

УДК 614.628.576

С.А.БЕРЛИЗОВА

ООО фирма "Аква-Капитал", г.Днепропетровск

А.В.КРАВЧЕНКО, канд. техн. наук

Украинский государственный химико-технологический университет, г.Днепропетровск

А.Ф.НЕСТЕРЕНКО, канд. хим. наук, В.С.КУБЛАНОВСКИЙ, д-р хим. наук

Институт общей и неорганической химии НАН Украины, г.Киев

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ЭЛЕКТРОЛИЗА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД

Рассматривается влияние люминесцентного электролиза в процессах очистки питьевых и других природных вод с разной степенью бактериального загрязнения. Показана высокая эффективность метода в отношении гибели различных бактерий и вирусов.

Употребление недоброкачественной питьевой воды является одним из основных источников инфекционных заболеваний. Так, только заболеваемость по этой причине вирусным гепатитом в странах СНГ составляет 1 млн. человек в год, что наносит большой экономический ущерб.

Улучшению качества питьевой воды уделяется большое внимание во всем мире. При этом широко используемые в практике водоснабжения реагентные методы обеззараживания не всегда отвечают предъявляемым требованиям.

В последнее время в отечественной и зарубежной литературе [1] даются предостережения о потенциальной опасности появления в питьевой воде галогенсодержащих соединений, в том числе продуктов хлорирования – часто встречающихся в водоемах пестицидов, аминофенолов, поверхностно-активных и других химических веществ.

В связи с этим актуальным является поиск новых способов обеззараживания питьевой воды. Одним из таких способов может быть обработка питьевой воды тлеющим разрядом.

На рис.1 показана динамика гибели бактерий при различных экспозициях тлеющего разряда. Из рисунка следует, что через 3-5 мин воздействия наступает гибель практически всех индикаторных групп бактерий в питьевой воде (ЛКП, БГКП, грамотрицательных микроорганизмов), кроме споровых форм клостридий, которые практически не повреждаются и сохраняются в воде, при этом вегетативные формы снижаются на два порядка. Патогенные бактерии – сальмонеллы погибают в течение 2-3 мин воздействия тлеющего разряда. Следовательно, обработка питьевой воды тлеющим разрядом в течение 4, 5 и 6 мин с помощью испытываемого прибора способствует обеспечению стандартного качества питьевой воды.

Для оценки качества сточных вод из открытых водоемов используют показатель – лактозоположительные кишечные палочки. Как в экспериментах с питьевой, так и со сточной водой наблюдалось небольшое снижение количества споровых форм клостридий и более значительное – энтерококков, но полной их гибели не отмечалось.

Из рис.2 видно, что на 4-й минуте воздействия тлеющего разряда резко снижается количество ЛКП – основного бактериального показателя эпидебезопасности сточных вод. Такой же эффект отмечен и в растворах с сальмонеллами. Наблюдается активное снижение ОМЧ и энтерококков. Наиболее стабильные уровни сохраняют споровые бактерии – клостридии.

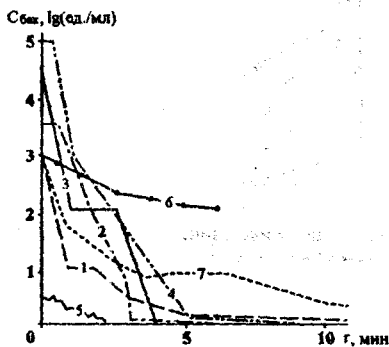


Рис.1 – Динамика гибели бактерий в питьевой воде под воздействием тлеющего разряда: 1 – ОМЧ; 2 – ЛКП; 3 – БГКП; 4 – грамотрицательные микроорганизмы; 5 – сальмонеллы; 6 – споровые формы клостридий; 7 – вегетативные формы клостридий

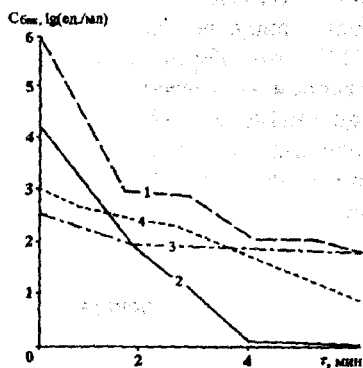


Рис.2 – Динамика гибели бактерий в сточной воде под воздействием тлеющего разряда: 1 – ОМЧ; 2 – ЛКП; 3 – клостридии; 4 – энтерококки

Стерилизующий в отношении сальмонелл эффект отмечался при обработке проб:

- а) соответствующих по загрязнению качеству воды поверхностных водоемов – при времени обработки 4 минуты;
- б) городской сточной жидкости (при концентрации сальмонелл 5000 микр.кл./мл – при времени обработки 4 минуты).

Отметим, что полученные в ходе исследований ограничения по временному интервалу обеззараживания вод не являются конечными. При увеличении силы тока, протекающего между анодом и обрабатываемым раствором, и применении пленочного режима протекания жидкости время обработки можно снизить на один-два порядка. Это можно осуществить путем использования реакторов вертикального

типа с развернутым тлеющим разрядом.

Результаты исследований гибели колифагов приведены на рис.3.

Как видно из представленных выше данных, при высоких уровнях загрязнения (порядка  $10^6$  ед./дм<sup>3</sup>) воздействие разряда в течение одной минуты уменьшает концентрацию колифага более чем на один порядок. При дальнейшем увеличении времени воздействия (до 3 и 5 минут) концентрация колифага снижается в меньшей степени и при 5 минутах полная очистка не наблюдается.

При высоком уровне загрязнения питьевой воды (порядка  $10^4$  ед./дм<sup>3</sup>) после одной минуты воздействия гибель вирусов составляла 95,71%, что обусловлено содержанием во взвеси как высокоустойчивых, так и менее устойчивых популяций микроорганизмов. Дальнейшее увеличение времени воздействия приводило к нарастанию процента очистки. При максимальном времени воздействия в 10 минут количество колифагов снижалось на 99,92%.

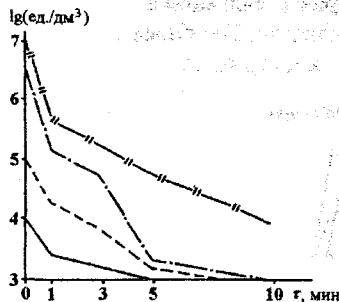


Рис.3 – Динамика уничтожения колифага в питьевой воде при его различных высоких инициальных концентрациях

Анализ полученных данных свидетельствует, что независимо от инициального загрязнения воды в первые минуты обработки отмечается наиболее резкое снижение содержания микроорганизмов, которое затем замедляется. Время для полного уничтожения колифагов зависит от исходной концентрации микроорганизмов в воде.

Большой интерес представляло изучение влияния тлеющего разряда на гибель микроорганизмов, содержащихся в питьевой воде на уровне единиц, десятков и сотен микроорганизмов в литре, что наиболее часто встречается в естественных условиях при существующих способах обработки воды или при несоблюдении режимов обработки. С этой целью были проведены две серии исследований при содержании в питьевой воде колифагов на уровне  $10^2$  и  $10^1$  ед./дм<sup>3</sup>.

Результаты исследования приведены в табл.1.

Как видно из таблицы, при загрязнении питьевой воды на уровне сотен микроорганизмов в 1 дм<sup>3</sup> при 1-минутном воздействии колифаг уничтожается на 51,1%, а при 3-минутном – практически на 100%. При более низком инициальном загрязнении (на уровне  $10^1$  ед./дм<sup>3</sup>) для полного удаления колифагов достаточно 1 минуты воздействия.

Таблица 1 – Гибель колифагов, содержащихся в питьевой воде в низких концентрациях, под воздействием тлеющего разряда

Продолжительность воздействия, мин	Концентрация микроорганизмов, ед./дм <sup>3</sup>	Инактивация, %
Серия 1		
Контроль	9,4·10 <sup>2</sup>	–
1	4,6·10 <sup>2</sup>	51,1
3	0	100,0
Серия 2		
Контроль	30	–
1	0	100,0
3	0	100,0

Параллельно с этими исследованиями изучали влияние тлеющего разряда на выживаемость вируса полиомиелита. Полученные результаты представлены в табл.2.

Таблица 2 – Динамика гибели вируса полиомиелита в водопроводной воде

Продолжительность воздействия, мин	Титр вируса в	Инактивация, %
ТЦД <sub>50</sub> ·10 <sup>6</sup> /дм <sup>3</sup>		
Контроль	3,20±0,20	–
1	1,79±0,23	45,1
3	Следы	99,9
5		100
10	Токсичный эффект	–
ТЦД <sub>50</sub> ·10 <sup>3</sup> /дм <sup>3</sup>		
Контроль	2,19±0,23	–
1	1,34±0,20	38,1
3	0	100
5	0	100
10	Токсичный эффект	–
ТЦД <sub>50</sub> ·10 <sup>3</sup> /дм <sup>3</sup>		
Контроль	0,34±0,20	–
1	0	100
3	0	100
5	0	100
10	Токсичный эффект	–

Как следует из таблицы, содержание вируса полиомиелита в питьевой воде на уровне 10 вирионов в 1 дм<sup>3</sup> уменьшается на 45% после 1-минутного воздействия и на 99,9% после 3-х минут. Полная гибель вируса наблюдается после 5-минутного воздействия тлеющего разряда. При содержании вируса в питьевой воде на уровне порядка 10<sup>3</sup> в литре после 1-минутного воздействия он разрушается на 38,1% и не определялся в пробах воды после 3-х минут.

При самых низких концентрациях вируса в питьевой воде (на уровне единиц) он не определяется в пробах воды после 1-минутного воздействия. Следует заметить, что при 10-минутном воздействии вода оказывала токсичное действие на клетки культуры ткани и E.Coli (штамм Hb2).

Таким образом, результаты экспериментов свидетельствуют о высоком бактерицидном эффекте тлеющего разряда в отношении вирусов, содержащихся в питьевой воде.

Исследования по изучению гибели колифагов в сточных водах проводили с использованием имитата и фильтрата нативных сточных вод. Результаты исследований приведены в табл.3.

Таблица 3 - Гибель колифагов в сточной воде под действием тлеющего разряда

Продолжительность воздействия, мин	Имитат сточных вод		Фильтрат нативных сточных вод	
	концентрация микроорганизмов, ед./дм <sup>3</sup>	инактивация, %	концентрация микроорганизмов, ед./дм <sup>3</sup>	инактивация, %
Контроль	5,6·10 <sup>7</sup>	—	5,4·10 <sup>7</sup>	—
2	1,6·10 <sup>7</sup>	71,50	1,2·10 <sup>6</sup>	97,54
3	2,3·10 <sup>5</sup>	99,58	1,9·10 <sup>5</sup>	99,61
5	9,7·10 <sup>3</sup>	99,98	0,67·10 <sup>3</sup>	99,99
10	Нет роста колифагов		Нет роста колифагов	

Как видно из этих данных, колифаги после 1-минутного воздействия разрушаются в имитате сточных вод на 71,5% и в фильтрате – на 97,54%. При увеличении времени воздействия до 3-х минут процесс разрушения микроорганизмов одинаковый и составляет соответственно 99,58 и 99,61%. Наименьшая выживаемость колифагов (более чем на 3 и 4 порядка) в этих водах наблюдалась при 5-минутном воздействии.

При изучении вирулентного действия тлеющего разряда на вирус полиомиелита в сточной воде установлено, что после 1-минутного воздействия гибель его достигала 52,8 и 41,3% в зависимости от исходной концентрации в сточной воде (табл.4).

Увеличение времени воздействия до 3-х минут приводило к очистке от вируса на 99,6% при более высокой исходной концентрации его в сточной воде и на 99,9% при более низкой концентрации. После 5-минутного воздействия в первом случае вирус определялся в пробах в незначительном количестве (в 1 из 4 зараженных пробирок) и не отмечался в пробах воды во втором случае.

Таблица 4 – Динамика гибели вируса полиомиелита в фильтрате нативной сточной воды

Продолжительность воздействия, мин	Титр вируса в	Инактивация, %
Контроль	3,28±0,20	–
1	1,55±0,23	52,80
3	0,84±0,20	99,64
5	Следы	99,99
10	Токсикологический эффект на клеточной культуре	
Контроль	2,64±0,2	–
1	1,55±0,3	41,3
3	Следы	99,9
5	0	100
10	Токсикологический эффект на клеточной культуре	

Таким образом, полученные в экспериментах данные свидетельствуют о высоком бактерицидном эффекте тлеющего разряда в отношении вируса полиомиелита и колифагов, содержащихся в сточных водах. Пятиминутное воздействие разряда приводит к уничтожению этих микроорганизмов на 99,9%.

1. Окунев Р.А., Кузнецов В.В., Миалева Е.В. и др. Опухолевидная опасность хлорированных углеводородов, содержащихся в питьевой воде, и изучение возможности их деструкции электрическими методами // Исследование сетей и сооружений систем водоснабжения городов и поселков. – Л., 1986. – С.110-116.

*Получено 10.11.2000*

УДК 628.54

**А.И.РОВЕНСКИЙ**, канд. техн. наук, **А.Е.КАПЛУНОВСКИЙ**  
 Северо-Восточный научный центр НАН Украины, г.Харьков

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД ПРАЧЕЧНОГО КОМБИНАТА ЮЖД**

Приводятся сведения об эффективности внедрения разработанной установки очистки стоков прачечной. Описываются состав и принцип работы установки. Внедрение установки очистных сооружений сточных вод прачечной с дальнейшим повторным использованием очищенной воды дает значительный экономический эффект.

Одним из важнейших вопросов защиты окружающей среды является охрана водного бассейна от загрязнения. К первоочередным мероприятиям в этом отношении относится доочистка промышленных сточных вод и их дальнейшее использование для технического водоснабжения предприятий. Повторное использование очищенных вод позволит значительно уменьшить дефицит водных ресурсов, особенно острый в восточном регионе Украины.

Внедрение повторного использования очищенных сточных вод и