ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ ПРЕПАРАТЫ (АНТИБИОТИКИ)

Иван ПОПАЗ,
Факультет Химии и Химической Технологии

CZU: 628.3:543.645.7 *cun9pa@gmail.com*

Вода считается одним из важнейших компонентов жизни. Опасения по поводу появления загрязняющих веществ, таких как фармацевтические соединения, усилились из-за их негативного воздействия на экосистему [1]. Проблема загрязнения водной среды лекарственными препаратами привлекает к себе повышенное внимание. Особое внимание уделяется антибиотикам, так как они ответственны за эволюцию бактерий и генов антибиотикорезистентности. А также представляет угрозу для здоровья человека [2].

В сточные воды антибиотики попадают наряду со своими метаболитами, поведение, трансформация и токсичность которых в водной среде являются еще менее изученными. Источниками антибиотиков в городских сточных водах являются жилищный сектор, лечебные учреждения, ветеринарные клиники и фармацевтические предприятия.

Традиционные методы очистки, такие как флокуляция, обратный осмос, коагуляция и др., предполагают перевод загрязняющего вещества из одной фазы в другую. С другой стороны, расширенные процессы окисления, такие как прямой и непрямой фотокатализ, процессы Фентона и фотофентона, электрофентон и другие гибридные процессы основанны на образовании **гидроксильных (●OH) радикалов**, которые являются окислителями, способными превращать загрязняющие вещества в нетоксичные конечные продукты, такие как CO_2 и H_2O.

Исследования показывают, что в Молдове чаще всего использовали антибиотики ампициллин, амоксициллин, цефалотин, цефа-

мандол и т. д. Амоксициллин (Рис.1) преимущественно используется как в медицине, так и в ветеринарии [3].

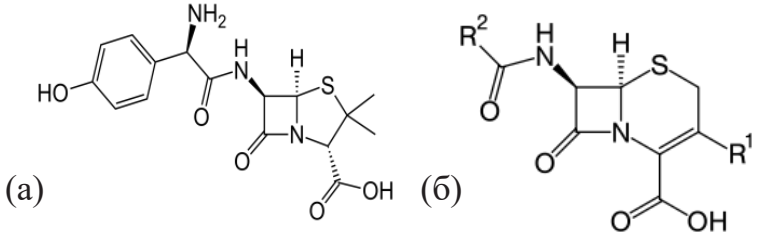


Рис. 1. Амоксициллин(а) и общая структура цефалоспоринов(б).

По данным различных источников в разных регионах мира, в период 2007-2012 гг. в поверхностных водах и питьевой воде (в скобках) были выявлены следующие максимальные концентрации антибиотиков **(нг/л)**: *ципрофлоксацин* – 30 (10), *энрофлоксацин* – 40 (20), *эритромицин* – 40 (10), *линкомицин* – 10 (10), *ломефлоксацин* – 35 (10), *норфлоксацин* – 31 (10), *офлоксацин* – 480 (10), *рокситромицин* – 66 (5).

Окисление загрязнителей реактивом Фентона (1-3) состоит из взаимодействия ионов двухвалентного железа Fe^{2+} с H_2O_2 с образованием ионов Fe^{3+} и гидроксильных радикалов.

$$Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow Fe^{3+} + HO\bullet + HO- \qquad = 76\ L\ mol^{-1}\ s^{-1} \qquad (1)$$

$$Fe^{3+} + H_2O_2 + H_2O \rightarrow Fe^{2+} + HO_2\bullet + H_3O^+ \qquad k = 0.01\ L\ mol^{-1}\ s^{-1} \qquad (2)$$

$$Fe(OH)_2 + h\nu \rightarrow Fe^{2+} + HO\bullet \qquad (3)$$

Гетерогенный фотокатализ (система TiO_2/H_2O_2/УФ) также является эффективным методом деградации и минерализации антибиотиков [4]. Процесс фотокатализа определяется облучением катализатора УФ-видимыми лучами, и в ответ на поглощение этих излучений могут образовываться различные окислительные частицы.

Фотокатализаторы не принимают непосредственного участия в окислении и минерализации АМХ, но обеспечивают необходимые условия для образования оксидантов.

Деградация амоксициллина в процессе окисления реактивом Фентона и системой TiO_2/H_2O_2/УФ с целью **расщепления**

β-лактамного кольца с последующим превращением субстрата в более простые соединения зависит от нескольких параметров, а именно: от концентрации перекиси водорода, катализаторов, температуры, время реакции и значение pH. Таким образом изучение оптимизации параметров способствует к более эффективной очистке вод от таких загрязнителей как антибиотики и других трудноокисляемых органических соединений, а также поиском других эффективных методов очистки воды.

Библиография:

1. GOZLAN, I., ROTSTEIN, A. AVISAR, D. Amoxicillin-degradation products formed under controlled environmental conditions: Identification and determination in the aquatic environment. În: *Chemosphere*, 2013, 91(7), pp. 985-992.
2. De CARVALHO, J. F., MORAES, J. E. F. Treatment of simulated industrial pharmaceutical wastewater containing amoxicillin antibiotic via advanced oxidation processes. In: *Environmental Technology*, 2020, pp. 1-37.
3. Rezultatele studiului national de prevalenta de moment al infectiilor asociate asistentei medicale si consumul antimicrobienelor in spitale prezentate in cadrul unui atelier. Disponibil: https://ansp.md.
4. ELMOLLA, E.S., CHAUDHARI, M., 2010. Phtocatalytic degradation of amoxicillin, ampicillin and cloxacillin antibiotics in aqueous solution using UV/TiO_2 and UV/H_2O_2/TiO_2 photocatalysis. In: *Desalination*, 2010, 252, pp. 46-52.

Рекомендовано
Мария ГОНЦА, др. хаб., проф. унив.