

используются для восстановления сточных вод, загрязнения воздуха, защиты почв и управления твердыми отходами

Область инженерии окружающей среды играет важную роль в поддержании развития природной экосистемы. Существует растущий спрос на прогресс в передовых теориях, методах, материалах, технике и средствах для решения современных экологических проблем. Такое направление исследований положительно стимулирует развитие экологической инженерии для здорового и устойчивого общества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bing-Jie Ni. Grand challenges in environmental engineering // Frontiers in Environmental Engineering. 2022. URL: <http://www.frontiersin.org/journals/environmental-engineering/articles/10.3389/fenv.2022.1052154/full> (дата обращения: 19.01.2025).
2. Овезмырадова Г., Ахмедова Г., Маммедова Ш., Аннаева Г. Современные методы биотехнологии // Академическая публицистика. 2024. № 10-1. С. 20-24.
3. Заславский М. М. Разработка системы экологического мониторинга на базе технологий пространственной разметки и машинного зрения // Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника. 2023. Т. 26, № 4. С. 56-69.

УДК 628.316.12

А. Ю. Курбатов, доц., канд. техн. наук;
П. Ю. Перевощикова, студ.
(РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва, Россия)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕСТРУКЦИИ ДВУХАТОМНОГО ФЕНОЛА

В последнее десятилетие природоохранные мероприятия носят всё более масштабный характер. Окружающая среда, в частности, водные объекты, расположенные вблизи крупных промышленных зон, сегодня находятся под постоянным и тщательным контролем специалистов. Несмотря на предпринимаемые меры, поверхностные и подземные воды продолжают загрязняться ввиду активной хозяйственной деятельности человека [1].

Одним из наиболее опасных стоков являются фенолсодержащие. Фенолами загрязнены сточные воды таких отраслей как металлургическая, нефтехимическая, фармацевтическая, строительная и даже производство минеральных удобрений. Предельно допустимая концентрация фенола в водах составляет $0,001 \text{ мг/дм}^3$ [2], в свою очередь сточные воды предприятий могут содержать в себе до 30 г/дм^3 фенолов [3]. Неконтролируемый сброс или сброс недостаточно очищенных сточных вод приводит к локальной катастрофе, вследствие которой будет затронута вся флора и фауна водного объекта. Одним из опаснейших свойств фенола является то, что он способен вступать в реакцию с получением более токсичных соединений, таких как хлорфенолы.

Традиционными методами обработки считаются озонирование, биологическая очистка или обратный осмос. Все перечисленные методы имеют и ряд недостатков, в связи с чем поиск наиболее эффективного метода и энерго- ресурсосберегающей технологии не останавливается. Одним из таких методов является высокоинтенсивные окислительные процессы (AOPs – Advanced Oxidation Process) [4].

В качестве объекта исследования был выбран водный модельный раствор двухатомного фенола – резорцина концентрацией 10 мг/дм^3 . Исследования по фотодеструкции растворов проводили на установке, описанной в работе [5]. В качестве УФ- излучения применялась лампа ДРБ-8. Мощность излучения составила $1,74 \text{ Вт}$. Эффективность деструкции резорцина оценивали спектрофотометрически [6]. Методика исследования деструкции заключалась в следующем: в кварцевые пробирки заливались 50 мл исходного раствора резорцина, которые помещались в реактор от 15 до 90 минут. После обработки аликвота подвергалась центрифугированию на 10 минут 300 обр./мин .

В качестве интенсификаторов деструкции были выбраны: тиосульфат титана раствор (используемая концентрация 1 мл/дм^3 модельного раствора), пероксид водорода (3% раствор, используемая концентрация 1 мл/дм^3), коммерческий катализатор Digussa P25 (представляющий собой наночастицы диоксида титана, концентрация 20 мг/л).

Изначально была определена эффективность окисления резорцина без интенсификаторов деструкции, исключительно под воздействием УФ-излучения, а также определен окислительно-восстановительный потенциал системы (рис. 1).

Несмотря на возрастающий окислительно-восстановительный потенциал (рис. 2) достичь эффективности деструкции выше 35% (рис. 1 б)

не удалось. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что с помощью только ультрафиолетового излучения окислить двухатомный фенол за 90 минут не представляется возможным и требуется дополнительное введение интенсификаторов процесса.

Следующей стадией работы было определение влияния добавок интенсификаторов окисления в систему.

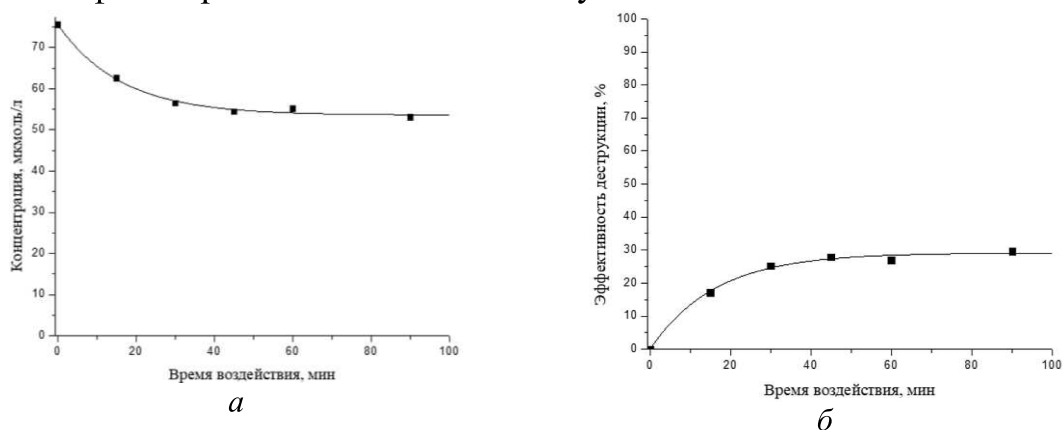


Рисунок 1 – Кинетика (а) и эффективность (б) деструкции модельного раствора резорцина в отсутствие интенсификаторов окисления

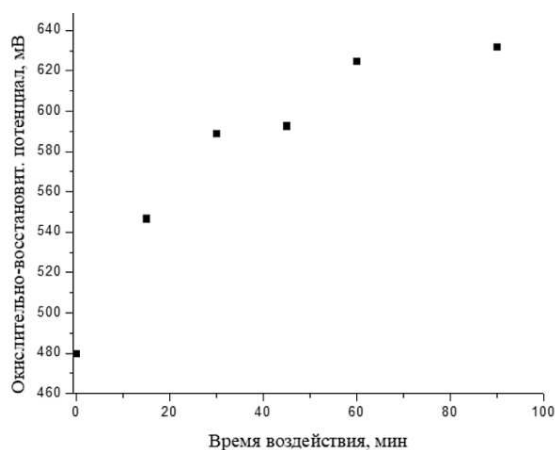


Рисунок 2 – Окислительно-восстановительный потенциал модельного раствора резорцина при УФ-обработке

Установлено (рис. 3), что все катализаторы процесса увеличивают эффективность деструкции резорцина. Тиосульфат титана позволяет достичь 80% окисления за 90 минут, коммерческий катализатор P25 – 95%, пероксид водорода показал наиболее эффективные результаты из сравниваемых интенсификаторов, удалось добиться окисления свыше 99,9% резорцина через 60 минут.

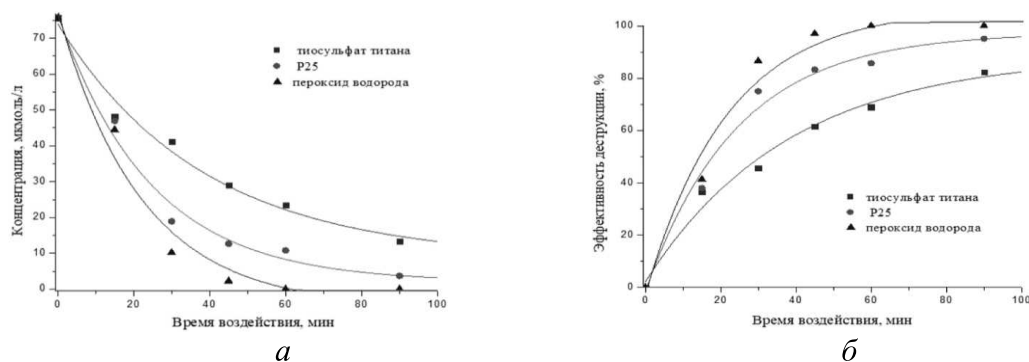


Рисунок 3 – Кинетика (а) и эффективность (б) деструкции модельного раствора резорцина в присутствии интенсификаторов окисления

В ходе исследования деструкции двухатомного фенола – резорцина под воздействием УФ-света было установлено, что целесообразно применение интенсификаторов. Комбинация окислительных методов обеспечивает более эффективное решение при очистке модельной воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобкова Е. С. и др. Сравнительное исследование кинетики разложения фенола и некоторых СПАВ в водных растворах в диэлектрическом барьерном разряде атмосферного давления в кислороде // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2011. Т. 54. №. 4. С. 110-114.
2. Онищенко Г. Г. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования // Дополнения и изменения к ГН. – 2008. – Т. 2. – №. 5. – С. 1315-03.
3. Смирнова В. С., Худорожкова С. А., Ручкина О. И. Очистка высококонцентрированных сточных вод промышленных предприятий от фенолов // Construction and Geotechnics. 2017. Т. 8. №. 2. С. 52-63.
4. Chuang Y. H. et al. Comparing the UV/monochloramine and UV/free chlorine advanced oxidation processes (AOPs) to the UV/hydrogen peroxide AOP under scenarios relevant to potable reuse // Environmental science & technology. 2017. Т. 51. №. 23. С. 13859-13868.
5. Иванцова Н. А. и др. Фотоокислительная деструкция нитрофурала в присутствии графитового нитрида углерода // Химическая промышленность сегодня. 2022. №. 1. С. 6-13.
6. ПНД Ф. 14.1:2.105-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации летучих фенолов в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом после отгонки с водяным паром.