

А.И. Иванец, доктор химических наук
М.Ю. Рощина, младший научный сотрудник
В.Г. Прозорович, научный сотрудник

Институт общей и неорганической химии
Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Беларусь

ТЕХНОЛОГИЯ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

В настоящее время фармацевтические препараты и их метаболиты повсеместно обнаруживаются в сточных, грунтовых, поверхностных водах и даже в питьевой воде, представляя большую угрозу здоровью людей и водной экосистеме [1]. Из-за высокой стабильности, низкой летучести, кумулятивных и мутагенных свойств загрязнение антибиотиками, гормональными и нестероидными противовоспалительными препаратами приводит к необратимым негативным последствиям для человека и окружающей среды. Основными источниками загрязнения окружающей среды данными поллютантами являются сельское хозяйство, сточные воды фармацевтических предприятий, захоронение мусора и др. Также многие фармацевтические препараты полностью не разрушаются в процессе метаболизма людьми и животными и обнаруживаются в бытовых и сельскохозяйственных стоках [2]. Это обуславливает актуальность разработки новых материалов и технологий очистки природных и сточных вод от фармацевтических препаратов и их метаболитов.

Цель – разработка Фентон-подобного катализатора на основе наноструктурного феррита магния и установление технологических параметров каталитической деструкции фармацевтических препаратов для эффективной очистки сточных вод на примере ибупрофена.

Каталитическая деструкция органических соединений, устойчивых к химическому и биологическому разложению, в том числе фармацевтических препаратов, является одним из наиболее перспективных методов их удаления. *Advanced Oxidation Processes* (AOPs) предполагают использование химически стабильных, нетоксичных и высокоактивных к широкому спектру органических загрязнителей каталитических систем на основе наноразмерных оксидов металлов. При этом значительным преимуществом AOPs является возможность полной «минерализации» органических загрязнителей за счет генерирования сильных окислителей на основе кислородсодержащих реак-

ционнспособных частиц, преимущественно гидроксил-радикала (ОН). Из-за существенных недостатков применение классической реакции Фентона ограничено, поэтому используется так называемый Фентон-подобный процесс, в котором вместо раствора соли Fe(II) применяют гетерогенные катализаторы на основе оксидов железа. Особый интерес представляют ферриты металлов.

В работе получен Фентон-подобный катализатор, представляющий наноструктурный феррит магния с низкой степенью кристалличности (параметр $a = 8,393 \text{ \AA}$, размер кристаллитов 8,2 нм), характеризующийся мезопористой структурой (удельная поверхность по БЭТ $14 \text{ м}^2/\text{г}$, сорбционный объем $0,030 \text{ см}^3/\text{г}$ и средний размер пор 8 нм) и состоящий из агломератов размером менее 1 мкм, образованных частицами 16–26 нм.

Каталитический эксперимент проводили при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и естественном освещении. К аликвоте 50,0 мл ибупрофена (10,0 мг/л) вносили 25,0 мг катализатора с заданным значением pH и концентрацией пероксида водорода. Установлено, что при содержании катализатора 0,5 г/л, концентрации пероксида водорода 20,0 ммоль/л и pH 6,0 в течение 40 мин достигается полная минерализация ибупрофена [3]. Кинетика каталитического процесса описывается моделью псевдопервого порядка, значение кажущейся константы скорости составляет $4,01 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$, что не уступает лучшим аналогам.

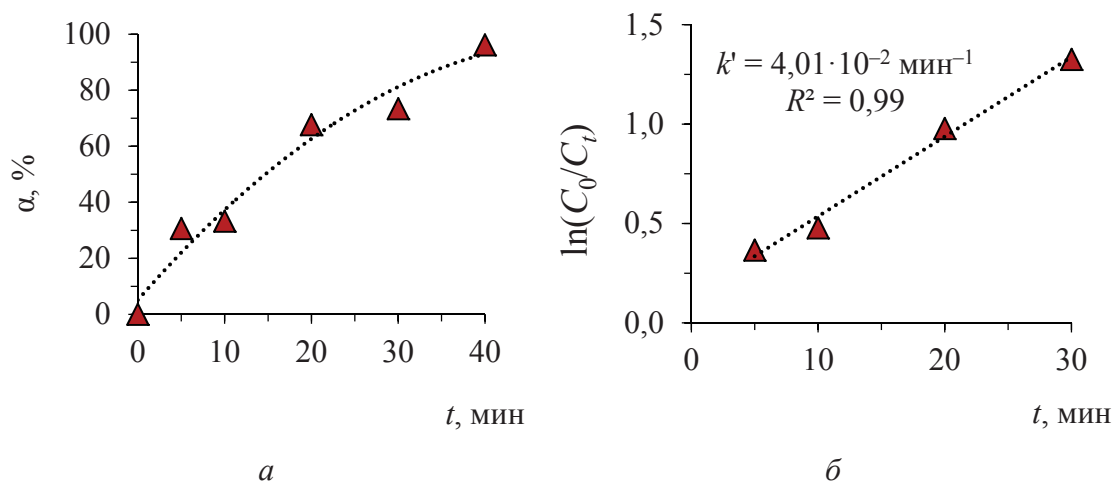


Рисунок – Зависимость степени деструкции ибупрофена от времени контакта (а) и кинетика деструкции в линейных координатах модели псевдопервого порядка (б) (условия реакции: $C(\text{MgFe}_2\text{O}_4) = 0,5 \text{ г/л}$, $C(\text{H}_2\text{O}_2) = 20,0 \text{ ммоль/л}$ и $\text{pH} = 6,0$)

Таким образом, синтезированный в работе наноструктурный феррит магния является эффективным Фентон-подобным катализатором,

что в совокупности с низкой токсичностью и безопасностью для живых организмов по сравнению с ферритами переходных металлов обуславливает его перспективность для очистки сточных вод от фармацевтических препаратов.

Литература

1. Pharmaceuticals in the environment – global occurrences and perspective / T. A. Der Beek [et. al]. // *Environ. Toxicol. Chem.* – 2016. – Vol. 35. – P. 823–835.

2. Occurrence of organic microcontaminants in the wastewater treatment process. A mini review / N. Ratola [et al]. // *J. Hazard. Mater.* – 2012. – Vol. 239–240. – P. 1–18.

3. Иванец, А.И. Окислительная деструкция ибупрофена в присутствии Фентон-катализатора на основе наночастиц $MgFe_2O_4$ / А.И. Иванец, М.Ю. Рощина, В.Г. Прозорович // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук.* – 2019. – Т. 55, № 3. – С. 349–355.