

# Влияние высоковольтного электроимпульсного воздействия на концентрацию бактерий *E-coli* в воде

Э. Д. Гурбанов

ОАО "Азерсу",  
Московский проспект, 67, г. Баку, AZ 1012, Азербайджанская Республика,  
e-mail: [KurbanovEJ\\_mpei@mail.ru](mailto:KurbanovEJ_mpei@mail.ru)

Исследовано обеззараживание воды и водных ресурсов от болезнетворных бактерий типа *E-coli* методом высоковольтной электроимпульсной обработки. Показана методика определения концентрации микроорганизмов до и после импульсного воздействия. Представлены экспериментальные результаты по влиянию разных режимов обработки (коронный, искровой разряды), времени обработки (количество разрядов), электрических параметров генератора импульсных напряжений (напряжение, полярность, величина зарядной емкости) и исходной концентрации микроорганизмов на изменение их количества после высоковольтного электроимпульсного воздействия. Выявлено, что на степень инактивации существенно влияют режим и время обработки (количество разрядов), а также исходная концентрация микроорганизмов. Представлены данные о наиболее эффективных режимах электроимпульсной обработки водной среды.

*Ключевые слова:* высоковольтная установка, вода, бактерия *E-coli*, генератор импульсных напряжений, количество разрядов, время обработки, зарядная емкость, электрод с малым радиусом кривизны, инактивация, микроорганизмы, режим обработки, коронный разряд, искровой разряд, исходная концентрация клеток.

УДК 628.314.2

## ВВЕДЕНИЕ

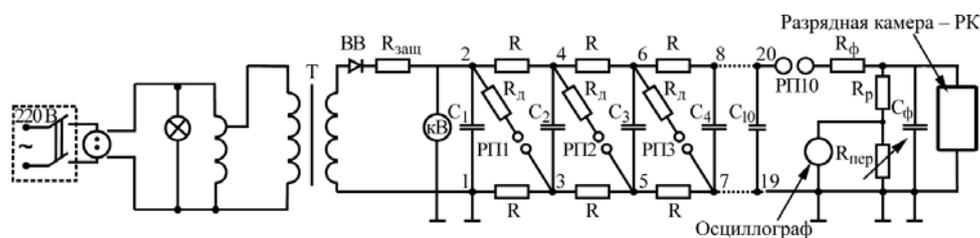
В свете решения многих экологических проблем и защиты планеты от грядущих катастроф в результате беспощадного загрязнения продуктами производства и жизнедеятельности человека в мировом масштабе остро встает вопрос о разработке и внедрении в промышленном цикле новых подходов и экологически безопасных методов для реализации некоторых технологических процессов [1–3]. В этом аспекте переход от традиционной высоковольтной энергетики к импульсной для эффективного решения важных технологических задач представляет большой интерес у исследователей данного научного направления [4–8]. В работах многих авторов [9–13] исследуются физические процессы в воздушных промежутках с использованием высокочастотных электрических импульсных полей короткой длительности с целью выявления взаимовлияющих параметров источника энергии и среды при разработке наиболее энергоэффективных устройств, обеспечивающих максимальный вклад энергии в активационные процессы. К их числу можно причислить и некоторые работы автора по исследованиям характеристик наносекундных импульсных разрядов в перенапряженных газовых промежутках (выше атмосферного давления) [14–19], в длинных воздушных промежутках с целью разработки высоковольтных установок для очистки газовых выбросов вредных производств [20–22], обеззараживанию

питьевой и сточных вод от патогенных микроорганизмов [23–28], водосодержащих пищевых продуктов с целью продления сроков их хранения и улучшения их органолептических свойств [29–31]. Среди указанных направлений исследований постоянно актуальными остаются работы, направленные на изучение качества и экологической безопасности питьевой и сточных вод в контексте их обеззараживания от содержащихся в них патогенных микроорганизмов и замещения химических методов дезинфекции этих сред экологически чистыми технологиями. Отметим, что вода в силу своих уникальных свойств и структуры прямо или косвенно присутствует во многих жизненно важных циклах и природных процессах.

Настоящая статья – продолжение работ, посвященных экологическому аспекту водных ресурсов и разработке инновационных импульсных технологий по их обеззараживанию от патогенных микроорганизмов типа *E-coli*.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Электроимпульсная установка состоит из повышающего трансформатора промышленной частоты типа ТВО-140, высоковольтного выпрямителя, генератора импульсных напряжений с варьлируемыми электрическими параметрами и разрядной цепи, состоящей из рабочей камеры с исследуемой средой и измерительного тракта. Для обеспечения бесперебойной работы высоко-



**Рис. 1.** Принципиальная электрическая схема ГИН на емкостных накопителях энергии:  $T$  – высоковольтный трансформатор на 140 кВ; ВВ – высоковольтный выпрямитель;  $R_{\text{защ}}$  – защитное сопротивление;  $R$  – зарядное сопротивление;  $R_d$  – демпферное сопротивление;  $C$  – накопительная емкость; РП<sub>1</sub>–РП<sub>10</sub> – разрядные промежутки;  $R_p$  – разрядное сопротивление;  $C_p$  – разрядная емкость;  $r$  – переменное сопротивление;  $R_\phi$  – фронтное сопротивление;  $C_\phi$  – фронтная емкость.

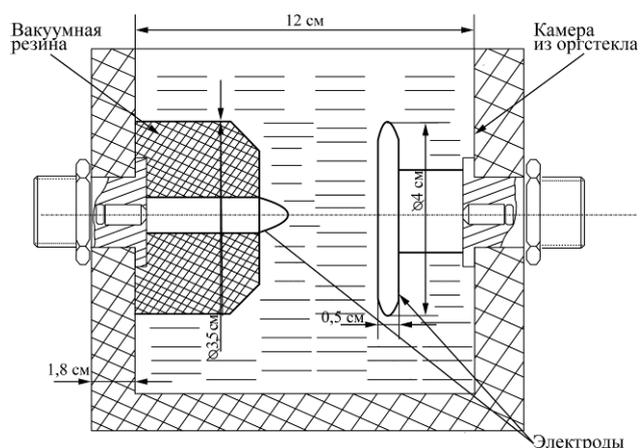
вольтной установки и защиты обслуживающего персонала от высокочастотных электромагнитных излучений отдельные ее узлы (высоковольтный, низковольтный) были экранированы.

Основным узлом любой высоковольтной установки является генератор импульсных напряжений – источник энергии. Нами была разработана схема генератора на емкостных накопителях энергии с максимальным выходным напряжением 100 кВ. При проведении исследований основные электрические параметры генератора (напряжение, зарядная емкость) варьировались в пределах 18–65 кВ и 66 пкФ–1 мкФ соответственно. Одновременно изучалось влияние на концентрацию инактивируемых микроорганизмов таких параметров, как длительность обработки и количество воздействующих разрядов. Генератор импульсных напряжений (ГИН) был собран по схеме Аркадьева – Маркса, представленной на рис. 1. В зависимости от амплитуды выходного воздействующего напряжения число зарядных импульсных конденсаторов и соответственно разрядных промежутков варьировалось.

Схемы генераторов были собраны с помощью малоиндуктивных резисторов типа ТВО с номиналом  $R = 10$  кОм, а все соединения выполнены посредством полосковых линий во избежание индуктивных потерь.

Исследования проводились в рабочей камере из оргстекла размером 120 x 120 мм в системе электродов «стержень–плоскость», эскиз которой представлен на рис. 2. Поверхность потенциального электрода–стержня с малым радиусом кривизны была изолирована от исследуемой среды с помощью вакуумной резины. Лишь его закругленный конец находился в воде. Благодаря такой конструкции электрода создавалось резко неоднородное электрическое поле, возбуждающее в межэлектродном промежутке в зависимости от амплитуды импульсного напряжения и режима обработки коронный либо искровой разряд. Отметим, что изучению физических процессов и описанию механизмов пробоя при данных режимах обработки посвящены и некоторые работы авторов [32–34], в которых в зависимости

от длительности импульса и амплитуды напряжения исследовались тепловой и электрический пробой водной среды.



**Рис. 2.** Эскиз рабочей камеры с электродной системой «стержень – плоскость».

В настоящей статье рассматриваются вопросы влияния электрических параметров генератора импульсных напряжений (напряжение, полярность, зарядная емкость), режимов обработки (коронный, искровой разряд), длительности обработки, количества разрядов и исходной концентрации микроорганизмов на характер изменения числа жизнеспособных клеток при воздействии сильных электрических импульсных полей.

Объектами исследования являлись: водопроводная вода и биологические клетки типа *E-coli*. Структура клетки состоит из областей, имеющих собственную диэлектрическую проницаемость –  $\epsilon$  и удельную электропроводность –  $\gamma$  [23, 29].

Культура выращивалась в жидкой среде (мясопептонный бульон) на качалке при температуре 26°C в течение 3 суток. Бактериальная биомасса отмывалась стерильной водопроводной водой с помощью 3-кратного центрифугирования при частоте вращения 2,5 тыс. об/мин, температуре 7,5°C в течение 15 минут. Затем с помощью ультразвукового диспергатора УЗПН-1 изготовлялась гомогенизированная суспензия клеток определенной плотности и вносилась в водопроводную воду. Образцы воды подверга-

лись микросекундному импульсному воздействию, после чего производился посев суспензии на чашки Петри с мясопептонным агаром. Чашки инкубировались в термостате при температуре 28°C в течение 2 суток. После этого производился учет выросших колоний *E-coli*.

В нижеприведенных таблицах представлены данные по влиянию различных режимов обработки (коронный, искровой разряды), времени обработки, количества разрядов, электрических параметров генератора (напряжение, полярность, зарядная емкость) и исходной концентрации клеток на изменение их количества после воздействия сильных электрических импульсных полей. Каждая таблица представляет собой результаты отдельной серии экспериментов.

Результаты первой серии опытов о влиянии количества разрядов и полярности напряжения на потенциальном электроде-стержне при различных величинах зарядной емкости –  $C_z$  на концентрацию клеток *E-coli* представлены в табл. 1. Как видно из таблицы, при величине зарядной емкости 1 мкФ, начиная с 4-го опыта (25 разрядов), при положительной полярности напряжения наблюдается осязаемое уменьшение концентрации клеток (на 3–8 порядков) микроорганизмов. Исходная концентрация клеток («0» в графе «количество разрядов») составляла  $2,8 \cdot 10^{12}$  КОЕ/см<sup>3</sup>. С увеличением значения зарядной емкости –  $C_p = 2$  мкФ, изменением полярности напряжения с отрицательной на положительную при исходной концентрации клеток  $6,6 \cdot 10^6$  КОЕ/см<sup>3</sup> наблюдается незначительное снижение количества микроорганизмов.

В табл. 2 представлены результаты экспериментов по влиянию амплитуды напряжения, полярности и величины зарядной емкости конденсатора на концентрацию жизнеспособных клеток *E-coli*. Показано, что при коронном разряде, неизменных исходной концентрации микроорганизмов  $10,6 \cdot 10^{10}$  КОЕ/см<sup>3</sup> и количестве разрядов ( $N = 25$ ), низких значениях напряжения увеличение его амплитуды, независимо от полярности и величины зарядной емкости, незначительно влияет на изменение концентрации бактерий *E-coli*. Смена полярности напряжения с отрицательной на положительную при величине зарядной емкости –  $C_z = 0,0017$  мкФ и амплитуде напряжения  $U = 50$  кВ приводит к снижению на порядок концентрации жизнеспособных клеток.

В табл. 3 представлены результаты экспериментов по влиянию времени обработки, амплитуды напряжения и его полярности на выживаемость клеток *E-coli*. Отметим, что обработка исследуемой среды с исходной концентрацией клеток  $2,3 \cdot 10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup> в течение 3 минут при

$U = 40$  кВ, независимо от полярности, приводит к резкому уменьшению концентрации микроорганизмов на 5 порядков. С повышением исходной концентрации клеток до  $1,3 \cdot 10^{11}$  КОЕ/см<sup>3</sup>, увеличением амплитуды напряжения ( $U = 50$  кВ) и времени обработки в диапазоне 1–5 минут при положительной полярности напряжения наблюдается значительное снижение концентрации клеток (на 6 порядков).

В табл. 4 приведены результаты о влиянии воздействия коронного разряда при увеличении количества разрядов, амплитуды напряжения и величины зарядной емкости на выживаемость микроорганизмов. Как видно из таблицы, при воздействии на водную среду с исходной концентрацией  $1,0 \cdot 10^8$  КОЕ/см<sup>3</sup> импульсами с амплитудой 50 кВ, при количестве разрядов 5000 и величине зарядной емкости  $C_z = 235$  пкФ число бактерий резко уменьшается (на 6 порядков). С увеличением зарядной емкости  $C_z = 500$  пкФ при неизменном значении напряжения и количества разрядов концентрация жизнеспособных клеток уменьшается на 2 порядка по сравнению с исходной концентрацией, что свидетельствует об ухудшении эффективности обработки. С увеличением амплитуды импульса ( $U = 65$  кВ) и величины зарядной емкости при неизменном количестве разрядов степень инактивации улучшается на 6 порядков по сравнению с исходной концентрацией. Дальнейший рост величины зарядной емкости и уменьшение количества разрядов ухудшают эффективность обработки на 4 порядка по сравнению с предыдущей серией. Уменьшение величины зарядной емкости до  $C_z = 3480$  пкФ и количества разрядов ( $N = 270$ ) при  $U = 50$  кВ отрицательной полярности не оказывают никакого активирующего действия на обрабатываемую среду. Изменение полярности напряжения с отрицательной на положительную при  $U = 65$  кВ, зарядной емкости  $C_z = 1130$  пкФ и количества разрядов  $N = 5000$  значительно улучшает степень инактивации микроорганизмов (на 4 порядка).

В табл. 5 представлены результаты экспериментов по выявлению зависимости степени инактивации клеток *E-coli* в искровом режиме обработки водной среды. Как видно из таблицы, обработка искровыми разрядами дает наибольший эффект. При этом концентрация клеток заметно снижается при увеличении емкости конденсатора и гораздо меньше зависит от количества разрядов. Так, при напряжении 45 кВ и емкости конденсатора 500 пкФ обработка 10000 разрядов уменьшает концентрацию клеток примерно на 4 порядка, а увеличение емкости до 1130 пкФ дополнительно снижает еще на 3 порядка. При отрицательной полярности и напряжении 50 кВ, емкости конденсатора

**Таблица 1.** Влияние количества разрядов, полярности напряжения и зарядной емкости генератора на процесс инактивации клеток *E-coli*

№	Количество разрядов	Напряжение, кВ	Полярность напряжения	Зарядная емкость, мкФ	Концентрация клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>
1	0				$2,8 \cdot 10^{12}$
2	1	40	+	1	$2,8 \cdot 10^{12}$
3	5	40	+	1	$2,6 \cdot 10^{12}$
4	25	40	+	1	$2,4 \cdot 10^9$
5	125	40	+	1	$2,0 \cdot 10^4$
6	0				$6,6 \cdot 10^6$
7	5	40	-	2	$3 \cdot 10^6$
8	20	40	-	2	$2 \cdot 10^5$
9	25	40	-	2	$1,7 \cdot 10^5$
10	25	40	+	2	$3,3 \cdot 10^6$

**Таблица 2.** Влияние низких значений напряжения, полярности и величины зарядной емкости конденсатора на изменение концентрации живых клеток при 25 разрядах (коронный разряд)

№	Количество разрядов	Полярность напряжения	Напряжение, кВ	Зарядная емкость, мкФ	Концентрация клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>
1	0				$10,6 \cdot 10^{10}$
2	25	+	18	0,4	$6,0 \cdot 10^{10}$
3	25	+	18	0,4	$3,9 \cdot 10^{10}$
4	25	+	18	0,4	$6,0 \cdot 10^{10}$
5	25	+	18	0,4	$6,9 \cdot 10^{10}$
6	25	+	18	0,4	$6,7 \cdot 10^{10}$
7	25	-	26	0,4	$7,1 \cdot 10^{10}$
8	25	-	26	0,4	$5,5 \cdot 10^{10}$
9	25	-	50	0,0017	$14,6 \cdot 10^{10}$
10	25	+	50	0,0017	$1,0 \cdot 10^{10}$

**Таблица 3.** Влияние времени обработки, напряжения и полярности на снижение концентрации живых клеток

№	Время обработки, мин	Полярность напряжения	Напряжение, кВ	Зарядная емкость, нФ	Концентрация клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>
1	0				$2,3 \cdot 10^8$
2	3	+	40	1,7	$4,6 \cdot 10^3$
3	3	-	40	1,7	$3,2 \cdot 10^3$
	0				$1,3 \cdot 10^{11}$
4	1	+	50	1,7	$1,0 \cdot 10^8$
5	3	+	50	1,7	$2,0 \cdot 10^6$
6	5	+	50	1,7	$8,4 \cdot 10^5$

**Таблица 4.** Влияние количества разрядов, величины и полярности напряжения, емкости конденсатора на снижение концентрации живых клеток при коронном разряде

№	Количество разрядов	Полярность напряжения	Напряжение, кВ	Зарядная емкость, пкФ	Концентрация клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>
1	0				$1,0 \cdot 10^8$
2	5000	+	50	235	$2,3 \cdot 10^2$
3	5000	+	50	500	$1,4 \cdot 10^6$
4	5000	+	65	1130	$3,2 \cdot 10^2$
5	1000	+	50	2500	$4,3 \cdot 10^6$
6	2000	+	50	4700	$7,5 \cdot 10^7$
7	270	-	50	3480	$1,0 \cdot 10^8$
8	5000	-	65	1130	$0,6 \cdot 10^6$

**Таблица 5.** Влияние количества разрядов, величины и полярности напряжения и емкости конденсатора на снижение концентрации живых клеток при искровом разряде

№	Количество разрядов	Полярность напряжения	Напряжение, кВ	Зарядная емкость, пкФ	Концентрация клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>
	0				$1,0 \cdot 10^8$
1	500	+	45	230	$3,6 \cdot 10^1$
2	5000	+	45	66	$1,0 \cdot 10^2$
3	5000	+	45	1130	$0,8 \cdot 10^2$
4	1000	+	45	2350	$2,3 \cdot 10^3$
5	10000	+	45	500	$2,8 \cdot 10^4$
6	10000	+	45	1130	$1,6 \cdot 10^1$
7	0				$1,0 \cdot 10^{10}$
8	1000	–	50	1350	$2,0 \cdot 10^4$
9	4000	–	50	2500	$2,6 \cdot 10^1$

**Таблица 6.** Влияние количества разрядов и режимов обработки при положительной полярности напряжения на снижение количества живых клеток

№	Количество разрядов	Режим обработки	Полярность напряжения	Напряжение, кВ	Зарядная емкость, нФ	Концентрация клеток, КОЕ/см <sup>3</sup>
1	0					$4,0 \cdot 10^{10}$
2	10	корона	+	50	2,5	$4,0 \cdot 10^{10}$
3	100	корона	+	50	2,5	$4,6 \cdot 10^8$
4	1000	корона	+	50	2,5	$1,6 \cdot 10^8$
5	3000	корона	+	50	2,5	$0,6 \cdot 10^8$
6	5000	корона	+	50	2,5	$1,6 \cdot 10^4$
	10	искра	+	50	2,5	$2,9 \cdot 10^8$
	100	искра	+	50	2,5	$4,6 \cdot 10^8$
	500	искра	+	50	2,5	$2,6 \cdot 10^8$
	1000	искра	+	50	2,5	0

1350 пкФ обработка 1000 разрядов ослабляет концентрацию на 6 порядков, а увеличение емкости конденсатора до 2700 пкФ и числа разрядов до 4000 снижает концентрацию клеток еще на 3 порядка.

В табл. 6 приведены сравнительные результаты обработки водной среды с содержащимися в них клетками *E-coli* при разных режимах: коронном и искровом разрядах.

При сравнении результатов экспериментов (табл. 6) можно заключить, что искровой режим обработки исследуемой водной среды наиболее эффективен с точки зрения инактивации бактерий *E-coli*, то есть с увеличением количества разрядов эффект гибели микроорганизмов может скачкообразно возрастать. Если при обработке коронным разрядом при 5000 разрядов число жизнеспособных клеток снижается на 6 порядков, то при обработке искровым разрядом уже при 1000 разрядов численность клеток снижается более чем на 10 порядков и доходит до нуля, то есть учесть живые клетки не удалось.

Сравнивая параметры генератора импульсных напряжений (табл. 4–6), при которых наблюдается заметное снижение концентрации жизнеспособных

клеток после высоковольтного электроимпульсного воздействия, можно заключить, что полная инактивация микроорганизмов бактерий *E-coli* достигается в искровом режиме обработки (табл. 6) при амплитуде импульса  $U = 50$  кВ и зарядной емкости генератора  $C_z = 2,5$  нФ. В этом случае импульс на выходе генератора имеет следующие параметры: фронт – 18 нс, длительность – 350 нс, частота следования  $> 1000$  Гц.

При описании возможных механизмов инактивации при данных режимах обработки можно учесть результаты исследований вольт-секундных характеристик среды в работе автора [35]. Следует отметить, что в зависимости от амплитуды напряжения, его полярности, конструкции электродов и длительности импульса наблюдается тепловой либо электрический пробой среды. При напряжениях ниже 25 кВ (корона) происходит разряд в пузырьках, образующихся в результате нагрева среды вблизи электрода с малым радиусом кривизны, который вызывает слабые ударные волны. Разряд в пузырьках постепенно распространяется по направлению к противоположному электроду

(плоскости), приводя к тепловому пробую промежутка, который сопровождается следующими физическими процессами в пузырьках: ультрафиолетовое излучение, генерация озона, атомарного кислорода и т.д., в совокупности отрицательно влияющими на жизнедеятельность микроорганизмов. При амплитудах напряжения выше 25 кВ, положительной полярности импульса и малой длительности фронта тепловой пробой среды сменяется электрическим (искровой разряд), развитием высокоскоростных лидерных каналов, инициирующих мощные ударные волны сжатия, генерацию озона и ультрафиолетового излучения, проникновением высокочастотных наносекундных полей непосредственно в ядро клетки, вызывая тем самым прекращение их дальнейшее воспроизводство [23].

### ВЫВОДЫ

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

- обработка воды, содержащей бактерии *E-coli*, электрическими импульсными разрядами позволяет достоверно снизить численность жизнеспособных бактерий, при этом выявляется зависимость от исходной концентрации клеток;

- эффективность электроимпульсной обработки существенно зависит от длительности обработки и количества разрядов, независимо от режимов обработки (коронный, искровой разряды), значения напряжения, его полярности и величины зарядной емкости генератора импульсных напряжений;

- при низких значениях воздействующего импульсного напряжения увеличение его амплитуды независимо от полярности и величины зарядной емкости генератора, при неизменном количестве разрядов не оказывает существенного влияния на изменение концентрации микроорганизмов;

- при обработке коронными разрядами эффект существенно зависит от амплитуды напряжения, его полярности, количества разрядов и зарядной емкости генератора. При положительной полярности напряжения с увеличением его амплитуды и величины зарядной емкости генератора эффект инактивации значителен;

- при обработке искровым разрядом возможно добиться максимального эффекта (полной инактивации) обеззараживания воды при меньших количествах разрядов по сравнению с коронным режимом обработки.

Таким образом, возможность снижения микробного титра с помощью электроимпульсной обработки не вызывает сомнений, и данная технология обеззараживания питьевой и сточных вод от болезнетворных микроорганизмов может

служить основой для разработки высоковольтных импульсных установок технологического назначения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Горин Ю.В., Кулахметов Ф.Х., Курбанов Э.Д. *Известия НАН Азербайджана. Серия физико-математических и технических наук.* 1990, **11**(2), 23–25.
2. Амиров Р.Х., Асиновский Э.Н., Самойлов Н.С., Шепелин А.В. *Химия высоких энергий.* 1992, **26**(1), 76–81.
3. Горин Ю.В., Кулахметов Ф.Х., Курбанов Э.Д. *ЭОМ.* 1993, (6), 24–26.
4. Смирнов С.М., Терентьев П.В. *Генераторы импульсов высокого напряжения.* М.; Л.: Энергия, 1964. 240 с.
5. Кремнев В.В., Месяц Г.А. *Методы умножения и трансформации импульсов в сильноточной электронике.* Новосибирск: Наука, 1987. 226 с.
6. Авруцкий В.А., Кужекин И.П., Чернов Е.Н. *Испытательные и электрофизические установки. Техника эксперимента.* Учебное пособие. Под ред. И.П. Кужекина. М.: МЭИ, 1983. 264 с.
7. Kovalchuk V.M., Kremnev V.V., Mesyats G.A., Potalitsyn Yu.F. *Proceedings of the X International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG).* Oxford, England, Sept. 13–18, 1971, Pt 1, p. 175.
8. Mammadov N.A., Davudov B.B., Dashdamirov K.M., Sadikhzadeh, G.M., et al. *IJTPPE.* 2013, **5**(17), 184–189.
9. Norinder H., Salka O. *Arkiv fur Physik.* 1951, band 3, № 19, 347–385.
10. Shcherbakov Yu.V. *Proceedings of the XXIV International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG).* Warsaw (Poland), July 11–16, 1999, ID P-214 2 167–8.
11. Kutzner R., Salge J. *Proceedings of the 9th International Symposium on High Voltage Engineering.* Graz, Austria. № 7865, 28 August – 1 September 1995, p. 1–4.
12. Allen N.L., Ghaffar A. *J Phys D Appl Phys.* 1995, **28**, 338–343.
13. Allen N.L., Mikropoulos P.N. *J Phys D Appl Phys.* 1999, **32**, 913–919.
14. Курбанов Э.Д. *Электричество.* 2009, (6), 57–59.
15. Курбанов Э.Д. *Электричество.* 2009, (4), 60–65.
16. Курбанов Э.Д., Горин А.В. *Упрочняющие технологии и покрытия.* 2009, (10), 12–16.
17. Курбанов Э.Д., Гашимов А.М., Гурбанов К.Б., Бондяков А.С. и др. *Проблемы энергетики.* 2006, (3–4), 60–66.
18. Kurbanov E.D., Kuzhekin I.P., Gashimov A.M., Bondyakov A.S. *Fizika.* 2007, (5), 3–8.
19. Курбанов Э.Д. *Проблемы энергетики,* 2009, (1), 55–58.
20. Курбанов Э.Д. *Известия НАН Азербайджана.* 2009, **29**(5), 78–93.

21. Кузнецов В.Г., Гашимов А.М., Курбанов Э.Д. *Техническая электродинамика*. 2009, (6), 17–22.
22. Гурбанов Э.Д. *Известия Национального аэрокосмического агентства*. 2015, **18**(4), 65–72.
23. Gashimov A.M., Kurbanov E.D. *Surf Eng Appl Electrochem*. 2009, **45**(5), 411–414.
24. Gurbanov E.J. *Proceedings of the XX-th IEEE International Conference on "Plasma Science" and 41-st Conference on "High Power Particle Beams."* Washington, USA, IEEE, 25–29 May 2014, 3P-31, p. 1.
25. Gurbanov E.J. *Abstract Booklet. XXII-nd International Electrophysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG)*, 15–19 July 2014, Greifswald, Germany, p. 169–170.
26. Gurbanov E.J. *Proceedings of the 11-th International conference on technical and physical problems of electrical engineering TPE-2015*. Bucharest (Romania), 10–12 September 2015, p. 354–358.
27. Gurbanov E.J. *Proceedings of the 9-th International conference on technical and physical problems of electrical engineering TPE-2013*, Istanbul, Turkey, 9–11 September 2013, p. 501–503.
28. Gurbanov E.J. *Bulletin of the 66-th Annual Gaseous Electronics Conference GEC-2013*, Princeton (USA), September-October 2013, **58**(8), p. 47.
29. Гурбанов Э.Д. *ЭОМ*. 2015, **51**(5), 99–106.
30. Мамедов В., Гашимов А.М., Гурбанов К.Б., Гурбанов Э.Д. *Проблемы энергетики*. 2015, (3), 65–72.
31. Гурбанов Э.Д. *ЭОМ*. 2015, **51**(6), 103–107.
32. Gurbanov E.J. *IJTPЕ*. 2014, **6**(18), 34–38.
33. Gurbanov E.J. *IJTPЕ*. 2014, **6**(18), 88–93.
34. Gurbanov E.J. *IJTPЕ*. 2015, **7**(23) 49–54.
35. Кужекин И.П., Курбанов Э.Д. *Вестник МЭИ*. 2008, (2), 33–36.

Поступила 29.01.16

После доработки 01.02.16

### Summary

The present article considers disinfection of water and water resources from pathogenic bacteria like *E-coli* by a high-voltage electro pulse processing. The technique of determination of microorganisms concentration before and after the pulsed impact is shown. Experimental results on the influence of different discharge types (crown, spark), of the processing time (number of discharges), of electric parameters of a high voltage generator (tension, polarity, charging capacity) and of the initial concentration of microorganisms on changes in their quantity after an electro pulse impact are presented. It is found that an inactivation level of microorganisms is significantly depended on the type of a discharge, processing time, and their initial concentration. The data on most effective electro pulse processing modes of the water medium are given.

*Keywords: high voltage installation, water, E-coli bacterium, generator of pulsed tensions, number of discharges, processing time, charging capacity, electrode with a small radius of curvature, inactivation, microorganisms, processing mode, crown discharge, spark discharge, initial concentration of cells.*