

# Применение ингибиторов солеотложений и коррозии в системах отопления

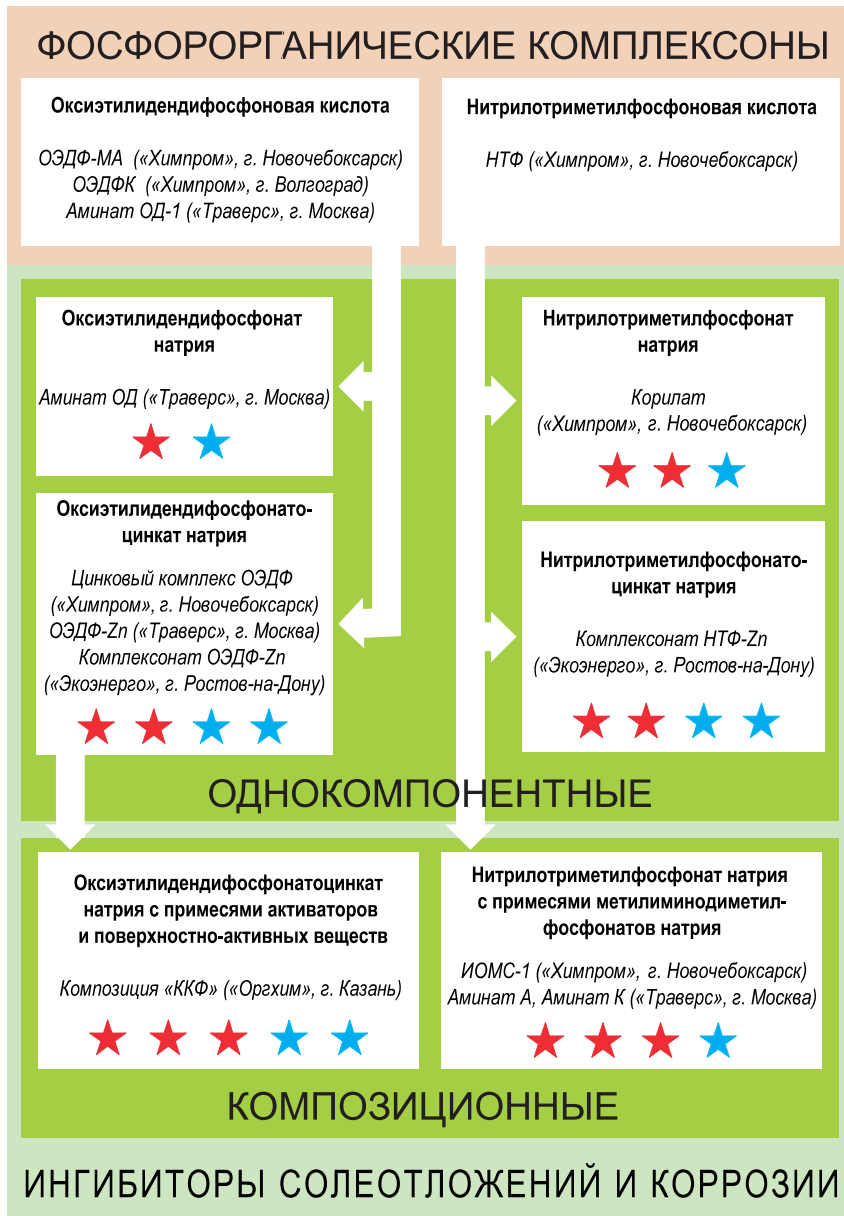
Ф.Ф. Чаусов, Г.А. Раевская, М.А. Плетнев (Удмуртский государственный университет, г. Ижевск)

## Введение

Первый опыт применения ингибиторов солеотложений в теплотехнике относится к середине 1970-х г.г., когда специалисты Московского энергетического института под руководством профессора Т.Х. Маргуловой успешно применили оксиэтилендифосфоновую кислоту (ОЭДФ) для предотвращения накипеобразования и очистки систем охлаждения электростанций. Далее последовали разработки по применению ОЭДФ для ведения безнакипного водно-химического режима различных теплотехнических систем, в том числе и систем отопления. ОЭДФ относится к широкому классу органических соединений, называемых комплексонами, поэтому предложенный водно-химический режим получил название комплексонного. Работы по применению комплексонов в системах отопления имели переменный успех. В некоторых случаях введение ОЭДФ в воду систем отопления приводило к забиванию тепловых сетей фрагментами накипи, ускоренной коррозии теплотехнического оборудования, к авариям котлов и тепловых сетей. Основными причинами неудач в применении комплексонов было отсутствие необходимого опыта работы и теоретических представлений о действии комплексонов, а в ряде случаев — халатное отношение эксплуатационников. В результате в среде профессиональных теплотехников сформировалось скептическое отношение к применению этих препаратов в системах отопления.

За прошедшее время достигнут значительный прогресс как в области химии фосфорорганических комплексонов, так и в области производства и применения в теплотехнике ингибиторов солеотложений и коррозии на их основе. Комплексоны в чистом виде для обработки воды в настоящее время практически не применяются.

Правда, еще можно встретить предложения по применению комплексонов, в частности, ОЭДФ, для предпусковых и межсезонных очисток систем отопления. Однако при наличии значительных (свыше 10 кг/м<sup>2</sup>) отложений накипи и продуктов коррозии для их удаления гораздо более целесообразно использо-



**Рис. 1.** Современные ингибиторы солеотложений и коррозии на основе фосфорорганических комплексонов. Жирным шрифтом выделены систематические названия по химической номенклатуре, курсивом — торговые марки этих же препаратов и их производители. Условные обозначения: ★ — степень защиты от солеотложений; ★ — степень защиты от коррозии.

вать соляную кислоту с обязательным добавлением ингибитора СМПХ. Умеренные количества карбонатных и железокислотных отложений могут быть удалены в эксплуатационном режиме благодаря применению современных ингибиторов солеотложений и коррозии на основе комплексонов.

В то время, как комплексоны, применяемые в качестве исходных веществ

для получения ингибиторов, являются довольно сильными кислотами, подавляющее большинство современных ингибиторов на их основе имеют нейтральную или слабощелочную реакцию. Это предотвращает возможное усиление коррозии теплотехнического оборудования из-за снижения pH водной среды. Представление об ассортименте современных ингибиторов солеотложений

и коррозии, предназначенных для использования в теплотехнике, дает рис. 1. Можно видеть, что, хотя разнообразие фирменных торговых марок нередко вводит в заблуждение неспециалистов в области химии, в основе всех этих препаратов лежит небольшое число химических веществ. Как видно из рис. 1, современные ингибиторы, в отличие от ранее применявшихся комплексонов, защищают теплотехническое оборудование не только от отложений минеральных солей (накипи), но и от коррозии. Наиболее эффективную защиту обеспечивают композиционные ингибиторы, которые помимо солей органических фосфоно-вых кислот или их комплексов содержат добавки, повышающие степень защиты от солеотложений и коррозии, а также способствующие очистке систем отопления от застарелых отложений накипи и продуктов коррозии.

### Механизм действия ингибиторов

При нагреве воды в процессе работы системы отопления происходит термический распад присутствующих в ней гидрокарбонат-ионов с образованием карбонат-ионов. Карбонат-ионы, взаимодействуя с присутствующими в избытке ионами кальция, образуют зародыши кристаллов карбоната кальция. На поверхности зародышей осаждаются все новые карбонат-ионы и ионы кальция, вследствие чего образуются кристаллы карбоната кальция, в котором часто присутствует карбонат магния в виде твердого раствора замещения. Осаждаясь на стенках теплотехнического оборудования, эти кристаллы срстаются, образуя накипь (рис. 2, а).

Основным компонентом, обеспечивающим противонакипную активность всех рассматриваемых ингибиторов, являются органофосфонаты — соли органических фосфоновых кислот. При введении органофосфонатов в воду, содержащую ионы кальция, магния и других металлов они образуют весьма прочные химические соединения — комплексы. (Во многие современные ингибиторы органофосфонаты входят уже в виде комплексов с переходными металлами, главным образом с цинком.) Так как в одном литре природной или технической воды содержится  $10^{20}$ – $10^{21}$  ионов кальция и магния, а органофосфонаты вводят в количестве всего лишь  $10^{18}$ – $10^{19}$  молекул на литр воды, все молекулы органофосфонатов образуют комплексы с ионами металлов, а комплексоны как таковые в воде

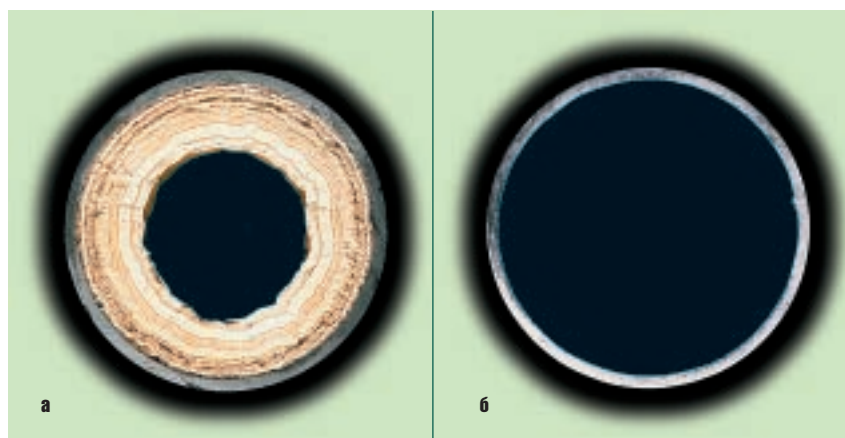


Рис. 2. Разрез внутриквартального 89 мм трубопровода горячего водоснабжения:

а — по истечении двух лет работы на воде жесткостью 8–12 мг-экв/дм<sup>3</sup>;

б — через шесть месяцев после начала обработки воды ингибитором ИОМС-1.

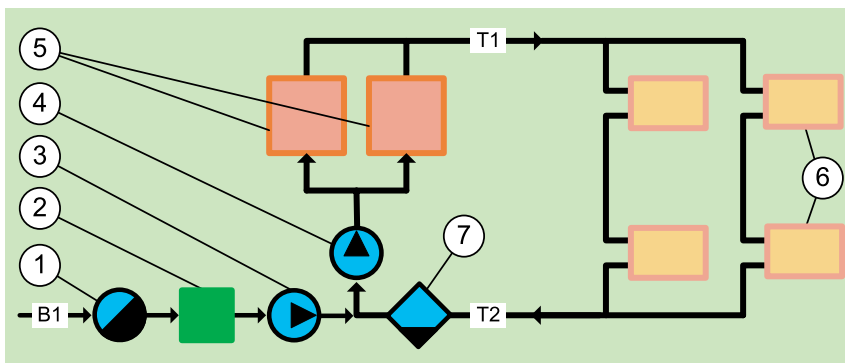
не присутствуют. Комплексы органофосфонатов адсорбируются (осаждаются) на поверхности зародышей кристаллов карбоната кальция, препятствуя дальнейшей кристаллизации карбоната кальция. Поэтому при введении в воду 1–10 г/м<sup>3</sup> органофосфонатов накипь не образуется даже при нагревании очень жесткой воды (рис. 2, б).

Комплексы органофосфонатов способны адсорбироваться не только на поверхности зародышей кристаллов, но и на металлических поверхностях. Образующаяся тонкая пленка затрудняет доступ кислорода к поверхности металла, вследствие чего скорость коррозии металла снижается. Однако наиболее эффективную защиту металла от коррозии обеспечивают ингибиторы на основе комплексов органических фосфоновых кислот с цинком и некоторыми другими металлами, которые были разработаны и внедрены в практику профессором Ю.И. Кузнецовым. В приповерхностном слое металла эти соединения способны распадаться с образованием нерастворимых соединений гидроксида цинка, а также комплексов сложной структуры, в которых участвует много атомов цинка и железа. В результате этого образуется тонкая, плотная, прочно сцепленная с металлом пленка, защищающая металл от коррозии. Степень защиты металла от коррозии при использовании таких ингибиторов может достигать 98%.

Современные препараты на основе органофосфонатов не только ингибируют солеотложения и коррозию, но и постепенно разрушают застарелые отло-

жения накипи и продуктов коррозии. Это объясняется образованием в порах накипи поверхностных адсорбционных слоев органофосфонатов, структура и свойства (например, коэффициент температурного расширения) которых отличаются от структуры кристаллов накипи. Возникающие при эксплуатации системы отопления колебания и градиенты температуры приводят к расклиниванию кристаллических сростков накипи. В результате накипь разрушается, превращаясь в тонкую взвесь, легко удаляемую из системы. Поэтому при введении препаратов, содержащих органофосфонаты, в системы отопления с большим количеством застарелых отложений накипи и продуктов коррозии, необходимо регулярно спускать отстой из фильтров и грязевиков, установленных в нижних точках системы\*. Спуск отстоя следует производить, в зависимости от количества отложений, 1–2 раза в сутки, из расчета подпитки системы чистой, обработанной ингибитором, водой в количестве 0,25–1% водного объема системы в час. Необходимо отметить, что при повышении концентрации ингибитора свыше 10–20 г/м<sup>3</sup> накипь разрушается с образованием весьма грубых взвесей, способных забить узкие места системы отопления. Поэтому передозировка ингибитора в этом случае грозит засорением системы. Наиболее эффективная и безопасная очистка систем отопления от застарелых отложений накипи и продуктов коррозии достигается при использовании препаратов, содержащих поверхностно-активные вещества, например, композиции «ККФ».

\* В соответствии со СНиП 2.04.07–86 «Тепловые сети», в тепловых сетях должны быть предусмотрены грязевики (п. 7.21), индикаторы коррозии (п. 7.37), приборы учета (п. 11.2). К сожалению, не все существующие тепловые сети соответствуют этим требованиям. Поэтому при внедрении обработки воды ингибиторами солеотложений и коррозии необходимо приводить тепловые сети в соответствие с требованиями СНиП.



**Рис. 3. Схема системы отопления с обработкой воды ингибитором солеотложений и коррозии:**  
1 — узел учета подпиточной воды; 2 — устройство дозирования ингибитора; 3 — подпиточный насос;  
4 — сетевой насос; 5 — котлы; 6 — отопительные приборы; 7 — грязевик; В1 — трубопровод водоснабжения; Т1 — прямой трубопровод теплосети; Т2 — обратный трубопровод теплосети

### Дозирование ингибиторов

Эффективное и безопасное применение ингибиторов солеотложений и коррозии в отопительных системах возможно только при правильном дозировании этих препаратов. Принципиальная схема отопительной системы с обработкой воды ингибитором показана на рис. 3, из которого можно видеть, что устройство дозирования ингибитора (дозатор) врезают, как правило, в подпиточный трубопровод системы отопления после узла учета перед подпиточным насосом.

Дозатор должен обеспечивать поддержание с заданной точностью постоянной концентрации ингибитора в системе отопления. Следует иметь в виду, что излишняя точность дозирования влечет за собой дополнительные затраты из-за более высокой стоимости дозатора и при этом не способствует успешному применению ингибитора. Это объясняется тем, что дозировки ингибиторов, необходимые для их эффективного применения, в настоящее время известны весьма приблизительно. Точность современных научно обоснованных данных по требуемым концентрациям ингибиторов составляет  $\pm 25\%$ . Поэтому применять дозаторы с более высокой точностью просто бессмысленно.

По принципу действия дозаторы подразделяются на две основные группы: инжекционные, в которых для подачи ингибитора используется насос, работающий от внешнего источника энергии; и эжекционные, в которых используется энергия потока подпиточной воды. Дозаторы различных типов имеют свои преимущества и недостатки.

Инжекционный дозатор состоит из следующих частей: резервуара для ингибитора, дозирующего насоса, датчиков расхода воды и ингибитора и системы управления работой насоса. Сердцем ин-

жекционного дозатора является дозирующий насос, вернее, электронасосный агрегат — насос с электроприводом. В настоящее время многие фирмы, поставляющие на российский рынок дозирующие насосы зарубежного производства, пользуются приемами недобросовестной конкуренции: поставляя по демпинговым ценам насосы неизвестных производителей или азиатские подделки известных марок, такие поставщики обеспечивают свою рентабельность за счет последующих ремонтных услуг и продажи запасных частей. Кроме того, многие поставщики продают насосы без комплектации резервуарами, системами управления и другими необходимыми частями. В лучших конструкциях инжекционных дозаторов используются отечественные дозирующие насосы типа НД, выпускаемые предприятиями «Талнах» (г. Тула) и «Технолог-Гидромаш» (г. Саратов). Полностью укомплектованные инжекционные дозаторы на основе таких насосов выпускает предприятие «Экоэнерго» (г. Ростов-на-Дону).

Сам принцип действия инжекционных дозаторов, использующих энергию внешнего источника (как правило — электросети), предопределяет их основной, и, применительно к российским условиям, очень существенный недостаток — зависимость от энергоснабжения. Другим существенным недостатком дозаторов такого типа является потребность в квалифицированной наладке и сервисном обслуживании. Для этого необходимо либо иметь своего специалиста-наладчика, либо заключать сервисный договор со специализированной организацией. Поэтому инжекционные дозаторы применяют, главным образом, на электростанциях или в крупных коммунальных котельных.

Эжекционные дозаторы обладают рядом преимуществ перед инжекционными: обеспечивая необходимую точность

дозирования ингибитора, они энергонезависимы, просты, надежны в эксплуатации и не требуют частого технического обслуживания. Полностью укомплектованные эжекционные дозаторы выпускает предприятие «Технопарк «Удмуртия»» (г. Ижевск). Для обработки ингибиторами воды, применяемой для питания паровых котлов и систем с открытым водоразбором, выпускается дозатор «Иж-25» (рис. 4), а для обработки подпиточной воды закрытых систем, в частности, систем отопления — дозатор «Импульс-2» (рис. 5). Оба этих дозатора включают резервуар для ингибитора, эжекционное устройство и средства для врезки дозатора в подпиточный трубопровод, причем все узлы дозаторов изготовлены из отечественной нержавеющей стали. Дозаторы компактны, не требуют электропитания и квалифицированной наладки. Все техническое обслуживание дозаторов «Иж-25» и «Импульс-2» сводится к периодическому (с интервалом от нескольких дней до месяца) заполнению резервуара раствором ингибитора.

Важным условием успешного применения ингибиторов солеотложений и коррозии в системах отопления является аналитический контроль состава подпиточной и сетевой воды. Подпиточная и сетевая вода подлежит контролю по следующим показателям: жесткость, щелочность, pH, содержание железа. Контроль этих показателей ведут по общеизвестным методикам. Кроме того, в сетевой воде контролируют содержание ингибитора. Содержание ингибитора можно определять по методике, разрабо-



**Рис. 4. Устройство дозирования ингибиторов «Иж-25»:** а — внешний вид; б — монтаж в паровой котельной птицефабрики «Вараксино» (Удмуртия)





Рис. 5. Устройство дозирования ингибиторов «Импульс-2»: а — внешний вид; б — монтаж в отопительной котельной Кечевской школы-интерната (Удмуртия)

танной фирмой «Траверс» (г. Москва), используя комплект химреактивов, выпускаемый этой же фирмой. Критерием противонакипной и противокоррозионной стабильности воды является соответствие жесткости, щелочности и содержания железа в подпиточной и в сетевой воде с точностью  $\pm 10\%$ .

Накопленный опыт применения ингибиторов солеотложений и коррозии показывает, что современные ингибиторы обеспечивают наиболее эффективную, по сравнению с другими способами водоподготовки, защиту систем отопления от накипеобразования и коррозии. Однако неотъемлемым условием достиже-

ния успеха является правильное ведение водно-химического режима, включая дозирование ингибиторов и аналитический контроль.

Сведения об авторах статьи

Чаусов Федор Федорович — инженер, заведующий лабораторией «Технологии энергоресурсосбережения» физического факультета УдГУ.

Раевская Галина Анатольевна — химик, ведущий инженер лаборатории «Технологии энергоресурсосбережения» физического факультета УдГУ.

Плетнев Михаил Андреевич — кандидат химических наук, доцент, проректор УдГУ по инновационной деятельности.

Рекомендуемая литература

1. Чаусов Ф. Ф., Раевская Г. А. Комплексный водно-химический режим теплоэнергетических систем низких параметров / Под редакцией М. А. Плетнева и С. М. Решетникова. Издание 2-е. Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2003.
2. Балабан-Ирменин Ю. В., Липовских В. М., Рубашов А. М. Защита от внутренней коррозии трубопроводов водяных тепловых сетей. М.: Энергоатомиздат, 1999.

# ЭКСПО ВОЛГА

ОРГАНИЗАТОР ВЫСТАВОК С 1999 ГОДА

САМАРА-2003

## 14 - 17 октября

7-я межрегиональная многоотраслевая выставка с международным участием

# СОВРЕМЕННЫЙ ДОМ

- АРХИТЕКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛЬЯ
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА
- МЕБЕЛЬНЫЙ САЛОН
- СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЮМФОРТА
- СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ
- ЭЛЕКТРОБЫТОВАЯ ТЕХНИКА
- САНТЕХНИКА
- АВТОНОМНЫЕ СИСТЕМЫ ОХРАНЫ ДОМА

Выставочный центр "ЭКСПО-ВОЛГА"  
443110 г. Самара, ул. Мичурина, 23а  
тел./факс: +7(8462) 70-34-06, 70-34-11  
E-mail: home@expo-volga.ru • www.expo-volga.ru