

Органика: обзор водно-химических режимов тепловых электростанций и возможные требования к ним в будущем.

Существующие руководящие указания EPRI по ведению различных водно-химических режимов ТЭС, а именно: гидразинно-аммиачного (AVT), окислительного (OT), фосфатного (PC) и гидратного (CT) претендуют на роль основного мирового стандарта. В них содержится некоторая информация о присутствии органики в теплосиловом тракте электростанций, но ничего не говорится об использовании органических добавок ни во время эксплуатации, ни во время останова. Эта статья и особенно материалы конференции “Взаимодействие органики и органических добавок с водой, паром и металлами” призваны дать полное представление действия органики в тракте электростанции. Перед конференцией поставлены две главные задачи – тщательный обзор научных достижений и практики, а также определение основных мест недостатка знаний, чтобы выработать концепцию исследовательских программ. Интерес сосредоточен не только на проскоке органики с добавочной водой и присосами охлаждающей воды, но также на органических добавках в пароводяной тракт при коррекционной обработке и консервации.

Введение

Существует не так много тем, связанных с ведением водно-химических режимов, по которым бы имелось столько противоположных мнений, как тема роли органики в тракте электростанции. Очень часто эти дискуссии не носят объективного характера, не имеют аргументированно обоснованной базы, и очень часто отсутствует полноценное исследование и детальный мониторинг. Эта статья по материалам конференции “Взаимодействие органики и органических добавок с водой, паром и металлами” является серьезной попыткой обобщения материала по этой тематике и что, возможно, более важно, определить направления исследований, основанных на имеющихся данных по этой тематике. Внимания заслуживают как прошлые, так и современные исследования в этой области.

Органика – это достаточно обобщающий термин. Различные органические вещества обладают различными свойствами, и их поведение в тракте электростанции очень отличается друг от друга. Давление и температура в контуре, время нахождения в высокотемпературной зоне цикла, и – что очень часто бывает – не рассматривается существующий водно-химический режим на станции (например, кислородный режим теплоносителя) – все эти показатели оказывают большое влияние на разрушение органики в теплосиловом цикле. Продукты термолитического разложения органических соединений могут взаимодействовать друг с другом или материалами станции, последнее может привести к коррозии в цикле.

Возможно, для некоторых окажется странным тот факт, что повышенное внимание к органике за последние 50 лет было вызвано не столько ее поведением в цикле электростанции, сколько поведением при обработке добавочной воды – например, реакциями между ионообменными материалами и органикой, что приводило к нарушению нормальной работы водоподготовительной установки. Современные технологии водоподготовки, основанные на применении мембран, могут также часто быть подвержены проблемам, связанным с органикой.

По многим причинам применение органических добавок для корректировки водного режима на электростанциях не предписывалось в основных руководящих указаниях по ведению водных режимов. Однако, в действительности, такие органические добавки во все больших количествах использовались не только в промышленной энергетике. Очень важно отметить отсутствие научно обоснованных доказательств, что органика явилась причиной наличия серьезных проблем. Это утверждение касается как природной органики, так и органических добавок, вводимых в тракт на электростанциях. Да, они воздействуют на рН и электропроводимость Н-катионированной пробы, но могут ли они вызвать повреждения и на

сколько серьезные повреждения? Эти два важных вопроса, ответы на которые могут быть найдены только путем исследования. Что касается питательной воды, нам необходимо достоверно знать, действительно ли увеличение электропроводности Н-катионированной пробы может влиять на коррозию под действием компонентов питательной воды или на коррозионно-эрозионный износ (ФАС).

Влияют ли органические добавки на усиление коррозионных процессов в котловой воде (в настоящий момент не возможно ответить на этот вопрос, т.к. базовые исследования коррозионных процессов котла при соблюдении и за пределами норм EPRI, к примеру, только начались)? Еще один вопрос – коррозионные процессы в паровом контуре. Главная проблема – это появление конденсата (который возникает только во время останова) и часто винят в этом органику. Но нам необходимы несколько базовых направлений исследований в этой области, чтобы понять процесс. За последние 15 лет было проведено много исследований по поведению пара в турбине в зоне фазового перехода (PTZ) и теперь мы очень хорошо понимаем почти что все, что там происходит. Однако еще не проводились исследования по поведению продуктов разложения органики или по органике, которая не разлагается. Что же касается остановов и консервации – здесь также не проводились серьезные научные исследования, а множество предприятий не обеспечивают даже элементарных защитных мероприятий при останове. Еще один нерешенный вопрос – влияние органических добавок на конденсатоочистку (БОУ).

Сравнивая относительно «поверхностные» исследования, посвященные вопросам распада органики, продуктам термолиза органики их распределению между водой и паром, и т.д., гораздо более важные вопросы их влияния на компоненты тракта и коррозионные процессы в нем остались несколько в стороне. Также безадресным остается вопрос как и какие органические добавки в тракт энергоблока могут влиять образование капель конденсата и соответствующие характеристики блока, не оказывая какого-нибудь серьезного действия на материалы тракта.

Классические водно-химические режимы

Современная структура знаний в области водно-химических режимов электростанций отражена в новом поколении руководящих указаний по ведению водно-химических режимов как для парогенерирующих установок с обычным циклом, так и для блоков ПГУ (HRSG) [1-6]. Данные, полученные на основе исследований за последние 20 лет, позволили стандартизировать (рекомендовать) следующие водно-химические режимы питательной и котловой воды:

Для питательной воды:

- гидразинно-аммиачный режим (с летучими щелочами) (AVT) [1-3];
- восстановительный (AVT-R) [1-4] для тракта композицией железо-медь;
- окислительный (AVT-O) [1-3] для цельносталяного тракта;
- кислородный режим (OT) [2,3,5] применяют только для цельносталяного тракта.

Для котловой воды:

- кислородный режим (OT) [2,3,5] применяется только для цельносталяного тракта без химических добавок в котловую воду;
- режим с летучими щелочами (AVT) [1-4] любой окислительный или восстановительный в зависимости от наличия медных сплавов без ввода добавок в котловую воду;
- гидратный режим с дозировкой едкого натра [1-6];
- фосфатный режим (PC) [1-6]:
- с уменьшенным фосфатированием в котловой воде (PC(L));
- с высоким содержанием фосфатов в котловой воде (PC(H)).

Наиболее чувствительной частью оборудования в тракте является турбина. По этой причине соответствующая чистота пара является наиболее важным требованием в тракте тепловой электростанции (обычный и комбинированный циклы с котлами-утилизаторами).

Таблица 1 показывает нормируемые значения показателей качества пара, принятые EPRI в серии руководящих указаний по ведению водно-химических режимов [1,5,6].

Таблица 1.

Требования к качеству пара

Показатель	Размерность	ОТ [5]	AVT[1]	СТ[6]	РС(L) [6]	РС(H) [6]
Натрий	мкг/дм ³	≤2	≤2	≤2	≤2	≤3
Хлориды		≤2	≤2	≤2	≤2	≤3
Сульфаты		≤2	≤2	≤2	≤2	≤3
Силикаты		≤10	≤10	≤10	≤10	≤10
ТОС		≤100	≤100	≤100	≤100	≤100
α _н	мкСм/см	≤0,15	≤0,2	≤0,2	≤0,2	≤0,3

Ни в одном из вышеупомянутых руководств не рассматривается подробно присутствие органики в тракте станции или ввод органических добавок в тракт. Здесь играют роль традиционные предубеждения, что вся органика должна иметь вредное влияние на оборудование тракта станции и в силу этого присутствие любой органики не допустимо. Это происходит из-за недостатка понимания и очень малого количества исследований в этой области, как было сказано выше.

Поведение органики в тракте станции.

На самом деле большинство органических соединений не полностью стабильны в условиях давлений и температур теплосилового тракта станции, даже если некоторые органические соединения могут рассматриваться как стойкие [7]. В действительности, когда рассматривается поведение органики в тракте, величина длительности времени пребывания в зонах с наибольшей температурой особенно важна.

В результате разложения органических соединений могут образовываться мельчайшие нейтральные соединения, легко удаляемые деаэрацией в конденсаторе или деаэраторе, низкомолекулярные органические кислоты и углекислота. В случае сложных многоатомных органических соединений в результате термоллиза могут образовываться сильные неорганические кислоты.

Очень трудно предсказать влияние разложения продуктов органики на изменение рН. В циклах, работающих на кислородном или AVT режиме, т.е. при режимах с относительно низкой буферностью, очень небольшое количество природной органики или продуктов деструкции ионитов ионообменных установок может заметно влиять на величину рН (уменьшать) в тех точках тракта, где образуется первый конденсат (подогреватели и паровая турбина). Разложение этой органики приводит к образованию кислых продуктов, например, органических кислот, как правило, это происходит в результате недостатка щелочности для нейтрализации кислых продуктов распада. В то же время некоторые соответствующие подщелачивающие органические соединения способны подщелачивать продукты своего термоллиза даже в зоне образования первичного конденсата в турбине.

К сожалению, некоторые не отвечающие требованиям органические смеси для коррекционной обработки, которые предлагаются на рынке, недостаточно стабильны при температурах и давлениях пароводяного тракта ТЭС. Их продукты распада создают условия для возникновения низких рН в зоне первичной конденсации или на паровой стороне подогревателей питательной воды.

От "Navy compound 1933" к хеламину.

История использования органических добавок в пары и котловую воду для коррекционной обработки имеет давнюю историю. Первоначально органика или органосодержащие добавки применялись для того, чтобы избежать образования отложений из-за содержания солей жесткости в котле. Торможение роста кристаллов и образование

вместо них связанных солей в виде шлама рассматривалось как преимущество от использования органики (коллоидов). Перечень таких композиций содержит среди других веществ льняное семя, танины, алгиниты (из морских водорослей), зерно, картофельный крахмал и коллоидный графит.

”Navy compound 1933” является наиболее интересным примером многокомпонентных добавок 1930-х годов. Это компонент содержал согласно стандарту военно-морского флота США [9,10]:

- 47% динатрийфосфата,
- 44% соды
- 9% зернового крахмала.

Представляет интерес, что подобные продукты все еще используются. Смесь ”Domestic Boiler Water Blend”, включенная в список программы по обработке воды как товар при центральной службе штата Иллинойс для химической обработки, содержит [11]:

- 20-25% соды,
- 25-30% динатрийфосфата,
- 8-12% Magacell XE (частично дисульфонатный лигносульфонит соды),
- 5-10% зернового крахмала,
- 4-7% гексаметафосфата натрия.

Весьма специальную группу по химической обработке на электростанциях представляют заменители гидразина. Из них наиболее широко известны карбогидразид [12,13], гидрохинон [14], диэтил гидроксилламин [12,15], метил-этил-кетоксим [16-18 и N-изопропил-гидроксилламин [20]. Заменители гидразина в основном применяются при производстве пара и электроэнергии на ТЭС.

Летучие органические щелочные вещества представляют наибольшую группу из органических добавок в тракте станции. Хотя эти добавки также применяются на электростанциях при производстве пара и электроэнергии, наиболее важное применение их во втором контуре ядерных установок с водяными реакторами повышенного давления (ВВЭР). Первое применение аминов для обработки питательной воды было в конце 1940-х годов: морфолина, а позже в смеси с циклогексиламином (в соотношении 1:1) был использован в паровых трактах электростанций [21]. В Италии алифатические амины использовались на ТЭС с прямоточными котлами в начале 1970-х годов. На атомных станциях морфолин, 2-амино-2-метилпропанол, этаноламин, 5-аминопентанол и диметиламин использовались в качестве добавок. Подробно о применении аминов на атомных электростанциях представлено в [22].

Самое последнее поколение летучих подщелачивающих органических веществ – это смесь аминов, содержащих как пленкообразующие амины, так и низкомолекулярные щелочные амины с соответствующим коэффициентом распределения. Вероятно, наиболее широко известным является патентованная смесь – Хеламин [23].

Проблема катионной проводимости.

Катионная проводимость конденсата, питательной воды, котловой воды и пара – наиболее важный контролируемый показатель водно-химического режима в тракте станции.

В присутствии органики в тракте катионная проводимость пара увеличивается при наличии низкомолекулярных органических кислот и углекислого газа. Во время пуска также величина катионной проводимости обычно увеличивается в присутствии углекислого газа в тракте, особенно во время холодного пуска. Похожие условия наблюдаются в трактах с воздухоохлаждаемым конденсатором (в результате присоса воздуха в конденсатор и растворения углекислоты в конденсате).

Ведение водного режима со слабо увеличивающейся катионной проводимостью является главной проблемой применения органических добавок. Во многих случаях (например, «Отраслевом стандарте» и гарантийных обязательствах по турбине) катионная проводимость рассматривается либо ошибочно, либо намеренно как свойство среды (в

частности, пара). Это неправильно. Однако катионная проводимость является очень важным искусственным параметром при ведении водного режима, но не свойством среды.

Темы, которые должны быть решены на этой конференции.

Тот факт, что обработка химическими добавками, в основном аминами, применяется в промышленной энергетике и при выработке пара, а также на электростанциях, не отрицается. Одна из главных задач этой конференции – привлечь внимание к проблемам, связанным с органикой. Имеется еще слишком много проблем, связанных с присутствием как специальных добавок органики, так и органики, получаемой в цикле производства. О некоторых из них говорится далее.

Органика и работоспособность тракта.

Несмотря на академические обсуждения, в которых формиаты и ацетаты часто ошибочно принимаются за органические кислоты (очень популярно обсуждать присутствие и влияние органических кислот в кипящей воде с pH-9,0-10,0 при 25°C), нет научного доказательства, что органика действительно вызывает серьезные проблемы в работоспособности тракта. Имеется несколько статей, указывающих на опасность органики и описывающих повреждения, которые приписывают действию органики и углекислого газа. Однако при независимом научном исследовании большинство из этих обвинений не подтверждается.

Влияние органики на параметры водно-химического режима.

Органика, произвольно попадающая в тракт, может оказывать или не оказывать влияния на водно-химический режим. Главной проблемой является недостаток знаний о составе и структуре органики. Измерение содержания общего органического углерода (ТОС), очень часто определяемое на электростанциях и в промэнергетике в режиме непрерывного измерения, не дает полезной информации о последующем поведении органики по тракту. Имеется большое различие между поведением природных или техногенных органогалогенных соединений и аналогичных органических соединений без галогенов. Присутствие многоатомной органики может связываться с частичным повреждением или полным разрушением отдельных узлов. В этой связи на безопасный водно-химический режим в тракте станции оказывает огромное влияние буферная способность среды: чем она ниже, тем выше опасность повреждения из-за разложения многоатомных органических соединений.

12 мкг/дм³ ТОС в форме многоатомного свободного органического соединения считается безопаснее в сравнении с 12 мкг/дм³ ТОС в форме, например, хлороформа (CHCl₃). Из расчетного общего разложения хлороформа и незначительных потерь при деаэрации или продувке при 12 мкг/дм³ ТОС (CHCl₃) в тракте образуется около 110 мкг/дм³ соляной кислоты. В этом примере значение ТОС заметно ниже, чем установленные типичные ограничения ТОС (меньше 100 или 200 кг/дм³).

Могут возникать проблемы из-за игнорирования различий в составе органики. Удаление менее опасных веществ может привести к неоправданным расходам, в то время как игнорирование присутствия анионов неорганических кислот (например, хлоридов или сульфатов) внутри органических молекул может привести к вероятному повреждению оборудования. В этой связи метод Duve и Sudhoff, который включает разграничение между различными типами органики путем использования ультрафиолетового (UV) облучения Н-катионированной пробы с измерением электропроводности до и после облучения, является многообещающим.

Влияние органических добавок.

Опыт показывает, что при ведении на электростанции водно-химического режима с органическими добавками, как правило катионная проводимость пара увеличивается. Имеется большое различие в стабильности различных органических добавок: некоторые из них приводят к увеличению катионной проводимости пара на 0,5–3,0 мкСм/см, в то время как другие добавки относительно безопасны и повышают катионную проводимость пара не выше 0,5 мкСм/см или даже ниже 0,3 мкСм/см. *По этому показателю можно характеризовать органические добавки относительно ступеней давления и температур пара в*

главном паропроводе. Например: применение дисперсантов на основе полиакрилатов при давлении в котле выше, чем 8-10,0 МПа приводит к очень высокому увеличению катионной проводимости пара, которая может влиять на рН первого конденсата в ступенях турбины низкого давления.

Амины, применяемые как щелочные добавки, должны оцениваться по их стабильности в условиях тракта станции. Некоторые амины успешно применяются в промышленной энергетике при низких давлениях и температурах. Применение этих аминов в высокотемпературном цикле и высоком давлении часто приводит к повышенной концентрации формиатов и ацетатов в контуре. Конечно, увеличение хлоридов и сульфатов является более важной величиной для показателя надежности элементов станции, чем увеличение ацетатов. Формиаты, однако, вызывают подобное снижение рН как сульфаты в зоне фазового перехода в турбине ТЭС или другом месте на объектах промэнергетики, где происходит образование первичного конденсата. Точное разделение между пригодными и не пригодными щелочными добавками крайне необходимо, т.к. является классификацией различных воздействий органики/аминов и опасных анионов. К сожалению, большинство органических веществ, имеющих на рынке, являются запатентованными смесями, составляющие которых точно не установлены. До тех пор, пока соответствующие нормы в главных руководящих указаниях отсутствуют, окончательное решение о их применении нелегкое и часто нецелесообразное.

Органические добавки, вводимые во время эксплуатации и останова.

Некоторые органические добавки в тракте станции могли бы обеспечивать повышенную коррозионную стойкость внутренних поверхностей котлов, турбин и другого оборудования во время останова. В этой связи пленкообразующие амины рассматриваются как наиболее перспективные вещества. К сожалению, типичное сообщение об их использовании весьма общее. Точная информация отсутствует. Необходимо лучшее знание поведения и метода воздействия этих добавок. Предполагая правильное применение соответствующих веществ, их использование могло бы привести к повышенной коррозионной защите, к снижению длительности и количества выноса продуктов коррозии в котел во время его пуска. Эти составы также позволяют улучшить КПД установки благодаря их влиянию на процесс зарождения капель воды. Однако, несмотря на эти два положительных свойства, необходима полная оценка их возможного негативного влияния на другое оборудование станции, такое как конденсатоочистка.

Взаимодействия между добавками в тракт органических веществ и смолами конденсатоочистки.

Взаимодействие между добавками в тракт органических веществ и смолами конденсатоочистки является другой нерешенной проблемой. Согласно опыту на атомных электростанциях с водяными реакторами, на работу ионообменных смол конденсатоочистки могут оказывать влияние некоторые вводимые щелочные добавки, в частности, пленкообразующие амины, упомянутые выше. Воздействие органических добавок, содержащих пленкообразующие амины, на ионообменные смолы вообще не исследовалось. Прояснение этой проблемы является не только важным в отношении конденсатоочистки, но также в отношении Н-катионитных фильтров, используемых в схемах химконтроля для измерения катионной проводимости.

Так необходимо ли исследование органики?.

За последние несколько лет некоторые вопросы, относящиеся к углекислому газу, решены. Недавние исследования указывают, что наряду с влиянием на рН, углекислый газ не оказывает особого влияния на коррозию турбинных сталей [12]. Влияние углекислого газа на рН первого конденсата в зонах турбины низкого давления рассмотрено в деталях в [13], но опять влияние этой среды на материалы в зоне фазового перехода по существу не известно. Как предполагалось, даже очень большое содержание углекислоты не способно снизить рН (при 100°C) первого конденсата ниже рН (100°C) чистой воды.

Свобода и Бурсик показали, в частности, что при температурах ниже 200°C, рН может значительно снизиться под действием углекислого газа. Однако достаточно легко нейтрализовать это воздействие увеличением щелочности (например, дозировкой аммиака).

С другой стороны, семейство родственных органических соединений все еще не подвергалось всестороннему изучению. По этой причине на вопрос, необходимо ли исследование органики, может быть дан однозначный ответ : да.

Наиболее важными направлениями исследований являются:

- взаимодействие между природной органикой и продуктами ее разложения с материалами основного оборудования станции;
- взаимодействие между органическими добавками, вводимыми в тракт станции, и продуктами их разложения с материалами основного оборудования станции;
- влияние органических добавок, вводимых в тракт станции и содержащих пленкообразующие амины, на первичный конденсат турбины и КПД турбины;
- органические добавки: эксплуатация, пуск, останов и консервация тракта;
- возможные неполадки типовых приборов химического мониторинга из-за органических добавок; альтернативные методы контроля (например, ионная хроматография);
- возможное взаимодействие органических добавок с ионообменными смолами конденсатоочистки или Н-колонками, используемыми в приборах для измерения катионной проводимости.

Следует надеяться, что большинство статей, представленных на этой конференции, по крайней мере, помогут частично ответить на вопросы обозначенные выше.

REFERENCES

- [1] *Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: All-Volatile Treatment*, **2002**. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 1004187.
- [2] *Interim Cycle Chemistry Guidelines for Combined Cycle Heat Recovery Steam Generators (HRSGs)*, **1998**. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., TR-110051.
- [3] *Cycle Chemistry Guidelines for Combined Cycle/Heat Recovery Steam Generators (HRSGs), Draft*, **2005**. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 1010438.
- [4] *Guidelines for Copper in Fossil Plants*, **2000**. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 1000457.
- [5] *Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Oxygenated Treatment*, **2005**. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 1004925.
- [6] *Cycle Chemistry Guidelines for Fossil Plants: Phosphate Continuum and Caustic Treatment*, **2004**. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 1004188.
- [7] Jiříček, I., *PowerPlant Chemistry* **2000**, 2(10), 591.
- [8] Lindner, G., *Der Maschinenschaden* **1930**, 7(3), 57.
- [9] Steam Generation, *Power* **1934**, 78(1), 8.
- [10] The Root of All Evil – Boiler Feedwater, *Power* **1934**, 78(13), 725.
- [11] <http://www.sws.uiuc.edu/chem/iwt/docs/Specbook05-06.pdf>, **2005**.
- [12] Schneider, L. L., Hutchens, D. C., *Proc., International Water Conference* **1986** (Pittsburgh, PA, U.S.A.). Engineers' Society of Western Pennsylvania, Pittsburgh, PA, U.S.A., 47, 177.
- [13] Batton, C. B., Chen, T.-Y., Fowee, R. W., Grattan, D. A., *CORROSION/1990*, **1990** (Las Vegas, NV, U.S.A.). NACE International, Houston, TX, U.S.A.
- [14] Alexander, D., Ohnemus, M., Trumbetta, R. D., *Proc., Workshop Use of Amines in Conditioning Steam/Water Cycles*, **1993** (New Orleans, LA, U.S.A.). Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 24-1.
- [15] Kelly, J. A., Hwa, C. M., Fan, J., Rossel, K. L., *Proc., International Water Conference* **1990** (Pittsburgh, PA, U.S.A.). Engineers' Society of Western Pennsylvania, Pittsburgh, PA, U.S.A., 51, 598.
- [16] Cappabianca, S. J., Pelossi, P. F., Nulty, J. H., *Proc., International Water Conference* **1985** (Pittsburgh, PA, U.S.A.). Engineers' Society of Western Pennsylvania, Pittsburgh, PA, U.S.A., 46, 558.
- [17] Van der Wal, W. J. F., *VGB Kraftwerkstechnik* **1989**, 69, 296.

- [18] Rondum, K. J., Fuller, E. J., Dewitt-Dick, D. B., Bargender, A. M., *Proc., International Water Conference 1989* (Pittsburgh, PA, U.S.A.). Engineers' Society of Western Pennsylvania, Pittsburgh, PA, U.S.A., 50, 124.
- [19] Schumacher, P. D., Muhlenkamp, R. D., Koehler, K. A., Johnson, R. A., *Proc., International Water Conference 1988* (Pittsburgh, PA, U.S.A.). Engineers' Society of Western Pennsylvania, Pittsburgh, PA, U.S.A., 49, 424.
- [20] Cuisia, D. G., Lawson, E. S., Gabris, P., Fryer, M., *Proc., International Water Conference 1993* (Pittsburgh, PA, U.S.A.). Engineers' Society of Western Pennsylvania, Pittsburgh, PA, U.S.A., 54, 275.
- [21] Lane, R. W., *Proc., Workshop on Use of Amines in Conditioning Steam/Water Cycles, 1990* (Tampa, FL, U.S.A.). Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, U.S.A., 11-1.
- [22] Millett, P. J., Fruzzetti, K., paper presented at the International Conference Interaction of Organics and Organic Cycle Treatment Chemicals with Water, Steam, and Materials, **2005** (Stuttgart, Germany); Millett, P. J., Fruzzetti, K., *PowerPlant Chemistry 2005*, 7(10), XXX
- [23] Bursik, A., *PowerPlant Chemistry 2004*, 6(9), 549.
- [24] Bursik, A., Staudt, U., *PowerPlant Chemistry 2001* 3(3), 136.
- [25] Duve, H., Sudhoff, G., *Proc., VGB Conference "Chemistry in Power Plants 2000"*, **2000** (Essen, Germany). VGB-Kraftwerkstechnik GmbH, Essen, Germany, TB-436.
- [26] Svoboda, R., Denk, J., Maggi, C., *PowerPlant Chemistry 2003*, 5(10), 581.
- [27] Bursik, A., *PowerPlant Chemistry 2002*, 4(10), 597.
- [28] Svoboda, R., Bursik, A., *PowerPlant Chemistry 2005*, 7(8), 472.