

ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДЗЕМНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

¹М.С. Полутренко, ¹І.В. Федорович, ²І.Я. Федорович, ¹І.Л. Боднарчук

¹ІФНТУНГ, 76019, м.Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727101,
e-mail: no@nimg.edu.ua

²БМУ4 Філії БМФ “Укргазпромбуд” ПАТ “Укртрансгаз”,
76000, м. Івано-Франківськ, вул. Горбачевського, 1, тел. (0342) 584106,
e-mail: fedorovich-iy@utg.ua

Проведено комплекс досліджень з визначення корозійної активності ґрунтів на досліджуваних ділянках траси прокладання магістрального газопроводу (МГ) «Глібовка-Сімферополь», «відвід до ГРС м. Саки» та МГ «Роздільна-Ізмаїл». Встановлено, що ґрунти відносяться до ґрунтів з середнім та високим ступенем корозійної активності, що призводить до інтенсифікації корозійних процесів підземних газопроводів. Наявність сульфат-іонів у водних витяжках ґрунту на ділянці траси «відвід до ГРС м. Саки» шурф 4 – ПК 6(+25) та шурф 5 – ПК 16 (+57) спричиняє розвиток мікробіологічної корозії з участю сульфатвідновлювальних (СВБ) бактерій. Для підвищення ефективності протикорозійного та мікробіологічного захисту підземних газопроводів на досліджуваних ділянках із врахуванням корозійної активності ґрунтів запропоновано використовувати розроблене інноваційне біостійке протикорозійне покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБПІ-Д-1 (А), модифіковане інгібітором з класу амінів.

Ключові слова: корозія, бактерії, ґрунт, газопроводи.

Проведен комплекс исследований по определению коррозионной активности грунтов на исследуемых участках трассы прокладки магистрального газопровода (МГ) «Глибовка-Симферополь», «отвод к ГРС г. Саки» и МГ «Раздельная-Измаил». Установлено, что почвы относятся к почвам со средней и высокой степенью коррозионной активности, что приводит к интенсификации коррозионных процессов подземных газопроводов. Наличие сульфат-ионов в водных вытяжках почвы на участке трассы «отвод к ГРС г. Саки» шурф 4 – ПК 6 (+25) и шурф 5 – ПК 16 (+57) вызывает развитие микробиологической коррозии с участием сульфатредуцирующих (СВБ) бактерий. Для повышения эффективности противокоррозионной и микробиологической защиты подземных газопроводов на исследуемых участках с учетом коррозионной активности грунтов предложено использовать разработанное инновационное биостойкое противокоррозионное покрытие на основе битумно-полимерной мастики МБПИ-Д-1 (А), модифицированное ингибитором из класса аминов

Ключевые слова: коррозия, бактерии, почва, газопроводы.

The complex research to determine the corrosive action of soils in the studied areas of the main gas pipelines such as “Hlibovka-Simferopol”, “offset to the GDS Saki” and main pipeline “Rozdilna-Ismael” was made. It was established that the soils are related to medium and high corrosion activity, which leads to intensification of underground pipelines corrosion processes. The presence of sulfate ions in aqueous extracts of soil from the “offset to the GDS Saki” hole 4 – PC 6 (+25) and hole 5 – PC 16 (+57) causes the microbiological corrosion involving sulfate-reducing bacteria. To increase the effectiveness of anti-corrosive and microbiological protection of underground pipelines in the studied areas with the account of the soil corrosion activity, it was suggested to use the innovative and biostable anti-corrosive coating on the basis of the bitumen-polymeric mastic MBPI-D-1 (A) that had been modified by the amines class inhibitor.

Key words: corrosion, bacteria, soil, gas pipelines

Актуальність проблеми. Одним із пріоритетних завдань забезпечення енергетичної та екологічної безпеки є надійна та ефективна робота підземних газопроводів. Враховуючи специфіку газової галузі, руйнування магістральних газопроводів з причин корозії може стати причиною пожеж, вибухів, виходу з ладу та пошкодження дороговартісного обладнання, травмування та смерті людей. Причини відмов трубопроводів, що створюють екологічний ризик, висвітлено в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених [1, 4, 6, 9]. Аналіз причин відмов трубопроводів свідчить [8], що більше 80 % всіх відмов трапилися з причин корозії металу труб. Внаслідок корозії відбувається значне зменшення перерізу трубопроводу. Це ризко

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 та мікробної корозії.

Важливим чинником забезпечення безаварійної роботи підземних трубопроводів є захист їх поверхні від ґрунтової корозії якісними ізоляційними покриттями. Серед широкої номенклатури ізоляційних матеріалів, яка постій-

но оновлюється, 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 90 % (94,6).

Виділення невирішених частин проблеми.

Попри 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 Й.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 визначення корозійної активності ґрунтів прокладання підземних газопроводів, як одного з визначальних чинників підвищення рівня екологічної безпеки їх експлуатації.

Виклад результатів проведених досліджень. Оцінювання корозійної активності ґрунтів охоплювало комплекс досліджень з визначення 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 [6].

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 сталених 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 трубопроводу.

На сьогодні існує більше двадцяти польових та лабораторних методів визначення корозійної активності ґрунтів [7-8]. Враховуючи

значну кількість 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.

Об'єктом дослідження для визначення корозійної активності ґрунтів було вибрано ділянку магістрального газопроводу «Глібовка-Сімферополь», ділянку газопроводу-відводу до ГРС м. Саки та дві ділянки магістрального газопроводу «Роздільна-Ізмаїл».

В зоні прокладання магістрального газопроводу (МГ) «Глібовка-Сімферополь» діаметром 529 мм з товщиною стінки 8,0 мм було проведено три шурфування: на позначці 163+32 (шурф 1), на відмітці ПК 576+00 (шурф 2) та на позначці ПК 646+00 (шурф 3). Шурфи 1 і 3 покриті бітумно-гумовою мастикою, шурф 2 – поліхлорвініловою ізоляцією. На відводі до газорозподільної станції (ГРС) м. Саки було також проведено два шурфування та візуальний огляд ізоляційного покриття. На глибині залягання газопроводу "Роздільна-Ізмаїл" були відібрані 4 проби на двох ділянках траси. На першій ділянці траси було відібрано дві проби №8 на позначці 50 км і проба №9 на позначці 53 км в напрямі подачі газу. На другій ділянці траси було відібрано ще дві проби з інтервалом в 0,7 км: проба №6 на позначці 179,9 км і проба №7 на позначці 181,6 км у напрямку транспортування газу. Візуальний аналіз гранулометричного складу обстежених проб ґрунту свідчить, що за механічним складом досліджені ґрунти представлені в основному глинами та суглинками (табл. 1).

Проби ґрунтів з досліджуваної ділянки МГ "Роздільна-Ізмаїл" також відрізнялися між собою:

проба № 6 – глинистий ґрунт чорно-сірого кольору з вкрапленням червоного та коричневого кольорів;

проба № 7 – піщаний ґрунт середньозернистої структури чорно-сірого кольору з рештками коренів рослин;

проба № 8 – глинистий ґрунт різних кольорів (від сірого до бурого);

проба № 9 – глинистий ґрунт різних відтінків (жовтого, коричневого, світло-тілесного).

Проби ґрунтів були висушені у сушильній шафі при 95-98 °С, подрібнені в фарфоровій ступці, пересіяні через металеві сита і відібрані фракції ґрунту (≤ 2 мм) для подальшого аналізу.

Основою для визначення ступеня корозійної активності ґрунту був вибраний питомий електроопір ґрунту і кількість СВБ бактерій, як найбільш корозійно-активних серед асоціації ґрунтових мікроорганізмів, в 1 г ґрунту. Збільшення чисельності СВБ бактерій свідчить про те, що корозійна небезпека зростає.

Оскільки одним з екологічних показників, який характеризує корозійну активність ґрунту, є кислотність, важливо було простежити за зміною кислотності ґрунту, відібраного зверху і

Таблиця 1 – Характеристика обстежених ґрунтів

Номер проби	pH	Питомий електроопір ρ , Ом·м	ОВП до шурфування, В	ОВП після шурфування, В	Титр СВБ, Кл/Г ґрунту	Гранулометричний склад
1	8,04	63	-0,99	-0,97	10^2	Супісок з рештками коренів рослин
2	8,00	10	-1,05	-1,02	10^5	Суглинок коричневий з рештками коренів рослин
3	7,88	14	-1,20	-1,17	10^4	Суглинок коричневий з рештками коренів рослин
4	8,00	1	-0,7	-0,68	10^5	Глина коричнева з рештками рослин
5	8,01	2	-0,69	-0,68	10^5	Глина коричнева з рештками рослин

Таблиця 2 – Визначення pH водних витяжок проб ґрунту МГ «Глібовка-Сімферополь»

№ проби ґрунту	Проба №1				Проба №2			Проба №3		
	верх	зліва	справа	низ	верх	зліва	справа	верх	зліва	справа
ручний pH-метр (T_{emp})	8,05	8,02	8,00	8,03	8,02	7,95	7,85	7,88	8,0	7,76

Таблиця 3 – Визначення pH водних витяжок проб ґрунтів газопроводу «відвід до ГРС м. Саки»

№ проби ґрунту	Проба №4				Проба №5			
	верх	зліва	справа	низ	верх	зліва	справа	низ
ручний pH-метр (T_{emp})	8,00	7,53	7,63	7,69	8,01	7,99	7,72	8,13

Таблиця 4 – Визначення pH водних витяжок проб ґрунтів МГ «Роздільна-Ізмаїл»

№ проби ґрунту	Проба №6	Проба №7	Проба №8	Проба №9
ручний pH-метр (T_{emp})	6,86	6,78	8,61	8,59

знизу масиву трубопроводу, зліва та справа у напрямку транспортування газу. Кислотність ґрунтів зумовлена наявністю іонів гідрогену, концентрація яких виражається величиною pH. Величина pH в ґрунті змінюється в залежності від загальної мінералізації ґрунтових вод і наявності в них карбонатної і мінеральних кислот, кислих і основних солей [7]. Актуальна кислотність зумовлена йонами гідрогену, що знаходяться в ґрунтовому електроліті. Про її величину судять за результатами аналізу водної витяжки з ґрунту. Актуальна кислотність характеризує кислотність ґрунту на момент її визначення.

Нами була визначена актуальна кислотність відібраних проб ґрунту за методикою [9] з допомогою універсального індикатора та pH-метра марки Темр (табл. 2, 3, 4).

Одержані результати показали, що МГ "Глібовка-Сімферополь" та газопровід-відвід до ГРС м. Саки прокладені в однорідних за кислотністю ґрунтах. За величиною pH ґрунти є лужними. МГ "Роздільна-Ізмаїл" прокладений в неоднорідному за кислотністю ґрунті. Так, для

другої ділянки траси (179,9 і 181,6 км) характерні нейтральні ґрунти за величиною pH (6,5-7,0). В той час, як ґрунти першої ділянки траси (50 і 53 км) є сильнолужними за величиною pH ($\geq 8,5$). Таким чином, за величиною pH нейтральні ґрунти з другої ділянки траси вважаються (на основі прийнятої класифікації літературних джерел) не корозійно-активними, а ґрунти сильнолужні, які виявлені на першій ділянці траси вважаються потенційно корозійно-активними по відношенню до сталі.

Для характеристики корозійної активності ґрунтів недостатньо оперувати тільки значенням pH, оскільки pH вказує лише на активність іонів Гідрогену в ґрунтовому розчині, але не вказує на кількісний вміст кислот в ґрунті, оскільки pH відноситься тільки до дисоційованої частини кислот.

Також необхідно було виключити можливість посилення корозійних процесів наявністю в ґрунтовому електроліті сульфат-йонів (SO_4^{2-}). Саме з цією метою нами були проаналізовані водні витяжки ґрунтів на предмет SO_4^{2-} якісною реакцією з водним розчином барій хлориду [10].

Таблиця 5 – Якісний вміст йонів SO_4^{2-} в ґрунтовому електроліті МГ "Глібовка-Сімферополь" та газопроводу-відводу до ГРС м. Саки

№ проби	ПК 163+32	ПК 576+00	ПК 646+00	ПК 6+25	ПК 16+57
Наявність SO_4^{2-} (якісна проба)	±	±	±	+	++

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

Випадання білого осаду (поява муті) свідчило про наявність йонів SO_4^{2-} в ґрунтових водах. Нами було проаналізовано водні витяжки всіх відібраних проб ґрунту і одержано наступні результати (табл. 5).

З одержаних даних видно, що сульфат-йони присутні в ґрунтових водах відібраних проб на відмітках ПК 6+25 і ПК 16+57, що свідчить про наявність в ґрунтах сульфатів (можливо Na_2SO_4 , $FeSO_4$, $MgSO_4$, $Al_2(SO_4)_3$).

Таким чином, співставляючи дані, одержані з визначення кислотності ґрунту із даними якісного аналізу SO_4^{2-} можна допустити, що ґрунти з шурфів на позначках ПК 6+25 і ПК 16+57 є корозійно-активними ґрунтами.

У проаналізованих нами водних витяжках проб ґрунту МГ "Роздільна-Ізмаїл" не було виявлено сульфат-йонів, що вказувало на відсутність в ґрунтах на даній ділянці сульфатів металів.

Оскільки, в ґрунтових водах на трасі МГ Глібовка-Сімферополь, за допомогою якісного аналізу виявлено наявність сульфат-йонів, то не виключена можливість розвитку корозії сталевих труб в результаті мікробіологічної корозії або біокорозії за участю СВБ бактерій. Для повноти заключення про корозійну активність ґрунтів, було проаналізовано також значення питомого опору ґрунтів (табл. 1).

З одержаних даних видно, що на трасі Глібовка-Сімферополь, спостерігається суттєве зниження питомого опору ґрунту на досліджуваній ділянці трубопроводу від позначки ПК 163(+32) до ПК 576(+00) і ПК 646(+00), що вказує на високу корозійну активність ґрунтів. Вражає також той факт, що на відводі до ГРС м. Саки значення питомого опору ґрунтів з шурфів ПК 6(+25) і ПК 16(+57) коливається в межах 1-2 Ом м, що вказує також на високу агресивність ґрунту.

Порівнюючи одержані значення питомого опору зразків ґрунту з даними літературних джерел, можна припустити, що найбільш ймовірна швидкість розвитку пітінгів складатиме 0,18 мм/рік. Для більш точної оцінки корозійної активності ґрунтів, нами було проведено серію дослідів з відібраними зразками ґрунтів по визначенню маси втрат металу гравіметричним методом, який є досить простим в технічному плані та поширеним [8].

На рис. 1-6 наведено залежності втрати маси металу в ґрунтах на різних ділянках траси.

Аналіз одержаних залежностей $\Delta G = f(l)$, (рис. 1-6), свідчить, що на ділянках траси газопроводу «Глібовка-Сімферополь» ґрунти, за втратою маси металу, відносяться до ґрунтів середньої корозійної активності. В той час як

на ділянці траси «відвід до ГРС м. Саки» ґрунти є корозійноактивними, оскільки втрати маси металу трубок значно більші, порівняно з ділянкою траси газопроводу «Глібовка-Сімферополь». Оскільки в ґрунтовому електроліті досліджених ділянок виявлено сульфат-йони, то не виключена ймовірність розвитку біокорозійних процесів з участю СВБ бактерій, діяльність яких призведе до інтенсифікації корозійних процесів металу у підземному середовищі. Щодо МГ «Роздільна-Ізмаїл» на різних ділянках траси спостерігається протилежний випадок. Якщо на першій ділянці траси, для якої характерні сильнолужні ґрунти, корозійні процеси в напрямку траси "затухають", то на другій ділянці траси, де нейтральні ґрунти, корозійні процеси нарастають. Тому з одержаних даних з визначення корозійної активності ґрунтів гравіметричним методом і з визначення рН можна однозначно стверджувати, що ґрунти на першій ділянці траси є корозійно-активними, оскільки втрата маси металу трубок майже вдвічі більша, порівняно з другою ділянкою траси.

З огляду на це, для запобігання корозії металу трубопроводу внаслідок ґрунтової корозії, а також біокорозійних процесів під дією асоціації ґрунтових мікроорганізмів, нами запропоновано інноваційне ізоляційне покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБП-Д-1, модифіковане інгібітором "Г" з класу амінів. Даний біоцид проявляє високу ефективність дії (при низькій мінімальній інгібуючій концентрації). Відносно низька вартість біоциду, тривалість зберігання бактерицидної активності характеризує його як ефективного антисептика.

В табл. 5 приведено характеристику модифікованого бітумно-ізоляційного покриття інгібітором "Г".

Результати промислових випробувань інноваційного ізоляційного покриття, модифікованого даним біоцидом, показали вищі адгезійні показники за нормативні значення згідно ДСТУ4219-2003. Співставляючи результати проведених експериментів з визначення корозійної активності ґрунтів різними методами на досліджуваних ділянках траси МГ «Глібовка-Сімферополь», «відвід до ГРС м. Саки» та МГ «Роздільна-Ізмаїл» ґрунти відносяться до ґрунтів з середнім та високим ступенем корозійної активності. На основі методики [11] був проведений розрахунок економічної ефективності застосування бітумно-ізоляційного покриття, модифікованого інгібітором «Г», порівняно з бітумно-полімерною мастикою МБП-Д-1. Дане дослідження проводилося за розрахунком вартості виготовлення обох видів покриття на основі планової калькуляції виробництва на ДП

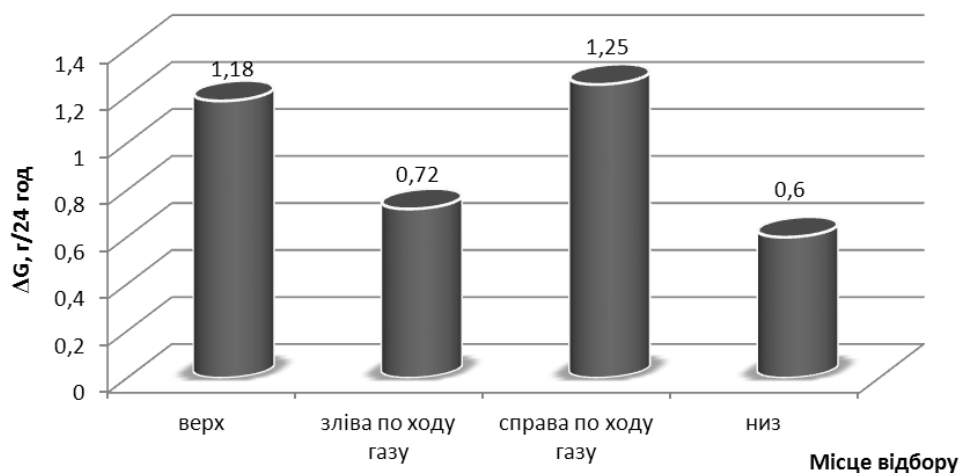


Рисунок 1 – Залежність втрати маси металу ($\Delta G, \text{г/24 год}$) на ділянках траси (Глібовка-Сімферополь ПК163(+32) шурф1)

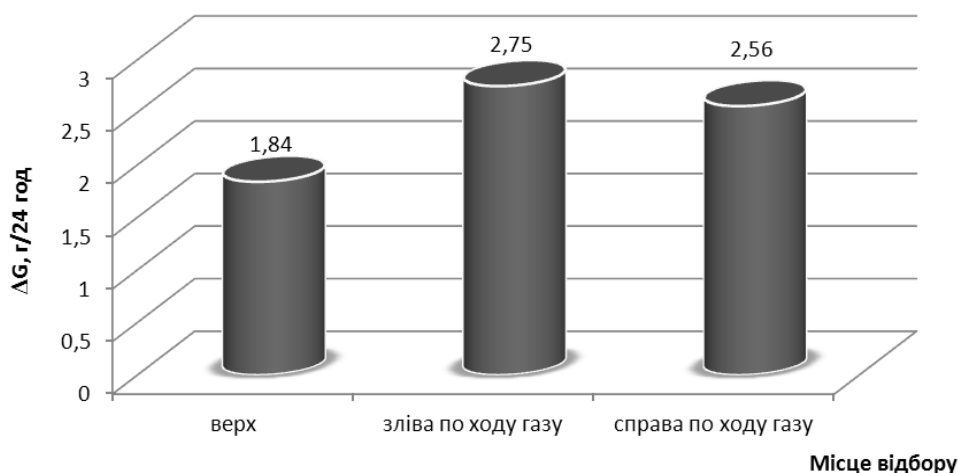


Рисунок 2 – Залежність втрати маси металу ($\Delta G, \text{г/24 год}$) на ділянках траси (Глібовка-Сімферополь ПК576(+00), шурф 2)

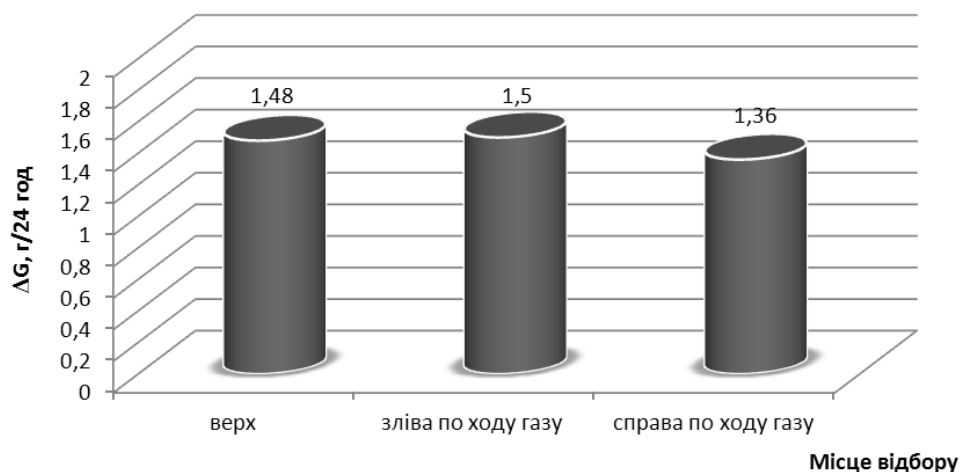


Рисунок 3 – Залежність втрати маси металу ($\Delta G, \text{г/24 год}$) на ділянках траси (Глібовка-Сімферополь ПК646(+00), шурф 3)

«Дашавський завод композиційних матеріалів». В результаті проведеного дослідження встановлено, що вартість модифікованого ізоляційного покриття більша від вартості базового, оскільки перше містить в своєму складі високоякісну складову – інгібітор. Тобто початкові витрати

на протикорозійну обробку трубопроводів будуть вищими при використанні модифікованих ізоляційних матеріалів. Проте ефект від їх використання полягає у збільшенні терміну служби трубопроводу після обробки до наступного капітального ремонту. При проведених

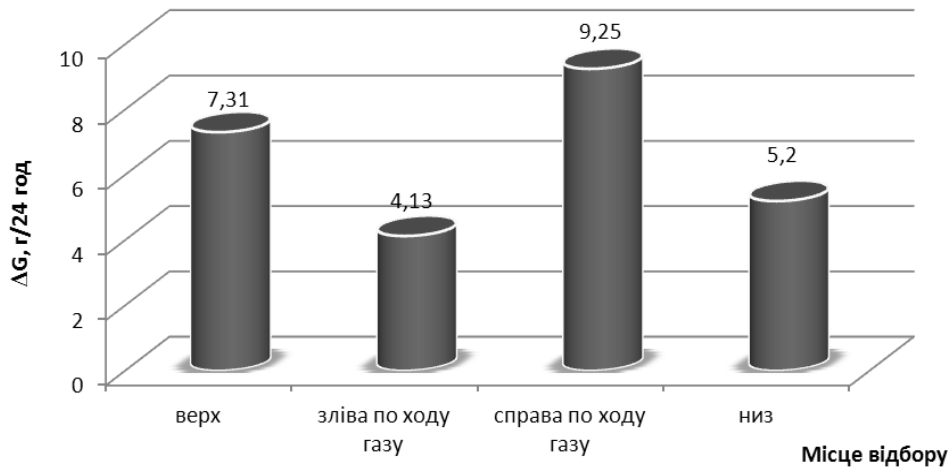


Рисунок 4 – Залежність втрати маси металу ($\Delta G, \text{г/24 год}$) на ділянках траси (відвід на Саки ПК646(+00), шурф 4)

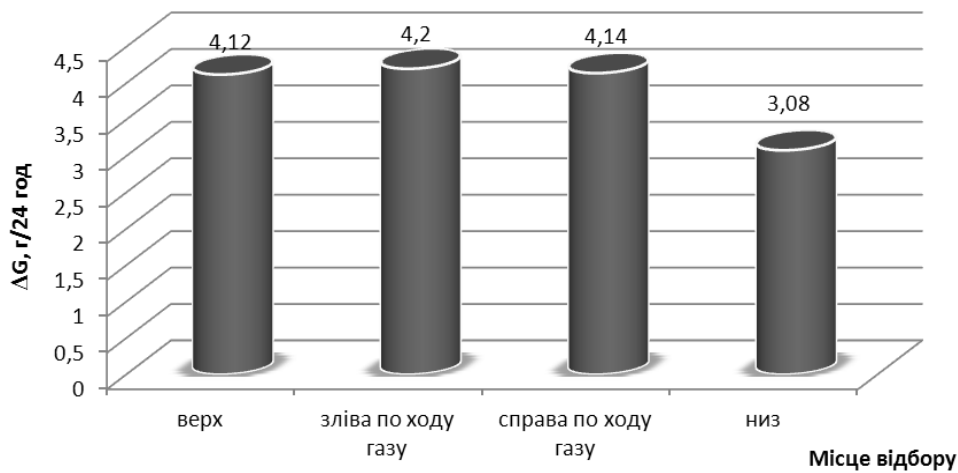


Рисунок 5 – Залежність втрати маси металу ($\Delta G, \text{г/24 год}$) на ділянках траси (відвід на Саки ПК16(+57), шурф 5)

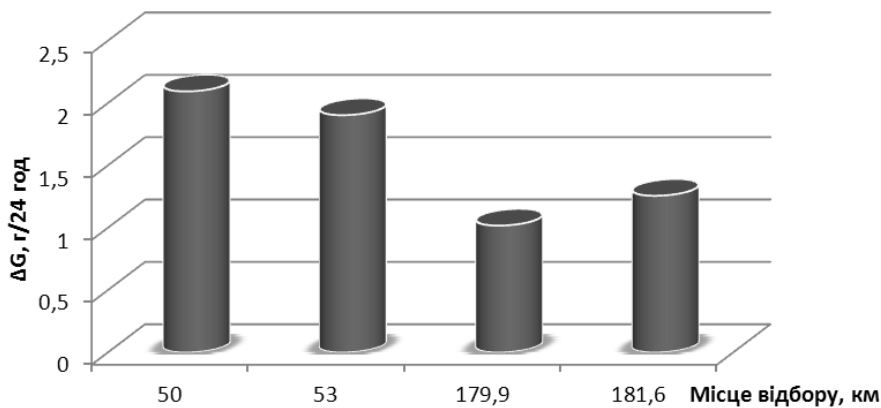


Рисунок 6 – Залежність втрати маси металу ($\Delta G, \text{г/24 год}$) на ділянках траси МГ «Роздільна-Ізмаїл»

лабораторних дослідженнях виявлено, що застосування інгібіторів дозволяє збільшити термін використання ізоляційного покриття в 1,3 рази. Результати проведеного економічного обґрунтування показали, що застосування інноваційного корозійного покриття для захисту газопроводів дозволить збільшити міжремонтний період та зекономити на витратах на відно-

вні роботи. Використання розробленого біостійкого покриття для переізоляції трубопроводів на таких проблемних ділянках траси, як болотні, замулені ґрунти, солончаки, ґрунти з підвищеною вологістю, де існує найбільший ризик розвитку мікробної корозії, призведе до підвищення рівня екологічної безпеки їх експлуатації.

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 на удар при 20°C, Дж
А	А	1,5	0,5	4,3	15
Г	А+ 0,1мас.%	1,7	0,68	4,2	15

Висновки

1. Визначено корозійну активність ґрунтів прокладання МГ «Глібовка-Сімферополь», газопроводу-відводу до ГРС м. Саки та МГ «Роздільна-Ізмаїл».

2. В результаті комплексного обстеження ґрунтів на досліджуваних ділянках траси прокладання даних газопроводів виявлено ґрунти з середнім та високим ступенем корозійної активності, що призводить до інтенсифікації корозійних процесів підземних нафтогазопроводів.

3. Наявність сульфат-йонів у водних витяжках ґрунту на ділянці траси «відвід до ГРС м. Саки», шурф 4 – ПК 6 (+25) та шурф 5 – ПК 16 (+57) спричиняє розвиток мікробіологічної корозії з участю СВБ 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 МБП-Д-1 (А), модифікованої біоцидом «Г» з класу амінів.

Література

1 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.

2 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.

3 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. – 16 с.

4 Середницький Я. Сучасна протикорозійна ізоляція в трубопроводному транспорті (2-а частина) / Я. Середницький, Ю. Банахевич, А. Драгілев. – Львів: ТзОв «Сплайн», 2004. – 276 с.

5 Миронюк С.Г., Пронина И.А. Анализ аварийности промышленных нефтепроводов в регионе и оценка риска их эксплуатации / С.Г. Миронюк, И.А. Пронина // Новые техноло-

гии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов. Тезисы докладов Международной конференции. – М.: Ноосфера, 2001. – С.290-292.

6 ДСТУ 3291-95 Методи оцінки біокорозійної активності ґрунтів і виявлення наявності мікробної корозії на поверхні підземних металевих споруд. // Київ.: Держстандарт України, 1996. – 28 с.

7 Стрижевский И.В. Подземная коррозия и методы защиты / И.В. Стрижевский. – М.: Металлургия, 1986. – 112 с.

8 Жуков В.И. Битумная изоляция подземных трубопроводов / В.И. Жуков, Ф.Г. Храмин. – М.: Госстройиздат, 1964. – 120 с.

9 Крикунов В.Г. Лабораторный практикум по грунтознавству / В.Г. Крикунов, Ю.С. Кравченко, В.В. Криворучко та ін. // Біла Церква, 2003. – 83 с.

10 Полутренко М.С. Аналітична хімія. Конспект лекцій МВ 02070855 – 934 – 2002 / М.С. Полутренко. – Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 117с.

11 Федорович І. В. Інновації в системі захисту лінійної частини магістральних газопроводів та їх економічне обґрунтування / І. В. Федорович // Науковий вісник ІФНТУНГ. – 2011. – №4(30). – С.45-50.

Стаття надійшла до редакційної колегії

20.04.15

Рекомендована до друку

професором **Грудзом В.Я.**

(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)

д-ром техн. наук **Банахевичем Ю.В.**

(відділ експлуатації ЛЧ МГ

ПАТ «Укртрансгаз», м. Київ)