очистки на малых токах требуется значительное количество стадий сепарирования, что содержит высокие энергетические затраты и риски потери целевого металла. Высокие токи разделяют измельченный материал намного быстрее, однако потери золота существенны.

Список литературы

1. E. White, R. Singh, *Patent Landscape Report on E-Waste Recycling Technologies*, Thomson Reuters IP Analytics, 2013.
2. Теляков А.Н., Горленков Д.В., Рубис С.А., Богуславский А.Ю. Обоснование процесса перехода благородных металлов в раствор при растворении медно-никелевых анодов на основании диаграмм Пурбэ // *Записки горного института*, 2013.
3. Стрижко Л.С., Лолейт С. И. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома. – М. : Руда и Металлы, 2009.
4. Tam V.W.Y., Tam C.M. A review on the viable technology for construction waste recycling // *Resource Conservation Recycling*, 2006. – Vol.47. – №3.

ФЛОТАЦИОННОЕ ДООБОГАЩЕНИЕ БЕРИЛЛИЕВОГО КОНЦЕНТРАТА

Л.Н. Малютин

Научный руководитель – д.т.н. А.Н. Дьяченко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, prof1990@tpu.ru

На сегодняшний момент наблюдается стабильный рост потребления промышленностью бериллия. Потребление бериллия и продукции из него в 2015 году составило около 400 т, в пересчете на металл [1]. Наиболее востребован бериллий и его оксид в таких отраслях, как аэрокосмическая и атомная промышленность, производство лазерных материалов и рентгено-техники. Также его используют как добавку к ракетному топливу, высокотеплопроводный изолятор и огнеупорный материал для лабораторных тиглей и т.п. [2]. На территории Российской Федерации на сегодняшний день отсутствуют предприятия полного цикла, производящие бериллиевую продукцию, также остановлена добыча бериллиевой руды и ее обогащение. В то же время на складах Росрезерва разбронировано 18 тыс. тонн бериллиевого концентрата, содержащего 0,45–0,50% оксида бериллия. Утилизировать концентрат с таким содержанием BeO по существующим технологиям нерентабельно: выручка от реализации произведенного количества бериллиевой продукции не покрывает расходы на энергию (тепловую, электрическую) и реагенты.

Рассматриваемый концентрат был произведен Ярославским ГОКом из руд Ермаковского месторождения флотационным методом. Бериллий в концентрате в основном представлен флюорит-фенакит-бертрандитовыми метосо-

матитами [3]. Усредненный фазовый состав флюорит-фенакит-бертрандитового концентрата (ФФБК) приведен в таблице 1.

Добогащение флюорит-бериллиевого сырья проводили методом флотации. За основу была взята схема флотации фенакит-бертрандитовых руд, использованная для обогащения сырья месторождения Маунт-Уиллер (США) [4]. Навеску ФФБК смешивали с умягченной водой (Т : Ж = 1 : 4) и перемешивали до образования однородной пульпы. На каждые 100 г ФФБК добавляли 0,16 г NaF и 0,035 г гексаметафосфата и перемешивали в течение 5 мин. Непосредственно перед флотацией к пульпе добавляли 0,15 мл олеиновой кислоты и 0,10 мл керосина на каждые 100 г ФФБК. Перемешивали пульпу с органическими флотореагентами 30 с. Флотацию проводили при 1, 3, 5 мин. и 25, 40, 60 °С. Наилучший результат, достигнут при 60 °С и 3 мин., коэффициент распределения бериллия составил 1,50. Были проведены исследования на прокаленном концентрате. Прокалка необходима для удаления с поверхности ФФБК органической фазы, нанесенной при обогащении Ярославским ГОКом. Наилучший результат был достигнут при 20 °С и 3 мин., коэффициент распределения бериллия составил 1,70.

Были проведены исследования влияния предварительных промывок ФФБК на активацию поверхности концентрата и увеличение

Таблица 1. Усредненный фазовый состав ФФБК, % масс.

BeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaF ₂	MgO	SiO ₂	CaCO ₃
0,47	1,86	6,67	60,24	3,15	23,17	4,44