

2 Melin, E. and Ihdegaard, H. (1999) Biofiltration of ozonated humic water in expanded clay aggregate filters. *Wat.Sci.Tech.* Vol 40, No. 9, pp. 165-172.

3 Ihdegaard, H. (1996) The development of an ozonation/biofiltration process for the removal of humic substances. In: *Advances in Slow Sand and Alternative Biological Filtration*, N. Graham and R. Collins (eds), John Wiley and Sons, pp. 39-49.

4 Іхвідерська-Броуз М., Вольська М. (2012) Efficiency of ozonation followed by filtration through a biologically active adsorption bed at removing biogenic organic substances from surface water. *Environment Protection Engineering*, Vol. 38, No. 2.

5 V. Fedorenko, H. Stolyarenko, H. Ratnaweera. / Efficiency of ozonation for disinfection and removal of color and humic substances from surface water.// Selected publications from the Water Harmony project: Water Research and Technology. Oslo. Norveg. UMB.2015.– P. 50-57.

6 A. Barannik, A. Smoliak, O. Smoliak, H. Stolyarenko. /Purification of natural water of Dnieper River by ozonation.// Selected publications from the Water Harmony project: Water Research and Technology. Oslo. Norveg. UMB. 2015.– P. 4-10.

УДК 628.31

Л.А. Шибека¹, доц., канд. хим. наук; Н.А. Федченко², инж.

¹Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь,

²Государственное предприятие «Минрайтеплосети», г. Заславль, Беларусь

ПОИСК НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Проблема очистки производственных сточных вод от соединений тяжелых металлов является одной из наиболее важных и труднорешаемых. Несмотря на огромное число отечественных и зарубежных разработок, данную проблему нельзя считать решенной. Известно, что попадание тяжелых металлов со сточными водами в водоемы приводит к накоплению данных соединений в организме гидробионтов, растительной массе, что в последующем может приводить к гибели водных организмов, угнетению растительности, снижению биоразнообразия водоемов, миграции ионов металлов по пищевым цепям и т.д. Вред, причиняемый населению и народному хозяйству сточными водами, содержащими тяжелыми металлами, делает обезвреживание этих вод важной задачей.

Одним из значимых источников образования сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов, являются гальванические цеха металлообрабатывающих, приборостроительных, машиностроительных предприятий. В Республике Беларусь более чем 140 промышленных объектов имеют гальванические производства. Наиболее часто на таких предприятиях осуществляется нанесение цинковых, хромовых, никелевых и медных покрытий [1]. Вследствие этого сточные воды данных производств содержат значительное количество соединений тяжелых металлов в своем составе.

Цель работы заключалась в поиске новых материалов для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод.

Анализ номенклатуры и свойств отходов, образующихся на промышленных объектах Республики Беларусь, позволил установить, что на теплоэнергетических объектах, а также на ряде предприятий, где организована водоподготовка, образуются отработанные ионообменные смолы. Данные отходы в настоящее время не находят применения и подвергаются хранению или захоронению. Для извлечения ионов тяжелых металлов из воды в работе использовали отработанные ионообменные смолы разных классов: анионит марки АВ-17-8 и катионита марки КУ-2-8. Данные отходы согласно [2] имеют 3 класс опасности (анионит) и 4 класс опасности (катионит).

Для увеличения поверхности соприкосновения твердой (ионообменная смола) и жидкой (раствор металла) фаз проводили измельчение ионообменных смол до размеров

частиц менее 1 мм. Для повышения степени извлечения ионов металлов из раствора (за счет образования комплексов с участием функциональных групп катионита (К), анионита (А) или соединений, закрепленных на матрице ионитов, и ионов металла) в пробу добавляли ионообменные смолы при массовом соотношении 1:1, 2:1, 3:1 и 4:1. Концентрация отработанных ионообменных смол в пробе составляла 0,4 г/дм³.

Исследование проводили на модельных растворах в диапазоне концентраций ионов тяжелых металлов 80-200 мг/дм³. Содержание ионов меди в воде определяли титrimетрическим методом с тиосульфатом натрия, содержание ионов никеля и цинка – титrimетрическим методом с ЭДТА [3].

Эффективность очистки сточных вод оценивали путем расчета коэффициента извлечения (Ки), отражающего количество ионов металла, извлекаемого единицей массы навески измельченного ионита. Исследования проводили по извлечению ионов меди, никеля и цинка из воды, так как данные металлы, как указывалось выше, наиболее часто встречаются в сточных водах гальванических производств. Результаты, полученные в исследованиях по удалению ионов цинка из сточных вод, представлены в таблице 1.

Представленные результаты позволяют утверждать, что добавление измельченных отработанных ионообменных смол в сточные воды приводит к увеличению коэффициента извлечения ионов цинка из раствора при увеличении начальной концентрации металла в пробе. Причем предельные величины Ки в рассматриваемом диапазоне концентраций ионов цинка не достигнуты.

Таблица 1 – Извлечение ионов цинка из сточных вод

Начальная концентрация иона металла в пробе, мг/дм ³	Ки (мг/г) при использовании катионита (К) и анионита (А) и их смесей (при массовом соотношении К:А)					
	Катионит	Анионит	K:A=1:1	K:A=2:1	K:A=3:1	K:A=4:1
80	70	65	84	47	70	102
100	79	68	87	69	97	120
120	100	72	91	86	109	155
140	140	80	128	113	160	197
160	158	115	158	153	177	205
180	166	135	190	185	212	217
200	179	160	200	207	230	240

Анализ степени извлечения ионов цинка позволяет говорить о преобладающей роли комплексов, образующихся, вероятно, с участием функциональных групп отработанных измельченных смол (катионита и анионита) и ионов цинка. Об этом свидетельствуют максимальные величины коэффициентов извлечения ионов цинка из воды при использовании смесей ионообменных смол. Так, при начальной концентрации ионов цинка в пробе равной 200 мг/дм³ величина Ки достигает максимального значения (240 мг/г) для смеси катионита и анионита при соотношении 4:1, а не для индивидуальных ионитов. Причем указанная тенденция имеет место практически во всем диапазоне начальных концентраций ионов металла в пробе. Указанная смесь ионообменных смол характеризуется высокой эффективностью очистки также благодаря высокой доли в ней катионита, что свидетельствует о наличии механизма ионного обмена в удалении ионов цинка из раствора.

Наихудшие результаты по извлечению ионов цинка получены при использовании отработанного анионита, что является закономерным, так как удаление ионов металла из воды, в первую очередь, происходит за счет реакции ионного обмена.

Значения коэффициентов извлечения ионов никеля из сточных вод представлены в таблице 2.

Установлено, что наибольшая степень очистки воды от ионов никеля наблюдается при применении не смеси ионитов, как это имело место при удалении ионов цинка, а при использовании измельченного катионита (Ки=346 мг/г). Полученные результаты свидетельствуют о преобладающей роли ионного обмена в процессах извлечения ионов никеля

из сточных вод. Механизм удаления ионов никеля за счет процессов образования сложных комплексов с функциональными группами катионита и анионита здесь не прослеживается либо его роль незначительна.

Таблица 2 – Извлечение ионов никеля из сточных вод

Начальная концентрация иона металла в пробе, мг/дм ³	Ки (мг/г) при использовании катионита (К) и анионита (А) и их смесей (при массовом соотношении К:А)					
	Катионит	Анионит	K:A=1:1	K:A=2:1	K:A=3:1	K:A=4:1
80	156	87	104	68	60	46
100	162	108	121	101	88	84
120	202	135	160	142	116	109
140	228	172	198	170	127	135
160	283	220	227	205	150	161
180	303	252	240	241	204	196
200	346	275	269	246	236	197

Результаты, полученные в исследованиях по удалению ионов меди из сточных вод, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Извлечение меди из сточных вод

Начальная концентрация иона металла в пробе, мг/дм ³	Ки (мг/г) при использовании катионита (К) и анионита (А) и их смесей (при массовом соотношении К:А)					
	Катионит	Анионит	K:A=1:1	K:A=2:1	K:A=3:1	K:A=4:1
80	62	23	33	22	22	42
100	73	33	52	52	35	46
120	83	44	73	72	53	53
140	83	54	93	94	73	64
160	84	54	104	104	85	74
180	85	55	124	126	94	75
200	105	65	144	145	135	86

Результаты удаления ионов меди из сточных вод свидетельствуют о неоднозначности в преобладающих механизмах очистки. Установлено, что при низких (80-120 мг/дм³) начальных концентрациях металла в растворе наилучшие результаты по извлечению ионов меди показывает отработанный катионит, а при более высоких (130-200 мг/дм³) концентрациях меди в пробе – смеси ионообменных материалов (катионита и анионита при массовом соотношении 1:1 и 2:1). Таким образом, при низких концентрациях меди в растворе преобладающим механизмом удаления ионов металла является ионный обмен, а при высоких – образование сложных комплексов с участием функциональных групп ионообменных смол (или соединений, закрепленных на них матрице) или координационных соединений (так как известно, что медь способна их образовывать).

Анализ результатов по извлечению ионов тяжелых металлов из сточных вод свидетельствуют о различной ионообменной и сорбционной способности отработанных ионообменных смол в отношении различных ионов. Наилучшие результаты в исследованиях получены по удалению ионов никеля из пробы, достигая максимальных значений коэффициента извлечения 346 мг/г; наихудшие результаты – по удалению ионов меди, достигая Ки=145 мг/г. Данные результаты позволяют говорить о различных механизмах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием отработанных ионитов.

Установлено, что для удаления ионов цинка из сточных вод наиболее целесообразным является использование смеси измельченных ионообменных смол катионита и анионита при массовом соотношении 4:1; ионов никеля – измельченного катионита; ионов меди – измельченного катионита (при концентрации металла в растворе 80-120 мг/дм³) или смеси измельченных смол катионита и анионита при их массовом соотношении 1:1 и 2:1(при концентрациях металла в пробе 130-200 мг/дм³).

Для реализации на практике рассматриваемых вариантов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием измельченных отработанных ионообменных смол необходимо определить оптимальные условия процесса очистки. Для этого необходимо проводить дополнительные исследования и учитывать реальный состав очищаемых вод и используемых ионитов. Помимо этого необходимо исключить вторичное загрязнение очищаемых сточных вод за счет перехода веществ, содержащихся в матрице отработанных ионитов.

Список использованных источников

1 Чепрасова, В.И., Бурчак, Т.А., Залыгина, О.С. Переработка отработанных электролитов меднения // Сборник докладов X Международной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» – Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2016. –С. 66-68.

2 Об утверждении классификатора отходов, образующихся в Республике Беларусь: Постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь №85 от 08.11.2007 г. (в ред. постановлений Минприроды от 30.06.2009 г. №48, от 31.12.2010 г. №63, от 07.03.2012 г. №8) – 94 с.

3 Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-57 01 01 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А.В. Лихачева, Л.А. Шибека. – Минск: БГТУ, 2011. – 204 с.

УДК 621.367:502.7

А.В. Лихачева, доц., канд. техн. наук; М.Л. Кравченко, магистрант
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Одной из характеристик гальванического производства является его высокая водоемкость. Вода в технологической линии нанесения электрохимических покрытий используется для разнообразных целей:

- в качестве растворителя твердых и жидкых веществ, используемых для приготовления технологических растворов;
- среды для осуществления процессов;
- промывной жидкости.

Использование воды на разные по назначению цели обуславливает различие в требованиях, предъявляемых к ее качеству. Так, вода в гальваническом производстве в зависимости от области применения делится на три категории:

– Воды первой категории применяются для промывки деталей в операциях подготовки поверхности к покрытию. Требования по содержанию примесей для вод первой категории более жесткие, по сравнению с требованиями, предъявляемыми к водам второй и третьей категории.

– Воды второй категории применяются для приготовления электролитов и промывки во всех случаях, кроме перечисленных для воды третьей категории.

– Воды третьей категории применяются для приготовления электролитов и промывки перед обработкой в электролитах (растворах), составленных на воде третьей категории, а также при специальных требованиях к качеству и внешнему виду, для особо ответственных деталей.

На сегодняшний день в гальваническом производстве для снижения водопотребления применяют следующие методы:

- 1) Применение многокаскадных, противоточных, струйных промывок.
- 2) Дозированная подача воды в промывные ванны.
- 3) Подпитка технологических ванн водой из ванн улавливания.