

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДЫ И РАСТВОРА ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ С ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИМИ СВОЙСТВАМИ

НАУМОВА Ольга Валерьевна, Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

ЧЕСНОКОВ Борис Павлович, ООО «Р-Климат»

В статье представлена конструкция предлагаемой установки для обработки и дезинфекции различных объектов, а также результаты экспериментальных исследований по целесообразности воздействия высоковольтным импульсным разрядом на воду и гипохлорит с целью придания им дезинфицирующих свойств. Эксперименты показали, что вода и раствор гипохлорита, подвергнутые электрогидравлической обработке, могут эффективно бороться против бактерий, грибков и вирусов. Использование электроимпульсной технологии, вследствие которой появляются различные формы кислорода, водорода и хлорноватистой кислоты, способные повреждать микробные клетки, позволяет повысить результативность дезинфекции любых объектов при меньших энергетических затратах.

Введение. В современном мире появляются все новые виды опасных вирусов, для борьбы с которыми необходимо разрабатывать эффективные дезинфицирующие средства, безопасные для людей. Одним из таких средств, получивших широкое использование, является электролитический гипохлорит натрия. Авторами работы предлагается высоковольтная установка, позволяющая получать гипохлорит с высокими активными свойствами. Для производства дезинфицирующего средства потребуются только поваренная соль и электричество. Появляющиеся в современном мире вирусы требуют применения большого количества разнообразных дезинфицирующих препаратов. К ним относятся: надуксусная кислота, этанол 70 %, хлоргексидин биглюконат 1 % и 2-бензил-хлорфинол 2 %, а для очистки воздуха предлагается использовать методы электрофизического воздействия: озоном дозой от 0,34–1,98 до 0,80–4,19 мин-мг/м³; ультрафиолетом 254 нм; магнарилом, получаемого обработкой воды холодной плазмой, который оказывает губительное действие на вирус и др. [5]. Роспотребнадзор для проведения дезинфекции поверхностей предлагает применять гипохлорит кальция (натрия) в концентрации не менее 0,5 % по активному хлору. Всемирная организация здравоохранения также рекомендует применять средства на основе гипохлорита натрия или гипохлорита кальция. Гипохлорит натрия с дозой 500 мг/л по активному хлору доказал свою эффективность [6].

Наряду с ранее рекомендованными средствами предлагаются разработка и апробация новой технологии, которая за счет модификации и структурной перестройки как молекул воды, так и электролитического гипохлорита натрия способствует повышению дезинфицирующих свойств. Решить поставленную задачу предлагается использованием установки для высоковольтного разряда в воде и растворах (рис. 1). В основе разработки установки был положен способ трансформации электрической энергии в механическую работу, названный электрогидравлическим эффектом [3].

Техническая характеристика

Род тока, питающей сети.....переменный трехфазный
 Напряжение силовых цепей управления, В.....~ 220
 Напряжение цепей управления.....~ 220; 24
 Режим работы электропитанием.....ручной
 Потребляемая мощность, кВт.....не более 0,15
 Емкость конденсатора, мкФ.....0,47 или 0,94
 Напряжение заряда конденсатора, кВ.....от 7 до 10
 Длительность рабочего импульса, мкс...от 10 до 25
 Энергетические затраты при обработке 1 м³ воды не превышает, кВт·ч.....0,45–0,5
 Экспериментальная установка отличается многофункциональностью использования, простотой конструкции и удовлетворяет всем требованиям техники безопасности, а для защиты обслуживающего персонала от вредного воздействия электри-



Рис. 1. Установка высоковольтного импульсного разряда в жидких средах: 1 – воздушный разрядник; 2 – стабилизатор напряжения; 3 – трансформатор; 4 – рабочая емкость; 5 – блок сопротивлений; 6 – киловольтметр; 7 – конденсатор





ческого разряда при пробое применено ограждающее устройство из металлической сетки. Искровой разряд в воде или растворе вызывает многофакторную активацию за счет воздействия ударной волны, пульсацию газового пузыря, кавитацию, световое и ионизирующее излучение, коагуляцию и разрушение крупных частиц, перестройку и переориентацию молекул и примесей. После воздействия высоким напряжением образуются каналы пробоя, а вокруг мгновенно возникают динамические напряжения – поля растяжений и сдвига, которые приводят к разрушению инородных включений, превращая их в мельчайшие частицы. Следовательно, электрический разряд, проходящий за малый промежуток времени, можно рассматривать как взрывную волну, обеспечивающую переход воды в межэлектродном промежутке через критическое условие, вызывая неустойчивость всей системы замкнутого водного пространства. Исследования по использованию электрогидравлического эффекта вызывают большую заинтересованность, так как достигаются высокая однородность и реакционная способность воды или ее смеси с хлорсодержащими солями при последующем электролизе. Предлагаемые технические решения обеспечивают преобразование воды и гипохлорита натрия так, чтобы можно было уничтожить биологические вирусы в сельском хозяйстве.

Высокая однородность и реакционная способность достигаются обработкой воды или ее смеси с хлорсодержащими солями разрядным импульсом с последующим электролизом. Процесс осуществлялся на разработанной установке, которая обеспечивала преобразование воды и гипохлорита натрия так, чтобы можно было уничтожить биологические вирусы в сельском хозяйстве [3, с. 220–223].

Методика исследований. Методика модифицирования воды и раствора гипохлорита кальция, основанная на электрогидравлическом эффекте, включала в себя высоковольтную обработку электрическим разрядом молекул воды и растворов по следующим режимам: $U = 8–10$ кВ, $C = 0,47–0,94$ мкФ; и длительностью импульса $10^{-5}–12^{-6}$ мкс. При гидравлическом ударе происходят значительные импульсные перемещения объемов жидкости, инфра-и ультразвуковые излучения; формирование парогазоплазменного канала в области высокого напряжения; механические резонансные явления, электромагнитные мощные поля, которые меняют свойства жидкой среды. Образуется газообразная перекись водорода атомарные и молекулярные кислород и водород, свободные радикалы Н и ОН, а также хлорноватистая кислота. С увеличением энергии импульса энергетический механизм клетки подавляется и разрушаются такие формы микроорганизмов, как вирусы и спороносные бактерии, что открывает возможности получения воды и растворов с высокими дезинфекционными свойствами.

Результаты исследований. Эксперимент по воздействию разрядного импульса на изменение свойств дистиллированной воды включал в себя приготовление бульона Хоттингера, а затем про-

верку на вирусах. На обработанный бульон Хоттингера высевались следующие культуры: кишечная палочка (*Escherichia coli*), стафилококк золотистый (*Staphylococcus aureus*), псевдотуберкулез (*Yersinia pseudotuberculosis*). Посев культуры производили в пробирки с 5 мл бульона с последующим помещением в термостат. Далее делали посев на агар Хоттингера, который помещали в термостат ($T = 37$ °С) на 24 ч с последующим учетом результатов колоний. Рост количества бактерий в контрольном и обработанном бульоне контролировался на протяжении нескольких дней. Исследования с помощью атомно-силового микроскопа показали, что в зависимости от количества приложенной энергии происходят заметные изменения структуры в исследуемых образцах бульона (рис. 2–4).

Электроимпульсная технология позволяет обеспечить структурную перестройку воды и жидких растворов, способных поражать практически все известные бактерии, в том числе и споры вредных для человека культур. Необходимые затраты энергии для снижения концентрации микробов в тысячи раз ниже, чем при кипячении. Вследствие электростатического взаимодействия нескомпенсированных зарядов на структурные элементы образуется иная структура воды с измененными свойствами, что открывает широкие возможности предлагаемого решения в микробиологии [4, с. 364–368].

Новая технология получения электролитического гипохлорита натрия позволяет решить многие экологические и социальные проблемы. Разрядный импульс способствует переходу молекул воды и компонентов раствора в электронно-возбужденное состояние с образованием активных частиц, обеспечивающих инициирование химических превращений в процессе электролиза, а воздействие

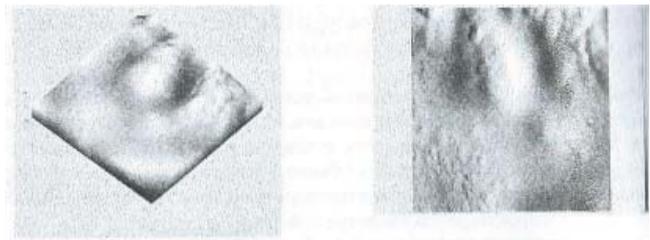


Рис. 2. Контрольный бульон, не обработанный (среднеквадратичная шероховатость – 149 нм)

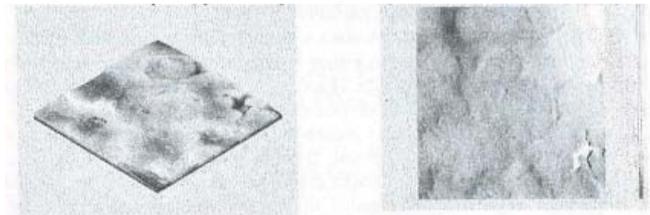


Рис. 3. Бульон, обработанный 5 импульсами (среднеквадратичная шероховатость – 94 нм)

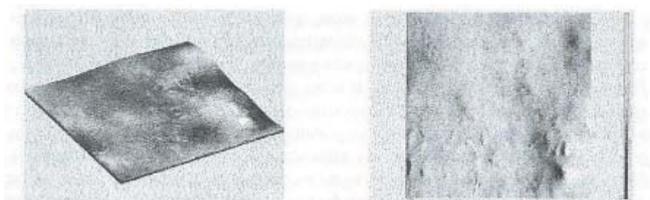


Рис. 4. Бульон, обработанный 11 импульсами (среднеквадратичная шероховатость – 80 нм)



положительно и отрицательно заряженных ионов, способствуют высокой степени окисления, которая хорошо подходит для очаговой и профилактической дезинфекции [1, 2]. Полученный дезинфектор эффективен в отношении растительных клеток, спор и бактерий, нарушая жизнедеятельность патогенов благодаря активным формам кислорода и хлорноватистой кислоты. Бактерицидные свойства гипохлорита натрия выражаются в следующем:

грибки, вызывающие кандидоз, *Candida albicans*, погибают *in vitro* в течение 30 с под действием 5,0–0,5%-го раствора NaOCl;

более резистентные к действию гипохлорита натрия энтерококки, например, патогенный *Enterococcus faecalis* погибает через 30 с после обработки 5,25%-м раствором или через 30 мин после обработки 0,5%-м раствором;

грамотрицательные анаэробные бактерии, такие как *Porphyromonas gingivalis*, *Porphyromonas endodontalis* и *Prevotella intermedia*, погибают в течение 15 с после обработки 5-0,5%-м раствором NaOCl.

Технология прошла апробацию при обеззараживании свежего навоза крупного рогатого скота, жидких фракций свиного и птичьего помета в хозяйствах, показав тем самым экологическую пригодность использования их в качестве удобрения. Обработка дает возможность со 100%-й эффективностью удалять вирусы, бактерии, паразитов, устранять запахи, а также снизить концентрацию гуминовых веществ, сохраняя растворенные в гумусе полезные микроэлементы. Подстилочный навоз и его жидкую фракцию подвергали обработке методом орошения смесью дезинфектанта и воды в соотношении 1:3:1 (дезинфектант–вода–навоз). Экспресс-анализ показал высокую активность препарата перед началом обработки и снижение концентрации после воздействия на навозную массу до нуля. Исследования на микробиологию показали снижение общего микробного числа на 6 порядков (с 10^9 до 10^3 мк/мл). Обработка жидкой фракцией навоза, прошедшего обработку дезинфектантом, не выявила негативного влияния на развитие и рост растений (рожь). Опыты проводили в полевых условиях в ЗАО «Агрофирма Волга» при обработке свежего коровьего навоза раствором гипохлорита перед внесением его на поля с озимой рожью (рис. 5–7) и в ООО «СарПродАгро» при обработке жидкой фракции свиного навоза с последующим внесением в междурядье посевов со всходами озимой пшеницы. Анализ безвредности проводили по ростовым показателям.

Основной причиной болезни птиц является зараженность кормов микроскопическими плесневыми грибами рода *Aspergillus*. Известно, что в зерновых культурах и особенно в кукурузе появляется «Токсин Т2», который вызывает падеж птицы от 60 до 100 %. Обработка зараженного фуражного зерна раствором гипохлорита натрия способствует уничтожению патогенных микроорганизмов, результаты воздействия представлены на рис. 5–7.

Использование гипохлорита натрия для фунгицидной и бактерицидной обработки зерновых

культур способствует полному или частичному подавлению развития возбудителей болезней сельскохозяйственных растений и исключает падеж птицы при кормлении. Препарат можно использовать для хранения и переработки зерновых культур, а также инкубаториев для повышения выводимости куриных эмбрионов, он является эффективным профилактическим и лечебным средством различных болезней желудочно-кишечного тракта, и органов дыхания сельскохозяйственных животных и птиц. Поение цыплят раствором 1 мг NaClO на 1 л H_2O позволяет спасти птиц от эпидемии благодаря дезинфицирующему действию водного раствора на токсины. Эксперименты по разведению промысловых рыб в устройствах замкнутого водоснабжения показали, что при выращивании рыбы зерном контаминированного микроскопическими грибами и обработанного гипохлоритом натрия не происходит снижение прироста карпа по сравнению с контролем (не пораженное грибами зерно), но наблюдается резкое снижение массы рыбы при кормлении зараженным дробленным зерном. Контроль токсичности дробленого зерна устанавливали с помощью биотеста с парameциями.

Органические вещества в воде служат мерилем степени ее загрязнения в зависимости от количества фотосинтезирующих микроорганизмов. Это относится и к сине-зеленым водорослям, которые входят в состав планктона и при массовом развитии при высоких летних температурах в пресных водоемах вызывают «цветение» воды, а нередко накапливают токсичные вещества, что приводит к гибели рыб. Обеззараживание воды от патогенных микроорганизмов является самым важным этапом ее очистки и, используя 0,25%-й раствор гипохлорита натрия, удается отметить эффективность воздействия препарата на процесс подавления механизма развития таких форм микроорганизмов, как вирусы и спороносные бактерии. На рис. 8. показано воздействие гипохлорита натрия на процесс очистки воды (заводь р. Волга) с высокой степенью загрязненности сине-зелеными водорослями.

Опыт с зелеными бактериями показал, что обработка позволяет уничтожить жизнедеятельность микроорганизмов и обесцветить воду, а всплывшие на поверхность органические вещества легко поддаются разьединению и могут быть использованы в качестве удобрения почвы. Пропустив жидкость через фильтр, удается получить чистую прозрачную воду, лишенную токсичности, водорослей и бактерий.

Гипохлорит натрия, полученный предложенным способом, отличается видоизмененной структурой при высокой химической и микробиологической чистоте и эффективности обеззараживания. Благодаря высокой степени окисления полученный раствор уничтожит патогенный вирус, разрушая белки. Пандемия недавно появившейся коронавирусной инфекции полностью инактивируется гипохлоритом натрия в течение нескольких минут, что позволяет применять его для обработки поверхностей, медицинских масок, а также для



Рис. 5. Результаты микробиологических исследований пшеницы: а – пшеница необработанная; б – пшеница, обработанная гипохлоритом 1/2



Рис. 6. Результаты микробиологических исследований ячменя: а – ячмень необработанный; б – ячмень, обработанный гипохлоритом 1/2



Рис. 7. Результаты микробиологических исследований проростков семян: а – зерно необработанное; б – зерно, обработанное 1,2%-м раствором гипохлорита натрия распыления в воздухе и дезинфекции рук.

Заключение. Использование электроактивированной воды и гипохлорита натрия обеспечивает улучшение качества дезинфицирующих средств при меньших дозах, а способность повреждать различные виды растительных клеток, спор и бактерий, позволяет повысить результативность воздействия.

Особый интерес представляет использование данных средств для борьбы с вирусами в период эпидемий в местах массового скопления людей, что позволит обеспечить нейтрализацию любых вирусов, переносимых аэрозольным путем.



Рис. 8. Речная вода с сине-зелеными водорослями: а – до обработки; б – после обработки гипохлоритом натрия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2616622 РФ. Способ получения гипохлорита натрия, от 24.02.2016. Бюл. № 11 от 18.04.2017 / Б.П. Чесноков, Е.Г. Вашинков, О.В. Наумова, Ю.Ю. Наумов, К.В. Филатова; заявитель, патентообладатель Саратовский ГАУ.

2. Разработка устройства и метода обеззараживания отходов животноводства и птицеводства / Б.П. Чесноков [и др.] // Энергосбережение в Саратовской области. – 2015. – № 60. – С. 22–24.

3. Установка высоковольтного импульсного разряда / Б.П. Чесноков [и др.] // Повышение эффективности процессов механизации и электрификации в АПК: сб. науч. работ СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2001. – С. 220–223.

4. Чесноков Б.П., Щербакова Н.Е. Высоковольтный электрический разряд как средство изменения свойств питательной среды // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Саратов, 2010. – С. 364–368.

5. https://pikabu.ru/story/dezinfektant_dlya_koronavirusa_7195447.

6. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73960734>.

Наумова Ольга Валерьевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение и нефтегазовое дело», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. Россия.

410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77.
Тел.: (8452) 99-88-11.

Чесноков Борис Павлович, канд. хим. наук, ООО «Р-Климат». Россия.

410019, г. Саратов, ул. Крайняя, 127.
Тел.: (800) 777-19-77.

Ключевые слова: вода; гипохлорит натрия; высоковольтный разряд; вирусы; бактерии; дезинфекция; биологические объекты.

A NEW DIRECTION FOR OBTAINING WATER AND HYPOCHLORITE SOLUTION TO FIGHT PATHOGENS AND VIRUSES

Naumova Olga Valerievna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Heat and Gas Supply and Oil and Gas Business", Yuri Gagarin State Technical University of Saratov. Russia.

Chesnokov Boris Pavlovich, Candidate of Chemical Sciences, R-Climate LLC. Russia.

Keywords: water; sodium hypochlorite; high-voltage discharge; viruses; bacteria; disinfection; biological objects.

The article presents the design of the proposed installa-

tion for the treatment and disinfection of various objects, as well as the results of experimental studies on the feasibility of exposure to high-voltage pulsed discharge on water and hypochlorite. Experiments have shown that water and hypochlorite solution subjected to electrohydraulic treatment can effectively fight against bacteria, fungi and viruses. The use of electric pulse technology, due to which various forms of oxygen, hydrogen and hypochlorous acid appear that can damage microbial cells, makes it possible to increase the effectiveness of disinfection of any objects at lower energy costs.

