

УДК 622.4.076 : 620.197.6

М.С. Полутренко
ЕКОЛОГІЧНИЙ АУДИТ КОРОЗІЙНОЇ АКТИВНОСТІ ҐРУНТІВ ПРОКЛАДАННЯ
МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

Проведено екологічний аудит корозійної активності ґрунтів прокладання магістральних газопроводів (МГ) Західного та Південного регіонів. В результаті комплексного обстеження ґрунтів на досліджуваних ділянках газопроводів встановлено середній та високий ступінь корозійної активності, що призводить до інтенсифікації корозійних процесів підземних трубопроводів. Для підвищення ефективності протикорозійного захисту МГ на досліджуваних ділянках, із врахуванням корозійної активності ґрунтів, рекомендовано використання інноваційного біостійкого протикорозійного покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБПІ-Д-1 (А), модифікованої інгібітором з класу четвертинних амонійних солей.

Ключові слова: екологічний аудит, корозія, газопроводи, ґрунти.

Рис. 5. Табл. 6. Літ. 10.

М.С. Полутренко
ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ ПРОКЛАДКИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Проведен экологический аудит коррозионной активности почв прокладки магистральных газопроводов (МГ) Западного и Южного регионов. В результате комплексного обследования почв на исследуемых участках газопроводов установлено средний и высокий степень коррозионной активности, что приводит к интенсификации коррозионных процессов подземных трубопроводов. Для повышения эффективности противокоррозионной защиты МГ на исследуемых участках, с учетом коррозионной активности грунтов, рекомендуется использование инновационного биостойкого антикоррозионного покрытия на основе битумно-полимерной мастики МБПИ-Д -1 (А), модифицированной ингибитором из класса четвертичных аммонийных солей.

Ключевые слова : экологический аудит , коррозия , газопроводы, почвы,

M.S. Polutrenko
ENVIRONMENTAL AUDIT CORROSIVITY SOIL GAS PIPELINES LAYING

Conducted an environmental audit of soil corrosivity laying trunk pipelines (MG) Western and Southern regions. As a result, a comprehensive survey on the soil study sites established pipelines medium and high degree of corrosion activity that leads to an intensification of corrosion processes of underground pipelines . To increase the effectiveness of corrosion protection on trunk pipelines study sites , taking into account the soil corrosivity , the use of innovative biological stability of anti-corrosion coating based on bitumen- polymer mastic MBPI - D-1 (A) , modified inhibitor class of quaternary ammonium salts.

Keywords: environmental audits , corrosion, gas pipelines, soil

Аналіз стану досліджень та публікацій. Мережа газопроводів є важливим елементом транспортування газу і відіграє значну роль у забезпеченні енергетичної безпеки країни. У процесі проектування та експлуатації газопроводів недостатньо враховується їх вплив на довкілля й оцінюється екологічна безпека експлуатації газопроводів. Забезпечення екобезпеки, в основному, зводиться до дотримання певних відстаней між трасою магістрального трубопроводу та об'єктами інфраструктури. Основною формою впливу магістральних газопроводів на довкілля при їх експлуатації є можливість забруднення ґрунтового масиву, повітряного басейну, води продуктами транспортування у разі виникнення аварійних ситуацій. Причини відмов трубопроводів, що створюють екологічний ризик, висвітлено в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених [1,4, 6, 9]. Аналіз причин відмов трубопроводів показав [8], що більше 80% всіх відмов відбулися з причин корозії металу труб. Внаслідок корозії відбувається значне зменшення перерізу трубопроводу. Це різко підвищує екологічний ризик подальшої експлуатації таких металоконструкцій і актуалізує проблему оцінки їхнього залишкового ресурсу. У процесі тривалої експлуатації підземних газопроводів, прокладених в ґрунтах різної корозійної активності, в окремих регіонах України формується екологічна небезпека, зумовлена руйнуванням трубопроводів через перевищення нормативного ресурсу їх експлуатації, деградації ізоляційного покриття, з причин ґрунтової корозії та з причин мікробної корозії.

Важливим чинником забезпечення безаварійної роботи підземних газопроводів є захист їх поверхні від ґрунтової корозії якісними ізоляційними покриттями. Серед широкої номенклатури ізоляційних матеріалів, яка постійно оновлюється, попри сучасні види ізоляції (поліуретанової, поліепоксидної, тришарової поліетиленової) домінуючі позиції в нафтогазовому комплексі України зберегли менш ефективні з точки зору протикорозійних і техніко-експлуатаційних параметрів, але

значно дешевші «традиційні» мастикові та мастиково-стрічкові покриття на нафтобітумній основі, частка яких в структурі ізоляційних покриттів в газовому секторі економіки перевищує 94% (94,6).

Виділення не вирішених частин проблеми. На сьогодні більшість дослідників-корозіоністів усвідомили необхідність врахування біологічного чинника, який значною мірою визначає інтенсивність корозійних процесів, що відбуваються на поверхні металевих конструкцій в підземному середовищі. Недивлячись на те, що такими видатними українськими та зарубіжними вченими, як Андреюк К.І., Піляшенко-Новохатний А.І., Козлова І.П., Коптева Ж.П., Антоновська Н.С., Пуриш Л.М., Середницький Я.А., Стрижевський І.В., Соколова Г.А., Заварзин Г.А., Белоглазов С.М, Hamilton W.A., Iverson W.P. та ін. визнано провідну роль мікробіологічної корозії в процесах підземного руйнування металів, аналіз попередніх досліджень дозволив констатувати недостатню вивченість модифікації мастикових покриттів на бітумно-полімерній основі з метою надання їм якісно нових властивостей, зокрема біостійкості. Крім якісного захисного ізоляційного покриття, необхідно враховувати корозійну активність ґрунтів, в яких прокладені підземні трубопроводи для забезпечення їх надійної експлуатації. На процеси корозії металоконструкцій в підземному середовищі впливає ряд екологічних факторів, а саме: хімічна природа ґрунтів, їх вологість, питомий опір, окисно-відновний потенціал, наявність сульфатвідновлювальних бактерій (СВБ), які відіграють домінуючу роль серед мікробної асоціації ґрунтових мікроорганізмів.

У зв'язку з викладеним вище, метою даного дослідження було проведення екологічного аудиту визначення корозійної активності ґрунтів прокладання магістральних газопроводів Західного та Південного регіонів.

Виклад результатів проведених досліджень. Екологічний аудит корозійної активності ґрунтів охоплював комплекс досліджень по визначенню кислотності ґрунтів, окисно-відновного потенціалу (ОВП) ґрунту, питомого опору ґрунту, а також втрату маси металу, визначену гравіметричним методом, що характеризувало корозійне руйнування металу. Відбір проб ґрунту проводили згідно методики діючого ДСТУ 3291-95 [2].

Для оцінки корозійної активності ґрунтів по відношенню до прокладання в нього трубопроводу характерним є утворення в ньому перших ознак наскрізної корозії. Безперечно, що така оцінка є наближеною, оскільки процес корозії сталевих трубопроводів залежить не тільки від ґрунтових умов, але й від сорту сталі, якості і матеріалу зварних з'єднань, товщини стінки трубопроводів, якості захисного покриття, а також від умов експлуатації трубопровода.

На сьогодні існує більше двадцяти польових та лабораторних методів визначення корозійної активності ґрунтів [3, 10]. Враховуючи широке розмаїття причин корозії металу в ґрунті жоден з цих методів окремо не може дати точну картину визначення корозійної активності ґрунтів. Правильну оцінку корозійної активності ґрунтів можна зробити тільки після дослідження ґрунтів різними методами і співставлення результатів цих досліджень з врахуванням місцевих географічних і кліматичних умов.

В Західному регіоні були відібрані проби ґрунтів на глибині залягання трубопроводу в зоні прокладання магістральних трубопроводів «Пасічна-Долина» (5 проб) та «Пасічна-Тисмениця» (3 проби) (масою не менше 2 кг кожна проба). В зоні «Пасічна-Долина» проби були відібрані по ходу газу в наступній послідовності: 1-й шурф – 70 м; 2-й – через 20 метрів від шурфу № 1; 3-й – через 50 метрів від шурфу № 2; 4-й – через 100 метрів від шурфу № 3; 5-й – через 10 метрів від шурфу № 4. На трасі прокладання магістрального трубопроводу (МГ) діаметром 529 мм «Пасічна-Тисмениця» досліджувана ділянка охоплювала 275 м, проба 1- в місці розташування КВК, вправо від неї через 125 м – проба 2 і вліво від КВК через 150 м – проба 3. Візуальний аналіз відібраних проб ґрунтів на трасі «Пасічна-Долина» показав наступне:

Шурф №1 - піщаний ґрунт з гравієм. Колір жовто-коричневий;

Шурф №2 - глинистий ґрунт різних кольорів (від червоно-бурого до сірого) з рештками коренів рослин;

Шурф №3 - піщаний ґрунт середньозернистої структури світло-коричневого і жовтого кольорів;

Шурф №4 - глинистий ґрунт різних відтінків (жовтого, коричневого, світло-сірого);

Шурф №5 - глинистий ґрунт сірого кольору з вкрапленнями коричневого, червоного та чорного кольорів.

Проби ґрунту на трасі прокладання трубопроводу «Пасічна-Тисмениця» теж відрізнялися за своїм кольором:

Проба №1 - глинистий ґрунт жовто-коричневого кольору;

Проба №2 – глинистий ґрунт чорно-сірого кольору;

Проба №3 – глинистий ґрунт темно-коричневого кольору.

Оскільки одним з екологічних показників, який характеризує корозійну активність ґрунту є кислотність, тому важливо було простежити як змінюється кислотність ґрунту, відібраного зверху і знизу масиву трубопроводу, зліва та справа по ходу газу. Кислотність ґрунтів зумовлена наявністю йонів Гідрогену, концентрація яких виражається величиною рН. Величина рН в ґрунті змінюється в залежності від загальної мінералізації ґрунтових вод і наявності в них карбонатної і мінеральних кислот, кислих і основних солей. За величиною рН розрізняють ґрунти: сильнокислі (3 - 4,5), кислі (4,5 - 5,5), слабкокислі (5,5 - 6,5), нейтральні (6,5 - 7,0), слабколужні (7,0 - 7,5), лужні (7,5 - 8,5), сильнолужні (більше 8,5) [11].

В залежності від того, в якому стані знаходяться в ґрунті йони Гідрогену, розрізняють наступні види кислотності: актуальну (активну) і потенційну (приховану), яка поділяється на обмінну і гідролітичну. Актуальна кислотність зумовлена йонами Гідрогену, що знаходяться в ґрунтовому розчині. Про її величину судять за результатами аналізу водної витяжки з ґрунту. Актуальна кислотність характеризує кислотність ґрунту на момент її визначення.

Була визначена актуальна кислотність відібраних проб ґрунту за методикою [5] з допомогою універсального індикатора та рН-метра марки рН-150МИ (табл. 1).

Таблиця 1. Визначення рН водних витяжок відібраних проб ґрунту

№ проби ґрунту	Пасічна-Тисмениця			Пасічна-Долина				
	1	2	3	шурф №1	шурф №2	шурф №3	шурф №4	шурф №5
рН (лакмус)	6-7	~7	~7	6-7	6-7	6-7	6-7	6-7
ручний рН-метр	6,78-6,80	6,83-6,84	6,68-6,69	6,59-6,60	6,36-6,37	5,62-5,63	6,27-6,28	6,66-6,67

Одержані результати показали, що трубопровід на трасі «Пасічна-Долина» прокладений в неоднорідному за кислотністю ґрунті. Так, траса трубопроводу, відмічена шурфами № 2,3,4 довжиною 170 метрів проходить через ґрунти, які за величиною рН відносяться до слабкокислих, що вказує на корозійну активність ґрунту по відношенню до сталі, а ґрунти відмічені шурфами № 1 і 5 до нейтральних. До нейтральних ґрунтів відносяться також ґрунти, через які прокладений трубопровід в зоні «Пасічна-Тисмениця», де на вибраній ділянці траси, рН-ґрунту знаходиться в межах 6,7 - 6,8. Для характеристики корозійної активності ґрунтів недостатньо оперувати тільки значенням рН, оскільки рН вказує лише на активність йонів Гідрогену в ґрунтовому розчині, але не вказує на кількісний вміст кислот в ґрунті, оскільки рН відноситься тільки до дисоційованої частини кислот. Також необхідно було виключити можливість посилення корозійних процесів впливом сульфат-йонів (SO_4^{2-}). Саме з цієї метою були проаналізовані водні витяжки ґрунтів на предмет SO_4^{2-} якісною реакцією з водним розчином барій хлориду. Випадання білого осаду (пооява муті) свідчило про наявність йонів SO_4^{2-} в ґрунтових водах (табл..2).

Таблиця 2. Якісний вміст йонів SO_4^{2-} в ґрунтових водах

№ проби	Пасічна-Долина					Пасічна-Тисмениця		
	Шурфи					Проби		
	1	2	3	4	5	1	2	3
Наявність SO_4^{2-} (якісна проба)	-	+	+	±	-	-	-	-

"+" – спостерігалось утворення муті; "±" – слабка муть; "-" – муть відсутня.

З одержаних даних видно, що сульфат-йони присутні в ґрунтових водах відібраних проб від шурфу № 2 до шурфу № 4, що свідчить про наявність в ґрунтах на цій ділянці траси сульфатів (можливо Na_2SO_4 , $FeSO_4$, $MgSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$). У водних витяжках решти проаналізованих проб SO_4^{2-} не виявлено.

Таким чином, співставляючи дані, одержані по визначенню рН-проб з даними якісного аналізу SO_4^{2-} можна допустити, що корозійно-активним ґрунтом є ґрунт на трасі «Пасічна-Долина» довжиною 170 м по ходу газу від шурфа № 2 до шурфа № 4 включно.

Оскільки, в ґрунтових водах на трасі магістрального трубопроводу «Пасічна-Долина», за допомогою якісного аналізу виявлено наявність сульфат-йонів, то не виключена можливість розвитку корозії сталевих труб в результаті мікробіологічної корозії або біокорозії. Для повноти заключення про корозійну активність ґрунтів, було проаналізовано також значення питомого опору ґрунтів (табл. 3.).

Таблиця 3. Питомий опір відібраних проб ґрунту

№ проби	Пасічна-Долина					Пасічна-Тисмениця		
	Шурфи					Проби		
	1	2	3	4	5	1	2	3
Питомий опір ґрунту, ρ , Ом·м	73	72	72	65	64	44	90	44

Аналіз одержаних результатів показав, що на трасі «Пасічна-Долина», на досліджуваній ділянці трубопроводу спостерігається зниження питомого опору ґрунту, в той час, як на трасі «Пасічна-Тисмениця» питомий опір ґрунту проби № 2 більше ніж в 2 рази перевищує питомий опір ґрунту для проб №№ 1 і 3, що вказує на неоднорідність корозійної активності ґрунту.

Для більш точної оцінки корозійної активності ґрунтів, було проведено серію дослідів з відібраними зразками ґрунтів по визначенню маси втрат металу гравіметричним методом, який є досить простим в технічному плані та поширеним [3].

На рис. 1 приведена залежність втрати маси металу трубок в пробах ґрунту від досліджуваної довжини траси МГ «Пасічна – Долина».

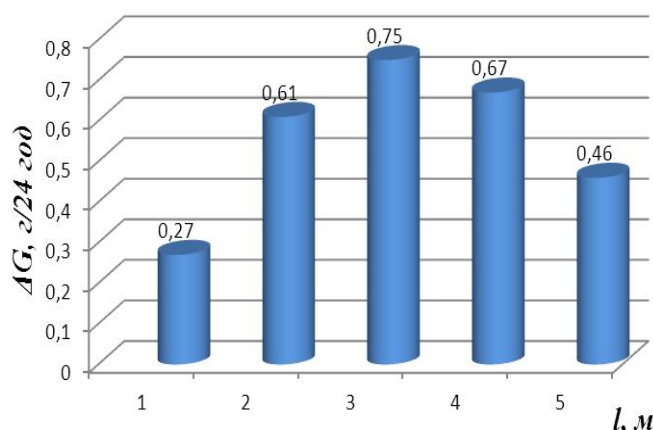


Рис. 1. Залежність втрати маси металу (ΔG , г/24год) від довжини траси МГ «Пасічна-Долина»

Оскільки інтегрованим показником біохімічної активності мікробних угруповань є нативне дихання ґрунту, яке визначається за кількістю виділеного вуглекислого газу, то було проведено визначення інтенсивності дихання ґрунту для проб шурфа № 2 і шурфа № 4, де виявлено наявність SO_4^{2-} в ґрунтових водах. Результати визначень показали наявність CO_2 у відібраних пробах на рівні 2,0 - 3,0 мг/л, що характеризувало підвищений ступінь корозійної активності середовища.

На трасі МГ «Пасічна-Тисмениця» спостерігається дещо інша, ніж на рис. 2, залежність втрати маси металу трубок під дією постійного електричного струму протягом 24 годин.

Аналіз одержаної залежності $\Delta G = f(l)$, приведеної на рис. 3.15 показав, що на вибраній нами ділянці траси, найінтенсивніше корозія відбувається в ґрунті проби № 3. В напрямку руху газу корозійні процеси "затухають", про що свідчать нижчі значення ΔG для проб № 1 і № 2, (що, можливо, пов'язано з перенасиченням ґрунту вологою, яка в свою чергу заблокувала доступ кисню до металу, що й призвело до зниження швидкості корозії, прокладеного в ґрунті з нормальним ступенем корозійності.

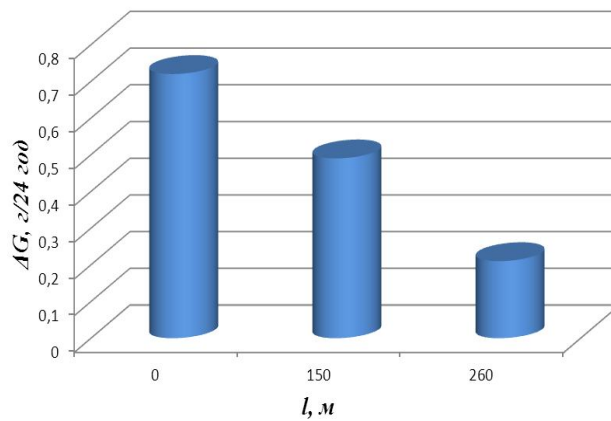


Рис. 2. Залежність втрати маси металу (ΔG , г/24 год) від довжини траси МГ «Пасічна –Тисмениця»

В зоні прокладання магістрального газопроводу Південного регіону діаметром 529 мм з товщиною стінки 8,0 мм було проведено три шурфування: на відмітці ПК 163+32 (шурф 1), ПК 576+00 (шурф 2), ПК 646+00 (шурф 3). За механічним складом досліджені ґрунти представлені супісками та суглинками (табл.4). Визначено такі фізико-хімічні показники: питомий електроопір, кислотність, окисно-відновний потенціал (ОВП) ґрунту до шурфування і після, а також зміну втрати маси металу гравіметричним методом, яка характеризувала інтенсивність корозійних процесів.

Таблиця 4. Характеристика обстежених ґрунтів

№ шурфа	pH	Питомий електроопір ρ , Ом·м	ОВП до шурфування, В	ОВП після шурфування, В	Гранулометричний склад
1	8,04	63	- 0,99	- 0,97	Супісок з рештками коренів рослин
2	8,00	10	- 1,05	- 1,02	Суглинок коричневий з рештками коренів рослин
3	7,88	14	- 1,20	- 1,17	Суглинок коричневий з рештками коренів рослин

Основою для визначення ступеня корозійної активності ґрунту був вибраний питомий електроопір ґрунту. Низькі значення питомого електроопору для шурфів 2 і 3 вказують на високу корозійну активність ґрунтів. Одержані результати по визначенню pH водних витяжок проб ґрунту (табл.5) показали, що досліджений газопровід прокладений в однорідних за кислотністю ґрунтах. За величиною pH ґрунти є лужними.

Таблиця 5. Визначення pH водних витяжок проб ґрунту

Місце відбору проби ґрунту	Шурф №1				Шурф №2			Шурф №3		
	верх	зліва	справа	низ	верх	зліва	справа	верх	зліва	справа
ручний pH-метр	8,05	8,02	8,00	8,03	8,02	7,95	7,85	7,88	8,0	7,76

Результати якісного аналізу на йони SO_4^{2-} в ґрунтових водах показали, що SO_4^{2-} присутні в ґрунтових водах відібраних проб тільки на двох відмітках шурфування ґрунту: ПК 576+00 і ПК 646+00. Таким чином, співставляючи дані, одержані по визначенню кислотності ґрунту з даними якісного аналізу SO_4^{2-} можна допустити, що ґрунти з шурфів на відмітках ПК 576+00 і ПК 646+00 є корозійно-активними. Оскільки, в ґрунтових водах на трасі магістрального трубопроводу, за допомогою якісного аналізу виявлено наявність сульфат-йонів, то не виключена можливість розвитку корозії сталевих труб в результаті мікробіологічної корозії або біокорозії. Для повноти заключення про корозійну активність ґрунтів, було проаналізовано також значення питомого електроопору

ґрунтів (табл. 4). З одержаних даних видно, що на трасі магістрального газопроводу, спостерігається суттєве зниження питомого електроопору ґрунту на досліджуваній ділянці трубопроводу від відмітки ПК 163+32 до ПК 576+00 і ПК 646+00, що вказує на високу корозійну активність ґрунтів. Порівнюючи одержані значення питомого електроопору зразків ґрунту з даними літературних джерел, можна допустити, що найбільш ймовірна швидкість розвитку пітінгів складатиме 0,18 мм/рік. Для повноти заключення про корозійну активність ґрунтів, було проведено серію дослідів з відібраними зразками ґрунтів по визначенню маси втрат металу гравіметричним методом.

На рис. 3, 4 і 5 приведені залежності втрати маси металу в ґрунтах на різних ділянках траси.

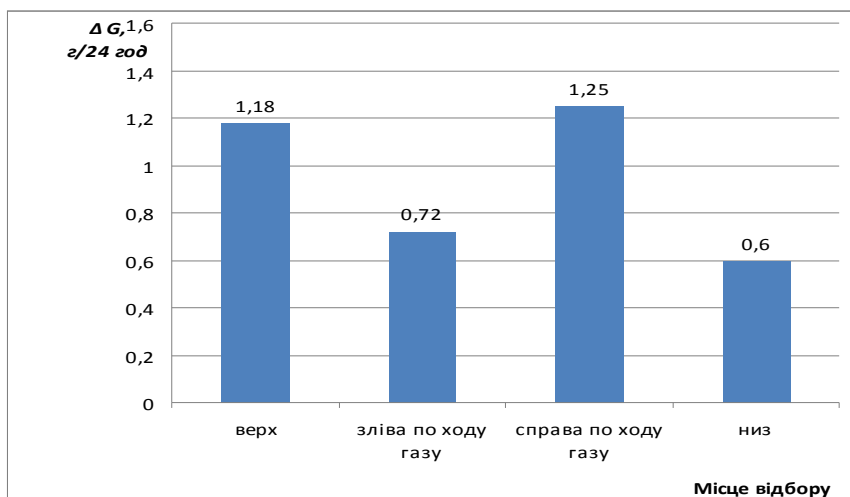


Рис. 3. Залежність втрати маси металу (ΔG , г/24год) на ділянках траси МГ (ПК163(+32) шурф1)

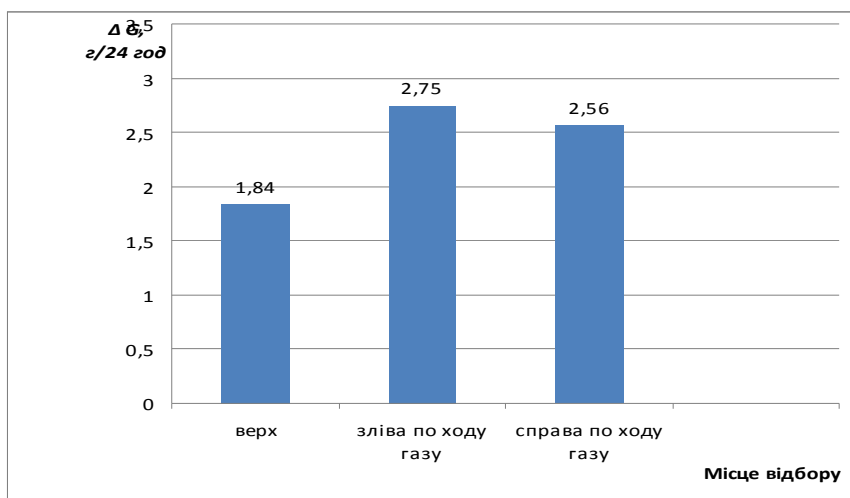


Рис. 4. Залежність втрати маси металу (ΔG , г/24год) на ділянках траси МГ (ПК576(+00), шурф 2)

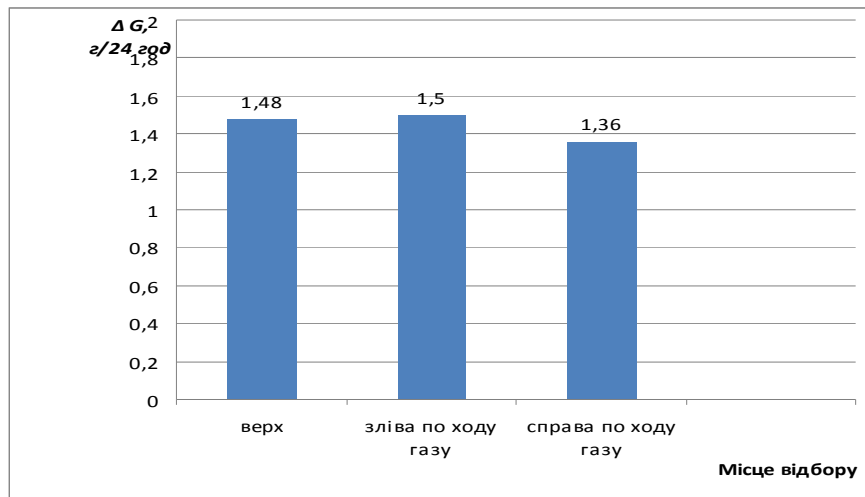


Рис. 5. Залежність втрати маси металу (ΔG , г/24 год) на ділянках траси МГ (ПК646(+00), шурф 3)

Співставляючи результати екологічного аудиту по визначенню корозійної активності ґрунтів прокладання магістральних газопроводів Західного та Південного регіонів можна стверджувати, що ґрунти на досліджуваних ділянках траси відносяться до ґрунтів з середнім та високим ступенем корозійної активності. Тому, для запобігання корозії металу трубопроводу внаслідок ґрунтової корозії запропоновано ізоляційне покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБП-Д-1 [7], яке володіє підвищеними протикорозійними характеристиками (в т.ч. є водостійким), а також проявляє бактерицидні властивості за рахунок введення до складу покриття інгібітора з класу четвертинних амонійних солей, які використовуються для пригнічення росту сульфатвідновлювальних бактерій (СВБ). В табл. 6 приведено характеристику інноваційного біостійкого бітумно-ізоляційного покриття.

Таблиця 6. Характеристика модифікованого бітумно-ізоляційного покриття

Праймер	Мастика	Адгезія стрічки до мастики, Н/мм	Адгезія мастики до заґрунтованого металу, Н/мм ²	Загальна товщина захисного покриття, мм	Міцність при ударі при 20°C, Дж
А	А	1,5	0,55	4,3	15
А+ 0,1 мас.% Інґ.	А+ 0,1 мас.% Інґ.	1,7	0,62	4,3	15

Успішно проведені випробування інноваційного покриття на базі модифікованої мастики в умовах УМГ «Прикарпаттрансгаз» показали повну відповідність регламентованих фізико-механічних характеристик покриттів вимогам ДСТУ 4219-2003, що вказує на практичну цінність проведених досліджень.

Використання інноваційних біостійких протикорозійних покриттів на вітчизняному ринку в теперішній практиці ізолювання трубопроводів дозволить підвищити надійність та скоротити фінансові й трудові затрати при їх експлуатації, а також забезпечити екологічну безпеку трубопровідних систем України.

Висновки.

1. Проведено екологічний аудит корозійної активності ґрунтів прокладання магістральних газопроводів Західного та Південного регіонів.

2. Встановлено в результаті комплексного обстеження ґрунтів на досліджуваних ділянках траси магістральних газопроводів, що ґрунти відносяться до ґрунтів з середнім та високим ступенем корозійної активності, що призводить до інтенсифікації корозійних процесів підземних трубопроводів.

3. Наявність сульфат-йонів у водних витяжках ґрунту на досліджуваних ділянках траси МГ спричиняє розвиток мікробіологічної корозії з участю сульфатвідновлювальних бактерій.

4. З метою підвищення протикорозійного захисту магістральних газопроводів на досліджуваних ділянках із врахуванням корозійної активності ґрунтів рекомендовано

використовувати розроблене інноваційне біостійке протикорозійне покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБПІ-Д-1 (А), модифікованої інгібітором з класу четвертинних амонійних солей.

1. Говдяк Р.М. Підвищення ефективності магістральних газопроводів на пізній стадії експлуатації: автореф. на здобуття наук. ступ. док. техн. наук /Р.М. Говдяк. – Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 2008. – 32 с.
2. ДСТУ 3291-95 Методи оцінки біокорозійної активності ґрунтів і виявлення наявності мікробної корозії на поверхні підземних металевих споруд. // Київ.: Держстандарт України, 1996. – 28 с.
3. Жуков В.И. Битумная изоляция подземных трубопроводов /В.И. Жуков, Ф.Г. Храмухин. – М.: Госстройиздат, 1964. – 120 с.
4. Кривенко Г.М. Прогнозування екологічного та технічного ризиків при експлуатації магістральних нафтопроводів з пересіченим профілем траси: автореф. на здобуття наук. ступ. канд. техн. наук /Г.М. Кривенко. – Івано-Франківський нац. техн. ун-т нафти і газу, 2005. – 23 с.
5. Крикунов В.Г. Лабораторний практикум по ґрунтознавству /В.Г. Крикунов, Ю.С. Кравченко, В.В. Криворучко та ін. // Біла Церква, 2003. – 83 с.
6. Кутуков С.Е. Технологический и экологический мониторинг систем магистрального транспорта и промышленного сбора нефти. Практика и перспективы совершенствования / С.Е. Кутуков // Безопасность жизнедеятельности. Приложение. – 2004. - №8. – 16с.
7. Пат. 89709 Україна, МПК (2009) C23F 11/00, F 16L 58/02 Спосіб протикорозійного захисту підземних нафтогазопроводів, прокладених в болотних, замулених ґрунтах, які містять сульфатредуючі бактерії. / Крижанівський Є.І., Федорович Я.Т., Полутренко М.С. [та ін.]; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а200807330; опубл. 25.025.2010, Бюл. № 4, 2010 р.
8. Миронюк С.Г., Пронина И.А. Анализ аварийности промышленных нефтепроводов в регионе и оценка риска их эксплуатации/ С.Г. Миронюк, И.А. Пронина // Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов. Тезисы докладов Международной конференции. – М.: Ноосфера, 2001. – С. 290-292.
9. Середницький Я. Сучасна протикорозійна ізоляція в трубопровідному транспорті (2-а частина) / Я. Середницький, Ю. Банахевич, А. Драгілев. – Львів: ТзОв «Сплайн», 2004. – 276 с.
10. Стрижевский И.В. Подземная коррозия и методы защиты /И.В. Стрижевский. - М.: Металлургия, 1986. – 112 с.

Стаття надійшла до редакції 11.02.2014.