

А. БАЕШОВ, Г. БЕКЕНОВА,
А.К. БАЕШОВА, А.Е. БУКЕТОВА, М.Ж. ЖУРИНОВ

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЦИНКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КУСКОВЫХ ЭЛЕКТРОДОВ

Исследован процесс очистки модельных растворов от ионов цинка на кусковых электродах. Установлено, что при оптимальных условиях ($i=125 \text{ A/m}^2$; $V=400 \text{ мл/час}$; $l_{\text{граф}}=0,5 \text{ см}$; $[Zn^{2+}]_{\text{исх}}=0,1 \text{ г/л}$) степень очистки от ионов цинка составила 99,9%. Полученные результаты рекомендуется использовать для очистки сточных вод, загрязненных цинком или другими тяжелыми металлами.

Известно, что производственная и хозяйственная деятельность человека создает множество экологических проблем, одной из которых является загрязнение поверхностных и подземных вод различными химическими веществами, в том числе ионами металлов. К тому же Республика Казахстан не располагает большими ресурсами пресной воды, в этой связи очистка промышленных сточных вод и

повторное использование их в производстве имеет и экономическое и экологическое значение.

По литературным данным [1-4] ежегодно в мировой океан с водосборной площади континентов поступает 200-300 млн. тонн загрязнителей и примерно столько же в атмосферу, откуда вместе с дождевыми осадками вновь попадают в наземные и водные экосистемы.

Внедрение новых технологий очистки воды зависит от степени их сложности и требует учитывать экономическую целесообразность. В этом плане реагентные химические методы очистки не полностью отвечают требованиям сегодняшнего дня [5].

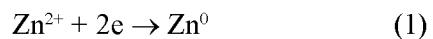
Для очистки сточных вод или переработки жидких отходов и извлечения из них ценных компонентов с успехом можно использовать процесс поляризации на твердых электродах. Однако электрохимические процессы имеют некоторые недостатки, одним из которых является низкая производительность, связанная с их гетерогенностью, т.е. тем, что они протекают только на поверхности электрода и процесс, в основном, лимитируется диффузией ионов. Кроме того, предельный ток, т.е. ток, расходуемый на основную реакцию электродного процесса, прямо пропорционален концентрации ионов в объеме раствора. В этой связи при низкой концентрации поляризуемого вещества, например ионов металла, электрохимические методы неэффективны, т.к. при оптимальной катодной плотности тока на основной процесс затрачивается очень малая доля пропускаемого количества электричества, а основная его часть расходуется на выделение водорода в катодном процессе.

Устранить вышеупомянутый недостаток электрохимического метода можно при применении порошковых или кусковых электродаов, имеющих площадь поверхности намного больше, чем обычные и обеспечивающие максимальное участие ионов, содержащихся даже в малых количествах. Например, в промышленных сточных водах содержание ионов металлов низкое, но оно намного превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК).

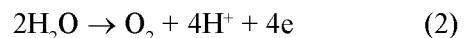
При применении порошковых или кусковых электродаов поверхность катода или анода увеличивается в десятки раз, а это в свою очередь позволяет резко интенсифицировать (до 50-100 раз) электрохимические процессы. Поэтому исследование электрохимических процессов, протекающих на поверхности порошковых и кусковых электродаов имеет и практическое и теоретическое значение.

Целью наших исследований является извлечение ионов цинка из модельных растворов на кусковых электродах с развитой поверхностью. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.

Установка представляет собой емкость из плексигласа (2) вместимостью 50 см³. На дне емкости горизонтально расположен графитовый катод (4), на него насыпается слой графитовых кусков (3) диаметром частиц 0,1-0,5 см. Толщина кускового электрода 0,1-1,0 см. Анод (2) из графита установлен на расстоянии 2,5 см над кусковым катодом. Эксперименты проводились с модельными растворами с различными концентрациями ионов цинка (0,05-0,50 г/л). Содержание ионов цинка после очистки определяли на вольтамперометрическом анализаторе «Аквилон АКВ-07 МК». При электролизе ионы цинка восстанавливаются на кусковом катоде по следующей реакции:



а на аноде идет процесс разряда воды:



Нами было изучено влияние плотности катодного тока, начальной концентрации ионов цинка в модельных растворах и скорости протока раствора на выход по току восстановления ионов металла и на степень очистки воды.

Установлено, что в проточном режиме раствора, при увеличении плотности тока на катоде в пределах 10-125 А/м² степень очистки (α, %) воды от ионов цинка растет (рисунок 2, кривая 1). Эту закономерность можно объяснить законом Фарадея, т.е. масса осажденных ионов цинка прямо пропорциональна количеству электричества, прошедшему через электрохимическую систему. Показано, что с увеличением катодной плотности тока наблюдается снижение выхода по току осаждения ионов цинка (рисунок 2, кривая 2), что можно объяснить протеканием побочных реакций (2). Установлено, что при оптимальных условиях степень извлечения ионов цинка из растворов доходит до 99,9%, а выход по току извлечения цинка из воды достигает 80%.

Нами также установлено, что с увеличением начальной концентрации ионов цинка в растворе от 0,05-0,5 г/л, значительно растет выход по току его извлечения и достигает 99,0 % (рисунок 3, кривая 2). При этом степень извлечения ионов цинка из воды существенно снижается (рисунок 3, кривая 1).

При низких концентрациях ионов цинка выход по току восстановления металла низкий, что

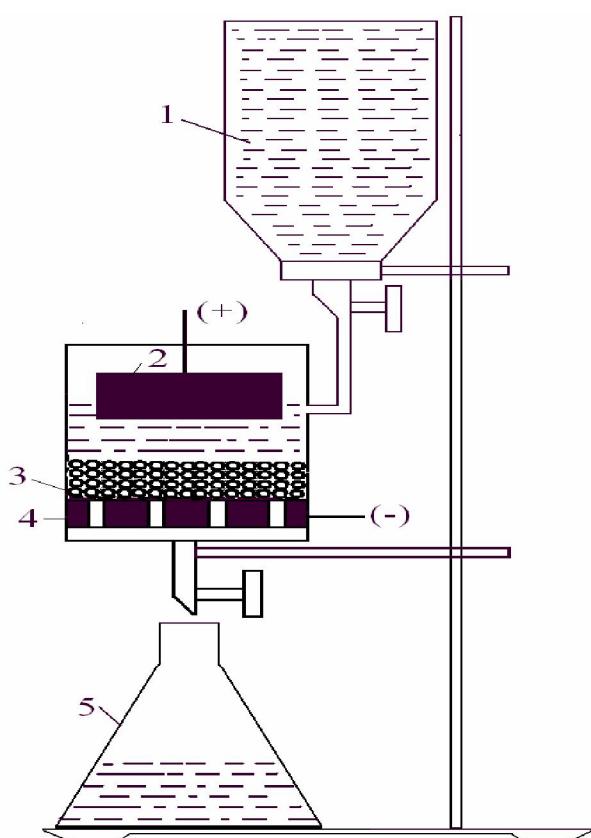
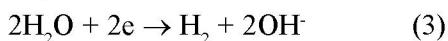
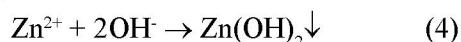


Рис.1. Установка для извлечения ионов цинка из отработанных растворов: 1-емкость с модельным раствором; 2-графитовый анод; 3-кусковой катод; 4-токподвод к катоду; 5-емкость для сбора очищенной воды

связано с совместным протеканием процесса выделения водорода на катоде:



в прикатодном пространстве электролита наблюдается повышение pH раствора, при этом ионы цинка взаимодействуют с гидроксид-ионами с образованием гидроксида цинка, выпадающего в осадок:



Образовавшийся гидроксид цинка в определенной мере будет пассивировать поверхность кусковых электродов. При высоких концентрациях ионов цинка снижаются диффузионные ограничения на поверхности электрода, а это способствует повышению выхода по току восстановления ионов цинка.

Проведение процесса очистки в проточном режиме в целом благоприятно влияет на процесс очистки раствора от ионов металла, при этом снижаются концентрационные ограничения. Изучено влияние скорости протока модельного ра-

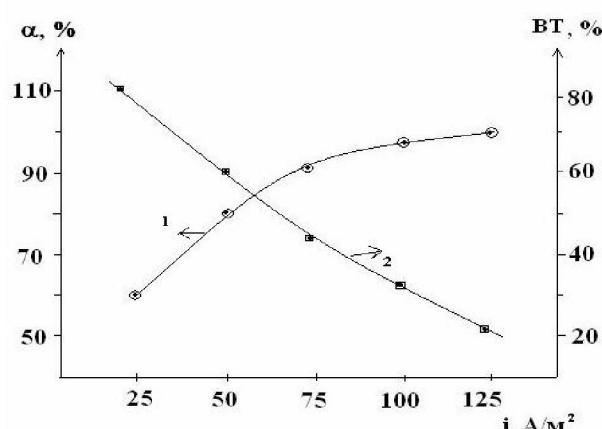


Рис.2. Влияние плотности тока на степень извлечения (1) ионов цинка и на выход по току восстановления металла (2): $[\text{Zn}^{2+}]_{\text{нек}} = 0,1 \text{ г/л}$; $V_{\text{прот.}} = 400 \text{ мл/час}$; $\delta = 1 \text{ см}$

створа на степень очистки от ионов цинка и выход по току металлического цинка. Как показано на рис.4 (кривая 1), с увеличением скорости протока воды, степень извлечения ионов цинка из раствора снижается. Это связано с уменьшением времени контакта раствора с материалом кускового катода. Наряду с этим наблюдается повышение выхода по току образования металлического цинка с 10 % до 50 % (рис.4, кривая 2), что объясняется снижением диффузионных ограничений в отношении миграции ионов цинка.

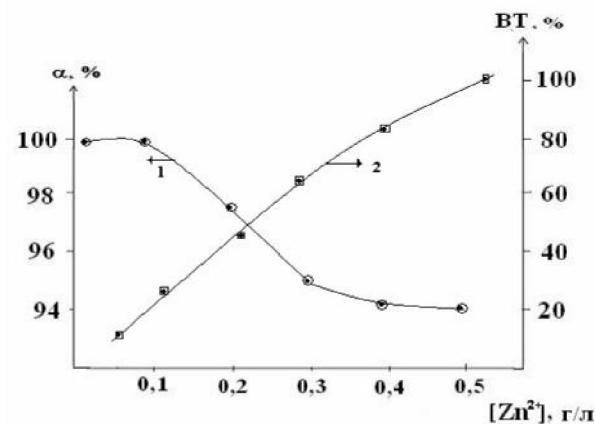


Рис. 3. Влияние начальной концентрации ионов цинка на степень извлечения (1) и на выход по току (2) выделения металла: $i=125 \text{ A/m}^2$; $V_{\text{прот.}} = 400 \text{ мл/час}$; $\delta = 1 \text{ см}$

Исследование влияния размеров частиц кусковых электродов на процесс очистки показало, что с уменьшением размера частиц кусковых электродов выход по току восстановления ионов цинка, а также степень извлечения их из отработанных растворов увеличивается (рисунок 5).

Таким образом, нами впервые исследован процесс очистки модельных растворов от ионов

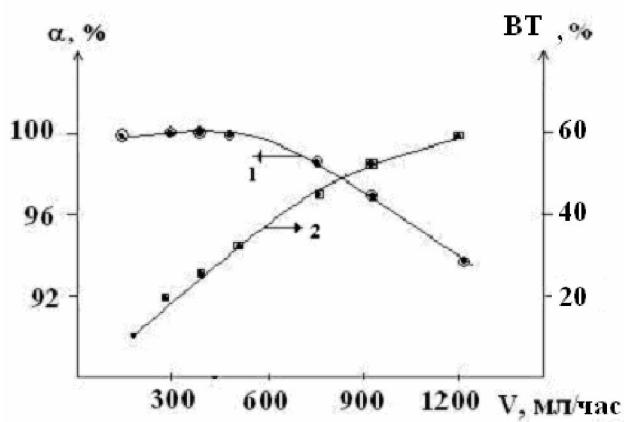


Рис. 4. Влияние скорости протока модельного раствора на степень извлечения ионов цинка из раствора (1) и на выход по току (2) их восстановления: $i=125 \text{ A/m}^2$; $\delta=1 \text{ см}$; $[\text{Zn}^{2+}]_{\text{исх}}=0,1 \text{ г/л}$

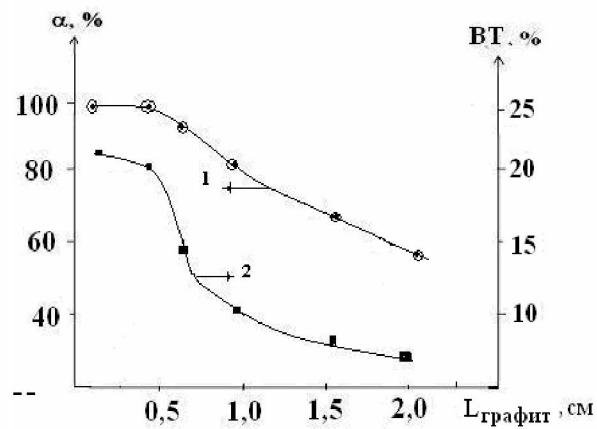


Рис.5. Влияние размеров частиц кусковых электродов на степень извлечения ионов цинка из раствора (1) и на выход по току (2) их восстановления: $i=125 \text{ A/m}^2$; $\delta=1 \text{ см}$; $[\text{Zn}^{2+}]_{\text{исх}}=0,1 \text{ г/л}$

цинка на кусковых электродах. При оптимальных условиях ($i=125 \text{ A/m}^2$; $V=400 \text{ мл/час}$; $L_{\text{графит}}=0,5 \text{ см}$; $[\text{Zn}^{2+}]_{\text{исх}}=0,1 \text{ г/л}$) степень очистки от ионов цинка составила 99,9%. Полученные результаты рекомендуется использовать для очистки сточных вод, загрязненных цинком или другими тяжелыми металлами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семин В.А. Основы рационального использования и охраны водной системы. М: Высшая школа, 2001. 320 с.
2. Израэль Ю.А. Глобализация системы наблюдений. Прогноз и оценка изменений состояния окружающей природной среды. Основы мониторинга. – Метрология и гидрология, 1974. № 7, с. 15.
3. Алексеев А.С. Контроль качества воды. М: 2004. 154 с.
4. Кривошеин Д.А., Кукин П.П., Лапин В.А. и др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков. – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.

5. Удаление металлов из сточных вод. Нейтрализация и осаждение / Под редак. Дж. К. Кушни /США, 1984: М.: Металлургия, 1987. 176 с.

Резюме

Мырыш (II) иондарын ерітіндіден бөліп алу дәрежесіне ток бойынша шығымына катодтағы ток тығыздығының, ерітіндіде мырыш иондарының алғашқы концентрациясының, ерітінді ағынының жылдамдығы мен түйіршікті электродтың өлшемінің әсерлері қарастырылды. Зерттеу нәтижелері оңтайлы жағдайда, мырыш иондарын бөліп алу дәрежесі 99,9 %, ал мырыштың катодта бөлінуінің ток бойынша шығымы 80 %-ға жететіндігін көрсетті. Бұл жұмыс нәтижелерін, кұрамында мырыш иондары бар қолданылған супарды тазалауда кеңінен қолдануға болады.

Институт органического катализа
и электрохимии им.Д.В.Сокольского,
г. Алматы

Поступила 20.08.2007 г.