

УДК 628.316.12

ДЕСТРУКЦИЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛАЗМЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА

Извекова А.А. (Университет ИГХТУ)

Научные руководители – кандидат химических наук, Квиткова Е.Ю. (Университет ИГХТУ), доцент, доктор химических наук, Гушин А.А. (Университет ИГХТУ)

Введение. Ежегодно в мире увеличивается объем поступающих в обращение фармацевтических препаратов (ФП), что приводит к их распространению в поверхностных и грунтовых водах, откуда они могут поступать в питьевую воду [1]. В настоящее время во многих странах были проведены исследования по обнаружению лекарств в окружающей среде, в частности, в поверхностных водах суши и в сточных водах [2]. Обобщенные материалы представлены в работе [3], где приведены данные по поступлению ФП в водную среду и рассмотрены методы их обнаружения. Большинство работ о лекарственных загрязнениях посвящено таким группам препаратов как антибиотики, гормональные, нестероидные противовоспалительные средства, а также антиэпилептические и антидепрессантные препараты. Эти группы веществ способны в следовых концентрациях и при длительном воздействии оказывать негативное влияние на гидробиоту и человека [4].

Основная часть. Известно, что ибупрофен является чрезвычайно стойким фармацевтическим поллютантом и часто обнаруживается в объектах окружающей среды. Поэтому определённый интерес представляет оценка возможности использования диэлектрического барьерного разряда (ДБР) для разложения ибупрофена, растворенного в воде. ДБР является окислительным методом, хорошо зарекомендовавшим себя для деструкции трудно-разлагаемых органических соединений, и активно применяется для окисления фармацевтических поллютантов. Суть данного процесса заключается в *in situ* генерации окислительных веществ, наиболее активные из них это $\cdot\text{OH}$, $\text{H}\cdot$, $\text{O}\cdot$, $\text{HO}_2\cdot$, $\text{O}_2^{\cdot-}$, H_2O_2 , O_3 . Существует два способа образования частиц: образование их в газовой фазе с последующим проникновением в раствор, и образование частиц в приповерхностном тонком слое. Предполагается, что $\cdot\text{OH}$ радикалы быстро рекомбинируют в поверхностном слое, формируя относительно стабильный пероксид водорода [5].

Поэтому целью работы было исследование возможности использования ДБР для очистки сточных вод, содержащих ибупрофен.

Объектом исследования являлись водные растворы ибупрофена, с начальными концентрациями равными: 8,6; 21,4 и 42,8 мг/л. В качестве исходного лекарственного средства использовался ибупрофен, выпускаемый ЗАО «Производственная фармацевтическая компания Обновление». Обработку модельных растворов ибупрофена проводили на установке, подробное описание которой приведено в статье [6]. Объёмный расход раствора, подаваемого на очистку, варьировался от 0,04 до 0,4 мл/с.

Экспериментально установлено, что степень разложения ибупрофена (α) зависит от расхода жидкости, подаваемой на очистку, и при минимальном расходе (т.е. максимальном времени контакта раствора с зоной разряда) достигает 98 %. Были оценены кинетические параметры протекающих процессов разложения – константа скорости (k) и скорость процесса деструкции (W). Оказалось, что эти величины ($k = 0,34 \div 0,50 \text{ с}^{-1}$, $W = 7,6 \div 13,1 \text{ мкмоль/л}\cdot\text{с}$) соизмеримы со значениями, полученными при обработке растворов тетрациклина в аналогичных условиях: $k = 0,41$ и $0,81 \text{ с}^{-1}$; $W = 11,8$ и $16,7 \text{ мкмоль/л}\cdot\text{с}$ [7]. Кроме того, было установлено, что продуктами окисления ибупрофена в ДБР являются альдегиды и карбоновые кислоты в жидкой фазе, а также CO_2 в газовой фазе. Величина энергетического выхода при разложении ибупрофена ($0,002 \div 0,005$ молекул / 100 эВ), характеризующая количество разложившихся молекул вещества при величине приложенной энергии 100 эВ, на порядок ниже величин для тетрациклина ($0,020 \div 0,038$ молекул / 100 эВ), что свидетельствует о том, что ибупрофен является крайне устойчивым веществом.

Выводы. Процесс деструкции ибупрофена в реакторе ДБР протекает достаточно эффективно и этот метод можно использовать для очистки сточных вод фармацевтических производств.

Работа поддержана Министерством высшего образования и науки РФ, проект № FZZW-2023-0010.

Список использованных источников:

1. 1. Бондин В. И., Семехин Ю. Г., Бериев О. Г. Безопасность жизнедеятельности // Москва. ИНФРА-М-АКАДЕМЦЕНТР. – 2013. – с. 368.
2. 2. Ternes T., Joss A. Human pharmaceuticals, hormones and fragrances: the challenge of micropollutants in urban water management. IWA Publishing; London, UK, 2007, 468 p.
3. 3. Santos L. Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment / Santos L., Araujo A., Fachini A. et al. // Journal of Hazardous Materials. 175, 2010. P. 45–95.
4. 4. Marotta E., Schiorlin M., Ren X., Rea M., Paradisi C. Advanced oxidation process for degradation of aqueous phenol in a dielectric barrier discharge reactor // 2011. Plasma Process. Polym. No8. P. 867-875.
5. 5. Gushchin, A. A. Removal of oil products from water using a combined process of sorption and plasma exposure to DBD / A. A. Gushchin, V. I. Grinevich, G. I. Gusev [et al.] // Plasma Chemistry and Plasma Processing. – 2018. – Vol. 38. – No. 5. – P. 1021-1033.
6. 6. Gushchin A. et al. Reducing the Toxicity of Tetracycline Solutions and the Kinetics of Decomposition under the Action of DBD in Oxygen // Plasma Medicine. – 2019. – Т. 9. – No 2.