

# Наука — виробництву

УДК 622.4.07.6:620.197.6

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ БІТУМНО-ПОЛІМЕРНОГО ІЗОЛЯЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ

<sup>1</sup>Є.І.Крижанівський, <sup>1</sup>Я.Т.Федорович, <sup>1</sup>М.С.Полутренко, <sup>2</sup>В.П.Рудко, <sup>1</sup>І.В.Федорович

<sup>1</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42353  
e-mail: no@nimg.edu.ua

<sup>2</sup>УМГ „Прикарпаттрансгаз”, 76000, м. Івано-Франківськ, вул. Незалежності, 48,  
тел. (0342) 750931

*Розглядається вплив мікроорганізмів на процес біокорозії підземних газонафтопроводів. Проведено аналіз ґрунту на трасі прокладання газопроводу «Пасична-Долина» і «Пасична-Тисмениця». Розроблено рекомендації щодо використання бітумно-полімерного покриття для протикорозійного захисту трубопроводів. Наведено результати промислових випробовувань протикорозійного біозахисту з використанням модифікованого бітумно-полімерного покриття*

Ключові слова: біокорозія, бітумно-полімерне покриття, протикорозійного захисту трубопроводів.

*Рассматривается влияние микроорганизмов на процесс биокоррозии подземных газонефтепроводов. Проведен анализ почв на трассе прокладки газопровода «Пасична-Долина» и «Пасична-Тисменица». Разработаны рекомендации по использованию битумно-полимерного покрытия для противокоррозионной защиты трубопроводов. Приведены результаты промышленных испытаний противокоррозионной биозащиты с использованием модифицированного битумно-полимерного покрытия*

Ключевые слова: биокоррозия, битумно-полимерное покрытие, противокоррозионная защита трубопроводов.

*Influence of organism is considered on the process of biocorrosion of underground pipelines. The analysis of soils is conducted on the route of gasket of gas pipeline of Pasichna-Dolyana and Pasichna-Tysmenytsya. Recommendations are developed in relation to the use of bituminous-polymeric coverage for anticorrosive defence of pipelines. The results of industrial tests are resulted anticorrosive with the use of the modified bituminous-polymeric coverage*

Keywords: biocorrosion, bituminous-polymeric coverage, anticorrosive defence of pipelines.

Проблема захисту магістральних газонафтопроводів від підземної корозії є однією з важливих проблем як в Україні, так і в світі. Так, за даними моніторингу корозійного стану магістральних газонафтопроводів з причин підземної корозії виникає близько 30% всіх аварій [1]. Одним із видів підземної корозії є мікробіологічна або біокорозія підземних трубопроводів, яка характерна для болотистих, замулених ділянок траси, та спричинена життєдіяльністю мікроорганізмів: бактерій, водоростей, мікробним слизом.

Роль мікроорганізмів у корозії підземних трубопроводів зумовлена хімічною активністю, пов'язаною з їх розвитком і розмноженням. Так, за сприятливих умов, кожних 10-60 хв. кількість бактерій подвоюється, оскільки супутні їм хімічні реакції прискорюються за експоненціальним законом, і в певний момент часу на-

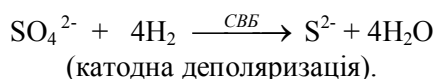
бувають катастрофічного характеру. Саме тому різке прискорення корозійного руйнування металу в результаті мікробіологічної корозії починається раптово і може призвести до наскрізного руйнування металу трубопроводу буквально за лічені місяці і, як наслідок, до значних матеріальних втрат. Так, в роботі [2] зазначено, що близько 50%, або й більше, втрат, пов'язаних з корозією сталених підземних споруд, спричинено біокорозією. Хоча біокорозія може бути викликана мікроорганізмами якогось одного виду, на практиці часто зустрічаються випадки спільної дії різних мікроорганізмів. Мікроорганізми можуть викликати корозію сталі шляхом безпосереднього впливу на кінетику електродних реакцій, продукування речовин, які спричиняють корозію, створення на поверхні металу умов для появи концентраційних електрохімічних елементів.

У зв'язку з цим, значна увага приділяється розробці протикорозійних композицій, до складу яких входили б високоефективні біоциди (антисептики), які б забезпечували тривале підтримування бактерицидної активності та були відносно дешевими.

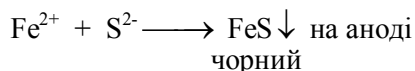
Авторами [3] зазначалося, що серед широкого спектру протикорозійних покриттів останнім часом особливе місце відводиться бітумно-полімерним ізоляційним покриттям, які за своєю доступністю, простотою виготовлення і дешевизною можуть скласти серйозну конкуренцію півковим та полімерним покриттям для ізоляції підземних газонафтопроводів.

В ході експлуатації підземних газонафтопроводів для ізоляційного покриття серед ґрунтових бактерій найбільш корозійно-небезпечними для ізоляційного покриття є сульфатвідновлювальні бактерії (СВБ) (анаеробні мікроорганізми, яким кисень не тільки не потрібний, але й шкідливий) і тіонові бактерії (ТБ), які окислюють сірку і значно знижують рН середовища, викликаючи тим самим мікробіологічну корозію.

За сприятливих умов сульфатвідновлювальні бактерії з сульфатів утворюють велику кількість такого агресивного продукту, як сірководень:



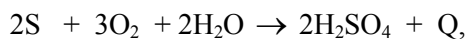
Водень у природних водах і ґрунтах постійно утворюється в результаті анаеробних процесів розкладання органічних речовин. Тому у процесі життєдіяльності СВБ на поверхні металу з'являється чорний осад ферум сульфїду (FeS):



FeS відносно заліза є ефективним катодом, що призводить до інтенсифікації його розчинення.

На думку вчених [2, 4], СВБ, видаляючи шар атомарного водню з катодної поверхні металу, зумовлюють деполяризацію на катоді, що призводить до посилення процесу корозії.

Деякі види тіонових бактерій (ТБ), які є окисниками сірки, виробляють сульфатну кислоту



в таких кількостях, що рН середовища може досягати значень 0,6. Отже, внаслідок дії агресивних мікроорганізмів може прискорюватися процес руйнування металу трубопроводу.

Оскільки практика експлуатації підземних трубопроводів свідчить про раннє руйнування металу в замулених ґрунтах, що містять сірководень, тому актуальним завданням є розроблення способу надання мікробіологічної стійкості бітумно-полімерним покриттям з метою захисту підземних газонафтопроводів від біокорозії.

Метою даної роботи було підвищення фізико-механічних, гідрофобних властивостей мастики МБП-Д Дашавського заводу компози-

ційних матеріалів та надання їй біологічної стійкості за рахунок введення до її складу інгібіторів корозії та біоцидів (антисептиків) для захисту ізоляційного покриття від мікробіологічного забруднення; визначення корозійної активності ґрунтів у зоні прокладання магістральних газопроводів „Пасічна-Долина” і „Пасічна-Гисмениця”.

На сьогодні найдієвішим способом захисту ізоляційного покриття від мікробіологічного забруднення є біоцидні добавки. Важливим також є використання бактерицидів для обробки поверхні трубопроводів перед нанесенням ізоляційного покриття, (зокрема ділянок трубопроводів у важкодоступних місцях) під час ремонту трубопроводів у трасових умовах.

На основі аналізу літературних джерел [2-6] нами проводився вибір біоцидних добавок з врахуванням таких вимог:

1. Біоцидні добавки повинні майже повністю (99%) пригнічувати життєдіяльність певного роду бактерій.
2. Не повинні погіршувати основні фізико-хімічні властивості базової мастики.
3. Добре сумішатися з бітумною основою.
4. Характеризуватися пролонгованою дією біоцидної активності.
5. Не бути токсичними.

Багатий зарубіжний досвід використання біоцидів для боротьби з мікробіологічною корозією свідчить, що універсальних біоцидів досі не існує.

Авторами [5] з найбільш доступних біоцидів для боротьби з біокорозією, зумовленою СВБ, для ізоляційних бітумних мастик була випробувана добавка, яка складалася з 0,1% фенолу, 0,5% креозотового масла або 0,5-1,0% нафтенату міді, який надавав бітумному покриттю не лише біостійкості, але й стабілізував покриття під час тривалого перебування в агресивному середовищі (дворічний термін випробування).

Для епоксидно-кам'яновугільних композицій досліджені і показали позитивні результати органічні сполуки ртуті, олова, свинцю, хромат цинку, фенол, четвертинні амонійні солі. Концентрація неорганічних сполук в ізоляційному покритті сягала 20% мас., органічних – 0,5-1,0% [6].

В таблиці 1 наводиться асортимент біоцидних добавок для боротьби з біокорозією, зумовленою СВБ [6-7].

Проаналізувавши далеко не повний асортимент біоцидних добавок, автори зупинили свій вибір на аміні та четвертинній амонійній солі загальної формули  $[\text{R}_3(\text{R}^1)\text{N}]^+\text{X}^-$ , де R і  $\text{R}^1$  – вуглеводневі радикали, X – атом Галогену.

Відомо, що четвертинні амонійні солі вигідно відрізняються високою ефективністю (низькі мінімальні концентрації), стійкістю біоцидної активності, високою гідрофобною дією.

Вибрані нами біоцидні добавки відносяться до катіонних поверхнево-активних речовин, які є ефективними інгібіторами корозії.

Катіонна структура четвертинних амонійних солей і здатність їх розчинятися у фосфолі-

Таблиця 1 – Асортимент біоцидних добавок

№ з/п	Біоцидна добавка	Концентрація, %
1	Монометилловий етер етиленгліколю	0,1 – 0,15
2	Диметилдиалкіламоній хлорид	0,05
3	8-оксихінолін	0,1-0,2
4	1,2-діамінопропан	0,04
5	Етилендіамін	0,12
6	Триметиламін	0,16
7	Солі цинку синтетичних жирних кислот; змішані солі цинку і ртуті оцтової та олеїнової кислот	0,05-0,1
8	n-бутиламін	0,08
9	Нітрополіефіри	100-250 мг/л
10	Четвертинні амонійні солі (ЧАС)	0,05-0,2

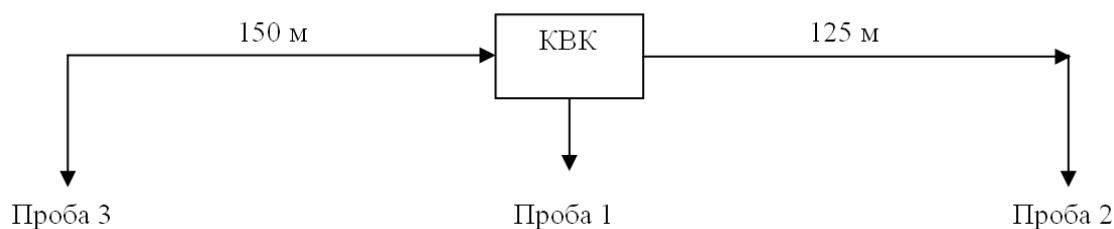


Рисунок 1 – Схема відбору проб ґрунту

підних порах клітинної оболонки бактерій, ймовірно, і призводить до їх руйнування [6].

Для оцінки корозійної активності ґрунтів по відношенню до прокладеного в них 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 трубопроводу.

На сьогодні існує більше двадцяти польових та лабораторних методів визначення корозійної активності ґрунтів. Враховуючи різноманітність причин корозії металу в ґрунті, жоден з цих методів окремо не може точно охарактеризувати корозійну активність ґрунтів.

Правильну оцінку корозійної активності ґрунтів можна зробити тільки після дослідження ґрунтів за різними методами і зіставлення результатів цих досліджень з врахуванням місцевих географічних і кліматичних умов.

Для визначення корозійної активності ґрунтів нами були відібрані проби ґрунтів на глибині залягання трубопроводу в зоні прокладання магістральних газопроводів „Пасічна-Долина” (5 проб) та „Пасічна-Тисмениця” (3 проби) (масою не менше 2 кг). В зоні „Пасічна-Долина” проби були відібрані за напрямком руху газу в такій послідовності: шурф №1 – 70 м; 2-й - за 20 метрів від шурфу №1; 3-й – за 50 метрів від шурфу №2; 4-й – за 100 метрів від шурфу №3; 5-й - за 10 метрів від шурфу №4.

На трасі прокладання магістрального газопроводу діаметром 529 мм „Пасічна-Тисмениця” були відібрані проби ґрунту за такою схемою в напрямі подавання газу (рис. 1). Точкою відліку відбору проб ґрунту було вибрано контрольну-вимірювальну колонку (КВК).

Візуальний аналіз відібраних проб ґрунтів на трасі „Пасічна-Долина” показав:

Шурф №1 – піщаний ґрунт з гравієм жовто-коричневого кольору;

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 газопроводу „Пасічна-Тисмениця” теж відрізнялися за за кольорами:

Проба №1 – глинистий ґрунт жовто-коричневого кольору;

Проба №2 – глинистий ґрунт чорно-сірого кольору;

Проба №3 – глинистий ґрунт темно-коричневого кольору.

Одним з важливих чинників оцінки корозійної активності ґрунтів є їх кислотність.

Кислотність зумовлена наявністю йонів Гідрогену. Їх концентрація виражається вели-

Таблиця 2 – Визначення рН водних витяжок проб ґрунтів

	„Пасічна-Тисмениця”			„Пасічна-Долина”				
	№ проби			№ шурфу				
	1	2	3	1	2	3	4	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

Таблиця 3 – Вміст сульфат-йонів в ґрунтових водах відібраних проб ґрунтів

	„Пасічна-Долина”					„Пасічна-Тисмениця”		
	№ шурфу					№ проби		
	1	2	3	4	5	1	2	3
Наявність $\text{SO}_4^{2-}$ (якісна проба)	-	+	+	±	-	-	-	-

"+" - спостерігалось помутніння; "±" - слабе помутніння; "-" - помутніння відсутне

Таблиця 4 – Питомий опір ґрунту ( $\rho$ )

	„Пасічна-Долина”					„Пасічна-Тисмениця”		
	№ шурфу					№ проби		
	1	2	3	4	5	1	2	3
Питомий опір ґрунту, $\rho$ , Ом·м	73	72	72	65	64	44	90	44

чиною рН. Залежно від того, в якому стані знаходяться в ґрунті йони Гідрогену, розрізняють такі види кислотності: актуальну (активну) і потенційну (приховану), яка у свою чергу поділяється на обмінну і гідролітичну.

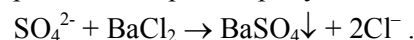
Актуальна кислотність зумовлена йонами Гідрогену, що знаходяться в ґрунтовому розчині. Про її величину судять за результатами аналізу водної витяжки з ґрунту. Актуальна кислотність характеризує кислотність ґрунту на момент її визначення.

Нами було визначено актуальну кислотність водних витяжок відібраних проб ґрунту за допомогою універсального індикатора та ручного рН-метра „Checker by Hanna”. Результати по визначенню рН приведені в табл. 2.

Одержані результати свідчать, що газопровід 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 ( $\text{pH} = 5,5 - 6,5$ ), що вказує на корозійну активність ґрунту по відношенню до сталі, а ґрунти, відмічені шурфами №1 і 5, – до нейтральних ( $\text{pH} = 6,5 - 7,0$ ).

До нейтральних ґрунтів відносяться також ґрунти, через які прокладений газопровід в зоні Пасічна-Тисмениця, де на вибраній ділянці траси рН ґрунту знаходиться в межах 6,7 – 6,8. Таким чином, проаналізовані нами ґрунти, для яких значення рН перебуває в межах 6,5 – 7,0 відносяться до корозійно неактивних. Проте, цікавим виявився той факт, що для ґрунту, ви-

дібраного з шурфу №3, величина рН знаходиться в межах 5,62 – 5,63. Це нас насторожило, оскільки такий ґрунт відноситься до корозійно-активних ґрунтів. Крім цього, ґрунти, відібрані з шурфів №2 і №4, також є корозійно-активними. Тому слід було перевірити наявність сульфат-йонів ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) у водних витяжках проб цих ґрунтів. Наявність сульфат-йонів у водних витяжках визначали якісною реакцією з водним розчином барій хлориду за схемою:

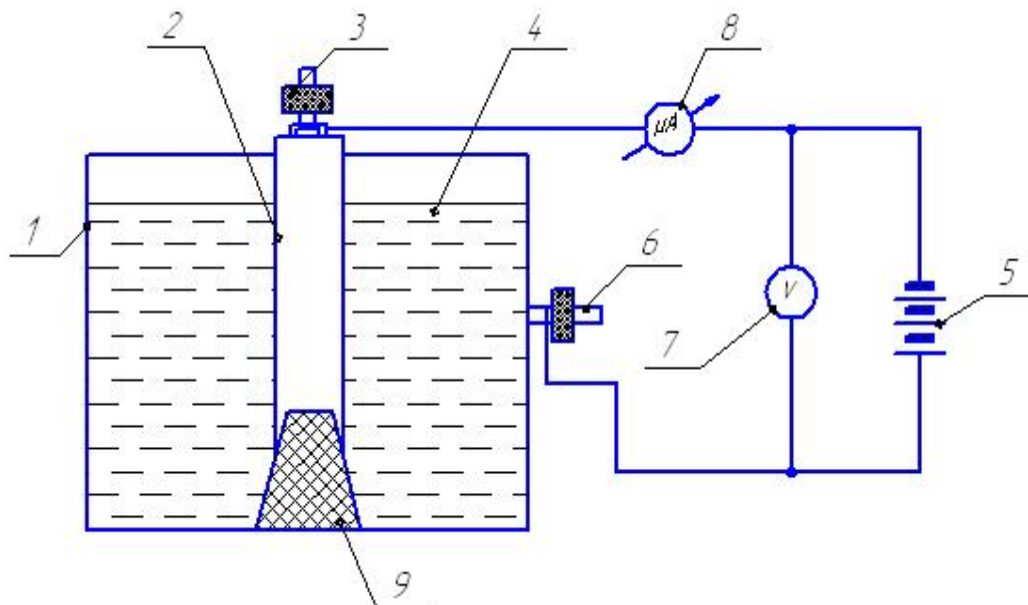


Випадання білого осаду (помутніння) свідчило про наявність йонів  $\text{SO}_4^{2-}$  у ґрунтових водах. Нами проаналізовано водні витяжки всіх відібраних проб ґрунтів. Результати аналізу наведено в табл. 3.

Із наведених в таблиці 3 даних видно, що сульфат-йони присутні в ґрунтових водах відібраних проб від шурфу №2 до шурфу №4 (можливо, це сульфати  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ). У водних витяжках решти проаналізованих проб ґрунтів  $\text{SO}_4^{2-}$  не виявлено.

Таким чином, зіставляючи дані для визначення рН водних витяжок проб ґрунтів з даними якісного аналізу  $\text{SO}_4^{2-}$  можна припустити, що корозійно-активним є ґрунт на трасі „Пасічна-Долина” довжиною 170 м вздовж руху газу від шурфу №2 до шурфу №4 включно.

Оскільки в ґрунтових водах на трасі магістрального газопроводу „Пасічна-Долина”, за допомогою якісного аналізу виявлено наявність сульфат-йонів, то не виключена можливість розвитку мікробіологічної корозії сталевих труб.



1 – металева банка; 2 – стальна трубка; 3 – клемма; 4 – ґрунт, що випробовується; 5 – батарея; 6 – клемма; 7 – вольтметр; 8 – міліамперметр; 9 – гумовий корок

**Рисунок 2 – Схема визначення корозійності ґрунту методом електролізу**

Для оцінки мікробіологічної корозійної активності ґрунтів важливими також є дані про питомий опір ґрунту. Нами був вимірний питомий опір ґрунту на досліджуваних ділянках газопроводів „Пасічна-Долина” і „Пасічна-Тисмениця” (табл. 4).

З одержаних даних видно, що на трасі „Пасічна-Долина”, на досліджуваній ділянці газопроводу 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. Порівнюючи отримані значення питомого опору зразків ґрунту з даними літературних джерел [2,8], можна вважати, що на всій досліджуваній ділянці прокладання трубопроводу по трасі „Пасічна-Долина” та „Пасічна-Тисмениця”, ґрунти відносяться до ґрунтів з нормальним ступенем корозійності. Слід зауважити, що питомий опір ґрунту не відображає однозначно ступінь агресивності останнього.

Для більш точної оцінки корозійної активності ґрунтів нами було проведено серію дослідів з відібраними зразками ґрунтів для визначення маси втрат металу за гравіметричним методом, який є досить простим в технічному плані та поширеним.

Гравіметричний метод оцінки корозійної активності ґрунтів базується на принципі визначення втрат маси металу в досліджуваному ґрунті, який перебуває певний час під дією постійного електричного струму.

Відібрані проби ґрунту висушували за температури 96 – 98 °С в сушильній шафі. Висушений ґрунт подрібнювали в фарфоровій ступці, після чого просіювали через металеві сита, відбираючи фракцію < 2 мм.

Корозійну активність досліджуваних проб ґрунту визначали на установці (рис. 2), яка складалася з трьох сталевих банок діаметром 80 мм і висотою 120 мм та трьох сталевих трубок діаметром 19 мм, довжиною 100 мм і вагою близько 165 г. Трубки під'єднували паралельно до позитивного полюса шестивольтової акумуляторної батареї, а банки – паралельно до від'ємного. В даній системі трубки виступали анодами, банки - катодами.

Для запобігання виникненню короткого замикання, на дно банки були встановлені гумові корки, на яких розміщувалися трубки. В встановлених банках з попередньо зваженими і встановленими трубками насипали просіяні фракції ґрунтів, змочували їх дистильованою водою до повного насичення (визначена масова частка вологи в ґрунтах знаходилася в межах 31-32%, а критичне водонасичення за літературними даними [2] складає 33%), під'єднували відповідним чином до 6В акумуляторної батареї і починали відлік часу.

Через 24 години експерименту, тобто дії постійного струму, трубки і банки відключали від батареї живлення, по черзі обережно виймали трубки, очищали від залишків ґрунту, продуктів корозії інгібованою кислотою, промивали трубки дистильованою водою до нейтральної реакції, висушували на повітрі. Висушені трубки зважували на аналітичній вазі ВЛР-200. За результатами зважувань трубок до і після дії постійного електричного струму, визначали втрату маси металу. На рис.3 наведено залежність втрати маси металу трубок в різних ґрунтах від довжини траси.

Аналіз одержаних результатів свідчить, що найбільша втрата металу спостерігалася на ділянці траси за 170 метрів від шурфу №2 до шурфу №4, що вказує на більш виражені корозійні

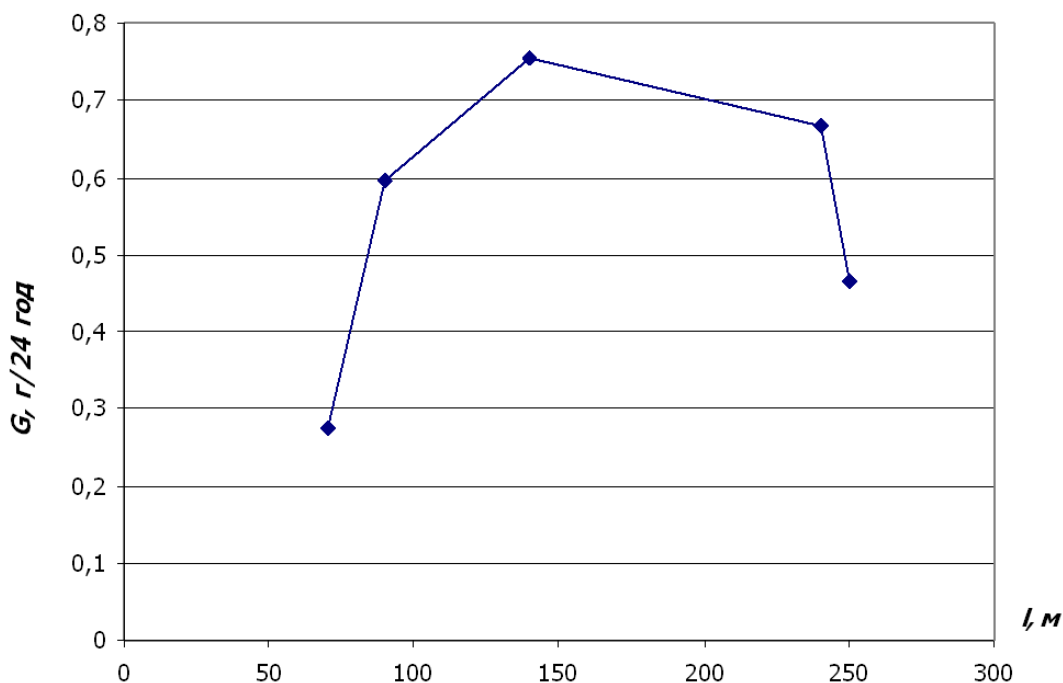


Рисунок 3 – Залежність втрати маси металу трубок від довжини траси „Пасічна-Долина”

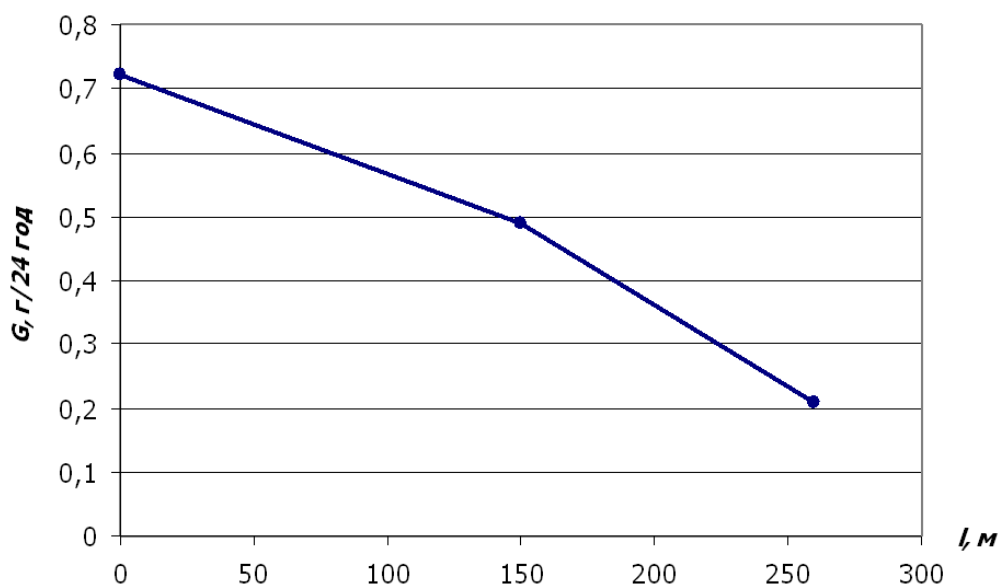


Рисунок 4 – Залежність втрати маси металу трубок ( $\Delta G$ , г/24 год) від довжини траси «Пасічна –Тисмениця»

процеси, ніж для шурфів №1 і №5. Ці результати узгоджуються з попередньо одержаними даними щодо визначення  $SO_4^{2-}$ , адже саме на цій ділянці траси виявлено наявність  $SO_4^{2-}$  в ґрунтових водах, і саме на цій ділянці рН змінюється від 6,36 (шурф №2) до 5,62 (шурф №3) і до 6,27 (шурф №4).

На трасі газопроводу „Пасічна-Тисмениця” спостерігається дещо інша, ніж на рисунку 3, залежність втрати маси металу трубок під дією постійного електричного струму протягом 24 годин (рис. 4).

Аналіз одержаної залежності  $\Delta G = f(l)$ , наведеної на рис. 3 засвідчив, 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  $\Delta G$  для проб 1 і 2, (що, можливо, пов'язано з перенасиченням ґрунту вологою, яка, в свою чергу, блокувала доступ кисню до металу, що й призвело до зниження швидкості корозії металу), прокладеного в ґрунті з нормальним ступенем корозійності.

**Таблиця 5 – Характеристики модифікованих бітумно-полімерних ізоляційних покриттів**

Праймер	Мастика	Адгезія стрічки до мастики, Н/мм	Адгезія мастики до заґрунтованого металу, Н/мм <sup>2</sup>	Загальна товщина захисного покриття, мм	Міцність при ударі при 20 <sup>0</sup> С, Дж
А	А	1,5	0,50	4,3	15
Г	А+0,1%Г	1,7	0,68	4,2	15
Ж	А+0,1%Ж	1,7	0,58	4,3	15

**Таблиця 6 – Результати перевірки ізоляційного покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБП-Д-2Ж та стрічки ПВХ виробництва ЗАТ «Озом»**

№ з/п	Назва показника	Вимоги згідно з ДСТУ 4219-2003	Результати випробувань	Методи випробувань
1	Зовнішній вигляд захисного покриття	Суцільний шар	Однорідний суцільний	ДСТУ 4219
2	Загальна товщина захисного покриття, мм	Не менше 4,2	4,5	ДСТУ 4219
3	Адгезія мастики до заґрунтованої сталеві поверхні, Н/мм <sup>2</sup>	Не менше 0,25	0,6	Додаток Е ДСТУ 4219
4	Адгезія стрічки до мастики, Н/мм	Не менше 1,5	1,7	Додаток Е ДСТУ 4219
5	Суцільність захисного покриття при електричній напрузі 5 кВ н а 1мм товщини покриття	Відсутність пробою	28	ДСТУ 4219
6	Міцність на удар при t = 20 <sup>0</sup> С, Дж	Не менше 15	18	Додаток А ДСТУ 4219

На основі зіставлення результатів проведених експериментів із визначення корозійної активності ґрунтів різними методами було встановлено, що на ділянці траси магістрального газопроводу „Пасічна-Тисмениця” ґрунти відносяться до ґрунтів з нормальним та середнім ступенем корозійності, в той час, як на трасі газопроводу „Пасічна-Долина”, ґрунти від шурфу №2 до шурфу №4 довжиною 170 м відносяться до корозійно-активних. З метою запобігання корозії, в тому числі і мікробіологічної, нами запропоновано ізоляційні покриття [9] на основі бітумно-полімерної мастики МБП-Д Дашавського заводу композиційних матеріалів, які володіють підвищеними протикорозійними (в т. ч. й водостійкими) та антисептичними властивостями, за рахунок введення до складу покриття біоцидів, що сприяє посиленню біостійкості і збереженню його цілісності шляхом виключення проростання в нього коренів рослин.

Серією проведених експериментальних досліджень нами були вибрані оптимальні концентрації для таких біоцидів: аміну (інгібітор «Г») – 0,1% мас., ЧАС – інгібітор «Ж» – 0,1% мас.

З додаванням інгібіторів «Г» і «Ж» оптимальної концентрації були приготовлені праймери «Г» і «Ж», на основі яких та базової мастики з додаванням інгібіторів «Г» і «Ж» були отримані модифіковані бітумно-полімерні ізоляційні покриття з такими характеристиками (табл. 5).

Аналіз одержаних результатів засвідчив, що введення інгібіторів корозії «Г» і «Ж», які

володіють також біоцидними властивостями, дає змогу отримувати модифіковані мастики, які є міцними, пластичними, біостійкими до дії сульфатвідновлювальних бактерій, а також володіють вищими адгезійними характеристиками.

Були проведені промислові випробування розробленого нами ізоляційного покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБП-Д-2Ж в умовах УМГ «Прикарпаттрансгаз». Ізоляційне покриття було нанесено на ділянки труби газопроводу „Пасічна-Долина” діаметром 530 мм довжиною 30 м (ПК 447+00). Результати випробувань ізоляційного покриття наведені в табл. 6.

За результатами випробувань встановлено, що ізоляційне покриття на основі бітумно-полімерної мастики МБП-Д-2Ж показало вищі характеристики за нормативні показники згідно ДСТУ 4219. Модифіковану мастику МБП-Д-2Ж було рекомендовано до серійного застосування.

### Висновки

1. Виконані дослідження підтверджують, що після введення до складу мастики МБП-Д Дашавського заводу композиційних матеріалів інгібіторів корозії та біоцидів (антисептиків) підвищуються фізико-механічні та гідрофобні властивості мастики та її біологічна стійкість. Це, в свою чергу, дає змогу суттєво покращити техніко-експлуатаційні характеристики, збільшити міжремонтний період газонафтопроводів та термін їх експлуатації.

2. На основі проведених промислових випробувань властивостей модифікованих бітумно-полімерних ізоляційних покриттів та одержаних результатів було доведено, що вони є міцними, пластичними, біостійкими до дії сульфатвідновлювальних бактерій, володіє високими адгезійними показниками що дає підстави рекомендувати їх до серійного випуску.

### *Література:*

1 Кузьменко Ю.О. Моніторинг корозійного стану магістральних нафтогазопроводів / Ю.О.Кузьменко // Нафтова і газова промисловість. – 1994. – №2. – С.43-44. – Бібліогр.: с.44.

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

3 Крижанівський Є.І. Дослідження ізоляційних та антикорозійних характеристик бітумно-полімерних покриттів / Є.І.Крижанівський, М.С.Полутренко, Ю.П. Гужов, В.В.Рудко, І.В.Федорович // Розвідка і розробка нафтових родовищ. – 2008. – №1. – С.57-59. Бібліогр.: с.59.

4 Андерсен Р.К. Бактерициды для борьбы с биокоррозией в нефтяной промышленности / Р.К.Андерсен, С.М.Эфенди-заде. – М.: ВНИИ-ОЭНГ, 1989. – 11 с.

5 Козловская А. Изоляционные материалы для защиты магистральных трубопроводов от коррозии / А.Козловская. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 153 с.

6 Липович Р.Н. Микробиологическая коррозия и методы ее предотвращения / Р.Н.Липович, А.А.Гоник, К.Р.Низамов. – М.: ВНИИОЭНГ, 1977. – 46 с.

7 Бойченко С. Забезпечення біологічної стабільності вуглеводневих палив / С.В.Бойченко, Н.М.Кучма // Вісник НАУ. – 2004. – № 4. – С.161-164. – Бібліогр.: с.164.

8 Жуков В.И. Битумная изоляция подземных трубопроводов / В.И.Жуков, Ф.Г.Храмыхин. – М.: Госстройиздат, 1954. – 120 с.

9 Пат. 82775 Україна, МПК (2006) С23F 11/00, F16L 58/02 Спосіб захисту підземних нафтогазопроводів від корозії / Крижанівський Є.І., Федорович Я.Т., Полутренко М.С.,

10 Гужов Ю.П., Федорович І.В. ; заявник і патентовласник Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № а200610107; опубл. 12.05.2008, Бюл. № 9, 2008 р.

*Стаття постуила в редакційну колегію*  
28.07.09

*Рекомендована до друку професором*  
**Грудзом В.Я.**