

3. Кийк, А. А. Применение полимеров в производстве металлургических брикетов / А. А. Кийк, С. В. Маркова, И. В. Кормина, Ж. С. Маркова // Новые огнеупоры. – 2013. – № 3. – С. 29–30.

4. Земляной, К. Г. Временные технологические связующие в промышленности / К. Г. Земляной // Новые огнеупоры – 2013. – № 3. – С.15–17.

5. Эббрехт, Т. Новая высокоэффективная связка для огнеупоров / Т. Эббрехт, Б. Вейерсхаузен, Т. фон Раймон Липински, Х. Шторм // Новые огнеупоры. – 2009. – № 7. – С. 37–39.

6. Семериков, И. С. Физическая химия строительных материалов: учебное пособие / И. С. Семериков. – Екатеринбург: ГОУ УГТУ-УПИ, 2002. – 245 с.

О. С. Залыгина, В. И. Чепрасова, П. С. Лиморенко,  
*Белорусский государственный технологический университет, Минск,  
Республика Беларусь*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ЦИНКА ИЗ ОТРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОЛИТА ЦИНКОВАНИЯ В ВИДЕ ФОСФАТА**

The work considers the investigation of deposition  $Zn^{2+}$  from spent zinc electrolytes of galvanic production. Obtaining precipitate can be used as the basis for pigments.

Отработанные электролиты гальванического производства относятся к наиболее токсичным отходам вследствие содержания в них тяжелых металлов, которые обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. В настоящее время на большинстве белорусских предприятий отработанные электролиты поступают на локальные очистные сооружения совместно с промывными сточными водами. Это приводит к повышению концентрации тяжелых металлов и, как следствие, нарушению работы очистных сооружений. Поэтому целесообразно осуществлять отдельное отведение отработанных электролитов гальванического производства с их последующей переработкой.

В настоящее время наибольшее распространение получили цинковые покрытия. Их высокие защитные свойства и низкая стоимость объясняют широкое применение цинкования в различных отраслях промышленности. На

предприятиях Республики Беларусь чаще всего используются хлораммонийные электролиты цинкования, поскольку они характеризуются высокой катодной поляризацией и хорошей электропроводностью, что оказывает благоприятное влияние на рассеивающую способность и качество получаемых покрытий [1]. В процессе эксплуатации электролитов их исходный состав меняется в связи с уменьшением концентрации  $Zn^{2+}$ , накоплением различных примесей, которые вносятся в ванну вместе с обрабатываемыми деталями, образуются в результате растворения анодов, при разложении блескообразователей, смачивателей и других добавок. Кроме этого в отработанных электролитах могут содержаться ионы железа (III) вследствие их взаимодействия с обрабатываемыми деталями. Вместе с тем высокая концентрация ионов цинка в отработанных электролитах позволяет предположить возможность их переработки с получением цинксодержащих пигментов белого цвета. В последнее время все чаще в качестве цинксодержащих пигментов используются различные фосфаты вследствие их малой токсичности и высокой коррозионной стойкости.

Поэтому цель работы – исследование осаждения ионов цинка из отработанных электролитов цинкования в виде фосфатов для их дальнейшего использования в качестве пигментов.

Объектом исследования явился отработанный электролит цинкования ОАО «Амкодор» (г. Минск), анализ которого показал, что в нем содержится 32,7 г/л  $Zn^{2+}$ , 0,914 г/л Fe(общ.), 166 г/л  $Cl^-$ , 85,769 г/л  $NH_4^+$ .

В работе было изучено влияние исходной концентрации ионов цинка на условия осаждения  $Zn_3(PO_4)_2$ . Исследование проводили на модельных растворах  $ZnCl_2$  различной концентрации. В качестве осадителя использовали 1 н. раствор фосфата натрия, оптимальный расход которого определяли по кривым потенциометрического титрования (КПТ). КПТ строили в координатах  $pH$  – соотношение эквивалентов осадителя  $PO_4^{3-}$  и катиона металла  $Zn^{2+}$  ( $N_{ос}/N_{кат}$ ). Для определения точек эквивалентности применялся дифференциальный метод. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Результаты потенциометрического титрования модельных растворов хлорида цинка 1 н. раствором  $\text{Na}_3\text{PO}_4$

Показатель	0,1 н. $\text{ZnCl}_2$		0,5 н. $\text{ZnCl}_2$		1 н. $\text{ZnCl}_2$	
	1 перегиб	2 перегиб	1 перегиб	2 перегиб	1 перегиб	2 перегиб
$N_{\text{ос}}/N_{\text{кат}}$	0,015	0,875	0,015	0,87	0,017	0,97
pH	2,506	6,892	2,8	6,986	2,8	6,805

На всех КПТ наблюдалось два скачка потенциала: при  $p\text{H} = 2,5-2,8$  и при  $p\text{H} = 6,8-7,0$ , причем исходная концентрация  $\text{ZnCl}_2$  практически не влияет на  $p\text{H}$  осаждения ионов цинка. Согласно данным рентгенофазового анализа при  $p\text{H} = 2,5-2,8$  происходит образование  $\text{ZnHPO}_4 \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , при  $p\text{H} = 7,0$  образуются  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Кривая потенциометрического титрования, построенная при осаждении ионов цинка из отработанного электролита цинкования ОАО «Амкодор» 1 н. раствором  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (рис.), имеет несколько точек перегиба в интервале  $p\text{H} = 6-7,2$ , что свидетельствует о более сложном химизме процесса по сравнению с модельными растворами вследствие участия в процессе осаждения хлорида аммония.

Согласно данным рентгенофазового анализа при осаждении  $\text{Zn}^{2+}$  фосфатом натрия до  $p\text{H} = 7,2$ , который соответствует последней точке перегиба на КПТ, образуются гидрат аммоний-цинк пирофосфата  $(\text{NH}_4)_2\text{ZnP}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и тетрагидрат ортофосфата цинка  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Характер кривой потенциометрического титрования свидетельствует о многостадийности процесса осаждения  $\text{Zn}^{2+}$  с образованием промежуточных соединений цинка.

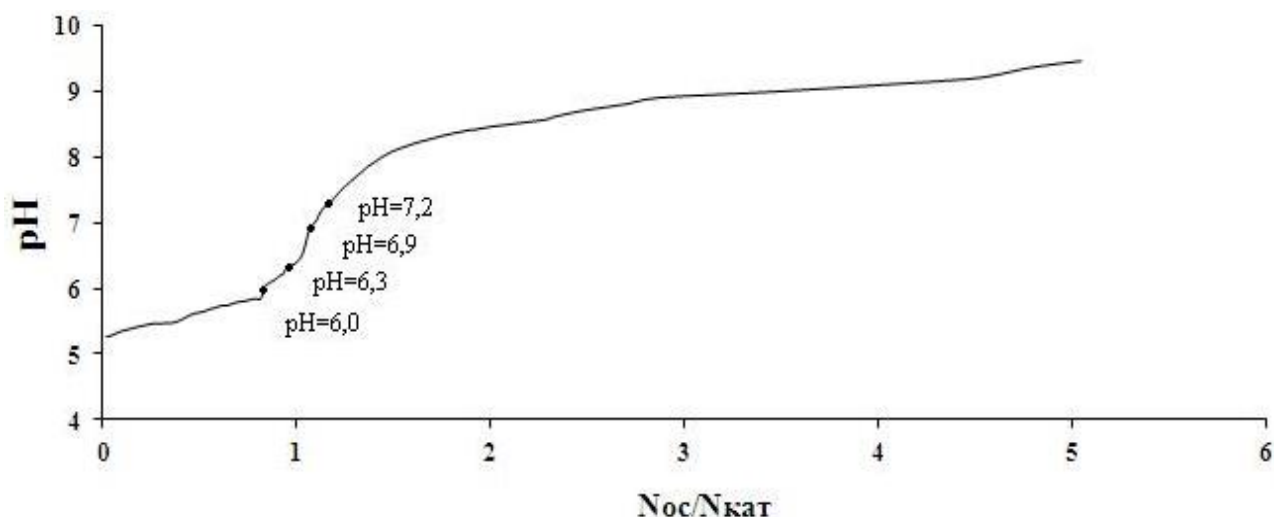


Рис. Кривая потенциметрического титрования отработанного электролита цинкования ОАО «Амкорд» фосфатом натрия

По результатам термогравиметрического анализа была выбрана температура термообработки полученного осадка 435 °С. При этой температуре наблюдается последний эндотермический эффект на кривой дифференциальной термогравиметрии (ДТГ). Всего на кривой ДТГ наблюдается пять эндотермических эффектов при температурах 110, 206, 283, 364 и 435 °С. Они могут быть связаны с поэтапной дегидратацией  $(\text{NH}_4)_2\text{ZnP}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , а также с разложением аммоний-цинк пирофосфата с выделением аммиака.

По данным рентгенофазового анализа фазовый состав прокаленного при 435 °С образца представлен безводными пиро- и ортофосфатами цинка  $\text{ZnP}_2\text{O}_7$  и  $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ . Полученная смесь фосфатов цинка имеет белый цвет и может использоваться в качестве пигмента. Для подтверждения этой возможности после измельчения полученного образца были определены такие свойства, как маслосмекость, укрывистость и рН водной суспензии. Укрывистость составила 150 г/м<sup>2</sup>, маслосмекость – 45 г/100 г, рН водной суспензии – 6, что сопоставимо с характеристиками пигментов, применяемых в лакокрасочной промышленности [2].

Таким образом, осаждение  $\text{Zn}^{2+}$  из отработанных электролитов цинкования с получением после термообработки фосфатов цинка позволит снизить

воздействие гальванического производства на окружающую среду и расширить сырьевую базу получения пигментов.

- 
1. Виноградов, С. С. Экологически безопасное гальваническое производство / С. С. Виноградов, под. ред. В. Н. Кудрявцева. – М.: Глобус, 2002. – 352 с.
  2. Горловский, И. А. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности / И. А. Горловский, Н. А. Козулин. – Ленинград : Химия, 1980. – 200 с.

К. А. Зельманчук, В. И. Матюхин, А. В. Матюхина,  
*Уральский Федеральный Университет, Екатеринбург, Россия*

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ МИНЕРАЛОВАТНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

This article focuses on the development of technologies for utilization of mineral waste by briquetting. The resulting carbon briquettes can handle them in the cupola. Considered thermal performance cupola with bricks.

В условиях повышения требований в использовании и экономии энергетических ресурсов в сфере ЖКХ наблюдается увеличение объемов производства волокнистой изоляции на основе минерального сырья. На всех этапах его получения наблюдается образование твердых отходов, утилизация которых требует значительных усилий.

В исходном состоянии большая часть этих материалов отличается высокой пористостью (до 50–60 %), неопределенностью формы кусков, плохой сыпучестью, повышенной упругостью при внешних механических усилиях. Состав исходного сырья представлен  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 9–13 %,  $\text{SiO}_2$  – 40–50 %,  $\text{MgO}$  – 12–15 %,  $\text{CaO}$  – 18–23 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2–7 %,  $\text{R}_2\text{O}$  – 4–6 %.

Производимые промышленностью на цементном связующем минераловатные изделия отличаются высокой температурой плавления, что требует увеличения энергозатрат на получение минерального расплава с ограничением прямого их использования в качестве компонента ваграночной