

При воздействии УФ-света происходит изменение структуры композита, о чем свидетельствует не только изменение окраски образца, но и увеличение прочности после первых часов испытаний (360 часов). Воздействие на композит УФ-света вызывает его термоокисление и, как следствие, способствует увеличению жесткости композита. Однако в дальнейшем наблюдается монотонное уменьшение прочности образцов.

При исследовании атмосферостойкости композиционных материалов в естественных условиях в течение 12 месяцев установлено, что потеря прочности образцов не превышает 25–35 % от первоначальной величины. Разрушение композитов происходит, как и в случае с гомогенными полимерными материалами [3], с поверхности образца в результате взаимодействия полимера с УФ-светом. Исследование состояния поверхности образцов до и после испытаний показало, что под действием атмосферных факторов на поверхности образуются микротрещины вследствие разрушения полимерной пленки на поверхности композита.

Установлено, что при комнатной влажности (65–70 %) изменение прочностных характеристик композитов в течение 8760 часов не наблюдалось (разброс значений σ_p не более 3 %).

После испытаний образцов при термоциклировании от минус 20 до плюс 60 °С свойства композитов и их цвет практически не изменились.

Для повышения атмосферостойкости композитов были использованы защитные покрытия из лаков и красок. При этом показано, что снижение прочностных свойств при старении происходит в 1,5 раза менее интенсивно в сравнении с образцами без покрытия. Менее интенсивное в сравнении с чистыми образцами снижение прочностных свойств образцов с защитным покрытием обусловлено уменьшением проникновения в материал УФ-лучей и влаги, при этом снижается возможность образования в нем различных поверхностных дефектов. Однако данный эффект носит кратковременный характер. Для обеспечения стабильности физико-механических свойств при воздействии на композит повышенной влажности и других атмосферных факторов целесообразно наносить на их поверхность покрытия на основе полимеров.

Таким образом, исследования показали, что композиционные материалы на основе смесей вторичных полиолефинов и модифицированной бентонитовой глины могут успешно эксплуатироваться в условиях нормальной влажности (до 70 %), а также при воздействии резкого перепада температур (от плюс 50 до минус 20 °С). Для их эффективной работы в условиях УФ-излучения при повышенной влажности и в естественных условиях необходимо наносить на них защитные покрытия на основе полимеров.

Список литературы

- 1 **Kablov, E. N.** The Influence of Internal Stresses on the Aging of Polymer Composite Materials: a Review / E. N. Kablov, V. O. Startsev // *Mechanics of Composite Materials*. – 2021. – Vol. 57, no. 5. – P. 565–576. – DOI:10.1007/s11029-021-09979-6. – EDN SKYNUU.
- 2 **Корецкая, Л. С.** Атмосферостойкость полимерных материалов / Л. С. Корецкая. – Минск : Наука и техника, 1993. – 206 с.
- 3 Thermal Properties of Graphene Filled Polymer Composite Thermal Interface Materials / P. Zhang, [et al.] // *Macromolecular Materials and Engineering*. – 2017. – Vol. 302, no. 9. – P. 1700068. – DOI: 10.1002/mame.201700068. – EDN YGWRZU.

УДК 648.6

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ДЕЗИНФЕКЦИИ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

А. В. ПОСПЕЛОВ, М. А. КОМАРОВ, С. В. КРАСКОВСКИЙ
Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Установленные в работах [1–5] закономерности послужили основой для разработки технологии дезинфекции сооружений водоснабжения с использованием озона. Показано, что озон может быть использован в качестве дезинфицирующего вещества для инактивации патогенной микрофлоры с поверхности сетей и сооружений водоснабжения, что подтверждается расчетом С·Т-критерия. Кроме этого, за счет меньшего времени обработки с использованием озона (15–20 мин) по сравнению с хлорсодержащими растворами (8–24 часов) использование растворенного озона будет вызывать

меньшую коррозию стальных поверхностей. Таким образом, при оптимально подобранном оборудовании для генерации и подачи озона в воду, времени обработки и концентрации озона, можно достичь эффективной дезинфекции. Оценка различных технических аспектов предлагаемых вариантов показала эффективность использования озона по всем исследованным показателям [1–5].

Целью работы является оценка эффективности использования озона для дезинфекции систем водоснабжения вместо хлорсодержащих дезинфицирующих веществ.

В расчетах принято количество рабочих дней установки – 250 в год. Количество рабочих часов в сутки – 8 часов. Производительность скважин – 70 м³/ч. Диаметр скважин принят 0,180 м, а высота статического уровня – 250 м.

Проведя расчет эколого-экономических показателей эффективности предлагаемой технологии, можно сделать вывод, что ее внедрение является экологически и экономически целесообразным, поскольку позволит снизить коррозионное воздействие на металлические поверхности обрабатываемых сооружений и сетей, повысить эффективность дезинфекции, значительно снизить время обработки, тем самым сократить издержки от простоя сооружений.

Оценка стоимости жизненного цикла показала (рисунок 1), что общие затраты при использовании гипохлорита натрия оцениваются на 10–15 % больше, чем суммарные затраты при использовании хлорной извести. Это объясняется более высокими капитальными затратами, так как производство гипохлорита натрия обычно организуют на объектах с использованием установок для электролиза хлорида натрия с образованием концентрированного раствора гипохлорита натрия. Для рабочего раствора гипохлорита натрия приготовленный раствор должен быть разбавлен до требуемой концентрации. Образующийся раствор не содержит осадков, его не требуется отфильтровывать, а осадок утилизировать. В целом капитальные затраты при использовании озона и гипохлорита натрия самые высокие среди всех дезинфицирующих средств, поскольку требуется установка для их получения на месте. Относительно высокая стоимость эксплуатации хлорамина объясняется почти в 5 раз более высокой ценой на него по сравнению с оптовой ценой на хлорную известь и гипохлорит кальция, которые можно найти на сайтах поставщиков.

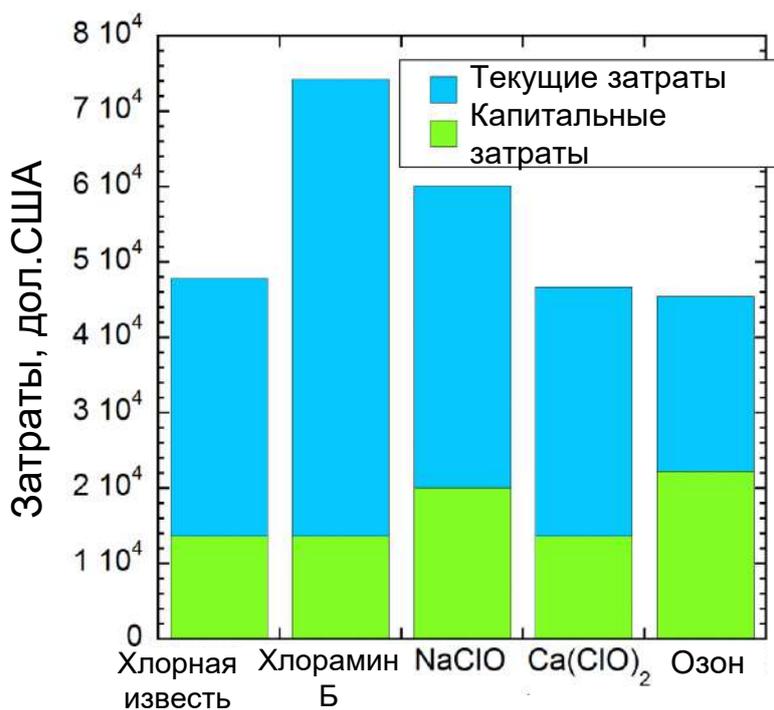


Рисунок 1 – Сравнительный анализ вариантов дезинфекции сооружений водоснабжения

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 экологических и высокоэффективных способов дезинфекции» (2021–2023 гг.).

Список литературы

- 1 Дезинфекция озоном водозаборных скважин и трубопроводов систем питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2013 – № 3 (159): Химия и технология неорганических веществ. – С. 55–60.
- 2 **Романовский, В. И.** Коррозионная устойчивость стали 15 к дезинфицирующим растворам / В. И. Романовский, В. В. Жилинский // Труды БГТУ. – 2015 – № 3 (176): Химия и технология неорганических веществ. – С. 29–34.
- 3 Анализ эффективности дезинфекции сооружений питьевого водоснабжения с использованием хлорсодержащих дезинфицирующих средств и озона / В. И. Романовский [и др.] // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2015. – № 2 (92). – С. 68–71.
- 4 **Романовский, В. И.** Сравнительный анализ коррозионной устойчивости углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам электрохимическим методом / В. И. Романовский, В. В. Жилинский, Ю. Н. Бессонова // Вестник БрГТУ. Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – 2016. – № 2 (98). – С. 126–129.
- 5 Определение основных параметров дезинфекции и обеззараживания озоном сооружений питьевого водоснабжения / В. И. Романовский [и др.] // Труды БГТУ. – 2015 – № 3 (176): Химия и технология неорганических веществ. – С. 108–112.
- 6 **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: материалы междунар. науч.-техн. конф.: В 2 т. Т 1. – Минск : Право и экономика, 2015. – С. 211–226.
- 7 **Романовский, В.И.** Коррозионная устойчивость углеродистых сталей к дезинфицирующим растворам / В. И. Романовский, Ю. Н. Чайка // Труды БГТУ. – 2014 – № 3 (167): Химия и технология неорганических веществ. – С. 47–50.
- 8 **Романовский, В. И.** Эффективность использования озона в технологии водоподготовки / В. И. Романовский, А. Д. Гуринович, П. Вавженюк // Водоочистка. – 2014. – № 2. – С. 66–70.
- 9 **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 органических веществ. – С. 214–219.

УДК 504.4.054

ВОПРОСЫ НОРМИРОВАНИЯ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. М. РАТНИКОВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Определение параметров рациональности и эффективности использования ресурсов является одной из основных задач при оптимизации производственных процессов на предприятии, а также разработке мероприятий по снижению воздействия на окружающую среду. При оценке использования водных ресурсов на предприятиях основной упор делается на разработку нормативов водопользования.

Основным нормативным документом, регламентирующим разработку нормативов, а также критериев эффективности использования воды в производственных процессах в настоящее время являются экологические нормы и правила (ЭкоНиП) [1], принятые взамен ТКП [2]. При сравнении этих нормативных документов можно заметить, что в ЭкоНиП при расчете нормативов водопользования появляется обязательный раздел «Оценка эффективности использования водных ресурсов», который должен содержать расчеты и анализ эффективности использования водных ресурсов в производственном процессе, а перечень критериев оценки эффективности по сравнению с ТКП переработан и расширен.

Согласно ЭкоНиП [1] анализ эффективности использования вод в производственном процессе рекомендуется оценивать:

- по рациональности использования водных ресурсов с учетом безвозвратного водопотребления и потерь воды (далее – эффективность использования водных ресурсов);
- количеству используемой в производственном процессе оборотной воды, в % [1].

Коэффициенты рациональности использования воды K_p , потерь воды в процессе ее использования K_{II} и сброса сточных вод в окружающую среду, в том числе через систему водоотведения (канализации) $K_{сбр}$, определяются, исходя из данных учета вод, по следующим формулам:

$$K_p = \frac{W_{пов} + W_{об} + W_{доп}}{W_{пов} + W_{об} + W_{доп} + W_B}; \quad (1)$$

$$K_{II} = \frac{W_B + W_{доп} - S_{техн}}{W_{пов} + W_{об} + W_{доп} + W_B}; \quad (2)$$