

Результаты измерения содержания железа общего в фильтрате представлены на рисунке. Сравнение осуществлялось для трех образцов: образец 1 – использовался исходный антрацит, образец 2 – модифицированный антрацит, с использованием товарного нитрата железа и лимонной кислоты в качестве восстановителя, образец 3 – модифицированный антрацит с использованием прекурсора нитрата железа, полученного из отходов и лимонной кислоты в качестве восстановителя, образец 4 – модифицированный антрацит с использованием прекурсора нитрата железа, полученного из отходов и мочевины в качестве восстановителя.

Полученные данные свидетельствуют о практически одинаковой эффективности модифицированных материалов, приготовленных как из кондиционных веществ, так и из отходов. В обоих случаях уже в первых порциях фильтрата наблюдалась концентрация железа общего в три раза ниже установленного норматива (0,3 мг/л). Использование мочевины в качестве восстановителя незначительно увеличивает эффективность окисления железа в первой порции фильтрата в сравнении с использованием лимонной кислоты.

Список использованных источников

1. Романовский, В.И. Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Е.В. Крышилович, П.А. Клебеко // Вода magazine. – 2018. – №2(126). – С. 8–11.
2. Романовский, В.И. Получение каталитических материалов для водоподготовки и очистки сточных вод из отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, П.А. Клебеко, Е.В. Крышилович // Вода magazine. – 2017. – №6(118). – С. 12–15.
3. Романовский, В.И. Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко, Е.В. Романовская // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение, 2019. – № 4. – С. 24–28.
4. Романовский В.И. Железо-цинк-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – №4(178). – С. 71–77.
5. Романовский, В.И. Модифицированные антрациты для очистки подземных вод от железа / В.И. Романовский, А.А. Хорт // Химия и технология воды, 2017, Т.39. – № 5. – С. 532–543.
6. Romanovskii, V. I. Modified Anthracites for Deironing of Underground Water / V. I. Romanovskii, A. A. Khort // Journal of Water Chemistry and Technology, 2017, – Vol. 39. – Issue 5. – pp. 299–304.

УДК 628.544; 661.882

ФОТОКАТАЛИЗАТОРЫ ИЗ ОТХОДОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

Пилипенко М. В.

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», г. Минск

Вовлечение в хозяйственный оборот отходов производства является одной из актуальных задач современности. Перспективными для использования могут рассматриваться отходы водоподготовки, в частности для получения из них различных сорбентов и коагулянтов: отработанные ионообменные смолы [1–7], осадки станций обезжелезивания [8–11], осадки коагуляции, так как они характеризуются постоянством элементного состава, обычно не содержат высокотоксичных веществ. Одними из таких перспективных для использования отходов являются железосодержащие отходы станций обезжелезивания, образующиеся при очистке промывных вод филь-

тров. Содержание железа в данных отходах может составлять до 60%. При этом в качестве примесных ионов в значительно меньших количествах могут содержаться кремний и алюминий.

Ранее нами была опробована технология получения фотокаталитических материалов из отходов станций обезжелезивания. Синтез данных материалов и исследование их свойств является одним из актуальных направлений на сегодняшний день. Они используются в усовершенствованных процессах окисления (advanced oxidation processes – AOPs). Данные процессы перспективны для деструкции, например таких загрязняющих веществ в составе сточных вод, как различные фармацевтические препараты и их метаболиты.

Для получения наноразмерных оксидов железа перспективным в последние годы считается метод экзотермического горения в растворах [8–10, 12–14]. Преимуществами данного метода является малое время подготовительных процедур и синтеза, низкие энергозатраты, легкая масштабируемость.

Наноразмерные фотокатализаторы готовились из стехиометрической смеси прекурсоров железа (окислитель), полученных растворением осадков в азотной кислоте и восстановителя, в качестве которого использовался глицин, мочевины, лимонная кислота или гексаметилентетрамин. Для усиления фотокаталитических свойств получаемых материалов в них дополнительно вводили прекурсоры цинка, молибдена, лантана (выделенного из отходов отработанного катализатора каталитического крекинга). При введении дополнительных металлов (цинк, молибден, лантан) расход реагентов брали из расчета получения 1:1 оксидов железа и оксида соответствующего металла. Более подробная методика синтеза исследуемых материалов представлена в публикациях [12–14].

Морфологию поверхности образцов осуществляли на просвечивающем электронном микроскопе (ПЭМ) JEM-2100F. Обработка изображений (распределение частиц по размеру, определение расстояния между атомными слоями) была выполнена в программе ImageJ.

Фазовый состав продуктов синтеза определяли на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE фирмы «Bruker». Для идентификации кристаллических фаз использовались международная картотека Joint Committee on Powder Diffraction Standards 2003 и программное обеспечение DIFFRACPLUS фирмы «Bruker». Обработка профиля дифрактограмм осуществлялась с применением программного пакета HighScorePlus. Расчет среднего размера кристаллитов синтезированных материалов проводился по формуле Шеррера.

Фотокаталитические свойства полученных образцов исследовали по эффективности деструкции 10 мг/л раствора красителя (для анализа были выбраны четыре красителя различной природы). Исследуемый диапазон доз катализатора 0–500 мг/л, время обработки 5–90 минут. Источником ультрафиолетового излучения служила ртутно-кварцевая лампа DRT-400, излучающая в диапазоне 240–320 нм и мощностью лучистой энергии 36 Вт.

Анализируя полученные данные по составу и свойствам полученных материалов, можно сделать следующие выводы:

- эффективность наноразмерных оксидов железа в фотохимической реакции деструкции красителей, полученных из железосодержащих осадков промывки фильтров обезжелезивания, сравнима с эффективностью оксидов, полученных из чистого нитрата железа;

- полученные материалы характеризуются низкой дисперсностью (2,5–110 нм), наименьшие размеры характерны для образцов с добавкой лантана, наибольшее распределение частиц по размерам у материалов с добавкой молибдена;

- все полученные материалы характеризуются высокой удельной поверхностью

(около 100 м²/г);

– при добавке цинка наибольшую эффективность очистки дают образцы, полученные с использованием карбамида в качестве восстановителя;

– наличие в образце феррита цинка значительно увеличивает фотокаталитическую активность катализатора в сравнении с использованием только железосодержащего образца;

– при добавке молибдена наибольшую эффективность очистки дают образцы, полученные с использованием глицина в качестве восстановителя;

– при деструкции красителя метиленового синего все образцы с добавкой молибдена показали увеличение эффективности от 5,4 до 7,1 раз;

– помимо соединений лантана, в синтезированных образцах значительную долю занимают FeAlO₃, поскольку в качестве источника лантана использовались отработанные катализаторы каталитического крекинга, основную матрицу которых составляют цеолиты;

– при добавке лантана все полученные образцы показали высокую эффективность деструкции выбранных красителей;

– наибольшая эффективность деструкции красителей при использовании фотокатализатора с добавкой лантана достигается с использованием образца, синтезированного с использованием гексаметилентетраамина (эффективность деструкции достигает 99,7% при дозе катализатора 500 мг/л и времени обработки 45 мин).

Список использованных источников

1. Романовский, В.И. Термохимическая и механохимическая переработка отходов сетчатых полимеров: дис. ... канд. тех. наук: 25.00.36 – Геоэкология; 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов / В.И. Романовский; БГТУ. – Минск, 2008. – 178 с.

2. Романовский, В.И. Термохимическая и механохимическая переработка отработанных синтетических ионитов с получением ценных химических веществ и сорбционных материалов / В.И. Романовский // Перспективы науки – 2011. – № 4(19). – С. 132–138.

3. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Н.А. Андреева // Труды БГТУ. Химия и технология неорганич. в-в. – 2012. – № 3 (150). – С. 66–69.

4. Романовский, В.И. Водоудерживающие свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. – 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 101–103.

5. Романовский, В.И. Поверхностные свойства агрегатов, полученных из отходов отработанных ионообменных смол / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Вестник БрГТУ. – 2013. – №2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 103–106.

6. Романовский, В.И. Отходы синтетических материалов для очистки нефтесодержащих сточных вод / В.И. Романовский, В.Л. Грузинова // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2018. – №1. – С. 24–29.

7. Романовский, В.И. Очистка промывных вод станций обезжелезивания с использованием отходов водоподготовки / В.И. Романовский, П.А. Клебеко, Е.В. Романовская // Вестник БрГТУ. – 2018. – №2(104): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 90–92.

8. Романовский, В.И. Получение каталитических материалов для водоподготовки и очистки сточных вод из отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, П.А. Клебеко, Е.В. Крышилович // Вода magazine. – 2017. – №6(118). – С. 12–15.

9. Романовский, В.И. Модифицированные антрациты для очистки подземных вод от железа / В.И. Романовский, А.А. Хорт // Химия и технология воды. – 2017. – Т.39. – № 5. – С. 532–543.

10. Romanovskii, V. I. Modified Anthracites for Deironing of Underground Water / V. I. Romanovskii, A. A. Khort // Journal of Water Chemistry and Technology. – 2017. – Vol. 39. – Issue 5. – P. 299–304.

11. Романовский, В.И. Получение керамических материалов строительного назначения с использованием отходов станций обезжелезивания / В.И. Романовский, Е.В. Крышилович,

П.А. Клебеко // ВодаMagazine. – 2018. – №2(126). – С. 8–11.

12. Романовский, В.И. Железосодержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко, Е.В. Романовская // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – 2019. – № 4. – С. 24–28.

13. Романовский, В.И. Железо-цинк-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – №4(178). – С. 71–77.

14. Романовский, В.И. Железо-молибден-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / В.И. Романовский, Д.М. Куличик, М.В. Пилипенко // Водоочистка. – 2019. – №6(180). – С. 73–78.

УДК 628.353

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА БЕЗНАПОРНЫХ ГИДРОЦИКЛОНАХ

Акулич Т. И.

УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест

В настоящее время стремительное развитие технического прогресса во всех сферах человеческой деятельности и значительное увеличение роста объемов производств привело к глобальному воздействию человека на окружающую среду. Одним из факторов, негативно влияющих на экологическую обстановку, являются отходы промышленных предприятий, основную часть которых составляют производственные сточные воды. Одним из основных направлений в области охраны окружающей среды является разработка и внедрение высокоэффективных технологий очистки производственных сточных вод.

В нашей республике имеется большое количество молокоперерабатывающих предприятий, на которых в процессе производства образуется значительное количество высококонцентрированных сточных вод. На современном этапе при значительном ужесточении экологических и санитарных требований к качеству сбрасываемых сточных вод и к обезвреживанию и утилизации осадков, на ряде предприятий остро стоят вопросы очистки сточных вод и обработки образующихся осадков.

Концентрация загрязнений сточных вод предприятий по переработке молока колеблется в широких пределах и зависит от профиля выпускаемой продукции [1]. Концентрация взвешенных веществ сточных вод 350-1000 мг/л, концентрация жиров и жироподобных веществ 100-400 мг/л, концентрация органических загрязнений по БПК₅ - 300-4800 мг/л, по ХПК - 680-8500 мг/л, азот общий - 20-200 мг/л, фосфор - 5-25 мг/л, рН - 3,6-10,4.

Ввиду значительных концентраций нерастворенных примесей, а также для обеспечения допустимых показателей сточных вод перед биохимической очисткой, на первом этапе очистки необходимо предусмотреть сооружения механической очистки.

Анализ методов и опыт эксплуатации существующих сооружений и аппаратов, применяемых для механической очистки сточных вод молокоперерабатывающих предприятий, показал их малоэффективную и неудовлетворительную работу [1, 2].

Альтернативным вариантом при решении вопроса механической очистки сточных вод является использование сооружений и оборудования, действие которых основано на использовании центробежных сил, а именно, открытых гидроциклонов. Достоинства данных аппаратов – небольшие скорости входа, небольшое гидравлическое со-