

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСЕКУНДНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА ДЛЯ
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД**

А. А. Курилова

Научный руководитель: доцент, к.м.н. М.В. Чубик

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

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

E-mail: kaa-3132@mail.ru

THE USE OF NANOSECOND ELECTRON BEAM FOR WASTEWATER DISINFECTION

A. A. Kurilova

Scientific Supervisor: docent, PhD M.V. Chubik

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: kaa-3132@mail.ru

Abstract. The objective of the study is to consider the possibility of applying the nanosecond electron beam for neutralize of various groups of microorganisms living in wastewater. The advantages of this method have been illustrated. The mechanism of influence of ionizing radiation on cells has been described. The microbial suspension has been irradiated by a nanosecond electron beam, and then the effectiveness of the electron beam as a disinfecting agent has been assessed. On the example of some cultures of microorganisms, it has been shown that the nanosecond electron beam is an effective disinfecting agent for the of wastewater treatment.

В связи с наметившейся тенденцией по снижению объемов применения хлора и хлорсодержащих реагентов для очистки стоков предприятий, одной из самых актуальных задач является совершенствование методик обеззараживания сточных вод. Наиболее перспективны безреагентные методы очистки сточных вод, в частности, обеззараживание воды наносекундным электронным пучком (НЭП).

На сегодняшний день исследователями выявлен широкий спектр применения наносекундного электронного пучка для радиохимической стерилизации, например, данный метод может быть использован для стерилизации медицинских инструментов и перевязочных материалов [1]. Также в ряде работ указывается на возможность применения электронного пучка для очистки бытовых сточных вод от органических примесей, нефтепродуктов и отходов текстильной промышленности [2, 3]. На основании этого мы можем сделать вывод о перспективности использования электронного пучка в качестве стерилизующего агента для дезинфекции сточных вод.

Бактерицидный эффект ионизирующего излучения (ИИ) обеспечивается его прямым (физическим) и косвенным (химическим) действием. При движении излучения через вещество, кроме ионизации и возбуждения, имеет место разрыв молекулярных связей, что приводит к поражению биологических тканей. Косвенное же действие излучения обуславливается тем, что под его воздействием в воде образуются свободные радикалы, которые интенсивно реагируют друг с другом и с молекулами вещества. Во время этих реакций в клетке может образоваться перекись водорода, что является губительным для некоторых видов микроорганизмов [4]. Учитывая, что нас интересует обеззараживание

водных взвесей микроорганизмов, данный механизм приобретает дополнительную значимость. Биологическое действие ионизирующих излучений связано с количеством энергии, которое поглощается клеткой или тканью, в связи с чем важно определить поглощенную дозу излучения.

Целью данной работы являлось определение эффективности использования электронного пучка для обезвреживания различных групп микроорганизмов, обитающих в сточных водах. Эксперименты проводились на примере культур *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* и *Staphylococcus aureus* в стационарной фазе роста (по литературным данным, в этой фазе микроорганизмы наиболее устойчивы к воздействию ионизирующего излучения) [4]. Культуры выращивались на ГРМ агаре, после чего готовились микробные взвеси определенной концентрации по СО мутности бактериальных взвесей (СОП № 1-98, 5 ед.), которые затем помещались в кюветы (рис.1) и подвергались облучению на электронном ускорителе (ТЭУ-500). Исследовался эффект воздействия НЭП при поглощенной дозе 2,2 и 4,4 Мрад для каждой из культур, и 1 и 2 Мрад для культур *E. coli* и *B. subtilis*. После облучения осуществлялся контроль результатов, для чего стерильным шприцом производился забор микробной суспензии из кюветы и посев на плотную питательную среду. Параллельно проводился контрольный посев микробной культуры, необлученной пробы и контроль стерильности питательной среды. Материалы помещались в термостат при 37°C. Наблюдали через 24 и 48 часов. Условия эксперимента приведены в таблице 1.

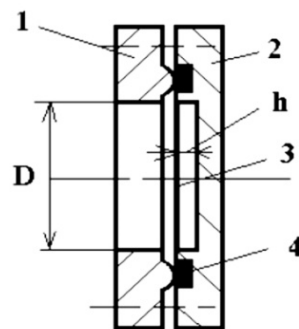


Рис. 1. Схема кюветы

1-крышка, 2 - корпус, 3 - фольга, 4- -прокладка; D = 15 мм.

Таблица 1

Условия проведения эксперимента

Микроорганизм	Питательная среда	Объем микробной суспензии	Концентрация, кл/мл	Поглощенные дозы, Мрад
<i>E. coli</i>	ГРМ агар	60 мкл	6×10^8	1; 2; 2,2; 4,4
<i>B. subtilis</i>			$0,2 \times 10^8$	1; 2; 2,2; 4,4
<i>Ps. aeruginosa</i>			6×10^8	2,2; 4,4.
<i>Kl. pneumoniae</i>			6×10^8	2,2; 4,4.
<i>St. aureus</i>			6×10^8	2,2; 4,4.

Контроль результатов показал, что при поглощенных дозах 2,2 и 4,4 Мрад проходит полное обезвреживание всех культур. Рост не проявляется в течение трех суток, в то время как рост на контроле

культуры и контроле необлученной пробы проявляется уже через 24 часа, а через 48 часов в случае *Ps. aeruginosa* наблюдается пигментация среды.

При поглощенной дозе 2 Мрад проходит полное обезвреживание культур *E. coli* и *B. subtilis*. При дозе 1 Мрад обезвреживание культуры *B. subtilis* не осуществляется, в отличие от *E. coli*. Такая разница в величине эффективной стерилизующей дозы обусловлена свойствами самих микроорганизмов. *B. subtilis* относится к спорообразующим бактериям, соответственно существует вероятность образования спор, чем и объясняется его более высокая устойчивость к облучению. Кроме того, *E. coli* является грамотрицательным микроорганизмом, а *B. subtilis* – грамположительным. Грамположительные бактерии отличаются меньшей радиочувствительностью, что связано с более прочным строением клеточной стенки по сравнению с грамотрицательными бактериями. Таким образом, можно сделать вывод о том, что для разных групп микроорганизмов эффективные стерилизующие дозы различны.

Результаты эксперимента приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты воздействия НЭП на культуры микроорганизмов

Микроорганизм	Поглощенные дозы, Мрад					Контроль культуры
	0	1	2	2,2	4,4	
<i>E. coli</i>	+	-	-	-	-	-
<i>B. Subtilis</i>	+	+	-	-	-	-
<i>Ps. aeruginosa</i>	+	0	0	-	-	-
<i>Kl. pneumoniae</i>	+	0	0	-	-	-
<i>St. aureus</i>	+	0	0	-	-	-

«-» - отсутствие микробного роста; «+» - наличие микробного роста; «0» - эксперимент не проводился.

Таким образом, на примере культур *E. coli*, *B. subtilis*, *Ps. aeruginosa*, *Kl. pneumoniae*, *St. aureus* доказано, что наносекундный электронный пучок обладает бактерицидными и бактериостатическими свойствами. Установлено, что при поглощенных дозах 2,2 и 4,4 Мрад проходит полное обезвреживание всех перечисленных культур, при дозе 1 Мрад – культуры *E. coli*, 2 Мрад – *B. subtilis*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котов Ю. А., Соковнин С. Ю. Обзор применения наносекундного электронного пучка для радиохимической стерилизации // Плазменные науки. – 2000. – 28 (1). – pp. 133-136.
2. Хашим С.А., Бакар К.А., Отман М.Н. Электронный ускоритель: новый инструмент для охраны окружающей среды в Малайзии // Американский институт физики – труды конференции – 2012. – 1482. – pp. 210-213.
3. Вильсон А., Парехо Кальво и др. Электронные ускорители - тенденции в области технологии радиационной обработки для промышленного и экологического применения в Латинской Америке и Карибском бассейне // Радиационная физика и химия – 2012. – 81. – pp. 1276–1281.
4. Туманян М. А., Каушанский Д. А. Радиационная стерилизация. – М.: Медицина, 1974. – 304 с.