

---

# МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

**Л.Е. Саруханова, Е.Г. Волина**

Кафедра микробиологии и вирусологии  
Российский университет дружбы народов  
*ул. Миклухо-Маклая, 8, Москва, Россия, 117198*

**А.В. Егоркин**

Отделение радиационных технологий и оборудования  
ФГУП ВНИИТФА  
*Варшавское шоссе, 46, Москва, Россия, 115230*

**И.Ю. Трусов**

ОАО НИИТФА  
*Варшавское шоссе, 46, Москва, Россия, 115230*

**В.С. Шибуня**

Кафедра нанотехнологий  
МИСиС  
*Ленинский проспект, 4, Москва, Россия, 117936*

Проведено сравнительное исследование выживаемости бактерий в воде при различных физических способах ее обеззараживания.

**Ключевые слова:** общее микробное число, кишечная палочка, акустические колебания, пучок электронов, озонородная смесь.

Вода является естественной средой обитания микроорганизмов. Наибольшее их количество представлено сапрофитными бактериями, относящимися к родам *Micrococcus*, *Sarcina*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Proteus*, а также дрожжами и плесневыми грибами.

Для патогенных микроорганизмов вода — неблагоприятный биотоп. Однако некоторые из них попадают туда с различными стоками, в которых могут содержаться выделения из организма человека, теплокровных животных и птиц. Нередко они попадают в водоемы при купании, стирке белья, водопое скота, стекают с дождевыми потоками с участков земли. Несмотря на то, что для патогенных микроорганизмов вода является неблагоприятной средой обитания, многие из них сохраняют в этом биотопе жизнеспособность и становятся причиной инфекционных заболеваний.

Известно, что водный путь передачи характерен для возбудителей брюшного тифа, шигеллеза, амебиаза, холеры, лептоспироза, полиомиелита, гепатитов и др. Так, например, холерный вибрион способен не только выживать, но даже размножаться в теплой воде прибрежной зоны, имеющей щелочной рН. Длительность выживания этих патогенных микроорганизмов в воде обусловлена совокупностью ряда факторов: климатогеографических, условий аэрации, глубины водоема, скорости течения, его солености, рН и др.

Очистка питьевой воды от микробного загрязнения и контроль ее качества остаются одной из первоочередных задач санитарной микробиологии.

В настоящее время применяются различные методы обеззараживания питьевой воды, каждый из которых обладает определенными недостатками.

Так, один из них — хлорирование, при котором в обрабатываемую воду с целью уничтожения микроорганизмов добавляют хлорсодержащие ингредиенты в высоких дозах. При этом ухудшаются органолептические свойства воды и возрастают затраты на приобретение реагентов. Эффективно обеззараживание воды путем ее озонирования. Однако при этом велики расходы как на дорогостоящий озон, так и на оборудование каталитической нейтрализации газа, не прореагировавшего в процессе обеззараживания воды.

**Целью** настоящей работы явилась сравнительная оценка эффективности современных физических методов обеззараживания питьевой воды.

**Материалы и методы.** Материалом для исследования послужили образцы так называемой «сырой воды», взятой из источника водоснабжения г. Москвы для последующей очистки. Определяли 2 показателя — общее микробное число и выживаемость кишечной палочки, которая относится к санитарно-показательным бактериям (группа БГКП).

Посевной материал (суспензию *Escherichia coli*) вносили в соответствующие пробы воды перед обработкой различными физическими методами. Суспензию *E. coli* готовили путем смыва физиологическим раствором чистой культуры бактерий, выращенных на МПА. Для определения количества жизнеспособных клеток готовили разведения исходной суспензии 1:10—1:10<sup>7</sup> в стерильной дистиллированной воде. Из каждого разведения по 1 мл засеивали на дифференциально-диагностическую среду Эндо. Посевы инкубировали в термостате при температуре 37 °С в течение 24 ч. Подсчитывали выросшие колонии и умножали их количество на степень разведения (КОЕ/мл). Было приготовлено 3 объема посевного материала по 30,0 мл. Этот посевной материал вносили в три емкости воды объемом 130 л каждая. Подсчитывали общее микробное число и содержание *E. coli* в контролях и после обработки воды различными физическими методами.

Обеззараживание питьевой воды проводили разными методами и в различных сочетаниях:

- акустическими колебаниями широкого спектра частот (АК), возбуждаемыми гидроакустическим генератором;
- электронно-лучевой обработкой пучком электронов (ЭЛО), создаваемых ускорителем, разработанным сотрудниками ФГУП ВНИИТФА;
- озоновооздушной смесью (ОВС), подаваемой через озонатор под давлением 1 атм.

Источником акустических колебаний являлся генератор «ножевого» типа с частотой колебаний 8 кгц, степенью разряжения 0,9 атм и интенсивностью колебаний 2,5 Вт/см<sup>2</sup>.

Из обработанных в различных режимах общих объемов воды производили забор проб стерильным шприцем по 10,0 мл для бактериологических исследований, каждое из которых проводилось в трех повторностях.

Методы обработки исходных объемов воды с внесенным посевным материалом состоял из:

- 1) озвучивания в течение 10 мин. АК с одновременной подачей ОВС;
- 2) озвучивания в течение 3 мин. АК с подачей озоновоздушной смеси и электронно-лучевой обработкой;
- 3) электронно-лучевой обработки в течение 3 мин.

Полученные результаты обработаны статистически ( $M \pm m$ ).

**Результаты и обсуждение.** Было проанализировано 11 проб воды, из которых 2 контроля и 9 обработанных различными методами, указанными выше.

Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Определение общего микробного числа и количества кишечной палочки в образцах воды при различных методах обеззараживания**

№ образца	Метод обработки	Общее микробное число (кл/мл)	Кол-во <i>E. coli</i> (КОЕ/мл)
Контроль 1		$(2,5 \pm 0,63) \cdot 10^5$	0
Контроль 2		$(9,3 \pm 1,37) \cdot 10^5$	$(6,8 \pm 1,06) \cdot 10^5$
№ 1	АК + ОВС	$(5,1 \pm 0,93) \cdot 10^3$	$(9,2 \pm 1,3) \cdot 10^2$
№ 2	АК + ОВС + ЭЛО	$20 \pm 6,07$	0
№ 3	ЭЛО	$(2,6 \pm 0,13) \cdot 10^3$	0

*Примечание:* АК — акустические колебания, ОВС — озоновоздушная смесь, ЭЛО — электронно-лучевая обработка.

В контроле № 1 приведено общее количество бактерий, содержащихся в исследуемой воде, до внесения в нее суспензии кишечной палочки. Оно составило  $(2,5 \pm 0,63) \times 10^5$  кл/мл. После добавления посевного материала, содержащего кишечную палочку, общее количество бактерий достигло  $(9,3 \pm 1,37) \times 10^5$  кл/мл, а на среде Эндо количество колоний *E. coli* было равно  $(6,8 \pm 1,06) \times 10^5$  КОЕ/мл (контроль № 2).

При обработке воды методом №1 (АК + ОВС) общее микробное число снизилось на два порядка и составило  $(5,1 \pm 0,93) \times 10^3$  кл/мл, а количество кишечной палочки — на три порядка  $(9,2 \pm 1,3) \times 10^2$  КОЕ/мл.

Применение сочетанного метода обеззараживания АК + ОВС + ЭЛО (метод № 2) в течение 3 мин., привело к снижению общего микробного числа до уровня 10—30 кл/мл при полном отсутствии кишечной палочки.

При использовании ЭЛО (метод №3) для очистки воды от микробного загрязнения также отмечено снижение общего микробного числа до  $(2,6 \pm 0,13) \times 10^3$  и полное отсутствие кишечной палочки.

Проведенные исследования показывают целесообразность и перспективность применения метода совместного воздействия акустических колебаний, создаваемых генератором «ножевого» типа, при одновременной электронно-лучевой и озоновоздушной обработке воды с целью ее обеззараживания. При обработке воды пучком электронов вырабатывается озон, выбросы которого в атмосферу недопустимы. Гидроакустический излучатель затягивает озон в резонаторные камеры

генератора акустических колебаний, диспергирует его на мельчайшие пузырьки, дополнительно способствуя стерилизации за счет окисления. Применение акустической обработки исключает процесс каталитической нейтрализации озона, требующий специального оборудования.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Мальшиева З.Г., Уголькова Н.В.* Санитарно-микробиологическое исследование воды // В кн. «Руководство по мед. микробиологии. Общая и санитарная микробиология» / Под ред. А.С. Лабинской, Е.Г. Волиной. — М.: Изд-во «Бином», 2009. — С. 836—868.
- [2] *Ванюшкин Б.М., Кузелев Н.Р., Упадъшев Л.Б. и др.* Способ обеззараживания воды. Патент № 2290370 от 22.03.2005.

## MICROBIOLOGICAL CONTROL OF THE EFFICACY OF MODERN PHYSICAL METHODS OF DRINKING WATER DISINFECTION

**L.E. Sarukhanova, E.G. Volina**

Department of Microbiology and Virusology  
Peoples' Friendship University of Russia  
*Miklukho-Maklaya str., 8 Moscow, Russia, 117198*

**A.V. Egorkin**

FSUE VNIITFA (Federal State Unitary Enterprise —  
Russian Scientific Research Institute of Technical Physics and Automation)  
*Varshavskoe hw., 46, Moscow, Russia, 115230*

**I.Yu. Trousov**

JST NIITFA  
*Varshavskoe hw., 46, Moscow, Russia, 115230*

**V.S. Shibunya**

Nanotechnology Department  
MISIS (National University of Science and Technology)  
*Leninsky av., 4, Moscow, Russia, 117936*

A comparative study of the bacteria survival in water decontaminated by various physical methods is conducted.

**Key words:** total microbial count, *Escherichia coli* (*E. coli*), acoustic oscillations, electron beam, ozone air mixture.