

Оригинальная статья

УДК 661.343

DOI: 10.57070/2304-4497-2026-2(56)-77-83

**ВЫБОР МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО
В РАСТВОРАХ ГИДРОКСИДА НАТРИЯ**

© 2026 г. А. С. Тюсенков, Д. Е. Бугай, Р. Р. Абдульманова, В. Н. Рябухина

Уфимский государственный нефтяной технический университет (Россия, 450064, Республика Башкортостан, Уфа, ул. Космонавтов, 1)

Аннотация. Рассмотрены важные аспекты выбора материала для изготовления оборудования, эксплуатируемого в каустических растворах при различных температурах. В качестве базового объекта исследования служил сплав Никель 201, из которого изготовлено оборудование ряда предприятий, специализирующихся на производстве каустической соды. Благодаря устойчивости к воздействию щелочных сред рассматриваемый материал идеально подходит для применения в растворах гидроксида натрия. Однако сплав имеет невысокую твердость, что существенно снижает его износостойкость. Одним из весомых ограничений многотоннажного расходования сплава Никель 201 является его высокая стоимость. В растворах гидроксида натрия различной концентрации (50, 60, 70 и 80 %) проведены испытания образцов трех коррозионностойких материалов (сплав Никель 201, высоколегированная сталь марок 10X23H18 и 06ХН28МДТ) при разных температурах (20, 80 и 100 °С). Особенностью этих сталей является значительное содержание хрома и никеля, что обеспечивает им повышенную стойкость при контакте с едкими веществами, а также приемлемую стоимость в сравнении с никелевым сплавом. Установлено, что сталь марки 10X23H18 обладает наибольшей коррозионной стойкостью среди трех материалов при комнатной температуре. Этот сплав может быть рекомендован к изготовлению оборудования, применяемого на ранних стадиях производства каустической соды в условиях пониженных температур. В горячих щелочных растворах более стойким является сплав Никель 201. Для каждого материала в оболочке Statgraphics получено уравнение, позволяющее проводить расчетное прогнозирование скорости их коррозии, в том числе при повышенных температурах, характерных для технологических процессов производства каустической соды. Использование такого подхода призвано обеспечить не только значительное повышение долговечности металлического оборудования, но и существенную экономию материальных ресурсов отрасли.

Ключевые слова: каустические растворы, едкий натр, никелевый сплав, коррозионностойкие стали, охрупчивание, оболочка Statgraphics, регрессионный анализ

Для цитирования: Тюсенков А.С., Бугай Д.Е., Абдульманова Р.Р., Рябухина В.Н. Выборе материала для оборудования, эксплуатируемого в растворах гидроксида натрия. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2026;2(56):77–83. [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-2\(56\)-77-83](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-2(56)-77-83)

Original article

**MATERIAL SELECTION FOR EQUIPMENT OPERATED IN SODIUM HYDROXIDE
SOLUTIONS**

© 2026 A. S. Tyusenkov, D. E. Bugai, R. R. Abdulmanova, V. N. Ryabukhina

Ufa State Petroleum Technological University (1 Kosmonavtov Str., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russian Federation)

Abstract. Important aspects of the choice of material for the manufacture of equipment operated in caustic solutions at various temperatures are considered. The basic object of the study was the Nickel 201 alloy, from which the equipment of a number of enterprises specializing in the production of caustic soda was made. Due to its resistance

to alkaline media, the material in question is ideally suited for use in sodium hydroxide solutions. However, the alloy has a low hardness, which significantly reduces its wear resistance. One of the significant limitations of the high-tonnage consumption of Nickel 201 alloy is its high cost. Samples of three corrosion-resistant materials (Nickel 201 alloy, high-alloy steel grades 10X23H18 and 06KH28MDT) were tested at different temperatures (20, 80 and 100 °C) in solutions of sodium hydroxide of various concentrations (50, 60, 70 and 80 %). A special feature of these steels is the significant chromium and nickel content, which provides them with increased resistance to contact with caustic substances, as well as an acceptable cost in comparison with a nickel alloy. It was found that steel grade 10X23H18 has the highest corrosion resistance among the three materials at room temperature. This alloy can be recommended for the manufacture of equipment used in the early stages of caustic soda production at low temperatures. In hot alkaline solutions, Nickel 201 alloy is more resistant. For each material in the Statgraphics shell, an equation has been obtained that makes it possible to make a calculated prediction of their corrosion rate, including at elevated temperatures typical of caustic soda production processes. The use of this approach is designed to ensure not only a significant increase in the durability of metal equipment, but also significant savings in the material resources of the industry.

Keywords: caustic solutions, caustic soda, nickel alloy, corrosion-resistant steels, embrittlement, Statgraphics shell, regression analysis

For citation: Tyusenkov A.S., Bugaj D.E., Abdul'manova R.R., Ryabuhina V.N. Material selection for equipment operated in sodium hydroxide solutions. *Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2026;2(56):77–83. (In Russ.). [http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-2\(56\)-77-83](http://doi.org/10.57070/2304-4497-2026-2(56)-77-83)

Введение

Каустическая сода – очень агрессивное вещество, которое вызывает интенсивную коррозию металлического оборудования [1 – 4]. В настоящее время на ряде предприятий, специализирующихся на производстве каустической соды, применяются трубы из сплава Никель 201, который на 99,6 % состоит из никеля. Рассматриваемый материал представляет собой модификацию сплава Никель 200 с меньшей концентрацией углерода, что обеспечивает ему повышенное сопротивление межкристаллитной коррозии, сопровождающейся охрупчиванием металла при рабочих температурах, превышающих 315 °C [5 – 7].

Вследствие невысокого содержания углерода сплав Никель 201 имеет низкую твердость, что может привести к его абразивному износу. Коррозионная эрозия возникает под влиянием кинетической энергии частиц различного происхождения (например, капель жидкости, песчинок, пузырьков газа), перемещающихся с высокой скоростью и оказывающих механическое воздействие на металлическую поверхность [8; 9]. Степень эрозионного износа сплава зависит от состава и строения его поверхностного слоя, физико-механических свойств, агрессивности среды и скорости ее потока, скорости относительного движения компонентов среды, прилагаемой нагрузки, а также твердости материала.

При динамическом взаимодействии с газовыми потоками и незагрязненными жидкостями разрушению в первую очередь подвергаются защитные пленки на поверхности металла. Так, не-

прерывное удаление оксидных пленок с поверхности металла может значительно активизировать коррозию [10; 11].

Поскольку сплав Никель 201 имеет высокую стоимость, целью настоящей работы является поиск альтернативного материала, не уступающего ему по коррозионной стойкости в растворах гидроксида натрия, но при этом существенно ниже по цене.

Методика исследования

В качестве пробных альтернативных материалов была выбрана сталь марок 10X23H18 и 06ХН28МДТ. Существенным достоинством стали марки 10X23H18 является ее устойчивость к повышенным температурам в средах невысокой агрессивности, а сталь марки 06ХН28МДТ обладает привлекательными эксплуатационными свойствами, такими как высокая коррозионная стойкость в агрессивных химических средах, малая чувствительность к колебаниям температуры.

Для оценки коррозионной стойкости материалов использовали гравиметрический метод в соответствии с ГОСТ 9.908 – 85. В качестве агрессивной среды применяли водные растворы гидроксида натрия концентраций 50, 60, 70 и 80 % при температурах 20, 80 и 100 °C.

По полученным значениям массового показателя скорости коррозии вычисляли показатель, который характеризует среднюю глубину коррозионного разрушения металла в единицу времени [12 – 14]. Глубинный показатель рассчитывали по формуле

$$\Pi = 8,76 (K_m / \rho_{Me}), \quad (1)$$

где 8,76 – коэффициент перехода от массового показателя скорости коррозии в расчете на 1 ч к глубинному показателю в расчете на 1 год; K_m – массовый показатель коррозии, г; ρ_{Me} – плотность металла образца, г/см³;

Перед испытаниями измеряли размеры образцов, поверхность очищали от загрязнений. Подготовленные образцы обезжиривали и взвешивали на аналитических весах с точностью до 10^{-4} г. Далее образцы погружали в колбы с растворами щелочи и выдерживали при различных температурах в течение 9 ч. Для проведения испытаний при высоких температурах использовали колбо-нагреватель. После экспозиции образцы извлекали, промывали водой, высушивали, обезжиривали и взвешивали. Затем рассчитывали массовый и глубинный показатели коррозии.

Математическую обработку результатов экспериментов и регрессионный анализ проводили в оболочке Statgraphics.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 представлены результаты экспериментов для образцов всех материалов при различных температурах и концентрациях гидроксида натрия.

Полученные зависимости показывают, что скорость коррозии сталей и никелевого сплава в большей степени зависит от температуры, чем от

концентрации NaOH. Для стали марки 10X23H18 характерно снижение коррозионной стойкости во влажных агрессивных средах, однако это никак не проявляется при комнатной температуре. Напротив, скорость коррозии даже уменьшается в два раза в промежутке 50 – 60 % NaOH, что свидетельствует о превалировании образования защитных пассивных пленок в присутствии в стали хрома и никеля. С ростом температуры картина резко меняется. Несмотря на то, что сталь во многих средах является жаростойкой, при 50 – 80 % NaOH повышение температуры до 80 и 100 °C ведет к лавинному нарастанию скорости коррозии более чем на два порядка. Поскольку основной вклад в защиту металла вносят пассивные пленки, образующиеся на поверхности стали, такое интенсивное падение коррозионной стойкости можно отнести к деградации их структуры в условиях эксперимента [15 – 17]. Природа этого явления требует дополнительного изучения. При этом наличие экстремума скорости коррозии в 70 % NaOH при повышенных температурах косвенно подтверждает трансформацию структуры защитных пленок в ходе термического воздействия, так как в зависимости от складывающихся условий среды и температуры возможно изменение строение пленок с частичным эффектом залечивания и весьма существенным снижением скорости коррозии стали в интервале 70 – 80 % NaOH.

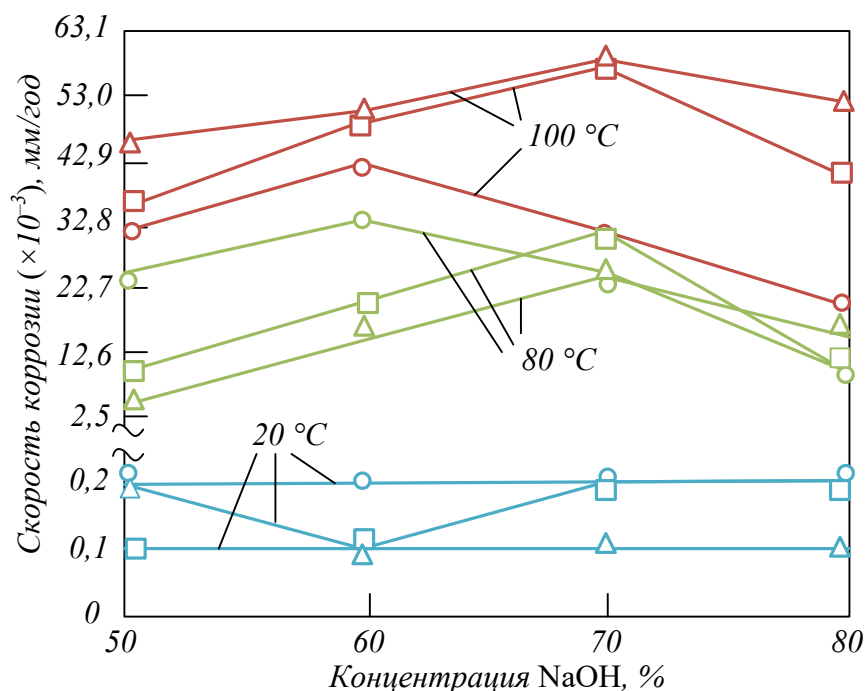


Рис. 1. Влияние температуры и концентрации гидроксида натрия на скорость коррозии материалов:

○, Δ, □ – никель 201, 10X23H18, 06KH28MDT

Fig. 1. The effect of temperature and concentration of sodium hydroxide on the corrosion rate of materials:

○, Δ, □ – Nickel 201, 10X23H18, 06KH28MDT

Коррозионную стойкость стали марки 06ХН28МДТ обеспечивают хром (22 – 25 %, ГОСТ 5632 – 2014), никель и медь. Поскольку никеля на 10 % больше, чем в стали марки 10Х23Н18, при комнатной температуре ее скорость коррозии значительно ниже в интервале 50 – 60 % NaOH [18; 19], однако в промежутке 60 – 70 % она повышается более чем в два раза, выходя далее на плато. Сами по себе скорости коррозии рассматриваемых сталей малы, но высокая точность взвешивания образцов при определении потери массы и отсутствие в уравнении (1) других измеряемых параметров позволяют принять аналогичной точность определения глубинных показателей коррозии, поэтому количественная картина хода полученных зависимостей, несомненно, отражает особенности протекающих на поверхности сталей процессов. При столь невысоких температурах, исключающих протекание фазовых превращений, постепенная трансформация защитных свойств образующихся пассивных пленок связана, по-видимому, с негативным воздействием щелочи на их структуру с повышением концентрации соединения NaOH.

Сплав Никель 201 при комнатной температуре по коррозионной стойкости находится на уровне стали марок 10Х23Н18 и 06ХН28МДТ, даже несколько уступая им. Однако при температуре 80 °С обе стали при концентрации 50 % NaOH почти на порядок более стойкие, чем никелевый сплав. Это, по-видимому, связано с наличием пассивной пленки Cr_2O_3 на поверхности металла, защитные свойства которой начинают постепенно падать при росте концентрации гидроксида NaOH вследствие разрыхления пленки в щелочной среде. Такой эффект наблюдается как при температуре 80, так и 100 °С. Никелевый сплав повторяет такую тенденцию при 80 и 100 °С только до концентрации щелочи 60 %, а далее при ее повышении скорость коррозии начинает существенно снижаться в отсутствие оксида хрома на поверхности. При концентрации NaOH более 70 % при температурах 80 и 100 °С начинается спад скорости коррозии всех материалов, обусловленный, скорее всего, активным нарастанием рыхлых толстых пленок продуктов коррозии, которые начинают оказывать барьерный эффект в отношении щелочи. Важно отметить, что при температуре 100 °С сплав Никель 201 значительно более стоек во всем диапазоне концентраций. Видимо, это связано с большей устойчивостью оксидов никеля в соединении NaOH при рассматриваемой температуре.

Далее в оболочке Statgraphics была проведена математическая обработка полученных зависимостей (рис. 2).

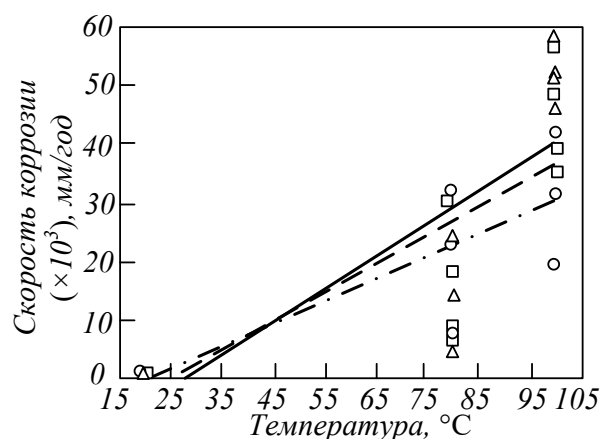


Рис. 2. Линейные модели коррозионного процесса:

Δ, — — — 10Х23Н18; □, — — — — 06ХН28МДТ;

○, - · - · - - никель 201

Fig. 2. Linear models of the corrosion process:

Δ, — — — 10Х23Н18; □, — — — — 06ХН28МДТ;

○, - · - · - - nickel 201

С помощью регрессионного анализа получены уравнения, связывающие скорость коррозии и температуру для каждого материала. Они позволяют прогнозировать скорость коррозии этих материалов в растворах гидроксида натрия при более высоких температурах.

В ходе множественного регрессионного анализа в результате изучения P -значения независимых переменных [20] было установлено, что математическая модель с двумя независимыми переменными (температурой и концентрацией) имеет статистически незначимую переменную (концентрацию). Поскольку для концентрации P -значение больше или равно 0,05, этот параметр не являлся статистически значимым при доверительном уровне 95 % и выше. В связи с этим концентрация гидроксида натрия была исключена из модели.

Далее проведен парный регрессионный анализ, с помощью которого получена линейная зависимость скорости коррозии от температуры:

$$\Pi = -0,0146385 + 0,000551711t.$$

Для стали марки 10Х23Н18 значимость полученной модели составила 71 %.

При рабочей температуре 300 °С в выпарном аппарате на предприятии по производству едкого натра прогнозируемая скорость коррозионного износа металла равна 0,15 мм/год, что превышает допустимый максимум в 0,1 мм/год [21]. Для стали марки 06ХН28МДТ значимость полученной модели составила 70 %. Аналогичное уравнение в рассматриваемом случае имеет следующий вид:

$$\Pi = -0,0125002 + 0,000494455t.$$

При температуре 300 °С скорость коррозии равна 0,14 мм/год, что также больше допустимого значения.

Для сплава Никель 201 значимость полученной модели составляет 78 %. Уравнение соответствующей зависимости

$$П = -0,00764231 + 0,000379291t.$$

При температуре 300 °С прогнозируемая скорость коррозии не превышает 0,1 мм/год, что свидетельствует о том, что в общем случае сплав Никель 201 является более предпочтительным материалом для использования в условиях воздействия едкого натра. Однако, как показано выше, при определенных температурах сталь марок 10Х23Н18 и 06ХН28МДТ проявляет большую стойкость и может быть рекомендована к использованию вместо дорогостоящего никелевого сплава.

Выводы

Показано, что сплав Никель 201 является наиболее предпочтительным материалом для изготовления оборудования и трубопроводов, работающих в среде концентрированных растворов гидроксида натрия при повышенных (более 80 °С) температурах. При относительно низких (до 80 °С) температурах более стойкими материалами оказались стали марок 06ХН28МДТ и 10Х23Н18, что позволяет рекомендовать их в качестве экономически выгодной альтернативы дорогостоящим никелевым сплавам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. *Коррозия и защита от коррозии*. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2002:336.
- Schreiber H. Corrosion of Materials in Sodium Hydroxide Solutions. *Journal of Materials Engineering*. 2009;31;(2):145–156.
- Zhu M., Du C.W. A New Understanding on AC Corrosion of Pipeline Steel in Alkaline Environment. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2017;26:221–228.
- Goidanich S., Lazzari L., Ormellese M., Corrosion A.C. Corrosion, Part 1: Effects on Overpotentials of Anodic and Cathodic Processes. *Corrosion Science*. 2010;52:491–497.
- Goidanich S., Lazzari L., Ormellese M., Corrosion A.C. Corrosion, Part 2: Parameters Influencing Corrosion Rate. *Corrosion Science*. 2010;52:916–922.
- Freire L., Carmezima M.J., Ferreira M.G.S. The Electrochemical Behaviour of Stainless Steel AISI 304 in Alkaline Solutions with Different pH in the Presence of Chlorides. *Electrochimica Acta*. 2011;56:5280–5289.
- Kuang D., Cheng Y.F. Understand the AC Induced Pitting Corrosion on Pipelines in Both High pH and Neutral pH Carbonate/Bicarbonate Solutions. *Corrosion Science*. 2014;85:304–310.
- Zhu M., Du C.W., Li X.G., Liu Z.Y., Zhang D.W. Effect of AC on Stress Corrosion Cracking Behavior and Mechanism of X80 Pipeline Steel in Carbonate/Bicarbonate Solution. *Corrosion Science*. 2014;87:224–232.
- Alves V.A., Brett C.M.A. Characterization of Passive Films Formed on Mild Steels in Bicarbonate Solution by EIS. *Electrochimica Acta*. 2002;47:2081–2091.
- Fu A.Q., Cheng Y.F. Effects of Alternating Current on Corrosion of a Coated Pipeline Steel in a Chloride-Containing Carbonate/Bicarbonate Solution. *Corrosion Science*. 2010;52:612–619.
- Кравцов В.В., Тюсенков А.С., Ризванов Р.Г., Летов А.Ф., Дворецков Р.М. Исследование причин отказов трубопроводов из никелевого сплава при воздействии высоких температур. *Нефтегазовое дело*. 2021;19(3):110–120. <http://dx.doi.org/10.17122/ngdelo-2021-3-110-120>
- Айасрах Х.Х., Туманова Е.Ю. Особенности сварки сплавов на основе никеля. *Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство*. 2024;25:106–111. <https://doi.org/10.26160/2658-3305-2024-25-106-111>
- Кузеев И.Р., Наумкин Е.А., Савичева Ю.Н., Попова С.В. *Поверхность и поверхностные явления*. Уфа: Нефтегазовое дело, 2008:144.
- Мальцева Г.Н. *Коррозия и защита оборудования от коррозии*. Пенза: Изд-во Пензенского государственного университета. 2000:211.
- Роствинская А.С., Роствинская В.С. Коррозия – ущерб экономике и способы борьбы с ней. *Трибуна ученого*. 2020;2:57–64.
- Ткачева В.Э., Маркин А.Н. *Локальная СО₂-коррозия нефтепромыслового оборудования*. Уфа: РН-БашНИПИнефть, 2022:296.
- Kulakov P.A., Kutlubulatov A.A., Afanasenko V.G. Forecasting of the hydraulic fracturing efficiency as components of its design optimization. *SOCAR Proceedings. Reservoir and Petroleum Engineering*. 2018;2:41–48. <https://doi.org/10.5510/OGP20180200349>
- Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Осыко А.В., Шенберева А.В. Коррозия стальных элементов конструкций при повышении температуры. *Современные проблемы гражданской защиты*. 2022;2(43):131–142.
- Абдульманова Р.Р., Тюсенков А.С., Бугай Д.Е. О преимуществах применения стали

10X23N18 вместо сплава Никель 201 для изготовления труб, стойких в растворах гидроксида натрия. *Наукоемкие технологии в машиностроении*. 2023;12(150):3–8.

<https://doi.org/10.30987/2223-4608-2023-3-8>

20. Абдульманова Р.Р., Тюсенков А.С., Бугай Д.Е. О возможности применения стали 06ХН28МДТ для изготовления труб, стойких в растворах гидроксида натрия. *Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures*. 2024;5:88–96.
<https://doi.org/10.17804/2410-9908.2024.5.088-096>
21. ГОСТ Р 58284 – 2018. Нефтяная и газовая промышленность. Морские промысловые объекты и трубопроводы. Общие требования к защите от коррозии. Москва: Стандартинформ, 2018:42.

REFERENCES

1. Semenova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V. *Corrosion and corrosion protection*. Moscow: FIZMATLIT, 2002:336. (In Russ.).
2. Schreiber H. Corrosion of Materials in Sodium Hydroxide Solutions. *Journal of Materials Engineering*. 2009;31;(2):145–156.
3. Zhu M., Du C.W. A New Understanding on AC Corrosion of Pipeline Steel in Alkaline Environment. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2017;26:221–228.
4. Goidanich S., Lazzari L., Ormellese M., Corrosion A.C. Corrosion, Part 1: Effects on Overpotentials of Anodic and Cathodic Processes. *Corrosion Science*. 2010;52:491–497.
5. Goidanich S., Lazzari L., Ormellese M., Corrosion A.C. Corrosion, Part 2: Parameters Influencing Corrosion Rate. *Corrosion Science*. 2010;52:916–922.
6. Freire L., Carmezima M.J., Ferreira M.G.S. The Electrochemical Behaviour of Stainless Steel AISI 304 in Alkaline Solutions with Different pH in the Presence of Chlorides. *Electrochimica Acta*. 2011;56:5280–5289.
7. Kuang D., Cheng Y.F. Understand the AC Induced Pitting Corrosion on Pipelines in Both High pH and Neutral pH Carbonate/Bicarbonate Solutions. *Corrosion Science*. 2014;85:304–310.
8. Zhu M., Du C.W., Li X.G., Liu Z.Y., Zhang D.W. Effect of AC on Stress Corrosion Cracking Behavior and Mechanism of X80 Pipeline Steel in Carbonate/Bicarbonate Solution. *Corrosion Science*. 2014;87:224–232.
9. Alves V.A., Brett C.M.A. Characterization of Passive Films Formed on Mild Steels in Bicarbonate Solution by EIS. *Electrochimica Acta*. 2002;47:2081–2091.
10. Fu A.Q., Cheng Y.F. Effects of Alternating Current on Corrosion of a Coated Pipeline Steel in a Chloride-Containing Carbonate/Bicarbonate Solution. *Corrosion Science*. 2010;52:612–619.
11. Kravcov V.V., Tyusenkov A.S., Rizvanov R.G., Letov A.F., Dvoreckov R.M. A study into the causes of failure of nickel alloy pipelines exposed to high temperatures. *Neftegazovoe delo*. 2021;19(3):110–120. (In Russ.).
<http://dx.doi.org/10.17122/ngdelo-2021-3-110-120>
12. Ajasrah H.H., Tumanova E.Yu. Features of welding nickel-based alloys. *Transportnoe, gornoe i stroitel'noe mashinostroenie: nauka i proizvodstvo*. 2024;25:106–111. (In Russ.).
<https://doi.org/10.26160/2658-3305-2024-25-106-111>
13. Kuzev I.R., Naumkin E.A., Savicheva Yu.N., Popova S.V. *Surface and surface phenomena*. Ufa: Neftegazovoe delo, 2008:144. (In Russ.).
14. Mal'tseva G.N. *Corrosion and protection of equipment from corrosion*. Penza: Izd-vo Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta. 2000:211. (In Russ.).
15. Rostvinskaya A.S., Rostvinskaya V.S. Corrosion – damage to the economy and ways to combat it. *Tribuna uchenogo*. 2020;2:57–64. (In Russ.).
16. Tkacheva V.Eh., Markin A.N. *Localized CO₂ corrosion of oilfield equipment*. Ufa: RN-BashNIPIneft', 2022:296. (In Russ.).
17. Kulakov P.A., Kutlubulatov A.A., Afanasenko V.G. Forecasting of the hydraulic fracturing efficiency as components of its design optimization. *SOCAR Proceedings. Reservoir and Petroleum Engineering*. 2018;2:41–48.
<https://doi.org/10.5510/OGP20180200349>
18. Rumyantseva V.E., Konovalova V.S., Osyko A.V., Shenbereva A.V. Corrosion of steel structural elements with increasing temperature. *Sovremennye problemy grazhdanskoi zashchity*. 2022;2(43):131–142. (In Russ.).
19. Abdul'manova R.R., Tyusenkov A.S., Bugai D.E. On the advantages of using 10X23N18 steel instead of Nickel 201 alloy for the production of pipes resistant to sodium hydroxide solutions. *Naukoeemkie tekhnologii v mashinostroyenii*. 2023;12(150):3–8. (In Russ.).
<https://doi.org/10.30987/2223-4608-2023-3-8>
20. Abdul'manova R.R., Tyusenkov A.S., Bugai D.E. On the possibility of using 06KhN28MDT steel for the production of pipes resistant to sodium hydroxide solutions. *Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures*. 2024;5:88–96. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17804/2410-9908.2024.5.088-096>
21. *State Standard of the Russian Federation 58284 – 2018. Oil and Gas Industry. Offshore Facilities and Pipelines. General Requirements for Corrosion Protection*. Moscow: Standartinform, 2018:42. (In Russ.).

Сведения об авторах:

Антон Сергеевич Тюсенков, к.т.н., доцент кафедры материаловедения и защиты от коррозии, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Email: anton.tyusenkov@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-8729-4712
SPIN-код: 8060-5672

Дмитрий Ефимович Бугай, д.т.н., профессор кафедры материаловедения и защиты от коррозии, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Email: debugai@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8564-4774
SPIN-код: 9498-5203

Рушана Ринатовна Абдульманова, учебный мастер кафедры материаловедения и защиты от коррозии, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Email: arushanar2001@mail.ru
ORCID: 0009-0007-6033-0326
SPIN-код: 3708-6275

Вера Николаевна Рябухина, к.т.н., начальник отдела научных изданий, Уфимский государственный нефтяной технический университет
Email: vnryabukhina@yandex.ru
ORCID: 0009-0006-8462-1577
SPIN-код: 8193-1315

Information about the authors:

Anton S. Tyusenkov, Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor of the Department of Materials Science and Corrosion Protection, Ufa State Petroleum Technological University
Email: anton.tyusenkov@yandex.ru

ORCID: 0000-0002-8729-4712
SPIN-код: 8060-5672

Dmitrii E. Bugai, Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Materials Science and Corrosion Protection, Ufa State Petroleum Technological University
Email: debugai@mail.ru
ORCID: 0000-0002-8564-4774
SPIN-код: 9498-5203

Rushana R. Abdul'manova, Master of Science in the Department of Materials Science and Corrosion Protection, Ufa State Petroleum Technological University
Email: arushanar2001@mail.ru
ORCID: 0009-0007-6033-0326
SPIN-код: 3708-6275

Vera N. Ryabukhina, Cand. Sci. (Eng.), Head of the Scientific Publishing Department, Ufa State Petroleum Technological University
Email: vnryabukhina@yandex.ru
ORCID: 0009-0006-8462-1577
SPIN-код: 8193-1315

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Поступила в редакцию 12.02.2026

После доработки 27.03.2026

Принята к публикации 03.04.2026

Received 12.02.2026

Revised 27.03.2026

Accepted 03.04.2026