

Экологическая оценка альтернативных вариантов дезинфекции сооружений водоснабжения

Поспелов А.В.¹, Комаров М.А.¹, Мацукевич И.В.²

¹ БГТУ, г. Минск, Республика Беларусь, *takkom1995@gmail.com*

² ИОИХ НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь, *irinasvas.k1975@gmail.com*

Резюме. В работе представлены результаты сравнительного анализа воздействия на окружающую среду способов дезинфекции сооружений водоснабжения. В качестве сравниваемых вариантов рассматривали использование гипохлорита натрия, гипохлорита кальция, хлорной извести и озона. Показаны перспективы использования озонирования по показателям экологической эффективности.

Environmental assessment of alternative disinfection options for water supply facilities

Pospelov A., Komarov M., Matsukevich I.

Summary. The work presents the results of a comparative analysis of the environmental impact of methods of disinfection of water supply facilities. As compared options considered the use of sodium hypochlorite, calcium hypochlorite, bleach and ozone. The prospects for the use of ozonation in terms of environmental efficiency are shown.

Одним из видов обеззараживания является дезинфекция, которая представляет собой комплекс мероприятий, направленных на уничтожение возбудителей инфекционных заболеваний и разрушение токсинов на поверхности объектов окружающей среды. Наибольшее распространение среди веществ для дезинфекции получили такие как хлор, хлорная известь, гипохлорит натрия и кальция, озон. Как было показано ранее, данные вещества могут использоваться для дезинфекции резервуаров, колодцев, фильтров систем водоподготовки и других функциональных поверхностей [1, 2]. С развитием генераторов озона они стали намного доступнее, потребляют в разы меньше энергии на выработку грамма озона, сырьем для генерации озона служит воздух, не требуется предварительная подготовка воздуха [3, 4]. Перспективным методом дезинфекции емкостей, резервуаров, трубопроводов питьевого водоснабжения, помимо хлорирования, является применение озона [5, 6, 7, 8]. Так на территории Европы и США действуют более 1200 водопроводных станций [9], применяющих озонирование как составляющую ступень в технологическом процессе очистки воды.

Недостатками способов хлорирования являются: недостаточная эффективность дезинфекции, образование высокотоксичных хлорорганических соединений, высокие дозы используемого активного хлора, высокая токсичность самого хлора и многих хлорсодержащих агентов, высокая коррозионная активность раствора, длительность времени обработки и соответственно времени простоя скважины, а также необходимость в дехлорировании растворов, с помощью которых производили обработку. Использование озона приводит к упрощению процесса, повышению эффективности дезинфекции, снижению времени обработки и соответственно времени простоя сооружений, меньшему коррозионному воздействию на металлические части скважины, а также можно отметить его экологическую безопасность. Применение озона для дезинфекции устраняет необходимость обезвреживания раствора после использования, как дехлорирование, поскольку озон распадается на кислород в воде в течение небольшого периода времени, обычно меньше, чем за 1 ч. В ряде работ показано, что, несмотря на то, что озон является более сильным окислителем в сравнении с гипохлоритами, он оказывает в 3–4 раза меньшее коррозионное воздействие на материалы как в низких концентрациях (50–250 мг/л), так и при высоких (2 мас. %), за счет значительного меньшего времени воздействия, требующегося для достижения требуемого эффекта дезинфекции [10, 11, 12, 13, 14, 15].

Некоторые аспекты воздействия процесса дезинфекции сооружений водоснабжения на окружающую среду раскрыты в [16, 17].

Целью данной работы является применение методологии оценки воздействия на окружающую среду на этапах жизненного цикла для комплексного анализа и выбора наилучшего варианта дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения.

Для оценки и сравнения альтернативных вариантов дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения проводился анализ воздействия на окружающую среду на этапах жизненного цикла рассматриваемых технологий, включающая стадии от добычи сырья до утилизации отработанных растворов. В качестве возможных способов дезинфекции в работе рассмотрено применение таких дезинфицирующих веществ как гипохлорит кальция, гипохлорит натрия, хлорная известь и озон (его насыщенный раствор в воде). В качестве функциональной единицы выбран объем дезинфицирующего раствора в количестве 1 м³. Воздействие на окружающую среду происходит на всех этапах. Для оценки жизненного цикла процесса дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения применялся программный продукт SimaPro 804 включающий метод исследования IMPACT 2002+ V2.12 / IMPACT 2002+. Для сравнительного анализа оценку проводили по 10 различным методикам, включенным в программный продукт SimaPro 804.

Как следует из результатов проведенного инвентаризационного анализа, рассмотренные варианты применения различных веществ для дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения характеризуются такими экологическими аспектами, как потребление сырьевых материалов и энергии, а также выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, сбросы сточных вод в водные объекты или в местную сеть канализации, образование отходов. Согласно этапам оценки воздействия жизненного цикла по имеющимся входным и выходным потокам установлены категории воздействия. На основании данных инвентаризационного анализа проводится оценка значимости потенциальных воздействий исследуемой системы на окружающую среду.

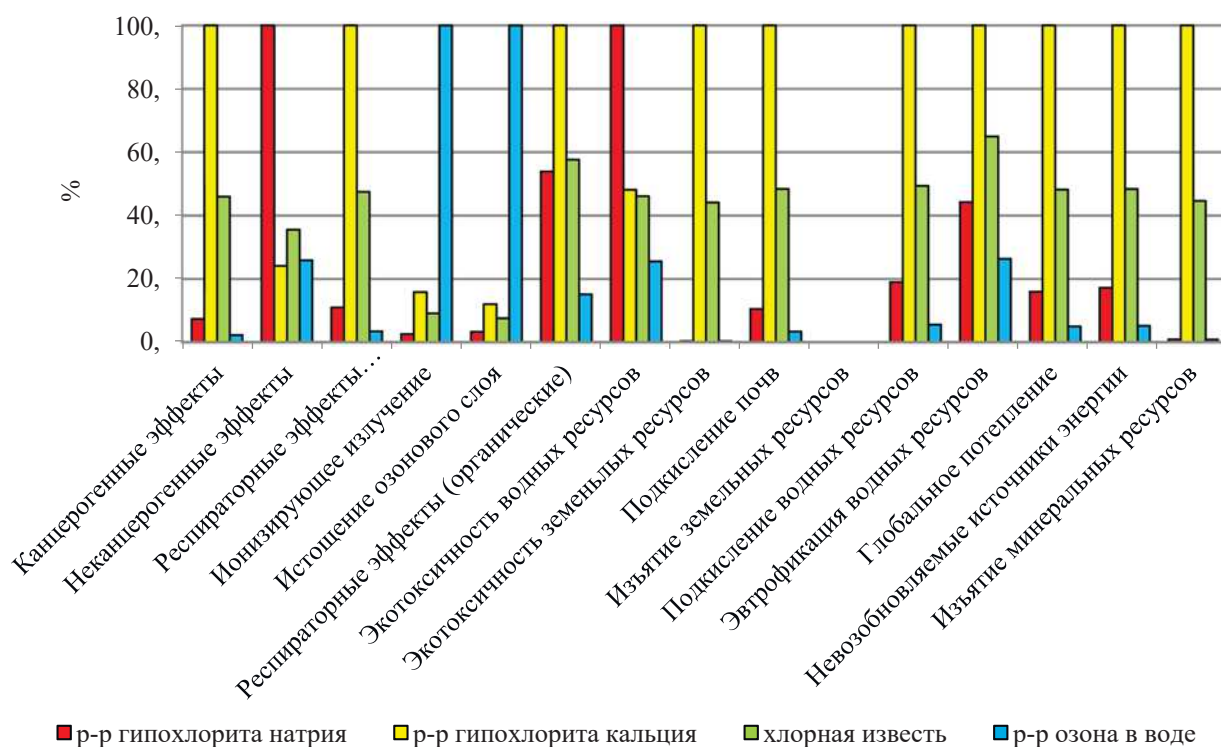


Рисунок – Результаты оценки применения различных дезинфицирующих веществ по категориям воздействия

Из рисунка видно, что наиболее небезопасным хлор содержащим дезинфицирующим веществом для окружающей среды и человека является использование гипохлорита кальция, однако применение насыщенного раствора озона вызывает истощение озонового слоя и является источником ионизирующего излучения.

Применение методики оценки жизненного цикла для сравнения применения различных веществ для дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения показало (рисунок), что наименьшее значение такого интегрирующего показателя как экоиндикатор, соответствует варианту применения раствора озона в воде. Кроме того, необходимо отметить, что из вариантов применения хлор содержащих веществ наилучшей характеристикой обладает гипохлорит натрия.

Оценка жизненного цикла позволила определить количественные экологические показатели различных дезинфицирующих веществ, включая стадии их производства, приготовление реагента и непосредственно процесса дезинфекции. На основании оценки жизненного цикла можно предсказать возможные последствия по таким категориям воздействия, как здоровье человека, состояние экосистем, а также истощение природных ресурсов, а также обосновать выбор наилучшей технологии при сравнении альтернативных вариантов.

Среди рассмотренных вариантов наиболее эффективным из хлорсодержащих реагентов является использование гипохлорита натрия. Однако если сравнивать хлорсодержащие реагенты с озоном, то технологии дезинфекции с использованием последнего являются наиболее эффективными.

Работа выполнена при поддержке ГПНИ «Химические процессы, реагенты и технологии, биорегуляторы и биооргхимия», задания 2.1.02 «Сорбционные, каталитические и мембранные материалы для водоочистки и водоподготовки», НИР 5 «Физико-химические основы коррозии материалов в дезинфицирующих средах и разработка экологичных и высокоэффективных способов дезинфекции» (2021–2023 гг.).

Список литературных источников

1. Дезинфекция озоном водозаборных скважин и трубопроводов систем питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2013. – № 3 (159) : Химия и технология неорганич. в-в. – С. 55–60.
2. Ozone disinfection of water intake wells and pipelines of drinking water supply systems / V. I. Ramanouski [et al.] // Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances. – 2013. – № 3. – P. 51–56.
3. Hurynovich, A. D. Analiza efektywności kaskadowego generatora ozonu / A. D. Hurynovich, V. I. Romanovski, P. Wawrzeniuk // *Economia i środowisko*. – 2013. – № 1 (44). – S. 156–164.
4. Исследование технических характеристик турбоозонатора с высокочастотным резонансным электроионизационным генератором озона / В. И. Романовский [и др.] // *Водоочистка*. – 2014. – № 3. – С. 66–69.
5. Романовский, В. И. Эффективность использования озона в технологии водоподготовки / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, П. Вавженюк // *Водоочистка*. – 2014. – № 2. – С. 66–70.
6. Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / Романовский В. И. [и др.] // *Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.
7. Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озоном сооружений питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2015 – № 3 (176) : Химия и технология неорганич. в-в. – С. 108–112.
8. Гуринович, А. Д. Эффективность дезинфекции озоном сооружений систем водоснабжения / А. Д. Гуринович, В. И. Романовский, Ю. Н. Бессонова // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. – 2016. – № 10. – С. 48–51.
9. Sonntag Clemens. Chemistry of Ozone in Water and Wastewater Treatment: From Basic Principles to Application / Sonntag Clemens, Urs von Gunten. – London : IWA Publishing, 2012. – P. 287.

10. Коррозионные аспекты использования растворов гипохлоритов и озона для дезинфекции сооружений водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // *Вода magazine*. – 2018. – № 9 (133). – С. 38–41.
11. Romanovski, V. Comparison of different surface disinfection treatments of drinking water facilities from a corrosion and environmental perspective / Romanovski V., Claesson P. M., Hedberg Y. S. // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2020. – № 27 (11). – P. 12704–12716.
12. Романовский, В. И. Сравнительный анализ коррозионной устойчивости углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам электрохимическим методом / Романовский В. И., Жилинский В. В., Бессонова Ю. Н. // *Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*. – 2016. – № 2 (98). – С. 126–129.
13. Романовский, В. И. Коррозионная устойчивость углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам / В. И. Романовский, Ю. Н. Чайка // *Труды БГТУ*. – 2014. – № 3 (167) : Химия и технология неорганич. в-в. – С. 47–50.
14. Romanovski, V. I. Carbon steels corrosion resistance to disinfectants / V. I. Ramanouski, Yu. N. Chaika // *Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances*. – 2014. – № 3. – P. 40–43.
15. Романовский, В. И. Коррозионная устойчивость стали 15 к дезинфицирующим растворам / В. И. Романовский, В. В. Жилинский // *Труды БГТУ*. – 2015. – № 3 (176) : Химия и технология неорганич. в-в. – С. 29–34.
16. Романовский, В. И. Сравнительный анализ способов дезинфекции водозаборных скважин и сооружений водоснабжения / В. И. Романовский, Ю. Н. Бессонова // *Перспективы развития и организационно-экономические проблемы управления производством : мат. Междунар. научно-технической конференции : в 2 т. / Белорусский национальный технический университет*. – Минск : Право и экономика, 2015. – Т. 1. – С. 211–226.
17. Рымовская, М. В. Воздействие отработанных растворов дезинфекции сооружений водоснабжения на почву / М. В. Рымовская, В. И. Романовский // *Труды БГТУ*. – 2016. – № 4 (186) : Химия и технология органич. в-в. – С. 214–219.

**Вопросы использования водных ресурсов трансграничных рек
в современных геополитических реалиях (на примере р. Нарва)**

Толмачева С.А.

РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург, Россия, s-a-tolmacheva@yandex.ru

Резюме. Дефицит пресной воды в засушливых регионах, изменение климата и напряженная геополитическая обстановка приводят к конфликтам водопользования. В частности, последние международные события обусловили обострение отношений по вопросам использования водных ресурсов трансграничной реки Нарва. Несовершенство международного права в области водопользования определяет актуальность пересмотра существующей системы.

**Issues of the use of water resources of transboundary rivers in modern geopolitical realities
(on the example of the Narva River)**

Tolmacheva S.

Summary. The shortage of fresh water in arid regions, climate change and the tense geopolitical situation lead to conflicts of water use. In particular, recent international events have led to an aggravation of relations on the use of water resources of the transboundary Narva River. The imperfection of international law in the field of water use determines the relevance of the revision of the existing system.

Одна из актуальных проблем водопользования в мире – нехватка пресной воды в засушливых регионах и совместное использование водных ресурсов трансграничных водотоков. Ситуация усугубляется периодическим обострением геополитической