

УДК 54.04

Миграция тяжелых металлов в дезинфицирующих растворах из нержавеющей сталей применяемых в системах водоснабжения

Каравацкая К.С., Марушевский В.О.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель Комаров М.А., ст. преподаватель

В целях борьбы с эпидемиями вирусов, как, например, во время эпидемии коронавируса 2019 г., при которой хлорсодержащие дезинфицирующие средства являются наиболее широко используемыми в мире дезинфицирующими средствами и одними из многих рекомендуемых ВОЗ, происходит масштабная обработка поверхностей, а во многих случаях сопровождающаяся использованием растворов с высокими концентрациями хлорсодержащих дезинфицирующих веществ [1-4]. Это приводит в первую очередь к высокой коррозии металлических поверхностей, приводящее к разрушению поверхности или конструкции, а также вымыванию тяжелых металлов в окружающую среду, что наиболее опасно в объектах водоснабжения, питания и медицинских учреждениях [5-6].

При оценке коррозионного поведения учитывали соответствующее время обработки, необходимое для дезинфекции поверхности гипохлоритами (30 мин) и концентрацию активного хлора 2 мас.%. Основными элементами вымытыми из исследуемых сталей были $Fe > Cr > Ni > Mn$ с одинаковой тенденцией для всех хлорсодержащих растворов. В воде и в воде насыщенной озоном значения концентрации всех тяжелых металлов не превышают пределов обнаружения прибора. Суммарное вымывание металлов закономерно уменьшается в ряду $AISI\ 304 > AISI\ 316 > AISI\ 321$. Максимальное вымывание металлов наблюдалось для растворов $Ca(ClO)_2$. В растворах $Ca(ClO)_2$ общее выделение металлов для стали 304 было в 4,1 раза выше по сравнению со сталью 316 и в 4,9 раза по сравнению со сталью 321. Максимальное выделение молибдена наблюдалось для стали 316 в растворе $Ca(ClO)_2$. Для $AISI\ 304$ стали использование $NaClO$ привело к вымыванию в 2,2 раза меньшего количества ионов, и в 3,7 раза меньше при использовании хлорамина Б. Для стали $AISI\ 316$ при использовании раствора хлорамина вымылось в 2,5 раза больше элементов, чем при использовании $NaClO$. Для стали 321 использование хлорной извести, хлорамина и гипохлорита натрия дало практически одинаковые результаты. Для них полученные значения до 15 раз ниже, чем при использовании гипохлорита кальция. Наименьшее

количество вымытых элементов было в растворе хлорной извести для всех исследуемых типов сталей, что видно из рисунка 1.

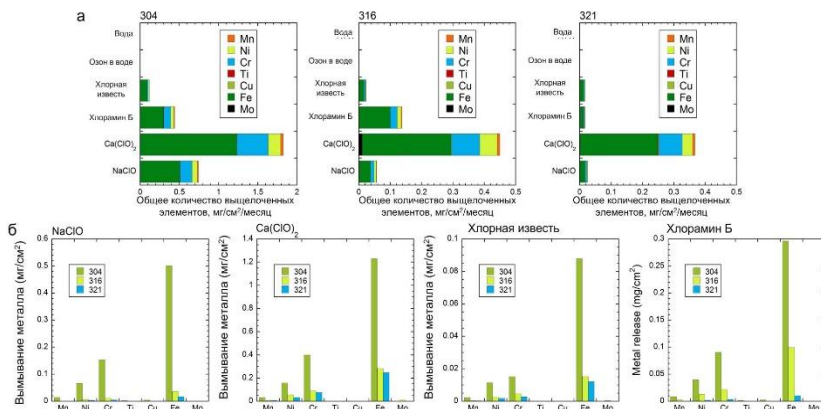


Рис. 1. Выделение металлов

a общее выделение металлов (мг/см²/месяц); *б* выделение металлов (мг/см²/месяц)

Анализируя показатели шероховатости также становятся заметны различия при использовании воды и растворенного в воде озона. Наиболее существенны эти различия для стали 304. Значение средней шероховатости для стали 304 в растворенном в воде озоне более чем в 5 раз выше, чем в воде. Для сталей 316 и 321 изменения в параметрах шероховатости в растворенном в воде озоне незначительны, в сравнении с исходными значениями.

Исследование показывает, что с точки зрения коррозии обработка озоном предпочтительнее обработки дезинфицирующими средствами, содержащими хлор. Мы основываем это утверждение на следующих наблюдениях:

- 1) при обработке озоном наблюдается более низкая скорость коррозии по сравнению с хлорсодержащими растворами дезинфицирующих средств,
- 2) отсутствует риск вымывания тяжелых металлов в раствор после обработки поверхностей дезинфекцией.

Результаты этого исследования ограничены его граничными условиями, т.е. он действителен только при комнатной температуре и используемой концентрации активного хлора 2 мас. %.

В настоящее время имеется относительно немного исследований, связанных с коррозией нержавеющей стали в растворах гипохлоритов и растворенного озона в средах, имеющих отношение к дезинфекции

поверхностей. Наше исследование согласуется с выводами исследования нержавеющей стали в растворе озона, показывая ингибирование коррозии за счет образования защитной поверхностной оксидной пленки [7]. Основные результаты этого исследования близки к результатам для углеродистой стали при поверхностной дезинфекции очистных сооружений с гораздо более низкими концентрациями активного хлора [8].

С экологической точки зрения обработка озоном имеет преимущество перед обработкой хлорсодержащими реагентами. Хотя озон относится к тем же классам опасности, что и гипохлорит натрия, в отношении водных организмов, его преимущество заключается в том, что он может быть получен непосредственно на месте в закрытой системе и что его период полураспада составляет в среднем 20 минут. Это приводит к значительно меньшему воздействию на окружающую среду при обработке озоном по сравнению с обработками хлорсодержащими дезинфицирующими средствами, при использовании которых образуется огромное количество сточных вод, требующих очистки.

Наибольшее воздействие гипохлорита кальция, хлорной извести и хлорамина Б на окружающую среду среди дезинфицирующих средств для поверхностей можно в основном объяснить их значительным воздействием на окружающую среду на этапе их производства.

Производство гипохлорита натрия оказывает значительно меньшее воздействие на окружающую среду в сравнении с другими хлорсодержащими дезинфицирующими веществами на этапе производства, так как включает только стадию электролиза из раствора хлорида натрия.

Напротив, растворы озона в воде можно приготовить на месте. Для генерации озона необходим только воздух в качестве сырья. Озон генерируется и вводится в воду непосредственно во время обработки. В этих исследованиях было показано, что озон оказывает меньшее воздействие и с точки зрения разрушения материалов и с точки зрения воздействия на окружающую среду.

Литература

1. Пospelов А.В. Коррозия углеродистых сталей в дезинфицирующих растворах / А.В. Пospelов, И.В. Мацукевич, А.А. Касач, М.А. Комаров, С.Н. Рожко // Вестник Полоцкого государственного университета Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 14. – С. 89-93. <https://doi.org/10/52928/2070-1683-2022-32-14-89-93>

2. Пospelов А.В. Коррозия нержавеющей стали в дезинфицирующих растворах / А.В. Пospelов, И.В. Мацукевич, А.А. Касач, М.А. Комаров // Вестник Полоцкого государственного университета Серия F. Строительство.

Прикладные науки. – 2023. – № 1 (33). – С. 90-93.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2023-33-1-90-93>

3. Комаров М.А. Оценка воздействия на окружающую среду дезинфицирующих веществ / М.А. Комаров, А.В. Поспелов, Н.Г. Короб, А.Н. Хотько // Вестник Полоцкого государственного университета Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (36). – С. 87–93.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-36-1-87-93>

4. Поспелов А.В. Сравнительный анализ эффективности дезинфекции поверхностей в водных растворах озона и гипохлорита натрия / А.В. Поспелов, М.А. Комаров, Н.Г. Короб, А.Н. Хотько // Вестник Полоцкого государственного университета Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – № 1 (36). – С. 94–99.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-36-1-94-99>

5. Поспелов А.В., Короб Н.Г., Хотько А.Н. Анализ технических аспектов дезинфекции поверхностей водными растворами озона и гипохлорита натрия // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2024. – №. 2. – С. 87–95.
<https://doi.org/10.52928/2070-1683-2024-37-2-87-95>

6. Romanovski V. et al. Comparative analysis of the disinfection efficiency of steel and polymer surfaces with aqueous solutions of ozone and sodium hypochlorite // Water. – 2024. – Vol. 16. – №. 5. – P. 793.
<https://doi.org/10.3390/w16050793>.

7. aesson P.M., Hedberg Y.S. Comparison of different surface disinfection treatments of drinking water facilities from a corrosion and environmental perspective // Environmental Science and Pollution Research. – 2020. – Vol. 27. – №. 11. – P. 12704–12716.

8. ECHA 2016a Biocidal Products Committee opinions on active substance approval: Active chlorine released from sodium hypochlorite. URL: <https://echa.europa.eu/regulations/biocidal-products-regulation/approval-of-active-substances/bpc-opinions-on-active-substance-approval> (дата обращения: 13.05.2025).