



УДК 628.168.4-92:66.074

М.А. БЛАЖКО, младший научный сотрудник, **А.Ю. КАПУСТЯК**, научный сотрудник,
Ю.А. ШЛЯХОВА, младший научный сотрудник, **Я.А. ЧЕПРАКОВА**, младший научный сотрудник

Государственное предприятие «Украинский научно-технический центр металлургической промышленности «Энергосталь» (ГП «УкрНТЦ «Энергосталь»), г. Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ДОЗЫ РЕАГЕНТОВ-ИНГИБИТОРОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОБОРОТНОЙ ВОДЫ, ПОДАВАЕМОЙ НА ТРУБЫ ВЕНТУРИ ГАЗООЧИСТОК КИСЛОРОДНЫХ КОНВЕРТЕРОВ

Изучен состав оборотной воды, подаваемой на систему газоочистки кислородного конвертера № 2 ОАО «Челябинский металлургический комбинат», а также сточных вод, после газоочистки. Определены физико-химические условия образования отложений. Предложены критерии для оценки тенденции к образованию отложений и ингибирующей способности реагентов-ингибиторов. Предложены мероприятия по уменьшению интенсивности карбонатных отложений и улучшению осветления воды в условиях применения реагентов-ингибиторов.

Ключевые слова: карбонатные отложения, аппараты газоочистки, оборотный цикл, интенсивность отложений, реагенты-ингибиторы, флокулянты, коагулянты.

На большинстве металлургических предприятий конвертерное производство стали является одним из основных процессов, цикл которого состоит из следующих этапов: завалка лома, заливка чугуна, продувка кислородом с добавлением в конвертер различных шлакообразующих и флюсов, сплив шлака и выпуск стали.

В конвертерных газах содержится до 150 г/м³ пыли, которая должна быть удалена перед выбросом газа в атмосферный воздух либо перед его закачкой в газогольдер. До настоящего времени в странах СНГ применяется преимущественно мокрая очистка газов.

Водоснабжение газоочисток организуют обычно по оборотной схеме. Замкнутый цикл водоснабжения газоочисток конвертеров включает очистные сооружения, градирни, насосные станции и узел обезвоживания осадка.

Одним из основных недостатков мокрых газоочисток кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) является образование карбонатных отложений как в аппаратах газоочистки, так и в шламопроводах, трубопроводах осветленной воды, на градирнях. Существует много способов борьбы с ними, однако чаще всего используют реагентные методы, основанные, в частности, на применении фосфоновых кислот и комплексонов.

Наибольшие сложности создают отложения в аппаратах газоочисток, особенно те, что образуются в горловине и на створках трубы Вентури (рис. 1). Частичное перекрытие горловины трубы приводит к уменьшению расхода газа и нарушению технологического режима. Чтобы избежать этого, приходится на несколько часов

останавливать конвертер для удаления отложений из аппаратов газоочистки, т.е. прерывать технологический процесс, в результате чего объемы производства стали сокращаются.

Продолжительность периода между остановками, вызванными необходимостью очистки аппаратов, оценивается количеством проведенных за это время плавок. Например, на ОАО «Челябинский металлургический комбинат» (ОАО «ЧМК») за период между остановками, обусловленными необходимостью очистки трубы Вентури от отложений, удается осуществить около 300 плавок.

Как известно, карбонат кальция CaCO_3 может выпадать в осадок и образовывать плотные отложения, если произведение активностей ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} равно произведению растворимости $\Pi_p \text{CaCO}_3$ или превышает его значение [1, 2]:

$$[\text{Ca}^{2+}] \cdot f_{\text{Ca}} \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \cdot f_{\text{CO}_3} \geq \Pi_p \text{CaCO}_3, \quad (1)$$

где $[\text{Ca}^{2+}]$ и $[\text{CO}_3^{2-}]$ – концентрации свободных ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} , моль/дм³; $f_{\text{Ca}}, f_{\text{CO}_3}$ – коэффициенты активности ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} .

Впрочем, иногда отложения не образуются, даже если произведение активностей ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} значительно больше $\Pi_p \text{CaCO}_3$. Поэтому условие (1) можно сформулировать следующим образом: карбонатные отложения гарантированно не будут образовываться, если произведение активностей ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} не будет превосходить $\Pi_p \text{CaCO}_3$.

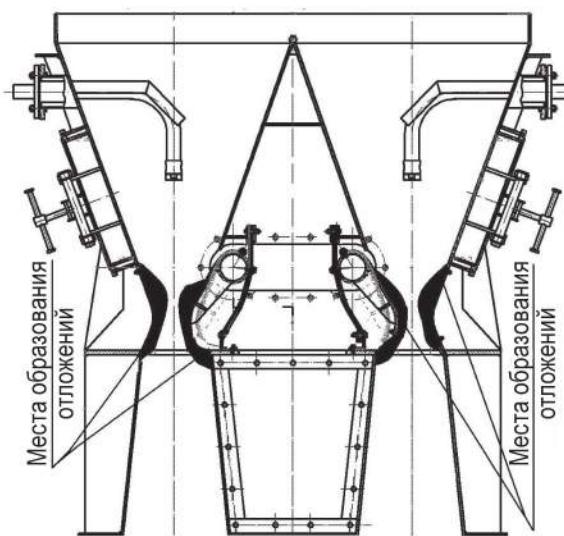
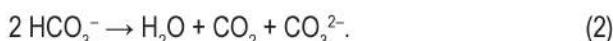
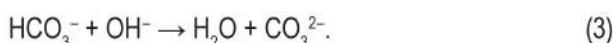


Рисунок 1 – Образование отложений в горловине трубы Вентури

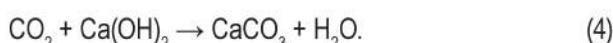
В оборотных системах водоснабжения и котельных агрегатах увеличение концентрации ионов CO_3^{2-} происходит в результате разложения ионов HCO_3^- вследствие повышения температуры или уменьшения содержания CO_2 в воде:



Ионы CO_3^{2-} могут образоваться также при смешивании двух потоков воды, один из которых содержит ионы HCO_3^- , а второй – ионы OH^- :



Кроме того, карбонат кальция может образовываться в газоочистках в результате следующей реакции



Оценка тенденции к образованию карбонатных отложений на основании данных о химсоставе воды может проводиться при помощи величины DFI:

$$\text{DFI} = \frac{[\text{Ca}^{2+}] \cdot f_{\text{Ca}^{2+}} \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \cdot f_{\text{CO}_3^{2-}}}{\Pi_p \text{CaCO}_3}. \quad (5)$$

В данной формуле, как и в выражении (1), $[\text{Ca}^{2+}]$ и $[\text{CO}_3^{2-}]$ означают содержание свободных ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} , определяемое эмпирически, а не аналитическим путем.

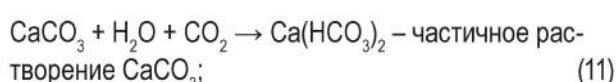
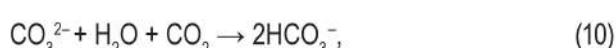
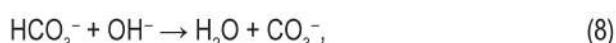
Как известно, чем выше концентрации ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} , тем существеннее тенденция к образованию карбонатных отложений. Однако и значение DFI, как следует из (5), при этом также выше. Таким образом, срав-

нение значений DFI для различных вод позволяет судить о том, какая из них в большей степени склонна к образованию отложений.

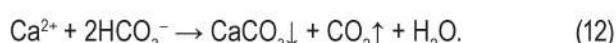
Рассмотрим механизм образования отложений в аппаратах газоочисток конвертеров. При засыпке извести в конвертер часть ее выносится и в виде пыли попадает в воду в процессе мокрой очистки газов. Эта известь растворяется довольно медленно. Однако за время пребывания воды в сооружениях оборотного цикла газоочисток в ней может раствориться масса извести, вполне достаточная для того, чтобы в воде появилась гидратная щелочность, т.е. ионы OH^- .

При попадании воды, содержащей ионы Ca^{2+} , OH^- , в газоочистку, где CO_2 имеет высокое парциальное давление, происходят следующие процессы

- в газоочистке:

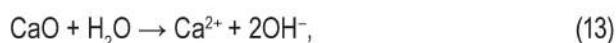


за пределами газоочистки:



Выпадение в осадок CaCO_3 свидетельствует о наличии карбонатных отложений как в газоочистке, так и за ее пределами (например, в шламопроводах), однако механизм их образования разный. При выходе воды за пределы газоочистки растворенный в ней диоксид углерода начинает выделяться в атмосферный воздух, в связи с чем его концентрация уменьшается. Для поддержания углекислотного равновесия часть бикарбонат-ионов разлагается, переходя в CO_2 (для восполнения потери диоксида углерода) или карбонат-ион CO_3^{2-} , что и приводит к образованию карбоната кальция.

Вместе с тем за пределами газоочистки в шламопроводах и очистных сооружениях тоже происходит растворение частиц извести, попавшей в воду из газа:





т.е. в воде вновь появляются ионы OH^- , причем при наличии ионов HCO_3^- протекают реакции, приводящие к общему снижению щелочности:



Так что перед очистными сооружениями щелочность воды может быть ниже исходной. Затем она повышается за счет продолжающегося растворения извести и увеличения вследствие этого концентрации ионов OH^- .

Химический состав воды оборотного цикла газоочисток ККЦ приведен в табл. 1.

Как видно из представленных данных, общая щелочность воды после газоочистки больше, чем до нее, а гидратная щелочность сточной воды меньше, чем исходной. Это означает, что гидратная щелочность исходной воды, представленная ионами OH^- , переходит в карбонатную, обусловленную содержанием ионов CO_3^{2-} . При дальнейшем поглощении диоксида углерода CO_2 карбонатная щелочность может даже переходить в бикарбонатную (HCO_3^-). Однако в оборотном цикле газоочисток ОАО «ЧМК» это явление отсутствует.

Работа по определению вида и дозы ингибитора образования отложений производилась в лабораторных условиях.

Ингибиторы образования отложений действуют двояким образом. Во-первых, в их присутствии замедляется кристаллизация карбоната кальция, вследствие чего повышается его содержание в воде. Во-вторых, ингибитор, адсорбируясь на тончайшем слое отложений, образовавшихся на поверхности, препятствует их дальнейшему росту. Наконец, адсорбируясь на поверхности уже образовавшихся микрокристаллов карбоната кальция, ингибитор снижает интенсивность образования отложений на внутренней поверхности аппаратов и трубопрово-

дов по так называемому второму механизму (т.е. из-за «прилипания» кристаллов).

Ингибирующая способность реагентов оценивалась с учетом указанных выше свойств по следующим критериям:

- количеству кальция, удерживаемого в воде, и значению щелочности;
- количеству отложений, образовавшихся на стенках сосудов, в которых производились испытания.

При проведении лабораторных исследований исходили из того, что при смешивании газа с водой в трубе Вентури в какой-то момент времени вся щелочность воды становится карбонатной (согласно реакциям 6–8), определяемой наличием ионов CO_3^{2-} . В этот момент вода обладает наибольшей склонностью к образованию карбонатных отложений. Поэтому для исследований готовили такую воду (на основе данных табл. 1), чтобы содержание ионов Ca^{2+} и CO_3^{2-} в ней соответствовало концентрации $\text{Ca}^{2+}(\text{Ca}^{2+}_{\text{пром}})$ и щелочности воды ($\text{Щ}_{\text{пром}}$) оборотного цикла.

Было проведено несколько серий экспериментов различными видами и дозами ингибиторов. Усредненные результаты экспериментов, в которых сравнивались ингибиторы PuroTech RO-105, PuroTech 110 производства компании «ТехноХимРеагент» (г. Запорожье, Украина) и «КИСК-1», производимый ОАО «Химическая компания «НИТОН» (г. Екатеринбург, Российская Федерация), представлены в табл. 2.

Как следует из приведенных данных, наиболее эффективными оказались ингибиторы PuroTech RO-105 и «КИСК-1», так как они обеспечили самое высокое остаточное содержание кальция (отметим, что PuroTech RO-105 примерно в 2,5–3,0 раза дороже, чем «КИСК-1»). При дозах этих ингибиторов 3 мг/дм³ остаточное содержание кальция в воде (5,34 мг-экв/дм³) приближалось к исходному (5,4 мг-экв/дм³).

Когда исходные значения щелочности и концентрации кальция были равны соответственно 5,4 мг-экв/дм³

Таблица 1 – Химсостав воды оборотного цикла ККЦ (25.02.2013 г.)

Наименование компонента	Единица измерения	Результаты анализов		
		Вода, подаваемая на газоочистку	Вода после газоочистки	Подпиточная вода грязного оборотного цикла
pH	–	11,3	9,1	7,8
Щелочность:	мг-экв/дм ³			
• свободная		2,9	0,53	0
• общая		3,6	3,7	2,7
Сульфат-ионы	мг/дм ³	510	507	211
Хлорид-ионы	мг/дм ³	363	347	71
Жесткость	мг-экв/дм ³	5,5	5,6	5,1
Кальций	мг-экв/дм ³	5,4	5,35	3,15
Магний	мг-экв/дм ³	0,1	0,25	1,95
DFI	–	59,99	271,46	2,48

Таблица 2 – Остаточное содержание Ca^{2+} в зависимости от вида и дозы реагента:

$$(\text{Ca}^{2+})_{\text{исх}} = 5,4 \text{ мг-экв/дм}^3$$

$$\text{Щ}_{\text{исх}} = 3,6 \text{ мг-экв/дм}^3$$

 $t = 60^\circ\text{C}$ $t = 60 \text{ мин}$

Вид реагента	Доза ингибитора, мг/дм ³	Остаточное содержание кальция в воде, мг-экв/дм ³	Остаточная щелочность (CO_3^{2-} , мг-экв/дм ³)
Без ингибитора	0	2,52	0,72
	1	3,88	2,08
	2	4,9	3,1
	3	5,34	3,54
PuroTech RO-105	1	3,08	1,28
	2	3,94	2,14
	3	4,74	2,94
	5	5,36	3,56
PuroTech 110	1	4,84	3,04
	2	5,3	3,5
	3	5,3	3,5
	5	5,35	3,55
«КИСК-1»	1	4,84	3,04
	2	5,3	3,5
	3	5,3	3,5
	5	5,35	3,55

и 3,6 мг-экв/дм³, остаточное содержание Ca^{2+} при дозах 5 мг-экв/дм³ для ингибитора PuroTech 110 и 3 мг-экв/дм³ для ингибиторов PuroTech RO-105 и «КИСК-1» почти не отличалось от начального, т.е. очень мало кальция выпало в осадок в виде CaCO_3 . Поэтому были проведены эксперименты при более высоких исходных значениях щелочности и концентрации кальция (соответственно 8,2 мг-экв/дм³ и 10 мг-экв/дм³). Результаты этих экспериментов приведены в табл. 3.

Остаточное содержание кальция в растворе имеет тот же порядок, что и в предыдущей серии экспериментов. Это означает, что в данной серии значительная часть кальция (около 5 мг-экв/дм³) выделилась в виде твердой фазы (CaCO_3), что свидетельствует о возможности образования гораздо большего количества отложений.

Поскольку в ОАО «ЧМК» для стабилизационной обработки воды применяются ингибиторы Depositrol 6501

и Scaletrtol 9333, были проведены исследования по сравнению эффективности этих реагентов и ингибитора «КИСК-1» (усредненные результаты приведены в табл. 4). В этой серии экспериментов остаточное содержание кальция при использовании «КИСК-1» было несколько ниже, чем в предыдущей серии.

Сравнение остаточных концентраций при использовании различных реагентов в сопоставимых дозах показывает, что эффективность Depositrol 6501 и Scaletrtol 9333 не превышает эффективности «КИСК-1», причем результат действия реагентов Depositrol 6501 и «КИСК-1» примерно одинаков.

В табл. 2–4 представлены также расчетные значения остаточной щелочности. Кроме того, табл. 4 содержит значения DFI_{пред} (это величина DFI, соответствующая тем значениям щелочности в концентрации Ca^{2+} , при которых еще невозможно образование твердой фазы).

Таблица 3 – Остаточное содержание Ca^{2+} в зависимости от вида и дозы реагента:

$$(\text{Ca}^{2+})_{\text{исх}} = 10,0 \text{ мг-экв/дм}^3$$

$$\text{Щ}_{\text{исх}} = 8,2 \text{ мг-экв/дм}^3$$

 $t = 60^\circ\text{C}$ $t = 60 \text{ мин}$

Вид реагента	Доза ингибитора, мг/дм ³	Остаточное содержание кальция в воде, мг-экв/дм ³	Остаточная щелочность (CO_3^{2-} , мг-экв/дм ³)	Масса кальция на стенках стакана, мг
Без ингибитора	0	3,225	1,425	39,7
	1	4,0	2,2	28,2
	2	4,3	2,5	13,5
	3	4,75	2,95	12,25
PuroTech-110	1	3,35	1,55	39,3
	2	3,65	1,85	24,0
	3	3,7	1,9	22,83
	5	4,25	2,45	23,6
«КИСК-1»	1	4,275	2,475	28,32
	2	5,15	3,35	16,25
	3	5,25	3,45	18,75
	5	5,7	3,9	18,05



Сопоставив DFI_{пред} рассматриваемых реагентов (табл. 4), отметим, что для ингибиторов «КИСК-1» и Depositrol 6501 эти величины примерно равны и превосходят DFI_{пред} для ингибитора Scaletrol 9333.

На основании большого количества проведенных в ГП «УкрНТЦ «Энергосталь» исследований, связанных с обработкой воды различного качества, установлено, что добавление ингибиторов ухудшает осаждение взвешенных веществ в воде после отстойников (т.е. подаваемой на газоочистки). В настоящее время содержание взвешенных веществ в такой воде значительно превышает допустимые нормы (250–300 мг/дм³). При использовании ингибиторов концентрация взвеси может еще увеличиться, поэтому были проведены исследова-

ния с целью определить возможность интенсификации осветления воды с помощью флокулянтов.

Эксперименты по отстаиванию производились в цилиндрах емкостью 250 мл; высота отстаивания составляла 100 мм. Зависимости остаточного содержания взвешенных веществ при отсутствии реагентной обработки воды и в случае ее обработки ингибитором Depositrol 6501 и флокулянтом приведены на рис. 2. Они показывают, что применение флокулянтов значительно улучшает осаждаемость взвешенных веществ (даже при использовании ингибиторов).

Исходя из результатов лабораторных исследований были проведены испытания по применению ингибитора накипеобразования для снижения интенсивности образо-

Таблица 4 – Зависимость остаточного содержания кальция и щелочности от вида и дозы ингибитора:

$$(\text{Ca}^{2+})_{\text{иск}} = 10,0 \text{ мг}\cdot\text{экв}/\text{дм}^3$$

$$t = 60^\circ\text{C}$$

$$\text{Щ}_{\text{иск}} = 8,2 \text{ мг}\cdot\text{экв}/\text{дм}^3$$

$$t = 60 \text{ мин}$$

Вид реагента	Доза ингибитора, мг/дм ³	Остаточное содержание кальция в воде, мг-экв/дм ³	Остаточная щелочность (CO_3^{2-}), мг-экв/дм ³	DFI _{пред}
Без ингибитора	0	2,57	0,77	65
	1	3,03	1,23	107
	3	4,1	2,3	208
	5	4,8	3,0	278
	7	5,13	3,19	301
	10	5,36	3,56	336
Scaletrol 9333	1	2,63	0,83	70
	3	2,83	1,03	88
	5	3,68	1,88	166
	7	4,23	2,43	220
	10	4,8	3,0	278
Depositrol 6501	1	2,6	0,8	66
	3	3,7	1,9	170
	5	4,64	2,84	260
	7	5,26	3,46	324
	10	5,40	3,6	338

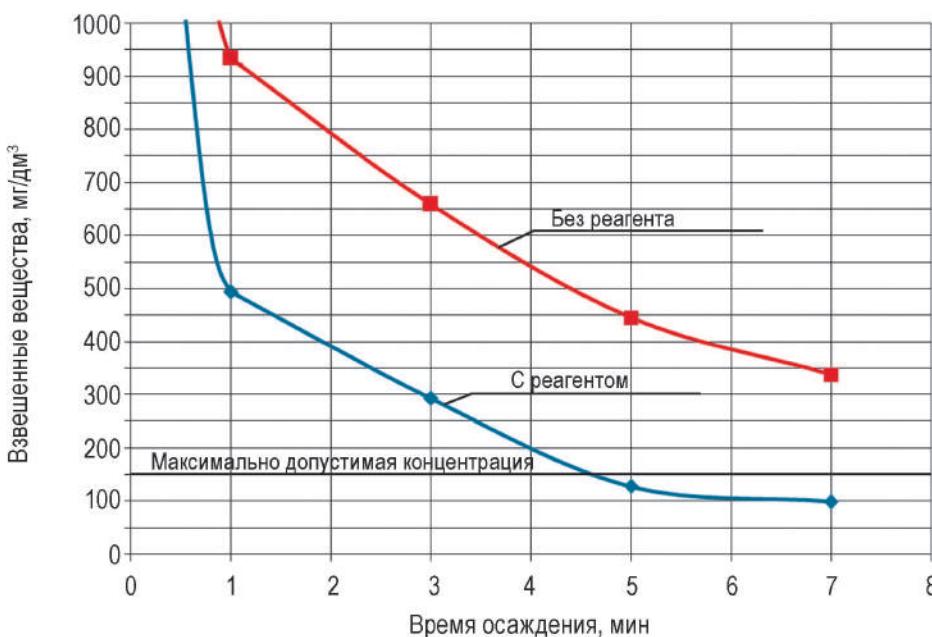


Рисунок 2 – Кинетика осаждения взвешенных веществ без обработки воды и с обработкой реагентами

вания карбонатных отложений в трубе Вентури конвертера № 2 ОАО «ЧМК». Для испытаний был принят Depositrol 6501, показавший лучшие результаты по сравнению с другим используемым на этом предприятии ингибитором (Scaletrol 9333). Depositrol 6501 непрерывно дозировали (по 5, 7 и 10 мг/дм³) в трубопровод подачи воды на трубу Вентури в точку, расположенную на расстоянии более 30 диаметров трубопровода, благодаря чему достигалось достаточно полное смешивание ингибитора с водой.

Интенсивность образования отложений контролировали по индикатору, установленному в конфузоре трубы Вентури. Результаты испытаний приведены в табл. 5.

Как следует из представленных данных, применение ингибитора привело к снижению интенсивности образования карбонатных отложений в 2,0–2,5 раза (по сравнению с интенсивностью в период, когда обработка воды не проводилась).

В течение испытаний отбирали пробы воды для определения ее щелочности и жесткости, затем вычисляли показатель DFI (табл. 6).

Щелочность и жесткость воды в период испытаний оказались значительно выше приведенных ранее показателей (табл. 1). DFI определялся с учетом того, что в некоторый момент времени вся щелочность воды, распыленной в трубе Вентури, представлена ионами CO₃²⁻ (как уже отмечалось, в этот момент вода обла-

дает наибольшей склонностью к образованию отложений). В ходе испытаний выяснилось, что температура воды в трубе Вентури составляет 45–47 °C. Для сопоставления показателей DFI воды с DFI_{пред} были проведены дополнительные лабораторные эксперименты при температуре воды 45 °C. Их результаты показывают, что DFI воды в момент максимальной склонности к образованию отложений значительно выше, чем DFI_{пред} (табл. 7). Следовательно, можно ожидать, что отложения будут образовываться даже при дозе ингибитора 10 мг/дм³, причем с меньшей интенсивностью, чем при отсутствии обработки воды (это подтвердилось во время испытаний).

Как отмечалось ранее, в ОАО «ЧМК» приходится делать остановки для удаления отложений в газоочистном оборудовании каждые 300 плавок. Анализируя данные табл. 5, можно сделать вывод об уменьшении вдвое роста отложений на створках трубы Вентури в случае применения ингибиторов, что говорит об их эффективности и возможности увеличить межремонтный период тоже в два раза (до 600 плавок).

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальным путем проведен подбор реагентов для снижения интенсивности роста карбонатных

Таблица 5 – Количество отложений карбоната кальция на пластине индикатора образования отложений

Дата установки индикатора	Дата измерения отложений	Толщина отложений, мм	Количество плавок, шт	Интенсивность образования отложений, мм/плавку	Доза ингибитора, мг/л
Этап № 1 (без ингибитора)					
12.11.13 г.	15.11.13 г.	7,0	89	0,08	-
15.11.13 г.	18.11.13 г.	9,425	87	0,11	-
Этап № 2 (с ингибитором)					
23.11.13 г.	25.11.13 г.	1,94	59	0,032	7
25.11.13 г.	27.11.13 г.	1,74	43	0,04	10

Таблица 6 – Химический состав осветленной воды, подаваемой на газоочистку № 2

№ п/п	Время отбора проб от начала плавки, мин	t, °C	Результаты анализов						DFI	
			рН	Щелочность, моль/дм ³		Сухой остаток, мг/дм ³	Жесткость			
				своб.	общ.		Ca ²⁺	общ.		
1	-	41,2	11,7	9,0	10,8	2460	14,2	14,2	635	
2	0	41,1	11,6	7,5	9,4	2310	12,5	13,2	518	
3	2	42,1	11,2	2,6	5,0	1800	8,1	8,2	259	
4	4	43,3	10,6	1,1	2,7	1650	6,25	6,4	136	
5	6	43,2	11,0	2,2	4,0	1750	7,3	7,4	208	
6	8	42,4	11,3	4,0	5,6	1950	9,05	9,4	302	
7	10	43,1	11,2	3,5	5,3	1880	8,25	9,0	269	
8	12	42,9	11,2	3,1	4,8	1850	8,0	8,4	248	
9	14	42,3	10,5	1,4	2,7	1650	6,55	6,6	138	
10	16	42,1	11,3	4,0	6,4	1940	9,4	9,8	337	
11	18	42,3	11,6	7,9	9,6	2370	13,6	13,6	583	

Примечание: содержание сульфатов во всех пробах принято равным 811 мг/дм³, хлоридов – 536 мг/дм³.



Таблица 7 – Определение величины DFI_{пред} для ингибиторов «КИСК-1», Depositrol 6501 и Scaletrol 9333 при температуре 45 °C:

$$(Ca^{2+})_{\text{исх}} = 10,0 \text{ мг·экв/дм}^3$$

$$\bar{W}_{\text{исх}} = 8,2 \text{ мг·экв/дм}^3$$

$t = 45^\circ\text{C}$

$t = 60 \text{ мин}$

Вид реагента	Доза ингибитора	Остаточное содержание кальция в воде, мг·экв/дм ³	Остаточная щелочность, мг·экв/дм ³	DFI _{пред}	Масса кальция, образовавшегося на стенах стакана, мг
Без ингибитора «КИСК-1»	0	3,4	1,6	91	98,0
	5	4,4	2,6	156	96,0
	7	4,8	3,0	182	50,4
	10	5,1	3,3	205	40,0
Depositrol 6501	5	4,2	2,4	143	36,6
	7	4,6	2,8	169	22,5
	10	4,8	3	183	11,7
Scaletrol 9333	5	3,7	1,9	111	43,2
	7	3,8	2,0	118	40,8
	10	4,1	2,3	137	35,4

отложений. Более эффективными оказались ингибиторы «КИСК-1» и Depositrol 6501.

2. Произведены промышленные испытания с выбранным ингибитором Depositrol 6501 при различных дозах (5, 7, 10 мг/дм³). Они показали снижение интенсивности роста карбонатных отложений в горловине трубы Вентури в 2–2,5 раза.

3. Проведены испытания, подтвердившие возможность повышения эффективности осветления шламовой воды в радиальных отстойниках в условиях стабилизационной обработки воды, подаваемой на газоочистки ККЦ.

4. Полученные результаты показывают, что применение ингибиторов позволяет достичь увеличения периода между чистками трубы Вентури до 600 плавок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кучеренко Д. И. Оборотное водоснабжение (Системы водяного охлаждения) / Д. И. Кучеренко, В. А. Гладков. – М. : Стройиздат, 1980. – 168 с.
2. Клячко В. А. Очистка природных вод / В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. – М. : Стройиздат, 1971. – 580 с.
3. Федоренко В. И. Ингибирование осадкообразования в установках обратного осмоса / В. И. Федоренко. – [Портал фундаментального химического образования России. Наука. Образование. Технологии] // Мембранные технологии. – 2003. – № 2 (18). – С. 23 – Режим доступа к журналу: <http://www.chem.msu.su/rus/journals/membranes/18/html/mb.182.pdf>

Поступила в редакцию 02.04.2014

Вивчено склад оборотної води, що подається на газоочистку киснево-конвертерного цеху № 2 ВАТ «Челябінський металургійний комбінат», а також стічних вод після газоочистки. Визначено фізико-хімічні умови утворення відкладень. Запропоновано критерії для оцінки тенденції до утворення відкладень й інгібуючої здатності реагентів-інгібіторів. Запропоновано заходи щодо зменшення інтенсивності карбонатних відкладень і поліпшення освітлення води в умовах застосування реагентів-інгібіторів.

One be investigated composition of return water transferred to gas cleaning of LD plant at OAO "Chelyabinsk Metallurgical Plant" as well as of sewage after gas cleaning. Physical and chemical conditions for deposit forming were determined. Criterions to define tendency for deposit forming and to estimate inhibiting power of reagent-inhibitors were proposed. One be given actions to decrease intensity of carbonate deposits and to upgrade water clarification using reagent-inhibitors.