

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ПІДЗЕМНИХ ТРУБОПРОВІДІВ ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Валерій Макаренко¹, Олена Чепелюк², Ольга Войтович³,
Юрій Мешков⁴, Юлія Макаренко⁵, Сергій Максимов⁶,
Володимир Гоц⁷, Володимир Савенко⁸, Тетяна Аргатенко⁹*

^{1,2,3,4} Херсонський національний технічний університет,
24, Бериславське шосе, м. Херсон, 73008, Україна

⁵ Медичний університет Манітоба, м. Вінніпег, Канада

⁶ Інститут електрозварювання ім. Є.О.Патона НАНУ

11, вул. Казимира Малевича, м. Київ, 03150, Україна,

^{7,8,9} Київський національний університет будівництва і архітектури;

31, Повітрофлотський проспект, Київ, 03037, Україна

¹ докт. техн. наук, green555tree@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9178-9657

² докт. техн. наук, kntu@kntu.net.ua, orcid.org/0000-0001-9178-9657

³ канд. техн. наук, olgavoytovich@ukr.net, orcid.org/0000-0003-0510-4362

⁴ канд. техн. наук, mieshkov.yuri@gmail.com, orcid.org/0000-0002-2506-7020

⁵ бакалавр, green555tree@gmail.com, orcid.org/0000-0003-1252-4231

⁶ докт. техн. наук, чл.-кор. НАНУ, maksimov@paton.kiev.ua, orcid.org/0000-0002-5788-0753

⁷ докт. техн. наук, gots.vi@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-7702-1609

⁸ канд. техн. наук, savenko.vi@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-1490-6730

⁹ канд. техн. наук, argatenko.tv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-2516-2906

DOI: 10.32347/2524-0021.2023.42.49-58

Анотація. Основними причинами передчасних руйнувань трубопровідної мережі водопостачання та водовідведення в рамках території України є наступні: заводські (металургійні) дефекти труб, монтажні (як правило, виникають при виконанні монтажних робіт безпосередньо на об'єкті), корозійні ушкодження і руйнування тіла труби і зварного з'єднання, природне та деформаційне старіння металу, зовнішні навантаження та внутрішні надлишкові напруження, відсутність якісного антикорозійного захисту, тривалий (понад нормативний) термін експлуатації трубопроводів, які безпосередньо контактують з корозійно-агресивним себредовищем тощо. Аналіз загального стану систем централізованого водопостачання та централізованого водовідведення за 2021р. здійснено для 19 областей та м. Київ. На основі проведеного аналізу зроблено наступні висновки: централізованим водопостачанням охоплено 98,7% міст (відсутнє у 4 містах), 90,3% смт (відсутнє у 46 смт) та 23,5% сільських населених пункти, 67,4% смт та 1,5% сільських населених пунктів. Для забезпечення розвитку та реконструкції систем централізованого питного водопостачання та централізованого водовідведення населених пунктів України та забезпечення населення якісною питною водою в достатній кількості Мінрегіоном розроблено Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України», яка передбачає реалізацію понад 1747 інфраструктурних проектів у регіонах протягом 2022-2026 років. Крім того, для розвитку підприємств водопостачання та водовідведення рекомендовано такі заходи: створення ефективних систем реагування у випадку надзвичайних ситуацій, зокрема логістичного ланцюгу з постачання на об'єкти необхідних зварювально-монтажних ресурсів (матеріали, обладнання, робітничу силу тощо); залучення інвестицій для модернізації водопровідних і очисних споруд системи центрального водовідведення; проведення науково-дослідних робіт з метою модернізації інженерних споруд очищення стічних вод; модернізація трубопровідних конструкцій і очисних споруд із залученням сучасних зварювально-монтажних технологій і матеріалів. Крім того, для підвищення надійності водопровідних і каналізаційних мереж в теперішній час необхідно провести паспортизацію і обстеження трубопроводів. Знаючи сту-

пінь зношення стінки труби і термін експлуатації, можна розрахувати номінальний тиск трубопроводу і прийняти рішення про заміну чи його санацію. Використовуючи критерій відмов для «критичних» точок, можна прогнозувати ускладнення роботи мережі, моделювати для них резервування, оптимізувати їх роботу. На базі водоканалів пропонується обладнати спеціалізовані мобільні лабораторії, які дозволяють проводити діагностику мереж та екстрену очистку трубопроводів і знезараження води. Спеціалістами Міністерства розвитку громад та територій України проводилися системні роботи по оцінці технічного стану водопровідних мереж. Підставою для виконання таких робіт служили офіційно надані матеріали Міністерством охорони здоров'я України та Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Куратором цієї роботи було Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства» (м. Київ).

Ключові слова: трубопровід, ресурс, водопостачання, водовідведення, надійність, прогнозування.

ВСТУП

Відомо [1-9], що корозія наносить величезні збитки народному господарству. Щорічні втрати метала, спричинені корозійними ушкодженнями, складають десятки мільйонів тон, причому тільки близько двох третин його вдається повторно використати в якості металобрухту. Найбільші втрати від корозії характерні для комунальної промисловості, теплової енергетики тощо. При цьому пошкодження і вихід з ладу трубних конструкцій і обладнання в більшості випадків спричиняються сульфідною корозією під напруженням (СКРН).

Зі збільшенням тривалості експлуатації трубопроводів небезпека їх корозійного руйнування зростає. Це пов'язано з тим, що з часом відбувається старіння і порушення захисних властивостей ізоляційних покриттів, а також старіння самого металу, що сприяє підвищенню його схильності до розвитку крихкого руйнування. В 90-і роки минулого століття, коли для виготовлення протяжних трубопроводів для постачання води споживачам почали використовувати труби, які виготовляли методом контрольованої прокатки, хоча на той час не достатньо добре була відпрацьована її технологія, що призвело до значної кількості аварій, які відбувалися, зокрема на ділянках, які споруджувалися як раз з таких труб. У зв'язку зі специфікою експлуатації лінійних трубопроводів, шкода від аварій на них була пов'язана не тільки і не стільки з прямими втратами (вартість самої ділянки зруйнованого трубопроводу), скільки з втратами побічними. При наскрізному корозійному враженні навіть відносно невеликої ділянки

трубопроводу відбувається вилив продукту в навколишнє середовище, що нерідко приводить до неприємних екологічних наслідків. Як правило, корозія вражає зовнішню поверхню трубопроводу (до 42 % відмов) [1]. На частку аварій в зв'язку з корозією внутрішньої поверхні приходиться близько 15-18%.

Аналіз літератури [1,2,10-12] вказує на велику різноманітність, значний об'єм інформації про механізми, причини, фактори і умови корозійних руйнувань сталевих трубопроводів, зокрема виготовлених із різних марок низьколегованих і низьковуглецевих сталей, які тривалий термін експлуатуються в корозійно-активних середовищах. Протиріччя такої інформації ускладнює розробку і використання ефективних антикорозійних заходів з підвищення експлуатаційної довговічності таких інженерних конструкцій. В теперішній час важливою проблемою є пошук нових методів подовження безаварійного робочого ресурсу. Можливості її вирішення полягають у використанні нових трубних сталей, які модифікуються карбідотворюючими елементами, зокрема, ніобієм, ванадієм, молібденом, титаном тощо, а також містять незначну кількість шкідливих домішок (сірку, фосфор) та неметалеві включення. Стан комунальних транспортних (трубопровідних) систем, наприклад м. Києва, характеризується вичерпаністю технічного ресурсу, моральним і фізичним зносом трубопроводів, засобів протикорозійного захисту, засувок, вентилів і іншого обладнання. Тільки в м. Києві по стану на 01.01.2023 р. по термінам експлуатації загальне зношування трубопроводів з постачання гарячої і холодної води споживачам

складає 65%. Аналіз досліджень з питань експлуатації і розвитку систем водопостачання Києва і Київської області [2] свідчить про те, що для підземних водоводів характерно фізичне і природне старіння ізоляції і металу труб.

Вищевикладені матеріали дозволили сформулювати **мету роботи**, яка полягала у визначенні технічного стану водопровідної мережі комунального водопостачання та

водовідведення і з'ясуванні причин передчасних і раптових руйнувань водоводів та розробка методів подовження безаварійного робочого ресурсу трубопровідних систем з постачання води споживачам.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найбільш яскраві приклади численних руйнувань підземних трубопроводів наведені на рис. 1-9.



Рис. 1. Корозійно-механічні ушкодження з подальшим руйнуванням підземного водоводу тривалого терміну експлуатації (40 років)

Fig. 1. Corrosion-mechanical damage with subsequent destruction of an underground water pipeline with a long service life (40 years)



Рис. 2. Фрагменти руйнувань різних ділянок водоводу з тривалими термінами експлуатації

Fig. 2. Fragments of the destruction of various sections of the water pipeline with long periods of operation



Рис. 3. Ушкодження ізоляційно-утеплюючого покриття водоводу міського водопостачання (термін експлуатації – 30 років)

Fig. 3. Damage to the insulation-insulating coating of the city water supply pipe (lifetime – 30 years)



Рис. 4. Технічний стан підземного водоводу діаметром 400мм

Fig. 4. Technical condition of the underground water pipeline with a diameter of 400 mm



Рис. 5. Витік води з мікротріщини водоводу діаметром 320 мм з терміном експлуатації 25 років

Fig. 5. Leakage of water from a microcrack of a water pipe with a diameter of 320 mm with a service life of 25 years



Рис. 6. Внутрішній технічний стан підземної каналізації з відводу стічних вод на очисні споруди

Fig. 6. Internal technical condition of the underground sewage system from the discharge of wastewater to treatment facilities



Рис. 7. Зовнішній вигляд підземного трубопроводу з постачання гарячої води споживачам (діаметр 420 мм; термін експлуатації 40 років)

Fig. 7. External view of the clay pipeline for the supply of hot water to consumers (diameter 420 mm; service life 40 years)



Рис. 8. Технічний стан чавунної труби системи водопостачання (термін експлуатації – 50 років)

Fig. 8. Technical condition of the cast iron pipe of the water supply system (lifetime – 50 years)



Рис. 9. Корозійні ушкодження запірної арматури в колекторних колодязях (м.Полтава)

Fig. 9. Corrosion damage of shut-off fittings in collector wells (Poltava)

Інтенсивне зношування водоводів пов'язано з природним фізичним старінням ізоляційного покриття і металу трубопроводу, засобів електрохімічного захисту. Позиція поглиблюється ще тим, що більше 60% трубопроводів знаходиться в небезпечних зонах впливу блукаючих струмів. Дослідження показують [1], що крупні аварії відбуваються через розгерметизацію водоводів з чотирьох основних причин: можливі механічні ушкодження, розриви неякісних зварних стиків, наскрізні корозійні ушкодження металу труби та якості запірної трубої арматури, що і формує структуру основних течій на водоводах. Структура течій на розподільчих трубопроводах, динаміка зміни кількості виливів в регіональних системах водопостачання були досліджені в численних публікаціях [1,2,3].

Дослідження основних причин течій води на підземних водоводах показали, що характер і причини ушкоджень трубопроводів за останні 10 років значно змінились (рис.2). Зокрема найчастіше корозія скорочує термін служби водоводів і створює аварійні ситуації, підвищує експлуатаційні і ремонтні витрати, веде до важких, іноді екологічним наслідкам. Некероване руйнування металевих водоводів загрожує виникненням техногенних аварій і катастроф. Цей тип витоків є панівним за числом витоків на розподільчих водоводах. Основною причиною витоків на водоводах, виявляється їх старіння, корозійне ушкодження. Облік кількості наскрізних ушкоджень по причині стрес-корозії не

проводився. Одним із найнебезпечніших видів руйнування підземних трубопроводів (водоводів) є корозійне розтріскування під напруженням (КРН) металу зовнішньої катодно-захищеної поверхні труб.

Слід звернути увагу, що на інтенсивність відмов мережі водопостачання та водовідведення мають вплив якісні показники води, матеріал і діаметр труб, товщина стінок, герметичність порушення стиків з'єднань, деформація тіла труб, геологія, наявність і агресивність ґрунтових вод, термін експлуатації, глибина закладки трубопроводів, динамічні навантаження на трубопровід, гідравлічний режим тощо. Усі ушкодження, спричиняючи відмови на трубопроводах, обумовлені впливом зовнішніх і внутрішніх факторів, які поділяються на три групи.

Перша група факторів пов'язана з технологією виготовлення труб. Для сталевих труб заводські дефекти є металургійними дефектами. В чавунних трубах основним металургійним дефектом слід вважати раковини в тілі труб, що знижують їх несучу здатність.

Друга група факторів зв'язана з будівництвом трубопроводів. В сталевих трубопроводах це проявляється в переломі труб, ушкодженні зварних поперечних з'єднань. Слід вважати, що при індустріальних методах монтажу трубопроводів, особливо внутрішньо квартальних, повністю усунути вплив другої групи факторів на надійність трубопроводів практично неможливо.

Третя група факторів визначається

умовами функціонування і експлуатації трубопроводів. До цієї груп факторів відносяться матеріал і діаметр трубопроводу, ступінь зношуваності труб і режим його роботи, тиск в мережі, агресивність транспортованої води, удари тощо. До прикладу, за

статистичними даними довговічність трубопроводу на 18% залежить від його матеріалу.

В табл. 1 наведені дані співвідношення основних видів ушкоджень на трубопроводах.

Табл.1. Структура основних видів ушкоджень і руйнувань трубопроводів
Table 1. The structure of the main types of damage and destruction of pipelines

| Види ушкоджень | Матеріал труб | | | | |
|----------------------------------|---------------|-------|---------------|-----------|----|
| | Сталь | Чавун | Азбестоцемент | Пластмаса | ЗБ |
| Порушення стиків з'єднань % | 20 | 65 | 85 | 85 | 65 |
| Утворення свищів % | 55 | 3 | - | 8 | 2 |
| Розрив труб і фасонних деталей % | 5 | 2 | 5 | 7 | - |
| Корозія % | 17 | 5 | - | - | 3 |
| Переломи і руйнування труб % | 3 | 25 | 10 | - | 30 |

З даних табл. 1 видно, що для кожного виду трубопроводів характерні певні ушкодження: для сталевих ТП – це корозія; для чавунних, азбестоцементних і залізобетонних – порушення стиків, переломи, руйнування тіла труб; для пластмасових – порушення стиків і розриви. Такі ушкодження є характерними для усіх систем комунального господарства. При цьому необхідно відзначити, що кількість аварій на мережах щорічно росте [7-9], і це безумовно відображається на загальному стані систем водопостачання і водовідведення. Така ситуація вимагає своєчасного попередження, швидкого виявлення і ліквідації аварій.

Аналіз ліквідованих аварій показує на необхідність системного контролю процесів експлуатації та розробки стратегії планування ремонтних робіт з урахуванням стану мереж, тиску і використання потрібних матеріалів для реконструкції.

Аварії трубопроводів часто обумовлені одночасним впливом корозійних властивостей ґрунту, дією блукаючих струмів, динамічними та статичними навантаженнями від міського транспорту, присадкою ґрунту і низькою якістю монтажу трубопроводів.

Все це визначає необхідність проведення моніторингу стану мереж для виявлення вузьких місць, попередження аварій і скорочення течій в трубах. По Київському регіону близько 70% трубопроводних мереж з водопостачання складають сталеві труби в мережах водовідведення цей показник сягає 25%. Відсутність внутрішнього ізоляційного покриття і визначає їх високу зношувальність і аварійність.

Ускладнює ситуацію велика протяжність і високий відсоток мереж з великим терміном експлуатації, що перевищує нормативні значення. Сьогодні по м. Києву і крупним обласним центрам відбувається від 2 до 30 аварій на кілометр трубопроводів за рік, тоді як в країнах Європи прийнятним показником вважається 0,2...0,3 аварій на кілометр ТП за рік. Така кількість аварій приводить до суттєвих втрат води (до 70%).

В останні роки за рахунок удосконалення зварювально-монтажних робіт і використання прогресивних трубних матеріалів рівень аварій водоводів, наприклад по Києву, досяг показника – 20 аварій на рік. Але цей рівень все ще недостатній, оскільки допускає тривалу відсутність води у значної

кількості споживачів.

Розгерметизація трубопроводів веде до негативного впливу на підземні і поверхневі води, атмосферу, соціальну сферу і людей. Аварії на ділянках каналізаційних мереж приводять до бактеріального і хімічного забруднення верхніх шарів ґрунту. Вважається, що близько 80% захворювань пов'язані з використанням неякісної питної води, в забрудненні якої не останнє місце займають втрати води з каналізаційних трубопроводів.

Відомо [7-9], що каналізаційні мережі прокладалися по території центральної України, в основному, більше 80 років назад, причому майже половина з них перевищила амортизаційний норматив експлуатації.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Основними причинами передчасних руйнувань трубопровідної мережі водопостачання та водовідведення в рамках території України виявляються наступні: заводські (металургійні) дефекти труб, монтажні (як правило, виникають при виконанні монтажних робіт безпосередньо на об'єкті), корозійні ушкодження і руйнування тіла труби і зварного з'єднання, природне та деформаційне старіння металу, зовнішні навантаження та внутрішні надлишкові напруження, відсутність якісного антикорозійного захисту, тривалий (понад нормативний) термін експлуатації трубопроводів, які безпосередньо контактують з корозійно-агресивним середовищем тощо.

Аналіз загального стану систем централізованого водопостачання та централізованого водовідведення за 2021 р. здійснено для 19 областей та м. Київ. На основі проведеного аналізу стану систем централізованого водопостачання та централізованого водовідведення у 2021 р. виявлено, що централізованим водопостачанням охоплено 98,7% міст (відсутнє у 4 містах), 90,3% смт (відсутнє у 46 смт) та 23,5% сільських населених пункти, 67,4% смт та 1,5% сільських населених пунктів.

Для забезпечення розвитку та реконструкції систем централізованого питного водопостачання та централізованого

водовідведення населених пунктів України та забезпечення населення якісною питною водою в достатній кількості Мінрегіоном розроблено Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» [13], яка передбачає реалізацію понад 1747 інфраструктурних проєктів у регіонах протягом 2022-2026 років. Крім того, для розвитку підприємств водопостачання та водовідведення рекомендовано наступне.

1. Створення ефективних систем реагування на надзвичайні ситуації, зокрема логістичного ланцюгу з постачання на об'єкти необхідних зварювально-монтажних ресурсів (матеріали, обладнання, робітничу силу тощо).

2. Залучення інвестицій для модернізації водопровідних і очисних споруд системи центрального водовідведення.

3. Проведення науково-дослідних робіт з метою модернізації інженерних споруд очищення стічних вод.

4. Модернізація трубопровідних конструкцій і очисних споруд із залученням сучасних зварювально-монтажних технологій і матеріалів. Для підвищення надійності водопровідних і каналізаційних мереж найближчим часом необхідно провести паспортизацію і обстеження трубопроводів. Знаючи ступінь зношення стінки труби і термін експлуатації, можна розрахувати номінальний тиск трубопроводу і прийняти рішення про заміну чи його санацію. Використовуючи критерій відмов для «критичних» точок, можна прогнозувати ускладнення в роботі мережі, моделювати для них резервування, оптимізувати їх роботу. На базі водоканалів пропонується обладнати спеціалізовані мобільні лабораторії, які дозволяють проводити діагностику мереж та екстрену очистку трубопроводів і обеззаражування води.

5. Спеціалістами Міністерства розвитку громад та територій України проводилися системні роботи по оцінці технічного стану водопровідних мереж. Підставою для виконання таких робіт служили офіційно надані матеріали Міністерством охорони здоров'я України та Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України. Куратором цієї роботи було Державне підприємство

“Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства” (м. Київ).

ЛІТЕРАТУРА

1. **Макаренко В. Д., Максимов С. Ю., Білик С. І. і ін.** Корозійні руйнування каналізаційних систем України : монографія // Київ: НУБіП України, 2021. 272 с.
2. **Макаренко В. Д., Палий Р. В., Галиченко Е. Н. и др.** Физико-механические основы сероводородного коррозионного разрушения промышленных трубопроводов // Челябинск: Изд-во ЦНТИ, 2002. 412 с.
3. **Петров В. А.** Управление региональными системами водоснабжения // Харьков: Основа. 1999. 320 с.
4. **Росетко В. Е.** Защита трубопроводов от коррозии // Москва: ВНИИМП, 2000. 200 с.
5. **Самойленко М. І.** Функціональна надійність трубопроводів них транспортних систем // Харків: ХНАМП, 2009. 184 с.
6. **Насоніна Н. Г., Антоненко С. Є.** Анализ повреждаемости водопроводных и канализационных сетей // Сучасне промислове та цивільне будівництво, 2019. Том 15. №1. С. 23-34.
7. **Анучкин М. П.** Трубы для магистральных трубопроводов. Москва: Недра, 1996. 229 с.
8. **Насонкина Н. Г.** Интенсификация работ систем водоснабжения // Проблемы экологии, 1999. Вип. 2. С. 11-15.
9. **Найманов А. Я., Насонкина Н. Г.** Основы надежности инженерных систем коммунального хозяйства // Донецьк: НАНУ України, Ін-тут економіки промисловости, 2001. 152 с.
10. **Макаренко В., Білик С., Хомутецька Т., Аргатенко Т., Макаренко Ю., Панченко О.** Підвищення спротиву корозійно-механічному руйнуванню зварних оболонкових ємностей водонапірних башт // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки, 2022. 39. С. 33-43.
11. **Stardisco J. B., Pitts R. E.** Corrosion of Iron in H₂S-CO₂-H₂O System, Mechanism of Sulfide Film Formation an Kinetics of Corrosion // Corrosion. 1965. 21(8). P.245-253.
12. **Макаренко В. Д., Максимов С. Ю., Осадчий В. С. і ін.** Корозійно-механічні руйнування гідротехнічних споруд України. Київ: НУБіП України. 2021. 304 с.
13. **Про Загальнодержавну цільову соціальну програму "Питна вода України" на 2022-2026 роки** [Електронний ресурс] URL: <https://ips.ligazakon.net/document/JI05633A?an=3>

REFERENCES

1. **Makarenko, V. D., Maksymov, S. Yu., Bilyk, S. I., et al. (2021)** *Corrosive destruction of sewage systems of Ukraine: monograph*. Kyiv: NUBiP. [in Ukrainian]
2. **Makarenko, V. D., Paliy, R. V., Galichenko, E. N., et al. (2002)** *Physical and mechanical foundations of hydrogen sulfide corrosion destruction of field pipelines*. Chelyabinsk: TSNTI. [in Russian]
3. **Petrov, V. A. (1999)** *Management of regional water supply systems*. Kharkiv: Osнова. [in Russian]
4. **Rosetko, V. E. (2000)** *Corrosion protection of pipelines*. Moscow: VNIIMP. [in Russian]
5. **Samoilenko, M. I. (2009)** *Functional design of pipelines in them of transport systems*. Kharkiv: KhNAMP. [in Ukrainian]
6. **Nasonkina, N. G., & Antonenko, S. E. (2019)** Damage analysis of water and sewer networks. *Modern industrial and civil construction*, 15(1). 23-34. [in Russian]
7. **Anuchkin, M. P. (1996)** Pipes for main pipelines. Moscow: Nedra. [in Russian]
8. **Nasonkina, N. G. (1999)** Intensification of water supply systems. *Problems of ecology*, 2. 11-15. [in Russian]
9. **Naimanov, A. Ya., & Nasonkina, N. G. (2001)** *Fundamentals of the reliability of engineering systems of communal services*. Donetsk: NASU of Ukraine, Institute of Industrial Economics. [in Russian]
10. **Makarenko, V., Bilyk, S., Khomutetska, T., Arhatenko, T., Makarenko, Yu., & Panchenko, O. (2022)** Increasing corrosion and mechanical resistance destruction of welding cover capacities water towers. *Problems of Water supply, Sewerage and Hydraulics*, 39. 33-43. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2022.39.33-43>
11. **Stardisco, J. B., & Pitts, R. E. (1965)** Corrosion of Iron in H₂S-CO₂-H₂O System, Mechanism of Sulfide Film Formation an Kinetics of Corrosion. *Corrosion*. 21(8). 245-253. <https://doi.org/10.5006/0010-9312-21.8.245>
12. **Makarenko, V. D., Maksymov, S. Yu., Osadchii, V. S., et al. (2021)** *Corrosion-mechanical destruction of hydraulic structures of Ukraine*. Kyiv: NUBiP. [in Ukrainian]
13. **Chernyshov, O. (2022)** The Verkhovna Rada adopted the draft law on the implementation of the "Drinking water of Ukraine" program as a whole. Retrieved from <https://www.minregion.gov.ua/press/news/verhovna-rada-pryjnyala-zakonoprojekt-pro-realizacziyu-programy-pytna-voda-ukrayiny-v-czilomu-oleksij-chernyshov/>

Methods of increasing the corrosion resistance of underground water supply pipelines

*Valery Makarenko, Olena Chepelyuk, Olga Voytovych,
Yuri Mieshkov, Yuliya Makarenko, Sergey Maksimov,
Volodymyr Gots, Volodymyr Savenko, Tetiana Arhatenko*

Abstract. The main causes of premature destruction of the pipeline network of water supply and drainage within the territory of Ukraine are the following: factory (metallurgical) defects of pipes, assembly defects (as a rule, they occur during installation work directly on the object), corrosion damage and destruction of the pipe body and welded connection, natural and deformational aging of metal, external loads and internal excess stresses, lack of high-quality anti-corrosion protection, long (exceeding normative) service life of pipelines that are in direct contact with a corrosive-aggressive environment, etc. Analysis of the general condition of centralized water supply and centralized water drainage systems for 2021. carried out for 19 regions and the city of Kyiv. Based on the analysis, the following conclusions were drawn: centralized water supply covers 98.7% of cities (absent in 4 cities), 90.3% of rural settlements (absent in 46 rural settlements), and 23.5% of rural settlements, 67.4% of rural settlements and 1.5% of rural settlements. To ensure the development and reconstruction of systems of centralized drinking water supply and centralized water drainage in populated areas of Ukraine and to provide the population with quality drinking water in sufficient quantity, the Ministry of Regions has developed the State-wide target program "Drinking water of Ukraine", which provides for the implementation of more than 1,747 infrastructure projects in the regions during 2022-2026 years. In addition, the following measures are recommended for the development of water supply and drainage enterprises: the creation of effective response systems in case of emergency situations, in particular, a logistics chain for the supply of the necessary welding and assembly resources (materials, equipment, labor, etc.); attraction of investments for the modernization of water supply and treatment facilities of the central drainage system; carrying out scientific and research works for the purpose of modernization of engineering facilities for wastewater treatment; modernization of pipeline structures and treatment facilities with the involvement of modern welding and assembly technologies and materials. In addition, in order to increase the reliability of water supply and sewage networks, it is now necessary to carry out certification and inspection of pipelines. Knowing the degree of wear and tear of the pipe wall and the service life, you can calculate the nominal pressure of the pipeline and make a decision about its replacement or rehabilitation. Using the failure criterion for "critical" points, it is possible to predict the complications of network operation, model redundancy for them, and optimize their operation. It is proposed to equip specialized mobile laboratories on the basis of water utilities, which allow network diagnostics and emergency cleaning of pipelines and water disinfection. Specialists of the Ministry of Development of Communities and Territories of Ukraine carried out systematic work on assessing the technical condition of water supply networks. The materials officially provided by the Ministry of Health of Ukraine and the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine served as the basis for such works. The curator of this work was the State Enterprise "Scientific-Research and Design-Technological Institute of Urban Economy" (Kyiv).

Key words: pipeline, resource, water supply, drainage, reliability, forecasting.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2023