

УДК (504.05+504.06) 622.692.4
© 2013

*Степова О. В., кандидат технічних наук,
Галькевич В. І., студентка V курсу,
Гудзь Я. В., студентка III курсу*

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

АНАЛІЗ СТАНУ КОРОЗІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ГАЗОПРОВОДІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Рецензент – доктор технічних наук, професор В. О. Бондар

Виконана оцінка ґрунтових умов експлуатації лінійної частини газотранспортної системи Полтавської області за показником рН середовища, електропровідністю ґрунту й вмістом сульфат-іонів, що дало змогу оцінити можливість створення умов для розвитку корозійних процесів на ділянках газопроводів. Наведена залежність для оцінювання швидкості корозійних процесів на поверхні ділянки газопроводу. Рекомендовано використання комплексного методу досліджень впливу зовнішнього середовища на протікання корозійних процесів на ділянках газопроводів із застосуванням математичного моделювання.

Ключові слова: ґрунтові умови, корозійна активність ґрунту, корозійні процеси, газопровідна система, безпечна експлуатація.

Постановка проблеми. В умовах інтенсивного розвитку ринків газу актуальною є проблема забезпечення експлуатаційної надійності й ефективності роботи газотранспортної системи України. Однією з найсерйозніших проблем експлуатації магістральних трубопроводів є їх аварійність, тобто непередбачена відмова лінійної частини трубопроводу, що супроводжується катастрофічним впливом на навколишнє середовище. Вивчення умов експлуатації трубопроводів й аналіз існуючих способів підвищення їхньої довговічності в умовах впливу ґрунтової корозії показує, що, незважаючи на застосування різних заходів, кількість аварій трубопроводів через корозію становить по галузі порядку 27 % від їхньої загальної кількості [3]. Такі конструкції потребують особливої уваги та періодичного моніторингу їх працездатності.

Для газової промисловості проблема захисту від корозії магістральних газопроводів є вкрай актуальною, оскільки їх руйнування пов'язано з порушенням забезпечення споживачів газом, втратою транспортованих продуктів, завданням великих матеріальних збитків та екологічної шкоди довкіллю, а враховуючи специфіку галузі, може стати й причиною пожеж, вибухів, виходу

з ладу та знешкодження коштовного обладнання, травмування й загибелі людей [1].

Забезпечення надійної експлуатації трубопроводів багато в чому залишається проблемою підвищення їхньої надійності та довговічності й є складним комплексним завданням, що містить у собі рішення технічних, технологічних, економічних та організаційних аспектів. Незважаючи на те, що цій проблемі присвячені численні дослідження вітчизняних і закордонних авторів, до цього часу вона ще повністю не вирішена й чимало питань залишаються відкритими [5]. Часті розриви трубопроводів вимагають пошуку нових технічних рішень, спрямованих на забезпечення їхньої надійної експлуатації, підвищення довговічності й стабільності функціонування. Тому проблема безпечної експлуатації й підвищення довговічності трубопроводів, безсумнівно, залишається актуальною й своєчасною [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Питанням безпечної експлуатації газопроводів і їх корозійної безпеки присвячено праці багатьох вчених. Так, М. В. Беккер, досліджуючи газотранспортну систему України, відзначив, що її надійна робота і безпечна експлуатація можлива лише за відповідного науково-технічного забезпечення. Він вважає, що проблема надійності повинна займати провідне місце в міжнародному і національному законодавстві [1]. Рогознюк В. В., Гужов Ю. П. та Кузьменко Ю. О. розглянули основи електрохімічної корозії та особливості ґрунтової корозії, дослідили корозійні умови в різних регіонах України, а також визначили основні вимоги до експлуатації протикорозійного захисту газопроводів і чинники їх надійності [4]. Методи боротьби з окремими видами корозії металів досліджені і в працях Р. Юхневича, В. Богдановича та Е. Валашковського. Значну увагу вони присвятили таким методам антикорозійного захисту: застосування інгібіторів корозії, тимчасовий захист металів та електрохімічний за-

хист. Детально описано у працях цих вчених види корозійних порушень та методи дослідження корозії металів [5]. Корнієнко С. В. та Корбутяк О. М. розглядають ресурси підземного геологічного простору України й процес корозії магістральних газопроводів у ґрунтових умовах, а також аналізують проблеми будівництва й використання підземних об'єктів, стан лінійної частини газотранспортної системи України [2, 3].

Мета досліджень – аналіз корозійної активності ґрунтів у Полтавській області; розгляд стану лінійної частини газотранспортної системи та дослідження впливу корозійних процесів на безпечну експлуатацію газопроводів у Полтавській області.

Завдання – дослідження корозійної агресивності ґрунтів у Полтавській області, розгляд та аналіз залежності для визначення розподілу щільності струму на поверхні ділянки газопроводу.

Об'єкт дослідження – газотранспортна система Полтавської області.

Матеріали і методи досліджень. Оцінка ґрунтових умов експлуатації лінійної частини газотранспортної системи Полтавської області виконана на основі даних спостережень за показниками якості ґрунтового середовища Полтавської області. Широко використовувався такий метод наукових досліджень як аналіз.

Результати дослідження. Лінійна частина газопровідної системи України є найбільш застарі-

лою в Європі. Так, 40 % газопроводів експлуатуються понад 20 років; 29 % – понад 30 років; 30 % – 35–50 років та 0,1 % – понад 50 років. За результатами виконаного ВАТ ІВП «Вніптрансгаз» аналізу аварійності газопроводів встановлено: головними причинами аварій стали дефекти зварювання – 27,5 %, корозія – 26,8 %, заводський брак – 19,7 %, механічні пошкодження – 16,4 % та інше – 9,6 % [4].

Процес корозії газопроводів у підземних умовах зумовлений значною кількістю фізичних і фізико-механічних факторів, що визначають її інтенсивність [5]. Ґрунт, як середовище, в якому відбувається процес корозії, характеризується різноманітними взаємозв'язаними та динамічними параметрами. Ґрунти являють собою капілярно-пористі, часто колоїдні системи, пори яких заповнені повітрям і вологою [2]. Ґрунтові умови, в яких експлуатуються підземні споруди Полтавської області, досить неоднакові (рис. 1).

Ґрунтова корозія залежить від багатьох факторів, до яких належать: показник рН, вологість, вміст газів, структура, електропровідність, хіміко-мінералогічний та бактеріальний склад [2]. Детальне вивчення ґрунтового середовища експлуатації газопроводів є важливим для забезпечення їх надійності. У роботі проведений аналіз корозійної активності ґрунту Полтавської області за показниками рН середовища та електропровідності, результати якого наведені на рис. 2.

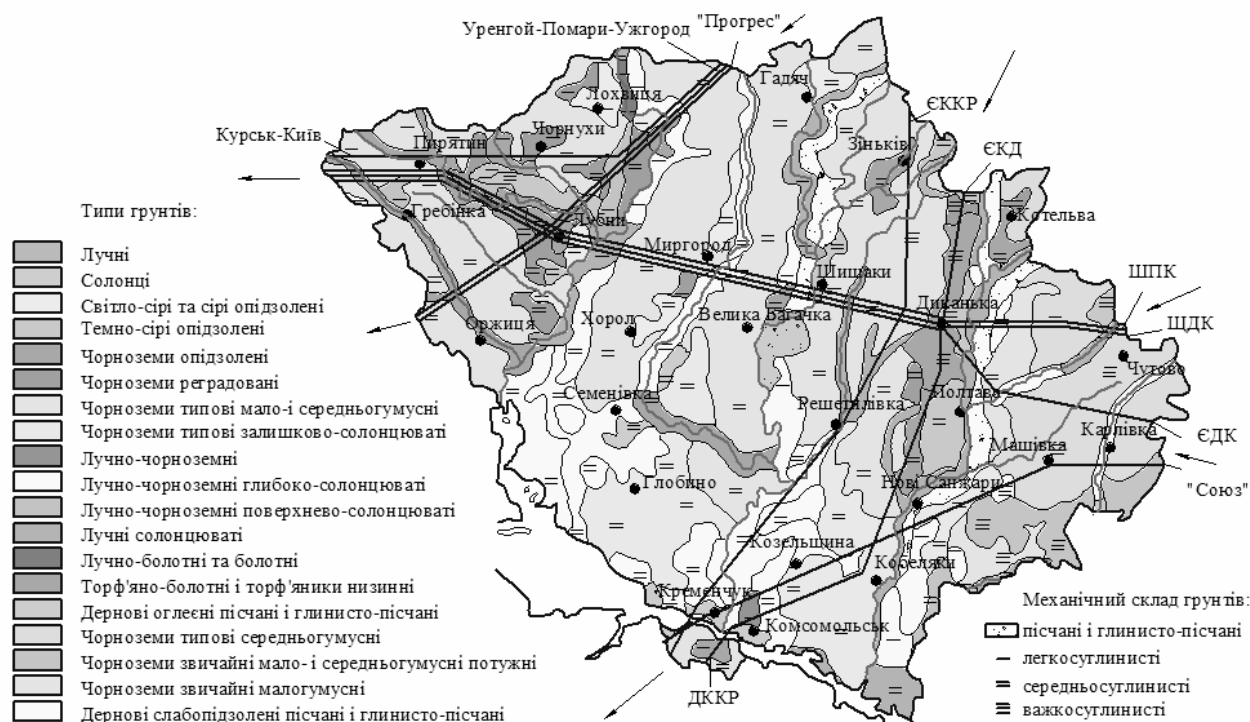


Рис. 1. Карта-схема розташування газопровідної системи в Полтавській області

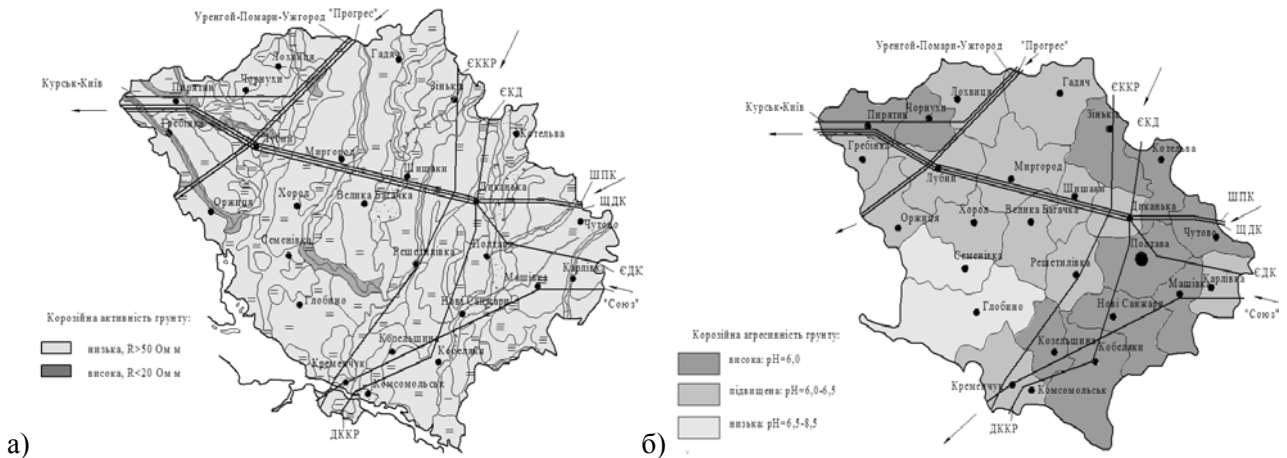


Рис. 2. Корозійна активність ґрунту в Полтавській області (а – за показником електропровідності; б – за показником рН ґрунту)

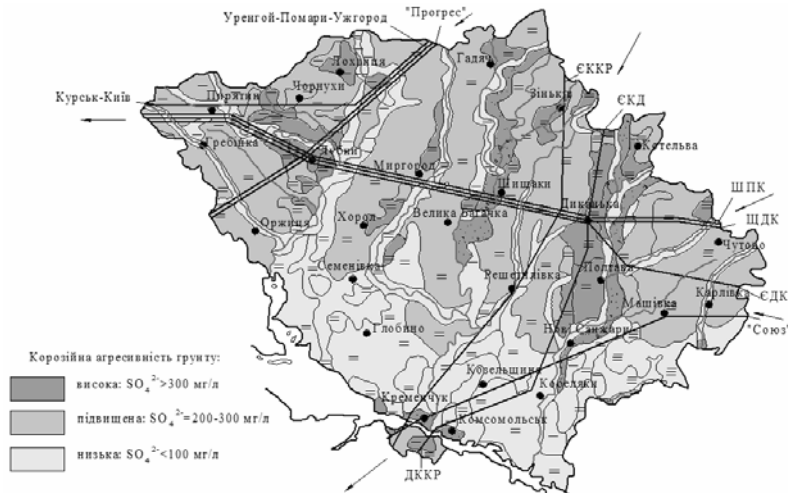


Рис. 3. Корозійна активність ґрунту в Полтавській області за вмістом сульфат-іонів

Корозійна агресивність ґрунтів залежить від хімічного складу підземних вод і, особливо, від концентрації розчинених у них іонів Cl^- та SO_4^{2-} (понад 300 мг/дм^3), що свідчить про досить значну корозійну активність середовища [2]. На рис. 3 наведена корозійна активність ґрунтів Полтавської області залежно від вмісту сульфат-іонів.

Аналіз результатів досліджень ґрунтових умов у Полтавській області вказує на те, що окремі ділянки газопроводів експлуатуються в ґрунтових середовищах із різними умовами за електропровідністю, рН, вмістом сульфат-іонів. Тому існують усі умови для створення макрогальванічних пар і розвитку корозійних процесів на ділянках газотранспортної системи області.

Характерною особливістю ґрунтової корозії підземних трубопроводів є легкість доступу кисню до їхньої поверхні.

Одним із шляхів підвищення екологічної безпеки експлуатації газопроводів є врахування факторів, що характеризують корозійні процеси на ме-

талі трубопроводу. Для оцінки впливу ґрунтової корозії на безпечну експлуатацію газопроводів необхідно розрахувати кількісну характеристику корозійного процесу. Одним з основних параметрів, що характеризують корозійні процеси на поверхні металу трубопроводу, є щільність струму.

Для визначення значення щільності корозійного струму $i_{кор}$ довкола перерізу розглянемо газопровід діаметром $2r$, що знаходиться на глибині h у ґрунті з постійною концентрацією кисню C_n .

Слід відмітити, що коефіцієнт дифузії кисню в ґрунті в загальному випадку залежить від координат (ρ, θ) . З метою спрощення завдання приймаємо, що масообмін у ґрунті стаціонарний і не змінюється по довжині газопроводу. Відповідно до закону Фіка, при $D=const$ стаціонарний масообмін за дифузійним механізмом може бути описаний наступним диференціальним рівнянням:

$$\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial}{\partial \rho} \cdot \left(\rho \cdot \frac{\partial C(\rho, \theta)}{\partial \rho} \right) + \frac{1}{\rho^2} \cdot \frac{\partial^2 C(\rho, \theta)}{\partial \theta^2} = 0, \quad (1)$$

де $C = f(\rho, \theta)$ – концентрація кисню в довільній точці $M(\rho, \theta)$.

Рішення диференційного рівняння (1) будеться методом поділу змінних за допомогою конформного перетворення координат.

Згідно з першим законом Фіка, потік кисню (q) в умовах лінійної дифузії дорівнюватиме:

$$q = -D \cdot \left(\frac{\partial C}{\partial \rho} \right)_{\rho=r} \quad (2)$$

де: D – коефіцієнт дифузії кисню в ґрунті, м²/рік;

$\left(\frac{\partial C}{\partial \rho} \right)$ – градієнт концентрації кисню поблизу

поверхні газопроводу.

За розрахованою щільністю потоку кисню (q) може бути визначений розподіл щільності корозійного струму навколо перерізу трубопроводу:

$$i_{нк} = \frac{F \cdot q}{M_k} \quad (3)$$

У кінцевому вигляді залежність для визначення розподілу щільності струму на поверхні ділянки газопроводу має вигляд:

$$i_{нк} = \frac{F \cdot D \cdot C_n (\alpha^2 - 1)}{M_k \cdot r (1 + \alpha^2 - 2\alpha \cdot \cos \theta) \cdot \ln \alpha} \quad (4)$$

де: $i_{нк}$ – щільність струму, А/м²;

r – радіус трубопроводу, м;

C_n – початкова концентрація кисню, г/м³.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Беккер М. В. Обеспечение надёжной работы газотранспортной системы ДК «Укратрансгаз»: сборник докладов научно-практического семинара [«Обеспечение эксплуатационной надёжности систем трубопроводного транспорта»], (Київ, 17–18 апреля 2007 г.). – К. : Институт электросварки им. Е. О. Патона, 2007. – С. 3–5.
2. Корнієнко С. В., Корбутяк О. М. Проблеми впливу ґрунтового середовища на корозію магістральних газопроводів України. Вісник Київ. ун-ту. – Серія «Геологія». – 2009. – №46. – С. 42–43.
3. Корнієнко С. В., Корбутяк О. М. Ресурси під-

земного геологічного простору України. Вісник Київ. ун-ту. – Серія «Геологія». – 2008. – №43. – С. 35–37.

Розподіл корозійного струму на поверхні трубопроводів нерівномірний. У найближчих до поверхні ґрунту точках газопроводу забезпечується більший приток кисню, що викликає великі щільності струму. У найвіддаленіших від поверхні ґрунту точках перерізу трубопроводу спостерігається найменша щільність струму.

Висновок. Аналіз ґрунтових умов експлуатації газотранспортної системи Полтавської області дає підстави зробити висновки про те, що в області існує чимало умов для розвитку й протікання корозійних процесів на ділянках газопроводів. Так, деякі з них у Полтавській області експлуатуються в умовах високої корозійної активності ґрунту за його електропровідністю, показником рН середовища й вмістом у ґрунті сульфат-іонів. Розглянута залежність для визначення розподілу щільності струму на поверхні ділянки газопроводу дає змогу оцінювати швидкість корозійних процесів. У подальших розвідках у даному напрямі рекомендовано використання комплексного методу досліджень впливу зовнішнього середовища на протікання корозійних процесів на ділянках газопроводів із застосуванням математичного моделювання та розробки на основі кількісної оцінки корозійних процесів методики попередження аварійних ситуацій.

4. Технічна експлуатація систем захисту від підземної корозії магістральних газопроводів // Рогозюк В. В., Гужов Ю. П., Кузьменко Ю. О. [та ін.]. – К. : Техдіагаз, 2000. – С. 3–5.
5. Юхневич Р., Богданович В., Валашковский Е. [и др.]. Техника борьбы с коррозией / Пер. с польск. Сухотина А. М. – Л. : Химия, 1980. – 223 с.