ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИИ КОНТАКТНОЙ ПАРЫ СТАЛЕЙ 09Г2С/12Х18Н10Т В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДАХ КОЛОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

STUDY OF THE CORROSION OF CONTACT STEEL VAPORS 09Mn2Si/12Cr18Ni10Ti IN THE PROCESS MEDIA OF THE COLUMN EQUIPMENT

Д. Р. Латыпова
Dina R. Latypova

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

Д. Е. Бугай
Dmitry E. Bugai

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

О. Р. Латыпов
Oleg R. Latypov

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В. Н. Рябухина
Vera N. Ryabukhina

Уфимский государственный
нефтяной технический
университет,
г. Уфа, Российская Федерация

Ufa State Petroleum
Technological University,
Ufa, Russian Federation

В технологической среде при переработке нефти может присутствовать небольшая концентрация глобул воды в качестве остатков устойчивой эмульсии растворенных газов и солей. Основной вред причиняют кислые газы — диоксид углерода и сероводород. Наибольшую опасность представляет их одновременное присутствие в технологической среде. Эти газы, адсорбируясь из влажной пленки на металлической поверхности, являются промоторами катодной реакции водородной деполяризации низколегированных сталей. Их одновременное воздействие на металл провоцирует образование растворимого продукта коррозии — гидрокарбоната железа. В связи с этим исследование механизма разрушения коррозионно-стойкого плакирующего покрытия на поверхности низколегированной стали в условиях воздействия кислых компонентов технологических сред нефтепереработки является актуальной задачей прикладного материаловедения.

Исследован процесс контактной коррозии пары 09Г2С/12Х18Н10Т в модельной коррозионной среде, насыщенной диоксидом углерода, гравиметрически методом и с помощью визуального осмотра плакированных образцов из стали 09Г2С, а также образцов из аустенитной нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

Установлено, что в модельной среде образцы из стали 09Г2С в ходе общей коррозии покрывались пленкой карбонатов железа, образование которой вызвано присутствием диоксида углерода. Контактное взаимодействие сталей 09Г2С и 12Х18Н10Т способствовало развитию локальных видов коррозии — точечной и язвенной. При этом в качестве анода выступали образцы-свидетели из стали 09Г2С, скорость

Ключевые слова

коррозионно-стойкая сталь;
оборудование нефтепереработки;
контактная коррозия; диоксид
углерода; коррозионная язва;
технологическая среда

коррозии которых существенно увеличивалась (в среднем в 3 раза) по сравнению со скоростью коррозии бесконтактных образцов низколегированной стали в аналогичной модельной среде.

Показано протомтирующее влияние диоксида углерода на скорость контактной коррозии низколегированной стали и ее кинетику.

In the process media during oil refining, a small content of water globules may be present as residues of a stable emulsion, gases and salts dissolved in it. The main harm is caused by acid gases — carbon dioxide and hydrogen sulfide. The greatest danger is posed by their simultaneous presence in the process media. These gases, adsorbed in a wet film on a metal surface, are catalysts for the cathodic reaction of hydrogen depolarization of low-alloy steel. Their simultaneous action provokes selective processes with the formation of soluble corrosion products — iron bicarbonate.

In this regard, the study of the destruction of a corrosion-resistant cladding layer on the surface of low-alloy steel under the action of acidic components of the process media of oil refining is an urgent task.

The process of contact corrosion of a 09Mn2Si/12Cr18Ni10Ti contact pair in a carbon dioxide media was investigated using gravimetric tests and visual inspection in a model corrosive media saturated with carbon dioxide using a setup with a Wolff flask. The tests were carried out on samples of steel a 09Mn2Si, as well as in contact with stainless steel 12Cr18Ni10Ti in a model of formation water containing carbon dioxide. The study made it possible to establish that in a corrosion solution, steel samples were covered with a film of iron carbonates caused by the presence of carbon dioxide. General corrosion was observed. The contact of 09G2S steels with 12Cr18Ni10Ti promoted the development of local types of corrosion — pitting. In a cassette upon contact of steel samples with stainless steel samples, where steel witness samples act as the anode, the corrosion rate of which increases significantly (3 times) compared to the corrosion rate of steel samples in a standard cassette without contact in a similar media.

The promoting effect of carbon dioxide on the rate of contact corrosion of low-alloy steel and its kinetics is shown.

Коррозия оборудования нефтепереработки, контактирующего с агрессивными средами, вызывает значительные экономические потери, приводит к авариям и загрязнению окружающей среды. Наибольшее число отказов на объектах нефтеперерабатывающих предприятий связано с присутствием в рабочей среде сероводорода, диоксида углерода и хлороводорода [1–6]. Для высокотемпературного оборудования атмосферной и атмосферно-вакуумной колонн основную опасность представляет конденсат водяного пара с этими газами. В присутствии конденсирующихся угольной и соляной кислот нержавеющие стали аустенитного класса типа 12X18H10T подвержены язвенной и питтинговой коррозии, а также хлоридному коррозионному растрескиванию [3, 7–9]. Скорость коррозии металла возрастает во много раз, когда в рабочей среде оборудования вместе с диоксидом углерода и соляной кислотой присутствует сероводород [1, 3, 6, 7, 10]. В таких условиях на поверхности стали аустенитного класса в течение недели могут появиться коррозионные язвы глубиной 2–4 мм, что в

Key words

corrosion-resistant steel;
oil refining equipment;
contact corrosion; carbon dioxide;
pitting; process media

случае использования этой стали в качестве плакирующего покрытия представляет особую опасность, так как разрушение плакирующего слоя способствует контакту углеродистой стали с агрессивной средой [3–8]. Контактная коррозия имеет место при взаимодействии металлов, обладающих различными электродными потенциалами, и может развиваться, когда отличие электродных потенциалов вызвано применением пайки или сварки при конструировании оборудования даже из одного и того же металла [9–15]. Контактная коррозия образующегося гальванического элемента ускоряется при воздействии температуры, которая может быть столь значительна, что на одних участках металла образуются потенциалы пассивной, а на других — активной области [16–21]. Остаточные механические напряжения, приводящие к изменению электрохимических свойств металла, также способствуют инициированию контактной коррозии даже при соединении деталей из одного и того же металла, но отличающихся механической обработкой поверхности [22–24].

Электропроводящая коррозионная среда, попадая в язвы лакированного покрытия, приводит к формированию макрогальванопар «углеродистая сталь — нержавеющая сталь», что еще больше ускоряет коррозионный процесс [1, 3, 12, 14].

Исследовали процесс контактной коррозии сталей 09Г2С и 12Х18Н10Т, которые чаще всего используются в качестве конструкционных материалов при изготовлении атмосферных и атмосферно-вакуумных колонн. Методика исследований заключалась в определении потери массы образцов-свидетелей при экспозиции в модельной коррозионной среде. Лабораторные испытания выполняли гравиметрическим методом согласно ГОСТ 9.506-87 и ГОСТ 9.502-82 на цилиндрических образцах, выполненных из низколегированной углеродистой стали 09Г2С с лакирующим покрытием из нержавеющей аустенитной стали 12Х18Н10Т.

Для проведения испытаний в динамических условиях при атмосферном давлении использовали установку, обеспечивающую в течение определенного промежутка времени поддержание стабильного уровня регистрируемых параметров в соответствии с заданной программой, постоянство объема и состава модельной среды, возможность продувки установки инертным газом с целью деаэрации и дальнейшего насыщения диоксидом углерода, а также термостатирование.

Для испытания цилиндрических образцов применяли установку с колбой Вульфа (рисунок 1). Образцы жестко закрепляли для исключения вибрации и обеспечения свободного контакта с модельной средой.

Скорость течения среды относительно образцов составляла 1 м/с. Конструкция установки обеспечивала свободную разборку узлов и деталей, соприкасающихся со средой, с целью их промывки после испытаний и исключения возможности развития контактной и щелевой коррозии между образцами, деталями крепления образцов и самими образцами, а также между стенками установки и образцами. Для взаимной изоляции образцов использовали фторопластовые прокладки.

1 — пробка; 2 — стеклянная ячейка (колба Вульфа, 3 л) с моделью пластовой воды; 3 — стеклянная трубка; 4 — кассета с образцами-свидетелями; 5 — резиновая пробка с иглой для ввода ингибитора; 6 — резиновая пробка с трубкой для продувки диоксидом углерода; 7 — перемешивающий элемент (якорь); 8 — магнитная мешалка с регулируемым подогревом

Рисунок 1. Установка с колбой Вульфа в сборе

На рисунке 2 представлены кассеты с образцами-свидетелями в модельной среде.

Для испытаний подготовили модель пластовой воды ($NaHCO_3$ — 0,08 г/дм³; $NaCl$ — 24 г/дм³), через которую барботировали диоксид углерода.

Результаты гравиметрических испытаний цилиндрических образцов в модели пластовой воды представлены в таблице 1. Скорость коррозии рассчитывали для анодных образцов.

При проведении контрольных испытаний в среде, содержащей диоксид углерода, образцы из стали 09Г2С, как и ожидалось, покрывались пленкой карбонатов железа $FeCO_3$ (рисунок 3). Наблюдалась общая коррозия металла.

Однако соприкосновение образцов углеродистой и нержавеющей сталей спровоцировало их контактную коррозию (рисунок 4).

Таблица 1. Результаты гравиметрических испытаний цилиндрических образцов из стали 09Г2С в модели пластовой воды

Вид образца	S , м ²	Km , г/м ² · ч	P , мм/год
Контроль	5×10^{-4}	0,6075	0,6762
В контакте	5×10^{-4}	1,7520	1,9501

а)

б)

а) контрольные образцы; б) с нержавеющей сталью

Рисунок 2. Кассета с образцами-свидетелями из стали 09Г2С в колбе Вульфа

Рисунок 3. Наличие пленки карбоната железа на образцах-свидетелях из стали 09Г2С после испытаний

а)

б)

а) до испытания; б) после испытания

Рисунок 4. Образцы-свидетели из стали 09Г2С с плакирующим покрытием из нержавеющей стали 12Х18Н10Т

После испытания на образцах из стали 09Г2С наблюдали проявления локальных видов коррозии — точечной и язвенной (рисунок 5).

Рисунок 5. Локальная коррозия образцов из низколегированной стали (слева — язвенная, справа — точечная)

Рисунок 6. Результаты гравиметрических испытаний цилиндрических образцов из стали 09Г2С в модели пластовой воды

Установлено, что при контакте образцов из сталей 09Г2С и 12Х18Н10Т анодом являются образцы из низколегированной стали, скорость коррозии которых существенно увеличивается (в среднем в 3 раза) по сравнению с опытами в отсутствие такого контакта.

Выводы

1. Показано, что в модельной коррозионной среде, имитирующей по своему составу технологические среды атмосферной и атмосферно-вакуумной колонн, образцы из углеродистой низколегированной стали 09Г2С подвергаются общей коррозии с образованием покровных пленок карбоната железа FeCO_3 вследствие присутствия в среде диоксида углерода. Данная пленка способна достаточно эффективно защищать металлическую поверхность, существенно уменьшая диффузию кор-

розионно-активных компонентов среды к поверхности углеродистой стали.

2. Установлено, что при наличии в технологической среде ионов, вызывающих питтингообразование у аустенитных нержавеющих сталей типа 12Х18Н10Т (например ионов хлора), нецелесообразно применять низколегированные углеродистые стали, плакированные нержавеющими сталями, по причине возможной пенетрации плакирующего покрытия. Возникает опасность образования в коррозионной среде макрогальванопар «углеродистая низколегированная сталь 09Г2С — высоколегированная нержавеющая сталь 12Х18Н10Т», инициирующих активную контактную коррозию. Показано, что при этом на поверхности стали 09Г2С происходит развитие локальных видов коррозии — точечной и язвенной.

Выявлено, что роль анода в данном случае выполняет сталь 09Г2С, и ее скорость коррозии существенно увеличивается (в среднем в 3 раза) по сравнению с вариантом применения в качестве конструкционного материала низколегированной стали без плакирующего покрытия. Таким образом, при изготовлении колон-

ного оборудования применение строительных сталей, плакированных аустенитными нержавеющими сталями, нецелесообразно не только с экономической точки зрения, но и чревато последствиями локальной коррозии, приводящей к практически непрогнозируемому разрушению металла.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Латыпова Д.Р. Контактная коррозия плакированного слоя атмосферной колонны // Современные технологии в образовании и промышленности: от теории к практике: матер. II Внутривуз. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2018. С. 165–167.

2. Алцыбеева А.И., Бурлов В.В., Кузинова Т.М., Соколов В.Л., Решетников С.М. Питтинговая коррозия сталей в условиях первичной переработки нефти // Коррозия: материалы, защита. 2009. № 3. С. 6–0.

3. Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Влияние электродного потенциала на глубину проникновения питтинговой коррозии в поверхностные структуры плакированной стали // Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал. 2018. Т. 10. № 3. С. 167–178. URL: http://nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-3-2018/167-178.pdf (дата обращения: 15.04.2020). DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-3-167-178.

4. Щербakov А.И., Касаткина И.В., Паличева А.С., Залавутдинов Р.Х., Дорофеева В.Н. Питтинговая коррозия дуплексной стали 08Х21Н6М2Т в нейтральной хлоридной среде при производстве калийных удобрений // Коррозия: материалы, защита. 2017. № 9. С. 31–36.

5. Глазов Н.Н., Ухловцев С.М., Реформатская И.И., Подобаев А.Н., Ащеулова И.И. Контактная коррозия стали 3, вызванная различием условий аэрации или концентрации хлоридов // Защита металлов. 2006. Т. 42. № 1. С. 43–51.

6. Степанов К.И., Волкова О.В. Контактная и щелевая коррозия конструкционных материалов в условиях работы высокотемпературного генератора абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин // Холодильная техника и кондиционирование. 2013. № 1. С. 9–14.

7. Овчинникова В.В., Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Щелевая коррозия нефтезаводского оборудования в условиях действия ионов хлора // Матер. 68 науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 Кн. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. Кн. 1. С. 365.

8. Киселев В.Г., Медяный С.А. Основные закономерности влияния скачка потенциала между двумя металлами на их контактную коррозию // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 89–96.

9. Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Исследование питтинговой коррозии колонного оборудования, выполненного из коррозионностойкой стали // Современные технологии: достижения и инновации: матер. II Всеросс. науч.-практ. конф. Уфа: Изд-во «Нефтегазовое дело», 2020. С. 210–212.

10. Стариков А.Н., Карцева Е.В., Брыль И.Б. Способ снижения контактной коррозии // Образование и наука в современных условиях: матер. международ. науч.-практ. конф. 2015. № 4 (5). С. 219–221.

11. Чумало Г.В., Дацко Б.М., Ивашкин В.Р., Юркевич Р.М., Лужецкий В.С. Исследование контактной коррозии разнородных сталей в сероводородных средах // Наукові нотатки. 2016. № 56. С. 181–186.

12. Калимуллина Э.Р., Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р., Бугай Д.Е. Развитие контактной коррозии в кислородосодержащих минерализованных средах // Матер. 68 науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 Кн. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. Кн. 1. С. 352.

13. Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Шаповалов Г.Г., Чесноков Д.В. Полимерные составы для защиты от контактной коррозии // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 4 (49). С. 70–76. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-4-70-76.

14. Калимуллина Э.Р., Латыпова Д.Р., Латыпов О.Р. Предупреждение контактной коррозии теплообменного оборудования в кислородосодержащих минерализованных средах // Современные технологии в нефтегазовом деле — 2017: матер. Междунар. науч.-техн. конф.: В 2 Т. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. Т. 1. С. 357–359.

15. Рева Ю.В. Методы и способы борьбы с контактной коррозией // Проблемы управления рисками в техносфере. 2019. № 4 (52). С. 28–32.

16. Музафаров Р.Н., Черепашкин С.Е., Тюсенков А.С. Исследование контактной коррозии // Матер. 71 науч.-технич. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: В 2 Т. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2020. Т. 2. С. 247.

17. Жук Н.С., Арапов И.С., Чурилов Д.Г. Контактная коррозия в системах охлаждения // Матер. 5-й Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. Курск: 2020. С. 171–176.

18. Burashnikova M.M., Kazarinov I.A., Zotova I.V. Nature of Contact Corrosion Layers on Lead Alloys: a Study by Impedance Spectroscopy // Journal of Power Sources. 2012. Vol. 207. P. 19–29. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2011.12.042.

19. Tyusenkov A.S. Chemical Resistance of Steel 13CrV (rus 13ХФА) // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. 2017. Vol. 52. Issue 4. P. 766–772.

20. Kostitsyna I., Shakhmatov A., Davydov A. Study of Corrosion Behavior of Carbon and Low-Alloy Steels in CO₂-Containing Environments // Materials of E3S Web of Conferences. 2019. Vol. 121. Article Number 04006. DOI: 10.1051/e3sconf/201912104006.

21. Латыпова Д.Р. Влияние температуры водносолевого раствора на развитие питтинговой коррозии // Нефтегазовое дело. 2019. Т. 17. № 3. С. 68–73. DOI: 10.17122/ngdelo-2019-3-68-73.

22. Xi J.J., Yang N., Zhao J. The Application of Electrical Contact Resistance Test in Corrosion Characterization // Advanced Materials Research. 2011. Vol. 337. P. 747–750. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.337.747.

23. Муканова С.С., Латыпова Д.Р., Бугай Д.Е. Влияние температуры на скорость питтинговой коррозии нефтеперерабатывающего оборудования, выполненного из нержавеющей сталей // Матер. 69-й науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ: В 2 т. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. Т. 1. С. 409.

24. Вердиев С.Ч., Тагирли Г.М., Агаларова Т.А., Гусейнова А.С., Велиева С.М., Джафарова С.З., Мамедова С.Р. Ингибирование контактной коррозии металлов в пресной воде смесями окислителей и аминов // *Kimya Problemleri*. 2019. Т. 17. № 3. С. 465–469. DOI: 10.32737/2221-8688-2019-3-465-469.

REFERENCES

1. Latypova D.R. Kontaktnaya korroziya plakirovanogo sloya atmosfernoi kolonny [Contact Corrosion of the Clad Layer of the Atmospheric Column]. *Materialy II Vnutrivuzovskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennye tekhnologii v obrazovanii i promyshlennosti: ot teorii k praktike»* [Materials of the II Intrauniversity Scientific-Practical Conference «Modern Technologies in Education and Industry: from Theory to Practice»]. Ufa, «Neftegazovoe delo» Publ., 2018, pp. 165–167. [in Russian].

2. Altsybeeva A.I., Burlov V.V., Kuzinova T.M., Sokolov V.L., Reshetnikov S.M. Pittingovaya korroziya stali v usloviyakh pervichnoi pererabotki nefti [Pitting corrosion of Steels Under Conditions of Primary Oil Refining]. *Korroziya: materialy, zashchita — Korroziya: Materialy, Zashchita*, 2009, No. 3, pp. 6–10. [in Russian].

3. Latypova D.R., Latypov O.R., Bugai D.E. Vliyanie elektrodnoogo potentsiala na glubinu proniknoveniya pittin-govoi korrozii v poverkhnostnye struktury plakirovannoi stali [Influence of Electrode Potential on the Depth of Pitting Corrosion in the Surface Structures of Placed Steel]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: nauchnyi internetzhurnal — Nanotechnologies in Construction: A Scientific Internet-Journal*, 2018, Vol. 10, No. 3, pp. 167–178. URL: http://nanobuild.ru/en_EN/journal/Nanobuild-3-2018/167-178.pdf (accessed 15.04.2020). DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-3-167-178. [in Russian].

4. Shcherbakov A.I., Kasatkina I.V., Palicheva A.S., Zalavutdinov R.Kh., Dorofeeva V.N. Pittingovaya korroziya dupleksnoi stali 08Kh21N6M2T v neutral'noi khloridnoi srede pri proizvodstve kaliinykh udobrenii [Duplex Steel 08X21H6M2T Pitting Corrosion in Neutral Chloride During Production of Potash Fertilizers]. *Korroziya: materialy, zashchita — Korroziya: Materialy, Zashchita*, 2017, No. 9, pp. 31–36. [in Russian].

5. Glazov N.N., Ukhlovtssev S.M., Reformatskaya I.I., Podobaev A.N., Ashcheulova I.I. Kontaktnaya korroziya stali 3, vyzvannaya razlichiem uslovii aeratsii ili kontsen-tratsii khloridov [Contact Corrosion of Steel 3 Caused by its Different Aeration or Chloride Concentration Conditions]. *Zashchita metallov — Protection of Metals*, 2006, Vol. 42, No. 1, pp. 43–51. [in Russian].

6. Stepanov K.I., Volkova O.V. Kontaktnaya i shchel-evaya korroziya konstruktivnykh materialov v usloviyakh raboty vysokotemperaturnogo generatara absorbtionnykh bromistolitievnykh kholodil'nykh mashin [Contact and Crevice Corrosion of Structural Materials Under Operating Conditions of a High-Temperature Generator of Absorption Lithium Bromide Refrigerating Machines]. *Kholodil'naya*

tekhnika i konditsionirovanie — Refrigeration and Air Conditioning, 2013, No. 1, pp. 9–14. [in Russian].

7. Ovchinnikova V.V., Latypova D.R., Latypov O.R., Bugai D.E. Shchelevaya korroziya neftezavodskogo oboru-dovaniya v usloviyakh deistviya ionov khlora [Crevice Corrosion of Refinery Equipment Under the Influence of Chlorine Ions]. *Materialy 68 nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh UGNTU: in 2 kn.* [Proceedings of 68 Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists of USPTU: in 2 books]. Ufa, UGNTU Publ., 2017, book 1, pp. 365. [in Russian].

8. Kiselev V.G., Medyani S.A. Osnovnye zakono-mernosti vliyaniya skachka potentsiala mezhdvumyami metallami na ikh kontaktnuyu korroziyu [Between the Two Metals to their Contact Corrosion Basic Regularities of Influence Potential Jump]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh za-vedenii. Problemy energetiki — Power Engineering: Research, Equipment, Technology*, 2013, No. 9-10, pp. 89–96. [in Russian].

9. Latypova D.R., Latypov O.R., Bugai D.E. Issledovanie pittin-govoi korrozii kolonnogo oborudovaniya, vypolnennogo iz korroziionostoikoi stali [Investigation of Pitting Corrosion of Column Equipment Made of Corrosion-Resistant Steel]. *Materialy II Vserossiiskoi nauchno-prak-ticheskoi konferentsii «Sovremennye tekhnologii: dostizheniya i innovatsii»* [Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Conference «Modern Technologies: Achievements and Innovations»]. Ufa, «Neftegazovoe delo» Publ., 2020, pp. 210–212. [in Russian].

10. Starikov A.N., Kartseva E.V., Bryl I.B. Sposob snizheniya kontaktnoi korrozii [Method for Reducing Contact Corrosion]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Obrazovanie i nauka v sovremennykh usloviyakh»* [Materials of International Scientific and Practical Conference «Education and Science in Modern Conditions»]. 2015, No. 4 (5), pp. 219–221. [in Russian].

11. Chumalo G.V., Datsko B.M., Ivashkevich V.R., Yurkevich R.M., Luzhetskii V.S. Issledovanie kontaktnoi korrozii raznorodnykh staley v serovodorodnykh sredakh [Investigation of Contact Corrosion of the Different Types of Steels in Hydrogen Sulfide Environments]. *Naukovi notatki — Scientific Notes*, 2016, No. 56, pp. 181–186. [in Russian].

12. Kalimullina E.R., Latypova D.R., Latypov O.R., Bugai D.E. Razvitie kontaktnoi korrozii v kislorodosoder-zhashchikh mineralizovannykh sredakh [Development of Contact Corrosion in Oxygen-Containing Mineralized Environments]. *Materialy 68 nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh UGNTU: in 2 kn.* [Proceedings of 68 Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists of USPTU: in 2 books]. Ufa, UGNTU Publ., 2017, book 1, pp. 352. [in Russian].

13. Kuznetsova V.A., Semenova L.V., Shapovalov G.G., Chesnokov D.V. Polimernye sostavy dlya zashchity ot kontaktnoi korrozii [Polymeric Compositions for Protection Against Contact Corrosion]. *Aviatsionnye materialy i tekhnologii — Aviacionnye Materialy i Tekhnologii*, 2017, No. 4 (49), pp. 70–76. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-4-70-76. [in Russian].

14. Kalimullina E.R., Latypova D.R., Latypov O.R. Preduprezhdenie kontaktnoi korrozii teploobmennogo oborudovaniya v kislorodosoder-zhashchikh mineralizovan-

nykh sredakh [Caution Contact Corrosion Heat Transfer Equipment in Oxygen Mineralized Media]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Sovremennye tekhnologii v neftegazovom dele – 2017»: V 2 T.* [Materials of the International Scientific and Technical Conference «Modern Technologies in the Oil and Gas Business — 2017»: In 2 Volumes]. Ufa, UGNTU Publ., 2017, Vol. 1, pp. 357–359. [in Russian].

15. Reva Yu.V. Metody i sposoby bor'by s kontaktnoi korroziei [Methods and Methods of Contact Corrosion Control]. *Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere — Problems of Technosphere Risk Management*, 2019, No. 4 (52), pp. 28–32. [in Russian].

16. Muzafarov R.N., Cherepashkin S.E., Tyusenkov A.S. Issledovanie kontaktnoi korrozii [Contact Corrosion Research]. *Materialy 71 nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh UGNTU: in 2 T.* [Proceedings of 71 Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists of USPTU: in 2 Volumes]. Ufa, UGNTU Publ., 2020, Vol. 2, pp. 247. [in Russian].

17. Zhuk N.S., Arapov I.S., Churilov D.G. Kontaktnaya korroziya v sistemakh okhlazhdeniya [Contact Corrosion in Cooling Systems]. *Materialy 5 Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh* [Materials of the 5th International Scientific Conference of Students and Young Scientists]. Kursk, 2020, pp. 171–176. [in Russian].

18. Burashnikova M.M., Kazarinov I.A., Zotova I.V. Nature of Contact Corrosion Layers on Lead Alloys: a Study by Impedance Spectroscopy. *Journal of Power Sources*, 2012, Vol. 207, pp. 19–29. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2011.12.042.

19. Tyusenkov A.S. Chemical Resistance of Steel 13CrV (rus 13KhFA). *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 2017, Vol. 52, Issue 4, pp. 766–772.

20. Kostitsyna I., Shakhmatov A., Davydov A. Study of Corrosion Behavior of Carbon and Low-Alloy Steels in CO₂-Containing Environments. *Materials of E3S Web of Conferences*, 2019, Vol. 121, Article Number 04006. DOI: 10.1051/e3sconf/201912104006.

21. Latypova D.R. Vliyanie temperatury vodno-solevogo rastvora na razvitie pittingovoi korrozii [Influence of Water-Salt Solution Temperature on the Development of Pitting Corrosion]. *Neftegazovoe delo — Petroleum Engineering*, 2019, Vol. 17, No. 3, pp. 68–73. DOI: 10.17122/ngdelo-2019-3-68-73. [in Russian].

22. Xi J.J., Yang N., Zhao J. The Application of Electrical Contact Resistance Test in Corrosion Characterization. *Advanced Materials Research*, 2011, Vol. 337, pp. 747–750. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.337.747.

23. Mukanova S.S., Latypova D.R., Bugai D.E. Vliyanie temperatury na skorost' pittingovoi korrozii neftepererabatyvayushchego oborudovaniya, vypolnennogo iz nerzhavayushchikh stalei [Influence of Temperature on the Rate of Pitting Corrosion of Oil Refining Equipment Made of Stainless Steels]. *Materialy 69 nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh UGNTU: in 2 T.* [Proceedings of 71 Scientific and Technical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists of USPTU: in 2 Volumes]. Ufa, UGNTU Publ., 2018, Vol. 1, pp. 409. [in Russian].

24. Verdiev S.Ch., Tagirli G.M., Agalarova T.A., Guseinova A.S., Velieva S.M., Dzharafarova S.Z., Mamedova S.R. Ingibirovanie kontaktnoi korrozii metallov v presnoi vode smesyami okislitelei i aminov [Inhibition of Contact Corrosion of Metals in Fresh Water with Mixtures of Oxidants and Amines]. *Kimya Problemleri*, 2019, Vol. 17, No 3, pp. 465–469. DOI: 10.32737/2221-8688-2019-3-465-469. [in Russian].

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ABOUT THE AUTHORS

Латыпова Дина Ринатовна, преподаватель кафедры «Материаловедение и защита от коррозии», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Dina R. Latypova, Lecturer of Materials and Corrosion Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation
e-mail: d.r.latypova@mail.ru

Бугай Дмитрий Ефимович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Материаловедение и защита от коррозии», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Dmitry E. Bugai, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of Materials and Corrosion Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation
e-mail: debugai@mail.ru

Латыпов Олег Ренатович, д-р техн. наук, заместитель заведующего кафедрой «Материаловедение и защита от коррозии», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Oleg R. Latypov, Doctor of Engineering Sciences, Deputy Head of Materials and Corrosion Protection Department, USPTU, Ufa, Russian Federation
e-mail: o.r.latypov@mail.ru

Рябухина Вера Николаевна, канд. техн. наук, начальник отдела научных изданий, УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Vera N. Ryabukhina, Candidate of Engineering Sciences, Head of Scientific Publications Department, USPTU, Ufa, Russian Federation
e-mail: vnryabukhina@yandex.ru