

УДК 628.162

В. И. Романовский, кандидат технических наук, ассистент (БГТУ);
Н. А. Андреева, студентка (БГТУ)

ОЧИСТКА ПРОМЫВНЫХ ВОД СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Представлены результаты по использованию отходов водоподготовки – отработанных ионитов КУ-2-8 и АВ-17-8 в качестве коагулянта для очистки промывных вод станций обезжелезивания. В работе определена оптимальная доза предлагаемых коагулянтов, степень осветления промывных вод, остаточная концентрация железа в промывной воде после 2 ч отстаивания, установлено удельное сопротивление фильтрованию получаемого осадка, предложено его использование в технологии изготовления керамических изделий.

Results on use of a waste water preparation – used-up ionites КУ-2-8 and АВ-17-8 in quality of coagulants for clearing of washing waters of iron removal stations are presented. In work the optimum dose offered coagulants is defined, degree of clarification of washing waters, residual concentration of iron in washing water after 2 hours of upholding, specific resistance to filtering of a received deposit is defined, the direction of its use in manufacturing techniques of ceramics is offered.

Введение. Для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения Республики Беларусь в основном используется вода подземных источников. В подземной воде республики наблюдается повышенное содержание железа (до 20 мг/л), а также других соединений, которые ухудшают ее показатели и свойства [1]. Технические нормативно-правовые акты Республики Беларусь регламентируют содержание железа в питьевой воде не более 0,3 мг/л [2].

В Республике Беларусь наиболее распространенным методом обезжелезивания воды является фильтрование через зернистую загрузку с предварительной глубокой либо упрощенной аэрацией [3]. Регенерация фильтров осуществляется водовоздушной либо водяной промывкой [4]. Доля воды, расходуемой для промывки, может достигать до 10% от общего расхода очищаемой воды [5]. Промывные воды, образующиеся в процессе регенерации, характеризуются высоким содержанием железа, концентрация которого достигает 300 мг/л [6].

По истечении рекомендуемого времени отстаивания в статических условиях концентрация железа в промывной воде велика. Остаточное содержание железа при этом составляет до 35 мг/л, дальнейшее снижение концентрации железа замедляется. Количество осадка влажностью 98–99%, образующегося после двухчасового отстаивания, достигает 3–5% объема промывных вод [5].

Сегодня промывные воды станций обезжелезивания, как у нас в стране, так и за рубежом, в большинстве случаев сбрасываются в водные объекты либо на городские канализационные очистные сооружения. Этот способ применяется как после предварительного отстаивания промывных вод, так и без него. Однако при этом способе происходит значительное загрязнение почвы, поверхностных и подземных вод.

Следует отметить, что безотходным и эффективным является метод обезжелезивания воды в пласте при использовании метода «Веридокс» [7]. Однако в настоящее время лишь на некоторых водозаборах Республики Беларусь внедрена данная технология.

Таким образом, для повышения эффективности работы сооружений повторного использования промывных вод станций обезжелезивания необходимо принять меры по совершенствованию технологического режима работы с помощью перспективных методов осветления промывных вод.

Анализ информации, приведенной в литературе, и современного положения дел на станциях обезжелезивания свидетельствует об актуальности и целесообразности создания высокоэффективных технологий обработки промывных вод и использования железосодержащего осадка. Это позволит сократить расходы воды на собственные нужды станции, снизить себестоимость водоподготовки, предотвратить воздействие на окружающую среду, уменьшить забор подземных вод.

Цель выполняемых исследований – определить эффективность очистки промывных вод станций обезжелезивания с использованием в качестве коагулянта отработанных ионообменных смол АВ-17 и КУ-2 [8], образующихся в процессе водоподготовки.

В работе [8] установлено, что с повышением степени дисперсности изменяется распределение функциональных групп, расположенных на поверхности и в объеме зерна отработанного ионита, в сторону увеличения их концентрации на поверхности. Измельченный до определенной степени дисперсности ионит проявляет свойства, близкие к свойствам полимерных флокулянтов.

В соответствии с поставленной целью решалась задача исследования процесса интенсификации

фикации очистки промывных вод станций обезжелезивания с использованием в качестве коагулянта отходов отработанных ионообменных смол и свойств образующихся осадков.

Для решения поставленных задач в качестве объектов исследования применялись высококонцентрированные железосодержащие промывные воды станций обезжелезивания.

Методика проведения исследований. Вода промывки фильтров станции обезжелезивания (станция обезжелезивания Березовской ГРЭС) использовалась с усредненной концентрацией 200 мг/л в пересчете на железо (усредненная концентрация железа в промывных водах [9]).

При выполнении экспериментальных исследований применялись титриметрический и фотокolorиметрический анализ, метод микроэлектрофореза, микрофотографирование, элементный анализ методом рентгенофлуоресцентной энергодисперсионной спектроскопии и др.

Результаты исследований. Для обоснования выбора коагулянта необходимо знать величину его электрокинетического потенциала (дзета-потенциала), а также коллоидных частиц $\text{Fe}(\text{OH})_3$ в промывных водах станций обезжелезивания.

Дзета-потенциал коллоидных частиц $\text{Fe}(\text{OH})_3$, определенный методом электрофореза, составляет $-40,45$ мВ, что обуславливает агрегативную устойчивость системы и возникновение межмолекулярных сил отталкивания частиц. Заряд коллоидных частиц можно снизить до нуля или очень малых значений путем обработки воды различными коагулянтами, которые нарушают агрегативную устойчивость примесей, либо образуют вследствие гидролиза коллоиды, на которых сорбируются примеси [10].

В работе исследовали реагентную очистку промывных вод станций обезжелезивания с использованием в качестве коагулянта отходов отработанных ионитов АВ-17-8 и КУ-2-8. Значение дзета-потенциала для предварительно измельченного катионита достигает $-47,8$ мВ, а для анионита $+96,3$ мВ [8]. Противоположно заряженные дисперсные частицы измельченных ионитов в результате гетерокоагуляции образуют комплекс [9]. Поэтому представляет интерес применение в качестве коагулянта гетерокоагуляционного комплекса, для получения которого использовались измельченные иониты АВ-17-8 и КУ-2-8. Для сравнения эффективности выбранных коагулянтов были взяты результаты исследований применения сульфата алюминия, коагулянта «Аква-Аурат – 30» и коагулирования сульфатом алюминия в присутствии фосфатов [9].

Коллоидные частицы катионита, комплекса анионит – катионит в определенном соотношении и $\text{Al}(\text{OH})_3$ имеют знак заряда одинаковый с

коллоидными примесями $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Коагуляция соединений железа при введении перечисленных коагулянтов будет происходить вследствие фиксации (закрепления) соединений железа на сорбционной поверхности коллоидной частицы коагулянта, а не из-за сил межмолекулярного взаимодействия. Однако для более эффективного удаления соединений железа из промывных вод потребуются более высокие дозы перечисленных коагулянтов, что вызовет перезарядку золой и в итоге их взаимную коагуляцию.

В качестве коагулянта были использованы предварительно измельченные отходы отработанных ионообменных смол, с содержанием частиц медианым диаметром 10 мкм не менее 60%:

- коагулянт № 1 – катионит;
- коагулянт № 2 – катионит и анионит (соотношение 4 : 1);
- коагулянт № 3 – катионит и анионит (соотношение 2 : 1);
- коагулянт № 4 – катионит и анионит (соотношение 1 : 1);
- коагулянт № 5 – катионит и анионит (соотношение 1 : 2);
- коагулянт № 6 – катионит и анионит (соотношение 1 : 4);
- коагулянт № 7 – анионит.

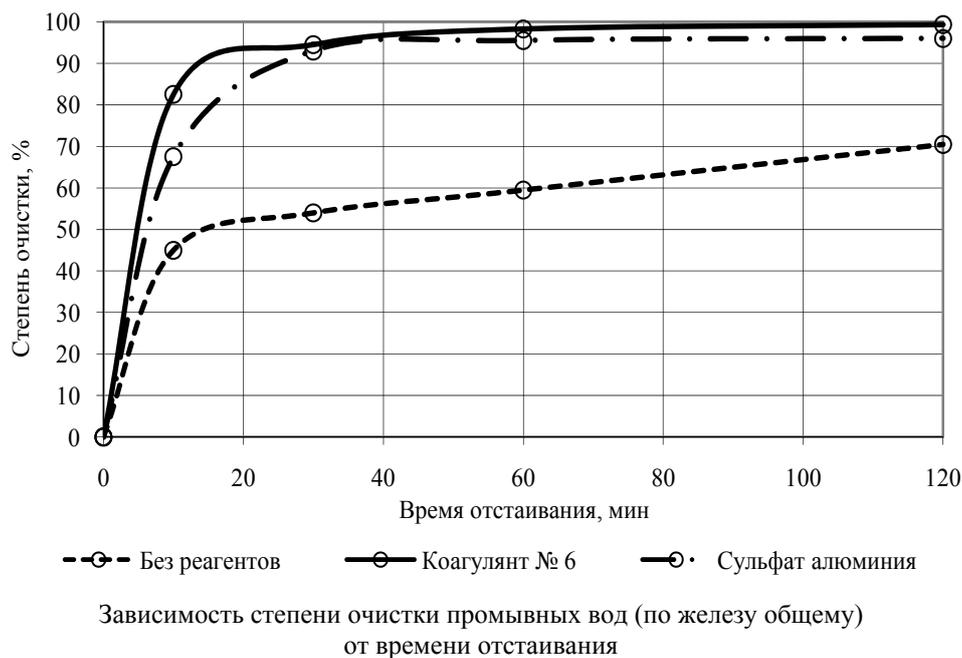
Доза коагулянта составляла 1, 2,5 и 5 г/л. Исследуемое время отстаивания – 10, 30, 60 и 120 мин.

Известно, что гравитационное осаждение взвешенных частиц завершается практически после 1,5–2,0 ч, а большая часть взвеси выпадает в осадок за 15–40 мин отстаивания [9]. При безреагентном осаждении взвешенных веществ и соединений железа в промывных водах в течение 2 ч эффект осветления составил 64,2%. Наилучший эффект реагентного осветления на протяжении 2 ч был достигнут с использованием следующих доз коагулянтов:

- 1) коагулянт № 1 – 5,0 г/л – 64,4%;
- 2) коагулянт № 2 – 1,0 г/л – 65,2%;
- 3) коагулянт № 3 – 1,0 г/л – 69,6%;
- 4) коагулянт № 4 – 1,0 г/л – 86,5%;
- 5) коагулянт № 5 – 1,0 г/л – 93,2%;
- 6) коагулянт № 6 – 1,0 г/л – 99,3%;
- 7) коагулянт № 7 – 1,0 г/л – 78,6%.

Невысокая степень очистки по взвешенным веществам объясняется остаточным содержанием взвешенных частиц измельченных ионитов с размерами частиц менее 5 мкм, так как силы диффузии в данном случае преобладают над силами тяжести.

Остаточная концентрация железа общего в осветленном слое жидкости по истечении 2 ч отстаивания составила: для коагулянта № 1 – 35,2 мг/л; № 2 – 23,4 мг/л; № 3 – 14,6 мг/л; № 4 – 3,7 мг/л; № 5 – 2,2 мг/л; № 6 – 1,3 мг/л; № 7 – 5,6 мг/л.



Зависимость содержания железа в промывной воде от продолжительности отстаивания, мг/л

Коагулянт	Продолжительность отстаивания, мин				
	0	10	30	60	120
Без добавления реагентов	200	110	95	81	59
Исследуемые:					
Коагулянт № 1, 5 г/л	200	101	65	52	35,2
Коагулянт № 2, 1 г/л	200	88	49	31	23,4
Коагулянт № 3, 1 г/л	200	76	37	20	14,6
Коагулянт № 4, 1 г/л	200	58	18	5	3,7
Коагулянт № 5, 1 г/л	200	49	16	4,5	2,2
Коагулянт № 6, 1 г/л	200	35	11	3,4	1,3
Коагулянт № 7, 1 г/л	200	66	20	9	5,6
В качестве сравнения [9]:					
Сульфат алюминия, 100 мг/л	200	65	14	9	8
Коагулянт «Аква-Аурат – 30», 50 мг/л	200	78	21	5	2,9
Фосфат натрия и сульфат алюминия, по 100 мг/л	200	74	19	10	0,9

На рисунке представлена зависимость степени очистки промывных вод (по железу общему) от времени отстаивания по лучшим результатам таблицы.

Наилучший результат в течение 2 ч отстаивания наблюдается при использовании коагулянта № 6 расходом 1 г/л. Остаточная концентрация железа составила 1,3 мг/л, эффект очистки при этом достиг 99,35%. Дальнейшее снижение концентрации железа резко замедляется.

Следует отметить, что после фильтрования концентрация железа общего в воде значительно уменьшается: при использовании коагулянта «Аква-Аурат – 30» до 0,1 мг/л. Следовательно, можно предположить и снижение концентраций до нормативных при фильтрации очищенной воды с использованием отработанных ионов.

Важной задачей при обработке промывных вод станций обезжелезивания является не только осаждение соединений железа, но и обезвоживание и утилизация образующихся осадков. При использовании традиционных сооружений по очистке промывных вод количество осадка достигает 5% объема промывных вод [6].

Железосодержащий осадок представляет собой массу с влажностью около 60%. Элементный анализ осадков обезжелезивания (мас. % на сухое вещество): С – 4,65; О – 32,01; Mg – 0,48; Al – 0,60; Si – 2,79; P – 2,16; Ca – 9,04; Mn – 2,05; Fe – 45,80.

Удельное сопротивление осадка, образующегося при безреагентном осветлении промывных вод станций обезжелезивания, составило $27,6 \cdot 10^{10}$ см/г, а при использовании сульфата алюминия – $33,4 \cdot 10^{10}$ см/г, сульфата алюминия

в присутствии фосфатов – $14,0 \cdot 10^{10}$ см/г, коагулянта «Аква-Аурат – 30» – $35,0 \cdot 10^{10}$ см/г. Для осадка, образующегося при использовании коагулянта № 6 (катионит : анионит = 1 : 4), удельное сопротивление фильтрованию равно $6,8 \cdot 10^9$ см/г, т. е. в 41 раз ниже.

Заключение. Для интенсификации процесса очистки промывных вод станций обезжелезивания опробованы реагенты, приготовленные из отходов водоподготовки – отработанных ионообменных смол.

В результате проведенных экспериментов выявлено, что при обработке промывных вод реагентом, приготовленным из отработанных катионитов и анионитов в соотношении 1 : 4, эффект очистки составляет 99,35%.

В настоящий момент продолжается работа по подбору оптимальной дозы реагентов, порядку ввода реагентов в обрабатываемую промывную воду, определению основных свойств образующихся осадков.

Образующийся обезвоженный осадок промывных вод станций обезжелезивания целесообразно использовать в технологии изготовления керамических изделий в качестве железосодержащего пигмента. Элементный состав воздушно-сухого осадка, образующегося при использовании коагулянта № 6 (мас. %): углерод – 26,8; кислород – 21,0; магний – 0,2; алюминий – 0,3; кремний – 1,4; фосфор – 1,1; кальций – 4,5; марганец – 1,0; железо – 22,9. Влажность равна 20,8%.

Размер частиц осадка составляет менее 500 мкм.

Экспериментально показано (ОАО «Керамика», г. Витебск), что использование осадка станции обезжелезивания, осажденного отработанными ионообменными смолами, дает более интенсивную темную окраску черепка, чем отдельно используемый осадок станции обезжелезивания. Наличие выгорающего компонента – ионообменных смол многофункционально. При обжиге продуктов выделяется дополнительное количество тепла, что приводит к более равномерному обжигу и снижению температуры обработки (экономия энергии).

Литература

1. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень, 2009 / под общ. ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минприроды, 2010. – 394 с.
2. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества: СанПиН 10-124 РБ 99. – Введ. 26.11.06. – Минск: Министерство здравоохранения Республики Беларусь, 2006. – 112 с.
3. Николадзе, Г. И. Технология очистки природных вод: учеб. для вузов / Г. И. Николадзе. – М.: Высш. шк., 1987. – 497 с.
4. Николадзе, Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кастальский. – М.: Высш. шк., 1984. – 368 с.
5. Любарский, В. М. Осадки природных вод и методы их обработки / В. М. Любарский. – М.: Стройиздат, 1980. – 128 с.
6. Житенев, Б. Н. Проблемы повторного использования промывных вод станций обезжелезивания воды / Б. Н. Житенев, Л. Е. Шеина // Вестник БГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и экология. – 2002. – № 2 (14). – С. 31–32.
7. Станкевич, Р. А. Обезжелезивание подземных вод в водоносном пласте: предпосылки и методы / Р. А. Станкевич // Вода. – 2001. – № 10. – С. 22–23.
8. Романовский, В. И. Термохимическая и механохимическая переработка отходов сетчатых полимеров: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.36 – Геоэкология; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов / В. И. Романовский. – Минск, 2008. – 178 л.
9. Науменко, Л. Е. Технология очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04 – Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов / Л. Е. Науменко. – Минск, 2009. – 190 л.
10. Бабенков, Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков. – М.: Наука, 1977. – 356 с.

Поступила 03.03.2012