



## ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

**А.С.Бердишев**

*доцент к.т.н. “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства” Национальный исследовательский университет*

**А.А.Турдибаев**

*PhD доцент “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства” Национальный исследовательский университет*

**Н.А.Айтбаев**

*Докторант “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства” Национальный исследовательский университет*

**Н.У.Собиржонов**

*магистрант “Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства” Национальный исследовательский университет*

**Аннотация:** В данной статье указаны основные методы обеззараживания питьевой воды и выбор наиболее оптимального метода для обеззараживания в промышленных масштабах. Основные критерии качества питьевой воды, сформулированные в середине XX века, состоят в следующем: питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом отношении, безвредна по химическому составу и обладать благоприятными органолептическими свойствами. В настоящее время эти критерии приняты во всем мире. При дезинфекции воды с использованием импульсного электрического разряда вода приобретает бактерицидные свойства, которые сохраняются до четырех месяцев. При воздействии ультразвука на жидкость возникают специфические физические, химические и биологические эффекты, такие как кавитация, капиллярный эффект, диспергирование, эмульгирование, дегазация, обеззараживание и локальный нагрев.

**Ключевые слова:** обеззараживание, питьевая вода, метод, ультразвук, ультрафиолет, хлорирование, озонирование, импульсный электрический разряд.

## RESEARCH OF METHODS FOR DISINFECTION OF DRINKING WATER

**A.S.Berdishev**

*Associate Professor, “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University*

**A.A.Turdibayev**

*PhD, Associate Professor “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National Research University*

**Aytbayev N.A.**



doctoral student “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National  
Research University  
Sobirjonov N.U.

master student “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers” National  
Research University

**Abstract:** This article indicates the main methods of disinfection of drinking water and the choice of the most optimal method for disinfection on an industrial scale. The main criteria for the quality of drinking water, formulated in the middle of the 20th century, are as follows: drinking water must be epidemiologically safe, chemically harmless and have favorable organoleptic properties. These criteria are now accepted all over the world. When water is disinfected using a pulsed electric discharge, the water acquires bactericidal properties, which persist for up to four months. When exposed to ultrasound on a liquid, specific physical, chemical and biological effects arise, such as cavitation, capillary effect, dispersion, emulsification, degassing, disinfection and local heating.

**Key words:** disinfection, drinking water, method, ultrasound, ultraviolet light, chlorination, ozonation, pulsed electric discharge.

### **Введение**

Питьевая вода служит средой обитания для возбудителей инфекционных заболеваний. Водным путем передаются брюшной тиф, холера, паратифы, дизентерия, амебиаз, энтеровирусные заболевания, инфекционный гепатит, лептоспироз, туляремия, лямблиоз, балантидиоз, некоторые гельминтозы и аденовирусные заболевания.

В процессе первичной очистки воды задерживаются до 98 % бактерий[6].

Но среди оставшихся бактерий, а также среди вирусов могут находиться патогенные микроорганизмы, для уничтожения которых нужна специальная обработка воды.

Для обеззараживания питьевой воды используются химические (реагентные) и физические (безреагентные) методы. Выбирая метод обеззараживания, следует учитывать опасность для здоровья человека самих реагентов, а также веществ, образующихся в процессе обработки воды. В основном на производстве для обеззараживания питьевой воды используются физические и химические методы:

#### **Физические методы:**

К физическим методам обеззараживания питьевой воды относятся:

- кипячение
- обеззараживание ультрафиолетом
- обеззараживание импульсным электрическим разрядом
- обеззараживание ультразвуком

#### **Химические методы обеззараживания воды:**



- Использования окислителей хлор, хлор содержащие реагенты
- Озонирование

Наиболее распространенным и надежным физическим методом обеззараживания воды (в частности, в домашних условиях) является кипячение. При кипячении уничтожается большинство бактерий, вирусов, бактериофагов, антибиотиков и других биологических объектов, которые часто содержатся в открытых водоисточниках, а как следствие, и в системах центрального водоснабжения. Однако применение кипячения в промышленных масштабах не представляется возможным ввиду высокой длительности и стоимости метода.

Процесс обеззараживания УФ-излучением не приводит к изменениям органолептических свойств и состава воды [1, 2], образованию токсичных побочных продуктов реакции. При УФ-обеззараживании не существует проблемы передозировки, но отсутствует эффект «последствия», так как вода не приобретает бактерицидных свойств, предохраняющих ее от повторного заражения. Преимущества использования УФ-лучей: широкий спектр антимикробного действия, отсутствие опасности передозировки, сохранение органолептических свойств воды, минимальное время контакта (секунды). Недостатками метода являются зависимость бактерицидного эффекта от мутности и цветности обрабатываемой воды и отсутствие оперативного контроля эффективности.

Еще одним перспективным способом обеззараживания питьевой воды является ее обработка импульсными электрическими разрядами (ИЭР) [3]. Вода, обработанная ИЭР, приобретает бактерицидные свойства, которые сохраняются до четырех месяцев.

Основным преимуществом данного метода является экологическая чистота. Однако этот способ имеет ряд недостатков, в частности, относительно высокую энергоемкость ( $0,2...1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ) и, как следствие, дороговизну [4]. Эффективность обеззараживания ИЭР не зависит от вида и концентрации микроорганизмов, мало зависит от состава обрабатываемой воды и определяется техническими параметрами процесса (величиной рабочего напряжения, суммарной плотностью энергии обработки и т. д.).

Ультразвук (УЗ) – это упругие колебания и волны, частота которых выше  $15...20 \text{ кГц}$  [5]. При воздействии ультразвука на жидкость возникают специфические физические, химические и биологические эффекты, такие как кавитация, капиллярный эффект, диспергирование, эмульгирование, дегазация, обеззараживание, локальный нагрев и многие другие. Эффект воздействия УЗ на микроорганизмы зависит от интенсивности УЗ воздействия и может быть диаметрально противоположным. При низких интенсивностях и малых временах воздействия ультразвук может стимулировать активность и рост микроорганизмов. При больших интенсивностях ультразвук подавляет и разрушает микроорганизмы. Длительная обработка воды ультразвуком большой мощности приводит к обеззараживанию. Бактерицидное действие УЗ в основном связано с кавитацией. Кавитация – это возникновение в



жидкости массы пульсирующих газовых пузырьков. При воздействии УЗ-колебаниями в течение всего отрицательного полупериода давления и части положительного наблюдается рост кавитационного пузырька до некоторого максимального размера. Затем пузырек захлопывается, создавая ударные волны с импульсным давлением до нескольких тысяч атмосфер и температурой до 5000 К. Если ударная волна встречает на своем пути препятствие, то она разрушает его поверхность. Кроме того, в кавитационном пузырьке возникают активные радикалы (например, радикал ОН, являющийся сильнейшим окислителем). Кавитация возникает при интенсивностях звукового поля выше порогового значения 0,3...1 Вт/см<sup>2</sup>. Увеличение частоты приводит к повышению порогового значения интенсивности, соответствующего началу кавитации. С ростом частоты УЗ размеры пузырьков уменьшаются, а их количество растет. При частоте 30 кГц характерный размер кавитационных пузырьков составляет 100 мкм. Чем ниже частота, тем легче получить кавитацию и тем более агрессивное воздействие оказывает последняя на обрабатываемый объект, поэтому во многих устройствах используют УЗ с частотой 20...22 кГц. Для обеззараживания необходима интенсивность УЗ более 2 Вт/см<sup>2</sup> при частоте 20...50 кГц.

#### **Химические методы обеззараживания воды**

Еще один из широко распространенных методов является, обеззараживания вод окислителями - хлор, хлор содержащие реагенты, озон; для обеззараживания небольших объемов воды - перманганат калия, перекись водорода, йод.

При подаче в воду окислителей большая часть его расходуется на окисление органических и некоторых минеральных веществ. В результате снижается цветность воды, а так же интенсивность запахов, эффективнее проходит процесс последующей коагуляции примесей. Скорость процесса обеззараживания растет с повышением температуры воды и переходом реагента в недиссоциированную форму. Взвешенные вещества оказывают отрицательное воздействие на процесс, поскольку препятствуют контакту микробов с реагентом [8].

Благодаря высокой эффективности *хлорирование* воды для ее обеззараживания получило широкое распространение во всем мире. В практике используются хлор-газ Cl<sub>2</sub>, диоксид хлора ClO<sub>2</sub>, гипохлорит натрия NaClO и гипохлорит кальция Ca(ClO)<sub>2</sub>. Хлорная известь применяется незначительно и только для обеззараживания малых объемов вод [10]. Хлор и хлорсодержащие соединения в воде долго сохраняют свою активность, поэтому хлорированная вода обладает бактерицидными свойствами, существует эффект последствия. Этот эффект заключается в том, что молекулы хлора сохраняют свою активность по отношению к микробам и угнетают их ферментные системы на всем пути следования воды, где возможно вторичное ее загрязнение [11]. При всей распространенности метода хлорирования ему присущи и существенные технические недостатки, в частности, недостаточная эффективность в отношении вирусов [9]. Другим серьезным недостатком является образование в воде



под действием хлора хлорорганических соединений: хлороформа, четыреххлористого углерода, бромдихлорметана, хлор-фенола, хлорбензольных и хлорфенилуксусных соединений, хлорированных пиренов и пиридинов, хлораминов и др. Хлорорганические соединения по данным многочисленных исследований обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью [12].

Озон ( $O_3$ ) – газ бледно-фиолетового цвета, обладающий характерным запахом. Это один из сильнейших окислителей, способен окислять все металлы, кроме золота и платиноидов, а также большинство неметаллов. Он оказывает бактерицидное действие на патогенную микрофлору и способен разрушать многие присутствующие в воде источника водоснабжения химические вещества техногенного происхождения. Преимущества озона перед хлором при обеззараживании воды следующие: наилучшие органолептические показатели, отсутствие высокотоксичных и канцерогенных продуктов в очищенной воде [7]. Однако существенным недостатком озонирования является токсичность озона. Ограничениями для распространения технологии озонирования являются высокая стоимость и необходимость качественного оборудования, большой расход электроэнергии

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Таким образом, самым оптимальным методом для обеззараживания питьевой воды в промышленных масштабах является обеззараживание воды импульсным электрическим разрядом. Данный метод не зависит от мутности и цветности воды, не требует длительного воздействия и в отличие от химических методов является наиболее безопасным методом обеззараживания питьевой воды.

### **ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Журавлевич Н.Е. Обеззараживание питьевой воды: методические рекомендации / Белорусский государственный медицинский университет. – Минск: БГМУ, 2017. – 26 с.
2. Потапченко Н.Г., Савчук О.С. Использование ультрафиолетового излучения в практике обеззараживания воды // Химия и технология воды. – 1991. –Т. 13, № 12. – С. 1117–1129.
3. А.С. Бердишев, А.А.Турдибаев, Н.А. Айтбаев Суюкликни электрокимёвий таъсир усули билан зарарсизлантириш / международная конференция академических наук. -Новосибирск: 2021. - С. 5-18.
4. Филатов, А. П. Обеззараживание пресной воды открытых водоемов электрическим током высокого напряжения / В. И. Дорофеев, А. П. Филатов // Диагностика, лечение и профилактика заболеваний сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. — Ставрополь: Изд-во «АГРУС». - 2005. - С. 93-96.
5. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / гл. ред. И.П. Голямина. – М.:Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.





6. Мазаев В.Т., Ильницкий А.П., Шлепнина Т.Г. Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения. – М.: Медицинское информационное агентство, 2008. – 320 с.
7. Алексеев С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водоочистка. – 2007. – № 2. – С. 23–27.
8. Глинка, Н.Л. Общая химия: учеб, пособие для вузов /Н.Л. Глинка; под ред. В.А. Рабиновича. - Изд. 23-е испр. - Л.: Химия, 1983. - 704 с.
9. Бутин, В.М. Применение метода ультрафиолетового облучения для обеззараживания сточных вод / В.М.Бутин, В.И.Жуков, В.Костюченко,Н.Н.Кудрявцев, Г.А.Куркин, А.В.Шепелин // Водоснабжение и санитарная техника. - 1996. - №12.
- 10.Слипченко, А.В. Современное состояние методов окисления примесей воды и перспективы хлорирования [Текст] / А.В.Слипченко, Л.А.Кульский, Е.С.Мацкевич // Химия и технология воды. - №4. - 1990. — с.34-38.
11. Кожевников, А.Б. Промышленная и эпидемиологическая безопасность при обеззараживании сточных вод [Текст] / А.Б. Кожевников, О.П. Петросян // Водоснабжение и санитарная техника. — 2005. - №5. — с.21-24.
- 12.Cooper, W.J. Formation of Organohalogen Compounds in Chlorinated Secondary Wastewater Effluent [Текст] / W.J. Cooper, J.T. Villater, E.M.Ott, R. A. Slifker, F. Z.