

фатов с катионами кальция с образованием труднорастворимых соединений, образование зародышей твердой фазы, их агрегацию и осаждение.

Таким образом, установлено, что основным механизмом удаления фосфатов ЭШ является образование малорастворимых фосфатов кальция в жидкой фазе и их последующее осаждение.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Cucarella, V., Renman, G., Phosphorus sorption capacity of filter materials used for on-site wastewater treatment determined in batch experiments. A comparative study. *Journal of Environmental Quality* 38 (2) (2009), P. 381-392.

2. Filter materials for phosphorus removal from wastewater in treatment wetlands - A review. C. Vohla, M. Kõiv, H. J. Bavor, F. Chazarenc, Ü. Mander *Ecological Engineering* 37 (2011) P. 70–89 doi:10.1016/j.ecoleng.2009.08.003

3. Панковец А. И., Мироевский С. В. Утилизация электросталеплавильных шлаков // *Литьё и металлургия*. – 2013. – №. 1 (69). – С. 26–27.

4. Phosphorus Saturation Potential: A Parameter for Estimating the Longevity of Constructed Wetland Systems. Drizo, A., Y. Comeau, C. Forget and R. Chapuis *Environmental Science and Technology* 36(21) (2002): P. 4642-4648.

УДК 628.161

Л.А. Шибека, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск);  
С.А. Антухевич, инж.

(ОАО «Управляющая компания холдинга «Белорусские обои»  
филиал «Добрушская бумажная фабрика «Герой труда», г. Добруш)

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА**

Качество природных вод оказывает влияние практически на все сферы жизнедеятельности человека: производственную, сельскохозяйственную, бытовую. Особенностью состава подземных вод Республики Беларусь является повышенное содержание железа и марганца, что обусловлено природными факторами. Наиболее актуальной является проблема загрязнения подземных вод соединениями железа для Брестской области [1].

Железо в природных водах может находиться в ионной, коллоидной и грубодисперсной формах. В воде природных водоемов железо находится обычно в форме органоминеральных коллоидных ком-

плексов (чаще всего, в виде гуминовокислого железа), тонкодисперсной взвеси гидроксида железа или в виде сульфата двухвалентного железа.

Присутствие соединений железа в природных водах обусловлено как природными (например, за счет процессов растворения природных минералов), так и антропогенными факторами (сброс сточных вод предприятий металлообрабатывающей, машиностроительной и других отраслей промышленности). Концентрация соединений железа в природных водах изменяется в широком диапазоне и может составлять от десятых долей миллиграмма в 1 дм<sup>3</sup> (воды рек и озер) до нескольких десятков миллиграмм (в подземных водах).

Очистка природной воды от соединений железа – наиболее распространенная задача, стоящая перед станциями водоподготовки. При всей кажущейся простоте проблемы и разнообразии способов очистки воды от соединений железа, решение этой задачи является непростым и актуальным.

В настоящее время наибольшее распространение получили химические, механические и физико-химические методы очистки вод от соединений железа. Основным способом очистки природных вод является окисление и перевод двухвалентного железа в форму нерастворимого трехвалентного железа с последующим удалением образовавшейся взвеси с помощью механических методов (фильтрования или отстаивания). Особенностью данного подхода к очистке природных вод является низкая эффективность очистки воды в отношении органического железа (в первую очередь, гуминовокислого железа).

Целью работы является поиск новых материалов для очистки природных вод от соединений железа.

В качестве объектов исследований выступал отработанный анионит марки АВ-17-8 и неотработанные иониты: катионит марки КУ-2-8 и анионит марки АВ-17-8. Отработанные ионообменные смолы являются отходами, образующимися при водоподготовке на промышленных и теплоэнергетических предприятиях. Согласно классификатора отходов Республики Беларусь [2], отработанные иониты относятся к группе VI «Отходы пластмасс, резиносодержащие отходы», подгруппе А «Затвердевшие отходы пластмасс»: ионообменная смола отработанная марки АВ-17 (код 5712402) – 3 класс опасности.

Исследование проводили на модельных растворах в диапазоне концентраций железа 10-180 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрацию ионов железа (III) определяли фотоколориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой. Фотоколориметрическое определение содержания железа основано на образовании окрашенных комплексов железа с сульфоса-

лициловой кислотой [3].

В работе проведены исследования по оценке возможности удаления гуминсодержащих комплексов железа с использованием отработанного анионита. Вначале отработанный анионит подвергали обработке гуминовыми веществами (ГВ) и оценивали способность полученного материала извлекать соединения железа из воды. Полученные результаты представлены в таблице 1.

**Таблица 1 – Коэффициенты извлечения ионов железа отработанными анионитами**

Начальная концентрация $Fe^{3+}$ в растворе, мг/дм <sup>3</sup>	Коэффициент извлечения ионов железа, мг-экв/г			
	анионит	анионит, обработанный гуминовыми веществами	измельченный анионит	измельченный анионит, обработанный гуминовыми веществами
10	0,06	0,06	0,02	0,05
20	0,13	0,13	0,12	0,13
40	0,26	0,26	0,17	0,22
60	0,38	0,38	0,36	0,37
80	0,51	0,49	0,47	0,48
90	0,58	0,55	0,45	0,51
100	0,63	0,63	0,57	0,64
150	0,98	0,97	0,92	0,97
180	1,18	1,15	0,90	1,02

Установлено, что отработанный анионит, обработанный гуминовыми веществами, и необработанный отработанный анионит практически в равной степени извлекают ионы железа (разница в коэффициентах извлечения ионов железа данными материалами составляет не более 0,03 мг-экв/г). Это, вероятно, обусловлено большими размерами макромолекул гуминовых веществ и невозможностью их, в значительном количестве, закрепиться на матрице отработанного анионита. Для большего насыщения и связывания анионита с гуминовыми веществами, провели измельчение отработанного анионита (до частиц размером менее 1 мм) и далее повторили эксперимент.

Исследования показали (таблица 1), что обработанный гуминовыми веществами отработанный измельченный анионит способен извлекать ионы железа из воды больше (на 0,01-0,12 мг-экв/г в зависимости от исходной концентрации ионов железа в растворе), чем необработанный анионит. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использовать измельченные отработанные аниониты в процессах очистки природных вод от гуминсодержащих соединений железа.

В работе также проводились исследование процессов извлечения ионов железа из воды измельченными ионитами: использовались измельченный анионит (А) и катионит (К), а также их смесь при массовом соотношении А:К=1:4. Установлено, что максимальный коэффициент извлечения данной смесью материалов ионов железа из раствора в 6,75 раз больше, чем у измельченного анионита и в 1,26 раз – чем у измельченного катионита. Высокие значения коэффициента извлечения, вероятно, обусловлены способностью измельченных частиц катионита и анионита в растворе образовывать полиэлектролитный комплекс с ионами железа.

Таким образом, измельченные отработанные и неотработанные ионообменные смолы могут найти применение в процессах очистки природных вод от соединений железа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние природной среды Беларуси: экологический бюллетень. 2013 год./Под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2014. – 364 с.
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. от 07.03.2012 г. №8) – 94 с.
3. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студ./А.В. Лихачева, Л.А. Шибека. – Минск: БГТУ, 2011. – 204 с.

УДК 667.26+502.174.1+628.54

В.А. Ашуйко, канд. хим. наук, доц.;  
Н.П. Иванова, канд. хим. наук, доц.;  
И.Н. Кандидатова, канд. хим. наук, ассист.;  
О.И. Салычиц, канд. хим. наук, ст. преп.  
(БГТУ, г. Минск)

#### **ФОСФАТСОДЕРЖАЩИЕ ПИГМЕНТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ТРАВИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

В последние годы особую актуальность приобрела проблема коррозионного разрушения металлов. Наиболее простым и доступным способом антикоррозионной защиты является нанесение на поверхность металлических изделий защитных лакокрасочных покрытий (лаки, краски, грунтовки, эмали и др.), важной составной частью которых являются неорганические ингибирующие пигменты, не только