

поширення тріщин по розчинових швах до їх проникнення в масив каменю. Мультишкальна методологія, що об'єднує PFM, FEM і DEM, забезпечує цілісний опис конструктивної поведінки та дає змогу простежити трансформацію мікродфектів у макроструктурні руйнування.

Література:

1. Tulin, T., & Heistermann, M. (2013). *Dislocation mechanics in the hierarchical nanostructure of bone tissue*. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 17, 229-240. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2012.10.009
2. *Experimental Investigation of Crack Initiation and Propagation in the Masonry Structure*. (2021). *Hindawi*. DOI: 10.1155/2021/6672037 *arxiv.org*
3. *Crack patterns in masonry structures using phase field method*. (2023). *ResearchGate*. DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.115489
4. *Assessment of Cracking in Masonry Structures Based on the Breakage of Optical Fibers*. (2022). *MDPI*. DOI: 10.3390/app12146885

УДК 628.16:504.064:614.8(477)

**ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ СТІЙКИХ
ВОДОПРОВІДНИХ СИСТЕМ У ПЕРІОД ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ**

Усенко І.С., к.т.н, доц,
Усенко Д.В., PhD, MPhys, доцент,
Ненашева А.С., студентка

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
usenko_phd@ukr.net*

Однією з ключових опор функціонування держави є системи централізованого водопостачання, оскільки від їхньої безперервної роботи залежить санітарна безпека, стабільність медичних і соціальних процесів та базова життєдіяльність населення. У воєнних умовах їхня роль суттєво зростає, а водночас зростає й спектр загроз, що охоплюють як прямі фізичні пошкодження інфраструктури, так і порушення логістичних, енергетичних та управлінських ланцюгів. Це перетворює забезпечення роботи водопровідних мереж на комплексне інженерно-гуманітарне завдання, яке потребує системного планування, гнучких механізмів реагування та чіткого управління ризиками на всіх рівнях — від технічного стану обладнання до комунікації з громадою.

На відміну від мирного часу, у фазі активних бойових дій, множина загроз включає як навмисні удари по об'єктах водопостачання, так і вторинні ефекти — порушення постачання матеріалів і запчастин, ускладнений доступ до місць аварій, дефіцит кваліфікованого персоналу. Оцінювання надійності має виходити за межі внутрішніх технічних характеристик і охоплювати зовнішні, часто неконтрольовані фактори. Мова йде про побудову багаторівневої моделі стійкості, у якій функціональна готовність устаткування, організаційні процедури реагування та резервні сценарії живлення/доставки води взаємно підсилюють одне одного.

Конструктивно системи водопостачання — це ієрархія взаємопов'язаних компонентів: джерела водозабору, станції підйому та очищення, магістральні й розподільчі трубопроводи,

резервуари, напірні споруди й вузли обліку/керування. Відмова одного критичного елемента здатна ініціювати каскадну деградацію сервісу, що проявляється у тривалих перебоях подачі або повній зупинці мережі. Додатковим ускладненням виступає вік мереж: значна частина комунікацій експлуатується понад 30–40 років, що підвищує частоту аварій, збільшує невиробничі втрати води та знижує інженерну «маневровість» під час відновних робіт. У воєнних реаліях ці хронічні слабкості посилюються браком ресурсів і складнощами доступу до пошкоджених ділянок.

Суттєвий внесок у ризиковий профіль формують природні й антропогенні чинники. До перших належать сейсмічні події, повені, посухи та пов'язані з ними коливання дебіту й якості джерел. До других — диверсії, терористичні загрози та кібератаки на автоматизовані системи керування. Показовим є наслідок руйнування водосховища у нижній течії Дніпра 2023 року: великі території Півдня залишилися без централізованого водопостачання, а вміст у водному середовищі токсичних домішок (зокрема сполук свинцю, кадмію, нікелю) створив довготривалі санітарно-екологічні загрози. Такі епізоди демонструють, що надійність мереж — це водночас питання доступності ресурсу та забезпечення його безпечної якості.

Ключова вразливість інфраструктури — сильна залежність від електропостачання. Насосні агрегати, системи дозування реагентів, блоки фільтрації та онлайн-контролери якості потребують стабільного живлення. Перебої електроенергії, типові для зони бойових дій, безпосередньо трансформуються у перебої води. Тому пріоритетним стає розгортання альтернативних схем енергозабезпечення: стаціонарних і мобільних дизельних/газових генераторів, фотоелектричних установок з буферними накопичувачами, а також селективна електрифікація «критичних ниток» мережі для підтримання мінімально необхідного сервісу.

Практичні заходи підвищення надійності мають вибудовуватися як послідовна програма. По-перше, потрібен систематичний технічний моніторинг із застосуванням засобів раннього виявлення аномалій (витоків, падіння тиску, деградації якості води). По-друге, пріоритетизація модернізації «вузьких місць» — застарілих насосних станцій, аварійних ділянок труб, неефективних вузлів обробки води — з урахуванням критичності споживачів і топології мережі. По-третє, підготовка персоналу до дій у стресових умовах: тренування за сценаріями обмеженого доступу, дефіциту матеріалів і фрагментарної координації, включно з відпрацюванням процедур швидкого перемикання на резервні схеми.

Органи влади, гуманітарні структури та міжнародні партнери відіграють визначальну роль у створенні «стійкісного каркаса»: формуванні резервів труб, арматури, насосів і реагентів; розгортанні мобільних ремонтних команд; плануванні альтернативних логістичних маршрутів подачі, зокрема адресній доставці бутильованої води для об'єктів підвищеної критичності — лікарень, пунктів укриття, центрів гуманітарної допомоги. Важливо, щоб такі заходи були закріплені у погоджених міжвідомчих протоколах і перевірялися під час регулярних навчань.

Окремий інструмент формування стійкості — візуально-методичні матеріали, що перекладають інженерні рішення на мову зрозумілих «карт дій». Порівняльні інфографіки, які протиставляють вразливу схему (несанкціоновані врізки, пориви, ремонт «по місцю», відсутність резервів) і модернізовану конфігурацію (автономні джерела енергії, сучасні блоки фільтрації, буферні резервуари й водонапірні вежі, багаторівневе резервування), слугують практичними настановами для муніципалітетів і водоканалів. Їхня цінність — у конденсації експертного досвіду до переліку мінімально необхідних кроків, які підвищують надійність навіть за дефіциту ресурсів.



Рис. 1 - Інфографіка “Стойкі системи водопостачання”: порівняння критично вразливої та модернізованої, автономної водопровідної мережі з рекомендаціями, підготовленими на основі експертного досвіду фахівців галузі водопостачання в рамках програми DOBRE.

Комунікація з населенням є не допоміжним, а структурним елементом стійкості. Наявність надійного каналу інформування про якість води, режими подачі, тимчасові обмеження та правила ощадного споживання знижує соціальну напругу і сприяє керованому попиту. Для цього доцільно використовувати багатоканальні оголошення (офіційні сайти, месенджери, локальне радіо), завчасно підготовлені шаблони повідомлень і прозорі протоколи оновлення даних.

Висновок. Підвищення стійкості систем водопостачання у воєнний час вимагає багаторівневого підходу, що поєднує технічну модернізацію, організаційну готовність і ефективну взаємодію зі спільнотою. Результати аналізу показують, що ключові вразливості інфраструктури формуються на стику фізичного зношення мереж, залежності від електропостачання та зовнішніх ризиків — від кібератак до руйнування джерел води. Зменшення цих ризиків можливе лише за умови запровадження резервних енергосистем, систематичного моніторингу стану мереж, модернізації критичних елементів та підготовки персоналу до роботи в умовах дефіциту ресурсів і порушених логістичних зв’язків.

Література:

1. Хоружий П. Д. *Ресурсозберігаючі технології водопостачання* / П. Д. Хоружий, Т. П. Хомутецька, В. П. Хоружий. К. : Аграрна наука, 2008. 534 с.

2. Новохатній В.Г. *Показники надійності водопровідних металевих труб за даними експлуатації* / В.Г. Новохатній, О.В. Матяш, І.С. Усенко // *Науковий вісник будівництва: Зб. наук.пр. Вип.№2 (80)*. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. С. 254 – 257.

3. Hotłoś H. *Analisa strat wody w systemach wodociagowych* // *Ochrona Srodowiska*. 2003. №1. S. 17 – 24

4. Piechurski F. *Straty wody i sposoby ich obnizania* // *Ochrona Srodowiska*. 2006: №2. S. 20–23.

5. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5–74:2013 [Чинний від 2014–01–01]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України, 2013. 281 с. (Національні стандарти України).

УДК 581.522:635.054:633.88

**АДАПТАЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ЛІКАРСЬКИХ РОСЛИН ПОЛТАВЩИНИ ЗА ЗМІН
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

Федько Р.М., к.б.н., Глушенко Л.А., к.б.н., с.н.с., Шевченко Т.Л. к.с-г.н.,
Дослідна станція лікарських рослин ІАП НААН
yalinka-f@ukr.net

Проблема кліматичних змін в Україні стала однією із найбільш актуальних. За останні 100 років зміни клімату є надійно встановленим емпіричним фактом, за якого зміни абіотичних чинників позначаються на життєздатності рослин, спричиняють стрес рослин, сприяють поширенню шкідників і хвороб, призводить до зміни ареалів багатьох видів рослин, ставлять під загрозу біорізноманіття та продовольчу безпеку країни.

Полтавщина є багатим регіоном, щодо різноманіття дикорослих і культивованих лікарських рослин та залишається важливим центром наукових досліджень їхнього адаптаційного потенціалу, вдосконалення методів селекції та промислового вирощування.

Адаптаційний потенціал лікарських рослин в сучасних умовах це не лише як здатність інтродукованих видів адаптуватися до нових умов зростання, а й зміни аборигенних видів під впливом мінливих абіотичних чинників. У переважній більшості лікарських рослин ріст і розвиток залежить від лімітуючих чинників, серед яких визначальними є температура повітря і ґрунту та режим зволоження. Вологість має більше можливостей для штучного регулювання порівняно з температурою повітря та іншими важливими чинниками.

Кожен вид в процесі еволюції виробив певну будову та зайняв екологічну нішу. Нові умови, особливо їх стрімкі зміни, вимагають прискорених адаптацій рослин, що проявляються як змін циклів розвитку, біоритмів, анатомо-морфологічних та фізіологічних особливостей, способів розмноження тощо.

Для запобігання дії низьких температур у рослин формуються пристосувальні фізіолого-біохімічні зміни, які сприяють підвищенню морозостійкості, зимовій посухостійкості і стійкості до різкого коливання температури. Ці зміни виявляються у накопиченні запасних речовин, зниженні інтенсивності дихання та оптимумів ферментативних процесів. Пристосувальні реакції значною мірою обумовлені наявністю в рослинному організмі адаптаційних реакції певної амплітуди, що необхідна для виживання.

За змін навколишнього природного середовища, прояв адаптації у різних видів і навіть популяцій одного і того самого виду може бути різним. Існують популяції з вузькою і широкою екологічною амплітудою, що уможлиблює їх зростання в доволі мінливих умовах навколишнього природного середовища. Стійкість рослин до несприятливих чинників забезпечується переважно двома різними за природою механізмами. Перший – виживання внаслідок гальмування всіх життєвих процесів, другий – посилення процесів життєдіяльності завдяки подоланню шкідливих чинників. Перший вид стійкості спрямовується на періодично діючі умови, які можливо перचेкати в неактивному стані, другий – на випадкові чи дифузно діючі чинники, перचेкати які