

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ В КАЧЕСТВЕ ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕГО АГЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ СТОЧНЫХ ВОД

А. А. Курилова, А.В. Полосков, И. С. Егоров

Научный руководитель: профессор, д.т.н. Г. Е. Ремнёв

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: kaa-3132@mail.ru

Проблема обеззараживания сточных вод на сегодняшний день весьма актуальна. Одним из самых распространенных методов решения данной проблемы является химическая дезинфекция, которая заключается в хлорировании или в озонировании. Однако вследствие хлорирования в обработанной воде образуются токсичные хлорорганические соединения, а озонирования – биоразлагаемая органика и сложные органические соединения [1]. Таким образом, совершенствование методик обеззараживания сточных вод является приоритетной задачей. Перспективными являются безреагентные методы очистки, в частности, обеззараживание воды с использованием электронных пучков. Наибольший интерес представляют импульсные электронные пучки, так как в этом случае уменьшается мощность и габариты источника излучения. На сегодняшний день исследователями отмечается, что обеззараживание сильноточными электронными пучками (СЭП) импульсного характера имеет преимущества перед обработкой γ -излучением. Так, было установлено, что при обработке раневых повязок на сильноточном импульсно-периодическом ускорителе эффективная стерилизующая доза (17 кГр) оказались ниже аналогичных (25 кГр) при применении γ -излучения для стерилизации бинтов [2].

Бактерицидное действие ионизирующего излучения основано на двух механизмах: прямом (физическом) и косвенном (химическом). Микробная инактивация происходит либо путем прямой ионизации жизненно важной молекулы (ДНК, ключевого фермента и т. д.), либо косвенно, посредством реакции свободных радикалов, образующихся в клеточной жидкости. Короткоживущие гидроксильные радикалы (ОН) расщепляют фосфодиэфирные связи, что приводит к разрывам ДНК. Учитывая, что в рамках данной работы средой является вода, косвенный механизм приобретает дополнительное значение. Основными целевыми объектами ионизирующего излучения в микроорганизмах являются нуклеиновые кислоты, главным образом ДНК, но также и РНК. Дополнительный ущерб может быть нанесен клеточным мембранам и ферментам, участвующим в восстановлении нуклеиновой кислоты [3].

Целью данной работы являлось определение эффективности использования импульсного электронного пучка для обезвреживания микроорганизмов.

Эксперименты проводились на примере культуры *Escherichia coli* в стационарной фазе роста. По литературным данным, в этой фазе микроорганизмы наиболее устойчивы к воздействию ионизирующего излучения [4]. Чистая культура выращивалась на ГРМ-агаре в течении 18 – 20 часов при температуре 37°C, после чего готовилась микробная взвесь концентрацией 3×10^8 клеток/мл в соответствии со стандартом мутности бактериальных взвесей (СОП № 1-98, 5 ед.). Затем бактериальная суспензия в объеме 60 мкл помещалась в кюветы и подвергалась облучению на импульсном электронном ускорителе (Астра-07). Величина поглощенной дозы варьировалась от 0,25 до 1,35 Мрад. После облучения осуществлялся контроль результатов, для чего производился забор микробной суспензии из кюветы и посев на плотную питательную среду. Параллельно проводился контрольный посев микробной культуры и контроль стерильности питательной среды. Материалы помещались в термостат при 37°C на 48 часов. При каждой из поглощенных доз опыт повторялся многократно. В таблице приведены усредненные значения интенсивности микробного роста после облучения (таблица 1).

Анализ результатов показал, что обработка культуры *E. coli* электронным пучком вызывает угнетение бактериального роста. При проведении количественной оценки была обнаружена устойчивая зависимость между величиной поглощенной дозы и бактерицидным эффектом излучения: с увеличением поглощенной дозы концентрация выживших микроорганизмов снижалась. При поглощенных дозах 1 и 1,35 Мрад рост проявлялся лишь на 25 % проб – остальные пробы были

стерильны. Ранее было показано, что обработка культуры *E. coli* на импульсном электронном ускорителе ТЭУ-500 позволяет достичь стерилизующего эффекта при поглощенной дозе 2,5 Мрад [5].

Таблица 1 – Результаты воздействия СЭП на культуру *E. coli*.

Поглощенная доза, Мрад	Концентрация микроорганизмов, КОЕ/мл	
	Через 24 часа	48 часов
0,25	263×10^2	302×10^2
0,55	117×10^2	119×10^2
0,80	30×10^2	34×10^2
1	$0,75 \times 10^2$	1×10^2
1,35	$0,5 \times 10^2$	$0,5 \times 10^2$
0	Сплошной рост	Сплошной рост
Контроль стерильности среды	0	0

Таким образом, на примере культуры *E. coli* показана эффективность использования импульсного электронного пучка в качестве дезинфицирующего агента. Такой метод является более экономически выгодным, чем обработка γ -излучением и экологически приемлемым по сравнению с химическими методами обеззараживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соковнин С. Ю. Наносекундные ускорители электронов и радиационные технологии на их основе: Автореф. дис. докт. техн. наук. – Екатеринбург, 2005. – 247 с.
2. Ростов В.В., Алексеенко П.И., Выходцев П.В., Штейнле А.В. и др. Сильноточный импульсно-периодический ускоритель электронов прямого действия как средство стерилизации медицинских изделий однократного применения // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – №2. – С. 48-54.
3. Peter A. Lambert. Radiation Sterilization // Principles and Practice of Disinfection, Preservation and Sterilization, 2013, pp. 305-312.
4. Туманян М.А., Каушанский Д.А. Радиационная стерилизация. – М.: Медицина, 1974. – 304 с.
5. Kurilova A. A., Poloskov A.V., Chubik M.V., Ponomarev D.V. Application of electron beam for wastewater disinfection // Procedia Chemistry. – 2015. – №15. – С 187–192.