

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР МЕТОДОВ ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ*

С.К. ЧЕГЛАКОВ

630073, РФ, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, Новосибирский государственный технический университет, магистрант. E-mail: StepoS96@mail.ru

В данной статье указаны основные методы дезинфекции 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. Дезинфекция воды с использованием хлора имеет наибольшее распространение среди других химических методов дезинфицирования. Использование хлорирования требует соблюдения специальных мер безопасности, так как хлор является сильнодействующим токсическим веществом. Озон является одним из сильнейших окислителей, способным 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. При олигодинамии используются тяжелые металлы для обеззараживания воды. Они способны оказывать бактерицидное действие в малых концентрациях. Среди физических методов обеззараживания питьевой воды самым широко известным методом является кипячение. При кипячении уничтожается большинство бактерий, вирусов, бактериофагов, антибиотиков. Обеззараживание ультрафиолетом не приводит к изменениям органолептических свойств и состава воды, образованию токсичных побочных продуктов реакции. 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: дезинфекция, обеззараживание, питьевая вода, метод, ультразвук, ультрафиолет, хлорирование, озонирование, олигодинамия, импульсный электрический разряд, кипячение

* Статья получена 16 августа 2019 г.

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. 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.

Целью данной работы является исследование и выбор методов для дезинфекции воды.

1. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

К химическим методам обеззараживания питьевой воды относятся:

- хлорирование,
- озонирование,
- олигодинамия.

Наибольшее распространение среди хлорсодержащих реагентов получил жидкий хлор. Он поступает на водопроводные станции в цистернах или баллонах под высоким давлением. При снижении давления жидкий хлор переходит в газообразный, хорошо растворяется в воде. Однако хлор является сильнодействующим токсическим веществом. Его хранение, использование и транспортировка требуют соблюдения специальных мер безопасности.

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. Однако существенным недостатком озонирования является токсичность

озона. Ограничениями для распространения технологии озонирования являются высокая стоимость и необходимость качественного оборудования, большой расход электроэнергии.

Применение тяжелых металлов (меди, серебра и др.) для обеззараживания питьевой воды основано на их олигодинамическом свойстве, т. е. способности оказывать бактерицидное действие в малых концентрациях. Серебро – тяжелый металл, имеющий высокую степень опасности для здоровья. Он стоит в одном ряду со свинцом, кобальтом, мышьяком и другими веществами. Как и другие тяжелые металлы, серебро способно накапливаться в организме и вызывать заболевания, например аргироз (отравление серебром). Механизм бактерицидного действия серебра заключается в нарушении работы ферментной системы клетки. Для бактерицидного действия серебра требуются достаточно большие концентрации – около 0,015 мг/л. При малых концентрациях ($10^{-4} \dots 10^{-6}$ мг/л) оно оказывает только бактериостатическое действие, останавливает рост бактерий, не убивая их. Спорообразующие разновидности микроорганизмов к серебру практически нечувствительны.

Все эти свойства серебра, а также стоимость ограничивают его применение. Такой способ обеззараживания может быть уместен только в целях сохранения исходно чистой воды для длительного хранения, например, на космических кораблях или при розливе бутилированной питьевой воды.

2. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

К физическим методам обеззараживания питьевой воды относятся:

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

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, образованию токсичных побочных про-

дуктов 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). 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. 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 $15...20 \text{ кГц}$. 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 OH , являющийся сильнейшим окислителем). Кавитация возникает при интенсивностях звукового поля выше порогового

значения $0,3 \dots 1 \text{ Вт/см}^2$. 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^2 при частоте 20...50 кГц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, самым оптимальным методом для дезинфекции питьевой воды в промышленных масштабах является обеззараживание воды ультразвуком. 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Журавлевич Н.Е.* Обеззараживание питьевой воды: методические рекомендации / Белорусский государственный медицинский университет. – Минск: БГМУ, 2017. – 26 с.
2. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / гл. ред. И.П. Голямина. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
3. *Мазаев В.Т., Ильницкий А.П., Шлепнина Т.Г.* Руководство по гигиене питьевой воды и питьевого водоснабжения. – М.: Медицинское информационное агентство, 2008. – 320 с.
4. СанПин 10-124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества.
5. *Алексеев С.Е.* Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водочистка. – 2007. – № 2. – С. 23–27.
6. *Потапченко Н.Г., Савчук О.С.* Использование ультрафиолетового излучения в практике обеззараживания воды // Химия и технология воды. – 1991. – Т. 13, № 12. – С. 1117–1129.
7. *Шевченко М.А., Таран П.Н.* Возможности использования хлора для очистки природных и сточных вод // Химия и технология воды. – 1984. – Т. 6, № 6. – С. 537–546.

Чеглаков Степан Константинович, магистрант факультета автоматике и вычислительной техники Новосибирского государственного технического университета. E-mail: StepoS96@mail.ru

DOI: 10.17212/2307-6879-2019-2-75-81

Research and choice of methods for disinfection of drinking water*

S.K. Cheglakov

630073, Russian Federation, Novosibirsk, Karl Marx Ave. 20, Novosibirsk State Technical University, student. E-mail: StepoS96@mail.ru

This article describes 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 twentieth century, are as follows: drinking water should be safe in the epidemic respect, harmless in chemical composition and have favorable organoleptic properties. These criteria are currently accepted worldwide. Disinfection of water using chlorine is most common among other chemical disinfection methods. The use of chlorination requires special safety measures, since chlorine is a potent toxic substance. Ozone is one of the strongest oxidizing agents, capable of oxidizing all metals except gold and platinum, as well as most non-metals. It has a bactericidal effect on pathogenic microflora and is capable of destroying many chemicals of technogenic origin present in the water of the water supply source. In oligodynamics, heavy metals are used to disinfect water. They are able to have a bactericidal effect in low concentrations. Among the physical methods of disinfecting drinking water, the most widely known method is boiling. When boiling, most bacteria, viruses, bacteriophages, antibiotics are destroyed. Ultraviolet disinfection does not lead to changes in the organoleptic properties and composition of water, the formation of toxic reaction by-products. When disinfecting water using a pulsed electric discharge, the water acquires bactericidal properties that last up to 4 months. When ultrasound acts on a liquid, specific physical, chemical, and biological effects arise, such as cavitation, capillary effect, dispersion, emulsification, degassing, disinfection, and local heating.

Keywords: disinfection, disinfection, drinking water, method, ultrasound, ultraviolet, chlorination, ozonation, oligodynamia, pulsed electric discharge, boiling

REFERENCES

1. Zhuravlevich N.E. *Obezrazhivanie pit'evoi vody: metodicheskie rekomendatsii* [Disinfection of drinking water]. Minsk, Belarusian State Medical University Publ., 2017. 26 p.

* Received 16 August 2019.

2. Golyamina I.P., ed. *Ul'trazvuk. Malen'kaya entsiklopediya* [Ultrasound. Little encyclopedia]. Moscow, Sovetskaya entsiklopediya Publ., 1979. 400 p.
3. Mazaev V.T., Il'nitskii A.P., Shlepnina T.G. *Rukovodstvo po gigiene pit'evoi vody i pit'evogo vodosnabzheniya* [Guidelines for the hygiene of drinking water and drinking water supply]. Moscow, Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo Publ., 2008. 320 p.
4. SanPin 10-124 RB 99. *Pit'evaya voda. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody tsentralizovannykh sistem pit'evogo vodosnabzheniya. Kontrol' kachestva* [Sanitary Rules and Norms 10-124 RB 99. Drinking water. Hygiene requirements for water quality of centralised water supply systems. Quality control].
5. Alekseev S.E. Primenenie ozonirovaniya dlya intensivatsii protsessov ochildki prirodnykh i stochnykh vod [The use of ozonation to intensify the processes of purification of natural and waste waters]. *Vodoochistka – Water Purification*, 2007, no. 2, pp. 23–27.
6. Potapchenko N.G., Savchuk O.S. Ispol'zovanie ul'trafiol'tovogo izlucheniya v praktike obezrazhivaniya vody [Application of ultra-violet radiation in practice of water disinfection]. *Khimiya i tekhnologiya vody – Journal of Water Chemistry and Technology*, 1991, vol. 13, no. 12, pp. 1117–1129. (In Russian).
7. Shevchenko M.A., Taran P.N. Vozmozhnosti ispol'zovaniya khloro dlya ochildki prirodnykh i stochnykh vod [The possibilities of using chlorine for the purification of natural and waste waters]. *Khimiya i tekhnologiya vody – Soviet Journal of Water Chemistry and Technology*, 1984, vol. 6, no. 6, pp. 537–546. (In Russian).

Для цитирования:

Чеглаков С.К. Исследование и выбор методов для дезинфекции питьевой воды // Сборник научных трудов НГТУ. – 2019. – № 2 (95). – С. 75–81. – DOI: 10.17212/2307-6879-2019-2-75-81.

For citation:

Cheglakov S.K. Issledovanie i vybor metodov dlya dezinfektsii pit'evoi vody [Research and choice of methods for disinfection of drinking water]. *Sbornik nauchnykh trudov Novosibirskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta – Transaction of scientific papers of the Novosibirsk state technical university*, 2019, no. 2 (95), pp. 75–81. DOI: 10.17212/2307-6879-2019-2-75-81.