

ХОЛОДНАЯ ПЛАЗМА КОРОННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО РАЗРЯДА ДЛЯ ИНИЦИИРОВАНИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ В ВОДЕ ^{*)}

¹Пискарев И.М., ²Аристова Н.А., ³Иванова И.П., ³Трофимова С.В.

¹НИИЯФ МГУ, i.m.piskarev@gmail.com

²Уральский федеральный университет имени Б.Н.Ельцина, Нижнетагильский технологический институт, aristova-na@mail.ru

³Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского, ivanova.ip@mail.ru

Рассмотрен коронный электрический разряд в геометрии точечный электрод-поверхность воды при отрицательной полярности напряжения на разрядном электроде. Величина высокого напряжения -10 кВ, ток с одного электрода 70 мкА, разрядный промежуток 6 мм. Для выбора стабильного режима работы исследована вольт-амперная характеристика разрядного промежутка. Поддержание режима коронного электрического разряда, предотвращение перехода в режим тлеющего или искрового, обеспечивается соединением электрода с землей емкостью 30 пф и выбором величины балластного сопротивления, через которое высокое напряжение подается на электрод (20 МОм). Использовался реактор из 7 электродов, полный ток разряда составлял 0.5 мА, расстояние между электродами 25 мм, длина электрода 40 мм. Такая геометрия обеспечивала высокую напряженность поля на каждом электроде.

Рассчитана функция распределения электронов по энергиям (ФРЭЭ). Установлено, что ФРЭЭ коронного разряда в рассматриваемой геометрии подобна ФРЭЭ пучка ускоренных электронов с энергий 10 кэВ, проходящего такой же газовой промежуток. Активными частицами, генерируемыми в электрическом разряде на воздухе над поверхностью воды являются гидроксильные радикалы (выход $Y = 1.3$ ммоль/ч), озон ($Y = 14$ ммоль/ч), перекись водорода ($Y = 0.04$ ммоль/ч), окислы азота ($Y = 6 \times 10^{-3}$ ммоль/ч) и ионы аммония ($Y = 5 \times 10^{-3}$ ммоль/ч). При увеличении напряжения ток возрастает, и разряд переходит в искровой, напряженность поля в искровом промежутке падает, выход продуктов уменьшается.

Активные продукты, образовавшиеся в газовой фазе, диффундируют в воду, инициируя окислительные реакции. Импульсный характер электрического разряда (импульсы Тричела) длительностью ~ 1 мкс и частотой повторения 100 кГц обеспечивают перемешивание слоя жидкости до 10 мм за время 1 – 2 минуты. При обработке более толстого слоя воды перемешивание происходит за счет диффузии.

Высокая окислительная способность гидроксильных радикалов обеспечивает очистку воды от органических примесей, растворенных в воде в малых концентрациях. К таким примесям относятся антибиотики, которые попадают в сточную, а затем и в питьевую воду на стадии производства антибиотиков и из-за их широкого применения в животноводстве. Малые концентрации антибиотиков в питьевой воде не оказывают вреда непосредственно, но их регулярное употребление вырабатывает привыкание организма к этим препаратам, и тем самым снижают эффективность и саму возможность лечения. Концентрация гидроксильных радикалов мала, она не возмещает произвести очистку сильно загрязненной воды, но малые концентрации органики разлагаются до углекислого газа и воды при условии, что не возникают обратные реакции.

Исследовалось обеззараживание питьевой воды под действием коронного электрического разряда. Для этого приготавливалась взвесь концентрацией 10^9 бактерий на 1 мл раствора. Обрабатывался объем воды 50 мл. Доза, соответствующая уменьшению концентрации бактерий в 10 раз составила $D_{10} = 8 - 10$ Дж/(10 мл). Вода, обработанная коронным разрядом, становится активированной, и сохраняет бактерицидное действие до 5 часов после обработки. Такая вода может быть использована для стерилизации поверхностей.

^{*)} DOI – тезисы на английском