



Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНІШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.331210>

ВПЛИВ pH НА КОРОЗІЙНУ АГРЕСИВНІСТЬ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ ВОДНО-НАФТОВИХ СЕРЕДОВИЩ

Антон ЛИТВИН, Юлія НОСАЧОВА

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056, Україна

email: litvinanton047@gmail.com

Анотація

В умовах сьогодення ефективне та безпечне функціонування нафтовидобувної та нафтопереробної галузі відповідає за економічну та екологічну безпеку держави. Нафтовмісні середовища відзначаються підвищеною агресивністю щодо металів через присутність води, сірководню, органічних кислот, хлоридів та інших складових. В цих умовах корозія може мати електрохімічне, хімічне чи біологічне підґрунтя, що вимагає комплексного підходу до її профілактики.

У даній роботі проаналізовано вплив pH на агресивність корозії мінералізованих водно-нафтових середовищ щодо вуглецевої сталі Ст20. Шляхом експерименту встановлено залежність швидкості корозії у розчинах NaCl з концентраціями 30 та 100 г/дм³, з додаванням нафти Кременчуцького родовища, при варіативних значеннях pH (5–9) та при кімнатній температурі. З'ясовано, що присутність нафти зменшує швидкість корозії через утворення ізолюючої нафтової плівки в 2 – 2,5 рази, проте швидкість корозії була на рівні 0,01 – 0,02 г/(м²·год). Водночас для таких складних за вмістом компонентів середовищ помітного впливу pH відмічено не було, спостерігалось зниження швидкості корозії на 20 – 30 % при нейтральному pH 6 – 8.

Ключові слова: корозія, водно-нафтове середовище, pH, мінералізовані розчини, нафта, вуглецева сталь, NaCl.

Постановка проблеми. Корозія – це природне, але вкрай небажане явище, яке супроводжує використання металевих матеріалів у багатьох галузях виробництва. Вона призводить до поступового руйнування конструкцій, обладнання та трубопроводів, що у свою чергу має серйозні наслідки не тільки для економіки, але й для навколишнього середовища. Руйнування металевих ємностей або трубопроводів через корозію може спричинити витoki токсичних речовин – таких як нафтопродукти, хімічні реагенти, високомінералізовані середовища – в ґрунт, водні ресурси або атмосферу. Це ставить під загрозу екосистеми, тваринний і рослинний світ і здоров'я людини. Ефективний антикорозійний захист сприяє зменшенню споживання природних ресурсів. Метали, що вийшли з ладу внаслідок корозії, потребують заміни, а це означає – додаткове видобування руди, витрати енергії на плавку та виготовлення нових виробів. Таким чином, боротьба з корозією – це також шлях до ресурсозбереження і зменшення викидів парникових газів.

Водно-нафтові середовища – це складні системи, що включають нафту, воду, розчинені гази, мінеральні солі, механічні домішки та інші сполуки. Ці середовища широко зустрічаються у нафтовидобувній галузі, при транспортуванні та зберіганні нафти. Вони здатні спричиняти агресивну корозію металевих частин обладнання, особливо в умовах підвищеної температури та тиску [1]. Супутньо-пластові води (СПВ) – невід’ємна частина процесу нафтовидобутку, адже вони підіймаються разом з нафтовою продукцією з надр. Ці води являють собою розчини, які з’являються з нафтових шарів. Їхній склад залежить від геологічних, хімічних та фізичних особливостей родовища, тому він є досить різним. Зазвичай, СПВ мають мінеральні солі, залишки нафти, органічні сполуки, сірководень, а також механічні домішки. Склад нафтозабруднених вод визначає їхню агресивність стосовно металів. Присутність у воді хлоридів, сульфатів, органічних кислот, сірководню та інших активних речовин суттєво підвищує корозійну активність середовища. Найбільшу небезпеку становлять хлориди, які провокують пітингову корозію, та сірководень, який сприяє сульфідному розтріскуванню металів [2].

Існує багато факторів, які впливають на збільшення швидкості реакції окиснення внаслідок підсилення корозійних процесів та термін служби того чи іншого обладнання на підприємстві. До зовнішніх чинників електрохімічної корозії металів належать: активність водневих іонів (рН), склад і концентрація корозійного середовища, швидкість руху середовища, температура, тиск, контакт з іншими металами, зовнішні й блукаючі струми тощо.

Аналіз попередніх досліджень. Значення рН впливає на швидкість електрохімічної корозії металів, змінюючи потенціал катодних реакцій деполяризації, в яких беруть участь іони H^+ або OH^- , на розчинність продуктів корозії та можливість утворення захисних плівок на поверхні кородуючого металу, а також на перенапругу електродних реакцій. В роботі [3] показано, що швидкість корозії у водних середовищах в діапазоні рН 6,5 – 8,5 практично не залежить від рН середовища. При цьому при високих концентраціях солей у воді за рахунок високої електропровідності розчинів катодні і анодні ділянки кородуючих металів знаходяться на великій відстані. Це заважає утворенню щільних оксидних плівок на поверхні металів, а значить уповільнення швидкості корозії з часом не відбувається. Наявність нафти дещо уповільнює швидкість корозії за рахунок як блокування нафтовою плівкою доступу кисню в систему, так і за рахунок корозійної інертності хімічних компонентів нафти [2].

Саме через велику кількість факторів, що впливають на процеси протікання корозії в таких середовищах **метою** було детальне вивчення саме впливу рН, через його потенційну роль в захисті металів.

Методика роботи. В якості корозійного середовища використовували розчини NaCl з концентраціями 30 і 100 г/дм³ та водно-нафтові суміші розчинів NaCl та нафти Кременчуцького родовища в концентрації 50 см³/дм³. Для вивчення впливу рН вихідні розчини доводили до рН 5, 6, 7, 8, 9 розчинами сірчаної кислоти або соди. Для вивчення впливу температури використовували кімнатну. Як кородуючий матеріал використовували пластини зі Ст20. Дослід проводився протягом 168 годин. Результати приведені як середнє арифметичне з 3-х паралельних дослідів. Ступінь корозії W – г/(м²год), визначали масометричним методом і розраховували за формулою:

$$W = \frac{(M_n - M_k)}{S \cdot \tau},$$

де M_n – початкова маса зразка, г;

M_k – маса зразка після дослідження, г;

S – площа зразка, м²;

τ – тривалість досліджень, год.

Виклад основного матеріалу. При високій мінералізації підвищення концентрації розчину мало впливає на швидкість протікання корозійних процесів, проте при підвищенні концентрації до 100 г/дм³ спостерігалось зменшення швидкості корозії приблизно в 2 – 2,5 рази. При дуже високій концентрації хлоридів в'язкість розчину зростає, і кисень гірше дифундує до поверхні металу. У концентрованих розчинах можуть утворюватися щільні плівки на поверхні металу (наприклад, FeCl₂), які частково ізолюють метал від подальшого впливу розчину.

Таблиця 1. Залежність швидкості корозії Ст 20 в розчині NaCl при кімнатній температурі в залежності від pH середовища та наявності нафти

Концентрація вихідного розчину NaCl, г/дм ³	Температура, °С	Концентрація нафти, см ³ /дм ³	pH	Швидкість корозії г/(м ² ·год)
30	15	---	5	0,0525
30	15	---	6	0,0560
30	15	---	7	0,0586
30	15	---	8	0,0540
30	15	---	9	0,0544
30	15	50	5	0,0174
30	15	50	6	0,0262
30	15	50	7	0,0256
30	15	50	8	0,0287
30	15	50	9	0,0225
100	15	---	5	0,0348
100	15	---	6	0,0339
100	15	---	7	0,0308
100	15	---	8	0,0340
100	15	---	9	0,0204
100	15	50	5	0,0131
100	15	50	6	0,0142
100	15	50	7	0,0110
100	15	50	8	0,0158
100	15	50	9	0,0096

З проведених досліджень видно, що вплив pH не суттєвий, хоча і спостерігається деяка тенденція до зменшення швидкості корозії з підвищенням pH на 30 – 50%.

Наявність нафти в системі знижує швидкість корозії в 2 – 5 разів в залежності від концентрація мінеральної частини і наявності нафти. Нафта діяла як певний бар'єр, обмежуючи доступ кисню та знижуючи швидкість корозії, також позитивний вплив мають компонентів нафти, які можуть ізолювати поверхню металу.

В подальшому планується більш детальне дослідження впливу pH середовища на швидкість корозії через вилучення кисню, як основного чинника корозійних процесів, а також дослідження зміни ефективності інгібіторів корозії при зміні pH середовища.

Література

1. Слободян З.В., Никифорчин Г.М., Петрущак О.І. Корозійна тривкість трубної сталі у нафто-водних середовищах // Фіз.-хім. механіка матеріалів **2002**, № 3, с. 93-96.
2. Космина, М. М., Носачова, Ю. В., Шаблій, Т. О. Оцінка ефективності інгібіторного захисту металевих поверхонь в агресивних водно-нафтових середовищах. Вісник НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського». Серія: Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. **2024**, 62-68. doi:10.20535/2617-9741.1.2025.325849
3. Тамазашвілі, А. Т., Мазна, Ю. І., Малихіна, К. А., & Гомеля, М. Д. Оцінка впливу фізико-хімічних факторів на корозійну активність води. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, **2013**, 5(6 (65)), 15-19.

INFLUENCE OF pH ON THE CORROSIVE AGGRESSIVENESS OF MINERALIZED WATER-OIL ENVIRONMENTS

Anton LYTUVYN

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
37 Beresteiskyi Ave., Kyiv, 0356, Ukraine

Yuliia NOSACHOVA

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute
37 Beresteiskyi Ave., Kyiv, 0356, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6431-7128>

Abstract

In today's conditions, the effective and safe functioning of the oil production and oil refining industry is responsible for the economic and environmental security of the state. Oil-containing environments are characterized by increased aggressiveness towards metals due to the presence of water, hydrogen sulfide, organic acids, chlorides and other components. Under these conditions, corrosion can have an electrochemical, chemical or biological basis, which requires a comprehensive approach to its prevention.

This work analyzes the influence of pH on the aggressiveness of corrosion of mineralized water-oil environments towards carbon steel St20. The dependence of the corrosion rate in NaCl solutions with concentrations of 30 and 100 g/dm³, with the addition of oil from the Kremenchuk field, at variable pH values (5–9) and at room temperature was established by experiment. It was found that the presence of oil reduces the corrosion rate due to the formation of an insulating oil film by 2-2.5 times, but the corrosion rate was at the level of 0.01-0.02 g/(m²h). At the same time, for such complex media in terms of component content, no noticeable effect of pH was observed, a decrease in the corrosion rate by 20-30% was observed at a neutral pH of 6-8.

Keywords: corrosion, water-oil medium, pH, mineralized solutions, oil, carbon steel, NaCl.