

Подбор оптимальной композиции ингибитора коррозии на основе имидазолина с кетоном или кетоксимом в кислотной среде

Карачевский Д.Ю.^{1,2}, Мустафин А.Г.², Валекжанин И.В.¹

¹ООО «РН-БашНИПинефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Уфа, Россия; ²Уфимский Институт химии Российской академии наук, Уфа, Россия
dy_karachevskii@bnipi.rosneft.ru

Аннотация

В работе представлены результаты исследований по подбору оптимальной композиции ингибитора коррозии на основе имидазолина с кетоном или кетоксимом для кислотной среды. Проведены исследования по влиянию температуры на качество ингибирования. Изучены характеристики ингибирования при различном времени экспозиции (до 720 часов). Установлено влияние режима течения жидкости на качество ингибирования кетонами или кетоксимами. Показано, что для любого из случаев смена режима с ламинарного до турбулентного снижает степень защиты от 1,5 до 2,2 раза.

Материалы и методы

ГОСТ 9.506-87, октанон-3, октанон-3-оксим, соляная кислота, металлическая пластинка марки Сталь 3.

Ключевые слова

кетон, кетоксим, ингибитор, коррозия, соляная кислота

Для цитирования

Карачевский Д.Ю., Мустафин А.Г., Валекжанин И.В. Подбор оптимальной композиции ингибитора коррозии на основе имидазолина с кетоном или кетоксимом в кислотной среде // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 3. С. 50–55. DOI: 10.24412/2076-6785-2024-3-50-55

Поступила в редакцию: 26.04.2024

CHEMISTRY

UDC 544.723, 544.7 | Original Paper

Selection of the optimal composition of an imidazoline-based corrosion inhibitor with ketone or ketoxime in an acidic environment

Karachevsky D.Yu.^{1,2}, Mustafin A.G.², Valekzhanin I.V.¹

¹“RN-BashNIPineft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Ufa, Russia; ²Ufa Institute of chemistry, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
DY_Karachevskii@bnipi.rosneft.ru

Abstract

The paper presents the results of research on the selection of the optimal composition of an imidazoline-based corrosion inhibitor with ketone or ketoxime for an acidic environment. Studies have been conducted on the effect of temperature on the quality of inhibition. The characteristics of inhibition at different exposure times (up to 720 hours) have been studied. The effect of the fluid flow regime on the quality of inhibition by ketones or ketoximes has been established. It is shown that for any of the cases, changing the mode from laminar to turbulent reduces the degree of protection from 1,5 to 2,2 times.

Materials and methods

GOST 9.506-87, octanone-3, octanone-3-oxime, hydrochloric acid, Steel 3 metal plate.

Keywords

ketone, ketoxime, inhibitor, corrosion, hydrochloric acid

For citation

Karachevsky D.Yu., Mustafin A.G., Valekzhanin I.V. Selection of the optimal composition of an imidazoline-based corrosion inhibitor with ketone or ketoxime in an acidic environment. Exposition Oil Gas, 2024, issue 3, P. 50–55. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2024-3-50-55

Received: 26.04.2024

Введение

Интенсификация добычи нефти является актуальной задачей для нефтяной отрасли. Один из наиболее часто применяемых методов воздействия на призабойную зону пласта с целью восстановления и улучшения фильтрационных характеристик коллектора — кислотная обработка скважин [1–3]. При этом возникает проблема повышенного коррозионного износа скважинного оборудования,

для этого необходимо использовать добавки: поверхностно-активные вещества, ингибиторы коррозии и т.д. Наиболее эффективным методом является использование ингибиторов коррозии различного состава [3–6].

В современных условиях развитие технологий приготвления или синтеза новых активных основ для ингибирующих композиций сопряжено с рядом трудностей. При этом постоянный рост требований к качеству,

а также рост количества отказов по причине коррозионного разрушения приводят к необходимости использовать существующую материально-техническую базу [7–10].

Для решения данной проблемы предложено использование новых активных основ, к которым относятся кетоны и их производные — кетоксими. Применение данных соединений имеет важное значение, так как в последние годы наблюдается рост

производства и потребления кетонов, в связи с этим на предприятиях достаточно часто образуются излишки продуктов, которым не всегда могут найти применение. В то же время кетоксимы также имеют широкое распространение в различных областях мало- и крупнотоннажной химии, что говорит о потенциале для использования в качестве новых активных основ ингибирующих композиций.

В дополнение к этому важно отметить, что отличительной чертой органических ингибиторов коррозии (ИК) является наличие в структуре атомов кислорода, азота и серы [2]. Принято считать, что органические соединения оказывают ингибирующее действие за счет адсорбции на поверхности через атомы N, S и O, а также атомы с тройной или сопряженной двойной связью или ароматическим кольцом в их молекулярной структуре. Важным достоинством кетоксимов является наличие в структуре функциональной группы C=N-OH с электроотрицательными атомами N, O и двойной связью одновременно, которые имеют хорошую растворимость в воде, нетоксичны и биоразлагаемы [8]. Эти факторы важны в контексте текущего приоритета производства экологически чистых ингибиторов. Необходимо отметить, что информация о способности оксимных соединений к ингибированию в сильно коррозионно-агрессивных средах не изучена.

Материалы и методы

В качестве образца предложен имидазолиновый ингибитор коррозии, состав которого представлен в таблице 1. Имидазолиновый ингибитор коррозии был выбран, исходя из масштабы применения данного типа ингибитора в промышленности.

Для изучения были выбраны два соединения (рис. 1): а — октанон-3 и б — октанон-3-оксим. Выбор данных соединений основан на широте применения в полимерной промышленности, в качестве сырья для производства чернил, полимеров, а также в качестве антиоксидантов для процесса полимеризации. Также важным фактором является, что данный тип соединений ранее не рассматривался в качестве ингибирующих добавок или ингибиторов коррозии.

Для изучения ингибирующих свойств кетонов и кетоксимов использовался промышленный кислотный состав, представляющий собой товарную марку соляной кислоты марки А с содержанием HCl 27 %. Исследования проводились на стали Ст3 с составом, масс. %: Fe — 98,36; C — 0,2; Mn — 0,5; Si — 0,15; P — 0,04; S — 0,05; Cr — 0,3; Ni — 0,2; Cu — 0,2.

Определение скорости коррозии осуществлялось при помощи гравиметрического и электрохимического метода (метода линейной поляризации), согласно ГОСТ 9.506-87.

Изучение ингибирующих свойств кетонов и кетоксимов

Каждая из исследованных композиций была приготовлена на основе состава базового ИК (табл. 1). Предварительно был определен состав и массовые доли компонентов композиции; для того, чтобы установить влияние технологии приготовления композиции, дополнительно проводились испытания на сходимость результатов промышленно и лабораторно изготовленного образца. По их итогам было определено, что результаты приготовленной в лаборатории и промышленной композиции сходимы, разница в результатах составляет менее 5 %. Базовая дозировка, используемая в дальнейших испытаниях, составляет 100 мг/л.

Влияние температуры на ингибирующие свойства кетоксимов

Важным технологическим параметром является температура, так как на территории РФ существуют объекты добычи нефти, которые эксплуатируются в широком интервале температур. Также температура является важным кинетическим фактором, влияющим на скорость коррозии металла и на адсорбцию ингибитора на поверхности образца. Чтобы изучить влияние температуры на ингибирующие свойства кетоксимов, эксперименты проводились в интервале температур 0–80 °C с шагом 20 °C.

На рисунке 2 показано влияние температуры на степень защиты металлической поверхности, концентрация композиции — 100 мг/л, время экспозиции — 24 ч.

На рисунке 2а можно заметить, что характер ингибирования металла кетоном при

Табл. 1. Состав базового ИК
Tab. 1. Composition of the basic IR

Состав	Массовая доля, % масс.
N-((2-Олеил-2-имидазолин-1-ил)этил) полиэтиленполиамин	15
Вода	35
Соляная кислота	5
Уротропин	45

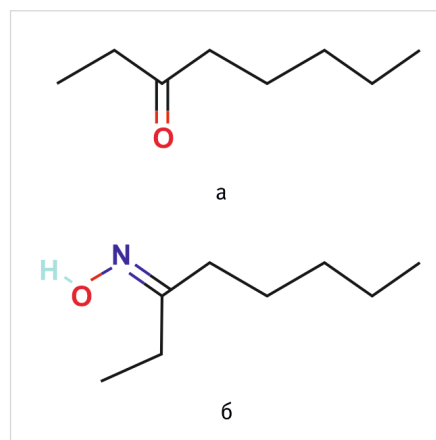


Рис. 1. Соединения для исследования: а — октанон-3, б — октанон-3-оксим
Fig. 1. Compounds for research: a — octanone-3, b — octanone-3-oxim

изменении температуры схож с характером графика базового ингибитора. Показано, что увеличение температуры негативно влияет на процесс ингибирования. Предположительно, это связано с преобладающим процессом десорбции ингибитора с поверхности металла над адсорбцией на ней.

По полученным результатам для ингибирующей композиции, содержащей кетоксим (рис. 2б), можно заметить, что характер ингибирования значительно отличается

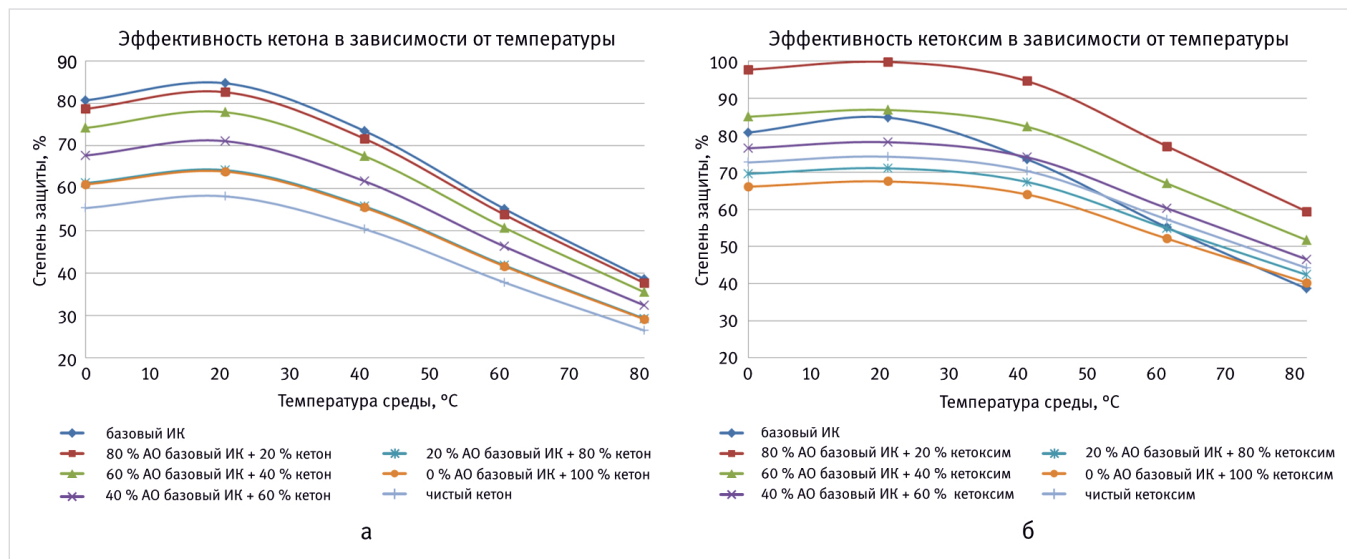


Рис. 2. Влияние температуры на ингибирующие свойства композиции ингибитора коррозии и кетона/кетоксима (дозировка — 100 мг/л, время экспозиции — 24 ч): а — с добавлением кетона, б — с добавлением кетоксима

Fig. 2. The effect of temperature on the inhibitory properties of the composition of the corrosion inhibitor and ketone/ketoxime (dosage — 100 mg/l, exposure time — 24 hours): а — with the addition of ketone, б — with the addition of ketoxime

от графика базового ИК и данный эффект характерен для всех дозировок кетоксимов. В результате сформировали три возможных механизма взаимодействия.

1. Наличие в структуре дополнительного атома азота приводит к уменьшению влияния температуры на процесс десорбции композиции с поверхности.
2. Дополнительный фактор, улучшающий процесс ингибирования, — это хорошая реакционная способность кетоксимов. Кислая среда выступает в качестве катализатора для проведения бекмановской перегруппировки.
3. Также возможен процесс гидролиза кетоксимов до соответствующих кетонов, в моменте прорыва адсорбированной пленки на данные участки могут адсорбироваться находящиеся в среде кетоны и тем самым улучшать процесс ингибирования. Данное предположение относится также и к тиамидам, ингибирующие свойства которых изучены во многих работах [11–12].

Влияние времени экспозиции на степень защиты

В нефтегазовой отрасли распространены несколько вариантов дозирования ингибиторов коррозии:

- периодическое дозирование, период между обработками может составлять от нескольких дней до нескольких недель;
- постоянное дозирование реагента.

Каждый из представленных методов обладает своими достоинствами и недостатками. Наиболее распространенным является метод периодического дозирования, так как требует меньших затрат и сокращает количество используемого реагента [13]. Важным пунктом для изучения является оценка влияния времени экспозиции на эффективность ингибирования. На рисунке 3 показано влияние времени экспозиции на степень защиты металлической поверхности, концентрация — 100 мг/л, температура среды — 20 °С.

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что процесс ингибирования кетонами соответствует механизму ингибирования базового ИК. Любое замещение

приводит скорее к снижению эффективности ингибирования, но при этом до 20 % замещения степень защиты близка к показателям базового ИК. Максимальный эффект ингибирования достигается при 24 часах экспозиции.

Аналогичный эффект получается при добавлении кетоксимов. При этом дальнейшее увеличение времени экспозиции незначительно снижает степень защиты, что говорит о возможных конкурирующих процессах адсорбции и десорбции. Данный эффект зависит скорее от увеличения количества атомов азота в композиции, что усиливает связь с поверхностью металла. Для более детального изучения эффекта требуется изучение термодинамических параметров взаимодействия.

С практической точки зрения применение кетоксимов позволит значительно сократить количество закупаемого ингибитора коррозии, так как увеличится межоперационный период между обработками [13–16].

Влияние режима течения жидкости на степень защиты

Важным с технологической точки зрения параметром является изучение режима течения жидкости. С постоянным увеличением количества перекачиваемой жидкости меняется режим течения, количество осложнений в процессе транспортировки.

С учетом вышесказанного для исследований выбраны три режима движения по Рейнольдсу:

- ламинарный;
- переходный;
- турбулентный.

Результаты приведены на рисунках 4 и 5.

Как можно заметить, изменение режима течения жидкости приводит к тому, что степень защиты значительно снижается. При этом при переходе из ламинарного в турбулентный режим эффективность снижается более чем в 2 раза. Разница между ламинарным и переходным режимами течения также значительна и показывает снижение эффективности примерно в 1,5–1,7 раза. Данное явление возможно из-за срыва адсорбированной пленки.

Показано, что для кетоксимов влияние динамических условий на скорость коррозии не столь значительно, как для кетонов. Данное явление можно объяснить более плотной адсорбированной пленкой, которая имеет меньшую склонность к отрыву. При этом характер снижения эффективности в зависимости от изменения режима течения жидкости менее критичный. При изменении режима течения с ламинарного до переходного степень защиты снижается в 1,1–1,3 раза, с ламинарного до турбулентного степень защиты снижается в диапазоне от 1,5 до 1,6 раза.

Итоги

Были исследованы кетоны и кетоксимы как соединения, обладающие ингибирующими свойствами. Установлено, что кетоксимы могут использоваться в качестве индивидуального ингибирующего соединения, в отличие от кетонов, ингибирующие свойства которых значительно хуже, чем у аналогичных кетоксимов.

Выводы

В результате проведенной работы были установлены следующие закономерности.

- Исследованные кетоксимы и кетоны имеют перспективу в качестве ингибиторов коррозии или добавок к ингибиторам коррозии в кислых средах.
- В ходе работы установлено, что кетоксимы могут модифицировать процесс ингибирования, что связано с увеличением количества атомов азота в ингибирующей композиции. Кетоны при этом данной способностью не обладают, а работают по механизму, схожему с работой базового ингибитора коррозии.
- Изучено влияние температуры на ингибирующие свойства композиций. Для диапазона температур от 0 до 80 °С степень защиты для всех исследуемых кетоксимов является удовлетворительной. Последующее увеличение температуры незначительно увеличивает скорость коррозии. Данный факт объясняется хорошими показателями адсорбции соединений. В отличие от кетоксимов, для кетонов

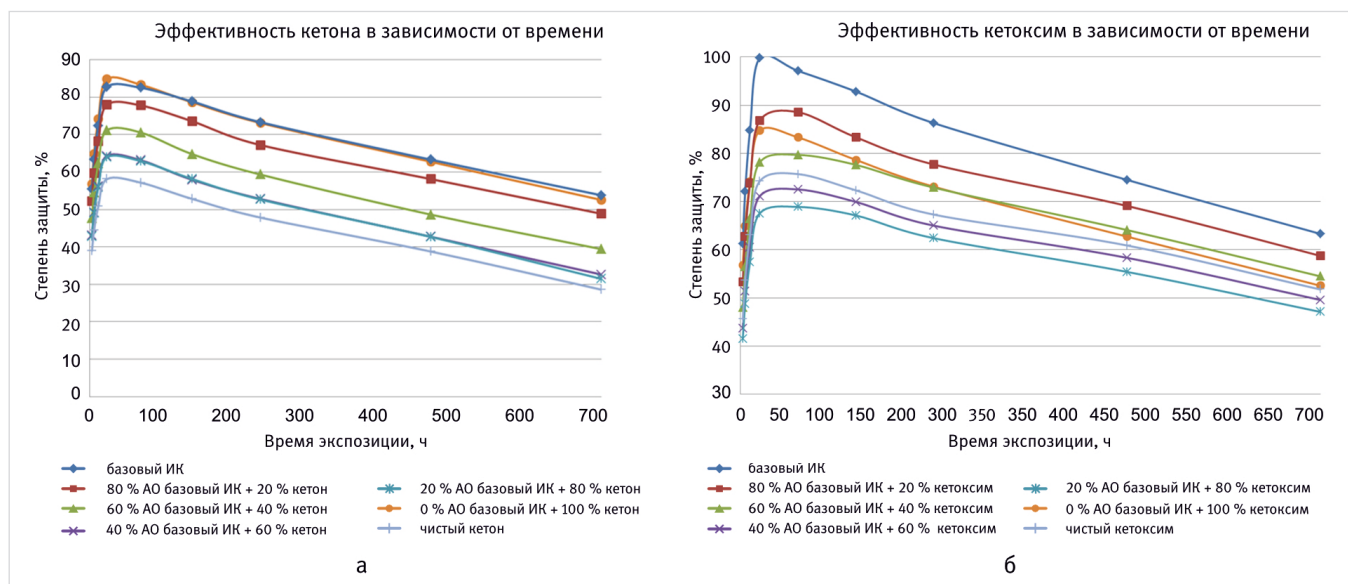


Рис. 3. Влияние времени экспозиции на ингибирующие свойства композиции, содержащей кетоны и кетоксимы (дозировка — 100 мг/л, температура среды — 20 °С): а — с добавлением кетона, б — с добавлением кетоксима

Fig. 3. Effect of exposure time on the inhibitory properties of a composition containing ketones and ketoximes (dosage — 100 mg/l, medium temperature — 20 °C): а — with ketone addition, б — with ketoxime addition

увеличение температуры среды значительно влияет на качество ингибирования, при этом характер ингибирования похож на механизм базового ИК.

- В процессе увеличения времени экспозиции значительно ухудшаются

ингибирующие свойства кетонов, так как они образуют недостаточно прочную пленку на поверхности металла и обладают более слабой адгезией к поверхности. Данные факторы не позволяют защищать поверхность на более длительный срок,

в отличие от кетоксимов, которые имеют более понятный и прогнозируемый график падения эффективности во всем промежутке экспозиции, и, соответственно, обладают лучшими ингибирующими свойствами. Добавка кетона и кетоксима

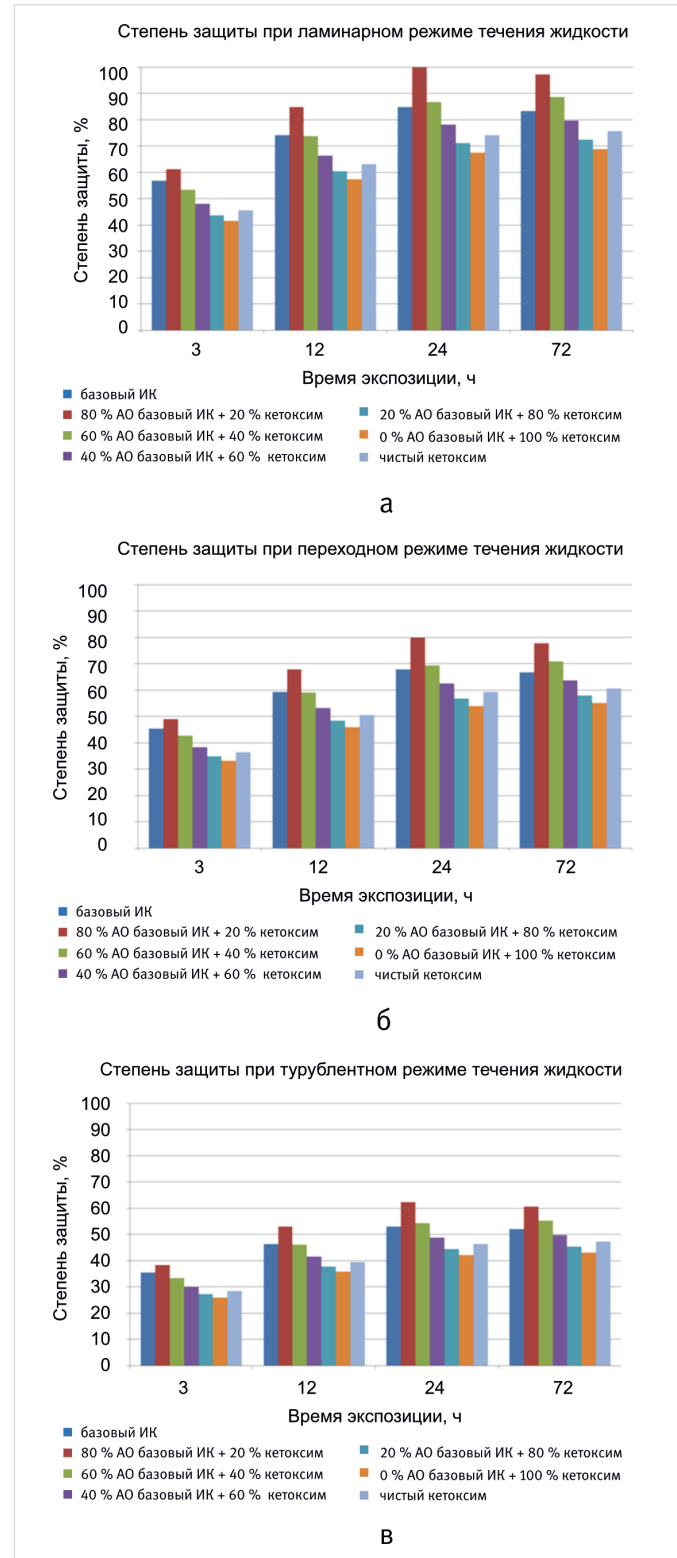
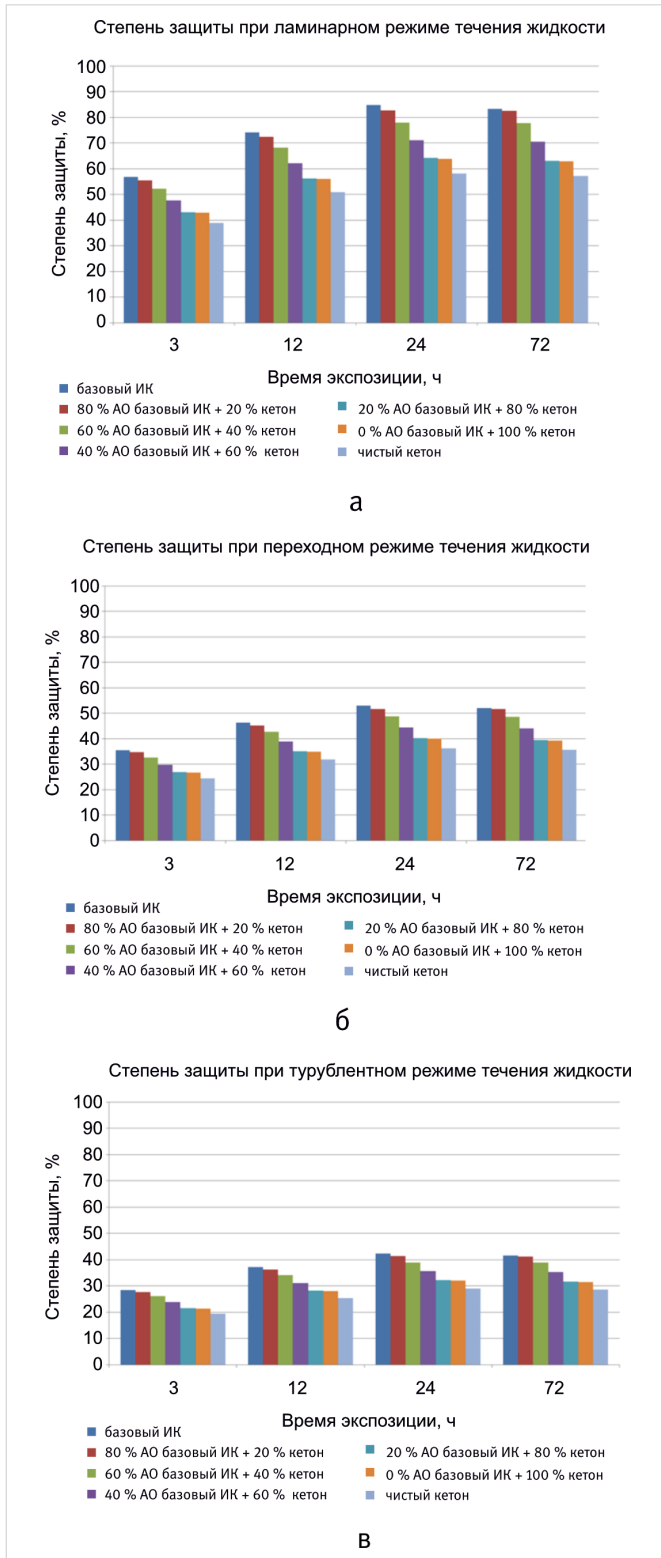


Рис. 4. Влияние режима течения жидкости на ингибирующие свойства композиции, содержащей кетоны (дозировка – 100 мг/л, температура среды – 20 °С, время экспозиции – 24 часа): а – при ламинарном режиме, б – при переходном режиме, в – при турбулентном режиме

Fig. 4. Effect of the liquid flow regime on the inhibitory properties of a composition containing ketones (dosage – 100 mg/l, medium temperature – 20 °C, exposure time – 24 hours): а – in laminar mode, б – in transient mode, в – in turbulent mode

Рис. 5. Влияние режима течения жидкости на ингибирующие свойства композиции, содержащей кетоксими (дозировка – 100 мг/л, температура среды – 20 °С, время экспозиции – 24 часа): а – при ламинарном режиме, б – при переходном режиме, в – при турбулентном режиме

Fig. 5. Effect of the liquid flow regime on the inhibitory properties of a composition containing ketoximes (dosage – 100 mg/l, medium temperature – 20 °C, exposure time – 24 hours): а – in laminar mode, б – in transient mode, в – in turbulent mode

к имидазолиновому ИК не приводит к сильным отличиям временной зависимости эффективности ингибирования. Эффективность ингибирования увеличивается первые 20 часов, проходит через максимум и затем снижается.

- Изучено влияние режима движения жидкости на эффективность ингибиторной защиты. Для кетонов изменение режима течения влияет более значительно, степень защиты снижается в 2–2,2 раза при сравнении турбулентного и ламинарного режимов. В отличие от кетонов для кетоксимов степень защиты снижается в промежутке от 1,5–1,6 раза для турбулентного и ламинарного режимов.

Литература

1. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. Ленинград: Химия, 1966. 156 с.
2. Глушенко В.Н., Силин М.А. Нефтепромысловая химия. Кислотная обработка скважин. М.: Интерконтакт Наука, 2010. Т. 4. 703 с.
3. Авдеев Я.Г., Киреева О.А., Кашковский Р.В. Ингибиторная защита сталей в растворах кислот // Коррозия: материалы, защита. 2017. № 2. С. 24–32.
4. Ибрагимов Л.Х., Мищенко И.Т., Челоянц Д.К. Интенсификация добычи нефти. М.: Наука, 2000. 413 с.
5. Ахмерова Э.Э., Шафикова Е.А., Апкаримова Г.И. и др. Подбор эффективного кислотного состава для обработки карбонатного коллектора. Башкирский химический журнал. 2018. Т. 25. № 3. С. 86–92.

6. Ryl J., Wysocka J., Cieřlik M., Gerengi H., Ossowski T., Krakowiak S., Niedziałkowski P. Understanding the origin of high corrosion inhibition efficiency of bee products towards aluminum alloys in alkaline environments. *Electrochimica acta*, 2019, Vol. 304, P. 263–274. (In Eng).
7. Avdeev Ya.G., Kuznetsov Yu.I. Inhibitory protection of steels from high-temperature corrosion in acid solutions. A review. Part 1. *International journal of corrosion and scale inhibition*, 2020, Vol. 9, issue 2, P. 394–426. (In Eng).
8. Велиев М.Г., Шатинова М.И., Гейдарова Г.Д., Алиева Ф.М. Аминосодержащие ацетилены — ингибиторы кислотной коррозии стали // Коррозия: материалы, защита. 2016. № 5. С. 22–26.
9. Яркеева Н.Р., Насыров Э.А., Газизова Э.Р. К вопросу о микробиологической коррозии на месторождениях Западной Сибири // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2019. № 3. С. 89–94.
10. Авдеев Я.Г., Тюрина М.В., Кузнецов Ю.И. Об ингибировании коррозии низкоуглеродистой стали в фосфорнокислых средах производным триазола // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18. № 5. С. 2258–2261.
11. Авдеев Я.Г., Белинский П.А., Кузнецов Ю.И. Применение хлоридов трибензилэтаноламмония и бензилтриэтаноламмония для защиты стали от коррозии в растворе серной кислоты // Коррозия: материалы, защита.

2006. № 4. С. 35–40.

12. Решетников С.М. Ингибиторы кислотной коррозии металлов. Ленинград: Химия, 1986. 144 с.
13. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. 306 с.
14. Ткачева В.Э., Маркин А.Н. Локальная СО₂-коррозия нефтепромыслового оборудования. Уфа: РН-БашНИПнефть, 2022. 296 с.
15. Карачевский Д.Ю. Синтез новых ингибиторов коррозии металлов на основе ароматических аминов и пиперилена // Практические аспекты нефтепромысловой химии. 2022. С. 152–155.
16. Ткачева В.Э., Маркин А.Н., Пресняков А.Ю., Волошин А.И., Дресвянников А.Ф. Локальная углекислотная коррозия углеродистых и низколегированных сталей в нефтепромысловых системах // Вестник Технологического университета. 2020. Т. 23. № 12. С. 65–75.
17. Шарафутдинов В.М., Даминов Р.Р., Минабаев А.С., Ким А.Ю., Карачевский Д.Ю. Современные технологии: достижения и инновации-2021 // Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции. 2021. С. 114–115.
18. Карачевский Д.Ю., Мустафин А.Г., Валежанин И.В. Изучение ингибирующих свойств кетоксимов в сероводородсодержащих средах // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2024. № 2. С. 86–98.

ENGLISH

Results

As a result, ketones and ketoximes were studied as compounds with inhibitory properties. It has been established that ketoximes can be used as an individual inhibitory compound, unlike ketones, whose inhibitory properties are significantly worse than those of similar ketoximes.

Conclusions

As a result of the work carried out, the following patterns were established:

- The studied ketoximes and ketones have prospects as corrosion inhibitors or additives to corrosion inhibitors in acidic environments.
- In the course of the work, it was found that ketoximes can modify the inhibition process, which is associated with an increase in the number of nitrogen atoms in the inhibitory composition. Ketones do not have this ability, but work by a mechanism similar to that of a basic corrosion inhibitor.
- The effect of temperature on the inhibitory properties of compositions has been studied. For the temperature range from 0 to 80 °C, the degree of protection for all ketoximes studied

is satisfactory. The subsequent increase in temperature slightly increases the rate of corrosion. This fact is explained by good indicators of adsorption of compounds. Unlike ketoximes, for ketones, an increase in the temperature of the medium significantly affects the quality of inhibition, while the nature of inhibition is similar to the mechanism of the basic IR.

- In the process of increasing the exposure time, the inhibitory properties of ketones deteriorate significantly, since they form an insufficiently strong film on the metal surface and have weaker adhesion to the surface. These factors do not allow the surface to be protected for a longer period, unlike ketoximes, which have a more understandable and predictable schedule for the decrease in effectiveness over the entire exposure period, and accordingly have better inhibitory properties. In principle, the addition of ketone and ketoxime to imidazole IR does not lead to strong differences in the time dependence of the inhibition efficiency. The effectiveness of inhibition increases for the first 20 hours, passes through the maximum and then decreases.

References

1. Reshetnikov S.M. Inhibitors of acid corrosion of metals. Leningrad: Khimiya, 1966. 156 p. (In Russ).
2. Glushchenko V.N., Silin M.A. Oilfield chemistry. Acid treatment of wells. Moscow: Intercontact Science, 2010, Vol. 4, 703 p. (In Russ).
3. Avdeev Ya.G., Kireeva O.A., Kashkovsky R.V. Inhibitor protection of steels in acid solutions. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2017, issue 2, P. 24–32. (In Russ).
4. Ibragimov L.H., Mishchenko I.T., Cheloyants D.K. Intensification of oil production. Moscow: Nauka, 2000,

413 p. (In Russ).

5. Akhmerova E.E., Shafikova E.A., Aпкаримова Г.И. et al. Selection of effective acid compound for carbonate collector treatment. *Bashkir chemical journal*, 2018, Vol. 25, issue 3, P. 86–92. (In Russ).
6. Ryl J., Wysocka J., Cieřlik M., Gerengi H., Ossowski T., Krakowiak S., Niedziałkowski P. Understanding the origin of high corrosion inhibition efficiency of bee products towards aluminum alloys in alkaline environments. *Electrochimica acta*, 2019, Vol. 304, P. 263–274. (In Eng).
7. Avdeev Ya.G., Kuznetsov Yu.I. Inhibitory protection of steels from high-temperature

corrosion in acid solutions. A review. Part 1. *International journal of corrosion and scale inhibition*, 2020, Vol. 9, issue 2, P. 394–426. (In Eng).

8. Veliev M.G., Shatirova M.I., Geidarova G.D., Aliyeva F.M. Amino-containing acetylenes – acid corrosion inhibitors of steel. *Korroziya: materialy, zashchita*, 2016, issue 5, P. 22–26. (In Russ).
9. Yarkeeva N.R., Nasyrov E.A., Gazizova E.R. About microbiological corrosion at oil fields in Western Siberia. *Problems of gathering, treatment and transportation of oil and oil products*, 2019, issue 3, P. 89–94. (In Russ).
10. Avdeev Ya.G., Tyurina M.V., Kuznetsov Yu.I.

- Inhibition of corrosion of mild steel in solutions of citric acid by triazole derivative. Tambov University Reports. Series: Natural and technical sciences, 2013, Vol. 18, issue 5, P. 2258–2261. (In Russ).
11. Avdeev Ya.G., Belinsky P.A., Kuznetsov Yu.I. Application of chlorides of tribenzylethanolammonium and benzyltriethanolammomum for protecting the steel against corrosion in solution of sulfuric acid. Korroziya: materialy, zashchita, 2006, issue 4, P. 35–40. (In Russ).
12. Reshetnikov S.M. Inhibitors of acid corrosion of metals. Leningrad: Chemistry, 1986, 144 p. (In Russ).
13. Greg S., Sing K. Adsorption, surface area and porosity. Moscow: Mir, 1984, 306 p. (In Russ).
14. Tkacheva V.E., Markin A.N. Local CO₂ corrosion of oilfield equipment. Ufa: RN-BashNIPIneft, 2022, 298 p. (In Russ).
15. Karachevsky D.Y. Synthesis of new metal corrosion inhibitors based on aromatic amines and piperylene. Practical aspects of oilfield chemistry, 2022, P. 152–155. (In Russ).
16. Tkacheva V.E., Markin A.N., Presnyakov A.Yu., Voloshin A.I., Dresvyannikov A.F. Localized carbon dioxide (CO₂) corrosion of the carbon and low-alloyed steels in oilfield systems. Bulletin of the Technological University, 2020, Vol. 23, issue 12, P. 65–75. (In Russ).
17. Sharafutdinov V.M., Daminev R.R., Minibaev A.S., Kim A.Yu., Karachevsky D.Yu. Modern technologies: achievements and innovations-2021 Collection of materials of the III All-Russian scientific and practical conference, 2021, P. 114–115. (In Russ).
18. Karachevsky D.Yu., Mustafin A.G., Valekzhanin I.V. Studying the inhibitory properties of ketoximes in hydrogen sulfide-containing media. Problems of collection, preparation and transport of oil and petroleum products, 2024, issue 2, P. 86–98. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Карачевский Даниил Юрьевич, специалист отдела борьбы с осложнениями, ООО «РН-БашНИПНефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть»), Уфа, Россия; аспирант, Уфимский Институт химии Российской академии наук, Уфа, Россия
Для контактов: dy_karachevskii@bnipi.rosneft.ru

Мустафин Ахат Газизьянович, д.х.н., профессор, главный научный сотрудник, Уфимский Институт химии Российской академии наук, Уфа, Россия

Валекжанин Илья Владимирович, начальник отдела борьбы с осложнениями, ООО «РН-БашНИПНефть» (ОГ ПАО «НК «Роснефть») Уфа, Россия

Karachevsky Daniil Yuryevich, specialist of the department of complications Management, “RN-BashNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Ufa, Russia; postgraduate, Ufa Institute of Chemistry, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia
Corresponding author: dy_karachevskii@bnipi.rosneft.ru

Mustafin Akhat Gazizyanovich, doctor of chemical sciences, professor, chief scientific officer, Ufa Institute of chemistry, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

Valekzhanin Ilya Vladimirovich, head of the department of complications Management, “RN-BashNIPIneft” LLC (“Rosneft” PJSC Group Company), Ufa, Russia

межрегиональная специализированная выставка

САХАПРОМЭКСПО



30–31 октября 2024 г. ЯКУТСК

НЕДРА ЯКУТИИ. СПЕЦТЕХНИКА.
ЭКОЛОГИЯ. ЭНЕРГО.
СВЯЗЬ. БЕЗОПАСНОСТЬ

Организаторы:



Выставочная компания
Сибэкспосервис
г. Новосибирск



Выставочная компания
СахаЭкспоСервис
г. Якутск

ЭКСПОЗИЦИЯ
НЕФТЬ ГАЗ

Генеральный информационный партнер

8(383) 3356350, e-mail: vk ses@yandex.ru, www.ses.net.ru