

---

# ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

---

А.А. Зубенко, Л.В. Зубенко, В.И. Андреева, А.Н. Ющишина

## ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ В ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ РЕАКТОРАХ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКОЙ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина*

### **Введение**

Работа является продолжением исследований по применению электроимпульсного метода для очистки воды.

В двух предыдущих работах [1, 2] приведены результаты исследований свойств электроразрядного гидроксида алюминия, полученного при пропускании импульсных токов через слой металлических частиц, и данные по очистке хромсодержащих стоков в электроразрядных реакторах с металлической загрузкой. В [2] показана возможность полной очистки стоков от ионов хрома, причем удельные энергозатраты в этом методе очистки более чем в 2 раза ниже, чем при использовании электрокоагуляторов. Очистка происходит следующим образом. При пропускании через слой железных частиц сильноточных импульсов в воду попадают как ионы железа (II, III), так и мелкодисперсные частицы металла [3, 4]. Последние, реагируя с водой, превращаются в гидроксид железа. Ионы шестивалентного хрома, содержащиеся в гальваностоках, восстанавливаются до  $\text{Cr}^{3+}$  и адсорбируются поверхностью гидроксидов железа с образованием нерастворимых соединений хрома (III).

В литературе имеются сведения о применении электроимпульсного метода обработки воды с целью обеззараживания. В [5] В.Ф. Левченко приводит результаты по обеззараживанию воды при обработке в слое гранулированного металла импульсными токами. Процесс обеззараживания состоит в электроимпульсном разрушении содержащихся в воде бактериальных загрязнений, а также в разрушении ее молекул с образованием химически активных частиц, нейтрализации загрязнения за счет окислительно-восстановительных реакций и последующем извлечении их из воды в результате адсорбции гидроксидами металла. При этом затраты энергии на обеззараживание воды поверхностных водоемов зависят от исходной степени загрязнения и в среднем составляют от 0,2 до 0,5 кВт·ч/м<sup>3</sup>.

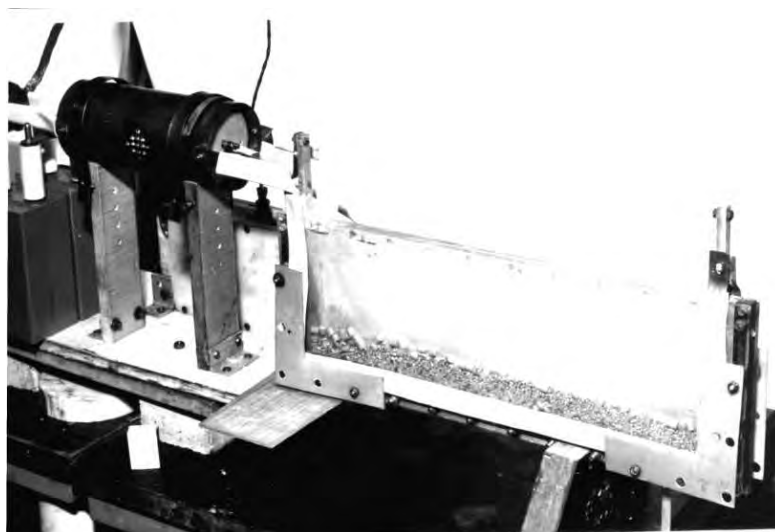
Как видно из изложенного, процесс обеззараживания воды от бактериальных загрязнений отличается от процесса ее очистки от хрома тем, что в этом случае действуют дополнительные факторы, сопровождающие электрический разряд в воде, такие, например, как гидродинамические явления, которые разрушают бактерии.

В.Ф. Левченко в своих экспериментах использует электрические разряды низких напряжений до 1 кВ [5, 6]. На наш взгляд, в этих условиях разрушение бактерий происходит с невысокой интенсивностью.

Цель работы состояла в исследовании эффективности применения высоковольтных электрических разрядов для обеззараживания воды электроимпульсным методом. Полученные при этом результаты подтверждают, что использование высоковольтных электрических разрядов позволяет не только эффективнее проводить процесс обеззараживания воды, но и очищать ее с более высокой исходной степенью бактериального загрязнения.

### **Методика эксперимента**

Исследования проводились на лабораторной установке (см. рисунок), состоящей из: генератора импульсных токов, скомпонованного по традиционной схеме и включающего разрядное устройство, емкостный накопитель (конденсатор К75-29А), воздушный тригатронный разрядник, блок поджига; реактора с металлозагрузкой; цепи измерения электрических характеристик, состоящей из коаксиального шунта (сопротивление  $2,5 \cdot 10^{-3}$  Ом) и осциллографа С9-8А.



*Внешний вид электроразрядного реактора с металлической загрузкой*

Реактор представлял емкость прямоугольной формы с прозрачными боковыми стенками. Внутренние размеры реактора, мм – 520×40×200. По торцам емкости располагались электроды, изготовленные из алюминиевого сплава АМг-5. Между электродами насыпали слой металлозагрузки высотой приблизительно 30 мм, которая представляла собой металлические гранулы длиной 5 мм, нарубленные из алюминиевой проволоки диаметром 4 мм. Масса металлозагрузки составляла около 0,7 кг. Объем обрабатываемой воды равнялся 0,35 л, а ее уровень в реакторе превышал высоту слоя металлозагрузки приблизительно на 5 мм.

Генератор импульсных токов имел следующие электрофизические параметры: начальное напряжение конденсаторной батареи  $U = 20$  кВ; емкость конденсаторной батареи  $C = 0,0125$  мкФ; частота следования электрических импульсов  $f = 2$  Гц. Вода для обработки набиралась в стерилизованную посуду из поверхностного источника и имела следующие исходные показатели бактериального загрязнения: коли-индекс – 37000; микробное число – 21600. Непосредственно перед экспериментом разрядная камера обрабатывалась раствором хлорной извести (содержание активного хлора 10 мг/л) в течение 0,5 часа, затем промывалась свежей дистиллированной водой. После обработки воду сливали в стерильные емкости, где завершался процесс коагуляции и происходило осаждение основной доли твердой фазы. После завершения осаждения жидкую фазу отфильтровывали с использованием стерильного бумажного фильтра. Определение коли-индекса в фильтрате определяли методом мембранных фильтров, а микробное число – по стандартной методике (ГОСТ 18963-73).

### **Результаты и обсуждение**

Режимы обработки и результаты проведенных исследований представлены в таблице.

#### *Результаты экспериментов по обеззараживанию воды*

$U$ , кВ	$C$ , мкФ	$E$ , Дж	$n$ , имп	$E_{\Sigma}$ , кДж	$V$ , л	$\Delta Al^{3+}$ , мг/л	$E_{уд}$ , кВт·ч/м <sup>3</sup>	Коли-индекс	Микробное число
<b>Обработка высоковольтными электрическими разрядами</b>									
Исходная вода								37000	22000
20	0,0125	2,5	50	0,125	0,35	18	0,1	450	1400
20	0,0125	2,5	75	0,188	0,35	24	0,15	110	170
20	0,0125	2,5	100	0,25	0,35	36	0,2	≤ 3	12
<b>Обработка низковольтными электрическими разрядами по [5]</b>									
0,6							0,2	≤ 3	100
Нормы ПДК								≤ 3	≤ 100

Как видно из таблицы, обеззараживание воды с исходным загрязнением по коли-индексу 37000 и микробному числу 21600 до норм ПДК происходит при обработке удельной энергией, равной 0,2 кВт·ч/м<sup>3</sup>. При этом удельный расход алюминия составляет 36 г/м<sup>3</sup>.

По данным работы [5], при обработке воды такой же удельной энергией обеззараживание ее до норм ПДК возможно при исходном бактериальном загрязнении на порядок ниже (коли-индекс равен 1000, а микробное число – 6000).

Таким образом, данные работы свидетельствуют о преимуществах использования высоковольтного импульсного разряда для обеззараживания воды с высоким исходным бактериальным загрязнением.

#### **Заключение**

Использование электроимпульсной технологии очистки воды электрическими разрядами более высокого напряжения (20 кВ вместо 600 В) позволяет при одинаковых энергозатратах обеззараживать воду с показателями бактериального загрязнения на порядок выше.

#### **Обозначения**

$U$  – начальное напряжение емкостного накопителя, кВ;  $C$  – емкость накопителя, мкФ;  $E$  – запасаемая энергия одиночного импульса, Дж;  $n$  – количество импульсов в цикле обработки воды, кДж;  $E_{\Sigma}$  – суммарная энергия в цикле обработки воды, кДж;  $V$  – объем обрабатываемой воды, л;  $\Delta Al^{3+}$  – расход металлозагрузки (алюминия), мг/л;  $E_{уд}$  – удельные затраты электрической энергии на обработку воды, кВт·ч/м<sup>3</sup>.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зубенко А.А., Ющишина А.Н. Исследование свойств электроразрядного гидроксида алюминия // Электронная обработка материалов. 2001. № 6. С.60–65.
2. Зубенко А.А., Ющишина А.Н. Очистка хромсодержащих стоков в электроразрядных реакторах с металлической загрузкой // Электронная обработка материалов. 2002. № 4. С. 77–79.
3. Фоминский Л.П. Некоторые аспекты электроэрозионного способа получения окиси алюминия // Электронная обработка материалов. 1980. № 1. С.45–48.
4. Ладиков-Роев Ю.П., Ткаченко В.Ф., Левченко В.Ф. Исследование электрической эрозии и диспергирования материалов в среде при разрядно-импульсных технологиях // Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности. Ч. 2. Николаев, 1988. С. 206.
5. Левченко В.Ф. Электроимпульсный метод комплексной переработки матеріалів // Проблеми машинобудування НАН України. Вип. 38. Киев, 1992. С. 78–86.
6. Шевченко В.Ф., Сергеенков В.П., Тютюник М.С. Опытнo-промышленный реактор очистки воды по электроимпульсной технологии // Электрический разряд в жидкости и его применение в промышленности. Ч. 2. Николаев, 1988. С. 227.

*Поступила 18.01.05*

#### **Summary**

The results of researches on the surface water sources disinfection using an electroimpulse method are presented. The process of water disinfection involves electroimpulse destruction of the bacterial pollutions and their extraction by metal hydroxides. It is shown that the use of the high-voltage electric discharges in place of the low-voltage ones allows to disinfect water with bacterial pollutions indexes of an order of magnitude higher at the equal specific costs.