

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.163-178>

EDN OUZPKI

УДК 620.193.47

**Исследование антикоррозионных свойств реагента
комплексного действия, применяемого в качестве присадки
к буровому раствору**

*Гаймалетдинова Г.Л., Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р., Исмаков Р.А.,
Миннимухаметова Э.Р., Мулюков Р.А.*

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

**Study of the anticorrosion properties of a complex action reagent
used as a drilling mud additive**

*G.L. Gaimaletdinova, D.R. Latypova, O.R. Latypov, R.A. Ismakov,
E.R. Minnimukhametova, R.A. Mulyukov*

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

Аннотация. Нефтепромысловое оборудование интенсивно корродирует вследствие контакта с сильноагрессивными технологическими средами. Исследование процессов коррозии металлической поверхности нефтепромыслового оборудования и разработка эффективных методов защиты относится к актуальным научно-техническим задачам. Одним из распространенных методов защиты от коррозии является применение реагентов комплексного действия, позволяющих снизить скорость коррозии металлов и сплавов, контактирующих с агрессивной средой. Действие ингибитора коррозии зачастую связывают с изменением энергетического состояния поверхности металла вследствие его адсорбции или образованием с катионами металла труднорастворимых соединений. Также интенсивной коррозии подвергается бурильный инструмент и оборудование при бурении скважин, которая связана с воздействием ионов солей, кислорода воздуха, растворенных в промывочной жидкости, а также действием сероводорода, поступающего в промывочную жидкость в результате притока высокосернистого газа из разбуриваемых пород. Снижение коррозионной активности буровых промывочных жидкостей является одним из эффективных средств защиты бурового оборудования, бурильного и породоразрушающего инструмента. Установлено, что высокая анти-

коррозионная активность ПАВ обусловлена синергетическим эффектом между компонентами состава. Результаты исследования показали, что наилучшей композицией, обладающей отличными антикоррозионными свойствами, является реагент комплексной добавки «Девон-2Л» с концентрацией 1%.

Ключевые слова: *нефтепромысловая среда, бурильное оборудование, буровой раствор, поверхностно-активные вещества, коррозия, ингибитор коррозии, поляризационные кривые*

Для цитирования: Гаймалетдинова Г.Л., Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р., Исмаков Р.А., Миннимухаметова Э.Р., Мулюков Р.А. Исследование антикоррозионных свойств реагента комплексного действия, применяемого в качестве присадки к буровому раствору//Нефтяная провинция.-2022.-№3(31).- С.163-178. - DOI [https:// doi.org/10.25689/NP.2022.3.163-178](https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.163-178). EDN OUZPKI

Abstract. Oilfield equipment corrodes intensively due to contact with highly aggressive process media. The study of the processes of corrosion of the metal surface of oilfield equipment and the development of effective methods of protection are topical scientific and technical problems. One of the common methods of corrosion protection is the use of inhibitors, which reduces the corrosion rate of metals and alloys in contact with aggressive media. The action of a corrosion inhibitor is often associated with a change in the energy state of the metal surface due to its adsorption or the formation of sparingly soluble compounds with metal cations. Also, drilling tools and equipment during well drilling are subjected to intense corrosion, which is associated with the effect of salt ions, atmospheric oxygen dissolved in the drilling fluid, as well as the action of hydrogen sulfide entering the drilling fluid as a result of the influx of sour gas from the rocks being drilled. Reducing the corrosive activity of drilling fluids is one of the effective means of protecting drilling equipment, drilling and rock cutting tools. It has been established that the high anticorrosive activity of surfactants is due to the synergistic effect between the components of the composition. The results of the study showed that the best composition with excellent anti-corrosion properties is the reagent of the «Devon-2L» complex additive with a concentration of 1%.

Keywords: oilfield media, drilling equipment, boring mud, surfactants, corrosion, corrosion inhibitor, polarization curves

For citation: G.L. Gaimaletdinova, D.R. Latypova, O.R. Latypov, R.A. Ismakov, E.R. Minnimukhame-tova, R.A. Mulyukov Issledovanie antikorrozionnyh svojstv reagenta kompleksnogo dejstvija, primenjaemogo v kachestve prisadki k burovomu rastvoru [Study of the anticorrosion properties of a complex action reagent used as a drilling mud additive]. Neftyanaya Provintsiya, No. 3(31), 2022. pp. 163-178. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2022.3.163-178>. EDN OUZPKI (in Russian)

Одним из возможных негативных последствий эксплуатации нефте-промыслового металлического оборудования является коррозия, возникающая вследствие его взаимодействия с агрессивной средой. Коррозия является процессом химического или электрохимического разрушения ме-

талла, которая приводит к большим затратам на ремонт оборудования и сокращению установленных нормативных сроков амортизации. Поэтому в современном мире коррозия металлов и защита от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем [1].

В нефтяной промышленности это особенно важно, поскольку применяется дорогостоящее оборудование, а также возникают дополнительные экономические затраты в результате простоя оборудования при замене деталей, нарушении технологических процессов, утечки нефти.

В большинстве случаев коррозия промышленного оборудования протекает по электрохимическому механизму при контакте металла с водной минерализованной средой. На рис. 1 представлена иллюстрация механизма протекания процесса электрохимической коррозии [2-6].

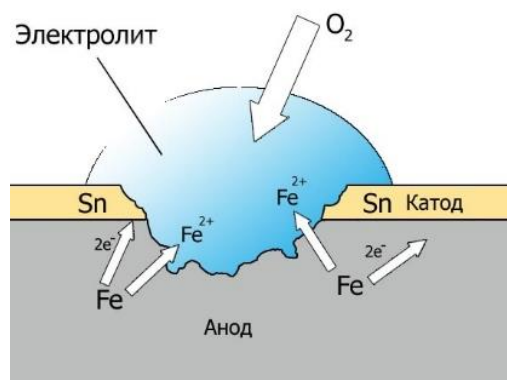


Рис. 1. Механизм электрохимической коррозии

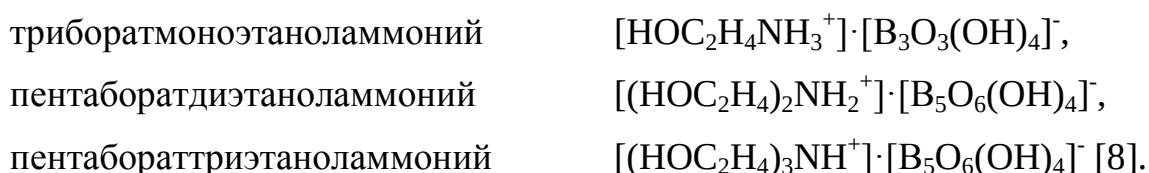
Коррозия бурильного инструмента и оборудования для бурения скважин связана с воздействием солей, кислорода воздуха, растворенных в промывочной жидкости, а также действием сероводорода, поступающего в промывочную жидкость в результате притока высокосернистого газа из разбуриваемых пород [7-8]. Сероводород по комплексности своего отрицательного влияния, кроме коррозии, обладает высокой химической агрессивностью и токсичностью. Согласно результатам исследований [9], сероводород разрушает не только тампонажный камень, но и металл обсадных колонн, что может привести к нарушению герметичности конструкции скважины и возникновению ряда осложнений и аварий. Следует отметить,

согласно [6], сероводород, поступивший в буровой раствор, способствует сокращению срока службы долот, вызывая их преждевременный износ, несмотря на относительно малое время работы породоразрушающего инструмента на забое скважины (в среднем около 1 – 3 суток). Аналогичные выводы сделаны в работе [7], в которой указывается, что в результате практически полной нейтрализации сероводорода в буровом растворе показатели отработки долот улучшились [8]. Эти же факторы оказывают влияние на разрушение бурильных труб.

В нефтяной промышленности фосфатидные концентраты (фосфолипиды) применяют при производстве смазочных масел для гомогенного распределения их составных частей; прибавление фосфатидных концентратов предотвращает образование нежелательных продуктов полимеризации при хранении смазочных масел. Молекула фосфолипида включает в себе полярную и неполярную части, что способствует проявлению амфифильных свойств. В целом фосфолипиды представляют собой превосходные амфифильные молекулы поверхностно-активных веществ, которые широко используются в качестве смачивающих агентов. Фосфолипиды представляют собой подкласс липидов, которые обычно состоят из глицеринового фрагмента (остова) с положениями 1 и 2, связанными с двумя жирными ацильными группами посредством сложноэфирных связей. Третье положение глицерина связано с фосфатной группой. Фосфатная группа несет две сложноэфирные связи с основной цепью глицерина и полярной головной группой, такой как холин, этаноламин, инозитол, серин и глицерин [9]. Фосфолипиды представляют собой поверхностно-активные вещества, которые могут покрывать защищаемую поверхность. В зависимости от условий использования фосфолипиды могут действовать как катионные или анионные поверхностно-активные вещества, т.е. являться амфотерными поверхностно-активными веществами (ПАВ) [10]. Известно, что амфотерные ПАВ обладают многими превосходными характеристиками, такими как устойчивость к высокоминерализованным водным растворам, низкой

токсичностью и хорошей биоразлагаемостью [11]. Таким образом, применение ингибиторов коррозии на основе фосфолипиды будет способствовать созданию на поверхности металла защитной пленки, препятствующей отложению парафина и образованию адсорбционного слоя, прочно прикрепленного к поверхности защищаемого металла.

Борная кислота, аминоспирты (типа, ди- и триэтаноламин), а также карбоновые кислоты (составные компонентами окисленных жиров), образуют продукты взаимодействия, которые придают реагенту антикоррозийные свойства. Известно, что борная кислота с моно-, ди-, тризамещенными аминоспиртами образует в водной среде устойчивые аминокборатные комплексы:



Защитный эффект при использовании таких комплексов может составлять до 98%. Продуктом реакции взаимодействия жирных кислот с триэтаноламином являются поверхностно-активные неионогенные ПАВ, представляющие собой моно-, ди-, три замещенные этаноламины [12]. На рис. 2 представлен пример тризамещенного триэтаноламина с жирной кислотой.

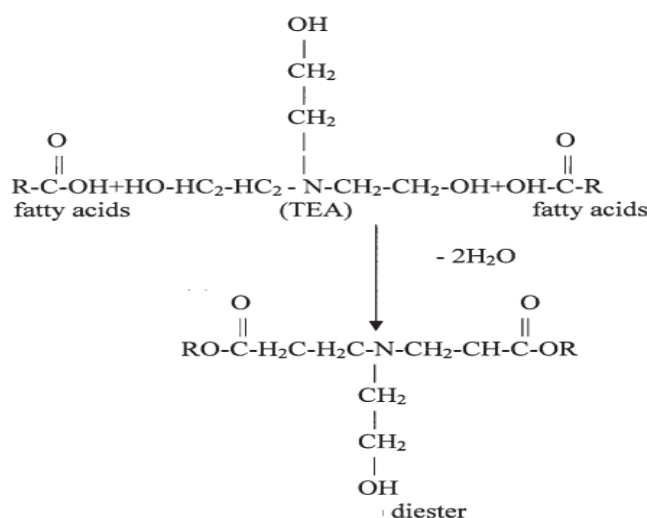


Рис. 2. Продукт реакции триэтаноламина с жирной кислотой

Помимо защиты оборудования от атмосферной и коррозии в нейтральных и водно-солевых средах, смеси на основе борорганических соединений обладают способностью ингибировать сероводородную коррозию в водных средах. Также борорганические комплексы обладают высокой проникающей способностью, которые позволяют формировать многослойную защитную хемо-адсорбционную защитную пленку.

Повышение антикоррозионных свойств буровых промывочных жидкостей является одним из эффективных средств защиты бурового оборудования, а также инструментов.

Способность исследуемой добавки защищать металл от общей и локальной коррозии модели бурового раствора, содержащего коррозионно-агрессивные компоненты, изучались электрохимическим методом на потенциостате «Elins», показанным на рис. 3 [13].

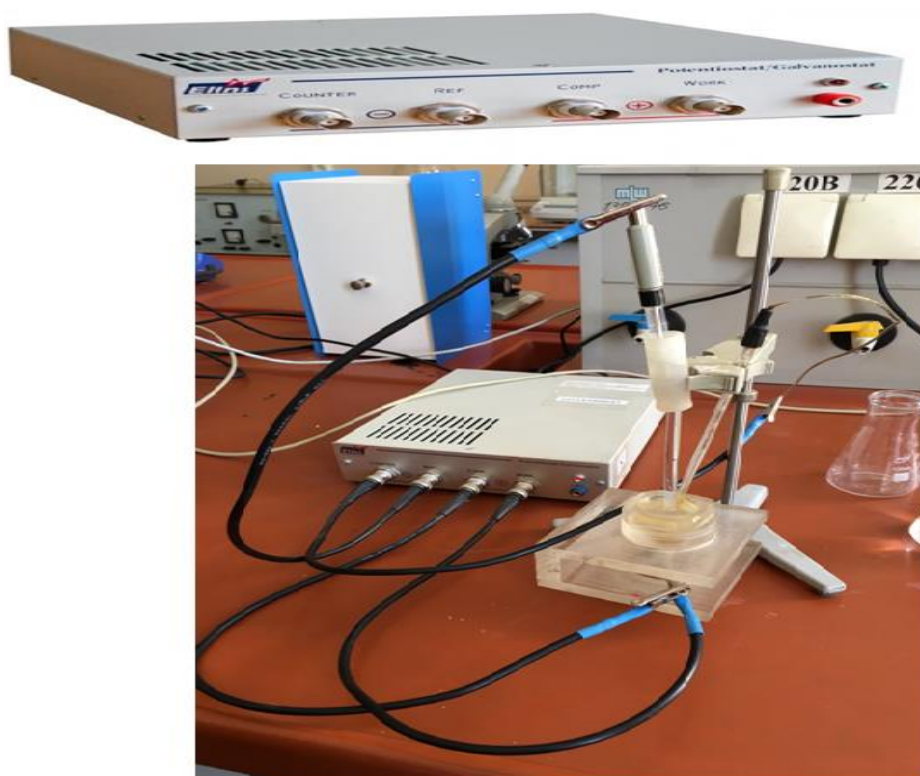


Рис. 3. Внешний вид потенциостата «Elins» и электрохимической ячейкой

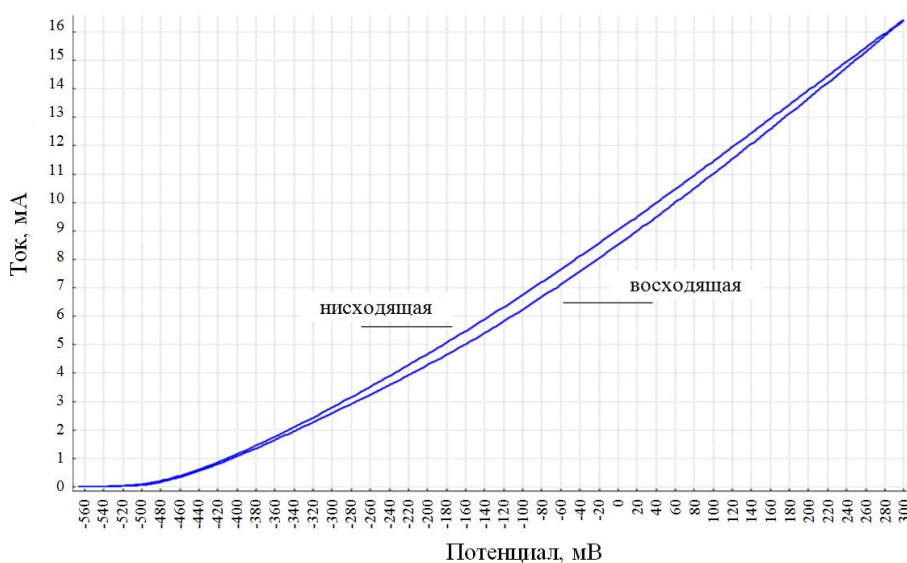
Суть методики заключается в снятии цикловольтамперометрических кривых (ЦВА) конструкционной стали в среде исследуемой жидкости, залитой в трехэлектродную электрохимическую ячейку, при

прямом и обратном ходах изменения потенциала от стационарного (коррозионного) до +300 мВ. Площадь под восходящей (S_v) и нисходящей (S_n) ветвями ЦВА характеризует плотность тока коррозии соответственно при образовании/разрушении защитной пленки на поверхности металла.

Для сравнения с реагентом комплексного действия «Девон-2Л» [14], в качестве прототипа (сходные по назначению), проводили электрохимические методы исследования Ст3 в среде модель пластовой воды АОИК (5% NaCl+0,5% CH₃COOH) – цикло-вольтамперные (ЦВА), с использованием катионных поверхностно-активных веществ «ДОН-А» и «ДОН-Б», смазочных реагентов зарубежного производства – «Бейкер Хьюз», «Биолуп LVL», «Лубрикон», «Лубритал».

Ст3 применяли в качестве образцов-свидетелей в связи с тем, что она является наиболее часто используемой в качестве конструкционного материала обсадных колонн.

На рис. 4-11 показаны циклические развертки, полученные для Ст3 в коррозионном растворе 5% NaCl+0,5% CH₃COOH и с добавлением показанных выше добавок.



**Рис. 4. ЦВА кривые Ст3 в модели пластовой воды (АОИК)
(5% NaCl+0,5% CH₃COOH)**

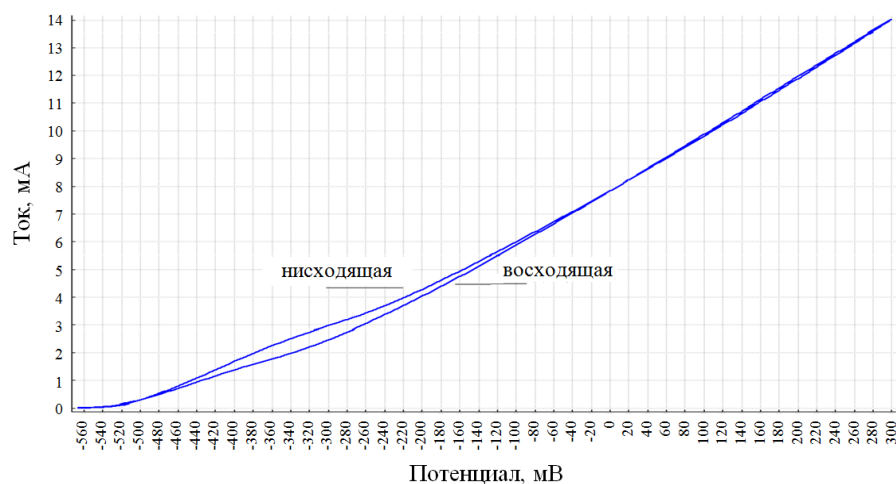


Рис. 5. ЦВА кривые для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «Дон-А»

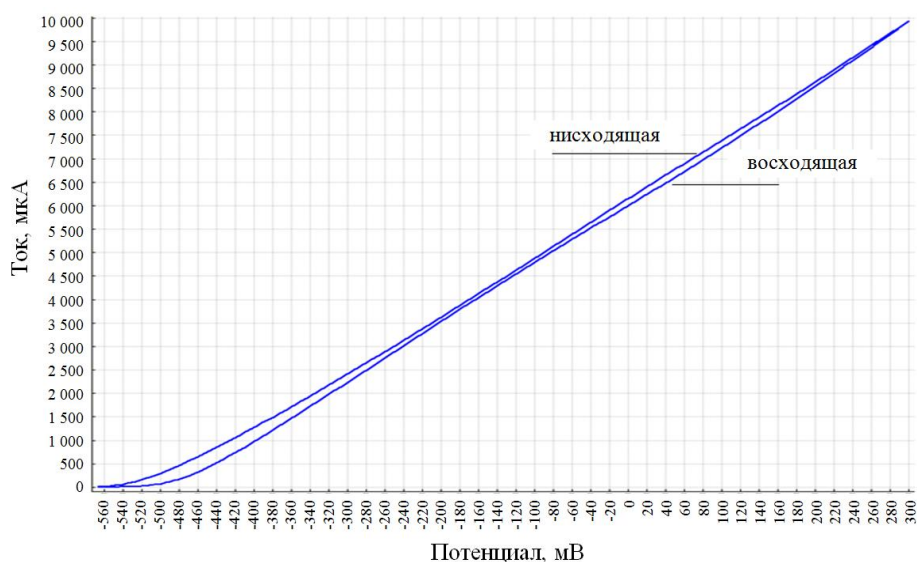


Рис. 6. ЦВА кривые для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «ДОН-Б»

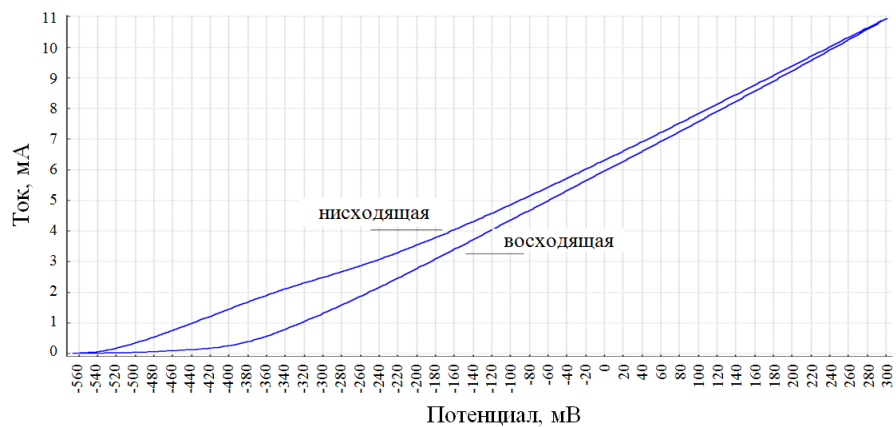


Рис. 7. ЦВА кривые для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «Бейкер Хьюз»

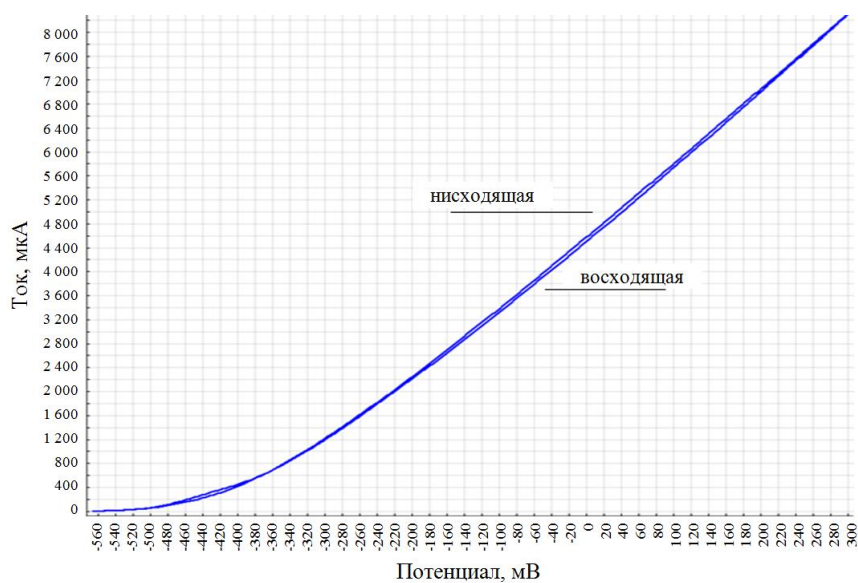


Рис. 8. ЦВА кривые для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «Девон-2Л»

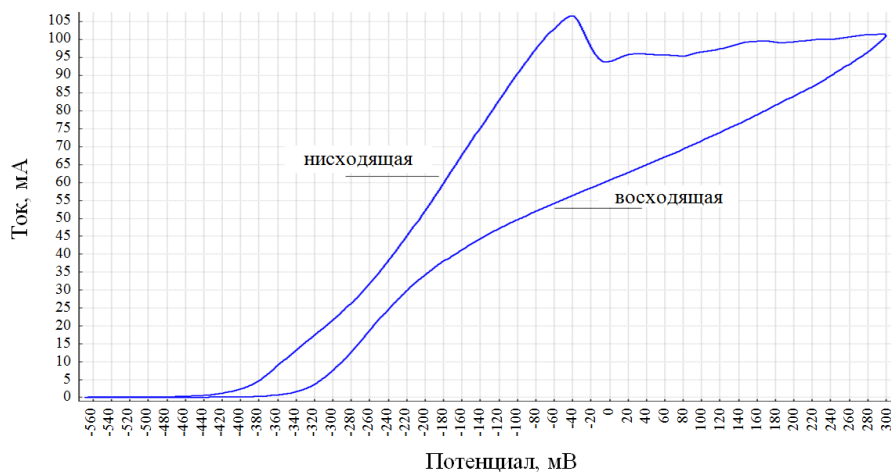


Рис. 9. ЦВА кривые для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «Биолуп»

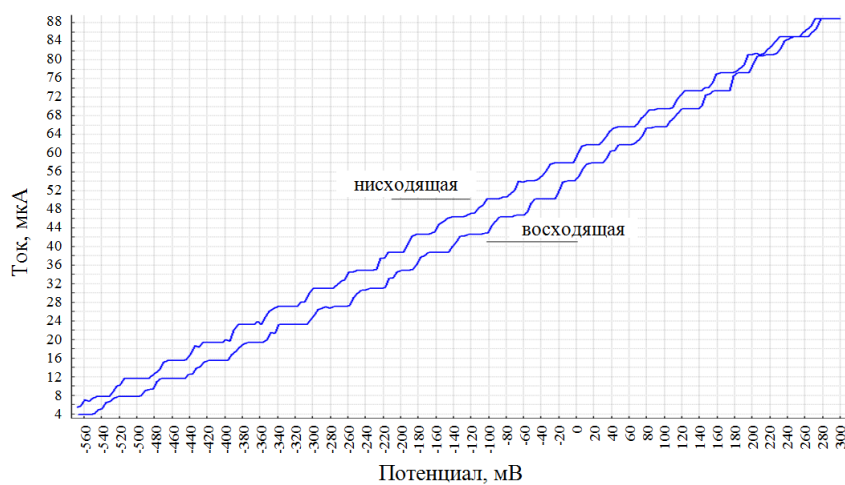


Рис. 10. ЦВА для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «Лубрикон»

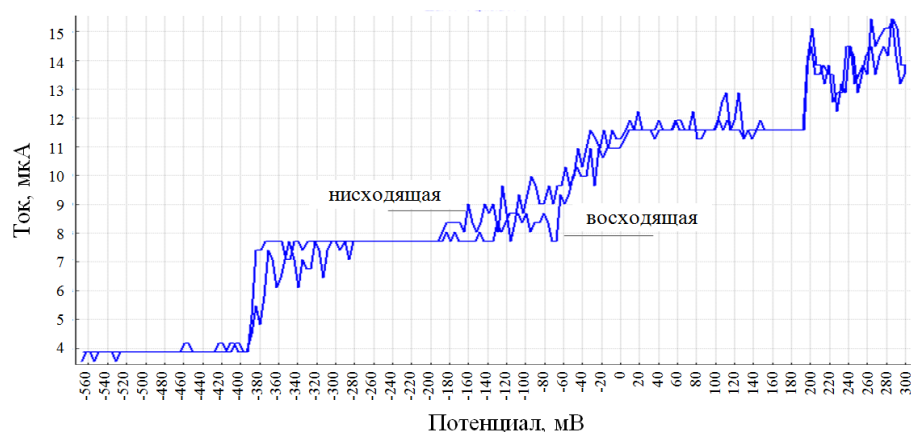


Рис. 11. ЦВА кривые для Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением 1% «Лубритал»

Из рис. 5 видно, что в агрессивной среде, с добавлением реагента «Дон-А» максимальный ток коррозии достигает 14 мА, что ниже, чем в модельной среде без добавок. При этом характер хода нисходящей ветви показывает, что скорость растворения металла намного опережает скорость самовосстановления защитной пленки. В связи с этим можно судить о низкой эффективности реагента.

Из рис. 8 видно, что произошло сильное сближение восходящей и нисходящей веток кривых, которое показывает аддитивные свойства данного реагента.

Судя по ходу кривых на рис. 9-11 видно, что наличие жирных кислот в составе реагента, показывает снижение тока коррозии, однако внешний вид поверхности металла показывает наличие коррозионных поражений (Рис. 12).

Согласно рис. 12 видно, что только реагент «Девон-2Л» обладает отличными адсорбционными свойствами, которые создают экранирующий эффект.

Эффективность ингибиторов оценивали степенью защиты Z , % и коэффициентом торможения (γ) [15-16]:

$$Z = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \cdot 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} \cdot 100, \quad (1)$$

где K_1 и K_2 – скорость растворения металла в среде без ингибитора и с ингибитором соответственно, г/(м²/ч);

i_1 и i_2 – плотность тока коррозии металла в среде без ингибитора и с ингибитором соответственно, А/см².

Коэффициент торможения показывает, во сколько раз уменьшается скорость коррозии в результате действия ингибитора:

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_1}{i_2}. \quad (2)$$



Рис. 12. Коррозионные поражения Ст3 в модели пластовой воды (АОИК), с добавлением реагентов

В табл. 1 приведены результаты исследований различных добавок путем электрохимических измерений (ЦВА) в агрессивной среде – водный раствор 5% NaCl + 0,5% CH₃COOH (среда АОИК).

Из табл. 1 видно, что защитный эффект реагента «Девон-2Л» составляет 50%; ДОН-Б – 37%; зарубежного производства (Бейкер Хьюз) – 30%. Таким образом, в качестве ингибирующей присадки для бурового раствора рекомендуется реагент «Девон-2Л».

Таблица 1

Результаты исследований различных добавок путем электрохимических измерений (ЦВА) в агрессивной среде – водный раствор 5% NaCl + 0,5% CH₃COOH (среда АОИК)

Состав раствора	Анализ ЦВА		
	Коррозионный раствор, I ₀ , мА/мм ² (5% NaCl + 0,5% CH ₃ COOH)	С добавлением реагента, I _p , мА/мм ²	Защитный эффект, Z, %
1% Девон-2Л	16	8	50
1% Дон-А 0934.50а	16	14	12
1% Дон-Б	16	10	37
1% Бейкер Хьюз	16	11	31
1% Биолуп	16	105	-
1% Лубрикон	16	88	-
1% Лубритал	16	15	6

Выводы

Показано, что основополагающим фактором разрушения бурильного оборудования является коррозионная среда, содержащая ионы солей, кислород воздуха, растворенные в промывочной жидкости, а также действие сероводорода, поступающего в промывочную жидкость в результате притока высокосернистого газа из разбуриваемых пород.

Проанализировав результаты ЦВА кривых для стали марки Ст3 в агрессивной среде, делаем выводы, что наилучшей композицией, обладающей антикоррозионными свойствами, является реагент комплексной добавки «Девон-2Л» в концентрации 1%. Результаты испытаний показали, что защитный эффект реагента «Девон-2Л»[17] составляет 50%.

Таким образом, предложенный состав реагента может использоваться в бурении скважин для улучшения свойств промывочных жидкостей с целью предотвращения коррозии металла в ходе эксплуатации.

Список литературы

1. Давлетгареев, А.И. Коррозионное повреждение металлов на примере влияния соли NaCl / А.И. Давлетгареев, М.Е. Логинова, Г.Л. Гаймалетдинова // Российская наука и образование сегодня: проблемы и перспективы. – 2018. – №1(20). – С. 31-32.
2. Козлов, В.А. Основы коррозии и защиты металлов: учебное пособие /В.А. Козлов, М.О. Месник. – Иваново, 2011. – 177 с.
3. Абдуллин, Р.М. Некоторые причины снижения безопасности эксплуатации футерованных и пластиковых нефтепроводов / Р.М. Абдуллин, Р.Ж. Ахияров, А.С. Тюсенков, О.Р. Латыпов, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай // Матер. науч.-практ. конф.: Энергоэффективность. Проблемы и решения. – 2008. – С. 143-145.
4. Латыпов, О.Р. Методы управления коррозионной активностью промысловых сред / О.Р. Латыпов // Матер. Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием: Малоотходные, ресурсосберегающие химические технологии и экологическая безопасность. – Уфа, 2013. – С. 182-183.
5. Латыпов, О.Р. Способ управления водородным показателем pH и окислительно-восстановительным потенциалом Eh технологических жидкостей нефтепромыслов и устройство для его осуществления / О.Р. Латыпов, А.С. Тюсенков, А.Б. Лаптев, Д.Е. Бугай // Патент на изобретение RU 2546736 C1, 10.04.2015. Заявка № 2013157730/05 от 24.12.2013.
6. Гаймалетдинова, Г.Л. Коррозия металла в жидкостях на водной основе / Г.Л. Гаймалетдинова, А.Р. Нургалиев // 72 Международная молодежная научная конференция «нефть и газ-2018». – РГУ нефти и газа имени Губкина, 23-26 апреля. – Москва, 2018. – С. 168.
7. Гаймалетдинова, Г.Л. Коррозия на морских платформах / Г.Л. Гаймалетдинова, Д.В. Рахматуллин // Перспективы и инновации в горном деле. Сборник трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Богатова Б.А. БНТУ. – Минск, 2018. – С. 132-136.
8. Белоусов, Г.А. Технология крепления скважин в условиях сероводородной агрессии и АВПД (на примере Тенгизского месторождения) / Г.А. Белоусов [и др.]. – М.: ВНИИОЭНГ, 2007. – 60 с.
9. Будников, В.Ф. Проблемы механики бурения и заканчивания скважин / В.Ф. Будников, А.И. Булатов, П.П. Макаренко. – М.: Недра, 1996. – 495 с.
10. Огаркова, Э. И. Разработка методов нейтрализации сероводорода при бурении скважин: автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.15 / Эльвира Ивановна Огаркова; науч. рук. Б.А. Андресон; «Башкирский научно-исследовательский и проектный институт нефти». – Уфа: БашНИПИнефть, 2002. – 24 с.
11. Каменских, С.В. Развитие методики оптимизации режимов бурения скважин трёхшарошечными долотами: дис. канд. техн. наук: 05.15.10 / Сергей Владиславович Каменских; науч. рук. П.Ф. Осипов; Ухтинский индустриальный институт. – Ухта: Изд-во УИИ, 1998. – 188 с.
12. Hayes, D.G. Biobased Surfactants / D.G. Hayes, D.K. Solaiman and R.D. Ashby // Synthesis, Properties, and Applications 2nd Ed. (Cambridge: Academic Press and AOCS Press). – 2019. – p. 529.
13. Lesik, E.I. Phospholipids from plant materials as a corrosion inhibitor in oil production / E.I. Lesik, F.A. Buryukin and R.A. Vaganov // J. Phys.: Conf. Ser. (2021). – 2094 052044.
14. Wang, S.-F. Synthesis of new betaine-type amphoteric surfactants from tall oil fatty acid / S.F. Wang, T. Furuno & Z. Cheng // Journal of Wood Science, 48(5), 2002. – p. 419-424.

15. Tyagi, R. Synthesis, Characterization and Performance of Tallow Fatty Acids and Triethanolamine Based Esterquats. / R. Tyagi, V. K. Tyagi & R. K. Khanna // Journal of Oleo Science, 55(7), 2006. – p/ 337–345.
16. Латыпов, О.Р. Применение ингибиторов для защиты нефтепромысловых объектов от коррозии / О.Р. Латыпов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – 142 с.
17. Патент РФ 2732147. Реагент для обработки промысловых жидкостей, используемых при бурении скважин / М.Ф. Сайтгалеев, Г.Л. Гаймалетдинова, И.М. Арсланов и др. – 2020.

References

1. Davletgareev A.I., Loginova M.E., Gaimaletdinova G.L. *Korrozionnoe povrezhdenie metallov na primere vliyaniya soli NaCl* [Metal corrosion as in the case of exposure to NaCl]. Rossijskaya nauka i obrazovanie segodnya: problemy i perspektivy, 2018. No.1(20). pp. 31-32 (in Russian)
2. Kozlov V.A, Mesnik M.O. *Osnovy korrozii i zashchity metallov* [Fundamentals of metal corrosion and protection]. Ivanovo, 2011. 177 p (in Russian)
3. Abdullin R.M., Akhiyarov R.Zh., Tyusenkov A.S., Latypov O.R., Laptev A.B., Bugai D.R. *Nekotorye prichiny snizheniya bezopasnosti ekspluatacii futerovannyh i plastikovyh nefteprovodov* [Some reasons for decrease of lined and plastic oil pipelines operating safety]. Proceedings of Research-to-Practice Conference “Energy efficiency: problems and solutions”. 2008. pp. 143-145 (in Russian).
4. Latypov O.R. *Metody upravleniya korrozionnoj aktivnostyu promyslovyh sred* [Methods of oilfield fluids corrosiveness control]. Proceedings of National Research-to-Practice Conference “Low-waste resource-saving chemical technologies and environmental safety”. Ufa, 2013. pp. 182-183 (in Russian)
5. Latypov O.R., Tyusenkov A.S., Laptev A.B., Bugai D.E. *Sposob upravleniya vodorodnym pokazatelem pH i okislitelno-vosstanovitelnyim potencialom Eh tekhnologicheskikh zhidkostej neftepromyslov i ustrojstvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of controlling pH and redox potential of oilfield process fluids and a control device]. Patent of invention RU 2546736 C1, 10.04.2015. Patent application No. 2013157730/05 dated 24.12.2013 (in Russian)
6. Gaimaletdinova G.L., Nurgaliev A.R. *Korroziya metalla v zhidkostyah na vodnoj osnove* [Metal corrosion in water-based fluids]. 72d International Youth Scientific Conference “Oil and Gas – 2018”. Gubkin Oil and Gas University, 23-26 April. Moscow, 2018. 168 p. (in Russian)
7. Gaimaletdinova G.L., Rakhmatullin D.V. *Korroziya na morskikh platformah* [Corrosion in offshore facilities]. Proceedings of International Research-to-Practice Conference “Possibilities and innovations in mining engineering”. Belarusian National Technical University. Minsk, 2018. pp. 132-136 (in Russian)
8. Belousov G.A. *Tekhnologiya krepleniya skvazhin v usloviyah serovodo-rodnoj agressii i AVPD (na primere Tengizskogo mestorozhdeniya)* [Well casing methods under high H₂S content and abnormally high formation pressure: Tengizskoye field case study]. Moscow: VNIIOENG Publ. 2007. 60 p. (in Russian)
9. Budnikov V.F. Bulatov A.I., Makarenko P.P. *Problemy mekhaniki bureniya i zakanchivaniya skvazhin* [Aspects of well drilling and completion]. Moscow: Nedra Publ. 1996. 495 p. (in Russian)
10. Ogarkova E.I. *Razrabotka metodov nejtralizatsii serovodoroda pri burenii skvazhin* [Development of H₂S neutralization methods during well drilling process]. Extended abstract of PhD thesis (Engineering) 25.00.15. Ufa: BashNIPIneft. 2002. 24 p. (in Russian)

11. Kamenskikh S.V. *Razvitie metodiki optimizacii rezhimov bureniya skvazhin tryohsharoshechnymi dolotami* [Development of tricone bits drilling optimization technique]. PhD thesis: 05.15.10. Ukhta Industrial Institute. Ukhta: UII Publ. 1998. 188 p. (in Russian)
12. Hayes, D.G., Solaiman D.K. Ashby R.D. Biobased Surfactants. Synthesis, Properties, and Applications 2nd Ed. (Cambridge: Academic Press and AOCS Press). 2019. 529 p.
13. Lesik, E.I. Buryukin F.A., Vaganov R.A. Phospholipids from plant materials as a corrosion inhibitor in oil production. J. Phys.: Conf. Ser. (2021). 2094 052044.
14. Wang, S.F. Furuno T., Cheng Z. Synthesis of new betaine-type amphoteric surfactants from tall oil fatty acid. Journal of Wood Science, 48(5), 2002. p. 419-424.
15. Tyagi R., Tyagi V.K., Khanna R.K. Synthesis, Characterization and Performance of Tallow Fatty Acids and Triethanolamine Based Esterquats. Journal of Oleo Science, 55(7), 2006. pp. 337–345.
16. Latypov O.R. *Primenenie ingibitorov dlya zashchity neftepromyslo-vyh ob"ektov ot korrozii* [Use of inhibitors to protect oilfield facilities against corrosion]. Ufa: UGNTU Publ. 2016. 142 c. (in Russian)
17. RF patent No. 2732147. Saitgaleev M.F., Gaimaletdinova G.L., Arslanov I.M. Reagent for treatment of flushing fluids used in well drilling. 2020.

Сведения об авторах

Гаймалетдинова Гульnaz Леоновна, старший преподаватель кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета»

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

Латыпова Дина Ринатовна, старший преподаватель кафедры «Материаловедение и защита от коррозии», Уфимского государственного нефтяного технического университета»

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: d.r.latypova@mail.ru

Латыпов Олег Ренатович, доктор технических наук, заместитель заведующего кафедрой по учебной работе «Материаловедение и защита от коррозии», Уфимского государственного нефтяного технического университета»

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: o.r.latypov@mail.ru

Исмаков Рустэм Адипович, доктор технических наук, профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета»

Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1

E-mail: ismakovrustem@gmail.com

Миннимухаметова Эвелина Рузиевна, студент кафедры «Материаловедение и защита от коррозии», Уфимского государственного нефтяного технического университета»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

Мулюков Ринат Абдрахманович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин» Уфимского государственного нефтяного технического университета»
Россия, 450064, Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: r.mulyukov50@mail.ru

Authors

G.L. Gaimaletdinova, Senior lecturer in Oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

D.R. Latypova, Senior lecturer in Materials science and corrosion protection, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: d.r.latypova@mail.ru

O.R. Latypov, Dr.Sc, Deputy Head of Materials science and corrosion protection department, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: o.r.latypov@mail.ru

R.A. Ismakov, Dr.Sc, Professor of Oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: ismakovrustem@gmail.com

E.R. Minnimukhametova, Student of Materials science and corrosion protection department, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: ggaymaletdinova@mail.ru

R.A. Mulyukov, PhD, Associate professor of Oil and gas well drilling, Ufa State Petroleum Technical University
1, Kosmonavtov st., Ufa, 450064, Russian Federation
E-mail: r.mulyukov50@mail.ru

Статья поступила в редакцию 01.08.2022
Принята к публикации 17.09.2022
Опубликована 30.09.2022