**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**Збірник наукових праць
ІІ МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

БІОЛОГІЧНІ, ХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Львів 2026

Біологічні, хімічні та екологічні загрози в умовах війни: Зб. наук. праць ІІ Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: ЛДУБЖД, 2026. – 459 с.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Дмитро БОНДАР	д.ю.н., доцент, Заслужений працівник цивільного захисту України, генерал-майор служби цивільного захисту, ректор Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Василь ПОПОВИЧ	д.т.н., професор, проректор з наукової роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Вікторія СЕРГІЄНКО	д.м.н., професор, проректор з наукової роботи ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»;
Наталія ІВАНЧЕНКО	генеральний директор ДУ "Львівський обласний центр контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України";
Ярослав ІЛЬЧИШИН	к.пед.н., начальник науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Юрій КОПИСТИНСЬКИЙ	к.т.н., начальник докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Катерина СТЕПОВА	к.т.н., доцент, старший науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Ярослав КИРИЛІВ	к.т.н., ст.н.с., провідний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Ірина ФЕДІВ	доктор філософії (PhD), головний науковий співробітник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Тетяна СКИБА	доктор філософії (PhD), науковий співробітник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Олександра ЖОРІНА	фахівець відділу міжнародного співробітництва Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;
Дмитро ЛОБОДА	ад'юнкт денної форми навчання докторантури-ад'юнктури Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Збірник базується на наукових матеріалах ІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Біологічні, хімічні та екологічні загрози в умовах війни».

Матеріали, представлені у збірнику, відображають власну наукову позицію авторів. Автори несуть повну відповідальність за достовірність фактів, цитат, економічних і статистичних даних, наукової термінології, власних назв та наведених посилань.

УДК 614.8-06

ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ХЛОРУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ

О. В. Кулаков, *кандидат технічних наук, доцент,*
Національний університет цивільного захисту України

На території України розташовано понад 1800 хімічно-небезпечних об’єктів (ХНО), на яких обертаються небезпечні хімічні речовини (НХР) [1]. У зонах можливого хімічного зараження від НХР ХНО мешкає близько 42% населення країни. Україна є найбільш критичним регіоном Європи з хімічно-небезпечного навантаження, що майже у 5 разів перевищує середньоєвропейський рівень.

Досить широке застосування у промисловості та у побуті знайшов важкий небезпечний газ хлор. На ХНО в Україні зберігається понад 3 тис. т хлору [2]. Хлор є сировиною для виробництва полівінілхлориду, пластмас, з яких виготовляють ізоляцію для кабельних виробів, віконний профіль, пакувальні та будівельні матеріали тощо. Використовується при виробництві інсектицидів (зокрема, гексахлорану) для боротьби зі шкідниками у сільському господарстві. Хлорування є найбільш розповсюдженим способом промислового знезаражування питної води (ґрунтується на спроможності хлору пригнічувати ферментні системи мікроорганізмів). Наприклад, у Черкаській області ХНО розташовані у місті Черкаси та в 18 містах та районах області [3]. У Черкаській області зберігається біля 45 т хлору.

Широке застосування хлору обумовлює відносно часте виникнення надзвичайних ситуацій, що супроводжуються його викидом.

24 лютого 2022 року розпочався відкритий воєнний напад російської федерації на Україну. Протягом березня-травня 2022

р. здійснювалися неодноразові обстріли території ПрАТ «Сєвєродонецьке об'єднання Азот», на якому хлор використовувався для технічних потреб [4]. Снаряди неодноразово влучали у виробничі цеха та об'єкти зберігання хімікатів. Через влучання ставалися аварії та витоки НХР. Ситуація ускладнювалася тим, що навесні 2022 року в укриттях підприємства переховувалися сотні місцевих жителів. Завод був одним із головних осередків оборони міста.

У кожному регіоні України є комплекси водопостачання та водовідведення, на яких обертається хлор. Існує високий рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із аваріями з викидом хлору. 19 листопаду 2025 у м. Тернопіль відбувся виток хлору внаслідок удару російського дрону по інфраструктурі та житловому сектору [5]. Вміст хлору у повітрі масиву «Сонячний» перевищив ГДК у 6 разів.

Хлор з воєнної точки зору є бойовою отрутною речовиною й використовується при виробництві бойових отрутних речовин, зокрема, іприту та фосгену. Станом на січень 2026 року від початку відкритого воєнного нападу російська армія застосовувала НХР на полі бою **понад 13 000 разів [6]**. Ворог використовує газові гранати К-51 та РГ-ВО, а також саморобні пристрої, споряджені НХР CS (ірітант), CN (хлорацетофон, «черемуха») та хлорпікрином (задушливий газ, який вперше застосували під час Першої світової війни). Зокрема, їх скидають з дронів, щоб змусити українських військових покинути укриття. Вказані НХР призначені для того, щоб зробити людину тимчасово недієздатною, але, за певних обставин, можуть завдати серйозної шкоди здоров'ю.

Основним способом нейтралізації хлору при ліквідації надзвичайної ситуації є осадження його газової хмари чистою водою, що дозволяє відносно швидко та дешево знизити у хмарі концентрацію хлору до безпечної. Недоліком застосування дрібнодисперсного потоку чистої води для нецтралізації

хімічно небезпечних газів є низька ефективність нейтралізації, особливо для хлору – газу, що є важким відносно повітря.

Підвищити ефективність нейтралізації хлору можна застосуванням хімічно активних речовин (нейтралізаторів), що додаються до дрібнодисперсного потоку води під час ліквідації надзвичайної ситуації. До води можуть додаватися хімічно-активні речовини – сполуки лужних металів натрію, калію та кальцію, а також хлорид заліза та перекис водню [7]. З точки зору забезпечення екологічної безпеки та досягнення необхідної ефективності для практичного використання слід рекомендувати використання хімічних нейтралізаторів хлору гідроксид натрію $NaOH$ та гідроксид кальцію $Ca(OH)_2$.

На рис. 1 приведена розрахована залежність швидкості V_{sorb} нейтралізації газоподібного хлору від інтенсивності I_w подачі водного розчину гідроксиду натрію $NaOH$ та його концентрації C_{NaOH} у воді. Дисперсність потоку водного розчину складає 1 мкм.

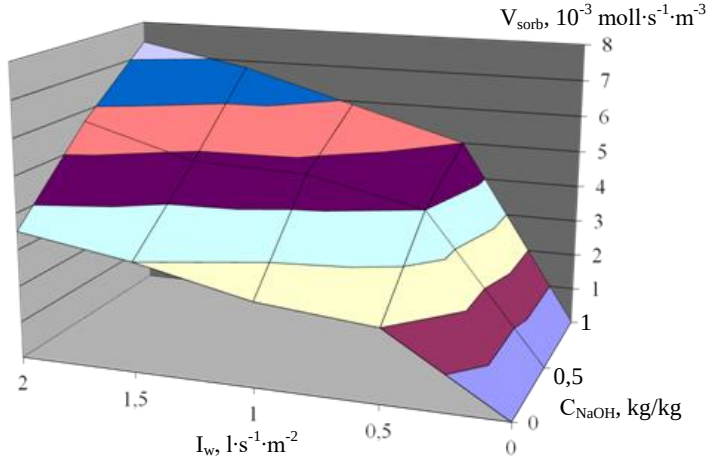


Рисунок 1 – Залежність швидкості V_{sorb} нейтралізації газоподібного хлору від інтенсивності I_w подачі водного розчину гідроксиду натрію та його концентрації C_{NaOH} у воді

З рис. 1 видно, що для нейтралізації газоподібного хлору оптимальною є інтенсивність $1{,}5 \div 1{,}7$ л/(с·м^2) подачі дрібнодисперсного потоку води з нейтралізатором гідроксид натрію NaOH.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лур'є К. І. Деякі питання техногенної безпеки. Актуальні проблеми сучасної медицини. *Вісник Вищого державного навчального закладу України «Українська медична стоматологічна академія»*. 2016. Т. 16. № 4 (56). С. 194-196.

2. Кустов М. В., Кірєєв О. О., Мельниченко А. С., Лєщова В. А. Аналіз стану небезпеки на об'єктах зберігання хлору. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2020. Вип. 31. С. 198–210.

3. Правила безпеки з хлором. Навчально-методичний центр цивільного захисту та безпеки життєдіяльності Черкаської області. URL: https://nmc.dsns.gov.ua/upload/3/4/8/8/9/xlor.pdf (дата звернення 20.05.2026).

4. Ворог знову обстріляв хімзавод «Азот», п’ятеро загиблих. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3491003-vorog-znovu-obstrilav-himzavod-azot-u-severodonecku-patero-zagiblih.html (дата звернення: 20.05.2026).

5. У Тернополі після ранкової російської атаки 19 листопада вміст хлору в повітрі перевищує норму в 6 разів. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/4060301-u-ternopoli-vmist-hloru-v-povitri-perevisue-normu-v-sist-raziv.html (дата звернення: 20.05.2026).

6. Армія рф з початку повномасштабної війни здійснила понад 13 тисяч хімічних атак проти Сил оборони. URL: https://rubryka.com/2026/04/05/zdijsnyla-ponad-13-tysyach-himichnyh-atak/ (дата звернення 20.05.2026).

7. Лесько А. С., Кулаков О. В., Катунін А. М., Маладика І. Г. Кінетика хімічної нейтралізації хлору дрібнодисперсним потоком води з нейтралізатором. *Проблеми надзвичайних ситуацій.* 2025. № 1 (41). С. 88-99.