



Н.А. Шонина, преподаватель МАрхИ

ru.depositphotos.com

БОРЬБА С БИООБРАСТАНИЕМ В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Ключевые слова: биообрастание, биопленка, система водоснабжения, коррозия

В статье приведена информация о возникновении биопленки в системах водоснабжения, ее состав. Описаны методы, позволяющие предотвратить риск возникновения биообрастания в системах ГВС в процессе эксплуатации.

Для лучшего контроля и борьбы с биообрастанием в системах горячего водоснабжения (ГВС) необходимо знать следующие факты о биопленке.

- Биопленка – множество (конгломерат) микроорганизмов, расположенных на какой-либо поверхности, клетки которых прикреплены друг к другу. Обычно клетки погружены в выделяемое ими внеклеточное полимерное вещество (внеклеточный матрикс) – слизь.
- В образовании биопленки в трубах системы водоснабжения и в резервуарах для хранения воды принимают участие как органические, так и неорганические соединения.
- Биопленка может образовываться фактически во всех составляющих распределительных систем водоснабжения.
- Биопленки колонизируют разнообразные микробные сообщества.

Биопленки в системах водоснабжения

Биопленки в системах водоснабжения представляют собой скопления органических и неорганических соединений и микроорганизмов (например, бактерии, плесневые грибки, водоросли, простейшие и вирусы), прикрепленные к внутренним поверхностям труб и резервуаров для хранения в системах водоснабжения.

Биопленки повсеместно распространены в распределительной сети систем водоснабжения независимо от качества воды и методов очистки воды, применяющихся в системах водоснабжения.

Патогены могут проникать в системы водоснабжения, например, из систем канализации при нарушении целостности резервуаров для хранения воды или при возникновении протечек в сетях водоснабжения. Независимо от



способа проникновения попавшие в систему патогены могут взаимодействовать с поверхностями в системе водоснабжения и могут стать через непродолжительное время биопленками. Таким образом, биопленки могут стать главным фактором для микробной экологии оппортунистических возбудителей (инфекционных микроорганизмов, способных вызвать заболевание в определенных группах риска) в системах распределения и в помещениях, оснащенных сантехническими приборами.

Исследования показали¹, что биопленки в системах водоснабжения могут служить в качестве резервуаров для *Helicobacter pylori* – бактерий, вызывающих язву и рак, *Legionellae* – бактерий, которые могут привести к легионеллезу, и *Mycobacterium avium* – бактерий, которые могут вызывать инфекции легких. Свободно живущие простейшие могут быть частью экосистем биопленки. Исследования показали, что такие простейшие, как инфузории и амёбы, способны поддерживать в воде численность патогенных бактерий. Также возможно влияние биопленки на интенсификацию роста числа колиформных бактерий в воде. Обнаружение колиформных бактерий в распределительной системе считается индикатором наличия большого количества биопленки, что может привести к потенциальным рискам для здоровья потребителей от всех патогенов, передающихся через воду.

В то же время, хотя наличие биопленки может быть источником беспокойства по поводу качества воды в системах питьевого водоснабжения, исследования показали связь наличия биопленки с удалением некоторых галоуксусных кислот (НААs), включая моногалогенированные соединения и дигалогенированные виды (но не тригалогенированных видов)². Доминирующими культурами в уничтожении (НААs) в системах питьевого водоснабжения питьевой воды являются *Afipia spp*³.

Биопленки и коррозия

Рост биопленки может увеличить очаговую коррозию в чугунных трубах путем изменения концентрации кислорода и электрического потенциала⁴.

Хотя рост биопленки, содержащей определенные типы колоний бактерий, может быть полезным в качестве барьера для коррозии в водопроводе, обычно биопленка интенсифицирует коррозию железа⁵. Кроме того, анаэробные сульфатвосстанавливающие бактерии могут способствовать микробиологически индуцированной коррозии из-за сульфидного газа, который ускоряет процессы коррозии.

Некоторые микробы, такие как актиномицеты и железные и серные бактерии, распространены в биопленках, образующихся в трубопроводах. Они могут отсоединяться от стенок, попадать в воду и размножаться в системе, часто приводя к проблемам вкуса, цвета и запаха питьевой воды.

Контроль биопленки

Биопленки являются гетерогенными, по своей природе неоднородными и колонизированными с разнообразными микробными сообществами – качествами, которые делают контроль биопленки сложным для систем водоснабжения.

Существует несколько стратегий борьбы с биопленкой, таких как промывка, озонирование, химическая обработка, также существует способ Ice Pigging – процесс, при котором ледяная суспензия закачивается в трубу и подается внутрь, чтобы удалить осадок и другие нежелательные отложения, для очистки трубы.

Борьба с проблемами биообращения в Италии

Общеизвестно, что бактерии *Legionella pneumophilla* появляются и размножаются в контурах инженерных сетей и распространяются по водопроводу, при этом наиболее благоприятной средой для них является теплая или умеренно горячая вода. В последнее время наблюдается рост количества систем, имеющих при высокой стоимости бесполезно сложную структуру. В таких системах, когда с легионеллой борются путем прокачки по рабочим контурам воды температурой выше 65 °С, при которой якобы «враг погибает», риск превышает фактические преимущества. В итальянских инженерных журналах данный вопрос поднимался неоднократно,

¹ Watsonetal., 2004; Mackayetal., 1998; Rogers and Keevil, 1992; Lehtolaetal, 2007.

² Bayless and Andrews, 2008.

³ Hozalskietal, 2010.

⁴ Leeetal., 1980.

⁵ Mc Neill and Edwards, 2001.



однако учитывая, с какой настойчивостью инженерам-конструкторам предлагаются такого рода системы, будет нелишне вернуться к данному вопросу.

Прежде всего следует понимать, что в ситуации повышенного риска, серьезность которого ныне общепризнана, теряет силу установленное Указом Президента Италии ограничение температуры горячей бытовой воды для тепловых сетей, предусматривающих централизованное приготовление горячей воды при наличии многоразборных пользовательских объектов в пределах 48 ± 5 °С. Многие в Италии ориентируются на данный регламент, хотя он уже не действует, поскольку вступило в силу распоряжение, заменяющее устаревшую статью.

Фактически старый регламент имел целью обеспечить энергосбережение при сохранении комфорта. Ныне же, тем более в контексте обсуждаемой проблематики, преобладают иные приоритеты и выдвигается иная задача, а именно сохранение здоровья населения.

Необходимо подчеркнуть, что проблема легионеллы требует внимания инженеров-конструкторов на всех участках инженерных сетей без исключения, о чем говорилось выше, при этом роль процессов приготовления и распределения горячей воды не следует ни преуменьшать, ни преувеличивать.

С учетом всех этих обстоятельств в распределительных сетях, где выявлено наличие легионеллы, можно поднять температуру воды более 60 °С, что приведет к инактивации бактерий в объеме, пропорциональном времени воздействия. Это так называемая термическая обработка, заключающаяся во временном повышении температуры в водогрейных котлах, распределительных и рециркуляционных контурах. Процедура, безусловно, дает желаемый эффект инактивации, что было доказано опытным путем и в больницах, и в гостиницах, где проводились соответствующие тесты. Те же тесты показали, что системы приготовления и распределения горячей санитарной воды, где температура не опускается ниже 50 °С, в меньшей степени подвержены возникновению очагов легионеллы.

Вообще говоря, полная процедура теплового удара состоит в том, чтобы повысить температуру воды до 70–80 °С и непрерывно прокачивать ее по сети в течение трех дней, не забывая ежедневно по полчаса сливать воду через каждый водоразборный кран. Некоторые авторы в профилактических целях рекомендуют даже сливать воду из водогрейных

котлов и проводить обработку хлором (в объеме 100 мг/л на 12–14 ч).

Вопрос, во-первых, в том, каким образом эту процедуру можно провести в функционирующем здании без перерыва или изменения режима обслуживания, а также исключив риск для людей и оборудования. Прежде всего необходимо понимать, что поддержание температуры воды выше 65 °С на протяжении трех суток может стать причиной серьезных ожогов у людей.

Во-вторых, слив воды из всех (подчеркиваем, именно из всех) кранов приведет к огромным эксплуатационным затратам из-за непроизводительной потери воды и энергии, не говоря уже о термическом загрязнении сточных канализационных вод.

В-третьих, встает вопрос о состоянии инженерных сетей: при температуре в контурах более 60 °С вода становится химически агрессивной, это приводит к интенсификации коррозии, уменьшению жесткости воды и увеличению количества известковых отложений.

И наконец, в-четвертых, стоимость процедуры, если проводить ее грамотно и в полном объеме, превысит все мыслимые пределы, поскольку на объекте во время проведения обработки необходимо будет присутствие специалистов, наблюдателей и экспертов. В то же время нет никакой гарантии, что по завершении обработки и возвращении работы системы в штатный режим бактериальная культура не возникнет здесь вновь.

Согласно рекомендациям Министерства здравоохранения Италии уровень текущей профилактики считается более чем достаточным там, где приготовление и распределение горячей санитарной воды осуществляется в режиме 60 °С.

Следует помнить в этой связи, что болезнетворные бактерии выживают, если вода имеет температуру в диапазоне от 5 до 55 °С. При этом наиболее благоприятной для них является температура воды от 32 до 45 °С.

Таким образом, идеальным заданным значением представляются именно 60 °С, так как превышение данной температуры может подвергнуть пользователей опасности получить серьезные ожоги. Соблюдение данного температурного предела позволит предохранить от коррозии и накипи водогрейные котлы, теплообменники, распределительные сети, регулирующие агрегаты и водоразборное оборудование.

Мы выполним все условия термической дезинфекции воды, если распространим такой режим



на всю внутреннюю распределительную сеть и рециркуляционный контур. Стоить это будет намного дешевле, чем проведение профилактических работ, да и людей беспокоить не придется.

Выбор схемы распределения

Две возможные схемы приготовления и распределения горячей бытовой воды, которые получили наибольшее распространение, представлены на рис. 1. Вариант «а» использовался чаще всего, пока действовало ограничение на температуру рабочих сетей 48 °С. Термостатический смеситель в этой схеме монтируется на выходе из водогрейного котла, что обеспечивает поддержание температуры в установленных пределах.

Намного более эффективной в данный момент считается схема «б», предусматривающая непосредственное распределение горячей воды, имеющей «антилегионеллезную» температуру на уровне 60 °С: термостатические смесители – не меньше одного на каждую пользовательскую точку – располагаются в сети на самых отдаленных участках, это ограничивает риск появления бактерий легионеллы одним конкретным водоразбором, а именно душевой лейкой или аэратором крана раковины. Обслуживать эти две точки намного проще и эффективней, поскольку доступ к ним обеспечен и их очистку можно производить соответствующими чистящими средствами либо, например, пламенем спиртовки, как практикуют, в частности, сотрудники лабораторий, берущие пробы воды на анализ. Обработка, разумеется, проводится силами квалифицированных специалистов.

Можно утверждать, что таким образом риск возникновения в воде бактерий будет существенно снижен, но избежать его полностью не представляется возможным, так как смесители контактируют и с атмосферным воздухом, и с холодной водой (последняя, кстати, также выступает разносчиком микроорганизмов).

На рис. 1 показана концепция двух схем с учетом проведения бактериологической профилактики – сетевой и термической: особая конфигурация водогрейных котлов и соответствующих соединений, предотвращающая смешение уже подготовленной для подачи пользователю горячей воды и вновь поступающей для нагрева холодной. Разогретый до оптимально горячей температуры слой воды всегда находится в верхней части бака котла, откуда забирается в распределительную сеть, при этом дополнительный модуль поддерживает в нем постоянную

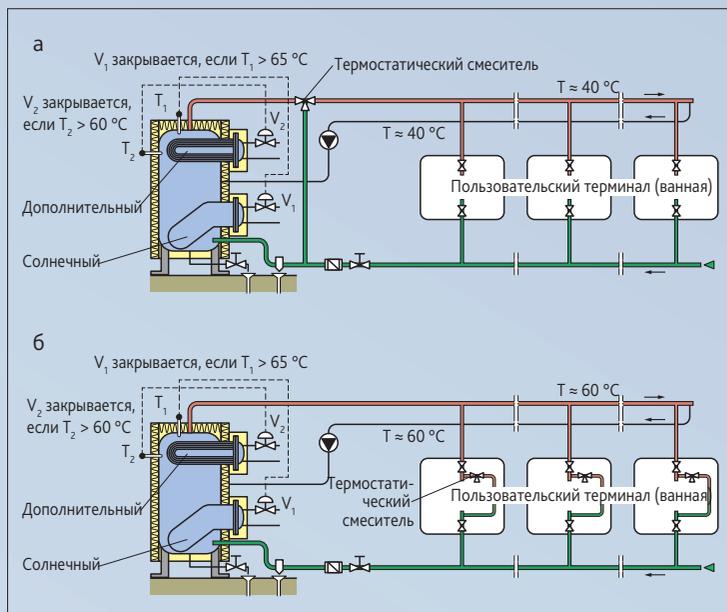


Рис. 1. Схемы приготовления и распределения горячей санитарной воды в сравнении:
а – централизованный термостатический смеситель; б – смеситель непосредственно перед точкой водоразбора

«антилегионеллезную» температуру. Змеевик теплообменника, использующего для нагрева воды солнечную энергию, направлен вниз в толщу подаваемой на нагрев холодной воды, чтобы имелась возможность использовать для горячего водоснабжения в том числе солнечную энергию. Понятно, что температура слоя, нагреваемого за счет солнечной энергии, будет варьироваться в силу переменчивости интенсивности излучения солнца. Погодные условия, позволяющие нагреть воду до «антилегионеллезной» температуры только с помощью солнца, складываются достаточно редко. Поэтому, перед тем как вода попадет в распределительный контур, ее подогреет до нужной температуры дополнительный водонагревающий модуль – это в совокупности должно предотвратить возникновение бактерий легионеллы.

Регулирующие термостаты T1 и T2 занимают стратегическое положение, обеспечивая подачу на теплообменники тепла в необходимом количестве.

Литература

1. Vittorio Bearzi. Legionella, sfida all'impianistica // RCI. – 2012. – № 1.
2. Выбор схемы распределения ГВС для снижения риска распространения легионеллы // Сантехника. – 2012. – № 4.