# О мероприятиях по предотвращению биологического загрязнения сетевой воды

*Д.т.н. В.И. Шарапов, профессор, заведующий кафедрой,*
*к.т.н. М.М. Замалеев, доцент, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция»,*
*Ульяновский государственный технический университет (УлГТУ), г. Ульяновск*

## Введение

В ряде отечественных и зарубежных систем теплоснабжения приходится наблюдать так называемое сульфидное бактериологическое загрязнение, обусловленное появлением в сетевой воде анаэробных, относительно термофильных (до 85 °С) сульфатредуцирующих бактерий и микроорганизмов группы железобактерий.

Эти бактерии приводят к образованию отложений и нередко к весьма интенсивной локальной коррозии элементов систем теплоснабжения [1, 2]. По данным G. Booth [1] более 50% коррозионных повреждений металлических трубопроводов обусловлено деятельностью бактерий. В системе теплоснабжения Белгорода, например, в 1990-е годы нам приходилось наблюдать биологическую язвенную коррозию даже, казалось бы, коррозионностойких во всех остальных случаях чугунных радиаторов отопления. Наблюдалось также ощутимое снижение теплопередающих свойств радиаторов отопления из-за забивания их продуктами жизнедеятельности бактерий. Кроме того, при сульфидном загрязнении существенно ухудшаются органолептические показатели качества сетевой воды. Вода приобретает гнилостный запах, поскольку продуктом деятельности сульфатредуцирующих бактерий является сероводород, и становится непригодной для горячего водоснабжения. Особенно актуальна эта проблема для систем с открытым разбором сетевой воды для горячего водоснабжения. В закрытых системах она проявляется при негерметичности подогревателей горячего водоснабжения, через неплотности трубных пучков которых происходит переток сетевой воды в трубопроводы горячей воды [3].

## Причины сульфидного загрязнения сетевой воды в Ульяновске

Наше нынешнее обращение к проблеме сульфидного загрязнения связано с ухудшением качества воды для горячего водоснабжения в значительной части открытой системы теплоснабжения правобережной части Ульяновска в отопительные сезоны 2012-2013 и 2013-2014 гг. От жителей стали поступать массовые жалобы на гнилостный сероводородный запах горячей воды, делающий ее непригодной для бытовых нужд. Более того, управляющими жилищными компаниями стал ставиться вопрос об отказе от централизованного горячего водоснабжения.

Произведено обследование, в ходе которого установлено, что ухудшение качества горячей воды наблюдается только в районах, подключенных к магистрали диаметром 1000 мм протяженностью 7 км, связывающей ТЭЦ-3 (в настоящее время именуется как ОП КЦ ТЭЦ-1) с тепловыми сетями ТЭЦ-1.

Для проверки предположения о сульфидном загрязнении сотрудниками кафедры микробиоло-

**Нанесение на внутреннюю поверхность труб минерально-полимерного покрытия (МПП) «ТЮКОН» с целью повышения надежности и долговечности трубопроводов горячего водоснабжения и теплосетей.**

Телефон +7 915 478 05 78
+7 499 248 74 82
www.octopus-coating.com
www.su87.ru
octopus
mineral coating systems
Реклама

гии Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии им. П.А. Столыпина выполнено микробиологическое исследование сетевой воды до и после водогрейных котлов ТЭЦ-3, в центральных тепловых пунктах и воды в местных системах горячего водоснабжения потребителей. Исследование проведено в соответствии с методическими указаниями [4].

Результаты микробиологического исследования показали, что в большинстве проб воды содержатся сульфатредуцирующие бактерии, сульфитредуцирующие клостридии и железобактерии.

Известно, что основными факторами, которые могут привести к сульфидному загрязнению сетевой воды, являются высокая окисляемость воды, используемой для подпитки теплосети, и низкая скорость движения воды в элементах системы теплоснабжения [5].

Перманганатная окисляемость (биологическая загрязненность) воды в тепловых сетях нормируется [6-8]. Максимально допустимая величина этого показателя составляет 5 мг/дм$^3$, однако поддержание окисляемости в нормируемых пределах совсем не гарантирует предотвращения сульфидного загрязнения системы теплоснабжения. На это указывает, в частности, требование руководящего документа [8] о необходимости дополнительной обработки на теплоисточнике воды для открытых систем теплоснабжения в случае, если величина окисляемости находится в пределах 3-5 мг/дм$^3$. Отметим, что это требование в полной мере следует отнести и к закрытым системам, поскольку в отечественном теплоснабжении едва ли можно найти такие системы с полностью герметичными подогревателями горячего водоснабжения.

В качестве основного метода дополнительной обработки рекомендуется силикатирование подпиточной воды теплосети [8, 9]. Силикат натрия образует на стенках сетевых трубопроводов и оборудования местных систем теплоснабжения ферросиликатную пленку, препятствующую образованию на внутренних поверхностях трубопроводов и оборудования колоний сульфатредуцирующих бактерий и железобактерий.

В системе теплоснабжения правобережной части Ульяновска перманганатная окисляемость подпиточной и сетевой воды поддерживалась в течение последних отопительных сезонов слишком близкой к предельному нормативу – до 4,6 мг/дм$^3$. Причинами высокой окисляемости исходной водопроводной воды является то, что источником водозабора для Ульяновского Водоканала является Куйбышевское водохранилище с относительно стоячей водой и недостаточная (однако в пределах норматива) антибактериологическая обработка воды в МУП «Водоканал».

На теплоисточниках правобережной части Ульяновска ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3 дополнительная обработка подпиточной воды для предотвращения сульфидного загрязнения не производится, несмотря на достаточно высокую окисляемость исходной воды для подпитки теплосети и наличие оборудования для силикатирования.

Несколько лет назад при переходе на противонакипную обработку подпиточной воды дорогостоящим импортным реагентом (водным раствором натриевых солей фосфонобутантрикарбоновой кислоты и поликарбоксилатов натрия) силикатирование было прекращено. Это явилось одной из причин, способствующих бактериальному загрязнению сетевой воды. Применяемый реагент не является сам по себе причиной бактериального загрязнения сетевой воды, но он и не способен, в отличие от силиката натрия, как-либо защищать сетевую воду от сульфидного загрязнения.

Скорость теплоносителя в сетевых трубопроводах и других элементах системы теплоснабжения имеет существенное значение для предупреждения сульфидного загрязнения. При оптимальной скорости теплоносителя (около 1,5 м/с) обеспечивается естественный смыв бактерий со стенок трубопроводов и оборудования, благодаря чему исключаются условия для образования их колоний.

Для определения скоростей воды в магистральных сетевых трубопроводах, связывающих ТЭЦ-3 и ТЭЦ-1, выполнен их гидравлический расчет с применением электронной модели системы теплоснабжения Ульяновска в программно-расчетном комплексе ZuluThermo. Расчет показал, что скорость воды в этих трубопроводах не превышает 0,5 м/с, что в несколько раз меньше оптимальной скорости. Низкая скорость теплоносителя приводит к тому, что время прохождения воды от ТЭЦ-3 до удаленных потребителей составляет 4 ч.

Снижение интенсивности циркуляции воды в семикилометровой двухтрубной магистрали теплосети большого диаметра от ТЭЦ-3 и в подключенных к ней местных системах потребителей связано с уменьшением участия ТЭЦ-3 в поддержании гидравлического режима, в частности, с отключением на ней подпитки теплосети и существенным снижением циркуляции сетевой воды насосами ТЭЦ-3.

При проектировании ТЭЦ-3 предполагалось в дополнение к пяти водогрейным котлам КВТК-100 строительство энергетической части ТЭЦ с тремя турбинами Т-180-130. Реализации этих планов помешало отсутствие финансирования в кризисные для страны 1990-е годы. В 2000-е годы в инвестиционные программы было включено строительство газотурбинной надстройки, что позволило бы увеличить генерацию в Улья-

новске. В настоящее время руководство Волжской ТГК, не желая тратить средства на реализацию проекта генерирующей надстройки, пытается «оптимизировать» структуру теплоснабжения города, полностью ликвидировав ТЭЦ-3. С этой целью в последние два отопительных сезона на ТЭЦ-3 отключена подпитка теплосети и снижена циркуляция сетевой воды.

Анализ показал, что эта «оптимизация» технологически и экономически нецелесообразна из-за существенного снижения надежности теплоснабжения города при исключении крупного резервного теплоисточника, значительных капитальных затрат на перекладку тепловых сетей и затрат на строительство и эксплуатацию новых насосных станций. Дисконтированный срок окупаемости проекта «оптимизации» превышает 12 лет, что позволяет утверждать, что он никогда не будет реализован. В то же время один из негативных результатов, полученных на пути к «оптимизации», очевиден: изменение гидравлического режима работы сетевых трубопроводов ТЭЦ-3 стало одной из важнейших причин сульфидного загрязнения теплосети.

Таким образом, причинами сульфидного загрязнения части системы теплоснабжения, подключенной к Ульяновской ТЭЦ-3, стали высокая перманганатная окисляемость исходной воды для подпитки теплосети, отсутствие дополнительной обработки подпиточной воды на теплоисточниках для предупреждения сульфидного загрязнения и недопустимо низкие скорости теплоносителя в сетевых трубопроводах, обусловленные снижением доли ТЭЦ-3 в покрытии тепловой и гидравлической нагрузки.

## Комплекс мероприятий для очистки от уже имеющегося и предупреждения дальнейшего сульфидного загрязнения систем теплоснабжения

Из приведенного выше анализа основных причин достаточно ясно, как предупредить бактериологическое загрязнение тепловых сетей. Однако среди специалистов давно установилось мнение о чрезвычайной трудности очистки систем теплоснабжения от уже имеющегося сульфидного загрязнения. Колонии сульфатредуцирующих бактерий и железобактерий находят места в системах теплоснабжения, прежде всего – в отопительных приборах с характерными для них низкими скоростями теплоносителя, из которых изгнать их действительно очень сложно. Тем не менее, для каждой системы теплоснабжения можно разработать комплекс мероприятий, при осуществлении которого эта задача выполнима.

ПОЛИТЕРМ
[ сети нужно уметь считать ]
Программное обеспечение от разработчика

гидравлические расчеты ZuluThermo и ZuluSteam
■ расчет режимов работы сети ■ наладка тепловых и паровых сетей ■ конструкторский расчет трубопроводов ■ расчет температур на источнике ■ коммутационные задачи ■ интеграция с ГИС Zulu и ESRI ArcGIS ■ визуальное представление сетей на плане или карте ■ раскраска сети по результатам расчетов ■ пьезометрические графики ■ графики давления, влажности и энтальпии в паропроводах ■ подходит для исполнения закона **№190-ФЗ «О теплоснабжении»**

теплотехнические расчеты котельных «Источник»
■ паспортизация и справочная система ■ планирование деятельности на перспективный период ■ расчет показателей за отработанный период ■ расчет выбросов загрязняющих веществ ■ обработка результатов испытаний котлов ■ расчет потерь в тепловых сетях с формированием полного пакета отчетных документов согласно **приказу Минэнерго №325**

биллинговая система «Энергосбыт»
■ единый банк данных предприятия ■ расчеты договорных нагрузок ■ плановые и фактические расчеты ■ учет отключений и показаний приборов учета ■ баланс тепловой энергии по источникам ■ формирование отчетов, финансовых и платежных документов ■ учет поступивших платежей

ООО «Политерм» 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская д. 33 лит. А
т./ф: (812) 767-0352, 767-0353, 766-6728 e-mail: politerm@politerm.com.ru
www.politerm.com.ru
опубликованы демо-версии программ
Реклама

В качестве примера рассмотрим мероприятия по приведению качества горячего водоснабжения потребителей к требованиям нормативно-технических документов, разработанные для части системы, подключенной к Ульяновской ТЭЦ-3.

Комплекс включает две группы мероприятий:

- первая группа – дезинфекция, удаление сформировавшихся в тепловых сетях и отопительных системах колоний сульфатредуцирующих бактерий и железобактерий;
- вторая группа – обеспечение гидравлического и водно-химического режима работы теплосети от ТЭЦ-3, исключающего повторное бактериальное загрязнение теплосети.

Подчеркнем, что обе эти группы мероприятий должны выполняться регулярно (первая группа) и постоянно (вторая группа).

Одним из важнейших мероприятий первой группы является повышение pH подпиточной и сетевой воды до максимума, разрешенного ПТЭ (9,0). Данные микробиологов [10, 11] и наш опыт показывают, что повышение pH воды – один из наиболее эффективных способов борьбы с сульфидным загрязнением. Это мероприятие необходимо осуществить немедленно после обнаружения сульфатредуцирующих бактерий и железобактерий в сетевой воде. В закрытых системах теплоснабжения pH сетевой и подпиточной воды разрешается поднимать до 9,5, а при низких значениях карбонатного индекса – до 10,5 [6].

В конце отопительного периода целесообразно выполнить температурную санацию теплосети и подключенных к ней местных систем отопления путем проведения температурных испытаний теплосети на максимально возможную температуру при максимально возможной продолжительности испытаний.

Как указывалось выше, сульфатредуцирующие бактерии являются относительно термофильными и жизнеспособны до температуры 85 °С [10, 11]. Однако при повышении температуры сетевой воды до 120-130 °С в зимний максимум тепловых нагрузок наблюдалось усиление гнилостного запаха воды в местных системах горячего водоснабжения. Исследователи из Казахского национального университета им. Аль-Фараби А.Т. Канаева, Г.К. Каиырманова и др., наблюдавшие аналогичное явление в тепловых сетях Алматы, объясняют появление вторичного сероводорода в воде в условиях быстрого подъема температуры до 100-120 °С гидролитическим разложением серы, образовавшейся в результате жизнедеятельности бактерий.

Крайне необходимым мероприятием для удаления сульфатредуцирующих бактерий и железобактерий из системы теплоснабжения является тщательная гидропневматическая промывка сетевых трубопроводов и местных систем отопления по окончании отопительного периода. Для гидропневматической промывки целесообразно использовать щелочную воду с pH=9,9-10,5. Промывку магистральных сетевых трубопроводов от ТЭЦ-3 рекомендовано провести щелочной водой с повышенными скоростями теплоносителя (до 2,5 м/с). Порядок и режим гидропневматической щелочной промывки местных систем отопления, проводимой управляющими жилищными компаниями, необходимо строго проконтролировать тепловой инспекцией территориального управления по теплоснабжению.

После проведения щелочной гидропневматической промывки магистральных сетей и местных систем отопления рекомендовано заполнить их консервирующим раствором из деаэрированной сетевой воды и силиката натрия.

В начале следующего отопительного сезона необходимо провести химическую антибактериальную обработку сетевой воды с помощью хлорирования или другого разрешенного способа в соответствии с СанПиН [7], пп. 3.4.1 которых предписано: «Системы централизованного горячего водоснабжения и сети систем теплоснабжения при вводе в эксплуатацию и после капитального ремонта подлежат гидропневматической промывке со скоростями, на 0,5 м/с выше расчетных с последующей дезинфекцией» и пунктом 3.4.4 «Для дезинфекции допускается использование хлорсодержащих реагентов. В таких случаях сети промываются не менее 6 ч водой питьевого качества с содержанием остаточного активного хлора 75-100 мг/л и температурой не ниже 80 °С в точке сброса».

Несмотря на то, что ежегодно производится замена отдельных участков теплосети, после которой предписана дезинфекция, процитированные нормативы СанПиН не выполняются практически ни в одной системе теплоснабжения. При сульфидном загрязнении системы выполнение этих требований СанПиН становится крайне актуальным.

Учитывая, что процитированные нормы СанПиН ранее не выполнялись, рекомендовано в летний период смонтировать на ТЭЦ-3 установку для хлорирования сетевой воды, а в период пуска теплосети выполнить химическую дезинфекцию тепловой сети и подключенных к ней систем отопления.

В закрытых системах теплоснабжения может быть использован более широкий спектр реагентов для дезинфекции тепловых сетей. Так, специалистами ООО НИПИ «Водоочистные технологии» из города Северодонецка Луганской области (Украина) специально для борьбы с сульфидным загрязнением разработан метод периодической дезинфекции воды, основанный на применении йод-органических соединений [3].

Для обеспечения гидравлического и водно-химического режима работы теплосети от ТЭЦ-3, исключающего повторное бактериальное загрязнение теплосети, предложены мероприятия второй группы:

- во-первых, рекомендовано включить водоподготовительную установку ТЭЦ-3, увеличить расход подпиточной воды теплосети с ТЭЦ-3, сняв часть нагрузки с ТЭЦ-1;
- во-вторых, для создания нормального гидравлического режима предложено увеличить циркуляцию сетевой воды сетевыми насосами ТЭЦ-3 для достижения скорости сетевой воды в магистралях, подключенных к ТЭЦ-3, до 1,2-1,5 м/с;
- в-третьих, показана необходимость постоянно поддерживать pH подпиточной и сетевой воды на максимуме, разрешенном ПТЭ (9,0).

И, наконец, рекомендовано рассмотреть возможность возвращения к ранее применявшимся и хорошо освоенным на ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3 технологиям подготовки подпиточной воды теплосети с применением силикатирования в соответствии с руководящими документами [8, 9], тем более что на этих предприятиях полностью сохранилось оборудование для реализации данных технологий.

Подчеркнем, что для радикального решения проблемы исключения сульфидного загрязнения сетевой воды и воды для горячего водоснабжения недостаточно выполнения какого-либо одного из перечисленных мероприятий – должен быть полностью выполнен весь комплекс предложенных мероприятий. В то же время, уже в течение первых месяцев после начала выполнения рассмотренных выше мероприятий качество горячей воды в местных системах горячего водоснабжения существенно улучшилось.

## Заключение

Сульфидное загрязнение – крайне опасное явление в системах теплоснабжения как с точки зрения коррозионного износа трубопроводов и оборудования, так и с точки зрения потребительских свойств сетевой воды. Основными причинами сульфидного загрязнения являются значительное биологическое загрязнение исходной воды для подпитки теплосети, определяемое по перманганатной окисляемости воды, и низкая скорость движения теплоносителя в элементах системы теплоснабжения. Показано, что для каждой системы теплоснабжения может быть разработан комплекс мероприятий по предотвращению сульфидного загрязнения.

### Литература


1. *Booth G. Sulfur bacteria in relation to corrosion // J. Appl. Bacteriol. 1964. V. 27. P. 147-181.*
2. *Грибанькова А.А., Мямина М.А., Белоглазов С.М. Микробиологическая коррозия мягкой стали в водносолевых средах, содержащих сульфатредуцирующие бактерии // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. № 7.*
3. *Краснокутская Т.А. и др. Дезинфекция и мониторинг состояния оборудования предприятий теплоснабжения // Новости теплоснабжения. 2009. № 3.*
4. *МУК 4.2.1018-01. Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды.*
5. *Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Энергоиздат, 1982. 360 с.*
6. *Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. М.: НЦ ЭНАС, 2006. 264 с.*
7. *Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.2496-09. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиН 2.1.4.1074-01 // Российская газета. 22.05.2009. № 4916.*
8. *РД 34-20.145-92. Методические указания по выбору типа системы теплоснабжения с учетом качества воды // Утверждены Министерством топлива и энергетики РФ 28.09.1992.*
9. *МУ 34-70-045-83. Методические указания по силикатной обработке подпиточной воды сетевого тракта на ТЭЦ. М.: СПО Союзтехэнерго, 1983. 34 с.*
10. *Widdel F., Pfening N. Studies on dissimilatory sulfatereducing bacteria that decompose fatty acids II. Incomplet oxidation of propionate by Desulfobulbus propionics gen. nov. sp. nov // Archives of Microbiology. 1982. V. 131. P. 360-365.*
11. *Postgate J.R., Campbell L.L. Classification of Desulfovibrio species the now sporulating sulfatereducing bacteria // Bacteriol. Revs. 1966. V. 30. No. 4. P. 728-738.*


***Редакция приглашает читателей поделиться опытом и высказать свое мнение о наболевших проблемах на страницах журнала.***

***Редакция журнала «Новости теплоснабжения» окажет помощь в подготовке материалов.***

***Статьи публикуются бесплатно.***

*На правах рекламы*

# Эконом-новинка 2015 года – межфланцевый оцинкованный шаровой кран «LD Стриж»

Группа компаний LD – крупнейший в Российской Федерации и в странах СНГ производитель стальных шаровых кранов под торговой маркой LD с 2003 года. Завод располагает современным высокопроизводительным и высокотехнологичным оборудованием, что, в совокупности с профессиональным коллективом – настоящих асов своего дела, – позволяет добиваться новых высот в арматуростроении.

Вашему вниманию представляется эконом-новинка 2015 года – межфланцевый оцинкованный шаровой кран «LD Стриж».

Представленный шаровой кран является результатом многолетнего труда инженеров и технологов Группы компаний LD, реализовавших пожелания потребителей стальных шаровых кранов: надежность стали с возможностью использования на воде контуров ХВС/ГВС. Шаровой кран состоит из деталей, не подверженных коррозии: оцинкованной углеродистой стали в сочетании с шаром из коррозионностойкой стали. Легкость, компактность, малое гидравлическое сопротивление, безотказность, неприхотливость в процессе эксплуатации и абсолютное отсутствие коррозии – вот главные особенности крана «LD Стриж». Отдельно стоит выделить строительную длину кранов «LD Стриж» – она наименьшая среди кранов того же типоразмера. Применение современных материалов, запатентованная конструкция и технология – вот основные слагаемые надежности, позволяющие шаровому крану «LD Стриж», изобретенному специалистами Группы компаний LD, претендовать на достойное место в системах, требующих особого внимания к надежности и безотказности: узлы учета ХВС/ГВС, газоснабжение, тепловые пункты, блочно-модульные котельные, ГРП, ШРП и т.д.

Особенностью конструкции шарового крана «LD Стриж», отличающей его от всех имеющихся на сегодняшний день, является нестандартная для кранов схема монтажа – межфланцевая. Данная особенность позволяет использовать распространенные крепежные изделия (шпильки и гайки) без осевых нагрузок на кран.

В рамках реализации программы импортозамещения удалось сделать невозможное – произвести один из самых недорогих шаровых кранов, которые могут составить конкуренцию по цене не только шаровым кранам, но и поворотно-дисковым затворам и чугунным задвижкам. Главная особенность шаровых кранов «LD Стриж» – минимальная строительная длина, позволяющая монтировать их в стесненных габаритах. В настоящее время завод освоил выпуск наиболее востребованных диаметров шаровых кранов – DN50, DN80, DN100. В планах освоение типоразмеров кранов DN15-150.

Шаровые краны «LD Стриж», прошли опытно-техническую эксплуатацию на объектах ХВС/ГВС, узлах учета, обвязки теплообменного оборудования и проявили себя с наилучшей стороны. Особенно эксплуатацией отмечены: удобство монтажа, малые габариты и вес, отсутствие запорного элемента в проточной части, класс герметичности «А».

*Справка о компании.*

Группа компаний LD специализируется на выпуске общепромышленной арматуры (шаровых кранов полного и неполного прохода) диаметром Ду15-700, Ру1,6, Ру2,5, Ру4,0.

Присоединения: под приварку, фланцевое, муфтовое, комбинированное и т.д.

Освоен выпуск кранов для подземной прокладки с высотой штока до 3 м. Для газовой сферы мы можем предложить шаровые краны с удлиненным штоком с покрытием весьма усиленного типа.

Более подробную информацию о шаровых кранах «LD» и «LD Стриж» вы можете получить у наших региональных представителей и на сайтах www.chsgs.ru, www.ldswift.ru.

454010, г. Челябинск, ул. Енисейская д.47
+7-351-730-4747
www.chsgs.ru
office@chsgs.ru