

2. Левкевич, В. Е. Инженерная защита и мониторинг прибрежной зоны водохранилищ Беларуси / В. Е. Левкевич. – Минск: Право и экономика, 2020. – 152 с.

УДК 648.6

Полифункциональные каталитические материалы из отходов станций обезжелезивания

Пилипенко М. В.

Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов
Минск, Республика Беларусь

В работе представлены результаты по получению полифункциональных материалов для очистки сточных вод красильно-отделочных производств.

Очистка сточных вод, содержащих растворенные органические вещества, является актуальной проблемой [1; 2]. В современной литературе для очистки таких вод наибольшее внимание уделяется разработке новых сорбционных [3–7] и фотокаталитических материалов [8–10]. Одним из актуальных направлений в данной области является использование отходов различных производств для получения таких материалов [11; 12]. Отдельный интерес представляет получение материалов с несколькими свойствами, например, сорбционными и магнитными. Для этого материалы должны быть двух и более компонентными. С точки зрения вовлечения в хозяйственный оборот отходов, перспективными могут рассматриваться и отходы гальванических производств для получения материалов с полифункциональными свойствами [13–15].

Целью работы было синтезировать полифункциональные фотокаталитические материалы для эффективной очистки сточных вод красильно-отделочных производств.

В качестве функциональных свойств были выбраны: высокая фотокаталитическая активность по деструкции органических веществ, наличие магнитных свойств для эффективной сепарации материала из очищаемых сред, эффективные инактивирующие свойства для предотвращения биообращения при долгом нахождении в водной среде, содержащей органические вещества. В качестве исходного материала для получения материалов с заданными свойствами были выбраны осадки очистки промывных вод фильтров обезжелезивания. Наличие высокого содержания железа будет обеспечивать возможность получения как магнитных фаз (магнетит), так и

активных фотокаталитических фаз (гематит). Для модификации исходного состава были выбраны цинк и молибден, обладающие высокими фотокаталитическими свойствами. Дополнительно цинк известен хорошими бактерицидными свойствами.

Прекурсоры материалов необходимые для синтеза готовились на основе азотной кислоты [16; 17]. В качестве восстановителя использовались глицин (G), мочеви́на (U), лимонная кислота (CA), уротропин (НМТ).

Ранее нами было показано, что различные типы красителей по-разному поддаются фотодеструкции благодаря своей химической структуре. Среди трех использованных восстановителей наилучшие результаты показали образцы с карбамидом для систем FeZn и глицин для FeMo. Образцы FeZn-U, FeMo-G, FeMo-U показали результаты деструкции красителя выше 95 % после 45 минут обработки. Для образцов FeZn-U для красителей цибаكرون суперчерный и телон синий эффективность очистки достигла более 99 %. Также следует отметить, что наиболее тяжело происходила деструкция красителя цибаكرون суперчерный. При его деструкции образцы FeZn-G, FeZn-CA, FeMo-U и FeMo-CA показали отрицательные результаты. Также образцы FeZn-CA и FeMo-CA показали отрицательные результаты при деструкции красителей прямой синий и телон синий. Среди рассмотренных систем наилучшие результаты показали образцы FeZn-U и FeMo-G. Удельная поверхность образца FeZn-U составила 97,2 м²/г. Размер кристаллитов до кальцинации составлял 20 нм, после кальцинации – 35 нм. Удельная поверхность для образца FeMo-G составила 86,6 м²/г. Во всех синтезированных образцах были обнаружены фазы магнетита, обеспечивающие наличие выраженных магнитных свойств.

Для анализа инактивирующих свойств по отношению к различным видам микроорганизмов использовали образцы FeZn-U и FeMo-G. В качестве контроля использовали стандартный антибиотик тетрациклин (табл. 1). Используемые дозы образцов и антибиотика в эксперименте составляют 25 мг.

Таблица

Результаты инактивации микроорганизмов

Name of the pathogens	Zone of inhibition (mm)		
	FeZn	FeMo	Tetracycline
<i>Streptococcus</i> sp.	–	14 ± 1	
<i>Escherichia coli</i>	–	17 ± 1	18 ± 0,1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	19 ± 2	13 ± 2	22 ± 0,1

Из табл. видно, что несмотря на то, что цинк считается широко известным инактивирующим микроорганизмы веществом, образец FeMo показал лучшие результаты по всем трем исследуемым микроорганизмам.

Литература

1. Черенович, Н. А. Анализ методов очистки сточных вод от красителей / Н. А. Черенович, М. В. Пилипенко, В. И. Романовский // Актуальные проблемы экономики строительства: материалы 72-й студ. науч.-техн. конф., Минск, 17–20 мая 2016 г. / ред. О. С. Голубова и др.; Белорусский национальный технический университет, Строительный факультет. – Минск: БНТУ, 2017. – С. 77–80.
2. Gurgenidze, D. The Pharmaceutical Pollution of Water Resources Using the Example of the Kura River (Tbilisi, Georgia) / D. Gurgenidze, V. Romanovsk // *Water*. – 2023. – Т. 15, №. 14. – С. 2574.
3. Петров, О. А. Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки отходов в жидких средах / О. А. Петров, В. И. Романовский // *Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2015. – № 2(92). – С. 82–84.
4. Романовский, В.И. Материалы для очистки сточных вод на основе отработанных синтетических ионитов / В.И. Романовский, В.Н. Марцуль // Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии: материалы докл. международной науч.-тех. конф. БГТУ, Минск, 19–20 ноября 2008 / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2008. – С. 141–142.
5. Петров О. А., Романовский В. И. Применение суперкавитирующих аппаратов для обработки ионитов / О. А. Петров, В. И. Романовский // *Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов: материалы докл. международной науч.-тех. конф. БГТУ, Минск, 25–27 ноября 2009 г.* / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2009. – С. 123–126.
6. Романовский, В.И. Механохимическая переработка отходов ионообменных смол / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // *Труды БГТУ, Сер. IV, Химия и технология орган. в-в*. – 2006. – № 14. – С. 89–91.
7. Романовский, В. И. Распределение гетероатомов синтетических ионитов в продуктах пиролиза / В. И. Романовский, В. Н. Марцуль // *Журнал прикл. хим.* – 2009. – Т. 82, № 5. – С. 782–785.
8. Пилипенко, М. В. Железо-лантан-содержащие фотокатализаторы из осадков очистки промывных вод фильтров обезжелезивания / М. В. Пилипенко, И. Ю. Козловская, В. И. Романовский // *Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2022. – № 1(127). – С. 42–44.
9. Glinskaya, A. et al. Crystal Structure, Magnetic and Photocatalytic Properties of Solid Solutions $\text{Bi}_{2-x}\text{La}_x\text{Fe}_4\text{O}_9$ ($x = 0.05, 0.1$) / A. Glinskaya [et al.] // *ChemistrySelect*. – 2023. – Т. 8, № 8. – С. e202204285.

10. Matsukevich, I. Mesoporous nanocomposites based on CeO₂ and MgO: preparation, structure and photocatalytic activity / I. Matsukevich [et al.] // Journal of Chemical Technology & Biotechnology. – 2023. – Т. 98, №. 10. – С. 2497–2505.

11. Икон, А. В. Разделение отработанных смазочно-охлаждающих жидкостей / А. В. Икон, В. И. Романовский // Экологические проблемы промышленных городов: материалы 5-й Всероссийской научно-практической конф. с международным участием, СГТУ, Саратов 12–14 апреля 2011 г. – Саратов, 2011. – Ч. 2. – С. 198–199.

12. Романовский, В.И. Проблемы утилизации отходов водоподготовки и очистки сточных вод в Беларуси / В. И. Романовский, А. А. Федоренчик, А. Д. Гуринович // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2011. – № 2(68). – С. 66–69.

13. Марцуль, В. Н. Состав гальваношламов и осадков очистных сооружений гальванического производства / В. Н. Марцуль, А. В. Лихачева, Л. А. Шибека, О. С. Залыгина, В. И. Романовский // Новые технологии рециклинга отходов производства и потребления: материалы Междунар. науч.-тех. конф. БГТУ, Минск, 23–24 ноября 2011 / Белорус. гос. техн. ун-т; редкол.: И. М. Жарский [и др.]. – Минск, 2011. – С. 254–260.

14. Марцуль, В. Н. Элементный состав и фазовый состав гальванических шламов, осадков очистных сооружений машиностроительных и приборостроительных предприятий Республики Беларусь / В. Н. Марцуль, А. В. Лихачева, О. С. Залыгина, Л. А. Шибека, В. И. Романовский // Природные ресурсы. – 2013. – № 1. – С. 113–118.

15. Монак, Т. М. Анализ перспектив использования отходов гальванических производств / Т. М. Монак, Л. В. Кульбицкая, В. И. Романовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2020. – № 16. – С. 96–102.

16. Куличик, Д. М. Кислотное выщелачивание железа из железосодержащих осадков станций обезжелезивания / Д. М. Куличик, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 52–54.

17. Осинин, М.С. Кислотное выщелачивание железа из осадков коагуляции природных вод / М. С. Осинин, В. И. Романовский, В. В. Лихавицкий, Е. В. Романовская // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 50–52.