

2. Watanabe M. Design and materialization of ionic liquids based on an understanding of their fundamental properties / M. Watanabe // *Electrochemistry*. – 2016. – Vol. 84(9). – P. 642–653.

3. Armand M. Ionic-liquid materials for the electrochemical of the future / M. Armand, F. Endres, D. MacFarlane et al. // *Nature Materials*. – 2009. – Vol. 8. – P. 621–629.

4. Rehman A. Ionic liquids as green solvents and electrolytes for robust chemical sensor development / A. Rehman, X. Zeng // *Acc Chem Res*. – 2012. – Vol. 45. – P. 1667–1677.

5. Shiddiky M. Application of ionic liquids in electrochemical sensing systems / M. Shiddiky, A. Torriero // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2011. – Vol. 26(5). – P. 1775–1787.

УДК 621.357:628.3:661.185.1

А.В. Перфильева научный сотрудник, к.т.н.,
В.И. Ильин доцент, к.т.н.,
Р.В. Якушин доцент, к.т.н.
РХТУ им. Д.И. Менделеева, г. Москва

ВЛИЯНИЕ pH СРЕДЫ НА ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ, ДИСПЕРСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОВМЕСТНОГО ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА (III), НИКЕЛЯ (II) И КОБАЛЬТА (II) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Представляет интерес изучить процесс формирования дисперсной фазы в растворах содержащих ионы металлов с различным pH гидроксиобразования, влияние физико-химических свойств дисперсной фазы на эффективность протекания электрофлотационного процесса в широком интервале pH. [1]

Объектом исследований являлись растворы, содержащие смесь малорастворимых коллоидно-дисперсных соединений хрома (III), никеля (II) и кобальта (II).

Изучено влияние pH среды на электрокинетический потенциал мВ (ζ), средний гидродинамический диаметр $d_{\text{ср}}$, мкм, и электрофлотационную активность малорастворимых соединений хрома (III), никеля (II) и кобальта (II). в воде α , %.

Перевод ионов металлов в дисперсную форму осуществлялся путём регулирования pH среды раствором NaOH. При исследовании однокомпонентных систем исходная концентрация ионов металлов составляла 50 мг/л. При исследовании многокомпонентных систем суммарная концентрация металлов также составляла 50 мг/л с массовым соотношением металлов 1:1. Эксперименты проводились в интервале pH 5–12.

Процесс электрофлотационного извлечения частиц дисперсной фазы малорастворимых соединений хрома (III), никеля (II) и кобальта (II) проводился в непроточном аппарате объемом 0,5 л с нерастворимыми электродами. Анод – титановая пластина с оксидным рутениево-титановым покрытием (ОРТА), катод – сетка из нержавеющей стали.

Электрофлотационную активность частиц дисперсной фазы оценивали по степени извлечения α (%), которую рассчитывали, как отношение разницы между исходным C_0 и конечным C_t содержанием металла в растворе к исходному содержанию (суммарно в дисперсной и ионной формах): $\alpha = [(C_0 - C_t) / C_0] \cdot 100\%$.

Измерение массовой концентрации металлов в растворах осуществлялось по стандартизированной методике на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-АФА. Размер частиц определялся методом лазерной дифракции с помощью лазерного анализатора частиц «AnalyseTTe NanoTec». Измерение дзета-потенциала частиц проводилось на лазерном анализаторе характеристик частиц субмикронного и нано-диапазона «Malvern Zetasizer Nano».

На первом этапе работы изучено влияние рН среды на индивидуальную растворимость, соединений хрома (III), никеля (II) и кобальта (II). Установлено, что, начиная с рН = 7,5, более 98% процентов ионов хрома(III) образуют малорастворимые гидроксиды. Остаточная концентрация по ионам хрома(III) в растворе находится в диапазоне 0,05–0,1 мг/л. Максимально полный переход ионов никеля и кобальта в форму малорастворимых соединений (более 99%) происходит при рН = 9,0 и выше. При этом минимальные значения остаточной концентрации ионов Ni^{2+} и Co^{2+} в растворе не превышают 0,02 (рН = 10) и 0,09 (рН = 11) мг/л, соответственно.

Исследовано влияние рН среды на значения электрокинетического потенциала ζ дисперсной фазы, образующейся в растворах, содержащих ионы Cr(III), Ni(II) и Co(II) индивидуально и в смеси. Полученные данные представлены на рисунке 1 а. Показано, что в растворе, содержащем ионы всех трёх металлов (рис. 1 а, крив. 1), происходит усреднение электрокинетического потенциала дисперсной фазы, по сравнению с растворами, содержащими один металл (рис. 1 а, крив. 2–4).

На рисунке 1 б представлены зависимости среднего гидродинамического диаметра d_{cp} частиц малорастворимых соединений Cr(III), Ni(II) и Co(II) индивидуально и в смеси от рН среды. Установлено, что в растворе, содержащем ионы всех трёх металлов (рис. 1 б, крив. 1) средний гидродинамический диаметр частиц дисперсной фазы крупнее, чем в растворах, содержащих один металл (рис. 1 б, крив. 2–4). При этом кривая распределения частиц по размерам в зависимости от рН для трёхкомпонентной системы имеет два пика. Первый пик в области рН 7 – 8 соответствует образованию дисперсной фазы $Cr(OH)_3$, второй пик – образованию дисперсной фазы $Co(OH)_2$ и $Ni(OH)_2$. Показано, что в области

pH 9,5 – 10,5 d_{cp} частиц малорастворимых соединений Cr(III), Ni(II) и Co(II) в смеси больше, чем частиц индивидуальных соединений и достигает 140 мкм.

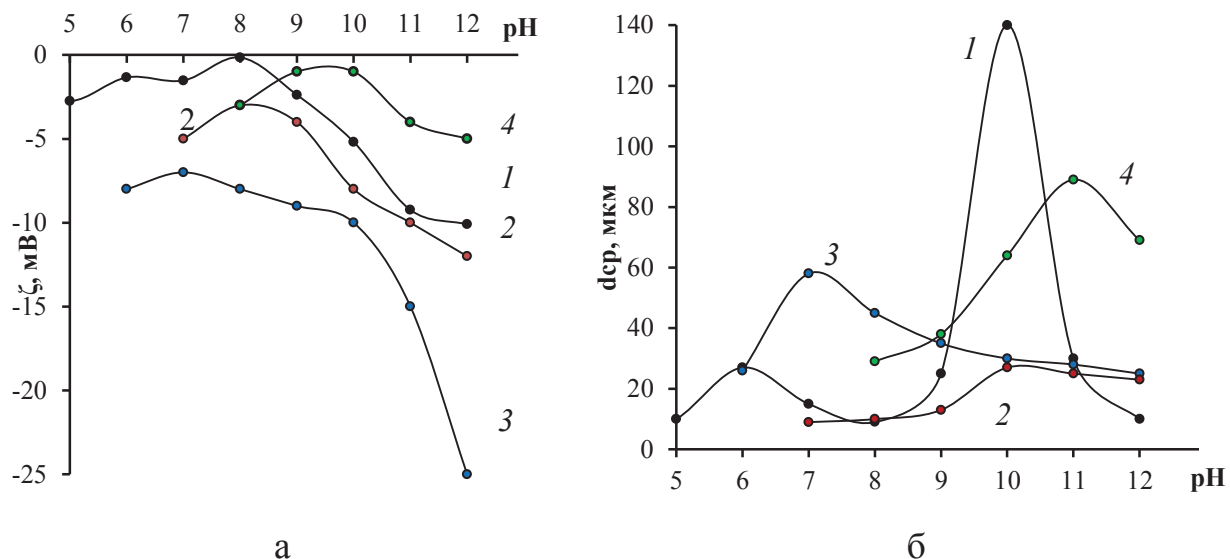


Рисунок 1 а – зависимость ζ -потенциала частиц малорастворимых соединений металлов подгруппы железа от pH среды в $0.001 \text{ M SO}_4^{2-}$: 1 – $\text{Cr}(\text{OH})_3\text{-Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$; 2 – $\text{Co}(\text{OH})_2$; 3 – $\text{Cr}(\text{OH})_3$; 4 – $\text{Ni}(\text{OH})_2$; б – зависимость среднего гидродинамического диаметра d_{cp} частиц малорастворимых соединений металлов подгруппы железа от pH среды в $0.001 \text{ M SO}_4^{2-}$: 1 – $\text{Fe}(\text{OH})_3\text{-Ni}(\text{OH})_2\text{-Co}(\text{OH})_2$; 2 – $\text{Co}(\text{OH})_2$; 3 – $\text{Fe}(\text{OH})_3$; 4 – $\text{Ni}(\text{OH})_2$

С повышением pH размер частиц коллоидно-дисперсных соединений исследованных металлов проходит через экстремум. Это можно объяснить незначительным повышением растворимости дисперсной фазы в сильно щелочных областях и затруднением коагуляции частиц с высокими отрицательными значениями ζ -потенциалов.

Проведено сравнение физико-химических характеристик дисперсной фазы малорастворимых соединений Cr(III), Ni(II), Co(II) индивидуально и в составе трёхкомпонентной смеси в интервале pH 7–8 и 10–11. Полученные данные представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Влияние дисперсных характеристик и ζ -потенциала малорастворимых соединений хрома(III), никеля(II) и кобальта(II) на их электрофлотационную активность индивидуально и в составе трёхкомпонентной системы

Дисперсная фаза	pH 7-8			pH 10-11		
	D_{cp} , мкм	ζ мВ	α , %	d_{av} , мкм	ζ мВ	α , %
Однокомпонентные системы Cr, Ni, Co						
Cr(III)	10-13,5	(-10)-(+10)	80 - 83	6-7	-(25-30)	50 - 60
Ni(II)	10 -29	-(1-3)	0 -5	64 - 89	-(1-4)	97 – 98
Co(II)	9 - 10	-(3-5)	6 - 22	25 - 27	-(8-10)	97 – 98
Трёхкомпонентная система Cr-Ni-Co						

Cr(III)	7 - 8	-(1-5)	93-94	5-7	-(6-7,5)	94 -96
Ni(II)			64-72			94 -96
Co(II)			79-82			94 -95
0.01 M SO ₄ ²⁻ ; τ _{эф} = 10 мин						

Установлено, что в трёхкомпонентной системе Cr-Ni-Co, средний гидродинамический диаметр и электрокинетический потенциал частиц дисперсной фазы уменьшается по сравнению с индивидуальными растворами. Так, в интервале pH 7-8 средний гидродинамический диаметр частиц дисперсной фазы системы Cr-Ni-Co составляет 7-8 мкм, повышение pH растворов до 10-11 приводит к еще большему уменьшению частиц, значение $d_{ср}$ лежит в пределах 5-7 мкм. С повышением pH растворов электрокинетический потенциал частиц сдвигается в более отрицательную область (с (-4 – 0) мВ в растворах с pH 7–8 до - (6 -7,5) мВ в растворах с pH 10–11).

Исследование физико-химических характеристик и электрофлотационной активности многокомпонентной системы Cr(III)-Ni(II)-Co(II) показало, что частицы дисперсной фазы оказывают друг на друга сильное влияние: электрокинетический потенциал частиц усредняются. Наблюдается синергетический эффект, заключающийся в более полном извлечении ионов металлов в сильно щелочной области (pH 10-11).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы». Уникальный идентификатор соглашения RFMEFI58317X0068

ЛИТЕРАТУРА

1. Бродский В.А., Колесников В.И., Губин А.Ф., Ильин В.И. Механизм формирования заряда дисперсных частиц труднорастворимых соединений металлов в водных растворах // Хим. физика. 2012. Т. 31. № 10. С 46.
2. Москвичева Е.В., Москвичева А.В., Игнаткина Д.О. и др. // Совр. пробл. науки и образов. 2014. № 6. С. 98.

УДК 678.029

Д.С. Новак, доц., к. техн. наук,
В.П. Плаван, проф., д-р техн. наук,
Н.М. Березненко, доц., к. техн. наук
Киевский национальный университет технологий и дизайна, Киев

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТОКОПРОВОДЯЩЕГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ НАНЕСЕННОГО НА ПОЛИПРОПИЛЕНОВУЮ ОСНОВУ

В процессе роста производства полимерных материалов и расширения