

09; 12

© 1991

О СИНЕРГЕТИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ И СВЧ-ПОЛЕМ

В.Л. Г о р я ч е в, Н.А. С и л и н

В настоящее время активизировались исследования по поиску нетрадиционных методов биологической очистки воды. При этом особое внимание уделяется физическим методам обеззараживания, свободным от известных недостатков широко применяемых в настоящее время химических воздействий.

Физические методы прямо или косвенно основаны на использовании электрической энергии (электрический разряд, электронный пучок, озонирование и др.). В связи с этим становятся актуальными поиски таких режимов воздействия, которые требуют минимальной энергии, а в конструктивном отношении просты и надежны.

В настоящей работе приведены результаты исследования по обеззараживанию воды с помощью СВЧ излучения малой мощности и барьерного импульсного электрического тока (БИЭТ). Исследовалась эффективность воздействия в отдельности СВЧ и БИЭТ и их совместного одновременного воздействия на концентрацию бактерий кишечной палочки в водопроводной воде и физиологическом растворе при коли-индексе $(1-5) \cdot 10^6$ и $(2-8) \cdot 10^{10}$. В качестве источника СВЧ излучения использовался генератор Г4-141, обеспечивающий изменение длины волны излучения в пределах $\lambda = 5,5-8$ мм при наибольшем уровне мощности излучения $N = 4-20$ мВт. Для создания барьерного импульсного электрического тока использовался генератор импульсов специальной конструкции, обеспечивающий формирование импульсов электрического напряжения длительностью $\tau_H = 1-50$ мкс и амплитудой до 40 кВ с частотой повторения $\nu = 1-100$ Гц.

Рабочая камера, изготовленная из органического стекла и заполняемая водой, представляла из себя цилиндр высотой 1,5 мм и диаметром $d = 18$ мм (рис. 1, а). Коаксиальное электрическое поле создавалось между центральным стержневым электродом диаметром 3 мм и кольцевым электродом, помещенным за стенкой толщиной 3 мм.

Типичная осциллограмма импульса напряжения между электродами представлена на рис. 1, б. Отметим, что осциллограммы напряжения не зависят от величины омического сопротивления нагрузки и одинаковы для водопроводной воды ($\sigma = 8 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$) и физиологического раствора ($\sigma = 1.12 \text{ Ом}^{-1} \text{ м}^{-1}$). Это вызвано тем, что величина тока определяется емкостными сопротивлениями

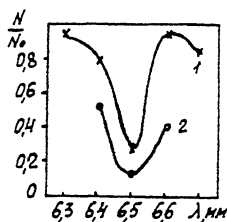
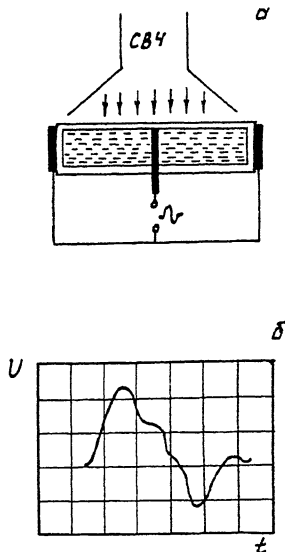


Рис. 1. а - схема экспериментальной установки, б - осциллограмма напряжения между электродами. Масштабы: 10 кВ/дел, 10 мкс/дел.

Рис. 2. Зависимость относительного содержания бактерий от длины волны воздействующего излучения. $t = 30$ мин. 1 - водопроводная вода, $N_0 = 2.5 \cdot 10^{10}$ бактерий/литр, 2 - физиологический раствор, $N_0 = 4 \cdot 10^6$ бактерий/литр.

стенки ($R_c = 1$ МОм) и водяного промежутка ($R_B \approx 300$ кОм). Амплитудное значение тока в цепи не превышает величины $I \approx \approx 20$ мА. Удельная энергия, выделявшаяся в рабочей камере в течение 30 мин эксперимента при частоте повторения импульсов $\nu = 50-100$ Гц не превышала величины $w = 0.01-0.03$ Дж/см³.

Значительно большее количество энергии выделялось при воздействии СВЧ-облучения ($w = 4-20$ Дж/см³). В эксперименте это было связано с тем, что плотность потока энергии задавалась работой генератора ($P = 1.4-7$ мВт/см²). Однако известно [1], что в экспериментах с кишечной палочкой воздействие миллиметрового излучения на резонансных частотах оказывается эффективным при существенно меньших уровнях плотности потока энергии - $P = 5$ мкВт/см².

В результате экспериментов установлен резонансный характер зависимости гибели бактерий *E. Coli* от длины волны СВЧ излучения. Максимальное бактерицидное воздействие оказывает излучение с длиной волны $\lambda = 6.5$ мм (рис. 2), что совпадает с результатами работ [2, 3]. При длительности облучения $t = 30$ мин ко-

ли-индекс раствора снижается в 3-8 раз. Следует отметить и такой качественный результат, как более медленный рост колоний на обработанных растворах в сравнении с контрольными.

Воздействие БИЭТ с частотой 50 Гц в течение $t = 30$ мин на физиологический раствор при начальных концентрациях $(1-5) \cdot 10^3$ кл/см³ приводит к снижению коли-индекса раствора в 8-20 раз.

Однако наибольший бактерицидный эффект был получен при одновременном воздействии СВЧ облучения и БИЭТ. При проведенных выше значениях начальной концентрации *E. coli* в физиологическом растворе в результате совместного воздействия в течение $t = 30$ мин коли-индекс раствора снизился в 100-300 раз при частоте БИЭТ $\nu = 100$ Гц. При этом оказалась менее выраженной зависимость эффективности воздействия от длины волны СВЧ излучения, выразившаяся, в частности, в увеличении ширины резонанса до значений $\Delta\lambda = 6,4-6,6$ мм.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Медико-биологические аспекты миллиметрового излучения / Под ред. Н.Д. Девяткова. М.: ИРЭ АН СССР. 1987. 280 с.
- [2] Девятков Н.Д. // УФН. 1973. Т. 110. В. 3.
- [3] Банников В.С., Рожков С.Б. // Доклады АН СССР. 1980. Т. 255. № 3. С. 746-748.

Поступило в Редакцию
24 июня 1991 г.