

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ОБЛАСТЕЙ ПІДВИЩЕНОЇ КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ВЗДОВЖ ТРАС ПРОЛЯГАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОНАФТОПРОВОДІВ

Л.Я. Побережний, А.І. Станецький, Т.Ю. Пиріг, О.Д. Мельник

*ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024,
e-mail: poberezhny@nung.edu.ua*

Експериментально апробовано на ділянці трубопроводу “Шебелинка-Полтава-Київ” та підтверджено ефективність запропонованих методичних підходів визначення областей підвищеної корозійної активності вздовж трас пролягання магістральних газонафтопроводів.

Ключові слова: корозійно активні компоненти, ґрунтовий електроліт, зона періодичного змочування.

Експериментально апробована на участку трубопроводу “Шебелинка-Полтава-Київ” і підтверджена ефективність пропозованих методических підходів определения областей повышенной коррозионной активности по трассам пролегания магистральных газонефтепроводов.

Ключевые слова: коррозионно активные компоненты, почвенный электролит, зона периодического смачивания

Experimentally tested on an area of pipeline “Shebelynka-Poltava-Kyiv” and confirmed the effectiveness of the proposed methodological approaches of determining the areas of high corrosion activity passing along the routes of gas pipelines.

Keywords: corrosive active components, soil electrolyte, periodic wetting zone.

Для сучасного стану України характерним є зміщення загроз національній безпеці у бік соціально-економічної та природно-технічної сфер. Наростання негативних антропогенних впливів у поєднанні з глобальними природними процесами (зміна клімату, оточуючого середовища тощо) можуть призвести до екологічних катастроф. Відомі випадки, коли економічні втрати від природних та техногенних катастроф були співмірні або перевищували величини ВВП деяких країн.

На початку нового тисячоліття потрібні нові наукові підходи до пошуку оптимальних, з точки зору безпеки, шляхів розвитку держави в цілому, та паливно-енергетичного комплексу зокрема. В ХХІ сторіччі технічні рішення, не здатні забезпечити промислову, соціальну та екологічну безпеку, не матимуть права на існування.

Паливно-енергетичний комплекс є одним з найважливіших секторів економіки країни. Найважливішу роль у ньому відіграє трубопровідний транспорт нафти та газу, без яких неможливе нормальне функціонування промисловості. Стійке функціонування та збалансований динамічний розвиток трубопровідної системи України – необхідні умови стабілізації та зростання економіки, покращення добробуту громадян. Враховуючи винятково важливу роль нашої держави як найбільшого транзитера енергоресурсів до Євросоюзу, можна говорити, що стабільність і безаварійність роботи ПЕК України – це гарантія нашої енергетичної безпеки зокрема та ЄС в цілому [1]. Основні газо- та нафтопроводи були побудовані в період 1960-1990 рр. та знаходяться на пізній стадії експлуатації. Збільшення строку безпечної служби

магістральних трубопроводів – важлива науково-технічна проблема.

Проведені обстеження підземних трубопроводів свідчать, що їх термін експлуатації залежить, здебільшого, від корозійної стійкості основного металу та зварного з'єднання труб, а також характеру руйнування поверхні металу в місцях з порушенням ізоляційним покриттям.

Вивчення умов експлуатації трубопроводів та аналіз існуючих способів підвищення їхньої довговічності в умовах впливу ґрунтової корозії свідчить, що, незважаючи на застосування різних заходів, кількість аварій трубопроводів внаслідок корозії становить по галузі близько 27% від їх загальної кількості. Процес корозії газопроводів у підземних умовах зумовлений великою кількістю фізичних і фізико-механічних чинників, які визначають її інтенсивність.

Для виявлення областей підвищеної корозійної активності вздовж траси пролягання трубопроводу необхідно:

- провести відбір проб ґрунту з верхньої та нижньої частин труби;
- визначити показники вологості з метою виявлення потенційних зон періодичного змочування, зумовлених як виглядом профілю траси, так і сезонними коливаннями кількості атмосферних опадів;
- проаналізувати сольовий склад ґрунтового електроліту та виокремити найбільш корозійно активні компоненти та області різких перепадів їх концентрацій;
- визначити рівень рН ґрунтового електроліту;
- встановити характер зміни вологості ґрунту, рН та сольового складу ґрунтового електроліту вздовж траси трубопроводу;

– шляхом графічної інтерпретації та подальшого об'єднаного аналізу одержаних діаграм виявити області підвищеної корозійної активності, у яких через спільну дію кількох негативних чинників ризик виникнення відмов з причини корозійно-механічної деградації буде найвищим.

Об'єктом дослідження вибрано ділянку магістрального трубопроводу Шебелинка – Полтава – Київ (ШПК) від 79,3 до 143,5 км. Проби відбирали над та під трубою під час планового шурфування з метою виявлення областей підвищеної корозійної активності та експериментальної перевірки запропонованих методичних підходів.

З корозійної точки зору найнебезпечнішими компонентами ґрунтового електроліту будуть сульфат- та хлорид-іони, а також речовини, які змінюють рівень рН. У даній методиці запропоновано також визначати вологість ґрунту з метою прогнозування її сезонних коливань, які, без сумніву, істотно впливатимуть на його загальну корозійну активність.

Аналіз ґрунтів проводили з використанням потенціометричного (іонометричного методу для визначення вмісту хлоридів і рН-метричного для визначення кислотності водної витяжки) та турбідиметричного (для визначення вмісту сульфатів) методів.

Пробопідготовка ґрунтів

Для визначення вмісту сульфатів та хлоридів у ґрунтах та для оцінки їх кислотно-основних характеристик проводили попередню пробопідготовку відповідно до ГОСТу 26423-85 п.4.1. Для одержання водяної витяжки ґрунту його аліквотну повітряносуху частину масою $30,0 \pm 0,1$ г переносили у конічні колби та додавали 150 мл дистильованої води. Ґрунти з водою струшували на ротаторі та фільтрували суспензію через подвійні складчасті фільтри відповідно до ГОСТу 26423-85 п.4.4.

Методика визначення хлоридів

Визначення хлоридів проводили потенціометричним методом відповідно до держстандарту ГОСТ 26425-85 п.2. Відповідно до цього ГОСТу готували серію стандартних розчинів з концентрацією хлориду 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; 0,00001 моль/л. Для вимірювання потенціалу використовували іономір ЭВЛ-74. Як індикаторний електрод використовували іонселективний хлоридний електрод та аргентумхлоридний (хлорсрібний) електрод порівняння (рис. 1). Оскільки до складу аргентумхлоридного електроду входять хлорид-іони, то вимірювання проводили через солевий місток, заповнений відповідно до стандарту одномолярним KNO_3 в агар-агарі. Градуирований графік будували в координатах $\Delta E - \text{pCl}$, з якого знаходили вміст хлориду у водяних витяжках досліджуваних ґрунтів. Водяну витяжку одержували відповідно до стандарту ГОСТ 26423-85 п.1. Результати аналізів наведено у таблиці 1.

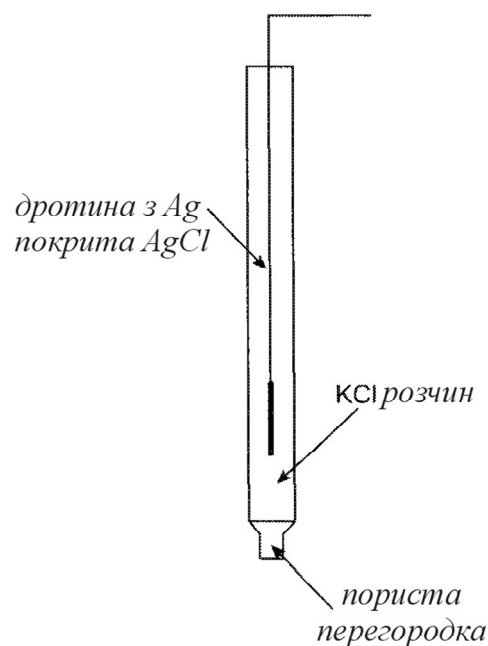


Рисунок 1 – Аргентумхлоридний електрод порівняння

Методика визначення сульфатів

Визначення сульфатів проводили турбідиметричним методом відповідно до держстандарту ГОСТ 26426-85 п.2. Відповідно до цього ГОСТу готували серію стандартних розчинів концентрацією 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 ммоль/л SO_4^{2-} . Для побудови градуировального графіка в окремі пробірки відбирали по 1,0 мл стандартних розчинів та по 10,0 мл осаджуючого розчину (розчин BaSO_4 в HCl , стабілізований гліцерином). Розчини фотометрували через 20 хвилин з моменту зливання на фотоелектроколориметрі КФК-3 при довжині хвилі $\lambda = 520$ нм в кюветі з товщиною поглинаючого шару 10,0 мм. Графік будували в координатах “помутніння – концентрація сульфату”. Для визначення вмісту сульфату у досліджуваних зразках ґрунтів відбирали по 1,0 мл водної витяжки, приготованої відповідно до стандарту ГОСТ 26423-85 п.1, і проводили підготовку до аналізу та фотометрування аналогічно стандартним розчинам. Вміст сульфату знаходили за допомогою прямої стандартних розчинів.

Методика визначення рН

Для визначення рН використовували комбінований скляний електрод марки ЭСК-10601/4, будову якого зображено на рис. 2. Для забезпечення правильної роботи електроду проводили його калібрування за первинними та вторинними стандартами рН-метрії. Значення рН встановлювали за показами іономіра рН – 150 МА для водяних витяжок ґрунтів, одержаних відповідно до стандарту ГОСТ 26423-85 п.1, не скоріше, ніж через 2 хвилини після занурення електроду в розчин. Використаний стандарт для визначення рН – ГОСТ 26423-85 п.4. Результати аналізів наведено у таблиці 1.

Таблиця – Результати аналізу проб ґрунту з трубопроводу ШПК

№ з/п	Характеристики трубопроводу, місце відбору проби	Вологість, %	рН	SO ₄ ²⁻		Cl ⁻	
				ммоль/100г	%	ммоль/100г	%
1	720 ШПК 79,3; Верх	10,3	8,30	0,108	0,0104	27,5	0,976
2	720 ШПК 79,3; Низ	7,02	8,35	0,0796	0,00770	153	5,41
3	720 ШПК 80,8; Верх	11,7	8,40	0,137	0,0131	25,1	0,892
4	720 ШПК 80,8; Низ	6,65	8,75	0,693	0,0666	71,9	2,55
5	720 ШПК 119,8; Верх	18,5	8,35	0,179	0,0172	14,6	0,519
6	720 ШПК 119,8; Низ	18,6	8,25	0,208	0,0199	13,0	0,460
7	720 ШПК 143,5; Верх	18,8	7,15	0,137	0,0131	12,2	0,433
8	720 ШПК 143,5; Низ	32,87	8,55	0,726	0,0698	17,0	0,603

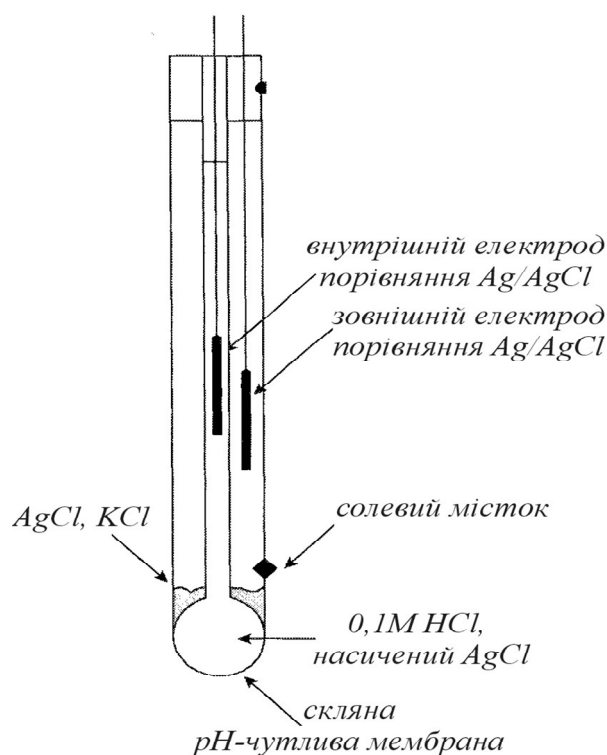


Рисунок 2 – Будова комбінованого електрода ЕСК – 10601/4

Для кращої візуалізації одержаних результатів та полегшення виявлення корозійно-небезпечних зон в місцях різких перепадів концентрацій компонентів, рівня вологості, рН представлено графічні залежності зміни їх величин вздовж досліджуваної ділянки газопроводу (рис. 3, 4, 5, 6).

Візуальний аналіз зміни вологості ґрунтів на досліджуваній ділянці газопроводу свідчить про незначну різницю між показниками для проб з верхньої і нижньої частини труби, однак починаючи зі 120 км і до закінчення досліджуваної ділянки спостерігається збільшення різниці показників аж до 14%. Однак, найбільшу небезпеку становить активне зростання вологості у нижній частині труби впродовж всієї досліджуваної ділянки, протягом 64,2 км вологість зростає із 7,02% до 32,87% або у 4,7 рази. Така залежність дає підстави говорити про ви-

явлення на досліджуваній ділянці блукаючої зони періодичного змочування, яка у суху пору року знаходиться в області 130...143 км із можливим звуженням до точкової, а в період інтенсивних опадів зміщується в район 90...100 км.

Результати досліджень зміни рН ґрунтового електроліту вздовж траси трубопроводу (рис. 4) свідчать про наявність двох ділянок: на першій ділянці в області 79,3...119,8 км спостерігаємо рівномірний рівень рН верхніх та нижніх проб із точковою аномалією на 80,8 км; друга ділянка, навпаки, характеризується збільшенням різниці показників аж до 1,4 одиниць на 143,5 км, де може спостерігатися прискорення та локалізація корозійних процесів з огляду на те, що у тій же точці розташована постійна зона періодичного змочування (рис. 3).

Розглянувши окремо зміну показників верхніх та нижніх проб вздовж досліджуваної ділянки, можемо констатувати рівномірний тренд в районі 8,5 для показників рН проб з нижньої частини труби на обох ділянках та швидкий перехід показників рН з лужної в нейтральну область для верхніх проб, починаючи зі 120 км траси.

Лужна реакція ґрунту нижніх проб, з одного боку, пригнічує корозійні процеси, з іншої, може сприяти певному розчиненню продуктів корозії – амфотерних гідроксидних плівок, що зменшить швидкість пасивації сталі трубопроводу.

Щодо міграції у бік нейтральних показників рН проб з верхньої частини труби, то такі зміни не спричинять істотного впливу на швидкість перебігу корозійних процесів, за винятком хіба що точки максимальної різниці на 143,5 км траси.

Наступним етапом реалізації запропонованої методики було визначення концентрації хлоридів та сульфатів у водяних витяжках проб ґрунту та вивчення її зміни вздовж траси трубопроводу (рис. 3, 4).

У пробах, відібраних у верхній частині труби, концентрація хлоридів демонструє тенденцію до монотонного зниження. Натомість у пробах з нижньої частини труби фіксуємо різке падіння концентрації на відрізьку 79,3...80,8 км від 153 до 71,9 ммоль/100 г, тобто більш, ніж

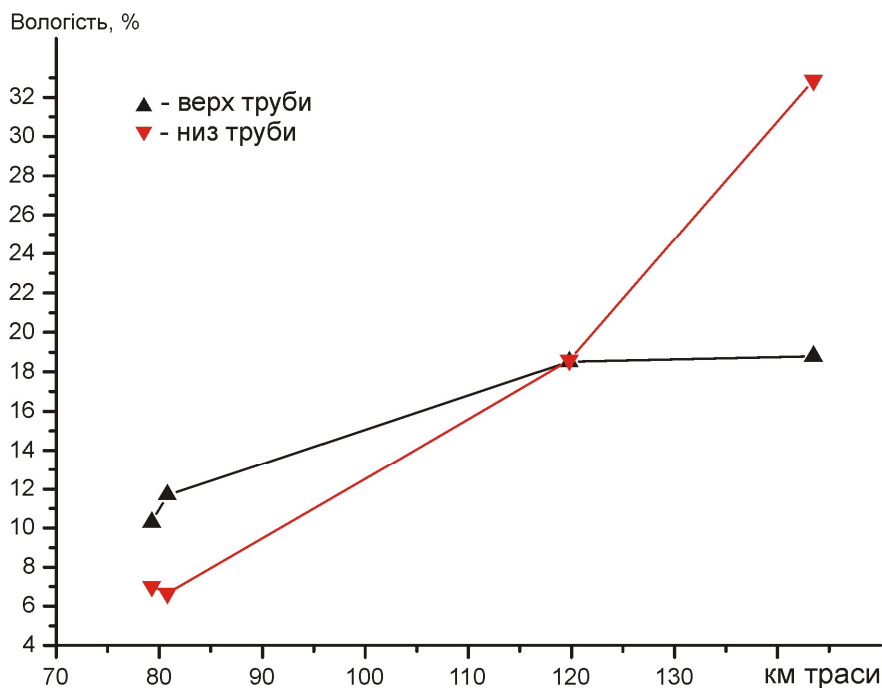


Рисунок 3 – Зміна вологості ґрунтів на ділянці газопроводу ШПК

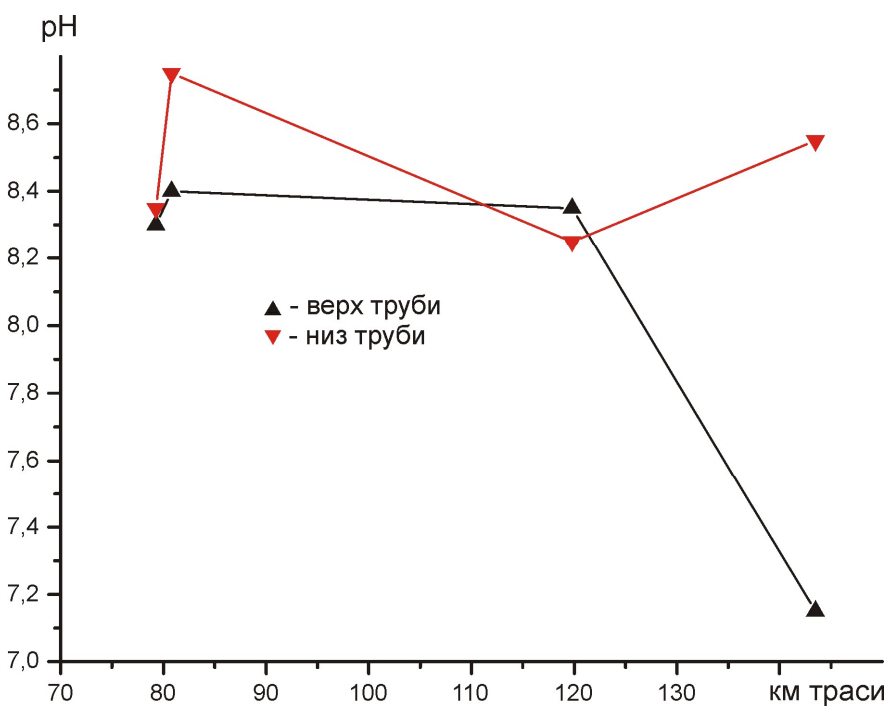


Рисунок 4 – Зміна рівня рН на ділянці газопроводу ШПК

удвічі, що при пошкодженні захисного покриття призведе до утворення концентраційних гальванічних елементів.

У точці 79,3 км зафіксовано аномальну різницю концентрацій хлоридів у ґрунті над та під трубою, які становлять 153 та 27,5 ммоль/100г відповідно і відрізняються у 5,56 разів. Такий значний перепад концентрацій викликатиме, крім утворення концентраційних гальванічних елементів, ще й істотну локалізацію корозійних процесів та пригнічуватиме процес пасивації сталі трубопроводу у нижній частині труби, що носитиме особливо небезпечний характер,

оскільки за статистикою абсолютна більшість небезпечних корозійних уражень виникає саме в нижній частині трубопроводу, що зумовлено синергічною дією корозійного та механічного чинників, підвищеним ризиком пошкодження захисного покриття камінням чи твердими частинами ґрунту в процесі укладання тощо.

На решті досліджуваної ділянки трубопроводу ШПК концентраційні перепади хлоридів не настільки значні і їх вплив на корозійну поведінку матеріалу трубопроводу буде незначним.

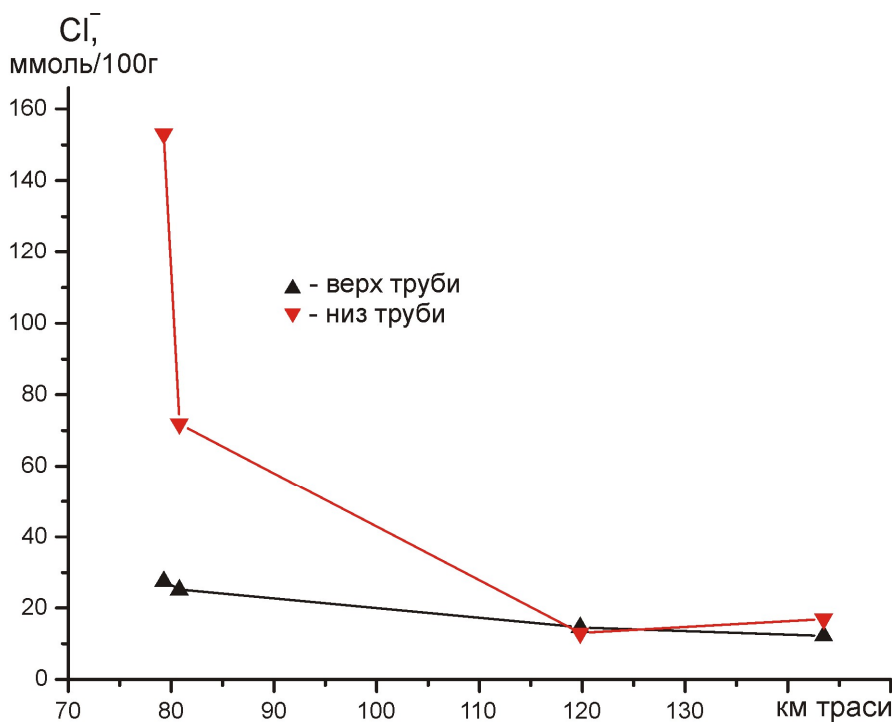


Рисунок 5 – Зміна концентрації хлоридів на ділянці газопроводу ШПК

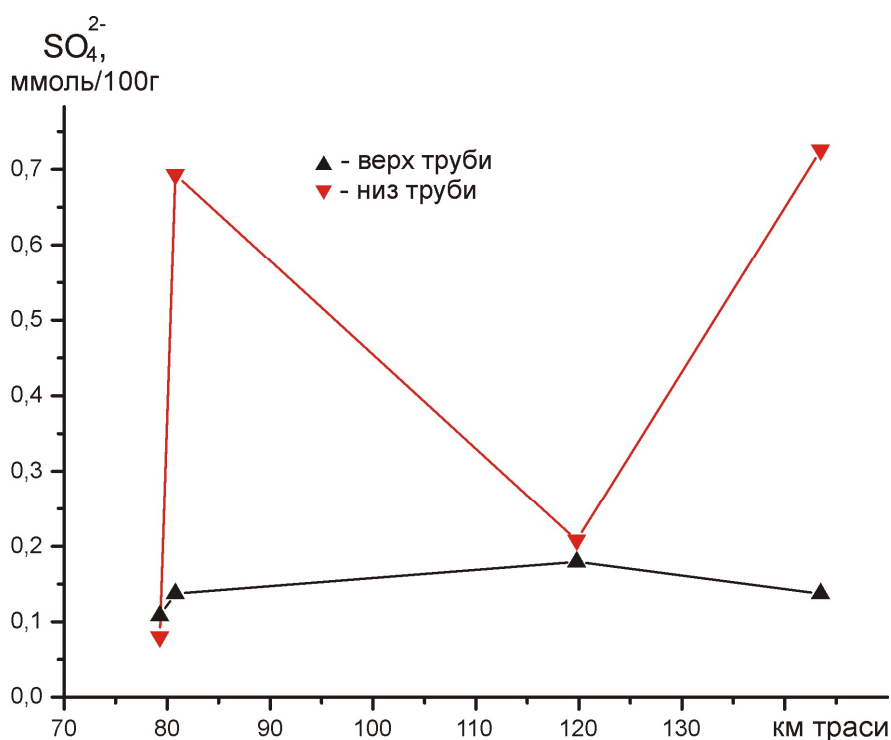


Рисунок 6 – Зміна концентрації сульфатів на ділянці газопроводу ШПК

Аналіз зміни концентрації сульфатів (рис. 4) показав наявність двох аномальних областей в районі 80,8 та 143,5 км траси, перепад концентрацій у витяжках верхньої та нижньої проб становить 5,05 та 5,3 рази відповідно, що викликати локалізацію корозійних процесів у нижній частині труби та сприятиме, у разі пошкодження захисного покриття, утворенню концентраційних гальванічних елементів як локальних (між верхньою та нижньою поверхнями труби), так і макрогальванічних елементів

між ділянками трубопроводу на позначках 80,8 та 119,8 км і 119,8 та 143,5 км. Саме відрізок між позначками 130 та 143,5 км буде одним із найнебезпечніших з точки зору корозійної активності, оскільки на ньому спостерігається синергічна дія трьох чинників: наявність зони періодичного змочування, різкий перепад концентрацій сульфатів у пробах ґрунту над та під трубою і максимальний для досліджуваної частини трубопроводу перепад рН.

Іншою небезпечною зоною буде ділянка 79,3...85 км із значними перепадами концентрацій хлоридів і сульфатів у ґрунті над та під трубою і підвищеною концентрацією хлоридів і сульфатів у нижній частині трубопроводу, що, як показали попередні дослідження [4], призводить до значної локалізації корозійних процесів та розвитку виразкової корозії вдовж границі розділу фаз “оголений метал – протикорозійне покриття”.

Таким чином, у результаті практичної реалізації запропонованої методики виявлено області підвищеної корозійної активності на досліджуваній ділянці трубопроводу ШПК, зокрема виявлено зони періодичного змочування, місця різких перепадів концентрацій хлоридів та сульфатів, а також ділянки з підвищеною небезпекою утворення концентраційних макрогоальванічних елементів та розвитку піттингової і виразкової корозії.

Використання одержаних результатів дасть змогу скоректувати план моніторингових та ремонтних заходів на досліджуваній ділянці та мінімізувати ризики виникнення пошкоджень та позаштатних ситуацій через корозійно-механічну деградацію трубопроводу.

Література

1 Крижанівський Є. І. Безпека та захист від аварій та катастроф трубопровідних систем в складних умовах експлуатації / Є. І. Крижанівський, Л. Я. Побережний, Л. Є. Шкіца // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – №3. – С. 21-27.

2 Побережний Л. Я. Корозія підземних магістральних трубопроводів / Л. Я. Побережний // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – № 2 (15). – С. 27-31.

3 Побережний Л. Я. Особливості корозії нафтогазопроводів у засолених ґрунтах / Л. Я. Побережний // Нафтова і газова пром-ть. – 2008. – №3. – С. 47-49.

4 Побережний Л. Я. Вплив йонної сили ґрунтового електроліту на швидкість корозії металу нафтогазопроводів / Л. Я. Побережний, Т. Ю. Пиріг, А. І. Станецький // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2010. – Спец. вип. № 8. – Т. 2. – С. 620-624.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
28.11.10*

*Рекомендована до друку професором
Грудзом В.Я.*