

**И.Ф. Хафизов¹, С.Ф. Урманчиев², Ф.Ш. Хафизов¹, О.Д. Халикова¹,
Р.М. Султанов¹, А.А. Шарафутдинов¹, И.В. Озден¹**

¹Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа,

²Институт механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН;

e-mail: himeolesya@yandex.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Изложены результаты исследований по повышению противокоррозионной стойкости металла трубопроводов и обеспечению их безопасности применением метода ингибирования. Определён механизм защиты, на примере ингибитора коррозии ВИКОР, методом атомно-силовой микроскопии.

Ключевые слова: промышленная безопасность, ингибитор коррозии, адсорбция, толщина плёнки.

**I.F. Hafizov, S.F. Urmancheev, F.Sh. Hafizov, O.D. Khalikova,
R.M. Sultanov, A.A. Sharafutdinov, I.V. Ozden**

USE OF CORROSION INHIBITOR FOR INCREASE OF SAFETY OF THE FIELD PIPELINES

The results of study on increase corrosion resistance metal pipeline and ensure their safety by the method of inhibition are given. The mechanism of protection, for example, corrosion inhibitor VIKOR, by atomic force microscopy was determined.

Key words: industrial safety, corrosion inhibitor, adsorption, film thickness.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 28 февраля 2017 г.

В России "рекордсменом" по утечкам нефти в 2014 г. стала государственная компания "Роснефть", которая заявила о 5797 случаях прорыва промысловых трубопроводов; на втором месте – "Лукойл" – 3114 случаев, на третьем – "Башнефть" – 1132 аварии.

Статистика за 2015 г. чуть лучше (за 11 месяцев года): у "Роснефти" 5030 прорывов, у "Лукойла" – 3118, у "Башнефти" – 790. Конечно, количество аварий зависит от объёма добычи. Если посмотреть на количество прорывов трубопровода на 1 млн тонн добытой нефти, то за 11 месяцев 2015 г. "лидером" является "Башнефть" (44,4 аварии), на втором месте – "Лукойл" (39,5) и на третьем – "Роснефть" (27,5). На рис. 1 представлена диаграмма по авариям в крупных нефтедобывающих компаниях за 2014 и 2015 гг.

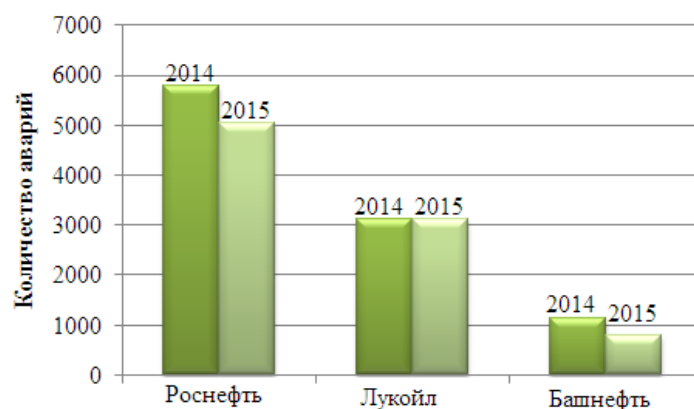


Рис. 1. Статистика аварий на промышленных трубопроводах

В России основной причиной разливов нефти является изношенность промышленных нефтепроводов. Согласно официальной статистике, более 90 % всех порывов нефтепроводов в России происходит из-за коррозии труб, вызванной изношенностью оборудования, и неправильной эксплуатации трубопровода. Многим ниткам более 30 лет, тогда как безаварийный период их эксплуатации составляет около 15 лет [1-3].

Основным коррозионно-опасным участком в промышленном трубопроводе является отвод, о чём свидетельствуют рис. 2 (участок промышленного трубопровода – отвод), где наглядно можно наблюдать утончение стенки трубопровода в области отвода в среднем в два раза.



Рис. 2. Верхняя и нижняя толщины стенки промышленного трубопровода в области отвода

На основе изучения большого количества методов борьбы с коррозией установлено, что одним из наиболее эффективных и технологически несложных способов уменьшения потерь металла от коррозии является ингибиторная защита, позволяющая повысить надежность и долговечность оборудования без существенного вмешательства в тот или иной производственный процесс.

Авторами проведены исследования механизма действия ингибитора коррозии, на примере существующего ВИКОРа [4, 5]. Для этого был применен метод атомно-силовой микроскопии.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) – это вид зондовой микроскопии, в основе которого лежит силовое взаимодействие атомов. На расстоянии около одного ангстрема между атомами образца и атомом зонда (кантилевера) возникают силы отталкивания, а на больших расстояниях – силы притяжения. Идея устройства очень проста – кантилевер, перемещаясь относительно поверхности и реагируя на силовое взаимодействие, регистрирует её рельеф.

В сканирующих зондовых микроскопах исследование микрорельефа поверхности и её локальных свойств проводится с помощью специальным образом подготовленных зондов в виде игл. Рабочая часть таких зондов (острие) имеет размеры порядка десяти нанометров. Характерное расстояние между зондом и поверхностью образцов в зондовых микроскопах по порядку величин составляет 0,1-10 нм [6].

В связи с тем, что от толщины пленки ингибитора коррозии зависит процесс замедления коррозии, стало необходимым измерить толщину адсорбированного на поверхности металла слоя.

Сканирование на АСМ проводилось в водно-солевой системе. Использовались два режима сканирования (рис. 3), которые определялись силой вдавливания зонда АСМ:

а) сканирование образца поверх слоя ингибитора (малая сила вдавливания зонда)

б) сканирование образца по поверхности металла (большая сила вдавливания зонда).

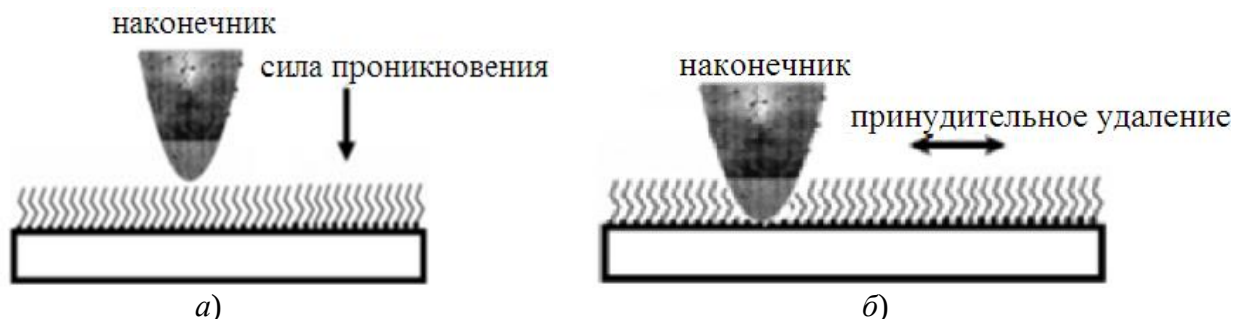


Рис. 3. Режимы сканирования АСМ

В качестве исследуемой поверхности была использована стальная подложка (марка стали Ст3), прошедшая предварительную подготовку. Последовательность подготовки стального образца:

- образец последовательно отполировали наждачной бумагой зернистостью P800, P1200, P2000, P2500 и алмазной пастой 5/3 и 3/2 до шероховатости менее 1 мкм;
- промыли изопропиловым спиртом и поместили в ультразвуковую ванну (при частоте 50/60 Гц и температуре 40 °C) для качественной очистки отполированной поверхности и выдержали 15 мин.;
- высушили образец в сушильной печи при температуре 60 °C в течение 1 часа.

На рис. 4 показан стальной образец после предварительной подготовки.

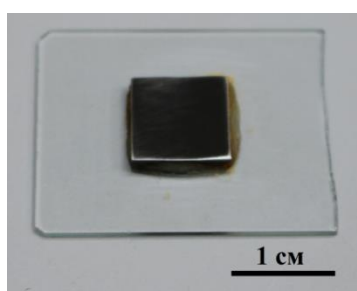


Рис. 4. Образец после последовательной подготовки

Затем подготовленный образец был помещен в испытываемую среду с содержанием 1 %-го раствора ингибитора коррозии ВИКОР с дозировкой 26 мл/л и выдержан сутки. После этого производилось сканирование на атомно-силовом микроскопе.

На рис. 5 часть поверхности образца (темная квадратная область) очищалась от слоя ингибитора с использованием сканирующего зонда; далее производилось сканирование поверхности большего размера и по профилю поверхности (рис. 6) определялась толщина адсорбированного слоя ингибитора коррозии ВИКОР [7, 8].

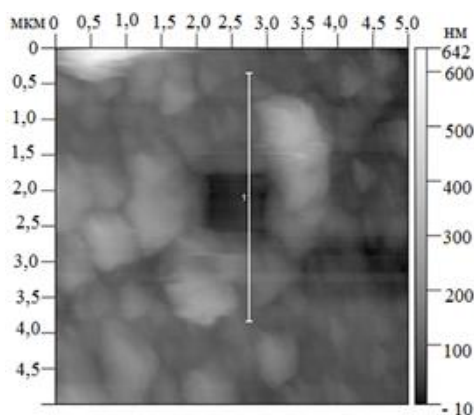


Рис. 5. Топография поверхности

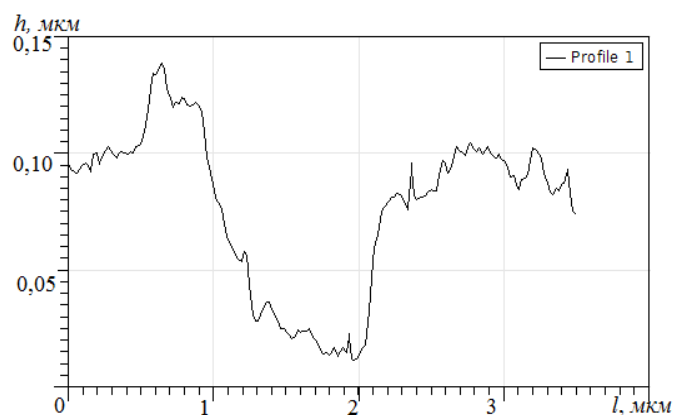


Рис. 6. Профиль поверхности

Метод атомно-силовой микроскопии позволил сделать вывод о том, что данный ингибитор коррозии образует на поверхности металла защитную пленку, толщина которой составила 100 нм. Таким образом, исследуемый ингибитор коррозии ВИКОР является пленкообразующим.

Также в ходе исследования было изучено влияние ультразвука на ингибитор коррозии ВИКОР. Для этого приготовленный 1- %-й раствор ингибитора поместили в ультразвуковую ванну на 15 мин., после чего повторили эксперимент на атомно-силовом микроскопе.

В результате эксперимента установлено, что ингибитор коррозии ВИКОР после воздействия на него ультразвука не образует пленку, что говорит об ухудшении его адсорбционных свойств.

Литература

1. <http://stringer-news.com/publication.mhtml?Part=48&PubID=39916>.
2. Хафизов И. Ф., Халикова О. Д., Халиков В. Д. Причины и последствия аварий трубопроводного транспорта нефти // Сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. "Современные технологии в нефтегазовом деле – 2016". Уфа, 2016. С. 292-295.
3. Хафизов И. Ф., Халикова О. Д., Халиков В. Д. Причины возникновения и виды коррозии в нефтегазовом оборудовании // Сб. науч. статей по матер. междунар. науч.-практ. конф. "Стратегические направления и инструменты повышения эффективности сотрудничества стран-участников ШОС: экономика, экология, демография". В 2-х частях. Уфа, 2013. С. 26-28.
4. Исследование влияния кавитационно-вихревых воздействий на степень защиты ингибиторов коррозии / И. Ф. Хафизов, О. Д. Халикова, А. С. Килинбаева, Р. Р. Каримов // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. Тюмень, 2015. № 4. С. 102-105.
5. Оценка ингибирующей способности ингибитора на основе имидазолина / Ф. Ш. Хафизов, И. Ф. Хафизов, О. Д. Халикова, А. С. Килинбаева // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. Тюмень, 2015. № 1. С. 74-78.
6. Нагорнов Ю. С., Ясников И. С., Тюрков М. Н. Способы исследования поверхности методами атомно-силовой и электронной микроскопии : учеб. пособие. Тольятти: ТГУ, 2012. 58 с.
7. Атомно-силовая микроскопия как метод изучения пленки ингибитора коррозии / И. Ф. Хафизов, О. Д. Халикова, Ю. С. Замула, Э. С. Батыршин // В кн.: Актуальные проблемы микро- и наноэлектроники. Сб. тез. докл. IV всерос. науч. молодежной конф. с междунар. уч. Уфа, 2016. С. 184.
8. Atomic force microscopy study of the adsorption of surfactant corrosion inhibitor films / Yao Xiong, Bruce Brown et. al. // Corrosion. USA. 2014. № 3. С. 247-260.

References

1. <http://stringer-news.com/publication.mhtml?Part=48&PubID=39916>.
2. Hafizov I. F., Halikova O. D., Halikov V. D. Prichiny i posledstviya avarij truboprovodnogo transporta nefti (Causes and consequences of accidents in pipeline transportation of oil) // Sb. tr. mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Sovremennye tehnologii v neftegazovom dele – 2016". Ufa, 2016. Pp. 292-295.
3. Hafizov I. F., Halikova O. D., Halikov V. D. Prichiny vznikenoveniya i vidy korrozii v neftega-zovom oborudovanii (Causes and types of corrosion in oil and gas equipment) // Sb. nauch. statej po mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Strategicheskie napravleniya i instrumenty povysheniya jeffektivnosti sotrudnichestva stran-uchastnikov ShOS: jekonomika, jekologija, de-mografija". V 2-h chastjah. Ufa, 2013. Pp. 26-28.
4. Issledovanie vlijaniya kavitacionno-vihrevyh vozdeystvij na stepen' zashhity ingibitorov korrozii (Study of the effect of cavitation vortex effects on the degree of protection corrosion inhibitors) / I. F. Hafizov, O. D. Halikova, A. S. Kilinbaeva, R. R. Karimov // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft' i gaz. Tjumen', 2015. No 4. Pp. 102-105.
5. Ocenka ingibirujushhej sposobnosti ingibitora na osnove imidazolina (Evaluation of the inhibitory capacity of the inhibitor on the basis of imidazoline) / F. Sh. Hafizov, I. F. Hafizov, O. D. Halikova, A. S. Kilinbaeva // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Neft' i gaz. Tjumen', 2015. No 1. Pp. 74-78.
6. Nagornov Ju. S., Jasnikov I. S., Tjurkov M. N. Spособы issledovanija poverhnosti metodami atomno-silovoj i jelektronnoj mikroskopii (Methods of investigation surface by atomic force and electron microscopy) : ucheb. posobie. Tol'jatti: TGU, 2012. 58 p.
7. Atomno-silovaja mikroskopija kak metod izuchenija plenki ingibitora korrozii (Atomic force microscopy as a method for studying film corrosion inhibitor) / I. F. Hafizov, O. D. Halikova, Ju. S. Zamula, Je. S. Bатыrшин // V kn.: Aktual'nye problemy mikro- i nanojelektroniki. Sb. tez. dokl. IV vseros. nauch. molodezhnoj konf. s mezhdunar. uch. Ufa, 2016. Pp. 184.
8. Atomic force microscopy study of the adsorption of surfactant corrosion inhibitor films / Yao Xiong, Bruce Brown et. al. // Corrosion. USA. 2014. No 3. Pp. 247-260.