



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ



# ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Збірник тез доповідей  
II Міжнародної науково-практичної конференції*

*15 квітня 2026 року*

## CIVIL PROTECTION IN TIMES OF WAR

*The proceedings of the Second International Scientific and Practical  
Conference*

*15 April 2026*

## ЛІТЕРАТУРА

1. Громадянська освіта та волонтерство в умовах воєнного стану : метод. посіб. / за ред. Н. І. Савченко. Київ : Генеза, 2023. 120 с.
2. Молодіжний волонтерський рух: посібник для керівників гуртків та ліцеїстів / ДСНС України. URL: [dsns.gov.ua](https://dsns.gov.ua)
3. Белова Т. В. Соціальна активність молоді як чинник безпеки держави. Науковий часопис безпекових студій. 2024. № 2. С. 54–61.

УДК 614.841

### СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОДНИХ ВОГНЕГАСНИХ РОЗЧИНІВ ШЛЯХОМ КОМБІНОВАНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЗМОЧУВАЧІВ ТА ІНГІБІТОРІВ ГОРІННЯ

*Володимир-Петро ПАРХОМЕНКО к.т.н., доцент, Борис МИХАЛІЧКО д.х.н., професор,  
Олена ЛАВРЕНЮК д.т.н., професор  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Актуальність теми зумовлена швидким технологічним прогресом, який супроводжується появою нових матеріалів і технологій з підвищеною пожежною небезпекою. Серед них – літій-іонні елементи живлення (ЛІЕЖ), біопаливо, сучасні полімери, композити та вибухонебезпечні пилоповітряні суміші. Традиційна вогнегасна речовина вода, незважаючи на високу теплоємність ( $4,19 \cdot 10^3$  Дж/кг·К) і теплоту пароутворення (2260 Дж/кг), має суттєві недоліки: високий поверхневий натяг (близько 72 мН/м), низьку змочувальну здатність, швидко стікає з вертикальних і пористих поверхонь та інтенсивно випаровується. Це призводить до значних витрат вогнегасної речовини, подовжує час ліквідації пожежі та підвищує ризик її повторного виникнення, особливо під час гасіння пожеж, пов'язаних з електромобілями або енергоощадними системами. Тому питання створення нових вогнегасних розчинів на водній основі постає як одна з ключових науково-технічних проблем, що потребує комплексного і оперативного вирішення.

Аналіз сучасних наукових розробок та досліджень свідчить, що основними методами модифікації водних вогнегасних розчинів (ВВР) є використання різноманітних добавок, що підвищують їх ефективність. Одним із перспективних методів модифікації ВВР є застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) як змочувачів. Додавання аніонних, неіоногенних, амфотерних та цвіттер-іонних ПАР у концентраціях 0,1-5 % дає змогу суттєво знизити поверхневий натяг води до 15-25 мН/м. Завдяки цьому ВВР краще проникатиме в пори горючих матеріалів, зменшиться її випаровування та інтенсифікується тепловідведення. Результати експериментальних досліджень свідчать, що при використанні таких модифікованих розчинів час гасіння пожеж класів А і В скорочується на 20-50 %, а витрата води зменшується майже в три рази порівняно з чистою водою. При цьому мінімальна витрата ВВР для гасіння вуглеводневого полум'я становить 0,034 л/м<sup>2</sup> при інтенсивності подачі 0,057 л/м<sup>2</sup>·с, що значно нижче, ніж для звичайної води (0,883 л/м<sup>2</sup>). Особливо ефективними такі розчини є при гасінні лісових пожеж, торфу, текстилю та матеріалів з розвиненою поверхнею, де вода переважно стікає, не проникаючи вглибину осередку горіння.

Серед ефективних напрямів покращення властивостей ВВР варто відзначити також використання хімічних інгібіторів горіння. Зокрема, додавання до складу ВВР таких добавок, як калій хлорид (KCl 3-5 %), натрій хлорид (NaCl 5-10 %), амоній фосфати ((NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 5-10 %), натрій та калій бікарбонати (NaHCO<sub>3</sub>, KHCO<sub>3</sub> 5-35 %), полігексаметиленгуанідин (ПГМГ 5 %) та наночастинки силіцій(IV) оксид (SiO<sub>2</sub> 2-5 %) і алюміній оксид (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2-5 %) зумовлює комплексну дію на процес гасіння. Вона полягає в охолодженні зони горіння, розбавленні кисню негорючими газами (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O), хімічному

гальмуванні ланцюгових реакцій шляхом дезактивації вільних радикалів Н<sup>•</sup> і <sup>•</sup>ОН, а також утворенні ізолюючої плівки на поверхні горючого матеріалу.

Результати вогневих випробувань ВВР з КСІ (3-5 %) у поєднанні з гліцерином при гасінні низових лісових пожеж скорочує час гасіння на 30-40 %. ВВР в поєднанні з NaCl (5-10 %) є ефективною при гасінні дизельного біопалива та ЛПЕЖ, а у комбінації з 0,5 % ПАР час полум'яного горіння ЛПЕЖ зменшується на 40-50 %, температура – на 50-60 %, а швидкість тепловиділення – на 35-45 %. Застосування ВВР з амоній фосфатами (5-10 %) при гасінні лісових пожеж на площі 10 м<sup>2</sup> призводить до скорочення часу гасіння з 20-30 хв до 8-12 хв (на 50-60 %), зменшення температури на 40-50 % і витрати на 30-40 %, запобігаючи повторному займанню протягом щонайменше 10 хв. Використання бікарбонатів (5-35 %) зумовлює зниження тиску вибуху пилоповітряних сумішей на 30-35 %, швидкості поширення полум'я – на 35-45 %, а при гасінні ЛПЕЖ зменшення температури на 25-35 % і витрати на 20-30 %. Наночастинки SiO<sub>2</sub> та Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2-5 %), які дисперговані ультразвуком протягом 20-60 хв, поглинають тепло, створюють термічний бар'єр і каталізують утворення негорючих газів, скорочуючи час гасіння метану на 25-35 % і запобігаючи повторному займанню впродовж 5-10 хв.

Проте найбільш доцільним є комбіноване застосування декількох добавок, що забезпечує виражений синергічний ефект, коли фізичне покращення контакту розчину з поверхнею горючого матеріалу (завдяки зниженому поверхневому натягу ВВР) поєднується з хімічним пригніченням процесу горіння. Завдяки такій комплексній дії такі ВВР демонструють універсальність і ефективність при гасінні пожеж різних класів, включаючи складні випадки горіння літій-іонних акумуляторів, лісових масивів, торф'яників та вибухонебезпечних матеріалів. Вони характеризуються зниженою токсичністю порівняно з традиційними вогнегасними засобами, економічністю (зменшення витрат на 10-50 %) та мінімальним негативним впливом на довкілля, що особливо важливо для екосистем.

Отримані результати підкреслюють важливість проведення подальших досліджень у цьому напрямі. В цьому аспекті завданнями є оптимізація кількісних співвідношень компонентів у комбінованих ВВР, розроблення ефективних технологій їх приготування (ультразвукова обробка, високошвидкісне змішування зі швидкістю 10 000 об/хв протягом 30-60 с, нанодиспергування), вивчення стабільності розчинів при тривалому зберіганні та проведення вогневих випробувань у реальних умовах пожежогасіння з урахуванням різних типів горючих матеріалів та масштабів пожеж. Впровадження таких модифікованих ВВР дасть змогу суттєво підвищити ефективність роботи особового складу пожежно-рятувальних підрозділів, зменшити матеріальні збитки від пожеж, знизити ризики для особового складу та підвищити рівень екологічної безпеки.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Пархоменко В.-П.О., Михалічко Б.М., Пархоменко Р.В. Сучасний стан використання у пожежогасінні та способи підвищення ефективності водних вогнегасних розчинів за допомогою змочувачів. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2025. № 1 (19). С. 80-87. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.1\(19\).79-88](https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.1(19).79-88)
2. Пархоменко В.-П.О., Михалічко Б.М., Лавренюк О.І., Пархоменко Р.В., Кравець І.П. Інноваційні розробки та сучасні методи підвищення ефективності водних вогнегасних розчинів за допомогою інгібіторів. Пожежна безпека: зб. наук. пр. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. № 46. С. 97-105. <https://doi.org/10.32447/20786662.46.2025.10>
3. Карвацька М.Я., Пастухов П.В., Петровський В.Л., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. Вогнегасні випробування концентрованого водного розчину ферум(III) сульфату. Пожежна безпека: зб. наук. праць, 2022. №40. С. 55-60. <https://doi.org/10.32447/20786662.40.2022.06>
4. Mykhalichko V., Lavrenyuk H., Mykhalichko O. New water-based fire extinguishant: Elaboration, bench-scale tests, and flame extinguishment efficiency determination by cupric chloride

5. Карвацька М.Я., Лавренюк О.І., Михалічко Б.М. Сучасний стан і напрями вдосконалення водних вогнегасних речовин. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2023. № 1 (15) С. 92-100. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1\(15\).92-100](https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1(15).92-100)

УДК 624.131.1:519.6:614.8

## СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ФЛІШОВИХ МАСИВІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

*Ігор КОРДІЯКА, Василь КАРАБИН д.т.н., професор, Оксана КАРАБИН к.ф.-м.н., доцент  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У ситуації постійних загроз функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури сектору «Транспорт» особливого значення набуває забезпечення стійкості субвертикальних відслонень гірських масивів на території Складчастих Карпат. Для попередження надзвичайних ситуацій на транспорті внаслідок обвалів схилів гірських порід вкрай необхідними є надійні математичні моделі стійкості таких масивів. У межах Складчастих Карпат домінують породи флішової формації, які мають трьохкомпонентну структуру, що суттєво ускладнює математичне моделювання їх стійкості [1-2].

У контексті цивільного захисту та управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій чисельне моделювання стійкості флішових масивів виходить за межі класичної геотехніки. Основним завданням стає не лише розрахунок коефіцієнта запасу стійкості, а комплексна оцінка мультиризиків, де загальний ризик (R) визначається як добуток небезпеки (H), вразливості (V) та експозиції (E) об'єктів інфраструктури [3]:

$$R = H \times V \times E.$$

Через схильність флішових масивів до швидкої деградації, утворення колювію та розвитку масштабних зсувів під впливом екстремальних погодних умов сучасні підходи вимагають інтеграції ймовірнісного моделювання, гідромеханічної взаємодії та систем штучного інтелекту [4].

*Ймовірнісне моделювання та вплив гідрокліматичних факторів.* Флішові та похідні від них колювіальні схили є вкрай чутливими до змін вологості. Руйнування таких масивів (у вигляді ґрунтових зсувів або селевих потоків) найчастіше провокується інтенсивними опадами, які спричиняють зниження матричного всмоктування у ненасиченій зоні та підвищення порового тиску в насиченій зоні. Для моделювання цих процесів застосовується метод скінченних елементів у поєднанні з аналізом несталої фільтрації, що дозволяє відстежувати міграцію фронту зволоження та глобальну втрату рівноваги масиву [5].

Оскільки цикли зволоження-висушування експоненціально знижують міцність і деформаційний модуль флішу (особливо у перші 10 циклів), детерміновані розрахунки замінюються ймовірнісними підходами. Використовуючи метод Монте-Карло, інженери генерують тисячі випадкових наборів вхідних параметрів (міцності, тріщинуватості) на основі їх статистичного розподілу, що дозволяє визначити не лише статичний коефіцієнт запасу стійкості, а ймовірність руйнування схилу або перевищення критичних деформацій під житловою забудовою [6].

*Моделювання динаміки руйнування.* Для задач цивільного захисту критично важливо знати не лише, чи відбудеться руйнування флішового масиву, але й куди змістяться продукти його руйнування та з якою кінетичною енергією. Для прогнозування небезпеки від потенційно нестабільних скельних блоків широко використовуються 3D симуляції (наприклад, у програмних комплексах типу Rocfall або Rockyfor3D), які дозволяють розрахувати радіус