

- для снижения нагрузки по сульфатам, фосфору и металлам необходимо жесткое регламентирование организованного сброса; это возможно достичь путем организации двухступенчатой системы очистки сточных вод - сначала на очистных сооружениях предприятия, а затем - на очистных сооружениях городской канализации.

Также необходимо проводить мероприятия в целях снижения поступления биогенных элементов за счет поверхностного смыва с территории бассейнов р. Мухавец и р. Лесная в местах повышенного сельскохозяйственного освоения.

Таким образом, оздоровление р. Западный Буг становится возможным только при комплексном подходе улучшения экологической ситуации как в самих реках, так и их бассейнах, а также при приведении охраны рек от загрязнения по всем направлениям природопользования всеми приграничными странами.

УДК 628.16

Лобец Е.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Волкова Г.А.

### КОРРОЗИЯ И БИООБРАСТАНИЯ В ВОДОБОРОТНЫХ СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ

Целью данной работы является привлечение внимания к проблеме развития коррозии и биообрастаний в водооборотных системах охлаждения. Разработки по антикоррозионной защите металла очень актуальны. Несмотря на многолетние интенсивные работы в этой области, такие разработки востребованы и в настоящее время. Рост антропогенного загрязнения окружающей среды, приводящий к ухудшению качества воды в различных водисточниках и системах водоснабжения, усугубляют трудности решения проблемы борьбы с коррозией.

Любое снижение коррозионных потерь металла одновременно решает и экологические проблемы. В большинстве промышленно развитых стран увеличивается сброс недостаточно очищенных промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод, содержащих органические соединения и минеральные соли, в том числе нитраты и фосфаты, в реки, озера и моря - водоприемники, что стимулирует процессы биообрастания и увеличивает коррозионные разрушения при использовании этих вод для подпитки. Это свидетельствует о тесной взаимосвязи коррозии металлов и экологии [6].

Процесс коррозии помимо ухудшения технологических и технических характеристик металлоконструкций (трубопроводов, запорной арматуры, технологического оборудования и др.), имеющих непосредственный контакт с водой, приводит к вторичному загрязнению воды продуктами коррозии и биообрастаний.

Механизм развития коррозии металлических поверхностей в воде, определяемый коррозионной активностью воды и особенностями режима работы систем водоснабжения, носит электрохимический характер и интенсифицируется присутствующими в воде многочисленными микроорганизмами [1,2], вызывающими биокоррозию металлов. Рассмотрим причины возникновения электрохимической и биокоррозии.

В литературе наиболее распространено мнение, что электрохимическая коррозия вызвана тем, что для изготовления металлического оборудования и трубопроводов в водооборотных системах охлаждения применяются сплавы, содержащие обычно не два, а большее число различных компонентов, которые могут образовывать различные соединения и смешанные фазы. Это приводит к возникновению на поверхности металла микрогальванических элементов, как правило, нескольких видов, которые являются причиной постепенного разрушения поверхностных слоев металла при соприкосновении с водной средой.

При этом электродные потенциалы гальванических элементов зависят не только от

природы металла, но в меньшей степени и от кристаллической модификации его, от различных дефектов в решетке кристалла, от напряжения во внутренней структуре. Поэтому все виды неоднородности металла, в том числе и вызываемые такими методами обработки, какковка, прокат, волочение и т.д., могут в той или иной степени влиять на течение коррозионных процессов. Вследствие указанных причин будут возникать разные электрохимические элементы.

В присутствии кислорода, растворенного в воде, на поверхности металла могут возникать азрационные пары, в результате того, что приток кислорода к одной части поверхности металла больше, чем к другой. На более азрируемых участках металла локализуется катодный процесс, а на менее азрируемых участках - анодный процесс, что приводит к усиленной коррозии этих участков.

Биокоррозия вызвана воздействием на металлы микрофлоры, присутствующей в циркулирующей воде. При этом следует отметить, что разделить биокоррозию и электрохимическую коррозию во многих случаях без проведения специальных микробиологических анализов практически невозможно, тем более в водных средах, где механизм микробиологической коррозии является в основном электрохимическим.

Коррозионному разрушению в водной среде подвергаются не только малоуглеродистые стали, но иногда и нержавеющие стали, сплавы меди, кислотоупорные стали, алюминиевые сплавы и свинец под действием микроорганизмов. При этом селективное повреждение нержавеющих сталей связано с тем, что хром и никель, входящие в их состав, вступают в реакции комплексообразования с продуктами жизнедеятельности микроорганизмов, в том числе с органическими кислотами, аминокислотами, сульфополипидами и другими соединениями.

О тесной связи электрохимической и биокоррозии свидетельствуют многочисленные факты неэффективности применения обычных ингибиторов коррозии без использования биоцидов, убивающих коррозионно-активные микроорганизмы, которые способны участвовать в процессах электрохимической коррозии малоуглеродистых сталей, интенсифицируя их [4]. При этом в проточных условиях биокоррозия локализуется, прежде всего, в областях металлической поверхности, имеющих металлургические и технологические дефекты в виде микроскопических трещин, неровностей, плохих сварных швов и т.д. [5].

Процесс микробиологической коррозии можно условно разделить на:

- транспортировку микроорганизмов из воздуха, воды, почвы или с загрязненных поверхностей на поверхность металлоконструкций;
- адсорбцию микроорганизмов и загрязнений на поверхности металлов.
- рост популяций микроорганизмов на поверхности металлоконструкций и образование биопленок.

Размножаясь, популяции бактерий изменяют физико-химические свойства среды. Эта стадия сопровождается появлением коррозионноактивных продуктов и локальным накоплением метаболитов (кислот, оснований, окислителей, восстановителей, ферментов и других веществ). Аэробные и факультативно анаэробные виды бактерий, населяющие поверхностные области биопленки, стимулируют биодegradацию металла, создавая питание и физико-химические условия, необходимые для роста и активности сульфатредуцирующих бактерий под биопленкой, где они затем являются основными инициаторами анаэробной коррозии металла.

Бактерии в коррозионном процессе могут являться деполяризаторами. При этом коррозионные реакции являются частью метаболического цикла бактерий. Например, поглощая водород с поверхности металла, сульфатвосстанавливающие бактерии способствуют ускорению деполяризации катода, усиливают тем самым электрохимическую коррозию. Для самих бактерий ферментативный перенос электронов является частью их энергетического обмена. С каждым эквивалентом водорода, потребляемым бактериями, в раствор переходит один эквивалент  $Fe^{2+}$ , образуя гидроксиды железа и  $FeS$ .

Воздействие микроорганизмов на металлы также реализуется при появлении образований и отложений, представляющих собой некоторую массу, плотно прилегающую к металлической поверхности. Под этой массой создаются анаэробные условия, вследствие чего между участком, лишенным кислорода и более аэрированными краями массы возникает концентрационный элемент. Микроорганизмы, развивающиеся под массой отложений, поглощают оставшийся там кислород, что, главным образом, и увеличивает разницу в концентрациях кислорода на рассматриваемых участках.

Следует отметить важную роль в этом процессе физиологической группы железокисляющих бактерий, образующих плотные образования, а также отложения в виде нерастворимых оксидов и гидроксидов железа, что способствует созданию анаэробных зон и развитию сульфатовосстанавливающих бактерий.

Кроме этого, возможно разрушение микроорганизмами защитных покрытий на металле как способ участия в коррозионном процессе. На практике все эти факторы могут действовать на металл в различных сочетаниях в зависимости от реальных условий [2,5].

Применяются следующие способы борьбы с коррозией:

- ✓ легирование металлов;
- ✓ электрохимическая защита (катодная, анодная);
- ✓ применение защитных покрытий на основе неорганических (металлических: Zn, Ni, Cr, Cu, Cd, Al и др.; неметаллических: силикатных, цементных, оксидных, хроматных, фосфатных и др.) и органических веществ (лакокрасочные противокоррозионные покрытия, футеровки пластмассами, полимерные покрытия и другие);
- ✓ использование ингибиторов и пассиваторов коррозии;
- ✓ регулирование концентраций кислорода и других примесей (путем устранения застойных зон);
- ✓ повышение требований к качеству подпиточной воды и металлических конструкций (чистоты металлов и сплавов, применения коррозионно-стойких сплавов, рационального конструирования и пр.).

В последнее время стали применять металлические трубы с полимерным покрытием или изготовленные из полимерных материалов, которые не подвергаются электрохимической коррозии, но биокоррозия их возможна. Кроме того, необходима защита от коррозии других металлических конструкций в системах оборотного водоснабжения, особенно теплообменного оборудования, а также защита всех конструкций от солеотложений и биообразований.

Для предотвращения отложений применяют и методы физического воздействия, например, магнитную и акустическую обработку воды, хотя эффективность действия этих методов по предотвращению отложений не превышает 70-80%.

Борьбу с коррозией, вызываемой микроорганизмами, проводят различными методами. Для предотвращения попадания микроорганизмов проводится фильтрация, сорбция, а при загрязненных водах подпитки – физико-химическая очистка коагулянтами и флокулянтами. Для предотвращения адсорбции микроорганизмов, попавших в систему, их роста и образования биопленок, а также предотвращения контакта микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности с защищаемой поверхностью металла проводят очистку поверхностей и используют защитные покрытия, часто включающие биоциды.

Основные методы защиты от биокоррозии и биообразований – обеззараживание воды активным хлором и биоцидами.

В оборотных системах охлаждения с большими объемами воды для уничтожения микрофлоры обычно проводят обеззараживание воды раствором гипохлорита натрия. Активный хлор, являясь сильным окислителем, разрушает органические вещества и микрофлору, но продукты неполного их окисления в дальнейшем являются питательной средой для оставшихся и вновь появляющихся водорослей и бактерий. Обработка воды

активным хлором обычно проводится периодически, частота ее различна и колеблется от 3 раз в день до одного раза в месяц. Однако при обеззараживании воды активным хлором всегда происходит усиление коррозии сталей, так как образующиеся хлорид-ионы являются активаторами коррозии. Поэтому рекомендуется этот процесс проводить в течение короткого промежутка времени, но достаточного для обеззараживания воды, и при коррозионном контроле циркулирующей воды в натуральных условиях.

Ультрафиолетовое облучение эффективно для обеззараживания не очень загрязненной циркулирующей воды. Этот метод следует применять в системах, где предусмотрена хотя бы частичная фильтрация и/или физико-химическая очистка циркулирующей воды.

В связи с высокой стоимостью биоцидов, обычно их применяют периодически в период паводков, летом и при случайных загрязнениях. Эти вещества действуют на уровне живых клеток и влияют на их развитие. В качестве биоцидов, многие из которых являются и поверхностно-активными веществами, а некоторые одновременно являются и ингибиторами коррозии металлов, применяют: производные четвертичного аммония, замещенные соли гуанидина, некоторые аминопроизводные и производные альдегидов. Для того, чтобы биоциды действовали эффективно, остаточная концентрация этих веществ должна сохраняться после длительного контакта, а в случае биостатов – сохраняться постоянно.

В последние десятилетия наиболее распространен комплексный метод борьбы с коррозией и различными видами отложений в оборотных системах охлаждения – коррекционная обработка воды с применением композиций реагентов, содержащих ингибиторы солеотложений, коррозии (ИК), диспергаторы, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и биоциды. Поверхностно-активные вещества уменьшают поверхностное натяжение воды, улучшают процессы тепло- и массообмена в системе, облегчают доступ диспергаторов и биоцидов к загрязнениям, что увеличит эффективность их действия. При применении этого метода примеси, имеющиеся в воде, а также соли- и биотложения не удаляются из системы, а переводят в такое мелкодисперсное состояние, при котором не только не происходят отложения на поверхностях системы, в том числе и теплообменных, но даже может происходить разрушение и очистка поверхностей от имевшихся в системе отложений. С этой целью в циркулирующую воду вводят различные композиции реагентов, т.к. установлено явление синергизма – взаимного усиления защитного действия смеси ингибиторов, даже при более малых дозах, по сравнению с действием каждого ингибитора, введенного отдельно. Иногда дополнительно используют и методы физического воздействия на воду, указанные выше.

Следует заметить, что для борьбы с биообрастаниями и защиты от них гидросооружений также не может быть рекомендован какой-либо один универсальный метод. Выбор метода определяется видовым составом организмов, образующих биообрастания, сезонностью их размножения и развития, наличием в образовании обрастаний, а также конкретными местными условиями.

Биообрастания и осадки, включающие продукты коррозии и солеотложения, ухудшают эксплуатационные показатели систем, сужая просветы трубопроводов и уменьшая теплопередачу в системах охлаждения. Многие микроорганизмы-образователи являются условными патогенами, а продукты жизнедеятельности или распада микроорганизмов могут образовывать токсичные хлорорганические соединения в процессе обработки систем хлором. Вместе с этим необходимо отметить, что основными агентами в процессе биокоррозионного разрушения материала металлоконструкций, в том числе трубопроводов, являются группы бактерий-автотрофов, не учитываемые в санитарно-гигиенических показателях качества воды.

Во всех случаях применения реагентов для коррекционной обработки разных типов вод следует учитывать, что их количество не должно превышать значений предельно

допустимых сбросов (ПДС) в канализацию или источник. Поэтому необходимо перед внедрением сложной композиции реагентов предварительно провести лабораторное тестирование их совместимости и эффективности действия ингибиторов при концентрациях меньших, чем концентрации, допустимые ПДС.

Мероприятия, направленные на предотвращение коррозионных потерь, одновременно являются экологическими мероприятиями. В свою очередь, большинство усилий, направленных на защиту окружающей среды так или иначе способствуют уменьшению ущерба от коррозии.

Таким образом, в настоящее время синтезировано большое число новых комплексонов, комплексонов, биоцидов и других веществ для предотвращения коррозии, солеотложений и биообрастаний в водооборотных системах охлаждения, а также различных композиций на их основе. Однако универсального реагента или даже сложного состава реагентов для разных типов вод не существует. Вряд ли универсальное средство возникнет, так как каждая водооборотная система индивидуальна из-за специфики составов воды подпитки, циркулирующей воды и конструктивных особенностей системы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Всё о коррозии: Терминологический справочник / Мамулова И.С., Сухотин А.М., Сухотина Л.П., Флорианович Г.М., Яковлев А.Д.; под ред. Сухотина А.М. – СПб: Химиздат, 2000. – 520 с.
2. Благник Р., Зенова В. Микробиологическая коррозия. – М.-Л.: Химия, 1965. – 224 с.
3. Борщевский А.М., Беликова Т.Д., Павловец Н.М. // Защита металлов. – 1994. – Т. 30, – № 4. – С. 364-368.
4. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник. В 2-х т. / Под ред. Герасименко А.А. – М.: Машиностроение, 1987. – Т. 1. – 687 с. – Т. 2. – 783 с.
5. Экологические аспекты коррозии / Тищенко Г.П., Алексеева В.А., Тищенко И.Г. и др. – М.: НИИТЭХим, 1992. – 68 с.

УДК 621.311/.472(476)

*Краевич Д.Ф.*

*Научный руководитель: преподаватель Панасюк З.Н.*

#### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ, ХАРАКТЕРНЫЕ ДЛЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСИ

На сегодняшний день нас всех пугают энергетическим кризисом, и это не напрасно, так как по последним подсчётам учёных, энергоресурсов осталось буквально на 800 лет, а если развитие общества будет развиваться такими темпами как сейчас, то ресурсов вовсе хватит на 130 лет. Эта проблема заинтересовала меня, и я решил произвести собственный анализ, сделав упор на альтернативные источники энергии, как гарант энергетической и экономической безопасности.

В мире существует множество возобновляемых источников энергии, такие как энергия солнца, земли, ветра, и воды.

Если мы научимся хотя бы 0,01 солнечной энергии, которую получает земля, накапливать, то можно будет вовсе отказаться от нефти, газа и других невозобновляемых источников энергии.

Весьма популярна энергия ветра. Вот, например, если в США хотя бы в 3-х штатах использовать ветровые установки, то это смогло бы обеспечивать всю страну энергией круглый год. Германия получает от ветровых установок 30% требуемой энергии.

Но эти источники не сравнятся с геотермальной энергией. Если мы будем использовать геотермальную энергию, то вся планета не будет испытывать энергетического кризиса на протяжении 4000 лет.