

Хейн Тху Аунг, докторант, к.т.н
Колесников А.В., доцент, к.х.н.
Колесников В.А., проф., д.т.н.
(РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НА ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА СМЕСИ ГИДРОКСИДОВ ТЯЖЕЛЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТАХ

В промышленных и городских сточных водах потенциально содержится большое разнообразие загрязняющих веществ, некоторые из которых трудно удалить на обычных установках по очистке воды и сточных вод. В этой связи для обеспечения безопасности воды для потребления человеком и удовлетворения экологических потребностей было предложено несколько альтернативных методов очистки загрязненной воды. Среди методов, применяемых для эффективного отделения твердой фазы от жидкой или одной жидкой фазы от другой, электрофлотация (ЭФ) является одной из наиболее перспективных современных технологий.[5]

Одной из актуальных проблем является повышение эффективности процесса электрофлотационного (ЭФ) извлечения гидроксидов металлов в составе многокомпонентных систем. Основной подход электрофлотационной обработки связан с формированием на первом этапе гидроксидов металлов с последующим отделением дисперсной фазы в процессе седиментации, флотации, фильтрации.[2]

В работах, выполненных ранее [1-2], показано, что присутствие в сточной воде органических компонентов различной природы оказывает влияние на эффективность процессов разделения твёрдая фаза/жидкость.

Некоторый обобщающий материал представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность процессов разделения твёрдая фаза/жидкость в присутствии органических компонентов

Стадии разделения твёрдая фаза/жидкость	ПАВ	Эмульсия	Растворитель	Полимерный электролит (флокулянт)
Седиментация	Снижает	Снижает	Не влияет	Повышает
Микрофльтрация	Снижает	Снижает	Затрудняет	Снижает
Флотация	Повышает	Повышает	Не влияет	Повышает
Электрофлотация	Повышает	Повышает	Не влияет	Повышает

Анализ показывает, что для сточных вод, содержащих ПАВ, эмульсии, растворители, флотация и электрофлотация имеет преимущество в процессах извлечения взвешенных веществ.

Целью работы является изучение основных закономерностей процесса электрофлотационного извлечения смеси гидроксидов тяжелых и цветных металлов в различных электролитах Na_2SO_4 , NaCl , NaNO_3 . А также определения оптимальных условий извлечения смеси гидроксидов тяжелых и цветных металлов при минимальных затратах электроэнергии и времени процесса, повышение эффективности обработки за счет использования электрофлотационного процесса и фильтрации.

Очистка модельных сточных вод осуществлялась методом электрофлотации с использованием непроточной лабораторной установки по методике описанной в литературе [3-4].

В таблице 2 представлены экспериментальные результаты, показывающие влияние степени извлечения α на эффективность электрофлотационного извлечения гидроксидов тяжелых и цветных металлов в различной электролитов при $\text{pH}=10$ и времени электрофлотации 5, 10, 20 и 30 минут (фильтрация).

Таблица 2 – Влияние электролитов на степень электрофлотационного извлечения гидроксидов тяжелых и цветных металлов в зависимости от pH-10 и $\alpha\%$.

Время, мин	$\alpha\%$, Электролит Na_2SO_4				
pH 10	Fe	Ni	Zn	Co	Cu
5	63	84	80	87	82
10	69	96	92	98	93
20	75	96	94	97	95
30 + Фильтрация	81	99	95	99	98
Время, мин	$\alpha\%$, Электролит NaCl				
pH 10	Fe	Ni	Zn	Co	Cu
5	92	89	92	95	94
10	94	91	95	98	96
20	96	95	96	99	98
30 + Фильтрация	98	99	99	99	99
Время, мин	$\alpha\%$, Электролит NaNO_3				
pH 10	Fe	Ni	Zn	Co	Cu
5	88	76	90	89	81
10	95	77	96	97	97
20	96	81	97	98	97
30 + Фильтрация	97	88	98	99	99

Условия Эксперимента: Fe^{+2} , Ni^{+2} , Zn^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2} 20 мг/л, ΣMe 100 мг/л; Na_2SO_4 , NaCl , NaNO_3 1 г/л; pH = 10; $i_v = 0.4$ А/л

На рисунке 1 видно, что в присутствии электролит Na_2SO_4 степень извлечения металлов достигает 94-97%, кроме железа (до 75%). В присутствии электролит NaCl степень извлечения высокая для всех металлов (95-99%), с использованием электролит NaNO_3 достигаются эффективные значения степени извлечения для всех металлов, кроме никель (81%).

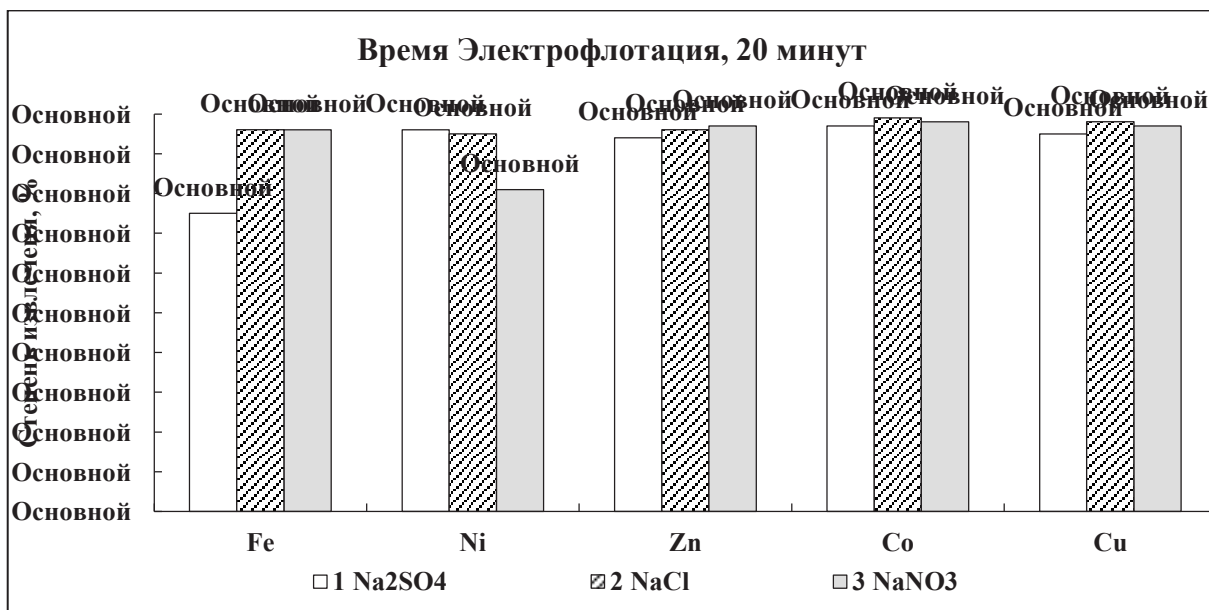


Рисунок 1 – Степень извлечения гидроксидов цветных металлов из многокомпонентного раствора, $\tau = 20$, Условия Эксперимента: Fe^{+2} , Ni^{+2} , Zn^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2} 20 мг/л, ΣMe 100 мг/л; Na_2SO_4 , $NaCl$, $NaNO_3$ 1 г/л; $pH = 10$; $i_v = 0.4$ А/л

Экспериментально установлено (таб. 3), что степень извлечения по каждому металлу в определённых условиях различается, наиболее точная оценка может быть дана по суммарному извлечению ИТМ. ПДК по ионам Fe, Ni, Zn, Co, Cu, находится на уровне 0,01-0,1 мг/л [1]. Проведение дополнительной фильтрации после электрофлотации позволяет достичь степени извлечения $\alpha = 99\%$ для всех гидроксидов. Таблица 3 – Сравнение Электролит степень электрофлотационного извлечения и фильтрация гидроксидов тяжелых и цветных металлов в зависимости от pH-10

Система	α %, В.В $\Sigma Me(OH)_2$	
	Электрофлотация 20 минут	Фильтрация 30 минут
Электролит Na_2SO_4	91	94
Электролит $NaCl$	97	99
Электролит $NaNO_3$	94	96

Условия Эксперимента: Fe^{+2} , Ni^{+2} , Zn^{+2} , Co^{+2} , Cu^{+2} 20 мг/л, ΣMe 100 мг/л; Na_2SO_4 , $NaCl$, $NaNO_3$ 1 г/л; $pH = 10$; $i_v = 0.4$ А/л

В таблице 3 представлены результаты электрофлотационной обработки за 20 минут и последующей дополнительной фильтрации 30 минут. Анализ показали, что все присутствующие электролиты извлекаются в оптимальных условиях до 99%.

Заключение

Проведенные исследования показывают возможность электрофлотационного извлечения смеси гидроксидов тяжелых и цветных металлов в различной электролитов с эффективностью 75-99%.

При использовании электролит NaCl с высокой степенью извлекаются гидроксиды железа, никеля, меди, цинка и кобальта, степень извлечения составляет 95–99% в слабощелочной области при pH=10.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хейн Т.А., Колесников В.А. Влияние природы ПАВ и флокулянта на электрофлотационный процесс извлечения смеси гидроксидов цветных металлов из сточных вод гальванохимических производств. // Гальванотехника и обработка поверхности. 2018. Т.16. № 4. с. 51-57.

2. Хейн Т.А., Колесников А.В., Масляникова Д.В., Давыдкова Т.В. Влияние флокулянтов и ПАВ на электрофлотационное извлечение смеси ионов Fe^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Cu^{2+} из сточных вод. // Водоочистка. 2019. № 2, с. 38-45.

3. Аунг Пьяе., Хейн Тху Аунг., Колесников А.В. Влияние композиции фосфатирования Decordal на электрофлотационное извлечение труднорастворимых соединений Cu, Ni, Zn, Co, Fe, Al из промывных и сточных вод. // Гальванотехника и обработка поверхности. 2019. Т.27. № 2. С.31-39.

4. Колесников В.А., Крючкова Л.А., Ильин В.И., Колесников А.В. Электрофлотационное извлечение ионов металлов, находящихся в составе многокомпонентных систем, из сточных вод гальванического производства. // Гальванотехника и обработка поверхности. 2015. Т.23. №1. С.51-59.

5. Géssica de O. Santiago Santos., Marilia M. de Salles Pupo., Vanessa M. Vasconcelos, Katlin I. Barrios Eguiluz, Giancarlo R. Salazar Banda. Chapter 4: Electroflotation. // Electrochemical Water and Wastewater Treatment. 2018. P. 77-118.