

УДК 631.413.6:550.4.02(477.52)

## ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗНАЧЕНЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО КРИТЕРІЮ КОРОЗІЙНОЇ АГРЕСИВНОСТІ ҐРУНТІВ ОКРЕМИХ ДІЛЯНОК ГАЗОПРОВОДІВ

© Медведик О. В., Сиса Л. В., Слободян Б. В., Яворський Г. А., 2002  
ДП “Укроргтехдіагностика”, м. Львів

*Проведено аналіз результатів експериментального визначення активної кислотності, природного окисно-відновного потенціалу та питомого електроопору ґрунтів вздовж цілого ряду ділянок діючих трубопроводів. Обґрунтовано оптимальні межі числових значень раніше запропонованого авторами комплексного фізико-хімічного критерію корозійної агресивності ґрунтів. Згідно з ними ґрунти на досліджених ділянках належать до мало- та середньо-агресивних в корозійному плані, і лише незначна частина – до високо-агресивних.*

Комплексний фізико-хімічний критерій оцінки корозійної агресивності ґрунтів  $K_{\phi x}$ , запропонований авторами раніше [1], враховує природний окисно-відновний потенціал ґрунту  $Eh$ , активну кислотність  $pH$  та питомий електричний опір  $\rho$ . Він дає можливість повніше описати природні (ґрунтові) умови, у яких експлуатуються сталеві трубопроводи, і розраховується за формулою:

$$K_{\phi x} = \frac{Eh + 0,06 pH}{k \cdot \rho}, \quad (1)$$

де  $k$  – поправочний коефіцієнт на температуру.

Інформація про величину вказаних параметрів сприяє правильному вибору типу ізоляції, режимів електрохімічного захисту та інших заходів, спрямованих на продовження терміну безпечної роботи об'єкту.

Крім цих основних фізико-хімічних параметрів ґрунтів для оцінки ступеня їх корозійної агресивності як додаткові параметри, в окремих випадках, можна використовувати питому електричну провідність водних витяжок  $X$  та відношення концентрацій відновленої та окисленої форм заліза  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ . Однак визначення двох останніх параметрів вимагає лабораторних умов та відповідної апаратури, тому для експрес-оцінки корозійної агресивності ґрунту достатньо користуватись трьома першими показниками, які можна визначати у польових умовах.

Наведена в [1] формула для розрахунку  $K_{\phi x}$  отримана, в основному, з теоретичних міркувань з врахуванням так званого редокс-водневого потенціалу  $rH$ , [2], оскільки фактична база за результатами вищезгаданих аналізів на даний момент досить різномірдна і невпорядкована. Кожне практичне дослідження у цьому напрямку поповнює масив реальних числових значень критерію  $K_{\phi x}$ , що у співставленні з

фактами наявності чи відсутності корозійних процесів у конкретних місцях відбору проб дозволить вивести чіткі вимоги до меж, за якими ґрунт можна вважати мало-, середньо- чи високо-агресивним за фізико-хімічними параметрами.

Метою даної роботи була спроба узагальнення фактичного матеріалу з вивчення фізико-хімічних властивостей ґрунтів вздовж трас діючих трубопроводів, отриманого співробітниками ДП “Укроргтехдіагностика” як за попередні роки, так і в останній час, та визначення реальних числових значень  $K_{\phi x}$ .

Конкретними об'єктами вивчення виступали ділянки газопроводів “Прогрес”, “Уренгой - Ужгород”, “Слець – Кременчуг - Кривий Ріг” (межі Сумського ЛВУ МГ), “Торжок - Долина” (ділянка м. Долина – р. Дністер) та окремі проби, взяті на інших ділянках. Шурфування проводилось в точках ймовірних пошкоджень ізоляції, що були виявлені за методикою ДП “Укроргтехдіагностика”. Також здійснювався відбір проб ґрунтів з поверхневих горизонтів траси та на повітряних і водних переходах. У цілому опрацьовано результати аналізів більше 60 проб ґрунту та ґрунтових вод.

Зразки ґрунту відбирались згідно вимог ГОСТ 26423-85 [3] безпосередньо після шурфування або з природних заглибин (водна ерозія, зсув ґрунту тощо) з центральної частини кожного ґрунтового інтервалу (горизонту, типу ґрунту) над трубою, на рівні труби та під нею, до дна шурфа. Для проб, що взяті безпосередньо біля стінок труби, відбирались додаткові проби з тієї ж глибини та горизонту, але з бокової стінки шурфа (материнські породи).

Водна витяжка готувалась згідно вимог відповідного ГОСТу [3]. Підготовка приладів ( $pH$ -метра, мультиметра) до проведення аналізів здійснювалась

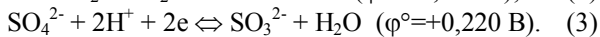
згідно з їх технічним паспортом та інструкцією з експлуатації.

Визначення кислотності водних витяжок з ґрунтів проводилось портативним мультиметром моделі *pH-5123* з комбінованим електродом *SAgP209W*. Вимірювання окисно-відновного потенціалу витяжки виконувались тим же мультиметром з допомогою індикаторного (платинового) електрода моделі *ЭТПЛ-01М*. Як електрод порівняння використовувався насичений хлор-срібний електрод *ЭВЛ-1М*. Значення питомого електричного опору ґрунту на даній ділянці визначались електрофізичними методами за відповідним нормативним документом [4].

За результати аналізу приймалися значення кожного одиничного вимірювання кислотності та окисно-відновного потенціалу водної витяжки з ґрунту, а також питомого опору ґрунту на конкретній ділянці. Після проведення контрольних вимірювань у лабораторії геохімії та екології Львівського відділення Українського державного геолого-розвідувального інституту (ЛВ УкрДГРІ) їх результати порівнювались з польовими для визначення абсолютного та відносного відхилення. В усіх випадках вони входили в межі, визначені відповідною нормативною документацією.

За даними питомого опору ґрунту на досліджених ділянках мають малий (більше 50 Ом·м) та середній (від 20 до 50 Ом·м) ступінь корозійної агресивності (за ГОСТ 9.602-89 [4]); за значеннями кислотності (згідно класифікації А. Павлова та В. Шемякіна, [5]) – слабо-кислі ( $4,1 \leq pH < 7$ ), слабо-лужні ( $7 < pH < 8,3$ ) і лужні ( $8,3 \leq pH < 10,3$ ).

Значення *Eh*-потенціалу у нормативній документації не лімітовані, однак за основу класифікації можна взяти стандартні потенціали найбільш поширених природних процесів у ґрунтах – рівноважного окислення-відновлення води та сульфат-іонів:



ґрунти, окисно-відновний потенціал яких вищий від 0,41 В, автори пропонують вважати сильно-окисними, від 0,41 до 0,22 В – середньо-окисними, нижче 0,22 В – слабо-окисними. У такому випадку середовище у практично всіх досліджених пробах можна віднести до слабо-окисного.

Отримані величини можна безпосередньо вводити у формулу (1) для розрахунку узагальненого фізико-хімічного критерію корозійної агресивності ґрунту  $K_{\phi x}$ , однак після кількох нескладних математичних перетворень ця формула набирає значно компактнішого вигляду.

Зокрема, в реальних температурних умовах досліджень (польовий сезон весна – осінь) для розрахунків використовується числове значення  $k=0,03$  [2]. Оскільки фізико-хімічний критерій є відносним (узагальненим) показником корозійної агресивності,

то величини окисно-відновного потенціалу (у мВ) можна домножити на 0,06 для зручності співставлення з величинами кислотності. Тоді числові коефіцієнти перед змінними величинами можна звести в один, що дозволяє значно спростити формулу (1):

$$K_{\phi x} = \frac{0,06Eh + 0,06pH}{0,03\rho} = 2 \frac{Eh + pH}{\rho}. \quad (4)$$

Розрахунки значень  $K_{\phi x}$  проводились за формулами (1) і (4). У першому випадку отримано величини в межах від 0,03 до 1,14 умовних одиниць (значення *Eh* задані у вольтах, опору – в Ом·м); у другому – від 0,35 до 18,83 ум. од. (*Eh* в мВ, опір в Ом·м).

У формулі (1) чисельник майже завжди значно менший від знаменника (при збереженні відповідної розмірності одиниць), тому такий вигляд формули для  $K_{\phi x}$  практично дублює залежність цього критерію від питомого опору, нівелюючи вплив кислотності та окисно-відновного потенціалу. Саме тому автори пропонують використовувати для розрахунків формулу (4), яка більш наглядно враховує вплив *pH* та *Eh* ґрунту на значення цього критерію і дозволяє отримувати більш зручні для користування числові величини. Крім того, досить високі значення  $K_{\phi x}$  отримані для проб ґрунтів з питомим опором менше 50 Ом·м (середній ступінь агресивності за ГОСТ 9.602-89 [4]). Це підтверджує думку про те, що питомий електроопір ґрунту не варто вважати достатнім показником для визначення його корозійної агресивності (ГОСТ 9.602-89).

За отриманими результатами побудовано діаграму залежності значень  $K_{\phi x}$  в осях кислотності та окисно-відновного потенціалу (рис. 1). Для зручності зображення поверхні розподілу величин  $K_{\phi x}$  числові значення кислотності подано у реальних одиницях, а потенціалу – у вигляді  $0,06Eh$  (мВ). Побудова здійснена з допомогою загальновідомої програми SURFER (версія 6.0), яка часто використовується для розрахунку та побудов різноманітних карт (геологічних, геохімічних, топографічних тощо), поверхонь розподілу певних показників у геології та суміжних галузях.

Як видно з рис. 1, загальна тенденція росту значень  $K_{\phi x}$ , тобто корозійної агресивності ґрунту, співпадає з напрямком збільшення *pH* та *Eh*, що відповідає теоретичним міркуванням [1]. Мінімальні значення критерію отримані при нейтральній реакції ґрунту та низьких значеннях окисно-відновного потенціалу. При відхиленні *pH* в обидві сторони від 7 одиниць значення  $K_{\phi x}$  зростають, причому це зростання проходить значно активніше у лужному середовищі. Ймовірно це пояснюється хімічною стійкістю гідроксокомплексів заліза ( $[\text{Fe}(\text{OH})_6]^{3-}$  та ін.) саме в таких умовах.

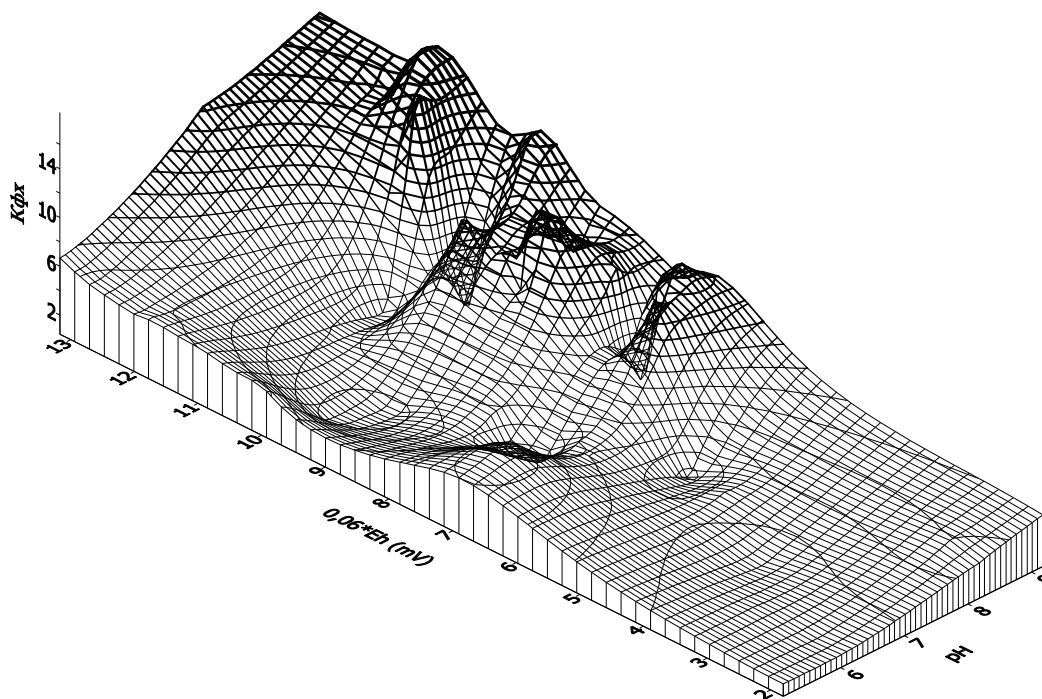
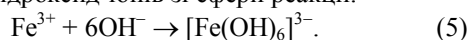


Рис. 1. Розподіл числових значень комплексного фізико-хімічного критерію корозійної агресивності ґрунтів  $K_{фх}$  в залежності від їх кислотності  $pH$  та природного окисно-відновного потенціалу  $Eh$

Особливо помітно зростання значень  $K_{фх}$  при великих значеннях  $Eh$ , де навіть при нейтральному середовищі критерій агресивності має велике числове значення. Це можна пояснити тим, що процес рівноважного окислення-відновлення води (2) має досить високе значення окисно-відновного потенціалу, а реакція комплексоутворення з участю іонів заліза та гідроксиду підсилює цей ефект, зсуваючи хімічну рівновагу цього процесу вправо за рахунок вилучення гідроксид-іонів зі сфери реакції:



Стосовно впливу  $pH$  на процес корозії металу труби у методичній на навчальній літературі зустрічаються короткі зауваження, однак вони мають, переважно, описовий характер і не підкріплені детальними розрахунками. У цьому плані отримані авторами даної статті практичні результати не тільки підтверджують теоретичні положення, але й суттєво розширюють можливість їх кількісної і статистичної інтерпретації.

Враховуючи наявність продуктів корозії на поверхні металу у місцях відбору кожної конкретної проби, можна зауважити, що вони мають значний розмір у тих випадках, коли значення  $K_{фх}$  перевищує 12 одиниць, а при значеннях, менших 5 одиниць, їх практично немає. Крім того, співставлення цих фактів з числовими значеннями питомого опору ґрунтів у місцях відбору проб показує добре співпадання з межами допустимих значень  $\rho$ , лімітованими у нормативній документації [4].

Враховуючи вищесказане, порогом середньої агресивності ґрунту за значенням  $K_{фх}$  можна вважати величину 5 одиниць, а високої – 12 одиниць. Звичайно, такі числові значення  $K_{фх}$  ще не є остаточним для визначення меж низької, середньої та високої агресивності ґрунту, оскільки виведені вони для досить малої кількості вимірювань. При накопиченні значної кількості аналогічних досліджень ці межі можна встановити більш надійно.

Таким чином, за значеннями комплексного фізико-хімічного критерію  $K_{фх}$ , практична більшість ґрунтів на досліджених ділянках газопроводів може бути віднесена до низько- (менше 5 одиниць) та середньо-агресивних (від 5 до 12 одиниць), а близько 10 % з них – до високо-агресивних (більше 12 одиниць).

1. Медведик О. В., Сиса Л. В., Слободян Б. В. Фізико-хімічний критерій оцінки корозійної агресивності ґрунтів на прикладі окремих ділянок магістральних газопроводів // Методи та прилади контролю якості. - 2001. - № 7. - С. 24-29.
2. Геологический словарь / Под ред. К. Н. Парфенгольца, Л. И. Боровикова и др. - Москва, 1978. 3. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости,  $pH$  и плотного остатка водной вытяжки.
4. ГОСТ 9.602-89. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.
5. Лукашев В. К. Геохимия четвертичного литогенеза. - Минск, 1970.

