

УДК 504.064.4:628.3

В. В. МАРКИН, А. А. АЛЕКСАНДРОВА

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Аннотация. Обеззараживание сточных вод хлорированием приводит к образованию токсичных мутагенных канцерогенных веществ, загрязняющих природные водные объекты. Для улучшения экологического состояния природных водоемов требуется масштабный переход на экологически безопасные способы дезинфекции. С этой целью в данной работе изучены экологически безопасные и наиболее перспективные технологии обеззараживания сточных вод, не приводящие к образованию вредных побочных продуктов, а именно: озонирование, обработка ультрафиолетовым излучением, кавитационная обработка. Выполнен сравнительный анализ указанных технологий, рассмотрены примеры их внедрения в производстве. На основании выполненного анализа сделаны выводы о дальнейшей перспективности применения рассмотренных экологически безопасных технологий обеззараживания сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, обеззараживание, озонирование, ультрафиолетовое излучение, кавитационная обработка.

ВВЕДЕНИЕ

Обеззараживание сточных вод (СВ) хлорированием, применяемое повсеместно, приводит к образованию токсичных канцерогенных хлорорганических соединений. Для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния природных водоемов требуется глобальный переход на экологически безопасные способы обеззараживания.

Целью работы является изучение экологически безопасных технологий обеззараживания сточных вод и определение перспективности их использования.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Одним из эффективных и экологически безопасных способов обеззараживания СВ является *озонирование*. Дезинфицирующее действие озона основано на его высокой окислительной способности, обусловленной легкостью отдачи им атомарного кислорода. Озон окисляет многие минеральные и органические вещества, в том числе и микробные клетки. Он обладает высокой дезинфицирующей способностью по отношению к спорам и вирусам. Озон действует быстрее хлора, продолжительность обработки СВ снижается с 30 мин (при хлорировании) до 5–15 мин [1]. При обработке СВ озоном происходит также их доочистка от трудноокисляемых загрязнений: СПАВ, пестицидов, цианидов, хроматов, фенолов, хлорфенолов и др. При озонировании биологически очищенных СВ общее микробное число снижается на 99,99 %, бактериофаги – на 99,9 %, БПК – на 5...25 %, ХПК – на 15...20 %, СПАВ и нефтепродукты – на 99 %, железо – на 30...50 % [1].

Перспективность метода заключается в том, что озонирование не приводит к загрязнению СВ побочными вредными веществами, а кроме того, происходит их эффективная доочистка. К недостаткам данной технологии относится ее высокая стоимость и повышенные требования безопасности к озонаторным (ввиду взрывоопасности озона). Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования озонирования в тех случаях, когда, кроме обеззараживания требуется также доочистка сточных вод.

Обработка ультрафиолетовым излучением

Эффект обеззараживания ультрафиолетовым (УФ) излучением основан на фотохимическом воздействии УФ-лучей с длиной волны 200...300 нм на белки и ферменты микробных клеток. УФ-излучение эффективно инактивирует бактерии, споры, вирусы и при этом в обрабатываемой воде не образуются вредные химические соединения. Время обработки составляет несколько минут. Однако обрабатываемая УФ-излучением вода должна иметь достаточную прозрачность, поскольку в загрязненных водах интенсивность проникновения УФ-лучей быстро затухает.

УФ-излучение является основным методом, взятым на вооружение для замены хлорирования. Так, крупная станция обеззараживания СВ УФ-излучением построена в 2017 г. на очистных сооружениях (ОС) г. Пекина производительностью 600 тыс. м³/сут. На обеззараживание поступают СВ с содержанием взвесей до 5 мг/л. Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ) в обеззараженной СВ не превышают 100 КОЕ/100 мл [2].

УФ-установки обеззараживания СВ внедрены на Люберецких и Курьяновских ОС г. Москвы. В 2007 г. на Люберецких ОС построен блок УФ-обеззараживания пропускной способностью 1 млн м³/сут. Перед обеззараживанием предусмотрена доочистка СВ от взвесей на процеживателях с прозорами 1,4 мм. Показатели обеззараженных СВ составляют: общие колиформные бактерии (ОКБ) – в среднем 147 КОЕ/100 мл (норма – 500 КОЕ/100 мл), ТКБ – 56 КОЕ/100 мл (норма – 100 КОЕ/100 мл), коли-фаги – 1 БОЕ/100 мл (норма – 100 БОЕ/л). В 2014 г. на Курьяновских ОС было закончено строительство блока УФ-обеззараживания производительностью 3 млн м³/сут. Перед обеззараживанием предусмотрена доочистка СВ процеживанием на плоских щелевых ситах. Сточная вода после обеззараживания соответствует нормативным требованиям: ОКБ – 216 КОЕ/100 мл, ТКБ – 91 КОЕ/100 мл, коли-фаги – 8 БОЕ/100 мл [3]. Таким образом, внедрение УФ-установок на крупнейших ОС г. Москвы обеспечило эффективную дезинфекцию сточных вод города.

Сравнительно новым, перспективным и малоизученным способом обеззараживания СВ является *кавитационная обработка*. Основное бактерицидное воздействие оказывает перекись водорода и радикалы ОН°, которые образуются при кавитации [4]. Исследования эффективности кавитационной обработки хозяйственно-бытовых СВ, проведенные в промышленных роторных импульсных аппаратах РИА-150 и РИА-250, показали, что в аппарате РИА-250 ОКБ, ТКБ и коли-фаги снижаются ниже предела обнаружения, а в РИА-150 ОКБ снижаются с $16 \cdot 10^4$ до 120 КОЕ/100 мл, ТКБ – с $12 \cdot 10^4$ до 100 КОЕ/100 мл, коли-фаги – с 80 БОЕ/100 мл до нижнего предела обнаружения [5].

Затраты на кавитационную обработку дешевле остальных методов обеззараживания: УФ-обеззараживание в 1,6 раз дороже кавитационной обработки, хлорирование – в 3 раза и озонирование – в 10 раз.

ВЫВОДЫ

В результате изучения различных экологически безопасных методов обеззараживания СВ можно заключить следующее. Озонирование – сравнительно дорогостоящая технология и она целесообразна в случае, когда, кроме обеззараживания, требуется доочистка СВ. Ультрафиолетовое обеззараживание является на сегодняшний день основной альтернативой хлорированию, однако требует предварительной глубокой очистки СВ по взвешенным веществам. Кавитационное обеззараживание – перспективный метод, требующий дальнейших исследований и разработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозова, Е. М. Исследование способа обеззараживания сточных вод с помощью озона / Е. М. Морозова. – Текст : непосредственный // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2011. – № 3. – С. 162–165.
2. Костюченко, С. В. Опыт внедрения современных систем обеззараживания ультрафиолетовым излучением в Пекине (КНР) / С. В. Костюченко, С. В. Волков, А. В. Кузьмин [и др.]. – Текст : электронный // Вода Magazine. – 2017. – № 5 (117). – С. 16–19. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29234827> (дата обращения: 16.04.2022).
3. Ультрафиолетовое обеззараживание. – Текст : электронный // АО «Мосводоканал» : [сайт]. – 2014–2022. – Москва. – URL: <https://www.mosvodokanal.ru/sewage/newtechnologies/ultravioletdisinfection.php> (дата обращения: 16.04.2022).
4. Petkovšek, M. Rotation Generator of Hydrodynamic Cavitation for Water Treatment / M. Petkovšek, T. Kosjek, E. Heath [et al.]. – Текст : непосредственный // Separation and Purification technology. – 2013. – Volume 118. – P. 415–423.

5. Обеззараживание сточных вод кавитационной обработкой / М. А. Промтов, А. В. Алешин, М. М. Колесникова, Д. С. Карпов // Вестник Тамбовского ГТУ. – 2015. – Том. 21, № 1. – С. 105–111.

Получена 27.04.2022

В. В. МАРКІН, О. О. АЛЕКСАНДРОВА
ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ СТІЧНИХ ВОД
ДОНБУСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Анотація. Знезараження стічних вод хлоруванням призводить до утворення токсичних мутагенних канцерогенних речовин, що забруднюють природні водні об'єкти. Для поліпшення екологічного стану природних водоймищ потрібно масштабний перехід на екологічно безпечні способи дезінфекції. З цією метою в даній роботі вивчені екологічно безпечні та найперспективніші технології знезараження стічних вод, що не призводять до утворення шкідливих побічних продуктів, а саме: озонування, обробка ультрафіолетовим випромінюванням, кавітаційна обробка. Виконано порівняльний аналіз зазначених технологій, розглянуто приклади їх застосування у виробництві. На підставі виконаного аналізу зроблено висновки щодо подальшої перспективності застосування розглянутих екологічно безпечних технологій знезараження стічних вод.

Ключові слова: стічні води, знезараження, озонування, ультрафіолетове випромінювання, кавітаційна обробка.

VYACHESLAV MARKIN, ALEXANDRA ALEXANDROVA
ECOLOGICALLY SAFE TECHNOLOGIES FOR WASTE WATER DISINFECTION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. Disinfection of wastewater by chlorination leads to the formation of toxic mutagenic carcinogens that pollute natural water bodies. To improve the ecological state of natural water bodies, a large-scale transition to environmentally friendly methods of disinfection is required. To this end, in this paper, we studied the most environmentally friendly and most promising technologies for wastewater disinfection that do not lead to the formation of harmful by-products, namely: ozonation, ultraviolet radiation treatment, cavitation treatment. A comparative analysis of these technologies is carried out; examples of their implementation in production are considered. On the basis of the performed analysis, conclusions were drawn about the further prospects of using the considered environmentally friendly technologies for wastewater disinfection.

Key words: sewage, disinfection, ozonation, ultraviolet radiation, cavitation treatment.

Маркин Вячеслав Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры техносферной безопасности ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: очистка сточных вод.

Александрова Александра Александровна – студентка ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: экологический мониторинг.

Маркін В'ячеслав Володимирович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри техносферної безпеки ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: очищення стічних вод.

Александрова Олександра Олександрівна – студентка ДОНУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: екологічний моніторинг.

Markin Vyacheslav – Ph. D. (Eng), Senior Lecturer, Technosphere Safety Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: wastewater treatment.

Alexandrova Alexandra – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: environmental monitoring.