

УДК 622.691.4+620.193

С.А. Сидоров, начальник производственного отдела защиты от коррозии, ООО «Газпром трансгаз Москва»

ДИАГНОСТИКА ПОДПЛЕНОЧНОЙ КОРРОЗИИ ОБЪЕКТОВ ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ МОСКВА»

В продолжение темы, поднятой в моей статье «Результаты диагностики технического состояния газопроводов в ООО «Газпром трансгаз Москва» методом магнитной томографии», опубликованной в № 1 (30) «Коррозии «Территории «НЕФТЕГАЗ» за 2015 г., предметом настоящей статьи является обсуждение результатов работ ООО «Газпром трансгаз Москва» в области диагностирования и выявления причин этого явления. Подпленочная коррозия является весьма распространенным процессом деградации металла линейной части объектов долгих сроков эксплуатации: магистралей, газопроводов-отводов, трубопроводов ГКС, перемычек, трубопроводов подземных хранилищ газа (ПХГ) на территории нашего газотранспортного предприятия.

Ключевые слова: подпленочная коррозия, диагностика газопроводов, неразрушающий контроль, экспертиза, защита от коррозии, метод магнитной томографии, внутритрубная диагностика (ВТД).

Мировой опыт свидетельствует, что предотвращение подпленочной коррозии осложняется двумя основными факторами:

- затруднениями диагностирования этого процесса на объектах, где не применяется ВТД;
- недостаточно высокой эффективностью как активных, так и пассивных средств противокоррозионной защиты в подобных условиях.

Так, крупномасштабное исследование реального коррозионного состояния металла в 1500 шурфах на линейной части магистрали транс-канадского трубопровода Alberta Nova показало следующее:

- не зафиксировано нештатных отклонений по уровню защитного потенциала ЭХЗ (с учетом повышения защитного потенциала на 100 мВ для условий биокоррозии);
- сквозные дефекты противокоррозионного покрытия отсутствовали;
- на участках с отслоившимся целым изоляционным покрытием имеются глубокие коррозионные язвы глубиной более 80% от толщины стенки труб.

На основе исследований продуктов коррозии и микробиологической экспертизы в качестве причины поражений была названа микробиологическая коррозия (MIC – Microbe Induced Corrosion) с участием сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ).

По зарубежным данным, от 10 до 50% случаев коррозионных повреждений подземных сооружений связано с деятельностью почвенной микрофлоры. Ежегодная сумма потерь, официально учтенных как биогенные, в промышленно развитых странах, где антикоррозионная защита осуществляется удовлетворительно, составляет от 2 до 3% стоимости произведенных материалов. При этом в США не менее 75% случаев локальных коррозионных поражений приписывают активности СВБ. В нашей стране потери нефтяной промышленности по причине биокоррозии составляют до 2% стоимости металлофонда, причем 70–80% этих потерь относят за счет коррозии с участием СВБ [1–3].

Аналогичные закономерности прослеживаются и на объектах нашего предприятия, где существуют условия отслоения изоляционного покрытия. В частности, признаки биокоррозии были выявлены в зонах серьезных коррозионных поражений на магистральных газопроводах «САЦ IY», «Краснодарский край – Серпухов», «Якшуновская СПХГ – КС Белоусово», технологической перемычке КС «Истье», газопроводе-отводе к ГРС «Колонна». При этом в ходе традиционных электрометрических обследований были зафиксированы штатный режим электрохимической противокоррозионной защиты, отсутствие сквозных дефектов или существенного снижения переходного электросопротивления изоляционного покрытия. Прогнозируемое коррозионное состояние на основании обследования состояния противокоррозионной защиты было удовлетворительным. Таким образом, серьезных коррозионных поражений по результатам прогнозирования коррозионной ситуации



Рис. 1. Общий вид изоляционного покрытия и состояние металла на участках подпленочной коррозии (объекты – магистральные газопроводы, газопроводы-отводы, трубопроводы ПХГ)

не ожидали. Вместе с тем реальное состояние металла на отдельных участках оказалось предаварийным вследствие глубоких локальных коррозионных язв.

Общей чертой в зонах коррозии явилось нарушение защитных свойств изоляции из-за утраты адгезии к металлу (рис. 1). Для выяснения причин возникновения коррозионных поражений была предпринята специальная комплексная экспертиза с привлечением лаборатории биокоррозии Института биохимии и физиологии микроорганизмов (ИБФМ) Биологического центра РАН РФ (г. Пушкино Московской обл.). Комплексная экспертиза включала:

- металлографические исследования металла из зон поражений на предмет выявления характерных признаков биокоррозии;
 - микробиологические исследования коррозионных сред из зон подпленочных поражений – на предмет наличия и активности коррозионно-агрессивной микрофлоры.
- В частности, исследовали отобранные от труб темплеты металла, а также пробы грунта и продуктов коррозии в зонах глубоких коррозионных язв.

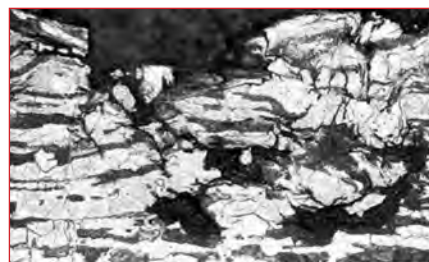
Комплексная экспертиза позволила сделать следующие выводы.

На темплетях металла труб в зонах поражений присутствует толстый слой продуктов коррозии. После травления в 2–4%-ном спиртовом растворе азотной кислоты с последующими многократными переполировками провели ме-

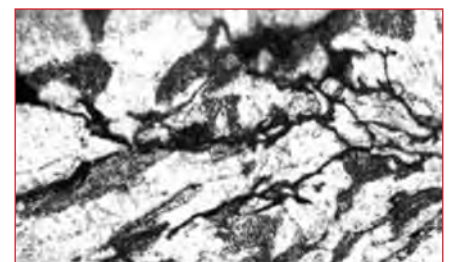
таллографические исследования микроструктуры с применением микроскопов НЕОФЛОТ-32 и POLIVAR при разных увеличениях. Размер действительного зерна металла определяли по ГОСТ 5639. Структура образцов из неповрежденных коррозией мест (исходная) состояла из зерен феррита (светлые области) и перлита (темные области), а также вытянутых строчечных включений сульфида марганца (MnS) и являлась типичной для трубных сталей.

Эти включения пластичны при горячей прокатке и могут оказывать негативное влияние на разрушение металла отслаиванием при комнатной и низкой температуре. Однако из имеющихся литературных данных известно, что они не оказывают существенного влияния на ударную вязкость и, соответственно, на сопротивление хрупкому разрушению, а также ускорение локальных коррозионных процессов в случае отсутствия в эксплуатационных средах факторов наводораживания и охрупчивания металла.

Неметаллические включения, а также различные переходные микроструктуры (мартенсит, бейнит), разнородность и вытянутые карбиды и/или сульфиды марганца повышают склонность к разрушению, связанному с охрупчиванием. Некоторые из этих особенностей характерны для исследуемого металла. На рисунках 2 и 3 представлены микрофотографии шлифов в областях коррозионных поражений темплетов. Структура у наружной поверхности трубы в области коррозионных язв резко отличается от структуры центральной зоны (по толщине металла). Вблизи наружной поверхности темплета от поверхности коррозионной язвы развиваются микротрещины вглубь металла (рис. 2). Этот факт свидетельствует о наличии локального охрупчивания, обусловленного факторами среды. Кроме того, идущие от поверхности вглубь металла микротрещины сливаются и образуют коррозионно-активный путь, ускоряющий проникновение коррозии.



а)



б)

Рис. 2. Развитие микротрещин вглубь металла вблизи наружной поверхности темплета от поверхности коррозионной язвы: а) микротрещины, распространяющиеся от наружной поверхности коррозионной язвы (темплет 1, x400); б) слияние микротрещин, идущих от наружной поверхности язвы (темплет 2, x500)

Таблица. Активность СВБ в пробах

Лаб. №	Точка отбора проб	Скорость выделения сульфида, мг S ²⁻ /г сут.
1	Грунт (1)	2,57
2	Грунт (2)	2,18
3	Продукты коррозии (1)	1,03
4	Продукты коррозии (2)	1,6
5	Внутренний слой изоляции (1)	0,72
6	Внутренний слой изоляции (2)	1,8

На рисунке 3 представлены структуры с зарождающимися коррозионными язвами, часть из которых расположена в подповерхностном микрослое металла без связи со средой. При этом на отобранных темплетах видно, что коррозия распространяется в стороны под очень тонким слоем металла, который вздулся пузырями и шелушится. Подобное подповерхностное поражение металла происходит за счет соединения перлитных колоний микротрещинами и их разрушения. Подобное формирование коррозионно-активного пути характерно именно для процессов биокоррозии, поскольку в среде накапливаются агенты наводораживания металла, активизирующие охрупчивание и ускоряющие разрушение перлитных колоний. Механизм состоит в следующем: в местах колонизации поверхности металла или в среде в целом (грунте, подпленочном электролите, на участках деградации праймера под изоляционным покрытием) появляются такие продукты жизнедеятельности, как сероводород, восстановленные соединения серы, уголекислота, органические

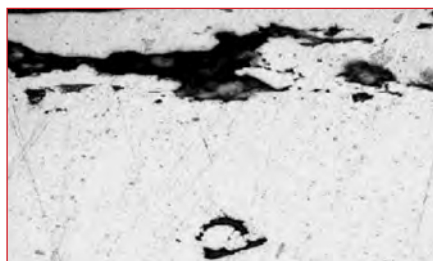
кислоты. Перечисленные вещества являются мощными факторами наводораживания металла и охрупчивания перлитных колоний. Таким образом, изменения микроструктуры металла можно считать типичным диагностическим признаком биокоррозии. Пробы для микробиологического анализа отбирали над коррозионными поражениями и из грунта в шурфах, преимущественно на участках темного цвета (окрашенных за счет сульфида железа – продукта жизнедеятельности СВБ). Характерной чертой для таких участков является наличие запаха сероводорода после кислотного гидролиза, что является еще одним характерным диагностическим признаком биокоррозии. Об активности СВБ в пробах судили по увеличению концентрации сероводорода и образованию сульфида железа. Численность СВБ варьировала от $7 \cdot 10^4$ до $8,2 \cdot 10^7$ клеток в 1 г пробы. Скорость выделения сероводорода вследствие активности СВБ была высокой во всех отобранных пробах: и в грунте, и на внутренней поверхности отслоившегося покрытия, и в продуктах коррозии (таблица).

ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ УСТАНОВЛЕНО СЛЕДУЮЩЕЕ:

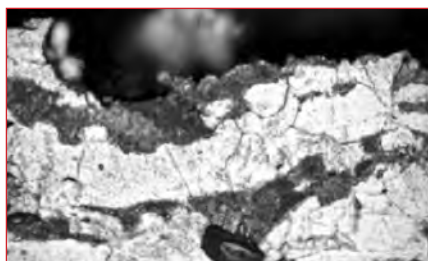
1. Во всех представленных пробах грунта, изоляционного покрытия и продуктов коррозии зафиксировано наличие СВБ в количестве до десятков миллионов клеток на 1 г пробы. Это свидетельствует о высокой микробиологической зараженности грунта СВБ и его высокой биокоррозионной активности.

2. Во всех пробах грунта, изоляционного покрытия и продуктов коррозии установлена высокая скорость образования сульфида за счет выделения биогенного сероводорода – более 2 г H₂S на 1 кг грунта в сутки (в пересчете на сульфид), что свидетельствует о высокой коррозионной агрессивности среды по отношению к металлу. Таким образом, существующая система комплексной (активной и пассивной) противокоррозионной защиты не гарантирует защищенности подземных трубопроводов от развития подпленочной коррозии, поскольку не предотвращает воздействие сероводорода и других агрессивных биогенных соединений на металл.

Поскольку участки нарушения защитных свойств покрытия (отслоения) без нарушения его целостности трудно диагностируются с применением существующей системы электрометрических обследований, эффективная диагностика процессов биокоррозии на подземных газопроводах возможна лишь на основе контроля реального состояния металла на всем протяжении объектов. Методами, обеспечивающими 100%-ный контроль металла, являются ВТД и комплексное диагностирование на основе бесконтактной магнитометрии. В частности, при обследовании газопроводов-отводов, перемычек и подводящих шлейфов ГКС хорошо себя зарекомендовал метод магнитной томографии (МТМ). С высоким уровнем выявляемости были не только зарегистрированы



а)



б)

Рис. 3. Подповерхностная коррозия на наружной поверхности металла:

а) нетравленный образец; б) образец после травления, x500

участки серьезных подпленочных коррозионных поражений, но и рассчитаны прогнозные параметры работоспособности для этих дефектных участков – безопасное давление и период безаварийной работы.

В результате комплексных исследований по совокупности повторяющихся диагностических признаков сделали заключение, что причиной подпленочной коррозии во всех случаях являлась биокоррозия с участием СВБ. Следует констатировать, что для всех объектов целостность изоляционного покрытия (отсутствие на нем

сквозных дефектов) не позволила выявить участки с неудовлетворительным состоянием металла с применением электрометрических обследований состояния противокоррозионной защиты.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ В ПОДОБНЫХ УСЛОВИЯХ СВОДЯТСЯ К СЛЕДУЮЩЕМУ:

1) необходима эффективная диагностика реального состояния металла (внутритрубное инспектирование) или дистанционное обследование металла на всем

протяжении объектов, не подлежащих ВТД (например, по технологии МТМ);

2) при проведении планового ремонта и переизоляции участков с коррозионными поражениями в условиях биокоррозии требуется применение праймеров и покрытий с биоцидными свойствами, эффективных в средах с высокой биокоррозионной активностью;

3) необходим выбор из числа существующих на рынке и введение в практику биостойких противокоррозионных материалов, эффективных в условиях высокой биокоррозионной агрессивности.

Литература:

1. Члупек О., Давидова Н., Мара Н., Юлак Я., Бернар М. Некоторые вопросы микробиологической коррозии трубопроводов // XVIII Международный газовый конгресс. Берлин, 8-12 июля 1991 г. Доклады комитетов С, G. М.: ВНИИОЗ Газпром, 1991. С. 186-194.
2. Камаева С.С. Локальные коррозионные явления, сопряженные с воздействием микроорганизмов: Обз. информ. М.: ИРЦ «Газпром», 1999. 39 с. (Защита от коррозии оборудования в газовой промышленности.)
3. РД 102-008-2002 «Инструкция по диагностике технического состояния трубопроводов бесконтактным магнитометрическим методом». Утв. письмом Госгортехнадзора РФ № 10-03/1181 от 10.12. 2002 г. М: Изд. ООО «ВНИИСТ», 2003. 52 с.
4. Сидоров С.А. Результаты диагностики технического состояния газопроводов в ООО «Газпром трансгаз Москва» методом магнитной томографии // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2015. № 1. С. 12-16.

Организатор



www.ronktd.ru

ВЫСТАВКА СРЕДСТВ И ТЕХНОЛОГИЙ НК

ОТРАСЛЕВЫЕ КРУГЛЫЕ СТОЛЫ

«НК В ПРОМЫШЛЕННОСТИ»



2 – 4 МАРТА 2016, МОСКВА

ЕЖЕГОДНЫЙ ВСЕРОССИЙСКИЙ ФОРУМ ПО НЕРАЗРУШАЮЩЕМУ КОНТРОЛЮ

Место проведения	Москва, «Экспоцентр» на Красной Пресне, Павильон №3
Деловая программа	Серия научно-практических семинаров по актуальным вопросам применения НК в промышленности
Участники	Более 130 компаний, в числе которых разработчики и поставщики оборудования, сервисные компании, учебные и сертификационные центры, специализированные издания и национальные общества НК
Посетители	Более 3000 экспертов и специалистов авиационной, атомной, химической и нефтехимической, нефтяной, газовой, металлургической и многих других отраслей
On-line бронирование выставочной площади	www.expo.ronktd.ru

на правах рекламы

2 – 4 МАРТА 2016, «ЭКСПОЦЕНТР» НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

www.expo.ronktd.ru

info@ronktd.ru