

Бентонітові фільтри є екологічно безпечними, не потребують складного обслуговування, і можуть бути використані як тимчасове або стаціонарне рішення у зонах локального забруднення. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на масштабування технології, її економічну оцінку та адаптацію до реальних польових умов [6].

Перелік використаних джерел

1. Bashir H. et al. (2024). Effect of Biochar, Zeolite and Bentonite on Physiological and Biochemical Parameters of Plants. Science of the Total Environment. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389424005065>
2. Al-Malack M. H. et al. (2023). Adsorption of Heavy Metals on Bentonitic Soil for Use in Landfill Liners. Journal of Environmental and Public Health. <https://journals.sagepub.com/doi/10.1155/2023/5973552>
3. Prasad K. S. et al. (2021). Elimination of Selected Heavy Metals from Aqueous Solutions Using Bentonite. Journal of Environmental Chemical Engineering. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721019709>
4. Zubair A. et al. (2019). Enhancement of Adsorption Efficiency of Heavy Metal Cu(II) and Zn(II) Using Modified Bentonite. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343718302173>
5. Khan S. et al. (2022). Investigating the Role of Bentonite Clay with Different Soil Amendments in Reducing Heavy Metal Uptake by Plants. Frontiers in Plant Science. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2022.958978/full>
6. Zhang Q. et al. (2021). New Insights into the Underlying Influence of Bentonite on Pb Immobilization in Soil. Science of the Total Environment. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721008913>

УДК 620.193

Калин Т.І. канд.хім.наук, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища та безпеки праці, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
Осташук І.В. студент групи ТЗ-22-1

ТЕСТУВАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ ЯК ЗЕЛЕНИХ ІНГІБІТОРІВ СО₂-КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ

Видобування нафти і газу залишається стратегічною галуззю промисловості переважної більшості країн світу. Проблеми протикорозійного захисту є ключовими для неї. Використання вуглекислого газу у процесі транспортування та збору сирової нафти за технологією покращеного

вилучення нафти із закачуванням газу та води [1] зумовлює процеси CO₂-корозії у нафто- та газопроводах. Швидкість корозії можна зменшити за допомогою інгібіторів корозії. Традиційні інгібітори вуглекислотної корозії можуть бути шкідливими для навколишнього середовища, їх слід замінити такими ж ефективними, менш токсичними та біорозкладними – так званими зеленими інгібіторами корозії. Рослинні екстракти, які можна отримувати з квітів, коренів, листя або фруктів, пропонується використовувати як зелені інгібітори корозії. Рослинні екстракти містять багато органічних сполук, здатних захищати метал від корозії за допомогою специфічного механізму зв'язування на металевій поверхні. Випробування показують, що рослинні екстракти досягають порівнянної та вищої ефективності захисту від корозії, ніж органічні інгібітори, не всі рослинні екстракти ефективні в усіх середовищах, а також не є виправданим використання певних екстрактів як інгібіторів корозії (рослини, які використовують як їжу), і не всі екстракти однаково доступні в усіх частинах світу.

Досліджено [2], що екстракт шкірки помело проявляє ефективність інгібування корозії сталі N80 у 3,5 мас.% NaCl, насиченому вуглекислим газом до 87%. Вивчення інгібування корозії екстрактом олії кавового жому для сталі X70 у 3,5 мас.% NaCl, насиченому CO₂ [3] показало, що ефект інгібування корозії досягає 96%. При випробуванні екстрактів плодів Ginkgo biloba [4, 5] для різних видів сталей: C110, P110SS, N80, J55 встановлена ефективність інгібування 58%, 74%, 89%, 96%, відповідно. Виявлено [6], що екстракт сиріої олії рисових висівок знижував швидкість корозії сталі X70 у аналогічних умовах до 95%. Досліджено [7], що ефективність інгібування корозії для сталі J55 екстрактом шкірки Ромело склала 83,3%. Встановлено також [8], що череда і корінь кульбаби у сольовому розчині, насиченому CO₂, при кімнатній температурі проявили інгібуючу ефективність 92,17% і 95,07%, відповідно. У продовження досліджень [9] визначалась ефективність інгібування екстракту кореня кульбаби в статичних (98,37%) і проточних (82,80%) умовах. Крім того, для найефективнішої концентрації екстракту кореня кульбаби визначено здатність до біологічного розкладання (0,96) та токсичність (2,38%). Цими ж авторами досліджено ефективність інгібітора – екстракту квітки Lady's Mantle для вуглецевої сталі в симульованому насиченому CO₂ розсолі у статичних і проточних умовах при кімнатній температурі [10] і встановлено, що інгібітор досягає максимальної ефективності 90% в обох умовах випробування (статичному та потоковому). Визначено також здатність до біологічного розкладання – 0,96 і токсичність – 19,34%.

Переважає більшість досліджень показали, що адсорбція інгібіторів має фізичну природу і підпорядковувалася ізотермі адсорбції Ленгмюра.

Використання інгібіторів корозії для зменшення шкоди від корозії на нафтових і газових родовищах є зручним, ефективним і недорогим заходом проти корозії. Сучасні технології можуть бути використані для оцінки ефективності інгібування та прогнозування поведінки інгібування.

Актуальними є дослідження щодо покращення термостійкості та довготривалої стабільності інгібіторів рослинних екстрактів.

Перелік використаних джерел

1. Wang Y. Analysis and study on the anticorrosion measures of pipeline corrosion mechanism of carbon dioxide transport roundup. *Total Corrosion Control* 2018;32:91e3
2. Sun Z, Singh A, Xu X, Chen S, Liu W, Lin Y. Inhibition effect of pomelo peel extract for N80 steel in 3.5% NaCl saturated with CO₂ solution. *Res Chem Intermed* 2017;43:6719e36. <https://doi.org/10.1007/s11164-017-3017-1>.
3. Gomez-Guzman NB, Martinez Escalera DM, Porcayo-Calderon J, Gonzalez-Rodriguez JG, Martinez-Gomez L. Performance of an amide-based inhibitor derived from coffee bagasse oil as corrosion inhibitor for X70 steel in CO₂-saturated brine. *Green Chem Lett Rev* 2019;12:49e60.
4. Singh, Y. Lin, E.E. Ebenso, W. Liu, B. Huang, Determination of Corrosion Inhibition Efficiency Using HPHT Autoclave by Ginkgo biloba on Carbon Steels in 3.5% NaCl solution Saturated with CO₂. *Int. J. Electrochem. Sci.*, 9 (2014) 5993 – 6005
5. Singh A, Lin Y, Ebenso EE, Liu W, Pan J, Huang B. Ginkgo biloba fruit extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for J55 steel in CO₂ saturated 3.5% NaCl solution. *J Ind Eng Chem* 2015;24:219e28. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.09.034>.
6. Reyes-Dorantes E, Zuniga-Díaz J, Quinto-Hernandez A, Porcayo-Calderon J, Gonzalez-Rodriguez JG, Martinez-Gomez L. Fatty amides from crude rice bran oil as green corrosion inhibitors. *J Chem* 2017:2871034.
7. Wang S. Inhibition effect of tangerine peel extract on J55 steel in CO₂-saturated 3.5 wt. % NaCl solution. (2017) *Int J Electrochem Sci*:11195e211.
8. Žbulj K; Bilić G; Hrnčević L.; Simon K. Potential of using plant extracts as green corrosion inhibitors in the petroleum industry.(2021) *Rudarsko-geološko-naftni zbornik (The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin)* 36(5):132-139
9. Žbulj, K.; Hrnčević, L.; Bilić, G.; Simon, K. Dandelion-Root. Extract as Green Corrosion Inhibitor for Carbon Steel in CO₂-Saturated Brine Solution. *Energies*. 2022, 15, 3074. <https://doi.org/10.3390/en15093074>
10. Žbulj, K.; Bilić, G.; Simon, K.; Hrnčević, L. Lady's Mantle Flower as a Biodegradable Plant-Based Corrosion Inhibitor for CO₂ Carbon Steel Corrosion. *Coatings* 2024, 14, 671. <https://doi.org/10.3390/coatings14060671>