



УДК 621.182.1 : 628.16



С.Н. Сенатов



Е.Н. Дю

**С.Н. Сенатов<sup>1</sup>,**  
директор ТОО «АКВАС»  
**Е.Н. Дю<sup>2</sup>,**  
технический руководитель ТОО «Караганда Энергоцентр»

## О возможности применения современных органических фосфонатов при централизованном производстве и потреблении тепла

Отмечено, что применяющиеся в течение нескольких десятилетий на объектах теплоэнергетики в системе водоподготовки фосфонаты группы 1 (ИОМС-1, ОЭДФ-цинк и другие) не обеспечивают работу основного оборудования на проектных параметрах. На основе практики использования современных фосфонатов группы 3 («Гилуфер 422», «АКВА 2020»), позволяющих достичь значительного энергосберегающего эффекта, сделан вывод о необходимости замены фосфонатов группы 1 на группу 3 при водоподготовке на объектах энергетики.

**Ключевые слова:**  
теплоэнергетика,  
водоподготовка,  
замена фосфонатов,  
энергосберегающий эффект.

### ВВЕДЕНИЕ

В теплоэнергетике СНГ принято, что выбор водоподготовки для централизованных тепловых сетей (температурный график 150-70 °С) с использованием фосфонатов (антинакипинов, комплексонов) осуществляется эксплуатирующей организацией, которая производит или собирается производить тепловую энергию. Здесь каждая теплогенерирующая организация действует на свое усмотрение: делает выбор сама или привлекает специализированную организацию для испытания требуемого перечня фосфонатов и последующего выбора наиболее подходящего варианта. То есть окончательный выбор фосфоната, уровня защиты теплосети от коррозии и накипобразования, затрат на водоподготовку и выработку тепловой энергии делает теплогенерирующая организация.

Замечено, что до сих пор для нового или действующего централизованного теплоисточника (температурный режим 150-70 °С) в основном выбираются фосфонаты группы 1, применение которых ограничивает тепловую мощность источников (иногда наполовину [1]), сокращает срок службы трубопроводов, увеличивает себестоимость тепловой энергии. Устранить указанные выше недостатки можно за счет перехода на проверенные на практике [1] высокотехнологичные фосфонаты, появившиеся после 2000 года.

### СООТВЕТСТВИЕ НОРМАМ

В соответствии с правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей (ПТЭС) водоподготовка для централизованных тепловых сетей должна обеспечивать их

<sup>1</sup> Республика Казахстан,  
050046, г. Алматы,  
ул. Сатпаева, д. 64 г, кв. 7  
<sup>2</sup> Республика Казахстан,  
100012, г. Караганда,  
ул. Ленина, д. 55, кв. 3

работу без повреждений и снижения экономичности, вызванных коррозией металла, образованием отложений, шлама. Также в соответствии с санитарными нормами для питьевой воды и требованиями ПТЭ в качестве водоподготовки должны применяться реагенты с предельно допустимой концентрацией (ПДК), не ограничивающей расчетные параметры теплосети.

При температурном графике теплосети 150-70 °С требованиям ПТЭ и ПДК не соответствуют фосфонаты группы 1 (ИОМС-1, ОЭДФК, ОЭДФ-цинк, торговые марки «АФОН», «АМИНАТ», «ОПТИОН» и другие, применяемые при нагреве воды в бойлерах до 100-130 °С) [1], которые в настоящее время широко используются для водоподготовки.

Фосфонаты группы 2 (СК-110, ККФ, применяемые при нагреве воды в бойлерах до 110-140 °С) [1] имеют более высокие технологические показатели, но в целом не отвечают требованиям ПТЭ.

Полностью соответствуют указанным требованиям фосфонаты группы 3 («АКВА 2020», «АКВАРЕЗАЛТ 1040», «Гилуфер 422») [1], используемые при нагреве воды на бойлерных установках до 150 °С, и почти соответствуют этим требованиям при ее нагреве в водогрейных котлах до 140-145 °С.

Несоответствие фосфонатов группы 1 указанным требованиям, их недостаточные технологические возможности по обеспечению работы теплосети без отложений, шлама и коррозии по всему тракту, уровня защиты от коррозии и накипеобразования оборачиваются потерями ресурсов, тепловой мощности, уменьшением срока службы оборудования, что в конечном итоге приводит к увеличению стоимости тепловой энергии.

Замена фосфонатов группы 1 на группу 3 – это лучший на сегодня выбор для восстановления параметров теплосети, ее экономичности, защиты от коррозии и отложений. Кроме того, это позволит значительно увеличить производство тепловой энергии на существующих мощностях за счет увеличения среднегодового уровня нагрева сетевой воды.

Таким образом, дальнейшее использование фосфонатов группы 1 совершенно необоснованно для теплосетей, рассчитанных для работы при температурном графике 150-70 °С.

**Баланс стоимости**

Долю стоимости фосфоната в стоимости тепловой энергии в усредненном значении можно представить в виде диаграммы (рис. 1).

На диаграмме видно, что доля затрат на фосфонат незначительна, а доля затрат на топливо и другие составляющие в разы и десятки раз выше. Отсюда следует, что если технологические возможности фосфоната недостаточны, то из-за отложений и коррозии затраты на соответствующий прирост потерь топлива, металла, электроэнергии могут значительно перекрывать затраты на фосфонат.

В физическом выражении основные потери состоят из потерь тепловой мощности, потерь от повреждаемости из-за внутренней коррозии, которые составляют 25% (данные по 149 объектам или ~ 15 000 км трубопроводов) [2]; потерь топлива, составляющих 3-15% при наличии 1 мм отложений на поверхности нагрева [3].

**Стоимость тепловой энергии**

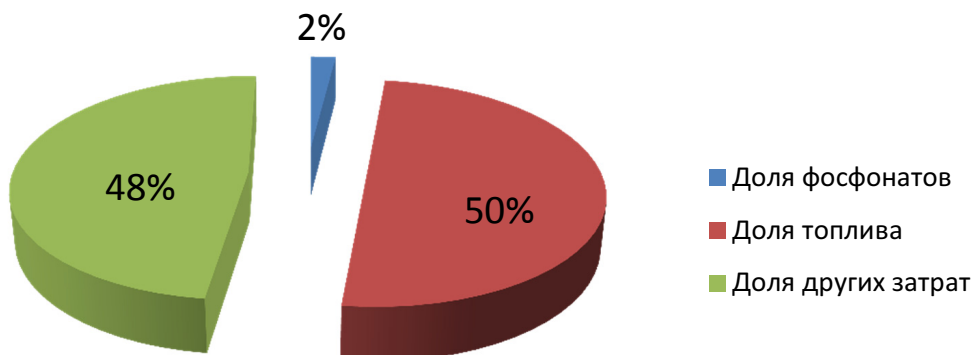


Рис. 1.

При этом следует отметить, что технологические возможности фосфоната оказывают существенное влияние на экономичность и надежность теплосети. Поэтому незначительное увеличение стоимости водоподготовки с использованием фосфоната группы 3 в 1,5-2,5 раза за счет его возможной разницы в стоимости и потребности по отношению к фосфонату группы 1 при их замене не должно быть препятствием для их применения. Эта разница покрывается за счет снижения затрат от потерь топлива, металла и электроэнергии.

### НЕ АНАЛОГИ

Единственное кажущееся преимущество фосфонатов группы 1 – это то, что одни из них дешевле в 1,5-2 раза фосфонатов группы 3 в некоторых регионах СНГ (в других они и их отдельные торговые марки в стоимости не уступают, а иногда и превышают ее).

Многие теплоэнергетики считают, что фосфонаты группы 1 и 3 – аналоги. На самом деле по технологическим возможностям фосфонаты группы 1 несоразмерны и не близки фосфонатам группы 3.

Основные отличия фосфонатов группы 3 следующие:

1. Соответствуют или почти соответствуют требованиям ПТЭ, ПДК для водоподготовки теплосетей, их температурному графику 150-70 °С.
2. Работают при карбонатном индексе сетевой воды до 14 (мг-экв/л)<sup>2</sup> и более за счет возможности регулирования рабочей концентрации фосфоната в широком диапазоне (ПДК до 20, 40 мг/л, соответственно, для «АКВА 2020» и «Акварезалт 1040») и величины рН – 9,8, не зависят от качества сетевой воды (рН, железо, сульфаты, хлориды).
3. Обеспечивают высокую степень чистоты трубопроводов теплосети и застойных зон (деаэраторы, коллекторы и т.д.) с мягким самоочищением от продуктов всех видов отложений (твердых частиц) через систему горячего водоснабжения, обеспечивают отсутствие шлама и вторичных отложений.
4. Обеспечивают защиту от коррозии на уровне 50-80% при существующем качестве исходной (сетевой) воды на объектах СНГ.
5. Имеют более высокую активность (в 2-3 раза), что дает возможность работать при относительно меньших рабочих концентрациях.

Разница в возможностях фосфонатов настолько велика, что при переходе на фосфонат группы 3 в основном устраняется разрыв между располагаемой и установленной тепловой мощностью на объекте, появляется возможность в покрытии дефицита тепловой энергии, оптимизируется экономичность и надежность теплосети. Такие высокие технологические возможности фосфонатов группы 3 достигаются за счет использования химически чистого (не содержат цинк и тяжелые металлы), термостойкого продукта производной фосфоновой

кислоты с наличием фосфоновых и карбоксильных групп, что, кроме того, обеспечивает высокие значения ПДК и ингибирования коррозии; использования диспергирующей добавки, которая существенно усиливает действие фосфонатов, что позволяет снизить их рабочую концентрацию, производить постоянную эффективную самоочистку теплосети, сделать состав ингибитора более экологически безопасным, так как диспергатор не содержит фосфор и азот; обеспечения стабильности качества товарного продукта.

### КОРРОЗИЯ И РАБОЧАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ФОСФОНАТОВ

Фосфонат считается достаточно эффективным при величине антинакипного действия не менее 95% и величине защитного действия от коррозии не менее 80% [4]. Обычно приоритетом при выборе фосфоната являются величины эффективности антинакипного действия и рабочей концентрации фосфоната, требуемые для:

- предупреждения накипеобразования (карбонатное, сульфатное, магниевое);
  - предупреждения образования отложений твердых частиц (железоокисных, взвешенных веществ и других);
  - очистки от отложений, их транспорта и удаления;
  - создания и поддержания в течение всего года защитного слоя от коррозии на внутренней поверхности трубопроводов;
  - обеспечения буферного запаса (около 0,3-0,5 мг/л).
- Величина рабочих концентраций фосфонатов группы 1 и 3 в зависимости от качества исходной воды на практике принимается в диапазоне, соответственно, 1-5 мг/л и 2-10 мг/л [1].

Достаточность и общий уровень этих концентраций для рекомендуемой защиты от коррозии (80%) хорошо видны на примере результатов лабораторных испытаний фосфонатов группы 1 «АФОН 230-23А» (содержит цинк) и группы 3 «АКВАРЕЗАЛТ 1040» [5] при 70 °С (рис. 2). Эти результаты также подтверждаются данными [6, 7]).

На графике (рис. 2) видно, что для чистых поверхностей металла рекомендуемая защитная способность от коррозии «АКВАРЕЗАЛТ 1040» и цинксодержащего фосфоната достигается при концентрации более 25 мг/л; при концентрации 10 мг/л защитная способность от коррозии «АКВАРЕЗАЛТ 1040» составляет 48% и значительно превосходит защитную способность цинксодержащего фосфоната, составляющую 14%, но при этом для цинксодержащего фосфоната ПДК превышает в два раза. Другой фосфонат группы 1 «ИОМС-1» при 4 мг/л (ПДК) имеет более высокую защитную способность от коррозии 65% [2]. Но эта концентрация не обеспечивает защиту от накипеобразования при температурном графике 150-70 °С.

В реальных условиях теплосетей имеет большое значение для защиты от коррозии и то, что фосфонаты группы

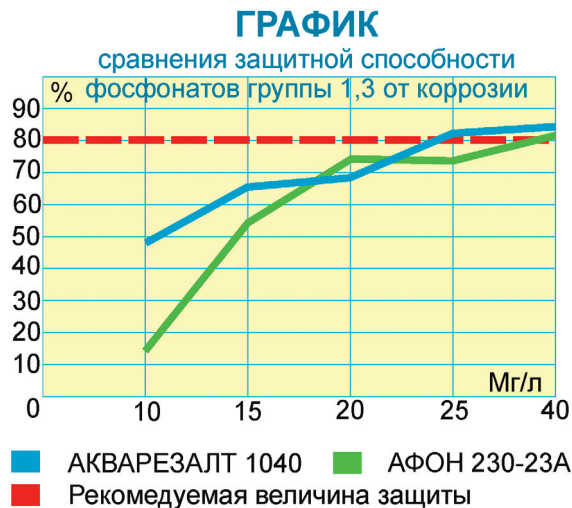


Рис. 2. Сравнение защитной способности фосфонатов группы 1 и 3 от коррозии

3 создают благоприятные условия для образования защитного слоя за счет поддержания высокой чистоты внутренней поверхности трубопроводов по всему тракту теплосетей, рабочие концентрации фосфоната группы 3 в сетевой воде будут ниже значений лабораторных испытаний из-за кумулятивного эффекта [8].

На практике [1, 3] применение фосфонатов группы 3 с рабочей концентрацией 3-15 мг/л обеспечивает чистые поверхности трубопроводов по всему тракту теплосети и защиту от коррозии на уровне не ниже допустимой (менее 0,085 мм/год). Соответственно, при более высоких концентрациях уровень защиты повышается. То есть фосфонаты группы 3 обеспечивают рекомендуемый уровень защиты от накипеобразования, допустимый и более высокий уровень защиты от коррозии при температурном графике использования теплосети 70-150 °С. Для фосфонатов группы 1 эти возможности недостижимы.

Выбор фосфоната и его рабочей концентрации по принципу «главное – обеспечить защиту от накипеобразования, а защита от коррозии будет такая, какая получится» – нежелателен, так как экономия на водоподготовке оборачивается значительно большими затратами от потерь металла и частоты замены трубопроводов.

#### ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ

Фосфонаты группы 3 очень близки (где-то равны) по показателям физико-химических характеристик, по составу основных компонентов (производная солей фосфоновой кислоты, диспергатор), по упаковке и могут заменять друг друга на объектах теплоэнергетики. Дозирование,

химический контроль и методика определения фосфоната остаются прежними. Различие – в производителях, ПДК и стоимости.

Поскольку активность фосфонатов группы 3 может незначительно отличаться, то будет отличаться и его требуемая на конкретном объекте рабочая концентрация. При необходимости рабочую концентрацию фосфоната, выбранного для использования, можно подкорректировать в процессе его эксплуатации.

#### Выводы

1. Технология водоподготовки для теплосетей с использованием фосфонатов при их выборе должна максимально соответствовать требованиям ПТЭ, ПДК и всем проектным параметрам, обеспечивать работу теплосетей без потерь мощности, ресурсов и срока службы. Экономия за счет выбора недостаточно технологичного фосфоната несравнима с затратами, вызванными его применением.
2. Технология водоподготовки с использованием фосфонатов группы 1 для централизованных теплосетей с проектным температурным графиком 70-150 °С приводит к существенному ограничению их тепловой мощности и не обеспечивает их экономичную и надежную работу в том интервале ограниченной тепловой мощности, при котором они способны работать, особенно при карбонатном индексе сетевой воды более 8-10 (мг-экв/л)<sup>2</sup>.
3. Замена фосфонатов группы 1 на фосфонаты группы 3 с точки зрения технологических возможностей позволяет обеспечить работу теплосетей с проектным температурным графиком 70-150 °С для бойлерной установки (для водогрейных котлов 70-145 °С), увеличить выработку тепла за счет повышения среднегодового уровня нагрева сетевой воды, сократить потери металла, топлива, электроэнергии, износ трубопроводов, оптимизировать стоимость тепловой энергии, соответствовать требованиям ПТЭ, ПДК.

При такой замене затраты на фосфонат группы 3 могут возрасти в 1,5-2,5 раза, но эти затраты покрываются за счет соответствующей оптимизации работы теплосети.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. **Сенатов С.Н.** Современные органические фосфонаты – современный выбор водоподготовки тепловых сетей, возможность увеличения отпуска тепловой энергии // *Энергетика*. – №3(50), Алматы. – 2014. – С. 28-31.
2. **Балабан-Ирменин Ю.В., Фокина Н.Г.** Применение ингибиторов для предотвращения внутренней коррозии трубопроводов систем теплоснабжения при высоком содержании кислорода в сетевой воде // *Новости теплоснабжения*. – №9(85). – 2007. – С. 32-35.
3. **Сенатов С.Н.** Переход с существующей водоподготовки для подпитки теплосети «ТЭЦ-1 – ТЭЦ-3» на стабилизатор жесткости и диспергатор «АКВА 2020» в ТОО «Караганда Энергоцентр», ТЭО, ТОО «АКВАС». – Алматы. – 2012. – С. 67.
4. Методические рекомендации по применению антинакипинов и ингибиторов коррозии ОЭДФК, «АФОН 200-50А», «АФОН 230-23А», ПАФ-13А, ИОМС-1 и их аналогов, проверенных и сертифицированных в РАО «ЕЭС России», на энергопредприятиях, СО 34.37.536-2004. – Москва. – 56 с.
5. **Ячин О.В., Игнарина Л.М., Молгачева И.В., Ганина Л.В.** // Анализ рынка ингибиторов отложений и оценка их эффективности. Отчет ООО ИЦ «Энергопрогресс». – Казань. – 2013. – С. 10-12.
6. **Викторов С.Н., Новоселова Л.А.** // Программа испытаний антикоррозионных свойств препарата «АКВА 2020», ТОО «Теплотранзит Караганда». – Караганда. – 2012. – С. 3.
7. **Дриккер Б.Н., Сикорский И.П., Цирульникова Н.В.** Изучение возможности использования цинковых комплексонов ИОМС для ингибирования коррозии конструкционных сталей // *Энергосбережение и водоподготовка* – №2(40). – 2006. – С. 7-9.
8. Заключение ОАО «ВТИ» по результатам испытаний антикоррозионных свойств реагентов «Акварезалт». – Москва. – 2009.

**Примечание редакции.**

Статья носит дискуссионный характер. Некоторые ее положения, например «О возможности значительного энергосберегающего эффекта», связанного с заменой фосфонатов группы 1 на группу 3 при водоподготовке на объектах энергетики, не имеет достаточного обоснования. Предлагаем специалистам принять участие в обсуждении предложенной в статье актуальной темы.