

УДК 628.316.12

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АОП ПРИ ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД,
ЗАГРЯЗНЕННЫХ СОЕДИНЕНИЯМИ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

Юхин С. Е. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доцент, кандидат технических наук, Сергиенко О. И.
(Университет ИТМО)

Введение. Среди глобальных экологических вопросов особое место занимает проблема загрязнения поверхностных и подземных водных ресурсов. При этом наибольший вклад в загрязнение гидросферы на сегодняшний день вносит деятельность человека. Из наиболее быстро развивающихся отраслей промышленности фармацевтические производства занимают лидирующую позицию по темпу роста рынка [1]. Несмотря на все преимущества для экономики и здравоохранения страны, активный рост и развитие фармацевтической отрасли интенсифицируют технологические процессы производства форм лекарственных препаратов, что неизбежно приводит к увеличению объемов образующихся производственных сточных вод и нагрузке на водные ресурсы планеты.

Проблема видится в специфическом химическом составе данных вод с остатками лекарственных препаратов, среди которых встречаются антибактериальные, противозепилептические и гормональные средства, активные фармацевтические субстанции и вспомогательные компоненты [2]. Традиционные методы очистки при их применении на фармпредприятиях обладают более низкой эффективностью снижения ХПК, чем в других отраслях, что обусловлено резистентностью перечисленных веществ к окислению [3]. По этой причине, в зарубежных странах все чаще для обеспечения снижения концентрации поллютантов фармацевтических производств применяют активированные окислительные процессы (Advanced Oxidation Process - АОП) [4]. В связи с малой изученностью данной технологии на территории Российской Федерации был проведен анализ литературных данных по теме с целью определения эффективности и целесообразности применения технологии АОП при очистке сточных вод фармацевтических производств.

Основная часть. Инициированные окислительные процессы – это совокупность химических методов очистки сточных вод, основанных на окислении загрязнителей путем их взаимодействия с гидроксильными радикалами. Процесс окисления проходит по радикальному механизму, за счет чего обладает высокой реакционной способностью. Общей чертой АОП технологий является образование гидроксильных радикалов в результате иницирующих воздействий.

Особенностью гидроксильных радикалов является тот факт, что его окислительный потенциал выше, чем у наиболее распространенных веществ, применяемых при окислительных методах очистки - хлора и озона, чем и объясняется повышенная окислительная способность данных методов по сравнению с обычными методами окисления хлором либо озоном [5]. Применение АОП экономически целесообразно и выгодно при значениях концентраций ХПК в исходной сточной воде от 1000 до 10000 мгО₂/л [6].

Среди АОП методов наиболее эффективным и изученным является процесс, основанный на системе фото-Фентона [7]. Система фото-Фентона – это процесс фотолиза пероксида водорода с последующим его фотокаталитическим распадом под действием ионов Fe²⁺, в результате чего происходит образование гидроксильных радикалов. Основными параметрами, от которых зависит скорость и качество протекания процесса окисления Фентона являются кислотность среды, концентрация пероксида водорода и ионов железа, исходное содержание загрязняющих веществ и сопутствующих ионов. Для успешного протекания реакции требуется постоянная регулировка реагентов. Так как реакция является фотокаталитической, процесс Фото-Фентона ускоряется при воздействии света, что повышает степень минерализации органических веществ. Когда система Фентона подвергается

ультрафиолетовому облучению, протекает несколько процессов, увеличивающих скорость формирования и являющихся дополнительными источниками гидроксильных ОН-радикалов. Образование ОН* радикалов за счет фотолиза H_2O_2 может происходить на малых длинах волн λ , так как молярный коэффициент поглощения H_2O_2 при длине волны выше 280 нм имеет низкое значение; $\epsilon = 18,6 \text{ л}/(\text{моль}\cdot\text{см})$ при $\lambda = 254 \text{ нм}$.

Метод очистки сточных вод с помощью Фентон-окисления может успешно использоваться как пред- или доочистка в зависимости от технологического процесса очистки. Реактор Фентон-окисления в первую очередь необходим производствам, имеющим большое количество органики в своих стоках, в том числе трудноокисляемой, а также выпускающим токсичные стоки [8]. Примерами таких производств являются не только фармацевтические производства, но и предприятия текстильной, химической отраслей промышленности, сельскохозяйственные предприятия, интенсивно использующих пестициды на своих угодьях.

Выводы.

В настоящее время на основе процесса фото-Фентона в зарубежных странах запроектировано и реализовано множество технологических схем очистки сточных вод фармацевтических производств. Данные технологические схемы обеспечивают высокую эффективность по удалению активных фармацевтических субстанций, остатков лекарственных препаратов и их метаболитов, а также отличаются сравнительно низкими эксплуатационными затратами. Однако на сегодняшний день отечественный рынок поставщиков АОР-оборудования слабо заполнен. Проектированием подобных технологических схем в России занимается всего несколько компаний.

Список использованных источников:

1. Марченко Ю. О. Роль фармацевтических рынков в современной структуре мирового хозяйства // Вестник университета. – 2015. – №12. – С. 17–21.
2. Российский институт потребительских испытаний Ксенобиотики в воде [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ripi-test.ru> (дата обращения: 07.01.2023).
3. Балпанова Д.Т., Байзолданов Т., Кожамжарова А.С. Очистка сточных вод предприятий фармацевтической отрасли // Вестник Казахского Национального медицинского университета. – 2013. – № 5 (3). – С. 24–27.
4. Скворцова Л. Н., Казанцева К. И., Болгару К.А. Фотокаталитическая окислительная деструкция хлорамфеникола в условиях видимого света с применением железосодержащих металлокерамических композитов // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2022. – № 25. – С. 20–30.
5. Л. Э. Шейнкман, Л. Н. Савинова, Д.В. Дергунов, В. Б. Тимофеева Усовершенствованные окислительные процессы очистки промышленных сточных вод // Тульский государственный университет. – 2015. – №6. – С. 32–36.
6. Емжина В. В., Мирзоева С. Н., Иванцова Н. А. Окислительная деструкция модельных сточных вод, содержащих фармацевтические препараты, реактивом Фентона // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – №5. – С. 22–25.
7. Wadley, S.; Waite, T.D. Fenton processes-advanced oxidation processes for water and wastewater treatment // Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment / ed. by S. Parsons. London: IWA Publishing, 2004, p. 111–135.
8. Уровень техники очистки сточных вод фармацевтической и химической промышленности методами современного окисления // Martin Sørensen, Frank Zegenhagen, Jürgen Weckenmann Enviolet GmbH, Karlsruhe