

Нефтегазовое дело. 2023. № 2. С. 69–83. ISSN 1813-503X (online)
Oil and Gas Business. 2023. No. 2, P. 69–83. ISSN 1813-503X (online)

Научная статья

УДК 622.276

doi <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-69-83>

ПРИМЕНЕНИЕ ЛИМОННОЙ КИСЛОТЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Юлия Николаевна Савичева, Дарья Сергеевна Михеева,
Римма Рахиловна Габдрахманова**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа,
Россия**

Автор, ответственный за переписку:

Римма Рахиловна Габдрахманова, rimsaam@rambler.ru

Аннотация. Проблема отложения минеральных солей является одной из значимых при эксплуатации нефтяных месторождений. Солеотложения могут привести к простоему производства, возникновению аварийной ситуации и создать серьезную угрозу для безопасности персонала. На сегодняшний день существуют различные методы предотвращения солеобразований. Наибольшее распространение получили химические методы защиты с применением ингибиторов. Несмотря на успехи, достигнутые в области применения этого вида защиты, аварийность сохраняется на высоком уровне. В связи с этим повышение эффективности ингибиторной защиты остается актуальным.

В статье предлагается применение лимонной кислоты (ЛК) в качестве соингибитора солевых отложений. Цель данной работы – исследование эффективности применения

лимонной кислоты для предотвращения образования солеотложений и повышения уровня промышленной безопасности нефтепромыслового оборудования.

В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований по оценке влияния лимонной кислоты на защитные свойства ингибитора солеотложений (ИСО). Протестированы ИСО на предмет их способности предотвращать образование солей. Эффективность действия ИСО определялась трилометрическим методом. Показано, что один из ингибиторов в диапазоне дозировок 30–100 г/т имеет крайне низкие защитные свойства, но с добавлением лимонной кислоты его эффективность увеличилась. Наилучшие результаты защитного эффекта 75 % достигнуты с использованием лимонной кислоты и второго ингибитора.

По результатам проведения лабораторных испытаний выявлено положительное влияние лимонной кислоты на эффективность действия ингибитора солеотложений. Экспериментально установлено, что лимонная кислота может применяться для защиты нефтепромыслового оборудования от отложения солей.

Ключевые слова: солеотложение, коррозия, ингибиторы солеотложения, лимонная кислота, промышленная безопасность, нефтепромысловое оборудование, авария, эффективность ингибитора

Для цитирования: Савичева Ю. Н., Михеева Д. С., Габдрахманова Р. Р. Применение лимонной кислоты с целью повышения уровня промышленной безопасности // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2023. № 2. С. 69–83. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-69-83>.

Original article

CITRIC ACID USAGE FOR INDUSTRIAL SAFETY INCREASE

Yulia N. Savicheva, Daria S. Mikheeva, Rimma R. Gabdrakhmanova

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

Corresponding author:

Rimma R. Gabdrakhmanova, rimmaam@rambler.ru

Abstract. The problem of mineral salt deposition is one of the most significant in the operation of oil fields. Salt deposits can lead to production downtime, an emergency situation and serious threat to personnel safety. To date, there are various methods of salt formation preventing. Chemical protection methods using inhibitors have become the most widespread. Despite the successes in the application of this type of protection, the accident rate remains at a high level. In this regard, the inhibitory protection effectiveness increasing remains relevant.

The article suggests the use of citric acid (CA) as a co-inhibitor of salt deposits. The purpose of this work is to study the effectiveness of citric acid usage to prevent salt deposit formation and increase the level of industrial safety of oilfield equipment.

This article describes a new method of combating salt deposits and presents the results of experimental studies to assess the citric acid effect on the salt deposition inhibitor (SDI) effectiveness. SDIs have been tested for their ability to prevent the salt formation. The ISO effectiveness was determined by the trilonometric method. It has been shown that one of the inhibitors in the dosage range of 30–100 g/t has extremely low protective properties, but with the citric acid addition, its effectiveness has increased. The best results of the protective effect of 75 % were achieved using citric acid and the second inhibitor.

According to laboratory test results, a positive effect of citric acid on the inhibitor effectiveness was revealed. It has been experimentally proved that citric acid can be used to protect oilfield equipment from salt deposits.

Keywords: salt deposition, corrosion, salt deposition inhibitors, citric acid, industrial safety, oilfield equipment, accident, inhibitor effectiveness

For citation: Savicheva Yu. N., Mikheeva D. S., Gabdrakhmanova R. R. *Primenenie limonnoi kisloty s tsel'yu povysheniya urovnya promyshlennoi bezopasnosti [Citric Acid Usage for Industrial Safety Increase]. Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo» – Network Journal «Oil and Gas Business»*, 2023, No. 2, pp. 69–83 [in Russian]. <https://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2023-2-69-83>.

Во время эксплуатации нефтяных месторождений, при добыче нефти, на поверхность извлекается огромное количество попутных вод, содержащих растворенные примеси в виде минеральных солей. Эти соли остаются растворенными в ненасыщенном состоянии. Однако, когда условия меняются и вода становится перенасыщенной из-за изменения химического состава, температуры, давления, рН и т.д., происходит их осаждение на стенках скважины и нефтепромыслового оборудования.

Солеобразование усложняет процесс добычи нефти, что является одной из серьезных проблем, осложняющих эксплуатации скважины. В результате этого снижается эффективность нефтеизвлечения, увеличивается износ оборудования, возникают дополнительные энергетические и материальные затраты. Износ оборудования является одним из значительных факторов опасности, влияющих на состояние промышленной безопасности, возникновение отказов, разгерметизацию трубопроводов, приводящих к авариям, сопровождающимся разливами нефти, взрывами и разрушениями. Кроме этого, солеотложения способствуют образованию сильной локальной коррозии металла, которую затруднительно обнаружить [1]. Установлено, что локальная коррозия является причиной не менее 20 % инцидентов в нефтегазовой отрасли [2].

На нефтяных и газовых месторождениях обычно образуется несколько различных типов отложений, включая карбонаты, сульфаты, сульфиды и другие.

Основными причинами отложения неорганических солей являются:

- избыточная концентрация минералов;
- изменение температуры, давления и рН раствора;
- смешивание несовместимых вод, такой как нагнетаемая вода для поддержания давления и пластовая вода;
- изменение термодинамических условий, т.е. давления и температуры;
- шероховатость поверхности и др. [3].

Солеотложения могут осаждаться в призабойной зоне пласта (ПЗП), в глубинных насосах, в трубопроводах, транспортирующих нефть, в насосно-компрессорных трубах (НКТ) и другом оборудовании. Осадки, откладываясь в виде толстого слоя в НКТ скважины, уменьшают рабочий диаметр труб и приводят к засорению и блокированию потока. Это может привести к резкому увеличению перепада давления и, как следствие, к снижению продуктивности скважины. Помимо этого возможно развитие интенсивной локальной коррозии внутренней и наружной поверхностей НКТ под отложениями, приводящей к сквозным отверстиям и нарушению герметичности НКТ, что может представлять угрозу для безопасности производства [4].

Тенденция к росту числа осложненных солеобразованием и коррозией скважин отмечается многими нефтедобывающими компаниями [5–8]. Однако с солеотложениями трудно бороться, поэтому предотвращение их образования является наиболее подходящим вариантом, т.к. ликвидация последствий, связанная с их появлением, влечет за собой значительные технологические и экономические потери.

Решение проблемы снижения аварийности нефтепромыслового оборудования во многом зависит от эффективности методов защиты. На сегодняшний день различают физические, технологические и химические методы предотвращения отложения солей. Наибольшее распространение получили последние из них. Одним из эффективных и технологичных методов химической защиты является ингибиторная защита. Ингибиторы солеотложений задерживают образование солей, разрушая агломерацию мелких зародышей, которые в сумме образуют твердый осадок. Обработка ингибитором является наиболее часто используемым химическим методом предотвращения образования отложений. Однако, несмотря на успехи, достигнутые в области применения этого вида защиты, аварийность

сохраняется на высоком уровне. В связи с этим повышение эффективности ингибиторной защиты остается актуальным.

В ходе изучения методов борьбы с солеотложениями было выяснено, что лимонная кислота (ЛК) может применяться для удаления уже образовавшихся солевых отложений [9]. На основе этого было предложено применение ЛК не только для удаления солевых осадков, но и для предотвращения их образования. С этой целью и был проведен эксперимент по выявлению эффективности влияния ЛК на действие ингибитора солеотложений (ИСО).

Исследования проводились в два этапа. На первоначальном этапе определялась эффективность ИСО в различных концентрациях без добавления ЛК. Второй этап представлял собой определение эффективности совместного действия ИСО и ЛК.

Эксперимент проводился согласно методике, изложенной в РД 39-0148070-026ВНИИ-86 «Технология оптимального применения ингибиторов солеотложения» [10].

Целью проведения эксперимента является определение эффективности совместного действия ингибитора солеотложений и лимонной кислоты.

Согласно исследованиям [11, 12], было выявлено, что лимонная кислота оказывает положительное влияние на ионы кальция, поэтому была приготовлена модель пластовой воды (таблица 1) с высоким содержанием данных ионов. Приближенный к этому ионный состав пластовой воды имеют Приобское и Ванкорское месторождения.

В опытах использовались ингибитор солеотложений № 1 – гексаметофосфат натрия и ингибитор солеотложений № 2 – 20 %-ый ИОМС. ИСО были взяты в концентрациях 30, 40, 50, 70, 100 мг/дм³.

Таблица 1. Ионный состав модели пластовой воды**Table 1.** Ionic composition of the formation water model

Компоненты	Содержание ионов, мг/дм ³
Ca ²⁺	1500,3
Mg ²⁺	508,8
Na ⁺ /K ⁺	16540,9
HCO ₃ ⁻	1742,7
SO ₄ ²⁻	3
Cl ⁻	27876,4
CO ₃ ²⁻	0

Определение эффективности действия ИСО проводилось по следующей методике [10]. Раствор А модельной воды в объеме 50 см³ помещался в заранее приготовленные банки с крышками. После этого в каждую банку, кроме первых двух – параллельные контрольные пробы, дозировался 1 %-ый раствор ингибитора в необходимой концентрации. После перемешивания содержимого внесли по 50 см³ раствора Б модельной воды. Герметично закрытые банки тщательно перемешали и поместили в термостат на 6 ч при температуре 75 °С.

После термостатирования профильтровали растворы через фильтры марки «синяя лента» в горячем виде в конические колбы вместимостью 250 см³ и охладили до комнатной температуры.

В фильтрате определяли остаточное содержание катионов кальция. Для этого отобрали по 1–5 см³ каждого фильтрата, количественно перенесли их в конические колбы, добавили по 30 см³ дистиллированной воды, по 2 см³ раствора NaOH с массовой долей 8 %, добавили по 0,1–0,3 г индикатора мурексид. Полученный раствор титровали при сильном перемешивании раствором трилона Б (0,025; 0,1 моль/дм³) до перехода окраски от малинового до фиолетового цвета.

На втором этапе были проведены аналогичные действия, но с добавлением к ИСО лимонной кислоты. Лимонную кислоту необходимой концентрации приливали после внесения ингибитора солеотложений.

В связи с тем, что ИСО № 1 показал слабую эффективность, для оценки влияния ЛК на эффективность ИСО была выбрана его максимальная дозировка – 100 г/т, а для ИСО № 2 – 50 г/т, т.к. в данной концентрации, согласно исследованиям [11, 12], ингибитор совместно с ЛК проявляет большую эффективность. Концентрации ЛК – 30, 50, 70, 100 мг/дм³.

Эффективность ингибитора Э, %, предотвращающего выпадение осадков карбоната кальция, определили по формуле:

$$\text{Э} = \frac{C_x - C_0}{\frac{C_{\text{исх}}}{2} - C_0} \cdot 100, \quad (1)$$

где C_x – количество трилона Б, используемого для титрования ионов Ca^{2+} в фильтрате, содержащем ингибитор, см³;

C_0 – количество трилона Б, используемого для титрования ионов Ca^{2+} в фильтрате, не содержащем ингибитор, см³;

$C_{\text{исх}}$ – количество трилона Б, используемого для титрования ионов Ca^{2+} в растворе Б модельной воды, см³.

Результаты расчетов приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2. Эффективность действия ИСО в модельной пластовой воде

Table 2. The SDI effectiveness in formation water model

	Содержание ингибитора (гексаметофосфат натрия), г/т				
	30	40	50	70	100
Эффективность действия ИСО № 1 (Э ₁ , %)	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Эффективность действия ИСО № 2 (Э ₂ , %)	7,2	9,5	11,7	18,0	31,5

Таблица 3. Эффективность совместного действия ИСО и ЛК в модельной пластовой воде

Table 3. The SDI and CA joint action effectiveness in formation water model

	Содержание ингибитора (гексаметофосфат натрия/ИОМС) + ЛК, г/т			
	100/50 + 30	100/50 + 50	100/50 + 70	100/50 + 100
Эффективность действия ИСО № 1 ($\mathcal{E}_{1+ЛК}$, %)	3,6	11,7	18,0	29,7
Эффективность действия ИСО № 2 ($\mathcal{E}_{2+ЛК}$, %)	46,8	62,2	65,8	75,7

На основе полученных данных были построены графики зависимости эффективности действия ИСО от концентрации. На рисунке 1 представлена эффективность действия ИСО № 1 и ИСО № 2 в модели пластовой воды при различных концентрациях.

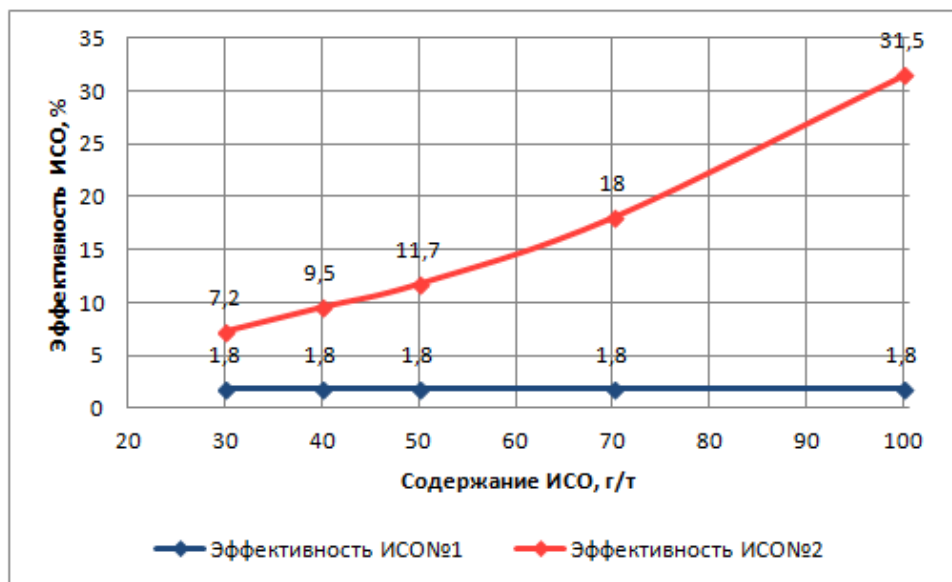


Рисунок 1. Эффективность действия ингибиторов солеотложений в модели пластовой воды

Figure 1. The of salt deposition inhibitors effectiveness in the formation water model

Анализ графиков, представленных на рисунке 1, свидетельствует о том, что эффективность действия ИСО № 2 увеличивается с увеличением концентрации, а ИСО № 1 – не изменяется.

В результате оценки эффективности ИСО № 1 на модели пластовой воды было выявлено, что ИСО № 1 малоэффективен в дозировках 30–100 г/т. Эффективность составила 1,8 %.

При исследовании ИСО № 2 было определено, что с увеличением дозировки ингибитора эффективность увеличивалась. В дозировке 100 г/т она составила 31,5 %.

На рисунке 2 представлена эффективность действия ИСО № 1 и ИСО № 2 с добавлением ЛК различной концентрации.

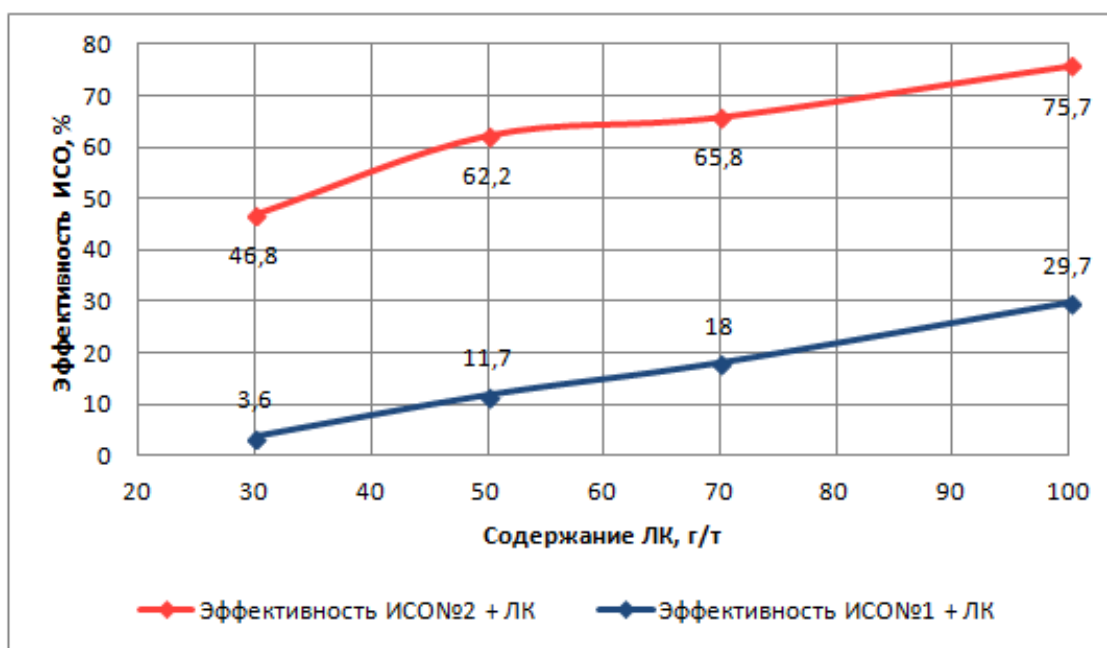


Рисунок 2. Эффективность совместного действия ИСО и ЛК в модели пластовой воды

Figure 2. The SDI and AC joint action effectiveness in the formation water model

Из анализа графиков рисунка 2 видно, что с увеличением концентрации ЛК эффективность действия ИСО и ЛК увеличивается в обоих случаях.

Таким образом, было определено влияние лимонной кислоты на эффективность ИСО в пластовых водах с высоким содержанием ионов кальция.

Согласно полученным результатам установлено, что увеличение концентрации ЛК позволяет повысить эффективность ИСО (18 %). Для ИСО № 1 в концентрации 70 г/т эффективность увеличилась в 10 раз. Для ИСО № 2 – увеличилась в 7 раз и составила 75,7 % в концентрации ИСО 50 г/т + ЛК 100 г/т.

Выводы

Проведенные лабораторные исследования позволили установить, что лимонная кислота оказывает положительное влияние на эффективность действия ингибитора солеотложений, причем с увеличением концентрации ЛК увеличивается защитный эффект ИСО. Наибольшее влияние на эффективность ИСО оказывает ЛК, взятая в концентрации 100 г/т.

На основе полученных данных можно предложить применение лимонной кислоты в качестве соингибитора солевых отложений для повышения промышленной безопасности. Рекомендуется ее применение на месторождениях с высоким содержанием ионов кальция в пластовой воде, таких как Приобское и Ванкорское.

Список источников

1. Хайдарова Г.Р., Тюсенков А.С., Бугай Д.Е., Раскильдина Г.З., Исламутдинова А.А., Сидоров Г.М. Разработка и испытание свойств ингибиторов коррозии на основе четвертичных аммониевых соединений // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. 2018. Т. 61, № 7. С. 130-136. DOI: 10.6060/ivkkt.20186107.5710. EDN: XZUECL.

2. Sliem M.H., Fayyad E.M., Abdullah A.M., Younan N.A., Al-Qahtani N., Nabhan F.F., Ramesh A., Laycock N., Ryan M.P., Maqbool M., Arora D. Monitoring of Under Deposit Corrosion for the Oil and Gas Industry: A Review // Journal of Petroleum Science and Engineering. 2021. Vol. 204. Article No. 108752. DOI: 10.1016/J.PETROL.2021.108752.

3. Фархутдинова А.И., Яркеева Н.Р. Анализ пластовых вод и прогнозирование выпадения солей на примере нефтяного месторождения Восточной Сибири // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2022. № 1 (17). С. 38-44. EDN: VWWPFM.

4. Nasibullina O.A., Tyusenkov A.S. Electronic and Microscopic Researches of Dislocation Structure of Metal Near Crack Top // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 537. Article No. 22023. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022023.

5. Соболева Е.В., Соболева Т.И. Отложения солей на внутрискважинном оборудовании: причины их появления и методы борьбы с ними // Нефтепромысловое дело. 2017. № 7. С. 42-47. EDN: YTYCTL.

6. Чибисов А.В, Чижов А.П., Ефимов Е.Р. Предотвращение осложнений в системе «скважина-нефтепромысловое оборудование сбора нефти» // Нефтегазовые технологии и новые материалы. Проблемы и решения: сб. науч. тр. Уфа: Монография, 2016. Т. 5 (10). С. 148-153. EDN: VXUCKN.

7. Фаритов А.Т., Рождественский Ю.Г., Ямщикова С.А., Минниханова Э.Р., Тюсенков А.С. Совершенствование метода линейного поляризационного сопротивления для испытаний ингибиторов коррозии стали // Металлы. 2016. № 6. С. 36-43. EDN: ХВОРКV.

8. Хайдарова Г.Р., Исанбердина Л.Р., Тюсенков А.С., Кононов Д.В., Бугай Д.Е. Ингибиторы на основе четвертичных аммониевых соединений для защиты нефтегазового оборудования от коррозии // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2016. Вып. 4 (106). С. 74-84. EDN: ХЕJODV.

9. Бриков А.В., Маркин А.Н. Нефтепромысловая химия: Практическое руководство по борьбе с образованием солей. М.: Де`Либри, 2018. 335 с. EDN: YXBEAX.

10. РД 39-0148070-026 ВНИИ-86. Технология оптимального применения ингибиторов солеотложения. Тюмень: СибНИИИП, 1986. 50 с.

11. Абдрахманова К.Н., Дягилев И.А., Абдрахманов Н.Х., Шайбаков Р.А. Проблемы защиты от коррозии при эксплуатации трубопроводных систем и оборудования нефтегазовой отрасли // Безопасность техногенных и природных систем. 2020. № 3. С. 39-46. DOI: 10.23947/2541-9129-2020-3-39-46. EDN: CZPSHO.

12. Хафизов Ф.Ш., Хафизов И.Ф., Вечко Д.М., Сподарец В.В. Лабораторное исследование эффективности ингибиторной защиты нефтепромыслового оборудования // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Вып. 3 (109). С. 173-178. EDN: ZHFAST.

References

1. Khaidarova G.R., Tyusenkov A.S., Bugai D.E., Raskildina G.Z., Islamutdinova A.A., Sidorov G.M. Razrabotka i ispytanie svoystv ingibitorov korrozii na osnove chetvertichnykh ammonievnykh soedinenii [Development and Testing of Properties of Corrosion Inhibitors Based on Quaternary Ammonium Compounds]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya: Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya – ChemChemTech*, 2018, Vol. 61, No. 7, pp. 130-136. DOI: 10.6060/ivkkt.20186107.5710. EDN: XZUECL. [in Russian].

2. Sliem M.H., Fayyad E.M., Abdullah A.M., Younan N.A., Al-Qahtani N., Nabhan F.F., Ramesh A., Laycock N., Ryan M.P., Maqbool M., Arora D. Monitoring of Under Deposit Corrosion for the Oil and Gas Industry: A Review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2021, Vol. 204, Article No. 108752. DOI: 10.1016/J.PETROL.2021.108752.

3. Farkhutdinova A.I., Yarkееva N.R. Analiz plastovykh vod i prognozirovaniye vypadeniya solei na primere neftyanogo mestorozhdeniya Vostochnoi Sibiri [Analysis of Produced Water and Prediction of Salt Precipitation in the Example of the Eastern Siberia Oil Field]. *Vestnik molodogo uchenogo UGNTU – Vestnik Molodogo Uchenogo USPTU*, 2022, No. 1 (17), pp. 38-44. EDN: VWWPFM. [in Russian].

4. Nasibullina O.A., Tyusenkov A.S. Electronic and Microscopic Researches of Dislocation Structure of Metal Near Crack Top. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019, Vol. 537, Article No. 22023. DOI: 10.1088/1757-899X/537/2/022023.

5. Soboleva E.V., Soboleva T.I. Otlozheniya solei na vnutriskvazhinnom oborudovanii: prichiny ikh poyavleniya i metody bor'by s nimi [Salts Sedimentation on Intra-Well Equipment: Causes of Their Occurrence and Methods of Their Elimination]. *Neftepromyslovoe delo – Oilfield Engineering*, 2017, No. 7, pp. 42-47. EDN: YTYCTL. [in Russian].

6. Chibisov A.V, Chizhov A.P., Efimov E.R. Predotvrashchenie oslozhnenii v sisteme «skvazhina-neftepromyslovoe oborudovanie sbora nefti» [Prevention of Complications in the «Well-Collecting Oil Equipment»]. *Sbornik nauchnykh trudov «Neftegazovye tekhnologii i novye materialy. Problemy i resheniya»* [Collection of Scientific Papers «Oil and Gas Technologies and New Materials. Problems and Solutions»]. Ufa, Monografiya Publ., 2016, Vol. 5 (10), pp. 148-153. EDN: VXUCKN. [in Russian].

7. Faritov A.T., Rozhdestvenskii Yu.G., Yamshchikova S.A., Minnikhanova E.R., Tyusenkov A.S. Sovershenstvovanie metoda lineinogo polyarizatsionnogo soprotivleniya dlya ispytaniy ingibitorov korrozii stali [Improvement of the Linear Polarization Resistance Method for Testing Steel Corrosion Inhibitors]. *Metally – Metally*, 2016, No. 6, pp. 36-43. EDN: XBOPKV. [in Russian].

8. Khaidarova G.R., Isanberdina L.R., Tyusenkov A.S., Kononov D.V., Bugai D.E. Ingibitory na osnove chetvertichnykh ammonievnykh soedinenii dlya zashchity neftegazovogo oborudovaniya ot korrozii [Inhibitors Based on Quaternary Ammonium Compounds for the Anti-Corrosive Protection of Oil and Gas Equipment]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2016, Issue 4 (106), pp. 74-84. EDN: XEJODB. [in Russian].

9. Brikov A.V., Markin A.N. *Neftepromyslovaya khimiya: Prakticheskoe rukovodstvo po bor'be s obrazovaniem solei* [Oilfield Chemistry: A Practical Guide to Salt Control]. Moscow, De`Libri Publ., 2018. 335 p. EDN: YXBEAX. [in Russian].

10. RD 39-0148070-026 VNII-86. *Tekhnologiya optimal'nogo primeneniya ingibitorov soleotlozheniya* [RD 39-0148070-026 VNII-86. Technology for Optimal Use of Scale Inhibitors]. Tyumen, SibNIINP Publ., 1986. 50 p. [in Russian].

11. Abdrakhmanova K.N., Dyagilev I.A., Abdrakhmanov N.Kh., Shaibakov R.A. Problemy zashchity ot korrozii pri ekspluatatsii truboprovodnykh sistem i oborudovaniya neftegazovoi otrasli [Problems of Corrosion Protection During Safe Operation of Pipeline Systems And Equipment of Oil and Gas Industry]. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnykh sistem – Safety of Technogenic and Natural Systems*, 2020, No. 3, pp. 39-46. DOI: 10.23947/2541-9129-2020-3-39-46. EDN: CZPSHO. [in Russian].

12. Khafizov F.Sh., Khafizov I.F., Vechko D.M., Spodarets V.V. Laboratornoe issledovanie effektivnosti ingibitornoj zashchity neftepromyslovogo oborudovaniya [Laboratory Study of Inhibitor Efficiency for Oilfield Equipment]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov – Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2017, Issue 3 (109), pp. 173-178. EDN: ZHFAST. [in Russian].

Информация об авторах**Information about the authors**

Савичева Юлия Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Yulia N. Savicheva, Candidate of Engineering Sciences, Assistant Professor of Industrial Safety and Labour Protection Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

ufa.savjulia@gmail.com

Михеева Дарья Сергеевна, магистрант кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Daria S. Mikheeva, Undergraduate Student of Industrial Safety and Labour Protection Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

dashulya_mikheeva@mail.ru

Габдрахманова Римма Рахиловна, магистрант кафедры «Промышленная безопасность и охрана труда», Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

Rimma R. Gabdrakhmanova, Undergraduate Student of Industrial Safety and Labour Protection Department, Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

rimmaam@rambler.ru

Статья поступила в редакцию 21.03.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023; принята к публикации 31.03.2023. 8

The article was submitted 31.10.2022; approved after reviewing 28.03.2023; accepted for publication 31.03.2023.