

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**Збірник наукових праць
II 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 II 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

Ярослав КИРИЛІВ

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності; к.т.н., ст.н.с., провідний науковий співробітник відділу організації

Ірина ФЕДІВ

науково-дослідної діяльності науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

Тетяна СКИБА

доктор філософії (PhD), головний науковий співробітник відділу науково-редакційної діяльності науково-дослідного центру

Олександра ЖОРНА

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності; доктор філософії (PhD), науковий співробітник відділу науково-

Дмитро ЛОБОДА

редакційної діяльності науково-дослідного центру Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

фахівець відділу міжнародного співробітництва Львівського державного університету безпеки життєдіяльності;

ад'юнкт денної форми навчання докторантури-ад'юнктури

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності.

Збірник базується на наукових матеріалах II 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.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. НОВІ БІОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ ТА БІОТЕРОРИЗМ

I. O. Sadovnychenko

SARS-COV-2 IS A TICKING GENOME TIME BOMB
AND MEDICINE READINESS TO A NEW
BIOLOGICAL THREAT..... 20

A. Стибель

УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ БІОБЕЗПЕКИ ТА
БІОЗАХИСТУ В ЛАБОРАТОРІЯХ
ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБИ ПРИ РОБОТІ З
ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНИМИ БІОЛОГІЧНИМИ
АГЕНТАМИ..... 22

A. B. Карпуть, В. Л. Богаєнко

ТРАНСФОРМАЦІЯ ХІМІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ
ЗАГРОЗ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ..... 24

В. І. Задорожна, В. Р. Шагінян

ЕМЕРДЖЕНТНІ ТА РЕМЕРДЖЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ –
БІОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ СУЧАСНОГО СВІТУ..... 33

В. В. Черневич

БІОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПОШИРЕННЯ ІНФЕКЦІЙНИХ
ЗАХВОРЮВАНЬ В УМОВАХ ВІЙНИ..... 37

О. І. Мацюра, Л. В. Беш, З. Л. Слюзар, В. В. Грузинська

ОПИС КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ АРТРИТУ,
АСОЦІЙОВАНОГО З ЛАЙМ-БОРЕЛІОЗОМ
У ДИТИНИ..... 41

З. Х'юз, Г. І. Граділь ІНФЕКЦІЙНИЙ ЕНДОКАРДИТ: РОЛЬ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ФЛОРИ.....	45

Н. Гірна ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ: ІСТОРИЧНІ ПАРАЛЕЛІ ТА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ.....	49

С. Б. Дорогань, Н. Г. Мікрюкова, І. В. Костецький ПАРЕНТЕРАЛЬНІ ВІРУСНІ ГЕПАТИТИ ЯК ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ В ПРАКТИЦІ МЕДИЧНОГО ПРАЦІВНИКА.....	53

Т. С. Зазуляк, О. І. Климович, Л. П. Шевчук ВПЛИВ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ НА ПІГІСНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПИТНОЇ ВОДИ.....	57

У. А. Дівончук, Л. М. Архипова РЕЕМЕРДЖЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ В УКРАЇНІ ЯК СУЧАСНА БІОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА.....	61

СЕКЦІЯ 2. ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІОЛОГІЧНИМИ, ХІМІЧНИМИ ТА ЕКОЛОГІЧНИМИ ЗАГРОЗАМИ

D. S. Fedorenko, B. V. Mysnyk AUTONOMOUS MONITORING AND RESPONSE SYSTEM FOR CHEMICAL AND FIRE THREATS IN RESIDENTIAL PREMISES.....	65

V. O. Iurchenko, O. H. Melnikova,; I. A. Avdiienko INCREASED HYDROGEN SULFIDE EMISSIONS FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS DURING FILAMENTOUS BULKING OF ACTIVATED SLUDGE.....	69
A. Г. Кенгерлі, В. П. Романюк СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ: МУЛЬТИМОДАЛЬНИЙ ДОСВІД ЯПОНІЇ.....	73
A. O. Соколов, М. В. Кустов КОМБІНОВАНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ РАДІАЦІЙНИХ ВОД ПІСЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	77
A. М. Тимчишин, К. В. Тимчишин ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ БІОБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ.....	81
A. А. Гуріненко, І. І. Іщенко ДЕРЕВИНА У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ: ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНОЛОГІЙ, РЕСУРСІВ ТА ЕКОЛОГІЇ.....	87
В. В. Дочинець, Т. І. Шуплат ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ФІТОНЦИДНОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ, ЯК БІОБЕЗПЕКОВОГО АСПЕКТУ ПОКРАЩЕННЯ САНІТАРНОГО СТАНУ.....	91
В. В. Дочинець ОЦІНКА ЖИТТЄВОСТІ ТРАВ'ЯНИСТИХ ВИДІВ ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛІВ	95

<i>В. П. Оліферчук, В. А. Ковальова, К. А. Король</i> БЮРЕГУЛЯЦІЯ МЕТАГЕНОМУ ДЕГРАДОВАНИХ ГРУНТІВ ЯК МЕХАНІЗМ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ.....	101
<i>Д. А. Бондаренко, Т. С. Дорошенко, С. О. Дементєв, Ю. А. Максименко</i> МЕДИКО-СОЦІАЛЬНІ РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ НАПРАВЛЕННЯ НА ФРОНТ ВІЛ-ІНФІКОВАНИХ ОСІБ.....	108
<i>К. Луцак, Т. Вагилевич, П. Босак</i> ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТІВ.....	112
<i>М. М. Світельський, В. Ю. Мамченко, М. В. Слюсар, Г. М. Халімончук</i> ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОСЕТРОВИХ РИБ У ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	115
<i>Н. Штангрет, В. Ковальчук</i> МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВІДБОРУ ПРОБ ВОДИ ТА ГРУНТУ В ЗОНАХ СТІЙКОГО БІОЛОГІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	119
<i>Н. І. Магась</i> ОЦІНКА ПОЖЕЖНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ FIRMS VIIRS ТА SENTINEL-2.....	123

О. Р. Іванець, О. Р. Макар

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ У ФІЗИЧНИЙ
РЕАБІЛІТАЦІЇ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ
ГІДРОЕКОЛОГІЧНИМИ ЗАГРОЗАМИ ПІД ЧАС
ВІЙНИ В УКРАЇНІ..... 128

О. О. Кирик

ДОЛІКАРСЬКА ДОПОМОГА ПРИ БІОЛОГІЧНИХ,
ХІМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ
ЗАГРОЗАХ ВІЙНИ..... 133

О. О. Жоріна, К. В. Степова

СОРЕБЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВУГЛЕЦЕВИХ
МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ
КАВОВОЇ ГУЩІ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ
ЗАБРУДНЮВАЧІВ ІЗ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ..... 135

О. Кутняшенко

ГАЗИФІКАЦІЯ ТПВ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ
ВІДХОДАМИ УКРАЇНИ..... 139

М. Гуліч, О. Петренко

ЗАСТОСУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИХ
ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я
НАСЕЛЕННЯ, ЗУМОВЛЕНОЇ ЗАБРУДНЕННЯМ
ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ УНАСЛІДОК ВІЙНИ..... 144

О. Р. Садова

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ТА ПРОФІЛАКТИКИ
ВАКЦИНОКЕРОВАНИХ ІНФЕКЦІЙНИХ
ЗАХВОРЮВАНЬ У ДІТЕЙ В УМОВАХ ВІЙНИ..... 148

О. І. Торський, О. М. Мандрик

АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕСТРУКЦІЇ
ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ ДОНЕЦЬКОЇ
ОБЛАСТІ У СТРАТЕГІЇ ПІСЛЯВОЄННОГО
ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ..... 153

П. Д. Біленчук, О. О. Кравчук

СУСПІЛЬНИЙ ІДЕАЛ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ
ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ ЛЮДИНИ І
СУСПІЛЬСТВА..... 157

Р. В. Коржинський

ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ АДАПТАЦІЇ УКРАЇНСЬКОГО
ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА
ДО ВИМОГ ЄС..... 161

С. А. Кметь, М. Г. Кузнєцов

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ У ПУНКТАХ
ПРОПУСКУ ЧЕРЕЗ ДЕРЖАВНИЙ КОРДОН..... 170

Т. В. Бойко, О. Ю. Кім, В. В. Попович

МІКРОМІЩЕТИ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ШАХТ
БУРОГО ВУГІЛЛЯ ЯК СКЛАДОВА ПОНЕРНОЇ
СУКЦЕСІЇ ТА БІОБЕЗПЕКИ..... 174

Т. В. Гембара

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМІЧНОЇ
ІНАКТИВАЦІЇ МІКРОФЛОРИ ЯК ІНЖЕНЕРНИЙ
ІНСТРУМЕНТ ПРОТИДІЇ БІОЛОГІЧНИМ ЗАГРОЗАМ
В СИСТЕМІ НАССР..... 178

<i>О. О. Гаврюшенко, Ю. І. Ткаліч, О. О. Мицик, С. М. Шевченко, О. Ю. Кушаков</i>	
ГЕОХІМІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ КРАТЕРНИХ КОМПЛЕКСІВ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я ЗА МІЛІТАРНОГО ВПЛИВУ	184

СЕКЦІЯ 3. ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗМІНА КЛІМАТУ

<i>A. Bouynk, A. Mažeikienė</i>	
STUDIES TO DETERMINE THE OPTIMAL COAGULANT DOSAGE FOR THE PRECIPITATION OF LANDFILL LEACHATE POLLUTANT.....	188

<i>A. V. Sybirny, A. A. Sybirny</i>	
HYGIENIC AND ENVIRONMENTAL RISKS OF RECREATIONAL TOURISM DEVELOPMENT IN MARTIAL ARTS.....	192

<i>Н. С. Tkachuk</i>	
ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF RESIDENTIAL CHIMNEY SOOT VIA X-RAY FLUORESCENCE (XRF)	196

<i>U. V. Konyk, L. P. Kozak</i>	
EVALUATION OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF AN ORGANISM UNDER IONIZING RADIATION AND CHRONIC FLUORIDE INTOXICATION.....	200

<i>А. В. Гордієнко</i>	
ФІЗИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС.....	204

<i>А. І. Юрченко, О. А. Юрченко</i> ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТІВ УКРАЇНИ.....	207
<i>А. В. Самар</i> МІЛІТАРНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ЯК ЧИННИК ДООВГОСТРОКОВИХ ЗМІН ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ.....	211
<i>А. В. Мальованчук, Н. М. Москальчук</i> ВПЛИВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ЗАБУДОВИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В УРБОЕКОСИСТЕМАХ ПРИКАРПАТТЯ.....	215
<i>В. В. Дочинець, Т. І. Шуплат</i> ОЦІНКА САНІТАРНОГО СТАНУ ТА АТРАКТИВНОСТІ ДЕРЕВНО-ЧАГАРНИКОВОГО ПОКРИВУ ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ НИЗОВИНИ.....	219
<i>В. М. Лакіш, І. С. Федів, К. В. Степова</i> ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС.....	225
<i>В. В. Шеремета, Л. М. Архипова</i> ВПЛИВ ВІЙНИ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЗАПОВІДНІ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ.....	230
<i>В. В. Черневич</i> КЛІМАТИЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ: ЛОКАЛЬНИЙ ТА ГЛОБАЛЬНИЙ АСПЕКТИ.....	233
<i>В. Т. Лаврінець, А. А. Тарабенко</i> БІОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА І ЇХ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ.....	236

В. В. Коваль

ПОЖЕЖІ НА ПОЛЯХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЯК
ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ..... 240

В. А. Салига, Л. Б. Архипова

ЗРОСТАННЯ ЧАСТОТИ МАЛОСНІЖНИХ ЗИМ У
ВЕРХІВ'Ї ДНІСТРА ЯК ІНДИКАТОР
КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН..... 244

Д. Є. Ковтун

РОЗРОБЛЕННЯ МАГНІТО-МОДИФІКОВАНОЇ
ІОНООБМІННОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ
ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ..... 248

І. В. Бабік

ЕКОЛОГІЧНІ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ
ВОЄННИХ ДІЙ ЯК ТРИГЕРИ ПОРУШЕНЬ СИСТЕМИ
КРОВОТВОРЕННЯ У ДІТЕЙ:
ОГЛЯД ПРЕДИКАТИВ..... 252

І. М. Кочмар, Н. О. Козак

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ЗАХІДНИЙ
БУГ В МЕЖАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА
ПОКАЗНИКАМИ ОРГАНІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ..... 256

К. О. Русенко, М. М. Пономаренко

ВІЙНА ПРОТИ УКРАЇНИ – ВІЙНА ПРОТИ
ДОВКІЛЛЯ..... 260

Н. А. Петріца, В. С. Глогусь, Н. С. Лук'яненко,

Н. Р. Кеч, М. Ю. Іськів, Г. С. Чайківська

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНІ ТА ЕПІГЕНЕТИЧНІ
МАРКЕРИ ЕКОПАТОЛОГІЇ У ДІТЕЙ З ЕКОЛОГІЧНО
НЕСПРИЯТЛИВИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ
ВОЄННОГО СТАНУ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА
ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 264

Н. Гоцій, Б. Янишин, П. Лубенченко

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН Р. МАРУНЬКА В МЕЖАХ
ЛЬВІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ
ГРОМАДИ..... 269

Н. М. Коваль, В. В. Станкевич, І. О. Тетенюва

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА МУЛОВИХ
ВІДКЛАДЕНЬ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА
ПІСЛЯ ПІДРИВУ КАХОВСЬКОЇ ГЕС..... 273

Н. П. Попович

ВІДХОДИ ЯК ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ... 276

О. В. Штапенко, Є. О. Дзень

ТРАНСФОРМАЦІЯ БІОКЛІМАТИЧНОЇ МАТРИЦІ
УКРАЇНИ ВНАСЛІДОК СИНЕРГЕТИЧНОЇ
ВЗАЄМОДІЇ ВОЄННОГО ЕКОЦИДУ ТА
ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ..... 280

О. Г. Васенко, А. І. Юрченко, О. В. Черба,

О. О. Лук'янова

ВИСВІТЛЕННЯ ПИТАННЯ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВОЇ
АГРЕСІЇ РОСІЇ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ
УКРАЇНИ У НАЦІОНАЛЬНІЙ ДОПОВІДІ ПРО СТАН
НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО
СЕРЕДОВИЩА..... 285

О. Б. Мельник, Л. М. Архипова

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ
ТА МІЖНАРОДНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ
КВАЛІФІКАЦІЇ ЕКОЦИДУ..... 289

О. З. Панилик, О. В. Коцюр, В. В. Попович

ПОЖЕЖІ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ЯК
ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ..... 295

О. Б. Панькевич, Б. П. Громовик, О. Р. Левицька АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: АСПЕКТИ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	299

Т. К. Скиба ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННА НЕБЕЗПЕКА ХВОСТОСХОВИЩ ТА ЗАХОДИ З ВИВЕДЕННЯ ЇХ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	303

Ю. Ю. Дідовець ВПЛИВ ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ НА ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ.....	307

СЕКЦІЯ 4. ВЗАЄМОДІЯ СЛУЖБ РЕАГУВАННЯ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

А. Д. Кузик, В. В. Попович БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В КОНТЕКСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ДСНС УКРАЇНИ.....	311

М. Л. Смілевський ДЕЯКІ ПИТАННЯ КООРДИНАЦІЇ ДІЙ МУНІЦИПАЛІТЕТУ ТА ЕКСТРЕННИХ СЛУЖБ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ЦЕНТРУ БЕЗПЕКИ МІСТА ТА СИСТЕМИ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	315

Ю. Ю. Даньшин, А. О. Онацька СПЕЦІАЛЬНА РОЗВІДКА В ЗОНАХ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ: ОРГАНІЗАЦІЯ ДІЙ СЛУЖБ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА СОЦІАЛЬНІ ГАРАНТІЇ ФАХІВЦІВ.....	319

СЕКЦІЯ 5. ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ ПРОМИСЛОВІ АВАРІЇ, ТОКСИНИ ТА ГРОМАДСЬКА БЕЗПЕКА

L. M. Kitsula, L. P. Kozak

THE IMPACT OF MILITARY ACTIONS ON THE
CHEMICAL SAFETY OF FOOD PRODUCTS..... 322

M. V. Buzhanska,

THE IMPACT OF WARFARE ON INDUSTRIAL
SAFETY AND THE ENVIRONMENTAL
CONSEQUENCES OF TECHNOGENIC POLLUTION..... 326

A. B. Педан, І. І. Іщенко

ОСНОВИ КЛАСИФІКАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ..... 330

A. A. Кабацька, І. І. Іщенко

ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ..... 335

В. Р. Печена, Л. М. Архипова

ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ, ТОКСИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА
ГРОМАДСЬКА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ВІЙНИ..... 340

В. Будник

ВЛУЧАННЯ РОСІЙСЬКОГО БПЛА В НОВИЙ
БЕЗПЕЧНИЙ КОНФАЙНМЕНТ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ
АЕС ЯК ФАКТОР РАДІАЦІЙНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ
ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВІЙНИ..... 343

Г. О. Сирова, Н. М. Чаленко

ХІМІЧНІ АСПЕКТИ ДІЇ ТОКСИНІВ..... 350

Д. Г. Трегубов, В. М. Нуянзін

НЕБЕЗПЕКИ СУМІШЕЙ АМОНІЙНОЇ СЕЛІТРИ
АГРОПРИЗНАЧЕННЯ..... 355

І. Мартинов

РИЗИКИ ТА ЗАГРОЗИ ВИКОРИСТАННЯ
ФІТОТОКСИКАНТІВ У ВОЄННИЙ ЧАС..... 360

М. А. Чиркіна-Харламова, Д. Г. Трегубов,

О. В. Сергієнко

НАПРЯМКИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ
ВИКИДІВ СТІЧНИХ ВОД..... 364

О. В. Кулаков

ОПТИМІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ ХІМІЧНОЇ
НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ХЛОРУ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ
НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ..... 369

О. О. Кіреєв

НОВІ ЗАСОБИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ ІЗ
РОЗЛИВОМ ТОКСИЧНИХ РІДИН..... 373

О. Ю. Шломін, О. П. Гончарук, О. О. Мойко

ХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ
ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ДЛЯ ГРОМАДСЬКОЇ БЕЗПЕКИ
ОХТИРСЬКОЇ ГРОМАДИ..... 377

С. М. Козуб, Н. М. Чаленко

ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ:
ЕКОЛОГІЧНІ ТА МЕДИКО-СОЦІАЛЬНІ
НАСЛІДКИ..... 380

Х. Бовтач, В. Ф. Піндер

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА
ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТРАНСПОРТУ
НА ВИНИКНЕННЯ ХІМІЧНИХ ЗАГРОЗ У
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ..... 384

***Х. І. Пудяк, Н. В. Гонко, М. Б. Миронюк, О. М.
Вакарчук***

ХІМІЧНА БЕЗПЕКА ТА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ
СИСТЕМИ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я..... 387

СЕКЦІЯ 6. ПРИКЛАДНІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ МЕТОДИ ЗАПОБІГАННЯ ЗАГРОЗАМ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОТОВНОСТІ ДО НИХ

А. І. Мошенська

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАГУВАННЯ ГРУПИ
РАДІАЦІЙНОГО, ХІМІЧНОГО ТА БІОЛОГІЧНОГО
ЗАХИСТУ НА РАДІАЦІЙНІ ТА ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ В
УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ..... 392

А. В. Гудзевич

РАМСАРСЬКІ ТЕРИТОРІЇ В УКРАЇНІ:
РЕГІОНАЛЬНИЙ АСПЕКТ..... 397

А. В. Пупенко

ЗМІЦНЕННЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВОЇ БЕЗПЕКИ..... 402

В. В. Есіков

ЕФЕКТИВНА КАДРОВА ПОЛІТИКА, ЯК ПІДТРИМКА НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ.....	405

Д. М. Солодовник

РОЛЬ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ.....	408

Л. С. Гудзевич

СУЧАСНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ З ДОМЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	412

М. О. Брацлавський

РЕАЛІЗАЦІЯ ПАТРІОТИЧНОГО ВИХОВАННЯ МОЛОДІ.....	416

О. В. Савченко, А. А. Стацюк, Н. О. Гарькава

ЗАПОБІГАННЯ ХІМІЧНИМ ТА ЕКОЛОГІЧНИМ ЗАГРОЗАМ ВІД ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ: КОНЦЕПЦІЯ ДВОРІВНЕВОГО ЗАХИСТУ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ ТІНІ ТА ЦИФРОВОГО ФАНТОМУ.....	419

С. М. Дідик

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ ФОРМ СОЦІАЛЬНО- ТРУДОВИХ ВІДНОСИН В СУЧАСНІЙ ДЕРЖАВІ.....	424

СЕКЦІЯ 7. ПІДГОТОВКА КАДРІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ З БІОБЕЗПЕКИ ТА БІОЗАХИСТУ В УМОВАХ ВІЙНИ

N. Ivanyshyn

ESP FOR CIVIL PROTECTION EXPERTS IN
RESPONDING TO CBRN THREATS IN WARTIME
CONDITIONS..... 428

Д. М. Кузьменко, О. І. Паутіна

ПОРІВНЯЛЬНА ФАРМАКОЛОГІЧНА
ХАРАКТЕРИСТИКА ОРИГІНАЛЬНИХ ЛІКАРСЬКИХ
ЗАСОБІВ ТА ГЕНЕРИКІВ: БІОЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ,
ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БЕЗПЕКА..... 432

Н. А. Григорян, А. В. Бережна

ВХІДНЕ ТА ПІДСУМКОВЕ ТЕСТУВАННЯ ЯК
СКЛАДОВА КЕЙС-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ:
ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ
ПІДГОТОВЦІ МЕДИЧНИХ КАДРІВ..... 436

О. О. Казьмін

НОВІ НАПРЯМИ З ПІДГОТОВКИ КАДРІВ В ГАЛУЗІ
БІОЕКОНОМІКИ..... 441

СЕКЦІЯ 8. РОЛЬ ДОБРОВІЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ У ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ МЕДИКО- БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

Yu. Sudnitsyn

INTEGRATION OF INTERNATIONAL EXPERIENCE
FOR SPECIALIZED TRAINING OF VOLUNTEER FIRE
FORMATIONS TO RESPOND TO CBRN THREATS IN
MARTIAL LAW CONDITIONS..... 446

Д. М. Кузьменко, Г. О. Сакал

ФЕНОМЕН ФАНТОМНИХ СПОВІЩЕНЬ ЯК ПРОЯВ
СЕНСОРНОЇ ДИЗРЕАКТИВНОСТІ У МОЛОДІ..... 451

І. М. Яблонський, С. М. Жук

РОЛЬ ДОБРОВІЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ У ЛІКВІДАЦІЇ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В ЗОНІ
БОЙОВИХ ДІЙ..... 455

СЕКЦІЯ 1. НОВІ БІОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ІНФЕКЦІЙНІ ХВОРОБИ ТА БІОТЕРОРИЗМ

UDC 578.834.11:614/8

SARS-COV-2 IS A TICKING GENOME TIME BOMB AND MEDICINE READINESS TO A NEW BIOLOGICAL THREAT

*I. O. Sadovnychenko, Candidate of Biological Sciences, Associate
Professor, Associate Professor at the Department of Medical Biology,
Kharkiv National Medical University*

SARS-CoV-2 infection produces many long-term effects [1]. It was described the virus integration into the genome of cultured human cells that might cause genome instability, but the only mechanism of integration via long interspersed nuclear element (LINE1) was explained [2]. The aim of the present study was to analyze a genomic threat of COVID-19 infection and willingness of medical students to combat it.

To estimate the possibility of SARS-CoV-2 to integrate into the DNA of human cells the bioinformatic analysis was performed, in particular tools RepeatMasker and Simple Sequence Repeat Identification Tool were used to detect perfect short sequence repeats (SSR) motifs in the given sequences and RepeatExplorer2 was used to characterize repetitive DNA in a sequenced genome of the virus. To assess the awareness of future doctors about the molecular mechanism of interaction between the virus and host cell a survey of 174 students of Kharkiv National Medical University was conducted. The average age of respondents was 21.1 with a range of 17–30 years, 73.6% of them were women.

Analysis of the SARS-CoV-2 reference genome (NC_045512.2) revealed 42 mono-, di-, tri-, hexameric SSR and one 56-nucleotide putative satellite (2% of genome). The most abundant

type of motifs was trimeric repeat (50%) that is typical of retroviruses, especially of Human Immunodeficiency Virus Type 1 (HIV-1). It was followed by hexameric repeats (48%). LINE1 reverse transcriptase and endonuclease recognition sequences were found that might be associated with integration of the virus into human genome also. Just 28% of students answered assumed the integration of SARS-CoV-2 into human genome.

Taking into account the genomic instability caused by the occurrence of such viral genomes and the scale of the COVID-19 pandemics a rapid increase in the incidence of malignant tumors, neurodegenerative disorders, etc. should be expected in the nearest future, which requires the amendment of the existing educational programs.

REFERENCES

1. Perego, E. (2026). Overview and Pathophysiology of Long COVID. COVID, 6(3), 53. <https://doi.org/10.3390/covid6030053>
2. Zhang, L., Bisht, P., Flamier, A., Barrasa, M. I., Friesen, M., Richards, A., Hughes, S. H., & Jaenisch, R. (2023). LINE1-Mediated Reverse Transcription and Genomic Integration of SARS-CoV-2 mRNA Detected in Virus-Infected but Not in Viral mRNA-Transfected Cells. Viruses, 15(3), 629. <https://doi.org/10.3390/v15030629>

УДК 005.334:608.3:619:579.6

**УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ БІОБЕЗПЕКИ ТА
БІОЗАХИСТУ В ЛАБОРАТОРІЯХ
ДЕРЖПРОДСПОЖИВСЛУЖБИ ПРИ РОБОТІ З
ОСОБЛИВО НЕБЕЗПЕЧНИМИ
БІОЛОГІЧНИМИ АГЕНТАМИ**

*А. Стибель, Львівська регіональна державна лабораторія
Державної служби України з питань безпеки харчових
продуктів та захисту споживачів*

Сучасні біологічні загрози, поширення нових та ре-емерджентних інфекцій, а також необхідність забезпечення епізоотичного благополуччя держави зумовлюють підвищення вимог до системи біобезпеки та біозахисту лабораторій, що працюють з особливо небезпечними біологічними агентами.

Лабораторії Держпродспоживслужби здійснюють моніторинг інфекційних хвороб тварин, контроль зоонозів та забезпечують діагностичний супровід заходів біологічної безпеки. Робота з патогенними агентами супроводжується ризиками інфікування персоналу, контамінації довкілля, утворення інфікованих аерозолів та несанкціонованого доступу до біологічних матеріалів.

Одним із ключових напрямів забезпечення безпечної діяльності лабораторій є впровадження ризик-орієнтованого підходу до управління біоризиками, що передбачає ідентифікацію небезпек, оцінку ризиків, впровадження заходів контролю та постійний моніторинг ефективності системи безпеки.

Ефективне управління біоризиками базується на поєднанні належної лабораторної інфраструктури, використання засобів індивідуального захисту, дотримання стандартних операційних процедур, контролю доступу до лабораторних приміщень та систематичного навчання

персоналу. Важливим елементом є формування культури безпеки та підвищення рівня відповідальності працівників.

Особливого значення набуває гармонізація національної системи біобезпеки з міжнародними вимогами та стандартами, зокрема рекомендаціями WHO, принципами One Health та стандартом ISO 35001:2019 щодо управління біоризиками у лабораторіях.

Таким чином, ефективне управління біоризиками є важливою умовою безпечного функціонування лабораторій Держпродспоживслужби та сприяє зміцненню системи біологічної безпеки держави.

УДК 355.58:623.459.01

**ТРАНСФОРМАЦІЯ ХІМІЧНИХ ТА БІОЛОГІЧНИХ
ЗАГРОЗ В УМОВАХ БОЙОВИХ ДІЙ***А. В. Карпуть, Національний університет оборони України**В. Л. Богаєнко, Національний університет оборони України*

В сучасних безпекових викликах поняття деконтамінації набуває стратегічного значення, трансформуючись із суто технічного терміна [1] в комплексний інструмент забезпечення виживання як військових підрозділів, так і цивільного населення. Деконтамінація — це процес видалення, нейтралізації або знищення небезпечних агентів (хімічних, біологічних чи радіологічних), які потрапили на поверхню техніки, озброєння, засобів захисту, місцевості або безпосередньо на шкірні покриви людини. Це поняття інтегрує в собі досвід подолання техногенних катастроф, протидії застосуванню зброї масового ураження та ліквідації наслідків бойових дій.

Одним із найменш очевидних, але критично небезпечних факторів у цьому контексті є накопичення агропромислових ресурсів, які за своєю класифікацією належать до сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) [4]. Сільськогосподарський сектор України традиційно оперує величезними обсягами пестицидів, гербіцидів та аміачної селітри, що зберігаються на складах по всій території країни. У мирний час ці речовини є запорукою продовольчої безпеки, проте в умовах активних бойових дій вони перетворюються на «хімічні загрози» сповільненої дії. Пошкодження елеваторів або складів агрохімії внаслідок артилерійських обстрілів призводить до неконтрольованого витоку токсичних сполук, що за рівнем загрози можуть прирівнюватися до промислових аварій [2] на хімічних гігантах. Концентрація фосфорорганічних сполук, що використовуються

в агросекторі, вимагає специфічних підходів до деконтамінації, оскільки ці речовини мають здатність глибоко проникати в ґрунт та будівельні конструкції, створюючи зони довготривалого ураження.

Паралельно з промисловими та аграрними загрозами, особливої гостроти набуває питання застосування іритантів у війні проти Збройних сил України. Попри міжнародні конвенції, спостерігаються випадки використання речовин сльозогінної та дратівної дії (таких як хлорпікрин або газу CN, CS) [4], які скидаються з безпілотних літальних апаратів безпосередньо в траншеї, бліндажі та інші фортифікаційні споруди сил оборони. Основна мета такої тактики — не стільки пряме летальне ураження, скільки витіснення бійців з укріплених позицій, дезорієнтація та примушення до зняття засобів індивідуального захисту. У таких умовах деконтамінація особового складу повинна проводитися миттєво, часто безпосередньо на бойовій позиції, з використанням індивідуальних деконтамінуючих пакетів та змивання залишків іритантів, щоб запобігти хімічним опікам/ураженню очей, слизової оболонки чи дихальних шляхів. Проблема ускладнюється тим, що іританти часто змішуються з пилом та димом, утворюючи стійкі аерозолі, які вимагають ретельного очищення не лише шкіри, а й фільтруючих елементів чи текстильних елементів спорядження.

Окремим викликів для деконтамінації є біологічні загрози [3], що виникають внаслідок інтенсивних бойових дій. Одним із найскладніших аспектів є наявність великої кількості трупів у зонах бойових зіткнень, які неможливо вчасно евакуювати або поховати (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Тіла загиблих російських загарбників у полі

Розкладання біологічного матеріалу в умовах зруйнованої інфраструктури, відсутності водопостачання та високих температур створює ідеальне середовище для поширення патогенних мікроорганізмів, зокрема збудників ботулізму, сибірки та інших небезпечних інфекцій. Трупна отрута та продукти розпаду стають джерелом вторинної/перехресної контамінації ґрунтових вод, цивільного населення, свійських тварин та інше. У такому випадку заходи з деконтамінації включають не лише використання потужних дезінфектантів на основі активного хлору або перекису водню, а й суворе дотримання карантинних зон [1,2]. Одним із найбільш підступних та найменш контрольованих механізмів поширення інфекцій у зонах бойових дій є ланцюгова контамінація через тварин-редуцентів та свійську худобу, що створює невидимі, але смертоносні шляхи передачі збудників від поля бою безпосередньо до людських осель. В умовах інтенсивних зіткнень, коли тіла загиблих залишаються в «сірих

зонах» без можливості вчасної евакуації, виникає феномен формування природних вогнищ інфекцій, де біологічний матеріал [5] стає первинним джерелом для масштабних епідемій (Рисунок 2).



Рисунок 2 – Покинута місце збору тіл загиблих російських загарбників

Ключову роль у цьому процесі відіграє трофічний ланцюг, у якому домашні або дичавілі тварини, такі як собаки та коти [7], виступають векторами перенесення патогенів. Наприклад, тіло загиблого солдата, який міг бути носієм вірусного гепатиту, туберкульозу або інших стійких антропонозних інфекцій, стає об'єктом живлення для бродячих/свійських тварин у прифронтових зонах (Рисунок 3). У процесі поїдання контамінованого біоматеріалу тварина не лише стає механічним переносником збудника на своїх шкірних покривах, шерсті та слизових оболонках пащі, а й акумулює інфекційні агенти у своєму травному тракті. Повертаючись до житлової забудови або приватних домоволодінь у пошуках додаткової їжі чи контакту з людьми,

така тварина транспортує збудник безпосередньо в побутове середовище людини.



Рисунок 3 – Кіт їсть тіло вбитого російського загарбника

Контакт господарів із домашнім улюбленцем, який нещодавно контактував із трупним матеріалом на полі бою, призводить до прямого зараження через мікротріщини на шкірі або слизові оболонки при ласках чи годуванні. Проте цей прямий шлях є лише початком масштабної проблеми [2], оскільки далі включається механізм вторинної контамінації через екскременти. Тварина, що спожила інфікований біоматеріал, згодом опорожнюється на території подвір'я або в місцях виходу. Свійська птиця, зокрема кури та качки, маючи природну схильність до пошуку їжі в ґрунті та копрофагії, споживає контамінований кал. Таким чином, вірус чи бактерія потрапляє в організм птиці, що веде до зараження м'яса та яєць, які згодом потрапляють на стіл до людини. Більше того, збудники інфекцій, потрапляючи в ґрунт, вимиваються

дошовими водами у відкриті джерела водопостачання та колодязі, що створює передумови для спалаху епідемії в межах усього поселення. Це перетворює локальний інцидент на системну загрозу громадській безпеці, де деконтамінація вимагає вже не просто індивідуальних пакетів, а масштабної санітарної обробки територій, деконтамінації ґрунтів та суворого контролю за фауною.

Ситуація стає ще критичнішою на фоні техногенних загроз, таких як руйнування складів агрохімії та сильнодіючих отруйних речовин (Рисунок 4).



Рисунок 4 – Покинуті небезпечні хімічні речовини у відкритому доступі до тварин

Накопичені агроресурси [6], як-от пестициди та добрива, у разі розливу можуть змішуватися з біологічними загрозами, створюючи комбіновані осередки ураження. Тварини, переміщуючись між зоною хімічного забруднення та житловим сектором, стають подвійними векторами, переносячи на собі як токсини, так і біологічні агенти. Одночасно з цим, застосування іригаторів у війні проти Збройних сил України погіршує

ситуацію, оскільки хімічне подразнення дихальних шляхів суттєво знижує загальний імунітет бійців та цивільних, роблячи їхні організми більш сприйнятливими до інфекцій, принесених тваринами з полів.

У контексті деконтамінація має бути безперервною та всеохопною: від своєчасної евакуації тіл загиблих до створення жорстких санітарних бар'єрів навколо населених пунктів. Лише розуміння того, що звичайна домашня тварина може стати інструментом передачі смертельної хвороби через ланцюг «труп — собака — кури — людина», дозволяє правильно розставити пріоритети в заходах цивільного захисту та військової гігієни, запобігаючи невидимій катастрофі, що поширюється трофічними ланцюгами.

Робота рятувальних та поховальних команд потребує багаторівневого захисту, оскільки біологічна контамінація може передаватися через найменші частки аерозолію під час переміщення об'єктів [2,4].

Процес деконтамінації має базуватися на трьох основних принципах: механічному видаленні, хімічній нейтралізації та фізичній ізоляції. Механічне видалення дозволяє позбутися основної маси контамінанта (змивання водою, обробка щітками), що є першим кроком до зниження рівня небезпеки. Хімічна нейтралізація передбачає використання специфічних реагентів, які вступають у реакцію з токсином/речовиною, перетворюючи його на нешкідливу/нейтральну сполуку. Наприклад, для нейтралізації кислих СДОР використовуються лужні розчини, а для іритантів — спеціальні спиртові або водні суміші з додаванням детергентів. Фізична ізоляція застосовується до об'єктів, повна деконтамінація яких неможлива або економічно недоцільна — їх захоронюють у спеціальних контейнерах або покривають ізолюючими шарами ґрунту та бетону.

Важливим елементом громадської безпеки є підготовка мобільних пунктів деконтамінації [4], які здатні розгортатися

поблизу зон хімічного або біологічного ураження. Такі пункти дозволяють організувати потокове очищення людей, розділяючи їх на «брудні» та «чисті» зони. Це запобігає занесенню токсинів у лікарні чи житлові квартали. У випадку агрохімічних аварій/руйнування потенційно-небезпечного об'єкту, де обсяги контамінації можуть бути колосальними, деконтамінація також включає очищення водних ресурсів за допомогою фільтраційних систем на основі активованого вугілля та йонообмінних смол.

У підсумку, сучасна деконтамінація — це динамічна система, що має враховувати як класичні промислові ризики, так і специфічні загрози гібридної війни. Розуміння механізмів поширення СДОР, специфіки іритантів та біологічної небезпеки в умовах війни дозволяє розробляти ефективні алгоритми захисту. Тільки інтегрований підхід, що поєднує наукову базу хімічного захисту, оперативні можливості екстрених служб та сил оборони України, здатний забезпечити мінімізацію ризиків для життя та здоров'я в умовах масштабних криз. Деконтамінація стає не просто технічною процедурою, а фундаментом витривалості суспільства перед обличчям невидимих, але смертельних загроз.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Кодексу цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI : станом на 1 січ. 2026 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
2. Про заходи щодо забезпечення санітарно-епідемічного благополуччя населення в умовах воєнного стану: Указ Президента України № 124/2022. URL: <https://www.president.gov.ua>
3. Довідник НАТО зі здійснення оцінки радіаційної, хімічної, біологічної та ядерної обстановки (CBRN) : AJP-3.8. Brussels : NATO Standardization Office, 2021. 148 p.

4. Організація деконтамінації в умовах застосування засобів масового ураження та руйнування об'єктів критичної інфраструктури : методичні рекомендації / МОЗ України, ДУ «Львівський ОЦКПХ МОЗ України». Львів, 2024. 45 с.

5. Шматков П. Д. Військова токсикологія, радіологія та медичний захист : підручник. Київ : Наш Формат, 2021. 382 с.

6. В 10 громадах області утилізують кинуті напризволяще небезпечні хімічні речовини. *Час Чернігівський*. 2023. URL: <https://cntime.cn.ua/v-10-gromadah-oblasti-utilizuyut-kinuti-naprizvoly-article/>

7. Український кіт поїдає труп російського військовослужбовця. 2024. URL: <https://nevsedoma.com.ua/uk/670264-ukrainskyi-kit-poidaie-trup-rosiiskogo-viiskovosluzhbovtsia.html>

УДК 616.9.616 – 032.022+608.3

ЕМЕРДЖЕНТНІ ТА РЕМЕРДЖЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ – БІОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ СУЧАСНОГО СВІТУ

В. І. Задорожна, чл.-кор. НАМН України, професор, доктор медичних наук, директор ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України»

В. Р. Шагінян, доктор медичних наук, завідіювач відділом діагностики інфекційних та паразитарних хвороб ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України»

З кожним роком збільшуються потенційні ризики поширення емерджентних збудників, зокрема з пандемічним, та патогенним потенціалом (вірус пандемічного грипу А(H1N1), SARS CoV-2, пташиного грипу – А(H5N1) та інші). Прикладом емерджентних загроз є пандемія COVID-19, що змінила погляд суспільства на проблему біобезпеки, показала недоліки в функціонуванні системи охорони здоров'я більшості країн, незалежно від рівня їх розвитку, ефективно реагувати на нові біологічні виклики, поставила нові питання перед медичним світом, що потребують вирішення, в тому числі, ефективність функціонування системи епідеміологічного нагляду, спроможність швидко забезпечити потреби в діагностичних, лікувальних і профілактичних препаратах. Набувають значення ремерджентні патогени – ті, що давно відомі, зокрема й такі, що раніше вважалися «переможеними» і контрольованими, але зі змінами своїх властивостей можуть нести нову загрозу (вакциноспоріднений поліовірус, ентеровірус типу 68, віруси Ебола, Марбурга, денге, Зіка, вірус мавпячої віспи, який поширився на неендемичні регіони внаслідок адаптації до інших біотопів організму людини та формування нових шляхів його передачі, аденоасоційований вірус типу 2, тощо).

За останні роки серед інфекцій з повітряно-крапельним механізмом передачі збудника, як завжди, домінували грип та ГРВІ, але найбільшу увагу привертають до себе випадки, обумовлені вірусами пташиного грипу А(H5N1), А(H5N2), А

(H9N2). Серед крапельних інфекцій слід вказати на кір. Поширення хвороби триває в країнах ЄС та США. Реєструються значні спалахи в Європі (Румунія, інші країни), Африці, Азії та Америках. Спалах у США з багатьма вогнищами (38 вогнищ у 2025 році), пов'язаний з невакцинованими, на яких припадає 86% випадків. З початку 2026 року в США зареєстровано 1 748 випадків кору у 33 юрисдикціях (всього 19 спалахів, які зареєстровані безпосередньо у 2026 році) [1]. США у 2026 році можуть втратити статус країни, в який еліміновано кір (надано у 2000 році), якщо передача вірусу не зупиниться. Канада втратила цей статус у листопаді 2025 року.

Серед кишкових інфекцій, які мають серйозне значення на світовому рівні, ВООЗ відмічає холеру. Вже другий рік поспіль у світі зростають показники смертності від холери. За даними ВООЗ, збільшується як кількість хворих, так і кількість померлих від хвороби. [2]. У 2025 р. ВООЗ оцінює глобальний ризик поширення хвороби як дуже високий, з активними спалахами у 24–33 країнах. В Африці (98% випадків) це Ангола, Замбія, Зімбабве, Малаві, Кенія, Мозамбік, Конго (ДРК), Судан, Південний Судан, Чад, Бурунді. Наприклад, у Замбії з жовтня 2024 по жовтень 2025 зареєстровано понад 10 000 випадків і 412 смертей. У Чаді з липня 2025 – 2 667 випадків і 149 смертей. Близький Схід та Азія: Афганістан, М'янма, Сомалі, Ефіопія. Америка: Гаїті (продовження спалахів з 2022 року). У Європі ризик поширення холери оцінюється як низький, але зафіксовано завізні випадки (51 у 2022, тенденція зберігається).

Серед актуальних зоонозних інфекцій ВООЗ виділяє мавпячу віспу (трох), хворобу Ебола, геморагічну лихоманку Чараре. Стосовно мавпячої віспи ВООЗ повідомляла, що у 2024-2025 рр. у всьому світі продовжує реєструватися низький рівень передачі вірусу, нові випадки в неендемичних країнах пов'язані з подорожами. У 2025 р. спалахи захворювання реєструвалися переважно в ДРК, Бурунді та Уганді. Експерти називають трох одним з вірусів для спостереження в 2026. Загроза зростає через мутації вірусу [3].

Характерною рисою сучасності є поширення трансмісивних інфекцій (хвороба Зіка, гарячка Денге, хвороба Марбург) на неендемичні регіони, що пов'язане із глобалізацією міграційних процесів, розширенням ареалу різних видів переносників у зв'язку зі зміною кліматичних умов. Існує ризик поширення хвороби Oropouche на світовому рівні. В останні роки, зареєстровано 335 випадків зараження вірусом Західного Нілу – найвищий рівень за останні три роки. Статистика охоплює як держави Європейського Союзу, так і низку інших країн континентальної Європи. В 2025 році на території Європи було зафіксовано 27 спалахів хвороби чикунгунья - це рекордний показник для континенту. Реєструються локальні спалахи в Європі та завізні випадки хвороби. Кількість випадків становила: в Італії — 167 місцевих (з початку 2025, станом на 11 вересня); Гонконзі — 16 імпортованих (станом на 11 вересня); Бангладеші — 732 підозрілих (1 січня — 31 серпня) [4]. Звертає увагу спалах хантовірусної інфекції, який виник на круїзному лайнері у травні 2026 р. За даними ВООЗ, всього станом на 13 травня було зареєстроване 11 випадків захворювання них 3 летальних (27%). Лабораторно підтверджено, що етіологічним фактором був хантовірус *Andes*, який **може передаватися** від людини до людини під час тісного та тривалого контакту. Епідеміологічне розслідування спалаху показало, що перший випадок пов'язаний із зараженням на суші [5]. Чи можна розглядати цей спалах у контексті реємерджентної інфекції? Частково так. Це не нова зоонозна інфекція, але вона набула можливості швидкого поширення в штучно створених умовах, які можуть сприяти поширенню інфекційних хвороб внаслідок тісних контактів та торкнулася декількох країн .

Слід зазначити, що коло можливих майбутніх збудників інфекційних хвороб постійно розширюється, в першу чергу, за рахунок вірусів-збудників хвороб тварин, пристосування яких до людського організму відбувається внаслідок генетичних змін та поширення від людини до людини за допомогою нових шляхів передачі збудників інфекцій.

Окрему небезпеку становлять патогени, резистентні до лікарських засобів (антибіотикорезистентні бактерії та віруси,

нечутливі до препаратів прямої дії). Загалом проблема антибактеріальної резистентності набуває все більших масштабів та потребує об'єднання зусиль у рамках концепції «Єдиного здоров'я» для стримання негативних наслідків нераціонального використання лікарських засобів, у тому числі необхідність постійного молекулярно-генетичного моніторингу за циркулюючими збудниками та постійної розробки лікарських засобів прямої дії.

В Україні в умовах війни поширення інфекційних хвороб стає критичним дестабілізуючим фактором та безпосередньою загрозою біобезпеці країни. Бойові дії руйнують цивільну та медичну інфраструктуру, провокують масштабну міграцію та унеможливають дотримання базових санітарних норм, створюючи ідеальні умови для виникнення спалахів інфекційних хвороб серед цивільних та військових.

Таким чином, у сучасному світі, інфекційні хвороби становлять значну загрозу, перш за все у зв'язку можливістю виникнення нових та повернення «старих» інфекцій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Measles Cases and Outbreaks.
<https://www.cdc.gov/measles/index.html>.
2. Показатели смертности от холеры в мире снова выросли; ВОЗ оценивает глобальный риск как очень высокий
<https://news.un.org/ru/story/2025/09/1466376>.
3. Mpox: recombinant virus with genomic elements of clades Ib and IIb – Global
<https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON595>.
4. Seasonal surveillance of chikungunya virus disease in the EU/EEA, weekly report.
<https://www.ecdc.europa.eu/en/chikungunya-virus-disease/surveillance-and-updates/seasonal-surveillance>
5. Hantavirus cluster linked to cruise ship travel, Multi-country.
<https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON601>

УДК 614.4:355.01

БІОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ПОШИРЕННЯ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ В УМОВАХ ВІЙНИ

*В. В. Черневич, старша викладачка кафедри біології, здоров'я
людини та фізичної реабілітації Бердянський державний
педагогічний університет, м. Запоріжжя, Україна*

Війна створює комплекс факторів, що суттєво підвищують ризики виникнення та поширення інфекційних захворювань серед населення. Руйнування системи охорони здоров'я, пошкодження водопровідних і каналізаційних мереж, масове переміщення людей, погіршення санітарно-гігієнічних умов та обмежений доступ до медичної допомоги формують сприятливе середовище для розвитку епідемічних процесів.

Зростання захворюваності на кишкові інфекції є одним із найбільш характерних наслідків погіршення санітарно-гігієнічних умов в умовах війни. Причиною цього стає забруднення джерел питної води через руйнування систем водопостачання та каналізації, дефіцит безпечної питної води, перебої з електропостачанням і порушення умов зберігання харчових продуктів, що створює сприятливі умови для поширення збудників інфекцій. Особливо небезпечним є використання населенням неочищеної води з відкритих джерел або колодязів, що можуть бути забруднені патогенними мікроорганізмами [1].

Через ці фактори може спостерігатися збільшення кількості захворювань найбільш поширених кишкових інфекцій: дизентерія, сальмонельоз, ротавірусна інфекція, черевний тиф, холера та вірусний гепатит А. Основними шляхами передачі яких є водний, харчовий і контактнопобутовий. Адже швидкому поширенню захворювань сприяють висока щільність населення у тимчасових місцях

проживання, недостатній рівень особистої гігієни та обмежений доступ до медичної допомоги. Найбільш уразливими групами є діти, люди похилого віку та особи зі зниженим імунітетом. Кишкові інфекції можуть призводити до тяжкого зневоднення організму, інтоксикації та розвитку ускладнень, особливо за відсутності своєчасного лікування.

В умовах війни також підвищується ризик поширення респіраторних інфекцій, зокрема грипу, туберкульозу, COVID-19 та інших гострих вірусних захворювань. Скупчення людей у сховищах, евакуаційних центрах і пунктах тимчасового перебування сприяє швидкій передачі патогенів повітряно-крапельним шляхом. Погана вентиляція приміщень, висока щільність людей та тривале перебування у закритому просторі значно підвищують ризик зараження. Додатковими чинниками є хронічний стрес, недостатнє харчування, фізичне виснаження, недостатній сон та зниження імунного захисту організму. Ускладнюють контроль за поширенням інфекцій порушення системи профілактичних щеплень і дефіцит медикаментів. Несвоєчасне звернення за медичною допомогою та самолікування теж можуть сприяти розвитку ускладнень і збільшенню смертності [2].

Також серйозну небезпеку становить порушення системи планової вакцинації населення. Зниження охоплення профілактичними щепленнями може призвести до спалахів керованих інфекцій, таких як кір, поліомієліт, дифтерія та кашлюк. Через руйнування медичної інфраструктури, переміщення населення, нестачу медичного персоналу та перебоїв у постачанні вакцин значна частина населення може не отримувати профілактичних щеплень у визначені терміни. Особливо гостро проблема проявляється серед дітей, оскільки пропуск вакцинації порушує формування колективного імунітету, що підвищує ризик поширення небезпечних захворювань. Небезпека в тому, що навіть поодинокі випадки інфекції можуть швидко перерости у локальні епідемічні спалахи.

Окремої уваги потребують ризики поширення природно-осередкових та трансмісивних захворювань. Руїнування екосистем, накопичення сміття, загибель тварин і погіршення санітарного контролю сприяють збільшенню чисельності переносників інфекцій — гризунів, кліщів та комах. До природно-осередкових захворювань належать інфекції, збудники яких тривалий час циркулюють у природних екосистемах серед тварин та переносників. Особливу небезпеку становлять лептоспіроз, туляремія, хвороба Лайма, кліщовий енцефаліт, гарячка Західного Нілу та геморагічні гарячки. Небезпека трансмісивних захворювань посилюється сезонними кліматичними змінами, що сприяють активному розмноженню переносників. А в умовах війни підвищується контакт населення з природними осередками інфекцій через проживання у польових умовах, перебування у лісових районах, недостатній санітарний контроль та обмежений доступ до засобів захисту. Військовослужбовці, рятувальники та внутрішньо переміщені особи належать до груп підвищеного ризику зараження.

Ефективне попередження поширення інфекційних захворювань потребує комплексного підходу, що поєднує медичні, санітарно-гігієнічні, організаційні та інформаційні заходи.

Одним із ключових напрямів є відновлення та підтримка системи санітарно-епідеміологічного нагляду. Необхідними є постійний моніторинг епідемічної ситуації, своєчасне виявлення осередків інфекцій та оперативне проведення протиепідемічних заходів.

Особливу увагу слід приділяти місцям масового перебування населення – тимчасовим укриттям, евакуаційним центрам і пунктам проживання внутрішньо переміщених осіб. Адже забезпечення доступності медичної допомоги та лікарських засобів, вентиляції приміщень, дотримання правил особистої гігієни, використання засобів індивідуального захисту та своєчасна ізоляція хворих осіб зменшують ризики поширення

інфекцій. Для профілактики керованих інфекцій необхідно підтримувати безперервність програм вакцинації населення.

Важливу роль у мінімізації біологічних ризиків відіграє міжнародна співпраця, гуманітарна допомога та координація дій між державними структурами, медичними установами й громадськими організаціями. Така комплексна реалізація профілактичних заходів дозволяє знизити ймовірність виникнення епідемічних спалахів та зберегти здоров'я населення в умовах війни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kozak N. Sanitary and epidemiological monitoring in Ukraine during full-scale Russian invasion 2022: place of military medical services // Current Aspects of Military Medicine. 2022. Vol. 29, № 2. DOI: 10.32751/2310-4910-2022-29-2

2. Монакова, О., Захарченко, В., & Харківська, Д. (2024). Ризик розповсюдження інфекційних захворювань внаслідок війни в Україні в період з 2014 року і до сьогодні. *Каразінський імунологічний журнал*, 7(1(13)), 98-108.
<https://doi.org/10.26565/3083-5615-2024-13-10>

УДК 616.993.1:616.72

ОПИС КЛІНІЧНОГО ВИПАДКУ АРТРИТУ, АСОЦІЙОВАНОГО З ЛАЙМ-БОРЕЛІОЗОМ У ДИТИНИ

О. І. Мацюра, доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри педіатрії та медичної генетики, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»

Л. В. Беш, доктор медичних наук, професор кафедри педіатрії та медичної генетики, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»

З. Л. Слюзар, доктор філософії, асистент кафедри педіатрії та медичної генетики, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»

В. В. Грузинська, студентка 6 курсу, ДНТ «Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького»

Бореліоз – найпоширеніше трансмісивне інфекційне захворювання. За даними Центру громадського здоров'я МОЗ України за 2025 рік було зареєстровано 16,46 випадків інфікування на 100 тисяч населення, що перевищує показники за 2024 рік на 24,2%. В групі ризику: діти 5-14 років та люди похилого віку, проте сприйнятливість до захворювання висока, імунітет нестерильний, тому можливі випадки реінфекції. Характерна сезонність: весняно-літній період, коли активність німфальної форми є найвищою. Інкубаційний період: 2-3 тижні, прояв основних ознак припадає на літні місяці. В Україні переносником є *I. ricinus*, який проходить етапи розвитку личинки-німфи-зрілої форми. На всіх цих етапах вони можуть бути інфіковані, тому що передача збудників у кліщів відбувається як трансваріально (через яйця), так і трансфазово (через личинки і німфи), варіація інфікованості кліщів в різних регіонах України становить від 3 до 25%. Ризик інфікування прямо пропорційно залежить від тривалості присмокування кліща. Природні резервуари – дрібні ссавці, птахи. Хвороба

Лайма в Європі спричинена 3 основними видами: *B. afzelii*, *B. burgdorferi sensu stricto* та *B. Garinii*.

Власне клінічний випадок. Дівчинка, 14 р, скарги на субфебрильну температуру, слабкість, дратівливість, артралгії колінного та гомілково-стопного суглобів, періодичний набряк лівого коліна без гіперемії протягом місяця, головні болі, парестезії в кінцівках. Хвороба триває 2 місяці, коли почали турбувати описані скарги, приймала НПЗП (ібупрофен 400мг). Анамнез життя: в ранньому дитячому віці розвиток згідно вікових норм. Сімейний анамнез: обтяжений - у брата бронхіальна астма, у матері – хронічний тонзиліт. Алергологічний анамнез не обтяжений. Хворіла на вірусні інфекції, у 11 років – стрептококовий тонзиліт. 3 місяці тому – гострий ринофарингіт, спричинений SARS-CoV-2. Об'єктивно: дівчинка астенична, шкіра блідо-рожевого кольору, висипань немає. Слизові вологі, чисті, язик обкладений білим налетом. Носове дихання вільне. Ротоглотка рожева, мигдалики не збільшені, не гіперемовані, рихлі, налети відсутні. Пальпуються підщелепні лімфовузли, діаметром до 1см, не болючі, еластичні. Аускультативно над легеньми дихання везикулярне. Тони серця без патологічних змін. На момент огляду суглобів об'єктивних змін не виявлено. З'ясовано, що шість місяців тому був укус кліща, який пацієнтка самостійно вилучила. Профілактика Лайм-бореліозу не проводилася. На місці укусу, ні на інших ділянках тіла згодом ніякого почервоніння, висипань не спостерігалось зі слів пацієнтки та її мами.

Лабораторні обстеження: ЗАК (гемоглобін 145 г/л, лейкоцити $5,87 \cdot 10^9$, еозинофіли 1%, паличкоядерні нейтрофіли 2%, сегментоядерні нейтрофіли 53%, лімфоцити 38%, моноцити 6%.); БАК (АСЛ-О 600 МО/мл, РФ 3 МО/мл, ANA <1:100, HLA B27 «-»).

Було вирішено провести специфічні методи діагностики для виявлення хвороби Лайма, та отримані наступні дані:

ІФА аналіз *Borrelia burgoferi*, IgM 71,66 Од/мл («+»).

Імуноблот *Borrelia burgoferi* IgM виявлений: OspC Ba «+», OspC Bb «+», OspC Bg «+». IgG «+»: VlsE «+», p41 «+», OspC Ba «+».

На основі клінічного обстеження, скарг, лабораторних методів діагностики було підтверджено діагноз: Лайм-артрит. Через місяць після проведеного етіотропного лікування стан дитини покращився.

Безеритематозна форма бореліозу може зустрічатися у 20-30% випадків, що може ускладнювати діагностику даного захворювання і в подальшому призвести до розвитку пізніх ускладнень. Часто, в основі пізніх проявів бореліозу лежить процес формування імунних комплексів з антигенами борелій, які накопичуються в системах організму (найчастіше, в суглобах і шкірі) і в подальшому мають тенденцію до міграції. Тривала стимуляція організму призводить до розвитку аутоімунних процесів. Враховуючи можливі ускладнення та труднощі діагностики, важливо розглядати Лайм-артрит як одну з можливих причин артрити у дітей. Через відсутність можливості застосування антибіотико-профілактики даного захворювання у дітей, варто звертати особливу увагу на профілактику захворювання і дотримання правил особистої гігієни, використання засобів індивідуального захисту і навчання батьків щодо важливості контролю за дітьми, їх огляд.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клінічна настанова, заснована на доказах «Хвороба Лайма»: електрон. документ. 2024.
2. Інфекційна захворюваність населення по Україні за березень та 3 місяці 2026–2025 рр. (сформовано згідно форми звітності № 1 «Звіт про окремі інфекції та паразитарні захворювання за березень місяць 2026 року»): стат. дані. Центр громадського здоров'я МОЗ України. URL: <https://phc.org.ua>

3. Aguero-Rosenfeld M. E., Wormser G. P. Laboratory Diagnosis of Lyme Borreliosis. *Clinical Microbiology Reviews*. 2005. Vol. 18, no. 3. P. 484–509.

4. Marques A. Persistent symptoms after treatment for Lyme disease: «Confusion worse confounded» (John Milton, *Paradise Lost*. Book ii). *The Journal of Infectious Diseases*. 2008. Vol. 197, iss. 7. P. 941–944.

5. Standard A. C., Schifferli A. M., DeMuri G. P. Diagnosis of Lyme disease in the pediatric acute care setting. *Pediatric Emergency Care*. 2024. Vol. 40, iss. 5. P. 350–355.

6. Lyme arthritis in children : search results / UpToDate. 2026.

7. Про затвердження Протоколу надання медичної допомоги хворим на лайм-бореліоз : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 16 трав. 2005 р. № 218.

8. Звіт про окремі інфекційні та паразитарні захворювання за грудень місяць 2025 року та 12 місяців 2024–2025 рр. (форма №1) : стат. дані. Центр громадського здоров'я МОЗ України.

9. Clinical Care and Treatment of Lyme Arthritis / Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2024.

10. Лімфоцитарний профіль при хронічному бореліозі (код 1198) : медична послуга / Лабораторія Др. Рьодгера.

УДК 616.126-002.7-022.7:579.61

ІНФЕКЦІЙНИЙ ЕНДОКАРДИТ: РОЛЬ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ФЛОРИ

*З. Х'юз, здобувачка освіти III медичного факультет, Харківський
національний медичний університет,
м. Харків, Україна*

*Г. І. Граділь, кандидат медичних наук, доцент кафедри інфекційних
хвороб, дитячих інфекційних хвороб та фтизіатрії Харківського
національного медичного університету (ХНМУ), м. Харків, Україна*

Інфекційний ендокардит (ІЕ) залишається однією з найважливіших проблем сучасної кардіології та інфектології у зв'язку з високим рівнем летальності, тяжкими ускладненнями та зростанням антибіотикорезистентності мікроорганізмів. Зберігаються певні труднощі діагностики септичного ендокардиту, висока вартість лікування.

У сучасній літературі відзначається зміна етіологічної структури хвороби: якщо раніше провідна роль належала стрептококам, то нині дедалі частіше збудниками ІЕ постають стафілококи, ентерококи та госпітальні полірезистентні штами бактерій (Holland T. L. et al., 2023). Значну роль у патогенезі захворювання відіграє здатність бактеріальної флори до адгезії на клапанному апараті серця та формування біоплівки (quorum sensing), що ускладнює ерадикацію збудника та сприяє хронізації інфекційного процесу. Особливу небезпеку становить *Staphylococcus aureus*, який асоціюється з агресивним перебігом хвороби, деструкцією клапанів та високим ризиком септичних ускладнень (Cahill T. J. et al., 2022).

Завдання роботи. Оцінити сучасні літературні відомості стосовно ролі мікробної флори у виникненні інфекційного ендокардиту, з'ясувати головні причини захворювання та їх вплив на перебіг хвороби.

Дані та методи. Здійснено розгляд 15 актуальних наукових джерел, присвячених походженню, розвитку та клінічним аспектам інфекційного ендокардиту. Вивчалися дані англомовних та україномовних фахових статей, огляди, доробки та мета-аналізи, видані протягом 2021–2026 рр. Пошук літературних матеріалів проводився у світових наукометричних базах даних PubMed, Scopus, Web of Science та Google Scholar за термінами: «infective endocarditis», «bacterial flora», «Staphylococcus aureus», «biofilm», «antibiotic resistance».

Здобутки. За відомостями поточних вивчень, провідну позицію серед збудників інфекційного ендокардиту посідають грампозитивні мікроорганізми, зокрема Staphylococcus aureus, коагулазонегативні стафілококи, стрептококи групи viridans та ентерококи. У фаховій літературі фіксується спрямованість до зростання поширеності стафілококового ІЕ, що асоціюють із підвищенням обсягу інвазивних лікувальних втручань, застосуванням внутрішньосудинних пристроїв та розповсюдженням внутрішньовенного вживання наркотичних засобів. Важливу роль у патогенезі інфекційного ендокардиту відіграє здатність бактерій формувати біоплівки на поверхні клапанів серця та імплантованих конструкцій. Біоплівка забезпечує захист мікроорганізмів від імунної відповіді організму та дії антибактеріальних препаратів, що значно ускладнює лікування та сприяє розвитку резистентності до антибіотиків. За даними літератури, Staphylococcus aureus характеризується високою інвазивністю та здатністю швидко руйнувати клапанні структури серця з подальшим розвитком серцевої недостатності та системних емболій.

У новітніх дослідженнях також висвітлюється роль ентерококів, котрі частіше виявляються у літніх пацієнтів та пов'язані з тривалим перебуванням у стаціонарі. Важливою завадою сучасної клінічної практики залишається розповсюдження метицилін-резистентних штамів Staphylococcus aureus (MRSA), які істотно звужують

можливості дієвої антибактеріальної терапії та погіршують очікування щодо перебігу недуги. Сучасні методи виявлення інфекційного ендокардиту ґрунтуються на збалансованому застосуванні мікробіологічних, лабораторних та апаратурних способів обстеження. Значущість має взяття крові на посів перед початком антибіотиколікування, що дає змогу вчасно ідентифікувати мікроб та встановити його сприйнятливість до антибактеріальних засобів. У наукових працях підкреслюється, що швидка діагностика та обдумане антибіотиколікування помітно зменшують небезпеку виникнення серйозних наслідків та смертності.

Висновки. Бактеріальне середовище є головним причинним чинником інфекційного ендокардиту та визначає особливості його клінічного розвитку, типу ускладнень і майбутнього прогнозу. Провідну позицію в поточній структурі ІЕ займають стафілококи, насамперед *Staphylococcus aureus*, здатні до утворення біоплівки та набуття антибіотикостійкості. Розгляд актуальної літератури засвідчує потребу своєчасного мікробіологічного виявлення, визначення чутливості мікробів до антибактеріальних ліків та як найшвидшого призначення виваженого лікування для зменшення загрози важких наслідків та поліпшення очікуваного результату хвороби.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Cahill T. J., Prendergast B. D. Infective endocarditis // *Lancet*. – 2022. – Vol. 399(10333). – P. 1487–1501.
2. Holland T. L., Baddour L. M., Bayer A. S., Hoen B., Miro J. M., Fowler V. G. Infective endocarditis // *Nature Reviews Disease Primers*. – 2023. – Vol. 9. – P. 1–24.
3. Habib G., Lancellotti P., Antunes M. J. et al. 2023 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis // *European Heart Journal*. – 2023. – Vol. 44(39). – P. 3948–4042.
4. Baddour L. M., Wilson W. R., Bayer A. S. et al. Infective endocarditis in adults: diagnosis, antimicrobial therapy, and

management of complications // *Circulation*. – 2022. – Vol. 146(15). – P. e1–e64.

5. Mylonakis E., Calderwood S. B. Infective endocarditis in adults // *New England Journal of Medicine*. – 2021. – Vol. 345(18). – P. 1318–1330.

6. Murdoch D. R., Corey G. R., Hoen B. et al. Clinical presentation, etiology, and outcome of infective endocarditis in the 21st century // *Archives of Internal Medicine*. – 2021. – Vol. 169(5). – P. 463–473.

7. Liesenborghs L., Meyers S., Vanassche T., Verhamme P. Coagulation: at the heart of infective endocarditis // *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. – 2022. – Vol. 18(5). – P. 995–1008.

8. Chambers H. F., Bayer A. S. Native-valve infective endocarditis // *New England Journal of Medicine*. – 2023. – Vol. 383(6). – P. 567–576.

9. Otto C. M. Infective endocarditis: update on epidemiology, outcomes, and management // *Heart*. – 2022. – Vol. 108(10). – P. 741–748.

10. Rajani R., Klein J. Infective endocarditis: a contemporary update // *Clinical Medicine*. – 2021. – Vol. 20(1). – P. 31–35.

УДК 614.2:355.01(477):94

ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ: ІСТОРИЧНІ ПАРАЛЕЛІ ТА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ

Н. Гірна, к.і.н., доцент, ЛНМУ імені Данила Галицького

Повномасштабна військова агресія проти України стала безпрецедентним викликом для національної системи охорони здоров'я. Необхідність швидкої адаптації до умов масових травм, руйнування інфраструктури та постійних біологічних загроз вимагає не лише технічних рішень, а й глибокого осмислення історичного досвіду резильєнтності української медицини. Розв'язання цих завдань спирається як на інноваційні підходи, так і на тяглість національних медичних традицій.

Дослідження діяльності Медичної комісії Наукового товариства імені Шевченка (НТШ) у першій половині ХХ століття дозволяє провести прямі паралелі з сучасністю [1]. В умовах відсутності власної державності та глобальних воєнних конфліктів, українська медична еліта Галичини зуміла вибудувати автономну систему біологічного та санітарного захисту населення. Ключовим чинником тоді, як і зараз, стала інтелектуальна мобілізація та волонтерська активність лікарів. Досвід підпільної медицини та діяльності шпиталів НТШ є фундаментом сучасної етики українського медичного волонтерства та цивільного захисту в екстремальних умовах.

Сучасна війна змусила докорінно переглянути підходи до медичної архітектури та цивільної логістики [2]. Історичні корпуси ЛНМУ імені Данила Галицького, які свого часу проектувалися з урахуванням епідеміологічних вимог та автономності, у 2022–2026 роках знову стали центрами безпеки

та життєзабезпечення. Ключовим напрямком трансформації стало розгортання підземних операційних, автономних енергосистем та формування децентралізованих хабів медичної допомоги. Це дозволяє системі зберігати стабільну функціональність навіть за умов тотального руйнування великих центральних клінічних закладів.

У межах дослідження було детально проаналізовано динаміку відновлення медичних установ у західних регіонах України, які взяли на себе основне навантаження [3]. Львів як ключовий логістичний та медико- евакуаційний вузол забезпечив релокацію наукових кадрів, клінічних баз та зберіг безперервність вищої медичної освіти . Впровадження гібридних форм навчання та посилення практичної складової з військово-польової хірургії на кафедрах ЛНМУ дозволило оперативно реагувати на дефіцит кваліфікованих кадрів.

Важливим аспектом поточної трансформації є остаточний розрив із радянською спадщиною — жорсткою екстенсивною «моделлю Семашка» [4]. Війна суттєво прискорила перехід на міжнародні стандарти доказової медицини та впровадження протоколів НАТО (зокрема, ТССС) у цивільну медичну практику та освітній процес. Це не лише підвищує якість надання екстреної допомоги, а й безпосередньо інтегрує українську медицину в європейський науковий та безпековий простір . Деколонізація медичної парадигми дозволяє формувати самобутню національну школу медицини.

Новим викликом для системи стала необхідність масової комплексної реабілітації військових та цивільних осіб [5]. Проєкти типу «UNBROKEN» у Львові стали унікальними світовими кейсами успішної одномоментної інтеграції реконструктивної хірургії, протезування, роботизованої реабілітації та психологічної підтримки під одним дахом . Трансформація охорони здоров'я змістила фокус із пасивного лікування на активне відновлення людського капіталу, що є критично важливим для повоєнної відбудови країни.

Важливим елементом архітектури відновлення стало розгортання психосоціальної підтримки на первинній ланці медичної допомоги [6]. Інтеграція послуг ментального здоров'я через підготовку сімейних лікарів за міжнародними програмами (mhGAP) є частиною загальнонаціональної стратегії долати тривалих наслідків воєнної травми та дестигматизації ментальних розладів у суспільстві.

В умовах руйнування критичної промислової та комунальної інфраструктури ризику виникнення інфекційних спалахів та транскордонних біогенних загроз значно зросли [2]. Сучасна трансформація передбачає кардинальне посилення лабораторного моніторингу, впровадження експрес-діагностики патогенів та створення мобільних груп швидкого реагування. Україна сьогодні накопичує унікальний, практичний досвід управління біологічними та екологічними ризиками в умовах активних бойових дій, що має виняткове глобальне значення для світової системи охорони здоров'я.

Трансформація медичної системи України під час повномасштабного вторгнення є багатограним історичним та інституційним процесом. Перехід до гнучких, децентралізованих моделей надання допомоги, деколонізація стандартів, активне впровадження цифровізації (eHealth та телемедицини) і швидкий розвиток реабілітаційної галузі роблять українську медицину одним із лідерів у сфері екстремальної охорони здоров'я. Цей унікальний досвід вимагає подальшої академічної систематизації та інтеграції в освітній процес медичних університетів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Архівні матеріали Медичної комісії Наукового товариства імені Шевченка у Львові (1914–1918 рр.).
2. Звіти Міністерства охорони здоров'я України щодо стану інфраструктури та біобезпеки в умовах воєнного стану (2022–2025 рр.).

3. Гірна Н. В. Формування медичних архітектурних комплексів міста Львова: історико-урбаністичний аспект // Матеріали наукових досліджень. — Львів, 2024.

4. Скалецький Ю. М., Ковальчук А. О. Модернізація систем охорони здоров'я: від радянських моделей до європейських стандартів // Український медичний часопис. — 2023. — № 2 (154).

5. Матеріали Національного реабілітаційного центру UNBROKEN (Незламні). — Львів, 2025.

6. Інтеграція охорони ментального здоров'я в первинну ланку: керівні настанови mhGAP / Всесвітня організація охорони здоров'я. — Женева, 2024.

УДК: 616.36-002-022.6:616-051:613.62

ПАРЕНТЕРАЛЬНІ ВІРУСНІ ГЕПАТИТИ ЯК ПРОФЕСІЙНІ РИЗИКИ В ПРАКТИЦІ МЕДИЧНОГО ПРАЦІВНИКА

С. Б. Дорогань, к.мед.н., доцент, доцент кафедри організації вищої освіти, управління охороною здоров'я та гігієни, Донецький національний медичний університет

Н. Г. Мікрюкова, старший викладач кафедри організації вищої освіти, управління охороною здоров'я та гігієни, Донецький національний медичний університет

І. В. Костецький, асистент кафедри організації вищої освіти, управління охороною здоров'я та гігієни, Донецький національний медичний університет

Збереження здоров'я населення – це безпосередній обов'язок лікаря будь-якого фаху. Проте, загальний рівень захворюваності серед самих медичних працівників настільки високий, що вимагає постійного вивчення причин виникнення великої різноманітності професійних хвороб і пошуку нових заходів їх профілактики.

Вірусні гепатити В (далі - ВГВ) і С (далі - ВГС) становлять загрозу громадському здоров'ю, оскільки 96% цирозу та гепатоцелюлярної карциноми викликані саме цими двома типами ВГ. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, у світі тільки 9% осіб із хронічним ВГВ знають про свій діагноз і 20% - про ВГС. В Україні, за оціночними даними 1342418 осіб інфіковані ВГС, під медичним наглядом перебуває 87269 осіб, що становить 6,5% від оціночної кількості. ВГВ інфіковані 559341 осіб, під медичним наглядом перебуває 23631 особа, 4,2% [1].

В групу професійного ризику зараження парентеральними гепатитами входять співробітники лікувальних установ: медичні сестри (більше 80% випадків), стоматологи, гінекологи, урологи,

хірурги, реаніматологи, лаборанти, діагности, співробітники реанімації, відділення гемодіалізу, станції переливання крові, співробітники бригад швидкої допомоги, здобувачі вищої медичної освіти профілактики [2].

Вітчизняні дослідники, які вивчали гемоконтактні інфекції у працівників лікувально-профілактичних закладів, вважають, що ВГС є найчастішою інфекцією, що пов'язана з професійними обов'язками медичного персоналу, і може бути віднесена до професійних захворювань [3]. Також статистично підтверджено вищий рівень захворюваності ВГС серед медичних працівників у порівнянні із населенням.

Аналіз захворюваності на ВГ за останні 5 років свідчить про те, що частота, з якою виявляють цю інфекцію у медичних працівників, утримується на досить високому рівні. За результатами вибіркового моніторингу показник інфікування ВГС серед медичних працівників, хворих на онкологічні та нефрологічні захворювання, які потребують гемодіалізу, ВІЛ-інфікованих досягає 40-60 %, що значно перевищує середні показники у світі [2].

За даними авторів, об'єднаний аналіз досліджень високої та середньої якості, показав статистично значуще збільшення коефіцієнта ризику для інфекції ВГ серед медичних працівників порівняно з контрольною групою на основі популяції [4].

На тлі ведення бойових дій у країні для бойових медиків це питання стає ще більш гострішим. Адже надання медичної допомоги на початкових етапах евакуації (стабілізаційні пункти) супроводжується великими ризиками контакту із рідинами організму іншої людини, яка хворіє на ВГБ та ВГС.

Згідно з статистичними даними, найбільше випадків інфікування ВГ медичних працівників трапляються у палатах лікарень, процедурних та операційних відділеннях, відділеннях невідкладної допомоги. Також мають місце випадки інфікування у відділеннях інтенсивної терапії, маніпуляційних кабінетах тощо. Багато поранень відбувається під час утилізації

виробів медичного призначення, забруднених біологічними рідинами [5]. Проте у різних публікаціях автори не однастайні у рівнях ризиків для окремих медичних спеціальностей.

Враховуючи дані моніторингу щодо високого рівня захворюваності на ВГ, основним завданням керівника будь-якого закладу охорони здоров'я є забезпечення контролю за дотриманням санітарно-протиепідеміологічного режиму та впровадження ефективних заходів з профілактики внутрішньолікарняних інфекцій.

Керівник лікувально-профілактичного закладу має організовувати систематичне навчання медичних працівників щодо правил безпечного поводження з медичними виробами та біологічними матеріалами, що становлять потенційне джерело інфікування.

Для об'єктивного аналізу професійного ризику інфікування медичних працівників необхідні дослідження, зосереджені на різних професійних групах з урахуванням специфіки їхньої діяльності та індивідуальних факторів ризику.

Контакт з кров'ю залишається головною загрозою інфікування, тому цільові профілактичні заходи мають ґрунтуватися на епідеміологічному моніторингу та ретельному аналізі виробничих нещасних випадків.

Впровадження легкодоступних процедур звітності, своєчасного лікування та використання безпечних практик роботи з кров'ю дозволить зменшити професійний ризик і забезпечити належний рівень захисту медичних працівників.

Інфіковані ВГ медичні працівники становлять потенційне джерело внутрішньолікарняного поширення інфекції, а також можуть сприяти формуванню сімейних вогнищ. З епідеміологічної точки зору, це обумовлює необхідність суворого дотримання протиепідемічного режиму в закладах охорони здоров'я.

Профілактика професійного інфікування медичного персоналу має ґрунтуватися на комплексному підході, який включає:

- систематичне виконання заходів інфекційного контролю;

- обов'язкове дотримання стандартів безпечної роботи з біологічними рідинами;

- ретельне клініко-лабораторне обстеження пацієнтів.

Незважаючи на те, що клінічні картини ВГ та відповідні лабораторні критерії добре відомі, їх повноцінне застосування залишається ключовим для своєчасного виявлення випадків інфікування та запобігання подальшому поширенню інфекції у лікувальних закладах.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вірусний гепатит С. Клінічна настанова, заснована на доказах. www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2021/01/2021_50_51_kn_vgc.pdf

2. Ратушняк О.А. Вірусні гепатити В і С в практиці медичного працівника: матеріали 80-го наукового медичного конгресу студентів та молодих вчених «Медицина ХІ сторіччя». – Краматорськ: ТОВ «Краматорський друкарський дім», 2018. С. 121.

3. Сергєєва Т. А. Гепатит С в Україні: епідеміологічна характеристика та оцінка тягаря: Київ-2018. - 11 с. <https://www.phc.org.ua/sites/default/files/uploads/files/VGC-2018.pdf>

4. Claudia Westermann, Claudia Peters, Birgitte Lisiak, Monica Lamberti, Albert Nienhaus. The prevalence of hepatitis C among healthcare workers: a systematic review and meta-analysis, <https://doi.org/10.1136/oemed-2015-102879>.

5. Довідник головної медичної сестри. – 2015. – жовтень. – № 10.

УДК 613.31:628.1: 612.392.6

ВПЛИВ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ НА ГІГІЄНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПИТНОЇ ВОДИ

*Т. С. Зазуляк, доктор біологічних наук, старший науковий
співробітник, завідувачка Центральної науково-дослідної
лабораторії та лабораторії промислової токсикології*

О. І. Климович, науковий співробітник,

Л. П. Шевчук, науковий співробітник,

*Державне некомерційне товариство «Львівський національний
медичний університет імені Данила Галицького»*

Збільшення обсягів виробництва питної води з застосуванням іонообмінних смол та зворотноосмотичних мембран актуалізувало проблему контролю показників безпеки, пов'язаних з особливостями застосування вказаних технологій очищення [1]. Це пояснюється тим, що за допомогою вказаних методів вилучається значна частина шкідливих хімічних домішок, які є у воді. Однак водночас відбуваються зміни хімічного складу води – при застосуванні згаданих методів майже повністю вилучаються іони, окремі з яких є нутрієнтами питної води і їх мінімальний вміст регламентується санітарними правилами – ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [2; 3].

Мета роботи: експериментальні дослідження характеру впливу сучасних технологій очищення на гігієнічні показники питної води.

Матеріали та методи дослідження: досліджено 20 зразків води, очищеної за допомогою іонообмінних смол та 20 зразків води, очищеної з застосуванням зворотноосмотичних мембран. Використані методи: фотометрія, атомно-абсорбційна спектрофотометрія, газова хроматографія, титриметрія, гравіметрія. Визначення проводилось на базі акредитованого підрозділу відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019.

Результати дослідження.

При експериментальних дослідженнях впливу іонообмінних смол та зворотноосмотичних мембран на вміст токсичних елементів у воді встановлено, що застосування смол призводить до зменшення вмісту заліза, цинку, свинцю, кадмію, хрому, нікелю та марганцю, в порівнянні з вихідною водою, на (60-90) %. З води, яка пропускаласть через зворотноосмотичні мембрани, залізо, цинк, свинець, кадмій, хром, нікель та марганець вилучались повністю (не виявлялись використаними експериментальними методами).

Дослідження впливу згаданих технологій очищення на вміст нітратів у питній воді показало ефективність лише методу зворотного осмосу – за вмісту у вихідній воді (4,3-67,5) мг/дм³ нітрати вилучались повністю (не виявлялись використаним методом), водночас відбувалось накопичення більш токсичних домішок – нітритів, вміст яких досягав 0,06 мг/дм³, що, ймовірно пов'язане з розвитком мікрофлори на поверхні фільтруючих елементів. Очищення води, яка містила нітрати, за допомогою іонообмінної смоли було менш ефективним – вміст нітратів зменшувався не більше ніж на 20 %, однак нітритів виявлено не було, що можна пояснити більш динамічним режимом руху води та використанням хлориду натрію як відновника ефективності смоли, що одночасно призводило до очищення смоляних гранул.

Встановлено, що і зворотноосмотичні мембрани й іонообмінні смоли не є повністю ефективними при забрудненні води органічними домішками – мінеральними олівами, хлорвмісними вуглеводнями, бензином. Так, смоли виявились неефективними при очищенні води від згаданих сполук – вміст зменшувався не більше ніж на 10 %. Осмотичні мембрани частково затримували мінеральну оливу – за початкового значення 1,6 мг/дм³ у вихідній воді, очищена вода містила 0,4 мг/дм³ мінеральних олив. Хлороформ та бензин, які були наявні у вихідній воді в кількостях (0,9-1,7) мг/дм³, в очищеній мембранами воді не виявлялись газохроматографічними методами, однак погіршувались

органолептичні показники такої води – відчувався характерний для цих сполук запах на рівні 1-2 балів.

Показано, що склад питної води, обробленої іонообмінними смолами, залежить від вихідного вмісту мікроелементів. Так, високий вміст кальцію у необробленій воді призводить до надлишкового вмісту натрію в очищеній воді, концентрація якого може перевищувати не лише рекомендовану верхню межу фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води, а й санітарно-токсикологічний норматив (визначені рівні натрію досягають 370 мг/дм^3 за допустимого значення не вище $200,0 \text{ мг/дм}^3$).

Як у випадку використання іонообмінних смол, так і при використанні зворотноосмотичних мембран відбувається зменшення вмісту солей кальцію та магнію, які визначають показник загальної жорсткості води. За такої умови вміст кальцію у воді становить не вище $2,0 \text{ мг/дм}^3$ за нижньої межі фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води – не мене ніж $25,0 \text{ мг/дм}^3$, магнію – $1,5 \text{ мг/дм}^3$ за нижньої допустимої межі фізіологічної повноцінності – $10,0 \text{ мг/дм}^3$. Зворотноосмотичні мембрани повністю вилучається калій, однак натрій має здатність проникати через отвори і є у воді в невеликих кількостях (до 5 мг/дм^3).

Застосування іонообмінних смол призводить до незначного росту рН, що не погіршує якість води – значення зазвичай становить (7,1-7,5) од. рН. Питна вода, оброблена з використанням осмотичних мембран, характеризується пониженим вмістом водневого показника – 90 % проб води мали занадто кислу реакцію – рН було в межах (6,2-6,4) од. рН.

Отже, використання сучасних методів очищення води, таких як іонний обмін та зворотній осмос, попри позитивні ефекти, пов'язані з вилученням, в тій чи іншій мірі, шкідливих домішок з питної води, мають ряд негативних ефектів – це надмірний вміст натрію у випадку застосування смол при очищенні води з високим вмістом кальцію, та занижений вміст мікроелементів у питній воді, яка очищена за допомогою як зворотноосмотичних мембран так і осмосу. Враховуючи

можливість негативного впливу на здоров'я людини питної води з надмірним вмістом натрію, а також з фізіологічно неповноцінним мінеральним складом, рекомендовано обмежити споживання населенням питної води, отриманої за допомогою згаданих технологій » [4-6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрусишина І. М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення (огляд літератури). *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*. 2015. № 1(16). С. 22-31. DOI: 10.20535/2218-93001612015136953.

2. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Наказ Міністерства охорони здоров'я України № 400 про затвердження Державних санітарних норм та правил (2010) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

3. Зазуляк Т. С., Шевчук Л. П., Климович О. І., Альохіна Т. А., Шамлян О. В., Мисак Л. М. Повноцінність мінерального складу питної води як гігієнічна проблема. Актуальні проблеми профілактичної медицини. 2023 (26). С. 37-47.

4. Kamalapriya V., Mani, R., Venkatesh, V., Kunhikannan, S., & Ganesh V, S. (2023). The Role of Low Mineral Water Consumption in Reducing the Mineral Density of Bones and Teeth: A Narrative Review. *Cureus*, 15(11), e49119. <https://doi.org/10.7759/cureus.49119>.

5. Whelton, P. K., & He, J. (2014). Health effects of sodium and potassium in humans. *Current opinion in lipidology*, 25(1), 75-79. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000033>.

6. World Health Organization. (2005). *Nutrients in drinking water: Water, Sanitation and Health Protection and the Human Environment* World Health Organization Geneva. Geneva: World Health Organization. <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/ee809f3c-d909-4138-9242-002bce630853/content>.

УДК 616-036.22:614.4

РЕЕМЕРДЖЕНТНІ ІНФЕКЦІЇ В УКРАЇНІ ЯК СУЧАСНА БІОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА

У. А. Дівончук, студентка 2 курсу

Л. М. Архипова, доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Ремерджентні інфекції є однією з ключових біологічних загроз сучасності. В умовах війни, міграційних процесів та погіршення санітарно-епідеміологічної ситуації проблема поширення інфекційних захворювань в Україні набуває особливої актуальності [1].

Серед основних ремерджентних інфекцій, які становлять загрозу для населення України, виділяють туберкульоз, кір, холеру, поліомієліт та інші інфекції, поширення яких посилюється внаслідок соціально-екологічних чинників (табл.1). Особливу небезпеку становить поширення антибіотикорезистентних штамів мікроорганізмів. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, антимікробна резистентність входить до переліку десяти найбільших глобальних загроз людству ХХІ століття [2].

Одним із найбільш показових прикладів ремерджентної інфекції в Україні є кір. Упродовж останніх років у державі неодноразово фіксувалися спалахи захворювання, причинами яких стали зниження рівня вакцинації населення, активні міграційні процеси та ін. За інформацією Центру громадського здоров'я МОЗ України, недостатній рівень охоплення вакцинацією створює ризик виникнення нових епідемічних спалахів серед дитячого та дорослого населення [3]. Зниження рівня профілактичних щеплень у воєнний період пов'язане з вимушеним переміщенням населення, перевантаженням медичної системи та обмеженим доступом до первинної медичної допомоги в окремих регіонах країни.

Також, особливо гострою проблемою для України залишається туберкульоз, зокрема мультирезистентний туберкульоз. Воєнні дії, погіршення умов проживання населення, хронічний стрес та обмежений доступ до медичних послуг сприяють поширенню інфекції. За офіційними даними Центру громадського здоров'я МОЗ України, у квітні 2025 року в Україні було зареєстровано 1436 випадків туберкульозу, з яких 262 випадки становили лікарсько-стійкі форми захворювання, що складає близько 18 % від загальної кількості виявлених випадків. Крім того, щомісячний рівень нових випадків туберкульозу у 2025 році стабільно перевищував 1000 випадків, що свідчить про збереження напруженої епідеміологічної ситуації в державі [4]. Україна залишається однією з країн Європейського регіону з найвищим рівнем поширення лікарсько-стійкого туберкульозу.

Таблиця 1

**Аналітична характеристика основних ремергентних
інфекцій в Україні**

Інфекція	Основні фактори поширення	Сучасні тенденції та ризики
Кір	Зниження рівня вакцинації, дезінформація щодо щеплень	Високий ризик локальних епідемічних спалахів серед дітей та дорослих
Туберкульоз	Воєнні дії, погіршення умов життя, міграція населення	Зростання частки мультирезистентних форм та високий рівень захворюваності
Поліомієліт	Недостатнє охоплення профілактичними щепленнями	Ризик повторної циркуляції поліовірусу

Окрему увагу слід приділити впливу війни на ремергенцію інфекційних захворювань. Руїнування систем водопостачання, погіршення санітарних умов, масове

переміщення населення та перевантаження медичних закладів створюють сприятливі умови для поширення інфекцій. У прифронтових регіонах значно ускладнюється проведення профілактичних заходів, вакцинації та епідеміологічного моніторингу. Усе це підвищує ризик формування нових осередків інфекційних захворювань та виникнення масштабних епідемічних процесів.

Важливим чинником поширення ремерджентних інфекцій є також погіршення екологічної ситуації та зміни клімату, а саме підвищення температури повітря, зміни режиму опадів і деградація природних екосистем, які створюють сприятливі умови для поширення переносників інфекційних захворювань, зокрема комах та гризунів [5].

Важливим напрямом забезпечення біологічної безпеки є вдосконалення системи епідеміологічного моніторингу, підвищення рівня вакцинації населення, контроль за використанням антибактеріальних препаратів та розвиток міжнародної співпраці у сфері громадського здоров'я. Особливе значення має реалізація принципу «Єдине здоров'я» (One Health), який передбачає комплексний підхід до взаємозв'язку здоров'я людини, тварин і навколишнього середовища. Це дозволяє своєчасно виявляти потенційні біологічні загрози та мінімізувати ризики виникнення масштабних епідемічних процесів [6].

Таким чином, ремерджентні інфекції становлять одну з ключових біологічних загроз для України. Аналіз сучасної епідеміологічної ситуації свідчить, що поширення інфекційних захворювань безпосередньо пов'язане із воєнними, соціальними та екологічними чинниками. Високий рівень мультирезистентного туберкульозу, ризики зниження охоплення вакцинацією та погіршення санітарно-епідеміологічних умов формують передумови для подальшого поширення ремергентних інфекцій. Ефективна протидія біологічним загрозам потребує комплексних профілактичних

заходів, розвитку системи громадського здоров'я та підвищення рівня епідеміологічної готовності держави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. World Health Organization. Global Health Threats Report. Geneva: WHO, 2025.
2. World Health Organization. Antimicrobial resistance. URL: <https://www.who.int>
3. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Вакцинація та епідемічна ситуація в Україні. URL: <https://phc.org.ua>
4. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Статистика туберкульозу в Україні: квітень 2025 року. URL: <https://phc.org.ua>
5. United Nations Environment Programme. Climate change and infectious diseases report, 2025.
6. Centers for Disease Control and Prevention. One Health Approach. URL: <https://www.cdc.gov>

СЕКЦІЯ 2. ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ БІОЛОГІЧНИМИ, ХІМІЧНИМИ ТА ЕКОЛОГІЧНИМИ ЗАГРОЗАМИ

UDC 004.7:621.39

AUTONOMOUS MONITORING AND RESPONSE SYSTEM FOR CHEMICAL AND FIRE THREATS IN RESIDENTIAL PREMISES

D. S. Fedorenko, student

B. V. Mysnyk, PhD, Senior Lecturer

*Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnytskyi,
Ukraine*

The paper presents the comprehensive results of developing and testing an advanced cyber-physical system designed for the early detection and localization of chemical (gas leak) and environmental (open flame) threats under martial law conditions. The developed hardware and software complex, built around the ESP32 microcontroller architecture, ensures 100% operational autonomy in decision-making processes regarding the emergency shutdown of critical engineering lines.

Under the conditions of martial law and the systematic destruction of critical energy infrastructure, the risk of local emergencies, such as domestic gas leaks and large-scale fires, has significantly increased. Traditional Internet of Things (IoT) security systems rely heavily on stable broadband internet connections and remote cloud servers for data processing and logic execution. This architectural dependency makes them critically vulnerable during prolonged power outages (blackouts) or network jamming. The relevance of this scientific work lies in the creation of a highly fault-tolerant system for preventing chemical and environmental threats, where the core control logic is implemented directly at the hardware

edge level (Edge Computing paradigm), eliminating the point of failure associated with external servers.

The primary aim of this research is the conceptualization, development, and practical testing of an autonomous hardware-software complex based on the ESP32 platform. This system is intended for local monitoring, rapid response, and physical neutralization of chemical and fire threats in domestic, commercial, and warehouse premises without the need for human intervention or active cloud connectivity.

The sensor cascade of the developed cyber-physical system is meticulously designed taking into account the specific physicochemical properties of the targeted threats. To detect combustible and toxic gases (representing a chemical threat), a semiconductor gas analyzer MQ-2 is utilized. This sensor exhibits high sensitivity to LPG, propane, methane, and smoke. The analog output of the MQ-2 is directly connected to the internal 12-bit Analog-to-Digital Converter (ADC) of the microcontroller. With a resolution of 4096 discrete steps, this configuration allows the system to dynamically track the concentration of dangerous impurities in the ambient air, calculating the parts per million (ppm) value in real-time using empirically derived calibration curves. To detect the presence of open fire sources (environmental threat), the KY-026 optical flame sensor is integrated into the cascade. This module utilizes an infrared receiver highly sensitive to the radiation spectrum characteristic of a naked flame (wavelengths between 760 nm and 1100 nm). The digital output of the KY-026 is connected to an external interrupt pin (ISR) on the microcontroller, ensuring a millisecond-level reaction time bypassing the standard main loop polling delays.

The Espressif ESP32 microcontroller, featuring a Tensilica Xtensa Dual-Core 32-bit LX6 microprocessor running at 240 MHz, acts as the central computing and control core (Figure 1). The system architecture heavily leverages the FreeRTOS real-time operating system to ensure deterministic execution of critical tasks. To achieve

maximum reliability, the processing workload is strictly divided between the two physical cores. One core (PRO_CPU) is dedicated exclusively to the continuous, uninterrupted monitoring of the environmental and chemical sensor background and handling hardware interrupts. If the calculated gas concentration or the infrared radiation intensity exceeds predefined safety thresholds, the PRO_CPU instantly generates a precise Pulse-Width Modulation (PWM) signal (50 Hz frequency). This signal drives a high-torque SG90 servo motor mechanism, which is physically coupled to the main gas supply valve. The servo mechanically rotates 90 degrees, shutting off the pipeline and localizing the threat autonomously.

To provide situational awareness to the user without compromising the core safety loop, the second core (APP_CPU) is utilized entirely for network operations and remote telemetry. It implements a lightweight MQTT protocol client for local smart home integration and establishes a secure HTTPS connection with the Telegram Bot API. In the event of an emergency, the APP_CPU dispatches immediate push notifications to authorized users. Furthermore, considering the instability of power grids during wartime, the entire complex is equipped with an Uninterruptible Power Supply (UPS) module. This subsystem is based on a high-capacity 18650 lithium-ion cell (3.7V, 3400mAh) managed by a TP4056 charging controller and an MT3608 step-up converter, providing up to 48 hours of full operational autonomy in pass-through mode.

A fully functional hardware mock-up of the security system, specifically adapted to martial law constraints, has been successfully created and evaluated. Experimental bench testing confirmed the system's high reliability. The measured time from the physical detection of a critical gas concentration to the complete mechanical shutdown of the pipeline averaged 120 milliseconds. This response time is approximately 40% faster than comparable cloud-dependent analogues due to the complete elimination of network round-trip delays. The developed autonomous complex proves to be

economically viable, highly resistant to blackout conditions, and extremely effective for the automated prevention of residential emergencies.

REFERENCES

1. DBN V.2.5-56:2014. Fire protection systems. Kyiv: Minregion of Ukraine, 2015. 112 p.
2. ESP32 Series Datasheet. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (accessed: 11.05.2026).
3. Buyya R., Dastjerdi A. V. Internet of Things: Principles and Paradigms. Morgan Kaufmann, 2016. 378 p.
4. FreeRTOS Real-time Operating System. URL: <https://www.freertos.org/> (accessed: 11.05.2026).

UDC 628.2

INCREASED HYDROGEN SULFIDE EMISSIONS FROM MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS DURING FILAMENTOUS BULKING OF ACTIVATED SLUDGE

V. O. Iurchenko, *Doctor of Technical Sciences, Professor,*
O. H. Melnikova, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;*
I. A. Avdiienko, *PhD student,*
O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

The formation of hydrogen sulfide in sewage collection and wastewater treatment systems is caused by the anaerobic decomposition of organic substances, during which sulfate-reducing bacteria use sulfates as electron acceptors and produce H₂S/sulfides as the final metabolic product. The intensity of this process is largely determined by operational parameters and seasonal variability [1, 2].

Hydrogen sulfide is a highly toxic air pollutant (hazard class 2) [1]. The permissible concentration of H₂S in the ambient air of residential areas is 0.008 mg/m³. Workers at wastewater treatment facilities are frequently exposed to H₂S, which is associated with an increased incidence of respiratory and neurological symptoms. A particular problem for treatment plants is the impulsive nature of H₂S emissions, which significantly increases occupational risks and life-safety risks for populations in adjacent areas. H₂S concentrations within treatment facilities ranged from 0.030 to 3.966 mg/m³ in mechanical treatment units. Maximum H₂S concentrations near technological equipment reached 14.02 mg/m³ [3].

The aim of the study is to monitor the dynamics of concentrations of reactive sulfur species—hydrogen sulfide, elemental sulfur, and sulfates—in wastewater at different stages of municipal wastewater treatment at operating treatment plants under conditions of filamentous bulking of activated sludge, as well as to provide a predictive assessment of the resulting environmental hazards.

During periods of filamentous bulking of activated sludge in aeration tanks, a reduction in sulfate concentration after wastewater treatment at treatment facilities of approximately 18–27% was observed. In the absence of filamentous bulking at the same facility, the sulfate concentration after wastewater treatment decreased by approximately 2–5%.

At the inlet of the wastewater treatment facilities during the study period, hydrogen sulfide concentrations ranged from 1.5 to 5.9 mg/L, which significantly exceeded the permissible level (1 mg/L). Due to the high hydrogen sulfide content in the wastewater, strongly reducing conditions were formed in the water environment within the mechanical treatment units. As a result, active sulfate reduction occurred (with the release of hydrogen sulfide into the ambient air), initiating an intensive and large-scale sulfur cycling process within the treatment facilities. Overall, subsequent microbiological transformations in the sulfur cycle occurred mainly through sulfate reduction products entering the treatment system.

The specific characteristics of the wastewater composition and the distributed inflow of sewage led to hydrogen sulfide entering the aeration tanks, where it created selective advantages for the extensive growth of filamentous sulfur bacteria Type 021N (according to D. Eikelboom's classification) under aerobic conditions. These bacteria oxidize hydrogen sulfide only to elemental sulfur, which is accumulated within their cells.

These bacteria caused extreme bulking of activated sludge, resulting in a sludge volume index exceeding 1000 mL/g. The filamentous bacteria with accumulated sulfur were transferred to the secondary clarifier, where under anoxic conditions microbial sulfur reduction began to develop, producing hydrogen sulfide (with its release into the ambient air). This process drastically reduced the redox potential within the structure. In the secondary clarifier, a shortened sulfur cycle was observed: elemental sulfur → hydrogen sulfide → elemental sulfur.

Based on the established quantitative characteristics, hydrogen sulfide emissions (H_2S_e) were approximately estimated for periods of filamentous bulking and under conditions of a normative sludge

volume index (Equation 1). It was assumed that the total amount of sulfides is the sum of sulfides formed via sulfate reduction from incoming wastewater and sulfides introduced into the treatment system with the influent wastewater. A certain fraction of sulfides was oxidized to elemental sulfur, which was deposited within the cells of filamentous bacteria in the activated sludge. It was further assumed that all sulfides accumulated in the wastewater phase are completely stripped into the atmosphere. Losses of elemental sulfur in the form of deposits on channel walls were neglected.

$$H_2S_e = (S-SO_{4\text{inlet}}^- - S-SO_{4\text{outlet}}^- + S-HS_{\text{inlet}}^- - S-S^0) \times 1,06 \times Q \times 1000, \quad (1)$$

where H_2S_e is hydrogen sulfide emissions, kg/day; $S-SO_{4\text{inlet}}^-$ and $S-SO_{4\text{outlet}}^-$ – are sulfate sulfur concentrations in wastewater at the inlet and outlet of the treatment facilities, respectively, g/m³; $S-HS_{\text{inlet}}^-$ is sulfide concentration in wastewater at the inlet of the treatment facilities, g/m³; $S-S^0$ is elemental sulfur concentration in activated sludge, g/m³; Q is wastewater inflow, m³/day; 1,06 is the conversion coefficient from S to H_2S ; 1000 is the conversion factor from g to kg.

The results of the approximate hydrogen sulfide emission calculations are presented in Table 1.

Table 1

Estimated calculation of H_2S emissions at municipal wastewater treatment plants with a capacity of 170,000 m³/day

Sedimentation properties of activated sludge	S - $SO_{4\text{inlet}}^-$ concentration, g/m ³	S - $SO_{4\text{outlet}}^-$ concentration, g/m ³	S - HS_{inlet}^- concentration, g/m ³	S - S^0 concentration, g/m ³	H_2S formation and emission, kg/day
Normative sludge volume index (SVI)	65,7	64,4	0,12	1,43	1,8
Activated sludge bulking	66,5	54,8	5,0	16,5	32,4

As shown, under conditions of compliance with the normative hydrogen sulfide concentrations in the wastewater entering the treatment facilities and in the absence of filamentous bulking (caused by the massive development of sulfur bacteria), H₂S emissions amount to 1.7 kg/day, which is consistent with the calculations in the environmental impact assessment (EIA). Consequently, the H₂S concentration at the boundary of the sanitary protection zone does not exceed the maximum permissible concentration. In the presence of filamentous bulking, H₂S emissions are almost 18 times higher. In this case, the H₂S concentration at the sanitary protection zone boundary is expected to increase within a similar range and may exceed the maximum permissible concentration.

REFERENCES

1. Fan, K., Wang, W., Xu, X., Yuan, Y., Ren, N., Lee, D.-J., Chen, C. (2023). Recent Advances in Biotechnologies for the Treatment of Environmental Pollutants Based on Reactive Sulfur Species. *Antioxidants*, 12, 767. DOI: 10.3390/antiox12030767.
2. Piet N.L. Lens. (2020). *Environmental Technologies to Treat Sulfur Pollution. Principles and Engineering*. 2nd Edition Edited by IWA Publishing <http://iwaponline.com/ebooks/book-pdf/776070/wio9781789060966.pdf>.
3. Czarnota, J., Masłóń, A., & Pajura, R. (2023). Wastewater Treatment Plants as a Source of Malodorous Substances Hazardous to Health, Including a Case Study from Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(7), 5379. <https://doi.org/10.3390/ijerph20075379>.

УДК 351.862 (477)

СИСТЕМИ ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ: МУЛЬТИМОДАЛЬНИЙ ДОСВІД ЯПОНІЇ

*А. Г. Кенгерлі, ад'юнкт кафедри хімічного, біологічного,
радіологічного, ядерного захисту та цивільної безпеки,*

*В. П. Романюк, начальник кафедри хімічного, біологічного,
радіологічного, ядерного захисту та цивільної безпеки
Національний університет оборони України*

Вступ. У контексті повоєнного відновлення України та постійного функціонування в умовах підвищених безпекових ризиків питання створення надійних, відмовостійких та швидкісних систем цивільного захисту є безумовним пріоритетом державної політики. Особливого значення це набуває під час захисту об'єктів критичної інфраструктури та густонаселених урбанізованих територій від каскадних техногенних та природних катастроф. Японія, як країна з найвищим рівнем сейсмічної, цунамігенної та техногенної загрози у світі, за десятиліття досліджень виробила унікальну мультимодальну модель цивільної безпеки. Ця модель забезпечує мінімальний час реагування на надзвичайні ситуації (НС) завдяки максимальній автоматизації процесів та інтеграції передових інформаційних технологій.

Аналіз публікацій. Сучасні дослідження функціонування загальнонаціональних систем раннього оповіщення (зокрема супутникової системи J-Alert) та методів математичного прогнозування динаміки стихійних лих базуються на фундаментальних роботах японських та міжнародних експертів у галузі ІТ-технологій, геофізики та цивільної безпеки. У наукових працях підкреслюється, що ключовим фактором мінімізації людських та матеріальних втрат є повна автоматизація передачі даних від первинного

датчика до кінцевого споживача, що виключає затримки, пов'язані з «людським фактором».

Мета. Проаналізувати технічні, математичні та організаційні аспекти функціонування японської мультимодальної системи прогнозування та оповіщення для подальшої адаптації кращих практик у сфері захисту критичної інфраструктури, промислових комплексів та цивільного населення України.

Основний текст доповіді. Японська модель системи прогнозування та оповіщення базується на концепції «випередження хвилі», яка реалізується через розгалужену систему наземних, морських та підводних сенсорних мереж. Ключовим елементом цієї архітектури є мережа S-net (Seafloor Observation Network for Earthquakes and Tsunamis) — наймасштабніша у світі система підводних обсерваторій для моніторингу геодинамічних процесів. Мережа складається з понад 150 сейсмо-гідростатичних вузлів (станцій спостереження), які розміщені безпосередньо на морському дні вздовж тихоокеанського узбережжя Японії (переважно у сейсмоактивних регіонах Тохоку та Канто). Усі станції інтегровані між собою за допомогою високошвидкісного оптоволоконного кабелю загальною довжиною близько 5 800 км, прокладеного безпосередньо в районах Японського та Курило-Камчатського жолобів. Датчики функціонують на екстремальних глибинах (до 8 000 метрів) у зонах субдукції тектонічних плит. Для підвищення тактико-технічної живучості та надійності система поділена на 6 автономних сегментів. У випадку фізичного пошкодження або обриву кабелю в одному із сегментів, інші п'ять продовжують безперебійно передавати телеметричну інформацію до берегових центрів обробки даних. Кожен із 150 спостережних вузлів містить дубльований комплекс приладів: високочутливі сейсмометри (що фіксують найменші мікросейсмічні коливання земної кори безпосередньо над епіцентрами) та прецизійні датчики тиску. Останні фіксують коливання гідростатичного тиску водяного стовпа, які виникають під час проходження хвилі цунамі, що дозволяє миттєво розрахувати її кінетичні параметри. Передача

сигналу від датчика на дні здійснюється миттєво по оптоволокну до берегових станцій керування, звідки дані надходять до Метеорологічного агентства Японії (ЈМА) для обробки суперкомп'ютерами. У разі підтвердження критичного рівня загрози автоматично активується загальнонаціональна супутникова система J-Alert. На відміну від застарілих лінійних методів інформування, J-Alert реалізує принцип одночасного багатоканального мовлення (multimodal notification) через геостационарні супутники серії «Superbird» безпосередньо на приймачі органів влади та кінцевих споживачів. Сигнал розгалужується за трьома основними незалежними каналами: Cell Broadcast: примусова масова розсилка на мобільні термінали, яка обходить стільникові перевантаження та ігнорує активований користувачем режим «без звуку». Автоматичне перехоплення медіапростору: спеціальні цифрові декодери здійснюють миттєве перехоплення теле- та радіомовлення, примусово вмикаючи побутові пристрої навіть із режиму очікування (stand-by). Акустичний сегмент: автоматизована мережа вуличних гучномовців сиреного та мовного типу для інформування осіб на відкритій місцевості. Сучасний етап модернізації систем цивільного захисту Японії включає широке інтегрування технологій штучного інтелекту (ШІ) та концепції «цифрових двійників» (Digital Twins). На основі динамічного аналізу людських потоків (за даними GPS мобільних операторів) ШІ в реальному часі коригує евакуаційні маршрути, уникаючи тисняви. Створення 3D-моделей міст дозволяє симулювати поширення вторинних чинників НС (пожеж, затоплень) та прогнозувати руйнування інфраструктури ще до фактичного фізичного удару стихії. Окрім безпосереднього захисту населення, накопичені дані S-net використовуються вченими для побудови прогнозних моделей майбутніх супер-землетрусів (наприклад, у розломі Нанкай).

Адаптація досвіду для України. Для умов України, яка зазнає масштабних руйнувань інфраструктури внаслідок воєнних дій та має високі ризики виникнення техногенних катастроф (на підприємствах хімічної, гідроенергетичної та

атомної промисловості), японський досвід автоматизації є надзвичайно цінним. Доцільним є впровадження таких рішень:

Впровадження систем промислового автоматичного відсікання: розробка та інтеграція виконавчих пристроїв, які при отриманні сигналу загрози («Повітряна тривога», «Хімічна небезпека», «Прорив дамби») спроможні без участі оператора перекривати магістральні газопроводи, відключати електропостачання промислових зон та зупиняти потенційно небезпечні технологічні процеси для запобігання вторинним каскадним аваріям.

Створення національної мультимодальної системи зв'язку: побудова архітектури сповіщення, яка дублює наземні волоконно-оптичні та цифрові мережі супутниковими каналами передачі даних. Це гарантуватиме 100% доведення сигналу тривоги до місцевих громад та об'єктів критичної інфраструктури навіть у випадку повного знищення або знеструмлення наземних веж стільникового зв'язку та ретрансляторів.

Висновки. Досвід побудови японських систем S-net та J-Alert наочно доводить, що ефективність сучасного цивільного захисту прямо залежить від швидкості передачі інформації (мінімізації часу обробки даних) та мультимодальності каналів зв'язку. Впровадження аналогічних автоматизованих та інтелектуальних систем раннього виявлення та оповіщення є критично необхідним кроком для підвищення рівня живучості промислових регіонів України, які мають високі ризики виникнення складних техногенних аварій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Disaster Management in Japan. Cabinet Office, Government of Japan. 2024.
2. J-Alert: Japan's Satellite-Based Early Warning System. Fire and Disaster Management Agency (FDMA).
3. Japan Meteorological Agency (JMA). The Earthquake Early Warning System. Hoshiba, M., & Ozaki, S. (2014).
4. Earthquake Early Warning System in Japan.
5. Пархоменко, В. В. Інноваційні цифрові технології в системах оповіщення про НС

УДК 628.16

КОМБІНОВАНІ МЕТОДИ УТИЛІЗАЦІЇ РАДІАЦІЙНИХ ВОД ПІСЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

А. О. Соколов,

*М. В. Кустов, д.т.н., проф., начальник науково-дослідної
лабораторії РХБЗ*

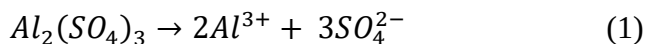
Національний університет цивільного захисту України

У сучасних умовах воєнного стану та масштабного відновлення транспортної й промислової інфраструктури України особливої актуальності набирає проблема очищення та утилізації радіаційно забруднених вод, що утворюються після ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [1]. У процесі дезактивації техніки, промивання забруднених поверхонь, після ліквідації наслідків руйнування промислових об'єктів та проведення аварійно-рятувальних робіт формується великий обсяг техногенно забрудненої води. Така вода може містити в собі радіонукліди, нафтопродукти, важкі метали, поверхнево-активні речовини, продукти корозії, залишки вибухових речовин та інші токсичні компоненти, що створює серйозну загрозу для навколишнього середовища та здоров'я населення [2, 3].

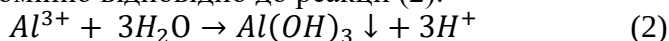
Однією з основних проблем очищення води, забрудненої радіонуклідами є складність її багатокомпонентного складу. Радіонукліди можуть перебувати у розчиненому, завислому або колоїдному стані, а органічні та неорганічні домішки за часту утворюють стійкі сполуки, які ускладнюють очищення. Саме через те використання лише одного методу не дозволяє забезпечити достатній рівень очищення води. Найбільш ефективним є впровадження комбінованих фізико-хімічних методів, які забезпечують послідовне вилучення різних груп забруднювачів [4].

Метою дослідження є обґрунтування ефективності комбінованих методів очищення та утилізації техногенно

забрудненої води після ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. У роботі розглянуто сучасні підходи до очищення техногенних стічних вод, проаналізовано фізико-хімічні властивості радіаційної води та визначено оптимальні реагенти й сорбційні матеріали для багатоступеневої системи очищення [4, 5]. На першому етапі очищення доцільним є використання механічного очищення та коагуляційно-флокуляційних процесів. Для коагуляції пропонуємо застосування сульфату алюмінію $Al_2(SO_4)_3$ та хлориду заліза $FeCl_3$, які забезпечують дестабілізацію колоїдних частинок і прискорюють осадження завислих речовин [4]. Після внесення у воду сульфат алюмінію дисоціює, що описується рівнянням (1):



Далі іони Al^{3+} взаємодіють з водою та утворюють осад гідроксиду алюмінію відповідно до реакції (2):

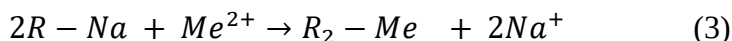


Для утворення більших і щільніших флокул, а також підвищення загальної ефективності процесу осадження у системах очищення стічних вод широко застосовуються полімерні флокулянти на основі поліакриламідів. Такі реагенти забезпечують укрупнення дрібнодисперсних частинок, що сприяє прискоренню їх осадження та покращенню роботи відстійників і фільтраційних установок. Використання поліакриламідних флокулянтів дозволяє значно знизити рівень каламутності води, підвищити ступінь вилучення завислих речовин, а також частково видалити важкі метали й радіонукліди, які адсорбуються на поверхні завислих частинок і виводяться разом із осадом [4].

Наступним важливим етапом технологічного процесу є сорбційне очищення, яке спрямоване на вилучення з водного середовища розчинених токсичних сполук, залишків нафтопродуктів, органічних забруднювачів, а також радіонуклідів [4, 5]. Для реалізації цього процесу доцільно

використовувати високоефективні сорбційні матеріали, зокрема активоване вугілля, природні цеоліти та іонообмінні смоли. Активоване вугілля характеризується розвиненою пористою структурою та високою адсорбційною здатністю щодо органічних речовин і нафтопродуктів. Природні цеоліти ефективно поглинають іони важких металів та деякі радіоактивні елементи завдяки своїм іонообмінним властивостям. Іонообмінні смоли забезпечують глибоке очищення води від розчинених іонів токсичних речовин і радіонуклідів, що дозволяє досягти високого ступеня екологічної безпеки очищеної води [2, 3].

Для іонообмінних процесів характерна заміна іонів важких металів у розчині, що наведено у формулі (3):



де: R — функціональна група іонообмінної смоли;

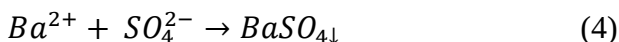
Me²⁺— іони важких металів.

Активоване вугілля ефективно адсорбує органічні сполуки та залишки паливно-мастильних матеріалів, знижуючи рівень органічного забруднення води. Природні цеоліти характеризуються високою селективністю щодо іонів цезію та стронцію, що забезпечує ефективне вилучення радіонуклідів із водного середовища [5].

Для очищення води від іонів важких металів застосовують катіонообмінні смоли, здатні утримувати іони свинцю, кадмію, міді та цинку. Процес іонного обміну дозволяє знизити концентрацію токсичних металів і підвищити безпечність очищеної води [3].

Для остаточного вилучення залишкових радіонуклідів і токсичних компонентів запропоновано застосовувати хімічне осадження, під час якого забруднювачі переводяться у нерозчинний стан із подальшим утворенням і видаленням осаду [4].

Осадження сульфатів і радіонуклідів барію описується рівнянням(4):



У процесі осадження можемо використовувати вапно $\text{Ca}(\text{OH})_2$, фосфатні реагенти та солі барію, які переводять розчинені забруднювачі у малорозчинні сполуки. Кислотність суспензійного середовища контролюється додаванням кислоти або лугу, щоб підтримувати оптимальне значення рН для реакцій осадження [4]. Після відділення від рідини та подальшої цементації або інкапсуляції висушений осад мінімізує ризик потрапляння радіонуклідів у навколишнє середовище [1].

Проведений аналіз показав ефективність комбінованих технологій очищення, що поєднують коагуляційно-флокуляційні процеси, сорбційне очищення та хімічне осадження [2–5].

Однією з переваг запропонованої технології є можливість її використання у мобільних водоочисних станціях ДСНС України. Орієнтовна вартість очищення 1 м^3 радіаційно забрудненої води становить 80–250 грн.

Отже, комплексне застосування реагентів, сорбентів і методів хімічного осадження є ефективним способом очищення та утилізації радіаційно забруднених вод в Україні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. НРБУ-97. Норми радіаційної безпеки України. Київ : МОЗ України, 1997
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2010.
3. World Health Organization Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Geneva : WHO, 2017.
4. International Atomic Energy Agency Advances in Liquid Radioactive Waste Treatment. Vienna : IAEA, 2018.
5. International Atomic Energy Agency Application of Ion Exchange Processes for the Treatment of Radioactive Waste and Management of Spent Ion Exchangers. Vienna : IAEA, 2019.

УДК: 340:614.4:004.8

ПРОБЛЕМИ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ БІОБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ЗАГРОЗ

*А. М. Тимчишин, доктор юридичних наук, професор, завідувач
кафедри права та гуманітарних дисциплін, Івано-Франківська філія
Університету «Україна»*

*К. В. Тимчишин, кандидат юридичних наук, викладач Івано-
Франківського фахового коледжу Київського університету
інтелектуальної власності та права*

XXI століття поставило право у незвичне становище: уперше в історії технології почали розвиватися швидше, ніж держави здатні їх нормативно осмислювати. Особливо помітним це явище стало у сфері біобезпеки, де пандемії, війни та розвиток інноваційних технологій створюють нові ризики швидше, ніж формуються механізми їх правового контролю. Сучасні війни змінюють не стільки геополітичну карту світу, а, в першу чергу, саму природу соціальних, біологічних, хімічних, екологічних та інших загроз. Якщо раніше право встигало реагувати на технологічні зміни, які відбувались поступово, то сьогодні інноваційні технології впроваджуються інтенсивніше, ніж держави встигають сформувати механізми їх нормативно-правової регуляції. Пандемія COVID-19, стрімкий розвиток систем штучного інтелекту (AI), цифрового епідеміологічного моніторингу, біоінженерних технологій та автономних систем спостереження продемонстрували: у кризових умовах інновація спочатку стає практикою, а вже потім - об'єктом правового регулювання.

В умовах війни означена проблематика набуває особливої гостроти. Війна радикально змінює характер біологічних, хімічних та екологічних ризиків. Загрози стають швидкими, транскордонними, технологічно складними і тісно пов'язаними

з цифровими системами. Технології, створені для забезпечення біобезпеки та захисту населення, одночасно можуть ставати джерелом нових ризиків, включаючи порушення прав людини, неконтрольоване використання даних або застосування технологій подвійного призначення. Саме тому сьогодні одним із ключових викликів є пошук балансу між швидкістю технологічних інновацій та здатністю права забезпечити їх етичне, ефективне, а головне - безпечне використання.

Сучасні воєнні конфлікти суттєво трансформують систему національної безпеки держав, актуалізуючи необхідність посилення механізмів біологічного захисту населення, критичної інфраструктури та довкілля. В умовах збройної агресії особливого значення набувають інноваційні технології, здатні забезпечити оперативне виявлення, прогнозування та локалізацію біологічних загроз. У зв'язку з цим дедалі більшої актуальності набуває використання систем штучного інтелекту, цифрових платформ епідеміологічного контролю, безпілотних технологій, сенсорних мереж та біоаналітичних систем [1].

Важливу роль у сучасній системі біобезпеки відіграють технології штучного інтелекту (AI) та так званого «креативного інтелекту», які дозволяють здійснювати аналіз великих масивів медичних, епідеміологічних та екологічних даних у режимі реального часу. Використання AI сприяє прогнозуванню поширення інфекційних захворювань, моделюванню сценаріїв розвитку біологічних ризиків та автоматизації процесів ухвалення управлінських рішень. Українські дослідники наголошують, що цифровізація сфери охорони здоров'я та телемедицини в умовах воєнного стану створює нові можливості для забезпечення доступу населення до медичних послуг, однак одночасно породжує низку правових проблем, пов'язаних із захистом персональних даних, відповідальністю за рішення AI та гарантіями інформаційної безпеки [2].

Особливого значення в умовах війни набуває використання безпілотних літальних апаратів, сенсорних систем та автоматизованих платформ моніторингу. Такі технології дозволяють здійснювати дистанційний контроль за станом навколишнього середовища, виявляти осередки біологічного або хімічного забруднення, а також забезпечувати оперативне реагування на надзвичайні ситуації. Водночас застосування подібних технологій потребує чіткого нормативно-правового регулювання, оскільки їх використання пов'язане з ризиками втручання у приватне життя, збором біометричних даних та потенційною мілітаризацією цифрових систем спостереження.

Суттєвої трансформації зазнає і система епідеміологічного контролю. Цифровізація епідеміологічного нагляду передбачає інтеграцію електронних баз даних, систем оперативного обміну інформацією, технологій Big Data та аналітичних платформ громадського здоров'я. Є. С. Хайнацький підкреслює, що сучасний епідеміологічний контроль має розглядатися як комплексна система адміністративно-правових, організаційних та інформаційно-аналітичних заходів, спрямованих на забезпечення епідеміологічного благополуччя населення [3]. У свою чергу, С. В. Кравченко наголошує на необхідності створення ефективного нормативно-правового механізму інформаційно-аналітичного супроводу системи громадського здоров'я, що особливо актуально в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану [4].

Важливим напрямом розвитку сучасної системи біобезпеки є впровадження концепції «Єдине здоров'я» (One Health), яка передбачає міждисциплінарну взаємодію у сфері охорони здоров'я людей, тварин та навколишнього середовища. Українські науковці наголошують, що реалізація цієї концепції вимагає гармонізації законодавства України зі стандартами Європейського Союзу та НАТО, розвитку

лабораторної інфраструктури, цифровізації систем моніторингу та створення ефективних механізмів міжвідомчої координації [5]. У контексті воєнних загроз концепція «Єдиного здоров'я» набуває особливої актуальності через зростання ризиків поширення зоонозних інфекцій, порушення екологічної рівноваги та пошкодження критичної інфраструктури.

Окрему увагу необхідно приділити технологіям подвійного призначення у сфері біобезпеки. Сучасні біотехнології, генетичні дослідження та системи AI можуть використовуватись як у мирних цілях, так і для створення потенційних біологічних загроз. У зв'язку з цим виникає необхідність удосконалення механізмів державного контролю, міжнародної координації та правового регулювання використання інноваційних технологій. Як зазначає Е. Туліна, ефективне функціонування системи біобезпеки потребує комплексного законодавчого забезпечення та адаптації національного законодавства до сучасних викликів у сфері біологічного захисту [6].

Таким чином, інноваційні технології суттєво трансформують систему забезпечення екологічної та біобезпеки, створюючи нові можливості для прогнозування, моніторингу та нейтралізації біологічних загроз. Водночас їх використання в умовах війни зумовлює необхідність формування сучасного механізму правового регулювання, який забезпечуватиме баланс між національною безпекою, технологічним розвитком та дотриманням прав людини. Варто також акцентувати увагу на необхідності переходу від переважно реактивного до адаптивного та превентивного правового регулювання, здатного оперативно реагувати на швидкі технологічні трансформації та нові ймовірні ризики біологічного, хімічного чи екологічного характеру.

Використання систем штучного інтелекту, цифрового моніторингу, біоінженерних технологій, автоматизованих

платформ аналізу даних та безпілотних систем створює нові можливості для прогнозування, виявлення та локалізації небезпечних процесів, однак паралельно породжує складні правові виклики.

Встановлено, що однією з ключових проблем сучасного правового регулювання є явище «регуляторного запізнення», за якого технологічні інновації розвиваються швидше, ніж формуються ефективні нормативно-правові механізми їх контролю та безпечного застосування. Особливо виразно ця проблема проявилась під час пандемії COVID-19 та в умовах воєнних загроз, коли держави були змушені оперативно впроваджувати нові технологічні рішення за відсутності достатньо сформованої правової бази.

Обґрунтовано, що традиційна модель переважно реактивного правового регулювання вже не відповідає сучасним темпам технологічного розвитку у сфері біобезпеки. У зв'язку з цим виникає необхідність переходу до адаптивного та превентивного регулювання, здатного оперативно реагувати на нові ризики та забезпечувати баланс між потребами безпеки, розвитком інновацій і дотриманням фундаментальних прав людини.

Перспективними напрямками вдосконалення правового забезпечення екологічної та біобезпеки визначено:

- розвиток міжнародної координації у сфері біобезпеки;
- гармонізацію національного законодавства з міжнародними стандартами;
- впровадження ризик-орієнтованого підходу до регулювання інноваційних технологій;
- удосконалення механізмів правового контролю технологій подвійного призначення;
- формування спеціальних правових режимів реагування на біобезпекові кризи в умовах війни.

Отож, забезпечення ефективного захисту населення від біологічних, хімічних, екологічних ризиків, а також загроз

воєнного характеру в сучасних умовах потребує не тільки технологічних інновацій, але й формування гнучкої, адаптивної та випереджувальної системи правового регулювання, здатної своєчасно реагувати на динамічні біологічні, технологічні та воєнні виклики сьогодення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tulina E. Biological Security: Current Trends in Legal Regulation and Contemporary Challenges. Problems of legality. 2024.
2. Mykhailichenko O. The role of artificial intelligence in telemedicine services in Ukraine: legal aspects. 2023. (ResearchGate)
3. Хайнацький Є. С. Адміністративно-правове регулювання епідеміологічного контролю та нагляду в Україні. 2021. (National Repository of Academic Texts)
4. Кравченко С. В. Нормативно-правове регулювання наукового та інформаційно-аналітичного супроводу у сфері громадського здоров'я. 2021. (ojs.tdmu.edu.ua)
5. Gerilovych A. et al. One Health Approach in Ukraine: Current Status and Prospects for Implementation. 2026; Поливянна Ю. І. та ін. Стратегія забезпечення біологічної безпеки та біологічного захисту за принципом «Єдине здоров'я» в Україні. 2020. (ResearchGate)
6. Терзі О. О. Державна політика України у сфері біобезпеки та біозахисту. 2025. (pravo.cusu.edu.ua)

УДК 630.2

ДЕРЕВИНА У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ: ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ТЕХНОЛОГІЙ, РЕСУРСІВ ТА ЕКОЛОГІЇ

А. А. Гуріненко, студентка

І. І. Іщенко, викладач

Національний університет цивільного захисту України

Деревина історично посідає провідне місце в ієрархії конструкційних матеріалів завдяки унікальному поєднанню фізико-механічних властивостей, доступності та екологічної комплементарності. В умовах воєнного стану, сучасної геополітичної та економічної ситуації в Україні, зумовленої необхідністю масштабного відновлення зруйнованої інфраструктури, актуальність лісоматеріалів як відновлюваного та мобільного ресурсу суттєво зростає (FAO, 2023). Пріоритетними напрямками використання є житлове будівництво, створення модульних систем розселення, зведення об'єктів цивільного захисту та енергоефективна модернізація будівель. Проте поряд із широкими можливостями виникає низка екологічних, технологічних та ресурсних проблем.

На відміну від енергоємних виробництв сталі та бетону, дерев'яне будівництво сприяє декарбонізації галузі завдяки здатності деревини акумулювати вуглець. За оцінками Green Building Council (2022), перехід на дерев'яні конструкції дозволяє знизити сукупний екологічний вплив об'єкта на 30%. Однак реалізація екологічного потенціалу прямо залежить від дотримання принципів сталого лісокористування. За даними WWF (2022), інтенсифікація вирубок у Карпатському регіоні призводить до критичної деградації ландшафтів, порушення гідрологічного балансу та активізації ерозійних процесів. Особливу загрозу для

екосистем становить неконтрольований тіньовий ринок сировини, що потребує впровадження суворих механізмів сертифікації за стандартами FSC (FSC International, 2023).

Природна гігроскопічність та вразливість деревини до біологічних агентів обмежують її експлуатаційний ресурс. Дослідження WoodScience (2020) вказують, що відсутність належної превентивної обробки може спричинити втрату до 40% несучої здатності конструкцій у початковий період експлуатації. За дослідженнями EWP (2021), термооброблена деревина є на 50–70 % стійкішою до шкідників та вологи.

Окремим питанням є пожежна безпека. Незважаючи на сучасні антипірени, деревина залишається горючим матеріалом. Згідно з NFPA (2021), конструкції, що не мають належної вогнезахисної обробки, характеризуються у 2–3 рази вищою швидкістю поширення вогню. Це критично важливо в будівлях цивільного захисту, модульних спорудах, укриттях. Тому широко застосовуються комбіновані конструкції, де деревина виконує несучу функцію, а зовнішні елементи мають підвищену вогнестійкість. Сучасна технологічна парадигма передбачає комплексний захист матеріалу:

- камерна сушка та антисептування для стабілізації геометричних параметрів;
- термомодифікація, що підвищує гідрофобність та опірність шкідникам на 50–70% (EWP, 2021);
- використання антипіренів для зниження пожежної небезпеки.

Згідно з нормативами NFPA (2021), швидкість поширення полум'я в необроблених дерев'яних конструкціях у 2–3 рази вища, ніж у захищених, що зумовлює необхідність проектування комбінованих систем, де несучий каркас поєднується з вогнетривкими захисними оболонками.

Режим воєнного стану зумовив експоненціальне зростання попиту на лісоматеріали для потреб фортифікації та тимчасового розміщення ВПО. Держлісагентство (2024)

констатує збільшення навантаження на лісовий фонд на 35%, що ускладнюється обмеженням доступу до лісів у зонах бойових дій. Тому особливо важливим є впровадження міжнародних стандартів FSC (FSC International, 2023), які забезпечують відповідальне лісокористування.

Разом з тим, впровадження інноваційних рішень, як-от CLT-панелі (Cross-Laminated Timber), демонструє високу ефективність у сфері енергозбереження. За даними FAO (2023), використання CLT дозволяє знизити тепловтрати огорожувальних конструкцій на 20–25% порівняно з традиційною цегляною кладкою, забезпечуючи оптимальний мікроклімат у приміщеннях.

Підсумовуючи, слід зазначити, що деревина є стратегічно важливим ресурсом для сучасної будівельної індустрії завдяки своїй екологічності, здатності до відновлення та високим теплоізоляційним характеристикам. Подальша інтеграція цього матеріалу в архітектурну практику України можлива лише за умови впровадження методів сталого лісового господарства, інноваційної обробки сировини та посилення заходів пожежної й екологічної безпеки. Такий комплексний підхід забезпечить гармонійне поєднання темпів відбудови держави зі збереженням її природного потенціалу.

Доведено, що деревина залишається одним із найбільш перспективних конструкційних матеріалів завдяки поєднанню технологічної універсальності та низького вуглецевого сліду. Встановлено, що оптимізація її використання в умовах повоєнної відбудови України безпосередньо корелює з необхідністю дотримання принципів сталого лісокористування та впровадження сучасних засобів вогне- й біозахисту. Досягнення балансу між антропогенним навантаженням та ресурсною місткістю екосистем є ключовим фактором реалізації потенціалу дерев'яного будівництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. WWF. Ліси Карпат: стан, виклики, перспективи. 2022.
URL: Мій голос за старовікові ліси | WWF-Ukraine
2. Mechanical Properties of Wood: A Review — огляд механічних властивостей деревини. URL: Mechanical Properties of Wood: A Review
3. A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications — системний огляд структурних, тепло-, акустичних та екологічних властивостей деревини. URL: A review of structural, thermo-physical, acoustical, and environmental properties of wooden materials for building applications - ScienceDirect
4. A review of the resource efficiency and mechanical performance of commercial wood-based building materials — аналіз ефективності використання деревини та механічних характеристик сучасних дерев'яних будівельних матеріалів. URL: A review of the resource efficiency and mechanical performance of commercial wood-based building materials - ScienceDirect
5. A systematic literature review of life cycle sustainability assessment of mass timber in the construction industry — систематичний огляд життєвого циклу масивної деревини з точки зору сталого розвитку, економіки та екології. URL: A systematic literature review of life cycle sustainability assessment of mass timber in the construction industry toward circular economy | Environment, Development and Sustainability
6. Environmental Product Declarations of Structural Wood: A Review of Impacts and Potential Pitfalls for Practice — аналіз екологічних декларацій для структурної деревини, екологічних впливів і можливих проблем практичного застосування. URL: Environmental Product Declarations of Structural Wood: A Review of Impacts and Potential Pitfalls for Practice

УДК 634.942:581.135 (477.60)

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ФІТОНЦИДНОСТІ ДЕРЕВНИХ РОСЛИН ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ, ЯК БІОБЕЗПЕКОВОГО АСПЕКТУ ПОКРАЩЕННЯ САНІТАРНОГО СТАНУ

*В. В. Дочинець, аспірант, Т. І. Шуплат, к.с.-г.н., ст. викладач,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Екосистеми полігонів побутових відходів, особливо діючих, зазнають постійного антропогенного впливу, який носить негативний характер. Забруднюються усі компоненти навколишнього природного середовища: повітряний басейн, едафотопи, поверхневі та підземні води, рослинний покрив. У складі повітряного простору міститься широкий спектр поллютантів та хвороботворних бактерій, які будучи збудниками різних захворювань істотно впливають на здоров'я працівників комунальних підприємств, що обслуговують полігони побутових відходів, а також мешканців населених пунктів, що розташовані у зоні впливу цих небезпечних об'єктів [3].

Вивчення рівня фітонцидної активності рослинного покриву, яка виробилась у рослин в процесі їхньої тривалої еволюції, є важливою складовою процесу підтримання належного рівня екологічної безпеки на полігонах побутових відходів, особливо в контексті покращення санітарного стану приземного повітряного простору. Фітонциди, які являють собою леткі речовини, що виділяються рослинами впродовж вегетаційного сезону, мають здатність знищувати або пригнічувати ріст хвороботворних мікроорганізмів, найпростіших, зменшувати бактеріальну забрудненість повітря, пригнічують розвиток мікроскопічних грибів, розмноження найпростіших паразитів, стимулюють життєдіяльність мікроорганізмів-антагоністів [2].

Крім того вивчення процесу виділення фітонцидів сприяє ефективнішій екологізації території, оскільки дозволяє підібрати стійкі види рослин, які не тільки адаптуються у забруднених умовах, але й активно очищають повітря.

Створення біологічного бар'єру, оскільки рослини з високими бактерицидними властивостями, можуть слугувати захисною смугою навколо полігонів, затримуючи поширення інфекцій та пилу. Тому даний параметр носить виражений біобезпековий аспект.

Фітонцидна активність, яка носить чітко виражений сезонний аспект, залежить також від фізіологічного стану рослин, віку, стадії розвитку, пори року, кліматичних та інших умов.

Компонентами фітонцидів можуть бути широкий арсенал речовин та сполук, зокрема, синильна кислота, ефірні олії, дубильні речовини, смоли, алкалоїди, амінокислоти, глікозиди, феноли, терпеноїди та інші вторинні метаболіти, які виділяються в атмосферу у вигляді іонів.

Раніше науково встановлено, що в 1м³ лісового повітря у 150-300 разів менше мікроорганізмів, ніж в тому ж об'ємі повітря великого міста.

Гектар соснового бору виділяє в атмосферу близько 5 кг/добу летких фітонцидів, ялівцевого лісу – близько 30 кг/добу, знижуючи кількість та різноманіття мікрофлори у 1 м³ повітря. Тому в хвойних лісах (особливо в молодому сосновому бору), повітря практично стерильне (містить лише близько 200–300 бактеріальних кліток на 1 м³) [2].

Виходячи із попередньо зазначеної актуальності, впродовж вегетаційного періоду 2024 року, на території Ужгородського полігону побутових відходів, яке знаходиться поблизу с. барвінок на віддалі 3-4 км від м. Ужгорода, були проведені вивчення рівнів фітонцидності деревної рослинності, яка зростає на території даного полігону.

У результаті проведених польових досліджень досліджуваних ділянок виявлено наступне представництво

деревно-чагарникових видів: робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), шипшина звичайна (*Rosa canina* L.), глід звичайний (*Crataegus monogyna* Jacq.), осика (*Populus tremula* L.), дуб звичайний (*Quercus robur* L.), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.), верба козяча (*Salix caprea* L.), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), береза повисла (*Betula pendula* L.), терен колючий (*Prunus spinosa* L.), тополя біла (*Populus alba* L.), верба біла (*Salix alba* L.).

Дані види таксономічно належать до наступних родин: Вербові (Salicaceae) – 4 види, Трояндові (Rosaceae) – 4 види, Березові (Betulaceae), Соснові (Pinaceae), Букові (Fagaceae), Бобові (Fabaceae) – представлені по одному виду [1].

За шкалою Кочергіна, дослідні деревні види поділили за фітонцидною активністю на декілька груп. Перша група представлена видами із дуже високою фітонцидною активністю, які мають найпотужнішу бактерицидну дію, здатну очищати повітря від багатьох збудників захворювань: сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), осика (*Populus tremula* L.), береза повисла (*Betula pendula* L.), терен колючий (*Prunus spinosa* L.), тополя біла (*Populus alba* L.). Друга група – високої фітонцидної активності, дія яких може бути вужчою або дещо слабшою за попередню групу: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), верба біла (*Salix alba* L.), глід звичайний (*Crataegus monogyna* Jacq.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), верба козяча (*Salix caprea* L.). До третьої групи належать деревні види із середньою фітонцидною активністю: шипшина звичайна (*Rosa canina* L.), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.).

Сезонна динаміка ряду деревних видів представлена нижче (рис. 1)

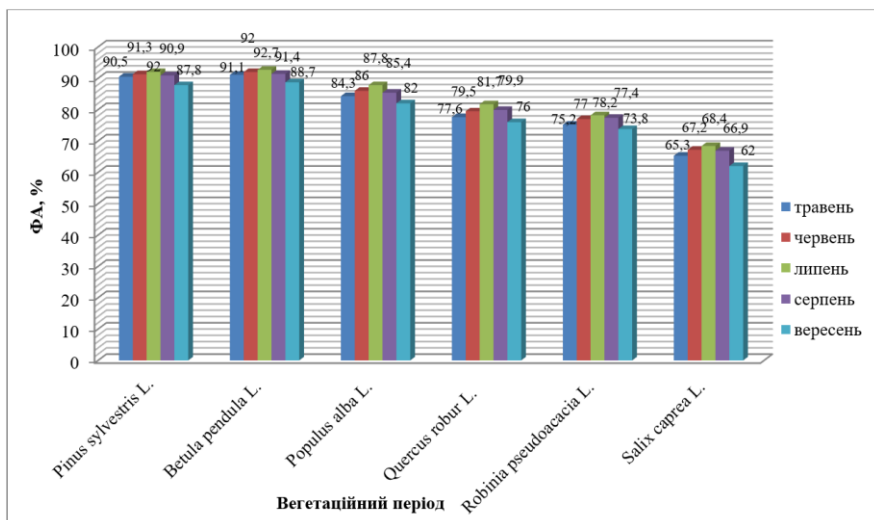


Рисунок 1 – Сезонна динаміка рівня фітонцидної активності деревних рослин Ужгородського полігону побутових відходів

У сезонному розподілі спостерігається наступна закономірність: у період із травня по липень вона поступово зростає, досягаючи свого піку, а значить максимально позитивного впливу на стан мікроклімату у місці зростання видів, а із серпня по вересень рівень фітонцидної активності знижується, досягаючи свого мінімуму у вересні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заячук В. Я. Дендрологія. Львів: Априорі, 2008. 656 с.
2. Кучерявий В. П. Фітомеліорація. Львів: “Світ”, 2003. 538 с.
3. Popovych V., Bosak P., Dumas I., Kopystynskyi Y., Pinder V. Ecological successions of phytocenoses in the process of formation of the phytomeliorative cover of landfills. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1269. Article 012011. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012011>

УДК 581.1.03

ОЦІНКА ЖИТТЄВОСТІ ТРАВ'ЯНИСТИХ ВИДІВ ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ФЛУОРЕСЦЕНЦІЇ ХЛОРОФІЛІВ

В. В. Дочинець, аспірант

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Рослинний покрив, як складова частина екосистем порушених територій, до яких відносяться і полігони побутових відходів, знаходиться під постійним антропогенним впливом, що відбивається на рівні їхньої життєвості та фізіономічних якостях, які є фітоіндикаційними маркерами антропогенного впливу [1, 3].

Одним із методів, які дозволяють провести оцінку рівня їхньої життєвості, є метод індукції флуоресценції хлорофілів (ІФХ). Він є загальноприйнятим методом, який на високочутливому рівні, на ранніх стадіях дозволяє провести оцінку фізіологічного стану (життєвості) рослин, які зростають у несприятливих умовах, зокрема і на полігонах побутових відходів. У багатьох випадках використання даного методу, дозволяє діагностувати стрес у рослин ще до появи видимих зовнішніх ознак пошкодження, на ранніх стадіях. До того ж даний метод є неінвазивним і не спричиняє руйнування рослинних тканин у процесі досліджень [4].

Оскільки трав'яністі види, що зростають на території полігонів побутових відходів, формують у значній мірі основу фітомеліоративного покриву, площа проективного покриття якого поступово збільшується та урізноманітнюється, то він піддається активному впливу важких металів, токсичних сполук та впливу дефіциту корисних поживних речовин та вологи. Флуоресценція дозволяє виявити порушення у фотосинтетичному апараті, спричинені цими чинниками, тому

широко використовується для екологічного моніторингу територій [5, 6].

У основі методу є процес вимірювання світла, яке випромінює хлорофіл (флуоресценція) при поглинанні енергії, яку він не зміг використати для фотосинтезу. Менший рівень життєвості рослини, корелює з вищою флуоресценцією, оскільки енергія не витрачається на фотосинтез, а перевипромінюється [4].

Для цього у ході польових досліджень на території полігонів побутових відходів, котрі приймають відходи міст Берегово, Мукачево і Ужгорода, було відібрано ряд трав'янистих видів, зростаючих на усіх трьох об'єктах.

Були відібрані наступні види: *Plantago lanceolata* L., *Tussilago farfara* L., *Taraxacum officinale* L., *Artemisia absinthium* L., *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Chelidonium majus* L., *Chenopodium glaucum* L.

Дані види таксономічно належать до родин Айстрові (Asteraceae), Злакові (Poaceae) і Макові (Papaveraceae) [2].

Індукційні криві флуоресценції хлорофілу визначено за допомогою динамічного однопроменевого флуориметра в лабораторії кафедри екології НЛТУ України. Відношення показників максимальної і фонові амплітуд індукційних переходів флуоресценції хлорофілу реєструвались за допомогою осцилографа.

Розрахунок різниці отриманих показників поміж рівнями інтенсивностей флуоресценцій хлорофілів, здійснювали за наступною формулою:

$$R_{fd} = \frac{Fm - Fo}{Fm} \quad (1)$$

де: R_{fd} – індекс життєвості зразка;

Fm – максимальний показник зростання флуоресценції хлорофілу;

Fo – мінімальний показник флуоресценції хлорофілу.

Результати досліджень для відібраних зразків виводились у вигляді індукційних кривих та замірялись числові значення максимального показника (Fm) і мінімального (Fo).

Індекс життєвості для кожного досліджуваного зразка трав'янистих видів встановлено шляхом порівняння результатів вимірювання кінетики флуоресценції хлорофілу.

Підставивши отримані результати у вищезазначену формулу, одержали значення показників індексів життєвості і присвоєно бал умовам місцезростання: 5 – оптимальні умови, 4 – задовільні умови і 3 – складні умови місцезростання. Отримано наступні зведені результати (Табл. 1).

Таблиця 1

Показники флуоресценції хлорофілів досліджуваних
трав'янистих видів

Місце відбору дослідного зразка	Показники флуоресценції хлорофілів		Індекс життєвості зразка, (<i>Rfd</i>)	Оцінка умов зростання (за 5-бальною шкалою)
	фоновий, (<i>Fo</i>)	максимальний, (<i>Fm</i>)		
Полігон побутових відходів м. Берегово				
<i>Plantago lanceolata</i> L.	18	24	0,25	3
<i>Tussilago farfara</i> L.	15	25	0,40	4
<i>Taraxacum officinale</i> L.	16	22	0,27	3
<i>Artemisia absinthium</i> L.	19	26	0,27	3
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv.	20	25	0,20	3
<i>Chelidonium majus</i> L.	17	28	0,39	4
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	18	27	0,33	4

Продовження таблиці 1

Місце відбору дослідного зразка	Показники флуоресценції хлорофілів		Індекс життєвості зразка, (<i>Rf~~φ~~</i>)	Оцінка умов зростання (за 5- бальною шкалою)
	фоновий, (<i>Fo</i>)	максимальний, (<i>Fm</i>)		
Полігон побутових відходів м. Мукачево				
<i>Plantago lanceolata</i> L.	16	22	0,27	3
<i>Tussilago farfara</i> L.	17	24	0,29	3
<i>Taraxacum officinale</i> L.	17	23	0,26	3
<i>Artemisia absinthium</i> L.	19	28	0,32	4
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv.	18	26	0,31	4
<i>Chelidonium majus</i> L.	20	27	0,26	3
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	19	25	0,24	3
Полігон побутових відходів м. Ужгород				
<i>Plantago lanceolata</i> L.	14	23	0,39	4
<i>Tussilago farfara</i> L.	18	26	0,31	4
<i>Taraxacum officinale</i> L.	18	23	0,22	3
<i>Artemisia absinthium</i> L.	17	27	0,37	4
<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv.	16	24	0,33	4
<i>Chelidonium majus</i> L.	18	29	0,38	4
<i>Chenopodium glaucum</i> L.	17	25	0,32	4

Диференціація отриманих показників вказує на різницю рівнів життєвості рослин та сприятливості умов місцезростання. Найвищі рівні індексу життєвості, зафіксовані у рослин, відібраних на території Ужгородського полігону побутових відходів (сумарне значення 2,33), тому і бали, котрі характеризують умови місцезростання в основному відносяться до задовільні умов. дещо нижчі показники встановлені для рослинності з полігону м. Берегово (сумарне значення 2,11), а стосовно характеристики умов місцезростання, то тут присутні задовільні умови і складні умови місцезростання. І найнижчі рівні індексів життєвості, виявлено у рослинних зразках з полігону побутових відходів м. Мукачево (сумарне значення 1,95), в основному тут на період проведення досліджень були складні умови місцезростання, що притаманно територіям із значним рівнем деградації.

Результати досліджень показують ефективність використання методу індукції флуоресценції хлорофілів, в оцінці стану життєвості рослин полігонів побутових відходів. він дозволяє також глибше проаналізувати рівні адаптаційного потенціалу рослинності, що важливо для комплексної оцінки фітомеліоративних процесів, вкрай важливих для покращення екологічних, кліматичних та майбутніх ландшафтно-естетичних характеристик території. Також він може бути компонентом, який використовується для оцінки екологічних ризиків, пов'язаних з діяльністю полігонів побутових відходів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про управління відходами” № 2849-IX від 13.12.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
2. Коваль Т.В., Овчарук О.В. Ботаніка. Кам'янець-Подільський, 2020. 477 с.
3. Кучерявий В. П. Фітомеліорація. Львів: “Світ”, 2003. 538 с.
4. Капустяник В. Б., Мокрий В. І. Оптико-спектральні методи в науково-технічній експертизі. Львів, 2004. 206 с.

5. Король, К. А., Попович, В. В., Шуплат, Т. І. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ Львівської області. EcoLab. Том 4. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. 290 с.

6. Popovych V., Bosak P., Dumas I., Kopystynskyi Y., Pinder V. Ecological successions of phytocenoses in the process of formation of the phytomeliorative cover of landfills. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1269. Article 012011. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012011>

УДК 502.51:579.26:631.4

БІОРЕГУЛЯЦІЯ МЕТАГЕНОМУ ДЕГРАДОВАНИХ ГРУНТІВ ЯК МЕХАНІЗМ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ ВОЄННОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*В. П. Оліферчук, доктор біологічних наук, доцент, професор
кафедри екологічної безпеки,*

*В. А. Ковальова, кандидат біологічних наук, старший науковий
співробітник, завідувач НДЛ екологічної безпеки,*

*К. А. Король, доктор філософії, науковий співробітник НДЛ
екологічної безпеки, ЛДУБЖД*

Повномасштабна війна в Україні спричинила формування безпрецедентних біологічних, хімічних та екологічних загроз, які критично впливають на функціонування ґрунтових екосистем. Забруднення ґрунтів продуктами горіння, нафтопродуктами, важкими металами, токсичними сполуками та залишками вибухових речовин супроводжується руйнуванням природних мікробно-рослинних взаємодій і деградацією функціональної мікоризної сітки. Одним із ключових наслідків воєнно-техногенного навантаження є дестабілізація ґрунтового метагеному, що проявляється у зміні співвідношення симбіотрофних і патогенних мікроорганізмів, порушенні біогеохімічних циклів та втраті екосистемної резильєнтності. У сучасних умовах особливої актуальності набуває пошук біотехнологічних підходів до регуляції ґрунтового метагеному та відновлення стійкості екосистем.

Метою дослідження було створення мікробного консорціуму у складі **Bacillus subtilis**, **Pseudomonas putida** та ендofіту V-стратега **Vitasergia svidasoma** VS 1223 (IMB F-100106), а також оцінка можливості його застосування для ремедіації деградованих ґрунтів в умовах воєнного та техногенного навантаження.

Нами узагальнено дані впливу нового для науки ендоефіту *Vitaseorgia svidasoma* IMB F-100106, що належить до родини *Debaryomycetaceae* [3] виділеного з плодового тіла чорного трюфеля (*Tuber melanosporum*) на структуру бактеріального та грибного метабіотиому ризосфери сільськогосподарських культур та деревних рослин і запропоновано технологію ремедіації родючого шару порушених ґрунтів. Встановлено, що інокуляція коренів рослин та насіння сільськогосподарських культур препаратом «Міковітал», створеним на основі *V. svidasoma*, сприяє формуванню функціонально стабільного мікробіому, стимулює розвиток симбіотрофних таксонів бактерій і грибів, активізує процеси мікоризоутворення, біогеохімічні цикли нітрогену, карбону та сірки, а також пригнічує розвиток патогенних консорціумів. [7] Встановлено, що застосування *V. svidasoma* суттєво змінювало структуру ризосферного бактеріального метабіотиому. У мікоризованих рослин спостерігали збільшення чисельності стресостійких та екологічно функціональних груп мікроорганізмів (*Actinobacteriota*, *Chloroflexi*, *Ascomycota*), які характеризуються високою толерантністю до токсикантів, важких металів, температурних екстремумів та окислювального стресу. Показано, що *V. svidasoma* виступає біорегулятором ґрунтового метабіотиому та агентом екосистемної резильєнтності, здатним забезпечувати стабілізацію системи «рослина–гриб–бактерія» в умовах воєнно-техногенного навантаження. У ґрунті, в який вносили *V. svidasoma* у складі препарату «Міковітал», виявлено 20 філумів бактерій та 6 філумів грибів, серед яких домінували представники *Actinobacteriota*, *Firmicutes*, *Proteobacteria* та *Ascomycota*. Особливо важливим є збільшення чисельності актинобактерій, які характеризуються високою екологічною пластичністю та стійкістю до екстремальних умов середовища. Представники родів *Geodermatophilus*, *Rubrobacter*, *Kribella*, *Marmoricola* та *Nocardioides* володіють здатністю витримувати ультрафіолетове та іонізуюче випромінювання, десикацію, токсичний вплив важких металів і дефіцит поживних речовин

[7]. Зростання частки *Rubrobacter* свідчить про формування радіотолерантного компоненту метагеному, що має особливе значення для деградованих територій, забруднених продуктами військової діяльності. Представники *Geodermatophilus* здатні синтезувати стійкі естерази та брати участь у деградації складних органічних сполук, що є важливим механізмом екологічної детоксикації. У ґрунтах, де застосовували обробку рослин мікоризним препаратом збільшувалась кількість бактерій родів *Azotobacter*, *Nitrosospira*, *Nitrospira*, які забезпечують функціонування циклу нітрогену та підвищують доступність азоту для рослин. Подвоєння чисельності *Azotobacter* свідчить про активізацію біологічної фіксації атмосферного азоту. Водночас спостерігали суттєве зниження чисельності представників *Proteobacteria* та *Firmicutes*, серед яких є значна кількість патогенних та токсиноутворюючих видів. Це свідчить про селективний вплив *V. svidasoma* на ризосферний метагеном і формування екологічно стабільної мікробної спільноти [7].

Одним із найбільш важливих результатів дослідження стало збільшення чисельності представників філуму *Chloroflexi*, які здатні функціонувати за підвищених температур та брати участь у трансформації сірковмісних сполук. Представники *Chloroflexaceae* окиснюють H_2S та H_2 , використовуючи їх як донори електронів у процесах асиміляції CO_2 . Завдяки цьому відбувається природна детоксикація середовища та зниження викидів токсичних газів. Встановлено, що *V. svidasoma* опосередковано стимулює перетворення сполук сірки у ґрунті, що підтверджується успішним ростом рослин на ділянках із підвищеним вмістом SO_4^{2-} у ґрунтовому розчині. За цих умов активізуються процеси синтезу сірковмісних амінокислот, білків, глутатіону та фітоалексинів, які забезпечують підвищення імунітету рослин. Таким чином, *V. svidasoma* сприяє не лише стабілізації мікробіому, але й підтримує ключові біогеохімічні цикли карбону, нітрогену та сірки, що є критично важливим для відновлення деградованих екосистем. [7]

Особливу увагу приділяли аналізу грибного компоненту метабеному. У ґрунті, куди вносили *V. svidasoma*, спостерігали збільшення частки *Ascomycota*, які виконують ключові функції у ґрунтових екосистемах та характеризуються високою стресостійкістю. Відомо, що представники *Ascomycota* мають значний арсенал генів, пов'язаних із деградацією складних вуглеводів, синтезом полісахаридів, утворенням меланіну та стійкістю до антибіотиків і токсикантів. Домінування цього філуму у ґрунтах, куди вносили *V. svidasoma* свідчить про формування функціонально ефективного та адаптивного мікобіому. Отримані результати підтверджують, що ендоефіт *V. svidasoma* виступає регулятором функціональної мікоризної сітки та забезпечує стабілізацію системи «рослина–гриб–бактерія».

Отримані результати формують наукову основу для розробки біотехнологій повного відновлення деградованих ґрунтів та екологічної безпеки екосистем.

Нами запропоновано створити консорціум мікроорганізмів у складі ендоефіту чорного трюфеля *V. svidasoma* та бактерій *Bacillus subtilis* та *Pseudomonas putida*. Бактерії родів *Bacillus* та *Pseudomonas* є одними з найбільш ефективних і широко використовуваних мікроорганізмів для біоремедіації забруднених ґрунтів. Вони пристосовані до токсичного стресу завдяки складним ферментативним шляхам, які дозволяють розщеплювати стійкі органічні забруднювачі та трансформувати важкі метали. Наукова спільнота все частіше розглядає їхнє спільне використання у вигляді штучних бактеріальних консорціумів для ефективної ремедіації ґрунтів [1, 2, 4, 5]. Формуючи консорціум, ми використовуємо фізіологічний та біохімічний потенціал вже досліджених мікроорганізмів і забезпечуємо трофічний синергізм. Під час росту, дріжджові гриби *V. svidasoma*, окрім дослідженого впливу на метабеном, виділяють у середовище вільні амінокислоти, вітаміни групи В, пурини та піримідини, і таким чином стимулюють ріст *B. subtilis* та *P. putida*, забезпечуючи швидкий вихід бактерії з лаг-фази та підвищуючи швидкість їх поділу.

Бактерії *B. subtilis* синтезують гідролітичні ферменти, що розщеплюють складні полісахариди або білки середовища до простих цукрів та пептидів, які дріжджові гриби легко засвоюють. [1, 2, 4]. *B. subtilis* є аеробом або факультативним аеробом. Під час активного дихання бактерія інтенсивно поглинає розчинений у середовищі кисень, знижуючи його окисно-відновний потенціал. Це допомагає підтримувати оптимальні мікроаерофільні умови у глибинних шарах ґрунту. *P. putida* використовує ферменти для залучення кисню у вуглеводневій кільця. Це допомагає розщеплювати складні фракції сирої нафти, дизельного палива, смол та асфальтенів до нешкідливих проміжних жирних кислот, які згодом мінералізуються через процеси бета - окиснення до вуглекислого газу та води. Компоненти клітинної стінки дріжджових грибів маннанолігосахариди та бета-глюкани діють як природні індуктори для бактерій.

У цій системі кожен учасник консорціуму займає свою чітку екологічну та трофічну нішу, яку можна представити наступною схемою (рис. 1).

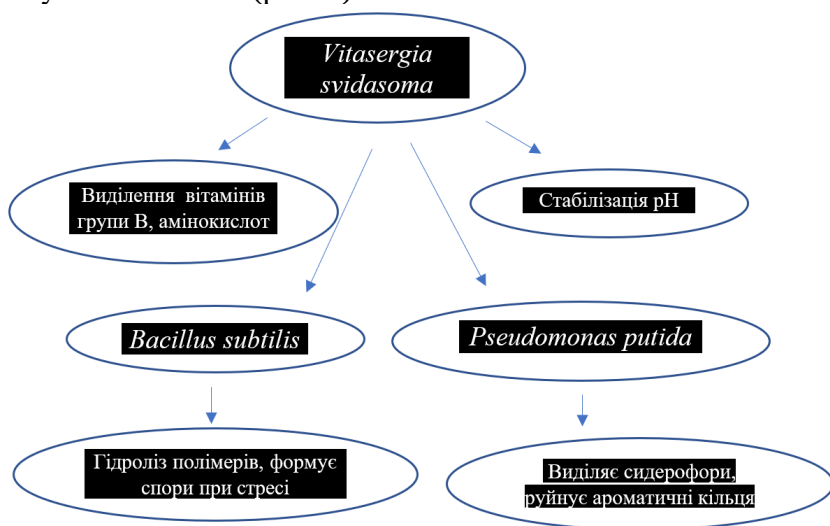


Рисунок 1 – Трикомпонентна система для ремедіації ґрунтів на основі двох видів бактерій та одного виду дріжджового гриба

V. svidasoma виділяє у середовище фактори росту (біотин, тіамін, амінокислоти), які необхідні для швидкого поділу *B. subtilis* та *P. putida*. Ендофіт *V. svidasoma* виступає буфером рН, поглинає токсичні органічні кислоти, які виділяє *P. putida* при окисненні субстратів, запобігаючи кислотному стресу у бактерій. Ліпопептиди *B. subtilis* (сурфактин) разом із гліколіпідами *P. putida* (рамноліпіди) створюють емульсію, що робить гідрофобні забруднювачі доступними для всього консорціуму. За рахунок оксигеназ *P. putida* трансформує стійкі хімічні сполуки (толуол, ксилол, феноли, пестициди), а також постачає консорціуму розчинне залізо через сидерофори [7]. Детоксикація важких металів з участю *B. subtilis* та *P. putida* відбувається шляхом процесів біосорбції, біопреципітації та біоредукції.

Висновуючи, можемо визначити головні переваги трикомпонентної системи для процесів ремедіації:

1. Розширення метаболічного профілю: Консорціум може одночасно деградувати суміші різних речовин (наприклад, субстрати, що містять одночасно жири, вуглеводи, нафтопродукти та важкі метали).

2. Резистентність до екологічного стресу: Якщо в системі збільшиться концентрація токсинів, *B. subtilis* тимчасово спорулює, *P. putida* трансформує ці токсини, а ендофіт – дріжджовий гриб зв'яже частину токсинів своїми щільними клітинними стінками. Це забезпечить виживання системи там, де монокультури гинуть.

3. Утворення біоплівки: Поєднання позаклітинних полісахаридів усіх трьох мікроорганізмів призводить до формування товстих, стійких макро-біоплівок, які легко закріплюються на корінні рослин чи на частинках ґрунту.

4. Стимуляція росту та розвитку рослин: Використання цього консорціуму навколо кореневої системи рослин (у ризосфері) на виснажених або забруднених ґрунтах буде сприяти захисту коріння від фітопатогенних грибів, стимуляції поділу клітин рослин завдяки виділенню фітогормонів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Das, K. and Mukherjee, A.K., 2007. Crude petroleum oil biodegradation efficiency of *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from a petroleum-contaminated soil environment. *Bioresource Technology*, 98(7), pp.1339–1345. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.051>
2. Othman, A.G., El-Salam, M.A., Ali, H.I. and Santos, R., 2026. Biosurfactants and bioemulsifiers for soil remediation as a tool for circular economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 33(4), pp.512–528. <https://doi.org/10.1007/s11157-025-09761-3>
3. Oliferchuk, V., Kendzora, N., Shukel, I., Samarska, M. and Olejniuk-Puchniak, O., 2023. The role of V-strategist endophytes in stimulating the formation of mycorrhizal interactions and soil regeneration. In: *Symbiosis in Nature*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.109912>
4. Sharma, S., Kumar, A., Singh, J. and Singh, R.K., 2023. Bioremediation of heavy metals by the genus *Bacillus*: An overview. *Journal of Hazardous Materials*, 442, 130045. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130045>
5. Wu, M., Ye, X., Chen, Y., Wang, Z. and Li, X., 2023. Degradation of crude oil in a co-culture system of *Bacillus subtilis* SL and *Pseudomonas aeruginosa* WJ-1. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1162319. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1162319>
6. Shalovylo, Y.I., Yushpovych, Y.M., Kit, O.Y. and Kovaleva, V.A., 2025. Isolation and characterization of multi-trait plant growth-promoting endophytic bacteria from Scots pine tissues. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(3), e2408056. <https://doi.org/10.4014/jmb.2408.08056>
7. Oliferchuk, V.P., 2023. *Regulation of soil microbiome in anthropogenically transformed ecosystems*. Doctoral thesis.

УДК 616.98:578.828:355.1:613.67

МЕДИКО-СОЦІАЛЬНІ РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ НАПРАВЛЕННЯ НА ФРОНТ ВІЛ-ІНФІКОВАНИХ ОСІБ

Д. А. Бондаренко, генеральний директор

Т. С. Дорошенко, заступник генерального директора

С. О. Дементєв, заступник генерального директора

*Ю. А. Максименко, лікар відділу епідагляду (спостереження) та
профілактики неінфекційних хвороб*

*Державна установа «Одеський обласний центр контролю та
профілактики хвороб МОЗ України»*

В умовах тривалого військового конфлікту в Україні критерії придатності до військової служби зазнають вимушених змін [1]. Проте залучення до активних бойових дій осіб із хронічними інфекційними захворюваннями, зокрема ВІЛ-інфекцією, створює суттєві виклики для системи військової медицини та національної безпеки загалом [2, 6]. Ця проблема має два взаємопов'язані виміри, які потребують детального наукового аналізу: епідеміологічний (ризик поширення інфекції серед здорового особового складу підрозділів) та клінічний (загроза стрімкого погіршення стану здоров'я самого ураженого військовослужбовця) [3, 7].

По-перше, існують епідеміологічні ризики: загроза поширення інфекції в бойових умовах, оскільки специфіка перебування на передовій критично підвищує ймовірність контактів із біологічними рідинами, що в цивільному житті повністю зведено до мінімуму завдяки загальним стандартам безпеки [3, 8]. Високий рівень травматизму та дефіцит засобів захисту, оскільки бойові дії супроводжуються масовими осколковими, мінно-вибуховими та вогнепальними пораненнями [2]. У моменти надання невідкладної домедичної допомоги (само- чи взаємодопомоги побратимам) у закритих

бліндажах, окопах або безпосередньо під обстрілами, військовослужбовці зазвичай змушені діяти без захисних медичних рукавичок, що створює високий ризик прямого контакту «кров-кров» [2, 6]. Існує також ризик прямого переливання крові в польових умовах, оскільки в умовах повної тактичної ізоляції підрозділу на позиціях та неможливості негайної евакуації поранених, критично зростає потреба в організації екстреного прямого переливання крові від бійця до бійця («живий коридор») [6]. Відсутність швидких тестів або нехтування ними в умовах паніки й дефіциту часу загрожує гарантованим інфікуванням реципієнта [2, 8]. Можливе недотримання санітарно-гігієнічних норм в місцях дислокації: спільне використання засобів особистої гігієни (бритви, тактичні ножі, інструменти для чищення зброї чи догляду за тілом) у польових умовах збільшує ймовірність мікротравматизації та передачі вірусу побутовим шляхом у разі виникнення мікрокровотеч [2, 3]. І все це на фоні ризику вірусної rebound-активації, оскільки, якщо в цивільному житті пацієнт мав нульове вірусне навантаження завдяки терапії, то зрив графіку прийому ліків на фронті призводить до швидкого відновлення реплікації вірусу, через що кров бійця стає високозаразною для оточення [4, 8].

По-друге, існують клінічні ризики, а саме прогресування хвороби до стадії СНІДу. Екстремальні умови фронту виступають потужним тригером, який безповоротно руйнує імунологічний баланс в організмі ВІЛ-позитивної людини [4, 7]. Так, хронічний психоемоційний та фізичний стрес, постійне виділення гормонів стресу (кортизолу, адреналіну), депривація сну та надмірні фізичні навантаження чинять виражений супресивний вплив на імунітет [5]. Для ВІЛ-інфікованого бійця це означає прискорене падіння кількості CD4+ лімфоцитів і повне беззбройство імунної системи [4, 5]. Вплив несприятливих чинників довкілля, таких як переохолодження, тривале перебування у вологих і сирих окопах, відсутність

якісного збалансованого харчування та очищеної води, відкривають шлях для опортуністичних інфекцій [7]. Звичайна застуда, туберкульоз (вкрай поширений у зонах бойових дій) або інфікування дрібних ран можуть призвести до генералізованого сепсису чи важкої пневмонії [2, 7]. Також існує ризик декомпенсації через порушення режиму антиретровірусної терапії (далі – АРТ). Сучасна АРТ вимагає суворого щоденного прийому медикаментів в один і той самий час для пригнічення вірусу [4]. Під час інтенсивних боїв, тривалих штурмових операцій або втрати особистих речей логістика постачання ліків переривається. Пропуск навіть кількох доз запускає процес мутації ВІЛ та формування резистентності [4, 8]. Комплексна дія зазначених факторів трансформує контрольований хронічний стан у термінальну стадію – СНІД – за кілька місяців, тоді як у цивільних умовах цей процес міг би тривати десятиліттями [4, 7].

В третіх, слід враховувати військово-тактичні та соціально-психологічні наслідки. Зокрема, навантаження на систему евакуації, бо борець із розвиненими опортуністичними інфекціями втрачає боєздатність і перетворюється на важкого соматичного хворого [7], що потребує залучення додаткового медичного транспорту, персоналу та дефіцитних ліжок-місць у госпіталях, і послаблює бойову одиницю [1, 6]. Окрім того, це впливає на психологічний клімат у підрозділі. Випадкове розголошення ВІЛ-статусу в умовах бойового стресу може спровокувати стигматизацію, внутрішні конфлікти та панічні настрої серед особового складу через страх зараження ВІЛ-інфекцією в складних фронтових умовах [5, 6].

Висновки. Спрямування осіб із клінічно значущим перебігом ВІЛ-інфекції безпосередньо на лінію зіткнення є недоцільним із медичної, епідеміологічної та військово-стратегічної точок зору [1, 2]. Раціональним рішенням є залучення таких громадян виключно до тилової служби: логістичного забезпечення, штабної та аналітичної роботи,

обслуговування техніки або керування БПЛА, де забезпечено стабільні умови для прийому ліків і збереження їхнього життя та безпеки оточення [4, 6].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про затвердження Положення про військово-лікарську експертизу в Збройних Силах України : Наказ Міністерства оборони України від 14.08.2008 № 402. *База даних «Законодавство України» / Верховної Ради України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1109-08> (дата звернення: 22.05.2026).
2. Інфекційні хвороби у військове врем'я : керівництво для військових лікарів / за ред. М. А. Андрейчина, В. П. Малоого. Тернопіль : ТДМУ, 2018. 412 с.
3. ВІЛ-інфекція в Україні: інформаційний бюлетень № 54 / ДУ «Центр громадського здоров'я Міністерства охорони здоров'я України». Київ, 2024. 64 с.
4. Клінічне керівництво з антиретровірусної терапії ВІЛ-інфекції у дорослих та підлітків / МОЗ України, Центр громадського здоров'я. Київ, 2022. 132 с.
5. Коляденко Н. В., Луньов В. Є. Психоемоційний стрес та його вплив на імунну систему військовослужбовців в умовах бойових дій. *Український медичний часопис*. 2023. Т. 4, № 2 (154). С. 45–49.
6. Воєнно-медична доктрина України / Збірник нормативно-правових актів та методичних матеріалів військово-медичної служби ЗСУ. Київ, 2021. 180 с.
7. Опортуністичні інфекції при ВІЛ/СНІДі: особливості діагностики та лікування в екстремальних умовах / О. К. Дуда та ін. *Актуальна інфектологія*. 2021. Т. 9, № 3. С. 22–28.
8. WHO consolidated guidelines on HIV prevention, testing, treatment, service delivery and monitoring: a health sector response. Geneva : World Health Organization, 2021. 528 p.

УДК 528.48:504.06

**ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО
МОНІТОРИНГУ ТЕХНОГЕННИХ ЛАНДШАФТІВ***К. Луцак, доктор філософії з екології, незалежний дослідник,**Т. Вагилевич, викладач, юридичне відділення ВСП «Івано-
Франківський фаховий коледж ЛНУП»,**П. Босак, к.н.т., доцент кафедри цивільного захисту навчально-
наукового інституту цивільного захисту Львівського державного
університету безпеки життєдіяльності*

Сучасні техногенно трансформовані ландшафти, зокрема терикони та інші об'єкти гірничопромислової діяльності, характеризуються складною просторовою організацією та високою динамікою морфометричних змін. Традиційні системи екологічного моніторингу таких територій здебільшого орієнтовані на визначення фізико-хімічних параметрів ґрунтів, поверхневих і підземних вод, вмісту забруднюючих речовин та біоіндикаційних показників. Водночас просторово-деформаційні характеристики об'єктів, які безпосередньо впливають на розвиток ерозійних процесів, пилове навантаження, водний режим та стабільність схилів, залишаються недостатньо інтегрованими в систему екологічної оцінки.

Породні відвали є не лише джерелами хімічного забруднення але й активними геоморфологічними структурами, що зазнають постійних змін під впливом атмосферних, гідрологічних і техногенних чинників.

Морфометричні параметри такі як крутизна схилів, мікрорельєф, об'ємні характеристики, деформації поверхні визначають інтенсивність зсувних процесів, формування промивин, розвиток поверхневого стоку та нерівномірність акумуляції забруднюючих речовин. У зв'язку з цим виникає необхідність розширення методології екологічного моніторингу за рахунок впровадження інструментів геодезичного забезпечення.

Геодезичні методи - тахеометричні зйомки, GNSS-вимірювання, лазерне сканування, фотограмметрія з використанням безпілотних літальних апаратів, побудова цифрових моделей рельєфу (DTM, DSM) дозволяють отримувати високоточні просторові дані щодо морфодинаміки техногенних ландшафтів. Використання тривимірних моделей поверхні забезпечить можливість аналізу об'ємних змін, просторового розподілу деформацій, визначення потенційно небезпечних ділянок, прогнозування ерозійних та зсувних процесів. Інтеграція таких даних із екологічними показниками відкриває нові можливості для формування комплексної просторової моделі екологічної безпеки.

Актуальність запропонованого підходу зростає в умовах сьогодення. Це пов'язано не лише з промисловим навантаженням, але й із наслідками військових дій в Україні. Землі, порушені внаслідок воєнних руйнувань, вибухових впливів, формування воронок, деградації ґрунтового покриву та порушення дренажних систем, потребують оперативного та точного просторового оцінювання.

Геодезичні технології здатні забезпечити швидке картографування деформацій, визначення масштабів трансформації рельєфу та зон потенційного екологічного ризику. Таким чином, геодезичне забезпечення може стати універсальним інструментом не лише для моніторингу гірничопромислових об'єктів, але й для оцінювання техногенно та воєнно трансформованих територій.

Концептуальний підхід, що пропонується, передбачає розгляд геодезичних параметрів як невід'ємної складової системи екологічного моніторингу. Просторові характеристики об'єкта повинні інтегруватися разом із біоіндикаційними, геохімічними та мікрокліматичними показниками в єдину багатокомпонентну систему оцінювання. Такий підхід дозволить перейти від фрагментарного аналізу окремих параметрів до формування цілісної геопросторової моделі екологічної безпеки.

Використання геодезичного інструментарію в структурі екологічного моніторингу створює передумови для розроблення

нових інтегрованих методів кількісної оцінки стану техногенних ландшафтів. Поєднання тривимірного моделювання, аналізу морфометричних змін і екологічних параметрів забезпечує підвищення точності прогнозування розвитку негативних процесів, удосконалення заходів рекультивації та прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля.

Таким чином, геодезичне забезпечення екологічного моніторингу техногенних ландшафтів виступає перспективним науковим напрямом, здатним трансформувати підходи до оцінювання екологічної безпеки як промислово порушених, так і воєнно трансформованих територій. Запропонована концепція формує методологічну основу для подальшого розроблення інтегрованих геоекологічних моделей оцінювання та впровадження комплексних систем просторового моніторингу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kablak, N., Pukanska, K., Bartoš, K. et al. (2024), «Application of integrated geodetic and UAV technologies for monitoring environmental changes due to the mining activities in Solotvyno salt mine, Ukraine», *Acta Montanistica Slovaca*, Vol. 29 (2), pp. 267–275, doi: 10.46544/AMS.v29i2.03.
2. Zabolotna Yu. O., Koroviaka Ye. A., Pashchenko O. A., Rastsvietaiev V. O. Application of geodetic and mine surveying technologies in monitoring deformations of man-made structures // **Технічна інженерія**. 2025. № 1 (95)
3. Puniach, E., Matwijn, W., Gruszczyński, W. and Ćwiąkała, P. (2025), «Determining ground surface deformation indices in urbanized mining areas based on UAV-photogrammetry products», *Measurement*, doi: 10.1016/j.measurement.2025.117431.
4. Tao, Q., Liu, R., Li, X. et al. (2025), «A method for monitoring three dimensional surface deformation in mining areas combining SBAS-InSAR, GNSS and probability integral method», *Scientific Reports*, Vol. 15, Issue 1, doi: 10.1038/s41598-025-87087-4.
5. Wang, Y.J. Research Progress and Prospect on Ecological Disturbance Monitoring in Mining Area. *Acta Geod. Cartogr. Sin.* 2017, 46, 1705–1716.

УДК 639.371.5:628.394:504.06

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОСЕТРОВИХ РИБ У ЗАМКНЕНИХ СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ В КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

*М. М. Світельський, кандидат сільськогосподарських наук,
доцент,*

В. Ю. Мамченко, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

М. В. Слюсар, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

*Г. М. Халімончук, магістрант 1 курсу спеціальності Н5 «Водні
біоресурси та аквакультура»*

Житомирський державний університет імені Івана Франка

Використання установок замкненого водопостачання (УЗВ) для підрощування молоді осетрових риб (стерлядь *Acipenser ruthenus*, бестер, ленський осетер) розглядається як один із найбільш ефективних напрямів розвитку сучасної аквакультури [1, 2]. Результативність вирощування визначається сукупністю технологічних чинників, серед яких провідне значення мають раціональна щільність посадки, параметри руху води, режими годівлі та ефективність систем водоочищення [1, 3]. У роботі здійснено оцінку впливу зазначених факторів на рівень виживаності, інтенсивність росту та загальний фізіологічний стан молоді осетрових [1]. Встановлено, що збільшення біомаси риби понад 3,5 кг/м³ супроводжується зменшенням середньодобового приросту маси на 18–22 % [2]. Найсприятливіші умови для активного живлення та росту формуються за швидкості течії 1,2–1,8 см/с [3]. Використання автоматизованого дозування дрібнодисперсних стартових кормів сприяло підвищенню виживаності личинок на 12,5 % [2]. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення технології вирощування осетрових у господарствах, що працюють із замкненими системами водопостачання [1, 3].

Вступ. Осетрові риби мають високу господарську цінність завдяки якісній харчовій продукції та значному потенціалу для відновлення природних популяцій. Скорочення чисельності цих видів у природних водоймах, спричинене антропогенним навантаженням і деградацією середовища існування, зумовлює необхідність активного розвитку штучного відтворення. Застосування УЗВ забезпечує можливість цілорічного вирощування риби за контрольованих умов із мінімальним використанням водних ресурсів та зниженим впливом на довкілля. Водночас актуальними залишаються питання вибору оптимальної щільності посадки, режимів годівлі, гідродинамічних параметрів та ефективності систем біологічного очищення води [1–3].

Мета дослідження. Метою роботи було визначення найбільш ефективних технологічних параметрів вирощування молоді стерляді та бестера в установках замкненого водопостачання шляхом оцінки впливу щільності посадки, швидкості течії, режимів годівлі та інтенсивності водоочищення на показники виживаності та рибопродуктивності.

Матеріали та методи. Дослідну роботу виконували у 2023–2024 роках у лабораторії установок замкненого водопостачання Житомирського державного університету імені Івана Франка. Матеріалом для досліджень була молодь стерляді (*Acipenser ruthenus*) та бестера (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*) віком від 10 діб до шести місяців. Експеримент проводили у шести басейнах, кожен з яких мав корисний об'єм 0,5 м³. У межах досліді оцінювали вплив різної щільності посадки риби — 1,5; 2,5; 3,5; 4,5 і 5,5 кг/м³. Гідродинамічні умови моделювали шляхом встановлення швидкості водного потоку на рівні 0,5; 1,2; 1,8 та 2,5 см/с. Для годівлі застосовували стартові корми Aller Aqua із масовою часткою сирого протеїну 48–52 %. Упродовж експерименту регулярно визначали активну реакцію середовища (рН), вміст амонійного азоту (NH₄⁺), нітритів (NO₂⁻), нітратів (NO₃⁻) та концентрацію розчиненого у воді кисню. Ефективність вирощування оцінювали за показниками виживаності, середньодобового приросту маси, коефіцієнта вгодованості за

Фультоном і морфофункціонального стану шкірних покривів та плавців. Отримані результати опрацьовували методами дисперсійного аналізу (ANOVA).

Результати та обговорення. Аналіз результатів дослідження засвідчив, що збільшення щільності посадки молоді осетрових понад 3,5 кг/м³ негативно позначалося на основних рибницько-біологічних показниках. За таких умов середньодобовий приріст маси тіла зменшувався з 2,1 % до 1,6 % на добу, а кормовий коефіцієнт зростав з 1,1 до 1,4. У варіантах із щільністю 4,5–5,5 кг/м³ відзначали окремі випадки ураження плавців та зниження рівня збереженості риби до 86 %, тоді як за щільності 2,5 кг/м³ виживаність досягала 97 %. Отримані дані свідчать про високу чутливість молоді осетрових до надмірної концентрації біомаси, що супроводжується накопиченням продуктів метаболізму та розвитком стресових реакцій.

Важливим фактором, який визначав ефективність вирощування, виявився гідродинамічний режим. За мінімальної швидкості течії (0,5 см/с) спостерігалася недостатня рухова активність риби, а частина корму осідала на дно та використовувалася неповністю. Найкращі показники росту, зокрема середньодобовий приріст 2,3 % маси тіла, а також найнижчий кормовий коефіцієнт (1,05), були отримані при швидкості водного потоку 1,8 см/с. Перехід від ручного годування тричі на добу до автоматизованої подачі корму кожні 15 хвилин забезпечив більш рівномірний розподіл корму та покращив доступ до нього для личинок у віці 10–30 діб. У результаті виживаність на ранніх стадіях розвитку зросла з 82,5 % до 95,0 %. Найвищі темпи росту відзначено при використанні кормів із вмістом сирого протеїну 50 %, тоді як зниження цього показника до 45 % спричиняло зменшення приросту маси приблизно на 12 %.

Оцінка якості води показала, що за високої щільності посадки без достатньої інтенсивності біологічного очищення відбувалося накопичення токсичних сполук азоту. Концентрація амонійного азоту підвищувалася до 0,5 мг/л, а вміст нітритів досягав 0,3 мг/л, що негативно впливало на фізіологічний стан

молоді. Для підтримання стабільного гідрохімічного режиму доцільно забезпечувати інтенсивність водообміну на рівні не менше 2,5 об'ємів басейну за одну годину.

Проведені дослідження підтвердили, що ефективність вирощування молоді стерляді та бестера в установках замкненого водопостачання визначається комплексною взаємодією технологічних факторів. Найкращі рибницько-біологічні показники досягалися за щільності посадки 2,5–3,5 кг/м³, швидкості водного потоку 1,2–1,8 см/с та використання автоматизованої системи годівлі із високопротеїновими стартовими кормами, що забезпечувало інтенсивний ріст і високий рівень збереженості молоді.

Застосування сучасних технологічних рішень у замкнених системах водопостачання, зокрема ефективної біофільтрації та підтримання водообміну на рівні не менше 2,5 об'ємів басейну за годину, дозволяє стабілізувати гідрохімічні показники, запобігати накопиченню токсичних сполук азоту та мінімізувати негативний вплив на довкілля. Це підтверджує доцільність використання УЗВ як екологічно безпечної та ресурсоефективної технології вирощування осетрових риб.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bronzi P., Rosenthal H., Gessner J. Global sturgeon aquaculture production: an overview of the current status and trends. *Journal of Applied Ichthyology*. 2019. Vol. 35(1). P. 257–266. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01757.x>
2. Badiola M., Mendiola D., Bostock J. Recirculating Aquaculture Systems (RAS): Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*. 2012. Vol. 51. P. 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.004>
3. Martins C. I. M., Eding E. H., Verdegem M. C. J., Heinsbroek L. T. N., Schneider O., Blancheton J.-P., d'Orbcastel E. R., Verreth J. A. J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural Engineering*. 2010. Vol. 43(3). P. 83–93. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>

УДК 504.064.2

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ДЛЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ВІДБОРУ ПРОБ ВОДИ ТА ҐРУНТУ В ЗОНАХ СТІЙКОГО БІОЛОГІЧНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

*Н. Штангрет, кандидат технічних наук, доцент кафедри
безпілотних систем та робототехніки,*

В. Ковальчук, курсантка,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасна екологічна моніторингова діяльність в умовах кризових ситуацій, техногенних катастроф та воєнних дій вимагає докорінної модернізації класичних підходів до збору первинних даних. Зони стійкого біологічного та хімічного забруднення становлять пряму і високу загрозу для життя та здоров'я персоналу лабораторій та експертів-екологів. Традиційний ручний відбір зразків у таких локаціях обмежений потребою використання засобів індивідуального захисту вищих рівнів, ризиком вторинного ураження та логістичною недоступністю ділянок через мінування, руйнування інфраструктури або фізичні перешкоди.

Для успішного виконання завдань відбору проб у зонах високого ризику стандартні комерційні дрони не підходять. Необхідне використання спеціалізованих мультироторних платформ з підвищеною вантажопідйомністю. Ключовими вимогами до апаратної частини є: наявність дубльованих систем навігації; захищений за стандартом IP65/IP67 корпус, стійкий до агресивних хімічних середовищ та дезінфікуючих розчинів; наявність оптичних та тепловізійних сенсорів для верифікації стану поверхні об'єкта дослідження. Важливою умовою є використання швидкознімних модульних кріплень, які дозволяють оперативно змінювати гідрологічний модуль

забору на ґрунтовий без тривалого переналаштування платформи в польових умовах.

Забір рідких зразків за допомогою БПЛА реалізується двома основними способами: зануренням підвісного контейнера на тросі або використанням бортової вакуумної помпи з гнучким забірним рукавом. При реалізації методу занурення БПЛА зависає над водним об'єктом на безпечній висоті (5–10 метрів), мінімізуючи вплив повітряних потоків від гвинтів на дзеркало води, що вкрай важливо для збереження цілісності поверхневої плівки або запобігання збовтуванню донних відкладень. Спеціальний батометр, виготовлений з інертного матеріалу, опускається за допомогою лебідки на задану глибину (наприклад, 0.5 м відповідно до стандартів моніторингу поверхневих вод). Конструкція батометра передбачає автоматичне закриття клапанів при досягненні робочої глибини або за сигналом з пульту оператора.

При використанні бортової помпи рукав опускається у воду, а забір здійснюється безпосередньо у закріплений на корпусі БПЛА герметичний контейнер. Цей метод ефективніший при сильному вітрі, оскільки виключає розгойдування підвісної системи. Після наповнення ємності БПЛА повертається у базову зону. Методика суворо забороняє повторне використання рукавів або внутрішніх колб батометрів без повної хімічної деструкції та очищення для унеможливлення перехресного забруднення між різними точками відбору.

Забір зразків твердого субстрату є значно складнішим інженерним завданням, оскільки вимагає прикладання механічного зусилля для заглиблення в матрицю ґрунту. Методика передбачає застосування трьох типів виконавчих механізмів: шнекових бурових модулів, грейферних захватів (для пухких, піщаних або техногенних ґрунтів) та ударно-динамічних кернарозбірників. При роботі зі шнековим модулем БПЛА здійснює посадку на досліджувану ділянку. У цей момент система стабілізації переводить двигуни у режим мінімальної тяги для

притискання апарату до землі під дією власної ваги та вектору гвинтів. Бортовий електропривод запускає обертання міні-шнека, який заглиблюється на фіксовану глибину (до 10–15 см) та консервує зразок у внутрішній гільзі.

Грейферні системи застосовуються без посадки дрону — забір відбувається у момент торкання поверхні за рахунок швидкого закриття стулок під дією пружинного або сервоприводного механізму. Даний підхід мінімізує ризик забруднення самого літального апарату хімічними агентами, що містяться у пиловій фракції ґрунту.

Відбір проб у зонах стійкого забруднення втрачає сенс, якщо під час доставки до стаціонарної лабораторії відбудеться деградація біологічного матеріалу або летучих хімічних сполук. Одразу після повернення БПЛА на майданчик базування (лінійний пост) здійснюється первинна фіксація проби. Персонал у засобах захисту вилучає контейнер, проводить його зовнішню хімічну дезактивацію (нейтралізацію залишків токсикантів на зовнішніх стінках) без відкриття самої проби.

Зразки маркуються унікальними штрих-кодами, що містять телеметричні дані з польотного контролера: час, точну висоту відбору, температуру повітря та координати.

Робота в зонах стійкого забруднення (хімічні склади, зони ураження небезпечними хімічними речовинами, біологічні вогнища) вимагає суворого дотримання правил спецобробки. Після завершення польотної зміни або при переході на інший сектор досліджень весь безпілотний комплекс підлягає процедурі повної дезактивації.

Вона включає механічне очищення, обробку дезінфікуючими або нейтралізуючими розчинами та промивання дистильованою водою. Конструкція БПЛА не повинна мати закритих порожнин, де можуть накопичуватися токсичний пил чи заражена вода. Оператори комплексу під час зльоту, посадки та обслуговування дрону перебувають на безпечній відстані (із

навітряної сторони) або у мобільних закритих командних пунктах, оснащених системами фільтрації повітря.

Розроблена методика застосування БПЛА для дистанційного моніторингу є проривним інструментом для сучасної прикладної екології. Вона дозволяє вирішити триєдине завдання: повністю убезпечити персонал від впливу стійких хімічних та біологічних патогенів, забезпечити високу репрезентативність та точність відбору проб у важкодоступних місцях, а також оптимізувати юридичну процедуру фіксації екологічних правопорушень згідно з національними та міжнародними стандартами. Впровадження цієї методики у практику державних екологічних інспекцій та підрозділів моніторингу є необхідним кроком для подолання наслідків масштабних техногенних та військових викликів сучасності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI.

2. Закон України Про охорону навколишнього природного середовища 1264-XII.

3. Наказ Державної Авіаційної служби України Міністерства оборони України № 430/210 від 11.05.2018 Про затвердження Авіаційних правил України «Правила використання повітряного простору України».

УДК 502.172:528.8:614.841(477.7)

ОЦІНКА ПОЖЕЖНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ПРИРОДООХОРОННІ ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ ЗА ДАНИМИ FIRMS VIIRS ТА SENTINEL-2

*Н. І. Магась, канд. техн. наук, доцент,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова*

Повномасштабна війна суттєво ускладнила охорону природно-заповідного фонду півдня України. Частина степових, заплавлених, прибережних і водно-болотних територій опинилася в зоні бойових дій, тимчасової окупації або обмеженого доступу. За таких умов традиційні польові обстеження є небезпечними або неможливими, а пожежі стають одним із найбільш помітних чинників трансформації екосистем. Тому дистанційне зондування Землі є практично необхідним інструментом для попередньої оцінки пожежного навантаження та визначення територій, які потребують першочергової уваги після деокупації.

Метою роботи є оцінка просторово-часових змін пожежної активності на ключових об'єктах природно-заповідного фонду півдня України у воєнний період 2022–2025 рр. порівняно з довоєнним базовим періодом 2019–2021 рр. Об'єктом дослідження є пожежне навантаження на природоохоронні території в умовах воєнного впливу, а предметом – зміни кількості активних вогнищ, теплової потужності пожеж, площі та тяжкості вигорання, визначені за супутниковими даними.

У дослідженні використано дані активних вогнищ NASA FIRMS VIIRS, мультиспектральні знімки Sentinel-2 L2A, межі об'єктів природно-заповідного фонду за відкритими геопросторовими наборами, а також допоміжний шар JRC

Global Surface Water для виключення постійних водних поверхонь [1–4]. Аналіз охопив 14 об'єктів, зокрема Нижньодніпровський національний природний парк, біосферний заповідник «Асканія-Нова», Чорноморський біосферний заповідник, регіональний ландшафтний парк «Кінбурнська коса», національні природні парки «Білобережжя Святослава», «Олешківські піски», «Кам'янська Січ», «Великий Луг», «Джарилгацький», «Приазовський», «Бузький Гард», а також регіональні ландшафтні парки «Тилігульський», «Приінгульський» і природний заповідник «Сланецький степ».

Методика передбачала послідовне поєднання двох груп дистанційних індикаторів. Дані FIRMS VIIRS використовувалися для фіксації факту активного горіння, розрахунку кількості термоточок, показника FRP та кількості пожежних днів. Дані Sentinel-2 застосовувалися для розрахунку індексу dNBR і оцінки спектральної тяжкості пошкодження рослинного покриву [2; 3]. Ключовим методичним етапом була FIRMS-верифікація dNBR-площ: до підтвердженої площі вигорання зараховувалися лише ті ділянки, де спектральний сигнал dNBR просторово узгоджувався з активними термоточками. Такий підхід є особливо важливим для степових екосистем, де сезонна сенесценція трав'яної рослинності, зміна вологості поверхні або оголення ґрунту можуть формувати хибнопозитивний спектральний сигнал.

Результати показали, що загальна пожежна активність у південному регіоні зросла у воєнний період. За даними річної агрегації FIRMS кількість активних вогнищ у 2019–2021 рр. становила 41 422 випадки, тоді як у 2022–2025 рр. – 64 001 випадок. Середня теплова потужність пожеж збільшилася з 6,17 до 8,46 МВт, тобто приблизно на 37 %. Водночас регіональні значення відображають лише загальний фон, тому основне значення має об'єктовий аналіз, який виявив різку просторову неоднорідність змін.

Найбільші прирости FIRMS-верифікованої площі вигорання встановлено для НПП «Нижняодніпровський», БЗ «Асканія-Нова», Чорноморського БЗ та РЛП «Кінбурнська коса». Для окремих територій важливим є не лише абсолютне зростання, а й зміна самого пожежного режиму: у довоєнний період верифіковане вигорання було незначним, тоді як у 2022–2025 рр. сформувалися стійкі осередки пожежного навантаження. Найбільша кількість вогнищ і пожежних днів у воєнний період характерна для РЛП «Кінбурнська коса», НПП «Нижняодніпровський», НПП «Білобережжя Святослава» та Чорноморського БЗ.

Статистичне узагальнення, зокрема тест Манна–Кендалла, нахил Сена, тест Петтітта та непараметричне порівняння періодів, використовувалося як індикативна оцінка через короткий часовий ряд 2019–2025 рр. Отримані результати свідчать про переважне зміщення потенційних точок зміни пожежного режиму у воєнний період, але не розглядаються як остаточне доведення довгострокового тренду. Найбільш переконливою є сукупність ознак: зростання кількості термоточок, збільшення FIRMS-верифікованої площі та просторове тяжіння змін до територій бойових дій, окупації або обмеженого доступу.

Окреме значення має співвідношення між загальною dNBR-визначеною площею та FIRMS-верифікованою площею. Для частини степових і прибережних територій виявлено суттєву різницю між цими показниками, що підтверджує ризик переоцінки площ пошкодження за ізольованого використання dNBR. Отже, FIRMS-верифікація не лише зменшує хибнопозитивні оцінки, а й підвищує порівнянність результатів між об'єктами з різними типами рослинності.

Особливо показовим є НПП «Нижняодніпровський», де пожежне навантаження поєднується з каскадними наслідками руйнування Каховської ГЕС. Зміна гідрологічного режиму, осушення заплавних ділянок і накопичення рослинної маси

можуть формувати додаткову паливну базу, що підсилює пожежну вразливість нижньодніпровських екосистем. Отже, воєнний вплив у цьому випадку має не лише прямий, а й опосередкований гідроecологічний характер [5; 6].

Практичне значення результатів полягає у можливості формування переліку територій пріоритетної перевірки після відновлення безпечного доступу. Отримані оцінки можуть бути використані для попереднього планування польових маршрутів, визначення ділянок імовірного пошкодження рослинного покриву та обґрунтування заходів післявоєнного відновлення природоохоронних територій. Такий формат результатів є зручним для інтеграції у геоінформаційні системи моніторингу та звітності.

Таким чином, інтеграція NASA FIRMS VIIRS і Sentinel-2 dNBR є придатною для попередньої кількісної оцінки пожежного навантаження на важкодоступні природоохоронні території. Запропонований підхід може бути використаний для планування післявоєнних польових обстежень, обґрунтування природоохоронних пріоритетів, оцінки воєнних екологічних збитків та моніторингу територій, де наземний контроль тимчасово неможливий. Подальші дослідження мають поєднувати супутникову оцінку з польовою верифікацією, аналізом відновлення рослинності та довшими часовими рядами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. NASA FIRMS. Fire Information for Resource Management System. Retrieved from: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>
2. Schroeder, W., Oliva, P., Giglio, L., & Csiszar, I. (2014). The New VIIRS 375 m active fire detection data product: Algorithm description and initial assessment. *Remote Sensing of Environment*, 143, 85–96. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.12.008>
3. Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). Landscape Assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn

Index; and remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio. USDA Forest Service.

4. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>

5. Matsala, M., Odruzhenko, A., Hinchuk, T. et al. (2024). War drives forest fire risks and highlights the need for more ecologically-sound forest management in post-war Ukraine. *Scientific Reports*, 14, 4131. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54811-5>

6. Shumilova, O. et al. (2025). Environmental effects of the Kakhovka Dam destruction by warfare in Ukraine. *Science*.

УДК 615.825:614.8:504.4:355.01(477)

**ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ У ФІЗИЧНІЙ РЕАБІЛІТАЦІЇ
В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИМИ
ЗАГРОЗАМИ ПІД ЧАС ВІЙНИ В УКРАЇНІ***О.Р. Іванець, к.б.н., доцент, каф. реабілітації ФПДО ДНТ
“ЛНМУ ім. Д. Галицького”**О.Р. Макар, к.м.н., доцент, каф. реабілітації ФПДО ДНТ
“ЛНМУ ім. Д. Галицького”*

Масштабна війна в Україні завдала великої шкоди містам та критично важливим об'єктам інфраструктури, а також призвела до масштабних екологічних катастроф. Руїнування Каховської гідроелектростанції у червні 2023 року спричинило повені, забруднення водних ресурсів, порушення роботи систем водопостачання та несприятливі умови життя для мешканців. Окрім впливу на навколишнє середовище, катастрофа також мала значні гуманітарні та медичні наслідки, що створило нові проблеми для систем охорони здоров'я та фізичної реабілітації [1, 3, 4].

Гідроекологічні загрози військового походження негативно впливають як на фізичний, так і на психологічний стан населення. Масова евакуація та тривалий вплив стресових умов, а також обмежений доступ до медичних послуг та незначні можливості для людей підтримувати свою фізичну форму, призвели до серйозного погіршення стану постраждалих. За цих обставин управління кризовими ситуаціями також повинно включати фізичну реабілітацію у підтримці відповідних аспектів системи реагування. Реабілітація має бути адаптована до викликів війни, а реабілітаційні послуги мають бути доступними, навіть якщо інфраструктура зруйнована. Гідроекологічні катастрофи мають надзвичайно негативний вплив на здоров'я населення. Руїнування дамб та інших гідротехнічних споруд не лише

впливає на фізичне благополуччя людей, але й може спричинити значний психічний стрес для постраждалих. Після катастрофи на Каховській ГЕС відбулося переселення людей, які не мали доступу до чистої питної води через забруднення токсичними речовинами, що призвело до загрози інфекційних та хронічних захворювань у зоні затоплення [7].

Екологічні катастрофи сильно впливають, перш за все, на людей похилого віку, людей з інвалідністю та з серцево-судинними захворюваннями, на військовослужбовців, поранених у бою, та осіб, які нещодавно перенесли операцію. Більшість постраждалих часто відчують проблеми з мобільністю, м'язову слабкість, проблеми з диханням, знижену толерантність до фізичної активності. У них часто спостерігається психічне та емоційне виснаження. Ризик розвитку ускладнень та зниження якості життя зростає, якщо вплив стресу та обмеження фізичної активності тривають протягом тривалого часу.

У зв'язку з цим фізична реабілітація відіграє вагомий терапевтичний та профілактичний роль у загальному реагуванні на кризу в умовах екологічної катастрофи. Реабілітація має вирішальне значення для відновлення постраждалих від катастрофи осіб та для забезпечення їхньої подальшої якості життя. Основними цілями фізичної реабілітації в цих ситуаціях є підтримка функціональної незалежності, запобігання ускладненням, відновлення рухової активності та адаптація людей до нових умов життя. Рання мобілізація пацієнтів набуває важливого значення, оскільки тривале зниження мобільності може призвести до ускладнень, таких як атрофія м'язів, контрактури та застій у легенях, тромбоемболічні прояви [5, 6].

Для пацієнтів із серцево-судинними захворюваннями фізична терапія дозволяє контролювати рівень фізичного навантаження та підтримувати функціональну активність в умовах стресу й нестабільного доступу до медичної допомоги.

Значної уваги потребують також військовослужбовці після бойових травм і ампутацій, для яких реабілітація є важливим етапом повернення до активного життя. **Важливе місце у таких складних умовах займають інноваційні підходи у фізичній реабілітації.** Одним із найбільш перспективних напрямків є телереабілітація. Використання дистанційних технологій дозволяє забезпечити безперервність реабілітаційної допомоги навіть у регіонах із пошкодженою інфраструктурою або обмеженим доступом до медичних закладів. Телереабілітація включає дистанційні консультації фізичних терапевтів, онлайн-контроль виконання вправ, використання мобільних додатків та цифрових платформ для моніторингу стану пацієнтів [2].

Сучасні цифрові технології дають можливість використовувати портативні системи контролю фізичного стану, зокрема фітнес-трекери та пульсоксиметри, що допомагають оцінювати рівень фізичної активності, частоту серцевих скорочень і переносимість навантаження. Це особливо важливо для внутрішньо переміщених осіб та пацієнтів, які проживають у віддалених районах. Важливу роль у подоланні наслідків екологічних катастроф відіграють мобільні реабілітаційні команди. До їхнього складу можуть входити фізичні терапевти, ерготерапевти, лікарі, психологи та соціальні працівники. Основними завданнями таких команд є оцінювання функціонального стану постраждалих, рання мобілізація, профілактика ускладнень і навчання безпечній фізичній активності. Робота мобільних команд дозволяє забезпечити доступність допомоги навіть у громадах із зруйнованою медичною інфраструктурою.

Отже, руйнування дамб під час війни в Україні створює масштабні гідроекологічні загрози та суттєво впливає на стан здоров'я населення. Наслідки таких катастроф виходять за межі екологічної проблематики та формують додаткове навантаження на систему охорони здоров'я і реабілітації.

Фізична реабілітація є важливою складовою системи реагування на надзвичайні ситуації, оскільки сприяє відновленню функціональної активності, профілактиці ускладнень і покращенню якості життя постраждалих.

Інноваційні підходи, зокрема телереабілітація, цифрові системи моніторингу та мобільні реабілітаційні команди, дозволяють підвищити ефективність реабілітаційної допомоги навіть у кризових умовах. Подальший розвиток системи фізичної реабілітації в Україні має бути спрямований на впровадження сучасних технологій, міждисциплінарну взаємодію та інтеграцію реабілітації у систему кризового управління в умовах війни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Іванець О.Р., Макар О.Р. Синергія внутрішньої медицини та фізичної терапії у відновленні здоров'я постраждалих внаслідок водних забруднень бойового походження // Внутрішня медицина ХХІ століття: інтеграція знань та практики : зб. наук. праць наук.-практ. конф. з міжнар. участю, 12 червня 2025 р., Львів. Львів : ДНТ «ЛНМУ ім. Д. Галицького», 2025. С. 21–24.

2. Іванець О.Р., Макар О.Р. Телереабілітація у фізичній терапії після перелому діафіза плечової кістки: перспективи впровадження // V Національний конгрес фізичної та реабілітаційної медицини : тези доповідей, 14–15 листопада 2025 р., Львів. Львів, 2025. С. 22–24.

3. Хільчевський В.К. Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні // Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2022. №1(63). С. 6–19. DOI: 10.17721/2306-5680.2022.1.1.

4. Шерстюк Д., Ільєнко Т. Супутниковий моніторинг за біологічним індикатором стану Чорного моря внаслідок руйнування Каховської ГЕС // Екологічна і біологічна безпека

в умовах війни: реалії України : зб. матеріалів наук.-практ. конф. (Київ, 19–20 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 105–107.

5. Шумигай І. Використання та наслідки водних ресурсів як зброї // Екологічна і біологічна безпека в умовах війни: реалії України : зб. матеріалів наук.-практ. конф. (Київ, 19–20 липня 2023 р.). Київ, 2023. С. 107–110.

6. Balogun J.A. Contemporary and Global Perspectives in Physical Therapy. Cham : Springer Nature, 2025. 490 p.

7. Drebot O., Vysochanska M., Sakharnatska L. Environmental and economic consequences regarding the assessment of the explosion of Kahovska HPP // Ecological and Biological Security in Wartime: Realities of Ukraine : collection of materials of the scientific and practical conference (Kyiv, July 19–20, 2023). Kyiv, 2023. P. 7-8.

УДК 614.8:355.58

ДОЛІКАРСЬКА ДОПОМОГА ПРИ БІОЛОГІЧНИХ, ХІМІЧНИХ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗАХ ВІЙНИ

*О. О. Кирик, старший викладач кафедри терапії та реабілітації
навчально-наукового інституту охорони здоров'я, Національний
університет водного господарства та природокористування*

Воєнні дії створюють значну небезпеку для життя та здоров'я населення, спричиняючи не лише фізичні руйнування, а й масштабні біологічні, хімічні та екологічні загрози. Руйнування промислових підприємств, пошкодження систем водопостачання, застосування токсичних речовин і погіршення санітарних умов можуть призводити до масових уражень населення та поширення небезпечних захворювань. У таких умовах особливого значення набуває своєчасне надання долікарської допомоги, що дозволяє зменшити ризик ускладнень і врятувати життя постраждалих до прибуття медичних працівників.[1]

Біологічні загрози можуть бути пов'язані з поширенням інфекційних захворювань через порушення санітарних умов, забруднення води, нестачу медичних ресурсів або використання біологічних агентів. Основними заходами долікарської допомоги є ізоляція осіб із симптомами інфекційних захворювань, використання засобів індивідуального захисту, забезпечення постраждалих чистою водою та дотримання правил особистої гігієни. Важливим є також своєчасне повідомлення медичних служб про випадки можливого зараження.

Хімічні загрози виникають унаслідок аварій на промислових об'єктах, пошкодження складів небезпечних речовин або застосування хімічної зброї. У разі ураження токсичними речовинами необхідно негайно вивести

постраждалого із небезпечної зони, забезпечити доступ до свіжого повітря, зняти забруднений одяг та промити відкриті ділянки шкіри і очі великою кількістю води. При утрудненні дихання постраждалому слід надати зручне положення та контролювати стан життєвих функцій до прибуття медиків.

Екологічні загрози війни проявляються через забруднення повітря, води та ґрунтів продуктами вибухів, паливно-мастильними матеріалами й токсичними відходами. Такі фактори можуть спричиняти отруєння, опіки, алергічні реакції та загострення хронічних захворювань. Долікарська допомога передбачає усунення контакту з джерелом забруднення, забезпечення доступу до чистої води та повітря, промивання уражених ділянок тіла, а також надання психологічної підтримки постраждалим [2].

Отже, знання правил долікарської допомоги при біологічних, хімічних та екологічних загрозах війни є необхідною складовою підготовки населення до надзвичайних ситуацій. Формування практичних навичок та підвищення рівня обізнаності громадян сприятимуть збереженню життя і здоров'я людей в умовах воєнного стану.[3]

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. Основи домедичної допомоги. (2023). Основи домедичної допомоги: Навчальний посібник. Київ: МОЗ України.
3. World Health Organization. (2022). Health emergency and disaster risk management framework. Geneva, Switzerland.

УДК 628.16.081.3

СОРБЦІЙНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ КАВОВОЇ ГУЩІ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ІЗ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ

*О. О. Жоріна, аспірант, Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності*

*К. В. Степова, к.т.н., доцент, старший науковий співробітник,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Біовугілля є вуглецевмісним пористим матеріалом, який отримують унаслідок термохімічного перетворення біомаси за обмеженого доступу кисню. Його сорбційний потенціал зумовлений розвиненою пористою структурою, питомою площею поверхні та наявністю функціональних груп, здатних взаємодіяти з іонами металів, біогенними сполуками й органічними забрудниками. У водоочищенні біовугілля розглядають як перспективний матеріал для вилучення важких металів, амонійного азоту, фосфатів та органічних поллютантів; основними механізмами такого вилучення є заповнення пор, електростатична взаємодія, іонний обмін, комплексоутворення, осадження та поверхнева адсорбція [1; 2].

Сировиною для одержання таких вуглецевих сорбентів можуть бути деревні, сільськогосподарські, харчові та інші органічні відходи, зокрема осади стічних вод [1; 2]. Окремий інтерес становить відпрацьована кавова гуща, яка належить до органічних харчових відходів і утворюється у значних обсягах після приготування кави. Її використання для виробництва кавового біовугілля поєднує два екологічні напрями: зменшення кількості органічних відходів і створення сорбентів для очищення водних середовищ від забрудників різної природи [3–9].

Ефективність біовуглецевого сорбенту значною мірою залежить від умов піролізу та способу модифікування. У дослідженнях застосовували оптимізацію температури, часу та швидкості нагрівання, хімічну активацію, фізичну активацію CO_2 , а також кульове подрібнення. Такі підходи дають змогу змінювати пористість, площу поверхні, кількість кисневмісних функціональних груп і, відповідно, підвищувати сорбційні характеристики матеріалу [3–7; 9].

Найбільш дослідженим напрямом є вилучення потенційно токсичних металів. Оптимізоване біовугілля із вторинної кавової сировини забезпечувало вилучення Pb(II) на рівні 97,5 % за сорбційної ємності 4,85 мг/г [3]. Активоване вугілля з кавової гущі також продемонструвало високу ефективність щодо Cr(VI) : у дослідженні R. Campbell та співавторів ефективність вилучення становила 75–100 %, а найефективніший зразок мав максимальну сорбційну ємність 207 мг/г [5]. Для Ag(I) найкращі результати було отримано для карбонізованого матеріалу із кавової гущі, одержаного за температури 500 °C: максимальна сорбційна ємність становила 49,0 мг/г, а ефективність вилучення — 99,9 % [6].

Кавова гуща також може бути сировиною для сорбентів, здатних вилучати біогенні сполуки. Кавове біовугілля показало здатність до адсорбції NH_4^+ ; найкращі умови процесу становили рН 7, початкову концентрацію NH_4^+ 40 мг/л і дозу сорбенту 2 г/л, а максимальна сорбційна ємність за моделлю Ленгмюра дорівнювала 51,52 мг/г [4]. Крім того, дослідження біовугілля з осаду стічних вод підтверджує доцільність використання біовугілля з органічних відходів для вилучення $\text{PO}_4\text{-P}$: найефективнішим був матеріал, піролізований за 600 °C, із утриманням $\text{PO}_4\text{-P}$ на рівні 87 % та 78 % у двох колонних експериментах [2].

Перспективним є і застосування біовугілля з кавових відходів для вилучення органічних мікрозабруднювачів та барвників. Кульове подрібнення карбонізованого матеріалу із

кавової гущі, піролізованого за 450 °С, підвищувало площу поверхні й кількість кисневмісних груп, а максимальна сорбційна ємність щодо кофеїну становила 82,65 мг/г [7]. Біовугілля та композити з кавових відходів також демонстрували ефективність щодо синього метиленового барвника: Fe/СВ забезпечував до 97,8 % його вилучення, а фізично активоване вугілля з кавової гущі забезпечувало вилучення синього метиленового барвника до 99,15 % [8; 9].

Отже, біовугілля із вторинної кавової сировини є перспективним сорбційним матеріалом для очищення водних середовищ від Pb(II), Cr(VI), Ag(I), NH₄⁺, кофеїну та синього метиленового барвника. Додатково результати щодо біовугілля з осаду стічних вод підтверджують ширший потенціал біовугілля з органічних відходів для вилучення фосфатів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на перевірку ефективності таких матеріалів у реальних стічних водах, вивчення впливу супутніх іонів, регенерацію сорбентів та оцінювання можливості масштабування технології [2–9].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wang Y., Chen L., Zhu Y., Fang W., Tan Y., He Z., Liao H. Research status, trends, and mechanisms of biochar adsorption for wastewater treatment: a scientometric review. *Environmental Sciences Europe*. 2024. Vol. 36. Article 25. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00859-z>.
2. Janusevicius T., Mazeikiene A., Stepova K., Danila V., Paliulis D. The Removal of Phosphorus from Wastewater Using a Sewage Sludge Biochar: A Column Study. *Water*. 2024. Vol. 16, No. 8. Article 1104. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16081104>.
3. Mahajan M., Das D. B., Singh R. P., Leaper M. C., Ketharam A. Optimized valorization of spent coffee grounds into biochar for lead removal using Box-Behnken design. *Biomass and Bioenergy*. 2026. Vol. 206. Article 108568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2025.108568>.

4. Nguyen V.-T., Vo T.-D.-H., Tran T., Nguyen T.-N., Le T.-N.-C., Bui X.-T., Bach L.-G. Biochar derived from the spent coffee ground for ammonium adsorption from aqueous solution. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2021. Vol. 4. Article 100141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100141>.

5. Campbell R., Xiao B., Mangwandi C. Production of activated carbon from spent coffee grounds (SCG) for removal of hexavalent chromium from synthetic wastewater solutions. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 366. Article 121682. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121682>.

6. Islam M. A., Parvin M. I., Dada T. K., Kumar R., Antunes E. Silver adsorption on biochar produced from spent coffee grounds: validation by kinetic and isothermal modelling. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2024. Vol. 14. P. 28007-28021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03491-0>.

7. Yang Y., Wan Y., Chen J., Chen H., Li Y., Munoz-Carpena R., Zheng Y., Huang J., Zhang Y., Gao B. Ball-Milled Spent Coffee Ground Biochar Effectively Removes Caffeine from Water. *Water*. 2025. Vol. 17, No. 6. Article 881. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17060881>.

8. Lin J.-Y., Chang P.-T., Shi J.-R., Liu F.-C., Wang C.-Y., Tsao N.-W. Sustainable Bio-Adsorbent Generated from Coffee Waste for Dual Application in Heavy Metal and Dye Removal. *Processes*. 2025. Vol. 13, No. 5. Article 1364. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr13051364>.

9. Ciner M. N., Ozbas E. E., Ozcan H. K., Ongen A. Potential of Physical Activated Carbon Derived from Pyrolyzed Waste Coffee Grounds as an Adsorbent for Dye Removal. *Water, Air, and Soil Pollution*. 2026. Vol. 237. Article 528. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-026-09235-4>.

УДК 628.4.032:662.767

ГАЗИФІКАЦІЯ ТПВ В СИСТЕМІ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ УКРАЇНИ

*О. Кутняшенко, к.т.н., доц., доц. кафедри
природоохоронної діяльності,
ДВНЗ Донецький національний технічний університет*

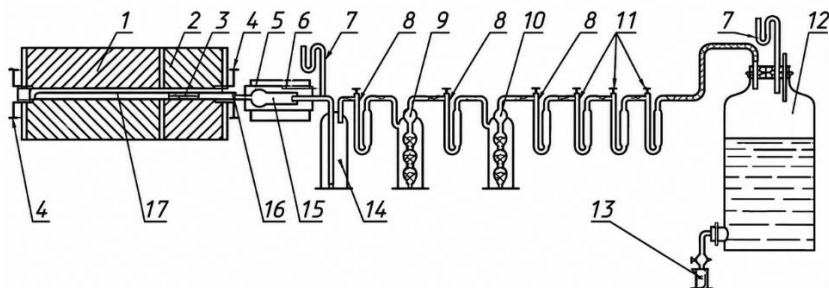
Система поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) в Україні залишається орієнтованою переважно на полігонне захоронення, що створює тривале техногенне навантаження на довкілля. В умовах війни проблема загострюється через руйнування інфраструктури, порушення вивезення відходів і зростання ризиків неконтрольованого накопичення органічної фракції. Щорічно в Україні утворюється понад 13 млн т ТПВ, більшість з яких надходить на перевантажені або екологічно небезпечні полігони [1]. Високий вміст органічної складової спричиняє утворення фільтрату та полігонного газу, що підвищує ризики забруднення ґрунтів, вод і атмосферного повітря, а також формування пожежо- та біологічно небезпечних зон.

Закон України «Про управління відходами» №2320-IX визначає перехід до інтегрованої системи управління відходами, заснованої на принципах циркулярної економіки [2]. Однак навіть за розвитку роздільного збору частина відходів залишається непридатною для рециклінгу та потребує ефективної утилізації. В умовах воєнного стану частка змішаних і забруднених відходів зростає, що підвищує актуальність термохімічних методів переробки. Це визначає доцільність застосування газифікації як технології, здатної одночасно зменшувати обсяги захоронення, знижувати екологічні ризики та забезпечувати отримання енергетично цінного газу.

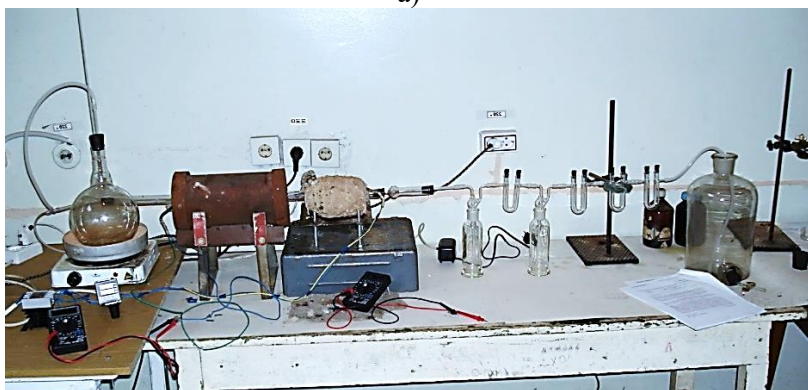
Серед сучасних технологій особливий інтерес становить газифікація ТПВ як процес часткового окиснення органічної речовини з утворенням генераторного газу. На відміну від прямого спалювання, газифікація дозволяє реалізувати більш контрольований механізм термічного розкладу з нижчим обсягом димових газів і вищим потенціалом енергетичного використання продуктів процесу. Синтез-газ, основними компонентами якого є CO , H_2 та CH_4 , може використовуватись для виробництва теплової та електричної енергії, а після додаткового очищення — як хімічна сировина. Одночасно мінеральна частина відходів концентрується у твердому залишку, що спрощує локалізацію токсичних компонентів та зменшує навантаження на полігонну інфраструктуру.

Ефективність газифікації визначається морфологічним і фізико-хімічним складом ТПВ. Для українських відходів характерний підвищений вміст органічної фракції та значна вологість, що знижує теплотворну здатність сировини і погіршує тепловий баланс процесу. Водночас саме органічна складова є основним джерелом утворення горючих компонентів генераторного газу. Тому ключовим напрямом розвитку технології є оптимізація співвідношення температурного режиму, типу дуття та часу перебування сировини в реакційній зоні з метою максимізації виходу синтез-газу та мінімізації смолоутворення.

Практичне дослідження процесу газифікації органічної складової ТПВ виконано в лабораторних умовах Донецького національного технічного університету. Базою для створення експериментальної установки слугувала схема визначення виходу продуктів коксування за ISO 1171:2010, конструкцію якої було адаптовано до задач термохімічної конверсії відходів та аналізу газоподібних продуктів. Установа забезпечувала контроль температурних режимів, очищення та селективне поглинання компонентів газової суміші, а також вимірювання виходу генераторного газу.



а)



б)

Рисунок 1. Установа для газифікації органічної складової ТПВ: а) технологічна схема установки газифікації органіки, б) лабораторна установа ДонНТУ для газифікації органічної складової ТПВ: 1 - трубчаста електрична односекційна піч; 2 - трубчаста електрична піч; 3 - насадка (чотири ряди фарфорових бусинок, нанизаних на ніхромовий дріт Ø1 мм); 4 - одноточкові хром-алюмелеві термопари; 5 - трубчаста електрична піч для ватного фільтра з терморегулятором ($105 \pm 5^\circ\text{C}$); 6 - термометр; 7 - водяні манометри; 8 - хлоркальцієві трубки; 9 - поглинальна склянка для двоокису вуглецю та сірководню; 10 - поглинальна склянка для ненасичених вуглеводнів; 11 - трубки з активованим вугіллям; 12 - газометр місткістю 6 л; 13 - мірний циліндр; 14 - поглинальна склянка для аміаку; 15 - фільтр для уловлювання смоли; 16 - кварцова вставка для з'єднання з поглинальною апаратурою та реакційною трубкою; 17 - реакційна кварцова трубка

Було досліджено повітряну, парову та пароповітряну газифікацію органічної складової ТПВ за схемою оберненого газогенератора, що дозволило оцінити вплив типу дуття на склад і вихід продуктів газифікації. Для всіх режимів характерний підвищений вихід твердого залишку, зумовлений високою зольністю вихідної сировини. Мінімальне утворення смолистих продуктів зафіксовано під час повітряної газифікації за оберненою схемою, що свідчить про її вищу ефективність щодо зниження смолоутворення. Водночас встановлено, що найбільш ефективним режимом є пароповітряна газифікація, за якої до 90 % органічної маси переходить у газоподібні продукти. Отриманий генераторний газ характеризувався низькою теплотою згоряння в межах 3,9–5,1 МДж/м³, тоді як за оптимальних параметрів процесу теплота згоряння досягала 6–7 МДж/м³, що підтверджує можливість його подальшого енергетичного використання. Повітряні та пароповітряні режими забезпечували вищий вихід генераторного газу порівняно з паровою газифікацією, що визначає їх практичну доцільність. Встановлено, що стабільність процесу значною мірою визначається вологістю сировини, інтенсивністю подачі газифікуючого агента та умовами термічного розкладу смолистих сполук.

Подальший розвиток технологій газифікації ТПВ пов'язаний із підвищенням якості генераторного газу, удосконаленням систем очищення від сірководню, аміаку та смолистих компонентів, а також інтеграцією процесу в локальні енергетичні системи. У подальшому газифікація може стати не лише ефективним методом зменшення обсягів захоронення відходів, а й важливим елементом децентралізованої енергетики, забезпечуючи одночасне вирішення питань екологічної безпеки, ресурсного відновлення та підвищення енергетичної ефективності України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про управління відходами: Закон України № 2320-IX від 20.06.2022 р. // *Відомості Верховної Ради України*. 2023. № 1.
2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року: схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України № 820-р від 08.11.2017 р. Київ, 2017. 32 с.
3. Ніковська Г. М., Калініченко К. В. Біотехнологія утилізації осадів міських стічних вод // *Biotechnologia Acta*. 2014. Т. 7, № 3. С. 21–32. DOI: <https://doi.org/10.15407/biotech7.03.021>.
4. Пазюк В. М., Токарчук О. А. Основні характеристики осадів стічних вод // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 1(116). С. 96–104. DOI: <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2022-1-11>.
5. Malkow T. Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for energy efficient and environmentally sound MSW disposal // *Waste Management*. 2004. Vol. 24, Issue 1. P. 53–79. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(03\)00038-2](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(03)00038-2).

УДК 613.2:614.31:614.876

ЗАСТОСУВАННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ, ЗУМОВЛЕНОЇ ЗАБРУДНЕННЯМ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ УНАСЛІДОК ВІЙНИ

*М. Гуліч, д.мед.н., проф., зав. відділу гігієни харчування та
безпечності харчової продукції,*

*О. Петренко, д.мед.н., головний науковий співробітник відділу
гігієни харчування та безпечності харчової продукції
ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва
Національної академії медичних наук України»*

В умовах воєнних дій проблема безпечності сільськогосподарської продукції набуває особливої актуальності. Руїнування промислових об'єктів та інфраструктури, пожежі, вибухи, потрапляння у довкілля продуктів згоряння, паливно-мастильних матеріалів та токсичних речовин створюють додаткові джерела забруднення ґрунтів і харчового ланцюга [1, 2]. Особливу небезпеку становить продукція з присадибних ділянок, яка часто споживається регулярно без належного лабораторного контролю. За цих умов важливим є застосування ризик-орієнтованого підходу, що враховує вміст контамінантів у продуктах, обсяги їх споживання та регіональні особливості харчування населення.

Метою дослідження було обґрунтувати ризик-орієнтований підхід до оцінки впливу на здоров'я населення харчових продуктів, забруднених токсичними речовинами внаслідок воєнних дій. У роботі використано комплекс аналітичних і лабораторних методів. Для оцінки споживання пріоритетних груп продуктів опрацьовано матеріали Державної служби статистики України, показники продовольчих балансів та дані FAOSTAT щодо споживання овочів, картоплі та зернових продуктів [3,4]. Отримані дані уніфіковано для

подальших порівнянь і розрахунків експозиції. Окремим етапом було вивчення вмісту важких металів у харчових продуктах і сільськогосподарській сировині. Проби відбирали в місцях із високою ймовірністю забруднення екотоксикантами через близькість до зон військової активності. Масові концентрації кадмію, свинцю, міді та цинку визначали методом інверсійної вольтамперометрії. Для формування методичної основи оцінки ризику також проаналізовано документи Codex Alimentarius, FAO/WHO JECFA, EFSA, нормативні акти ЄС, ресурси WHO GEMS/Food та FDA Total Diet Study [5-8]. На підставі отриманих даних сформовано алгоритм оцінки впливу: ідентифікація небезпеки, відбір проб і лабораторний контроль, оцінка експозиції через раціон, характеристика ризику та підготовка профілактичних рекомендацій.

Дослідження показало, що забруднення харчових продуктів і сільськогосподарської сировини важкими металами на територіях після бойових дій має нерівномірний характер і виявлялося приблизно у 7–10% проб. Найбільше гігієнічне значення мало забруднення свинцем, особливо в окремих зернових культурах і деяких овочах. Виявлені перевищення переважно були незначними, тому за епізодичного споживання такої продукції небезпека для здоров'я населення оцінюється як низька або помірна.

Водночас регулярне вживання місцево вирощених продуктів із потенційно забруднених присадибних ділянок може підвищувати ймовірність несприятливого впливу на здоров'я внаслідок хронічного надходження важких металів. Показано, що овочі, картопля та зернові займають суттєву частку в раціоні населення, а регіональні відмінності у структурі харчування впливають на рівень потенційного ризику. У західних, північних і центральних регіонах більший внесок у можливе надходження кадмію та свинцю можуть формувати картопля, овочі та зернові, тоді як у південних і частково східних регіонах — овочі та плоди.

Висновки. Обґрунтовано необхідність диференційованого моніторингу безпечності сільськогосподарської продукції на територіях, що зазнали впливу бойових дій. Встановлено, що забруднення важкими металами має локальний і нерівномірний характер, а основну небезпеку становить регулярне споживання продукції з потенційно забруднених присадибних ділянок. На основі результатів лабораторних досліджень та міжнародних підходів FAO/WHO, JECFA, Codex Alimentarius і ЄС сформовано поетапну схему оцінки впливу забруднених токсичними речовинами продуктів на здоров'я населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Solokha M., Demyanyuk O., Symochko L., Mazur S., Vynokurova N., Sementsova K., Mariychuk R. Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine. Land. 2024. Vol. 13, № 10. Article 1614. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13101614>.

2. Bonchkovskiyi O., Ostapenko P., Bonchkovskiyi A., Shvaiko V. War-induced soil disturbances in north-eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. Science of the Total Environment. 2025. Vol. 964. Article 178594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178594>.

3. Державна служба статистики України. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України, 2021. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua>.

4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT: Food Balances. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS>.

5. Codex Alimentarius Commission. General Standard for Contaminants and Toxins in Food and Feed. CXS 193-1995. FAO/WHO, 1995. URL: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/>.

6. World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Evaluation of certain food additives and contaminants: ninety-first report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, No. 1036. Geneva: WHO; FAO, 2022. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240054585>.

7. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. Scientific Opinion on Lead in Food. EFSA Journal. 2010. Vol. 8, № 4. Article 1570. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2010.1570>.

8. U.S. Food and Drug Administration. Total Diet Study (TDS). URL: <https://www.fda.gov/food/reference-databases-and-monitoring-programs-food/fda-total-diet-study-tds>.

УДК 616-036.22-053.2:355.1

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕБІГУ ТА ПРОФІЛАКТИКИ ВАКЦИНОКЕРОВАНИХ ІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ У ДІТЕЙ В УМОВАХ ВІЙНИ

*О. Р. Садова, кандидат медичних наук, кафедра педіатрії та
медичної генетики
ДНТ «Львівський національний медичний університет
імені Данила Галицького»*

Вступ. Інфекційні захворювання у дітей залишаються однією з провідних причин захворюваності у світі, однак в умовах війни їх клініко-епідеміологічне значення суттєво зростає. Воєнні конфлікти призводять до дестабілізації системи охорони здоров'я, порушення рутинної імунопрофілактики, погіршення санітарно-гігієнічних умов та зростання соціальної вразливості дитячого населення. У таких умовах формується підвищений ризик як спорадичних випадків, так і спалахів вакцинованих інфекцій.

Мета роботи. Проаналізувати особливості перебігу інфекційних захворювань у дітей в умовах воєнного часу та узагальнити сучасні підходи до їх профілактики з урахуванням міжнародного досвіду.

Епідеміологічні особливості та охоплення вакцинацією (2022–2025). Воєнні дії в Україні з 2022 року суттєво вплинули на функціонування системи імунопрофілактики. Основними детермінантами стали вимушене переміщення населення, руйнування медичної інфраструктури, перебої у постачанні вакцин та нерівномірний доступ до первинної медичної допомоги [1]. У 2022 році спостерігалось зниження охоплення плановими щепленнями, особливо у регіонах з активними бойовими діями та значною міграцією населення. У 2023 році відзначено часткове відновлення програм вакцинації. Зокрема, за даними Центру

громадського здоров'я МОЗ України, рівень щеплень КПК2 зріс з 69,1% у 2022 році до 87,3% у 2023 році, АКДПЗ – з 72,9% до 83,4%, поліомієліту 3 (1 рік) – з 68,9% до 84,9%. Охоплення вакцинацією АДПЗ та поліомієліту залишалося нерівномірним із значними регіональними коливаннями та недостатнім рівнем для повного популяційного захисту [2, 5]. Варто згадати, що у 2023 році вдалося локалізувати спалах поліомієліту в Україні. Зміцнення системи холодового ланцюга, проведення додаткових кампаній імунізації проти поліомієліту, кору, кашлюка, правця та дифтерії сприяли збереженню стабільної роботи української системи охорони здоров'я та підтриманню її ефективності навіть в умовах воєнних викликів [3]. У 2024-2025 роках спостерігається часткова стабілізація програм імунізації, однак зберігаються суттєві територіальні диспропорції [1, 5]. Формується явище фрагментованого вакцинального покриття, коли середні національні показники не відображають локальних осередків невакцинованого населення. Це створює умови для потенційних спалахів кору, кашлюку та інших вакциноконтрольованих інфекцій.

Особливості перебігу інфекцій у дітей в умовах війни.

Інфекційні захворювання у дітей в умовах воєнного часу характеризуються більш тяжким клінічним перебігом, підвищеним ризиком бактеріальних ускладнень, коінфекцій та порушенням імунної відповіді, особливо на тлі нутритивних дефіцитів [6, 7]. Поєднання інфекційного процесу з дефіцитом мікронутрієнтів (залізо, вітамін D, цинк) додатково знижує імунну резистентність організму дитини. Хронічний стрес, характерний для умов війни, супроводжується активацією гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникової осі та підвищенням рівня кортизолу, що асоціюється з пригніченням клітинного імунітету, порушенням Т-лімфоцитарної відповіді та дисрегуляцією цитокінового профілю [9, 10].

Профілактика інфекційних захворювань в умовах війни повинна включати:

1. Вакцинопрофілактику (відновлення календаря щеплень; catch-up вакцинацію; пріоритетну імунізацію проти кору, дифтерії, кашлюку та поліомієліту).

2. Санітарно-гігієнічні заходи (доступ до безпечної води; контроль умов проживання; базова гігієна рук).

3. Організаційні заходи (мобільні вакцинальні бригади; телемедичний супровід; посилення ролі сімейної медицини; епідеміологічний нагляд).

Міжнародний досвід гуманітарних криз [11, 12] демонструє ефективність кампаній екстреної вакцинації; мобільних вакцинальних бригад; інтегрованих підходів “health + nutrition + WASH”; систем раннього епіднагляду.

Імплементация в Україні. Умови воєнного стану визначають необхідність адаптації міжнародних моделей до національної системи охорони здоров'я. Пріоритетними залишаються:

- розширення охоплення вакцинацією дітей ВПО;
- розвиток мобільних пунктів щеплень;
- посилення епідеміологічного моніторингу;
- інтеграція сімейних лікарів у систему раннього виявлення спалахів;
- координація МОЗ, ЦГЗ та міжнародних організацій (WHO, UNICEF);
- інформаційні кампанії щодо профілактики інфекцій та важливості вакцинації.

Висновки. Інфекційні захворювання у дітей в умовах війни характеризуються більш тяжким перебігом, високим ризиком ускладнень та значною залежністю від соціально-екологічних факторів. Ключовим викликом є фрагментація вакцинального покриття, що формує епідеміологічні “вікна вразливості” у популяції. Ефективна стратегія профілактики повинна базуватися на відновленні системи імунпрофілактики, посиленні первинної медичної ланки та впровадженні міжнародного досвіду адаптованого до умов України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. United Nations Children's Fund (UNICEF). Situation analysis of children in Ukraine. New York: UNICEF; 2024. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/en/reports/situation-analysis-children-ukraine> (accessed: 18.05.2026).

2. Центр громадського здоров'я МОЗ України. Загальні дані щодо охоплення щепленнями по Україні. URL: <https://phc.org.ua/kontrol-zakhvoryuvan/imunizaciya/okhoplennya-scheplenniyami> (дата звернення: 17.05.2026).

3. UNICEF. Protecting Ukraine's future through vaccination. 2025. URL: <https://www.unicef.org/ukraine/en/stories/protecting-future-through-vaccination> (accessed: 17.05.2026).

4. World Health Organization. WHO's Health Emergency Appeal 2025. Geneva: WHO; 2025.. URL: <https://www.who.int/emergencies/funding/health-emergency-appeals/2025> (accessed: 18.05.2026).

5. World Health Organization, United Nations Children's Fund (UNICEF). WHO and UNICEF estimates of national immunization coverage (WUENIC). Geneva: WHO; 2023. URL: <https://immunizationdata.who.int> (accessed: 17.05.2026).

6. Marou V., Vardavas C.I., Aslanoglou K. et al. The impact of conflict on infectious disease: a systematic literature review // Conflict and Health. 2024. Vol. 18. P. 27. DOI: 10.1186/s13031-023-00568-z.

7. Bellos A., Mulholland K., O'Brien K.L. et al. The burden of acute respiratory infections in crisis-affected populations: a systematic review // Conflict and Health. 2010. Vol. 4. P. 3. DOI: 10.1186/1752-1505-4-3.

8. Rytter M.J.H., Kolte L., Briend A. et al. The Immune System in Children with Malnutrition –

A Systematic Review // PLoS One. 2014. Vol. 9(8). e105017. DOI: 10.1371/journal.pone.0105017.

9. Hornor S.A., McGrath J.M. Biomarkers of Stress and Inflammation in Children // Biological Research for Nursing. 2023. Vol. 25(1). P. 3–15. DOI: 10.1177/10998004221130055.

10. Condon E.M. Chronic Stress in Children and Adolescents: A Review of Biomarkers for Use in Pediatric Research // Western Journal of Nursing Research. 2018. Vol. 40(5). P. 473-496. DOI: 10.1177/1099800418779214.

11. World Health Organization. Vaccination in humanitarian emergencies: implementation guide. Geneva: WHO; 2017. 77 p.

12. United Nations Children's Fund (UNICEF). Water, sanitation and hygiene (WASH) in emergencies. New York: UNICEF; 2024.

УДК 504.064:528.8

АВТОМАТИЗОВАНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕСТРУКЦІЇ ПОЛЕЗАХИСНИХ ЛІСОСМУГ ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ У СТРАТЕГІЇ ПІСЛЯВОЄННОГО ЛІСОВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

О. І. Торський, аспірант,

О. М. Мандрик, доктор технічних наук, професор,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Сучасний стан агроландшафтів у Донецькій області внаслідок ведення активних бойових дій характеризується катастрофічним рівнем деградації екосистем [1]. Особливого удару зазнав лісомеліоративний фонд - штучно створені полезахисні лісові смуги. Вони виконують критично важливу екологічну роль, стабілізуючи мікроклімат, утримуючи вологу та захищаючи родючі ґрунти від вітрової та водної ерозії [2]. Масштабні артилерійські обстріли, лісове випалювання, спричинене вибухами, та механічні пошкодження технікою призводять до фрагментації та повного вигорання цих насаджень, що створює пряму загрозу деградації земель та опустелювання регіону.

Розробка стратегії післявоєнного лісовідновлення України вимагає точного та оперативного аудиту завданих збитків від країни-агресора. Проте класичні методи наземного лісовпорядкування на територіях Донеччини наразі є абсолютно неможливими через критичний рівень мінної небезпеки та безпекові ризики для дослідників та служб реагування. У цих умовах безальтернативним рішенням стає перехід до автоматизованого дистанційного моніторингу, який дозволяє отримувати об'єктивні дані без фізичної присутності на об'єктах.

Підхід базується на інтеграції методів дистанційного зондування Землі та сучасних геоінформаційних технологій для проведення ретроспективного та оперативного аналізу стану лісомеліоративного фонду [3]. Інформаційною основою дослідження слугують відкриті дані космічної зйомки високої просторової роздільної здатності з угруповання супутників *Sentinel-2*. Обробка просторово-часових масивів даних здійснюється на основі хмарних технологій геопросторового аналізу, що дозволяє автоматизувати процес обчислень та мінімізувати використання локальних апаратних ресурсів.

Дослідження методологічно орієнтоване на виявлення стійких негативних девіацій у стані рослинного покриву під впливом воєнних факторів. Оцінка динаміки фотосинтетично активної біомаси та порушень цілісності лінійних насаджень формується на аналізі спектральних характеристик відбиття у видимому, ближньому та короткохвильовому інфрачервоному діапазонах. Тому для ідентифікації ступеня деструкції крон та верифікації зон термічного ураження під час воєнних дій слід застосовувати комплексний розрахунок нормалізованих вегетаційних індексів та індексів згарищ. Основною метою даного аналізу є чітке розмежування природних змін рослинності (викликаних сезонними чи кліматичними чинниками) від аномальних просторових маркерів, які свідчать про механічне або вогневе руйнування пожежозахисних лісових смуг.

Отримані в результаті дистанційного аналізу геопросторові дані мають стати основою для формування диференційованої стратегії післявоєнного лісовідновлення України за двома ключовими напрямками:

- **Зони активної рекультивації** - ділянки суцільного знищення або критичного вигорання лісосмуг, де вегетаційні індекси тривалий час не демонструють позитивних метрик. Відновлення тут має відбуватися за принципом *Build Back Better* (будувати краще, ніж було), через проєктування оптимізованих, кліматично стійких екомереж із використанням

автохтонних порід дерев. Сформовані цифрові карти також слугуватимуть цілевказівками для служб розмінування.

• **Зони пасивного ревайлдингу** - лісові смуги з низьким ступенем фрагментації, де фіксуються ознаки природного самовідновлення. Головною метою для таких ділянок є забезпечення постійного моніторингу для підтвердження стабільності позитивної динаміки відновлення насаджень. Це дозволить оптимізувати розподіл фінансових ресурсів держави у післявоєнний період, спрямовуючи кошти лише туди, де природні процеси є недостатніми.

Практична реалізація запропонованої диференційованої стратегії лісовідновлення має спиратися на створення спеціалізованої регіональної геоінформаційної системи. Інтеграція результатів автоматизованого хмарного моніторингу в єдину просторову базу даних дозволить сформувати індивідуальні «цифрові паспорти» для кожної пошкодженої лісової смуги. Такі паспорти міститимуть ретроспективну інформацію про початковий стан насадження, динаміку його деградації під час бойових дій, поточний рівень вегетаційної активності, а також автоматично згенеровані рекомендації щодо оптимального типу відновлення (активного чи пасивного). Це переводить процес управління екологічними наслідками війни з площини хаотичного реагування у формат системного та структурованого відновлення довкілля.

Крім того, просторові дані деградації лісосмуг мають пряме прикладне значення для планування гуманітарного та технічного розмінування територій. Кореляція зон максимального вогневого ураження насаджень (зафіксованих через індекси NBR/dNBR) із картами потенційного замінування дозволяє пріоритезувати роботу служб реагування. Оскільки відновлення аграрного сектору регіону неможливе без функціонування захисних лісових смуг, першочерговому очищенню та рекультивації мають підлягати саме ті ділянки, які алгоритм визначив як зони суцільного знищення з

критичною потребою в штучному відтворенні. Таким чином, геопросторові дані стають сполучною ланкою між безпековими заходами та довгостроковими екологічними програмами відновлення родючості земель.

Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що повне відновлення екологічного та лісомеліоративного потенціалу Донецької області є довгостроковим викликом, оскільки безпосередній процес рекультивації зруйнованих війною штучних насаджень в умовах масштабного екологічного ураження може тривати роками, а в окремих випадках - навіть десятиліттями. За цих обставин стратегічним пріоритетом для держави як в економічному, так і в соціальному вимірах є максимальне скорочення цих часових рамок задля запобігання опустелюванню та якнайшвидшого повернення регіону до безпечного агровиробництва. У цьому контексті перехід до автоматизації процесів моніторингу на основі хмарних технологій та супутникових даних стає невід'ємним і критично важливим елементом для досягнення зазначеної мети. Даний аналіз стає основним джерелом даних для структурованої взаємодії між державними інституціями, службами розмінування та лісогосподарськими підприємствами, забезпечуючи швидке й точне прийняття рішень у процесі екологічного відродження України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ханенко А. Екологічні проблеми України під час війни. Підприємництво та управління розвитком соціально-економічних систем. 2023. С. 92.
2. Вітер Н. Г. Екологічні чинники впливу на стан полелазхисних лісосмуг. Recent Trends in Science. Дніпро, 2024.
3. Дребот О. І., Костюк В. С., Сахарнацька Л. І. Використання супутникових даних та ГІС у моніторингу змін земного покриття. Збалансоване природокористування. 2025. № 4. С. 5–15.

УДК 342.9

СУСПІЛЬНИЙ ІДЕАЛ ЯК ОСНОВА ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ ЛЮДИНИ І СУСПІЛЬСТВА

*П. Д. Біленчук, кандидат юридичних наук, доцент, професор
Європейської академії прав людини,*

*О. О. Кравчук, заступник начальника відділу моніторингу та оцінки
ситуації управління аналітичного забезпечення Департаменту
забезпечення діяльності Міністра внутрішніх справ України*

У резолюції 70/1, прийнятій Генеральною Асамблеєю ООН 25 вересня 2015 року «Перетворення нашого світу: Порядок денний у сфері сталого розвитку світу до 2030 року» світове співтовариство визнало нагальну потребу у захисті планети від деградації, як шляхом раціонального споживання і виробництва, використання природних ресурсів, так і вжиття невідкладних заходів щодо зміни клімату, з тим, щоб нинішні і майбутні покоління могли задовольняти свої потреби. Тому сталий розвиток світу, а саме економічне процвітання та соціальний прогрес, має відбуватися за умови дотримання екологічного балансу. Перехід світу та України на модель сталого розвитку неможливий без формування особистості шляхом розвитку її духовно-моральних якостей, а суспільної свідомості на засадах духовно-моральних цінностей, основи етнічної та загальнолюдської культури [1, с. 31].

Тільки завдяки культурі (загальнолюдським засадам духу) ми можемо створювати *synoikismos*, житловий кооператив, або *koinosbios*, сумісне життя у взаємній згоді, що призвело до виникнення нового джерела спільних культиваций, з повноти і суперечок яких виключалися інші [2, С. 48].

Співіснування людей у суспільстві передбачає досягнення співробітництва між ними та потребує визначення відповідної форми суспільного життя, яка має договірний характер або ж досягнення *modusviviendi*. Визначення ж форми суспільного життя людей у соціумі, як раз і є сутнісним призначенням

права. Такий висновок ґрунтується на розумінні права, як стратегії суспільного розвитку спрямованої на досягнення більшої справедливості і створення умов для досягнення людиною і громадянином свободи (самореалізації як особистості у суспільстві).

У свою чергу в результаті правового регулювання державою суспільних відносин забезпечується громадський порядок та громадська безпека суспільства, народу, нації[3, с. 12].

Зазначене підтверджується тим, що як слушно вважає іспанський філософ Хосе Ортега-і-Гасет держава і програма життя, програма людської діяльності і поведінки, - поняття нероздільні, аспівробітництво, хочемо ми того чи ні, становить сутність будь-якої держави. Отже, влада у суспільстві безпосередньо пов'язана з формуванням свідомості людини і суспільства, так як влада означає домінування думок і поглядів – громадської думки, тобто духу, так, як в кінцевому рахунку влада – це завжди влада духовна, панування певного світогляду – сукупності ідей, пристрастей, сподівань і планів[4, с. 137-139, 192-193, 229].

Однак, оскільки людини не існує поза суспільством її світогляд обов'язково включає суспільний ідеал: соціально-політичний, естетичний, етичний. Саме практично досяжний суспільний ідеал виконує функцію цілепокладання у житті людини слугує перетворенню дійсності [5, с. 26, 42].

Зазначене вище надає підстави стверджувати, що суспільний ідеал це основа для формування світогляду людини та її духовно-моральних якостей, адже саме він виконує функцію оцінки людиною не лише власних намірів, вчинків, але й діяльності інших людей. Такий суспільний ідеал безумовно має відповідати критеріям моральності.

У кожній системі моралі, як стверджує відомий український педагог Григорій Ващенко, центральне місце посідає вчення про критерії моральності, позаяк від нього залежить характер системи не лише у основних твердженнях, але й і в деталях. Проте, незважаючи на наявність характерних рис моралі окремих народів на підставі порівняння систем моралі різних народів і різних епох історії дослідник приходить

до висновку про наявність загальнолюдської моралі, адже в основі віх систем моралі лежить гуманізм у широкому розумінні цього слова, як пошана до людини, любов, милосердність, визнання гідності людської особистості та її прав. Тому мораль в першу чергу це – обмеження егоїзму, і де таке обмеження відсутнє відсутня й справжня мораль [6, с. 16, 34, 36, 37].

Суголосно йому іспанський філософ Хосе Ортега-і-Гасет вважає, що егоїзм це сурогат, а не програма життя, відсутність моралі тобто безшляхетність (безнравственність) не існує в природі. Якщо людина не підпорядковується шляхетним устоям, вона мусить підпорядковуватися іншій необхідності і волею чи неволею, жити наперекір їм – а це вже не безшляхетність, а антишляхетність [4, с. 155-156, 217].

Природу шляхетності Григорій Ващенко розуміє як голос совісті, що спирається в першу чергу на природні, дані від Бога, властивості нашого духу, який стоїть на сторожі нашого ідеального «я». Підтвердження такому висновку він знаходить у: 1) вченні Імануїла Канта про категоричний імператив, як наказ збереження шляхетності або моральної істоти для реалізації вищого блага; 2) здібності людини кваліфікувати свою поведінку, яка називається сумлінням. Ідеал за твердженням Ханса Лассена Мартенсеначерез посередництво сумління повстає проти тих уявлень, що виникають із егоїзму, пристрастей і побажань; 3) пантеїстичному вченні про Бога, як активну силу буття [6, с. 48-49, 55, 64].

Відомий український педагог Василь Сухомлинський відносить розвиток шляхетності, поряд з розумовим, емоційним та естетичними розвитком до духовного становлення людини у суспільстві. Його сутність вчений вбачає у відкритті в душі людини джерела добрих, мудрих почуттів (людяності, сердечності, чуйності, чутливості), самостимування, самодисципліни, а насамперед у пізнанні, ствердженні почуття власної гідності, поваги до самого себе без якого немає совісті, не має справжньої людини [7, с. 32-33, 54, 64, 80, 85].

Отже, розвиток шляхетності невід’ємно пов’язаний зі ствердженням гідності людської особистості, розвитком її

духовно-моральних якостей, а досягнення досконалості або вищого «я» з честю.

Підтвердження такого уявлення знаходимо у сутнісному призначенні рівноправ'я яке, на думку Хосе Ортеги-і-Гасета, полягає у звільненні людських душ із внутрішнього рабства і ствердженні їх у власній гідності і могутності [4, с. 18].

Отже, формування суспільного ідеалу на засадах шляхетності є необхідною умовою впровадження моделі сталого розвитку, досягнення цивілізаційних вершин соціального суспільства знань – щастя, радості, здоров'я, заможності, добробуту, багатства і зиску для кожної людини, країни та цивілізації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Біленчук П. Д., Кравчук О.О. Стратегічні орієнтири правового й наукового забезпечення екологічної безпеки. Юридичний вісник України. № 13, 21 – 30 червня 2025 року. С. 31-32.

2. Петер Слотердайк. Нестиснувальне, або нове відкриття протяжного. Переклад з німецької М. Култаєвої. Філософська думка, 2014, № 3. С. 41-50
<https://dumka.philosophy.ua/index.php/fd/article/view/110>.

3. Біленчук П., Кравчук О. Малій М. Правові механізми протидії злочинам міжнародного характеру в еру глобальної електронної комунікації. Юридичний вісник України. № 5, 4-10 лют. 2022 року. С. 12-13.

4. Востание масс / Хосе Ортега-и-Гассет; [пер. с исп. А. Гелескула]. – Астана: Издательство Казбукс, 2016. – 256 с.

5. Копнин П. В. Введение в марксистскую гносеологию. – К., «Наукова думка», 1966. – 287 с.

6. Ващенко Григорій Виховний ідеал: підручник. – Брюссель.: Видавництво Центральної управи Спільки Української Молоді, 1976. 208 с.

7. Сухомлинський В. А. Серце отдаю детям. Рождение гражданина. Письма к сыну. – 2-е изд. – К.: Рад. шк., 1987. – 543 с.

УДК 349.6:502/504:061.1ЄС(477)

ПРАВОВІ ПРОБЛЕМИ АДАПТАЦІЇ УКРАЇНСЬКОГО ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА ДО ВИМОГ ЄС

*Р. В. Коржинський, здобувач вищої освіти на бакалаврському рівні
юридичного факультету Хмельницького університету управління
та права імені Леоніда Юзькова*

Актуальність теми дослідження зумовлена стратегічним курсом України на інтеграцію до Європейського Союзу, що передбачає обов'язкову адаптацію національного екологічного законодавства до стандартів і вимог права ЄС. Після набуття Україною статусу кандидата на членство цей процес значно активізувався і став одним із ключових напрямів державної політики. Екологічна сфера є однією з найбільш складних у процесі гармонізації, оскільки охоплює широкий спектр відносин і потребує не лише формального наближення норм, а й реального впровадження високих стандартів охорони довкілля. Додаткової актуальності проблема набуває в умовах війни та необхідності післявоєнного відновлення, що ускладнює одночасне виконання екологічних і євроінтеграційних завдань.

Нормативно-правову базу адаптації екологічного законодавства України до вимог ЄС становлять як міжнародні, так і національні акти. Ключове значення має Угода про асоціацію між Україною та ЄС, яка визначає обсяг зобов'язань щодо імплементації *acquis* ЄС у сфері довкілля. На національному рівні основу складають Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», а також спеціальні закони, зокрема «Про оцінку впливу на довкілля», «Про стратегічну екологічну оцінку», «Про управління відходами» та інші. Важливу роль відіграють підзаконні акти та державні стратегії, спрямовані на поступове наближення до

європейських стандартів. Водночас ця база перебуває у стані постійного реформування та доповнення.

Проблематика адаптації полягає у наявності низки системних труднощів. Насамперед це фрагментарність імплементації норм ЄС та наявність прогалин і колізій у законодавстві. Поширеною є ситуація формального перенесення європейських норм без належного механізму їх практичного застосування. Крім того, існують проблеми інституційного забезпечення, недостатнього фінансування екологічних реформ та низького рівня контролю за дотриманням екологічного законодавства. Ускладнює ситуацію необхідність поєднання процесів євроінтеграції з відновленням довкілля в умовах війни, що вимагає комплексного та узгодженого підходу до вдосконалення правового регулювання.

У контексті європейської інтеграції екологічне право України набуває ознак комплексної та інтегрованої галузі, що поєднує норми національного законодавства з принципами та стандартами права Європейського Союзу. Його основною метою є не лише формальне наближення до *acquis* ЄС, але й забезпечення реального досягнення високого рівня охорони довкілля, запобігання екологічним ризикам та впровадження принципів сталого розвитку. Водночас процес адаптації супроводжується низкою системних проблем, серед яких – невідповідність окремих національних норм вимогам директив ЄС, відсутність чітких механізмів їх імплементації, а також недостатня узгодженість між різними галузями законодавства. Особливої складності ці питання набувають в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення, коли виникає необхідність одночасного забезпечення екологічної безпеки, відновлення природних ресурсів та виконання міжнародних зобов'язань України перед Європейським Союзом. Це зумовлює потребу у формуванні цілісної державної політики, спрямованої на ефективну адаптацію екологічного законодавства, посилення інституційної спроможності органів влади та

впровадження дієвих правових механізмів контролю і відповідальності [1, с. 198].

Ключова відмінність між підходами ЄС та України у сфері екологічного регулювання, зокрема щодо контролю забруднення вод, полягає у базових еколого-правових принципах. В Україні тривалий час зберігається застарілий підхід, що допускає використання природної здатності водних об'єктів до самовідновлення як елементу регулювання забруднення. Натомість у праві ЄС застосовується сучасний комбінований підхід, який ґрунтується на принципах обережності, превентивності та пріоритетності усунення шкоди у її джерелі, із мінімальним допущенням такого «асиміляційного» підходу. Хоча зазначені принципи формально закріплені і в українському законодавстві, їх практична реалізація залишається обмеженою через несистемність нормативного регулювання та збереження застарілих механізмів. У зв'язку з цим адаптація екологічного законодавства України до вимог ЄС потребує не лише точкових змін, а й глибокого перегляду підходів до правового регулювання, зокрема переходу від ресурсно-орієнтованої до екологічно спрямованої моделі, що забезпечить ефективний контроль за забрудненням і досягнення високих стандартів якості довкілля [1, с. 198-199].

Як зазначає Марина Хоменко в своїй науковій роботі, правовий механізм екологічного законодавства України має складну багаторівневу структуру, що охоплює конституційні норми, галузеве законодавство, міжгалузеві правові інститути, підзаконні акти та міжнародно-правові джерела. При цьому визначальну роль відіграє Конституція України, яка закріплює базові екологічні права громадян і встановлює обов'язок держави забезпечувати екологічну безпеку, а також спеціальне законодавство, зокрема Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», що визначає основи правового регулювання у цій сфері. Водночас підкреслюється,

що національна система екологічного права характеризується значною фрагментарністю, наявністю застарілих норм та недостатньою узгодженістю між окремими нормативно-правовими актами, що ускладнює її адаптацію до сучасних європейських стандартів [2, с. 91-92].

Особливої уваги набувають проблеми, пов'язані з процесом імплементації міжнародних та європейських норм у національне законодавство, який нерідко здійснюється без належного врахування системних зв'язків у праві. У цьому контексті акцентується на поширеній практиці формального запозичення правових положень без їх належної адаптації до українських реалій, що призводить до дублювання норм, виникнення колізій та зниження ефективності правового регулювання. Вказується також на недостатній рівень наукового забезпечення законотворчого процесу та обмежене залучення фахівців у сфері екологічного права, що негативно впливає на якість нормативних актів. Вирішення зазначених проблем вбачається у переході до системного підходу в адаптації законодавства, який передбачає узгодження нових норм із чинною правовою системою, врахування тенденцій розвитку права ЄС, а також посилення ролі наукових досліджень у процесі підготовки та прийняття нормативно-правових актів [2, с. 93-94].

Важливим елементом розвитку екологічного законодавства України є реалізація положень Угод про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, яка визначає основні напрями співробітництва у сфері охорони довкілля. У наукових працях підкреслюється, що закріплені в Угоді цілі — відновлення природного стану довкілля, забезпечення екологічної безпеки виробництва, зменшення обсягів відходів, боротьба із забрудненням та розвиток системи моніторингу — мають комплексний характер і потребують системного нормативного забезпечення. Водночас однією з ключових проблем є фрагментарність реалізації цих положень,

що проявляється у відсутності узгодженого механізму їх імплементації, недостатньому рівні інституційної спроможності органів влади, а також формальному підході до виконання міжнародних зобов'язань. У науковій літературі наголошується, що вирішення зазначених проблем можливе шляхом посилення координації між органами державної влади, удосконалення системи екологічного моніторингу та запровадження ефективних економічних інструментів впливу на суб'єктів господарювання [3, с. 5-6].

Поряд із цим суттєвого значення набуває проблема адаптації національного законодавства до правової системи Європейського Союзу, зокрема до *acquis communautaire*, яка виступає базисом для формування екологічної політики держав-членів ЄС. У дослідженнях звертається увага на те, що процес адаптації часто ототожнюється з гармонізацією законодавства, хоча фактично має ширший зміст і передбачає не лише формальне наближення норм, а й їх ефективне впровадження. Серед основних проблем виділяються недостатній рівень нормативної деталізації процедур, відсутність чітких строків імплементації, а також слабкий механізм юридичної відповідальності за порушення екологічного законодавства. У зв'язку з цим обґрунтовується необхідність проведення комплексних інституційних реформ, розроблення галузевих стратегій з чітко визначеними етапами реалізації та фінансовими інструментами, а також підвищення рівня професійної підготовки фахівців у сфері європейського екологічного права, що сприятиме підвищенню ефективності інтеграційних процесів [3, с. 7-8].

Важливим напрямом удосконалення екологічного законодавства України є посилення правоохоронної діяльності у сфері охорони довкілля, яка має забезпечувати ефективний контроль за дотриманням природоохоронних норм та застосування дієвих санкцій у разі їх порушення. У наукових підходах наголошується, що існуюча система контролю

характеризується недостатньою ефективністю, що зумовлено як обмеженими інституційними можливостями, так і недосконалістю механізмів притягнення до відповідальності. Водночас позитивним чинником є підтримка з боку Європейський Союз, яка реалізується через надання технічної допомоги, впровадження спільних проєктів та розвиток експертного середовища у сфері екологічного права. Проте ефективність таких заходів значною мірою залежить від здатності держави забезпечити їх належну імплементацію та адаптацію до національних умов. У зв'язку з цим обґрунтовується необхідність проведення комплексної правової реформи, що передбачає уніфікацію підходів до нормотворення, забезпечення виконання міжнародних зобов'язань, розширення міжнародного співробітництва та активне залучення фахівців до процесу розроблення і реалізації екологічної політики, що в сукупності сприятиме підвищенню ефективності державного управління у сфері охорони довкілля [3, с. 9-10].

Сучасна концепція стійкої економіки ґрунтується на досягненні ключових глобальних цілей, серед яких подолання бідності та голоду, вирішення кліматичних проблем і збереження природних ресурсів. У цьому контексті Порядок денний сталого розвитку до 2030 року, що включає 17 глобальних цілей, виступає стратегічною основою світової екологічної політики та формує підхід до забезпечення екологічної безпеки. Ці цілі визначають пріоритети екологічної політики, зокрема розвиток систем охорони здоров'я та освіти, скорочення соціально-економічної нерівності та стимулювання екологічно орієнтованого зростання. Вони також орієнтують держави на посилення міжнародного співробітництва та інтеграцію екологічної складової в усі сфери розвитку. Відповідно до цього Україна адаптує власну екологічну політику до міжнародних підходів, зокрема стандартів Європейського Союзу, що передбачає вдосконалення

нормативної бази та впровадження сучасних екологічних регуляторних механізмів [4, с. 161-162].

Екологічна політика України спрямована на захист природних ресурсів, зниження рівня забруднення, підвищення енергоефективності та перехід до сталого розвитку. Важливу роль відіграє екологічний моніторинг і гармонізація із європейськими підходами, що забезпечує контроль за станом довкілля та підвищує ефективність управлінських рішень у сфері екологічної безпеки [4, с. 162].

Екологічна політика України в умовах євроінтеграції та реалізації Зеленого курсу ЄС спрямована на гармонізацію національного законодавства з європейськими стандартами та забезпечення балансу між економічним розвитком і охороною довкілля. Її ключовими завданнями є зменшення забруднення природних ресурсів, підвищення енергоефективності, впровадження екологічних норм і стандартів, а також посилення екологічної безпеки через модернізацію виробництва та раціональне природокористування. У межах концепції сталого розвитку особлива увага приділяється збереженню ресурсів для майбутніх поколінь, розвитку міжнародного співробітництва та імплементації екологічних імперативів, принципів і критеріїв, що в сукупності формують основу ефективної та довгострокової екологічної політики держави [4, с. 162-163].

Отже, адаптація екологічного законодавства України до вимог Європейського Союзу є складним і багаторівневим процесом, що має стратегічне значення для євроінтеграції держави. Він передбачає не лише формальне наближення національних норм до *acquis communautaire*, а й забезпечення їх реального та ефективного застосування у правозастосовній практиці. Основними проблемами залишаються фрагментарність правового регулювання, наявність колізій і прогалин, недостатній рівень імплементації європейських стандартів, а також недосконалість механізмів контролю та

юридичної відповідальності. Подальший розвиток екологічної політики України потребує системного та комплексного підходу, який поєднує правові, інституційні та економічні інструменти регулювання. Важливе значення має посилення екологічного моніторингу, удосконалення державного управління у сфері охорони довкілля, а також впровадження принципів сталого розвитку як базової основи екополітики. Реалізація цих заходів сприятиме ефективній гармонізації українського законодавства з правом ЄС, підвищенню рівня екологічної безпеки та забезпеченню довгострокового сталого розвитку держави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Уберман В.І., Васьковець Л.А. Адаптація українського правового регулювання скидання забруднювальних речовин до екологічного законодавства ЄС. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. 2022. № 71. С. 197–202.

2. Хоменко М. Проблеми адаптації екологічного законодавства України до міжнародного права. **Екологічне право**. 2019. № 10. С. 90–94.

3. Саміло А. В. Проблеми інтеграції та адаптації законодавства України у сфері охорони навколишнього природного середовища до правових стандартів Європейського Союзу. А. В. Саміло. **Збірник наукових праць Львівського державного університету безпеки життєдіяльності**. Львів, 2019. С. 3–12.

4. Рєпін К. Екологічна політика України: імперативи, принципи, критерії. **Development Service Industry Management**. 2024. № 1. С. 159–165.

5. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. № 1264-XII. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 26.04.2026).

6. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їх державами-членами, з іншої сторони від 27 червня 2014 р. Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (дата звернення: 26.04.2026).

7. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23 травня 2017 р. № 2059-VIII. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 26.04.2026).

8. Про стратегічну екологічну оцінку: Закон України від 20 березня 2018 р. № 2354-VIII (зі змінами). Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення: 26.04.2026).

9. Про управління відходами: Закон України від 20 червня 2022 р. № 2320-IX. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 26.04.2026).

10. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28 лютого 2019 р. № 2697-VIII. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> (дата звернення: 26.04.2026).

УДК 341.746.1:614.876

НАПРЯМИ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ РАДІАЦІЙНОГО КОНТРОЛЮ У ПУНКТАХ ПРОПУСКУ ЧЕРЕЗ ДЕРЖАВНИЙ КОРДОН

С. А. Кметь, доктор філософії в галузі знань воєнної науки, старший викладач кафедри прикордонного контролю, Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького

М. Г. Кузнєцов, начальник центру підготовки з радіаційного, хімічного, біологічного захисту та протидії розповсюдженню зброї масового знищення, Головний центр підготовки особового складу Державної прикордонної служби України імені генерал-майора Ігоря Момота

Реальні загрози незаконного обігу радіоактивних предметів та матеріалів вимагають від державних органів вжиття необхідних комплексних заходів для протидії їх незаконному переміщенню через державний кордон як в пунктах пропуску, так і поза ними. Очевидно, що в Україні існують зовнішні та внутрішні загрози такої незаконної діяльності – радіоактивні матеріали можуть бути несанкціоновано завезені, викрадені з установ та організацій, які законно використовують їх для наукових чи промислових цілей або ж незаконно переміщено зони відчуження поблизу Чорнобильської атомної електростанції.

Незаконний обіг радіоактивних матеріалів становить серйозну загрозу, оскільки створює передумови для ядерного тероризму та використанню «брудних бомб», спричиняє неконтрольоване радіаційне опромінення населення, що може призвести до тяжких захворювань і змін на генетичному рівні, а також зумовлює масштабне довготривале забруднення довкілля, ліквідація якого потребує масштабних фінансових витрат та складних технічних дій.

На сьогодні мають місце проблеми, що знижують ефективність протидії незаконному обігу радіоактивних матеріалів у пунктах пропуску, зокрема відсутність системності нормативно-правового регулювання, слабка взаємодія державних органів та інституцій, обмеженість повноважень окремих суб'єктів, а також недостатній рівень технічного оснащення пунктів пропуску засобами радіаційного контролю. Окрім того, наявний механізм реагування на виявлення радіоактивних матеріалів передбачає залучення значної кількості суб'єктів державного апарату, що потребує чіткої координації їх дій та нормативного її закріплення для своєчасного і результативного реагування.

У межах обов'язків Держприкордонслужби функцією забезпечення радіаційної безпеки є виявлення перевищення допустимого рівня радіації без деталізації її виду. Нормативно-правове закріплення зазначеного механізму взаємодії міститься у ст. 11 Закону України «Про державний кордон України», де закріплено, що у разі виявлення у пунктах пропуску (пунктах контролю) через державний кордон України органами (підрозділами) Державної прикордонної служби України транспортних засобів, вантажів та іншого майна з перевищенням допустимого рівня іонізуючого випромінювання для перевірки дотримання вимог законодавства про радіаційну безпеку та надання дозволу або заборони на пропуск через державний кордон України таких транспортних засобів, вантажів та іншого майна залучається уповноважена посадова особа державного органу, що здійснює державний нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища» [1].

З огляду на недостатній рівень забезпечення пунктів пропуску сучасними засобами радіаційного контролю, особливої актуальності набуває реалізація державної програми їх переоснащення. Її основними завданнями є пріоритетне встановлення стаціонарних систем моніторингу у пунктах

пропуску, де вони відсутні; поступова заміна технічних засобів виробництва російської федерації; проведення та участь у наукових дослідженнях щодо розробки сучасних зразків технічних засобів індикації випромінювання; використання програм міжнародної технічної допомоги. Це дозволить зменшити витрати бюджету прикордонного відомства на розвиток та утримання відповідної технічної інфраструктури в пунктах пропуску через державний кордон [2, с. 34].

Водночас ефективність технічного переоснащення значною мірою залежить від функціонування систем раннього попередження та належного кадрового забезпечення. Як слушно зазначають науковці, одним із ключових напрямів у цій сфері є впровадження сучасних засобів моніторингу, таких як стаціонарні та мобільні детектори, здатні виявляти навіть низькі рівні іонізуючого випромінювання. Удосконалення технічного забезпечення пунктів пропуску, на їх думку, є критично важливим, оскільки саме державний кордон часто стає місцем незаконного транспортування радіоактивних речовин. Не менш важливим також є регулярне навчання персоналу, який працює із засобами радіаційного моніторингу, що забезпечує підвищення його професійної компетентності та ефективності у виявленні й нейтралізації радіаційних загроз [3, с. 147].

Очевидно, що для військовослужбовців Держприкордонслужби, які несуть службу в пунктах пропуску через державний кордон та здійснюють прикордонний контроль, важливим є поєднання **технічного забезпечення з особистими навичками** персоналу для швидкої ідентифікації небезпечного вантажу та порядку дій під час його виявлення, тому вдалою вважаємо ініціативу запровадження системи регулярних практичних тренінгів з використанням реальних імітаторів загроз безпосередньо в пунктах пропуску, що дозволить персоналу відпрацювати автоматизм дій при спрацюванні технічних приладів та навички швидкої локалізації небезпечних джерел у реальних умовах.

Ефективність організаційних заходів і професійної підготовки персоналу значною мірою залежить від чіткості нормативно-правового регулювання критеріїв віднесення матеріалів та об'єктів до таких, що становлять радіаційну небезпеку. Наразі нормативне визначення рівня радіаційних матеріалів та об'єктів, які можуть переміщуватися через державний кордон, в повній мірі не закріплене на законодавчому рівні, що негативно впливає на: прозорість пропускних операцій у пунктах пропуску через державний кордон; можливість виникнення конфліктних ситуацій; планування розвитку технічного облаштування прикордонної інфраструктури тощо.

Попри важливість належного технічного оснащення та професійної підготовки персоналу, ключовою передумовою ефективного функціонування системи радіаційного контролю залишається чітке нормативне визначення критеріїв допустимого переміщення радіоактивних матеріалів через державний кордон.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про державний кордон України : Закон України від 04.11.1991 р. №1777-XII. *Відомості Верховної Ради України*. 1992. №2. Ст. 5. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-12#Text> (дата звернення: 08.05.2026).

2. Нікіфоренко В. С. Протидія незаконному переміщенню через державний кордон України радіоактивних матеріалів та предметів. *Ядерна та радіаційна безпека*, №1(89), 2021 С. 30-35. DOI: [https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1\(89\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1(89).04)

3. Крицький П. М., Клевцов С. В. Сучасні проблеми незаконного обігу радіоактивних матеріалів. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2025. №1. С. 143-148. DOI:10.20535/1813-5420.1.2025.324274

УДК 579.266

**МІКРОМІЩЕТИ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ ШАХТ БУРОГО
ВУГІЛЛЯ ЯК СКЛАДОВА ПІОНЕРНОЇ СУКЦЕСІЇ ТА
БЮБЕЗПЕКИ***Т. В. Бойко, кандидат технічних наук,**О. Ю. Кім, аспірант,**В. В. Попович, доктор технічних наук, професор,**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Породні відвали, які виникли внаслідок видобування бурого вугілля є значними вторинними чинниками зниження регіональної екологічної безпеки. Ці техногенно утворені об'єкти є одним із різновидів девастрованих ландшафтів, які піддаються умовам природної фітомеліорації [4]. До таких об'єктів належать також сміттєзвалища, хвостосховища, кар'єри та породні відвали вугільних шахт [8, 9, 10]. Під час польових досліджень були виявлені ці техногенні об'єкти у межах Львівської області поблизу м. Рава-Руська. Було встановлено, що породні відвали буровугільних шахт практично не вкриті рослинністю. Для аналізу проб породи на вміст фізико-хімічних елементів та мікроорганізмів було розроблено програму досліджень.

Відбір, збереження та транспортування зразків ґрунту проводили відповідно до стандартних методик [5, 6, 7]. Для отримання достовірних характеристик комплексу мікроскопічних грибів з ґрунту териконів проводили аналізи у трикратній повторності протягом вегетаційного періоду. Аналізування зразків ґрунту проводили на основі 5–7-ми окремо взятих зразків, відібраних методом випадкових проб. Зразки відбирали із поверхневого 0-20 см, 20-40 см та 40-60 горизонту [1, 2, 3, 11].

Встановлено, що абсолютними домінантами є види *Penicillium ochro-chloron*, *Aspergillus fumigatus*, та *Fusarium oxysporum*. Мікобіом знаходиться на ранньо–середній сукцесійній стадії, тобто поява цих видів свідчить про можливість відновлення екосистеми із застосуванням біотехнологій та рекультивації териконів. Слід відзначити, що мікофлору териконів в основному формують види мікроміцетів, які характерні для деградованих ґрунтів. Частота трапляння цих видів варіювала від 15,0 до 33,7%. Середню частоту трапляння видів наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Середня частота трапляння видів

Species	Frequency_su m	Relative_abundan ce	Ran k
<i>Aspergillus fumigatus</i>	254,7	0,163941813	1
<i>Penicillium ochro-chloron</i>	225,3	0,145018023	2
<i>Fusarium oxysporum</i>	213,1	0,137165294	3
<i>Penicillium tardum</i>	148,2	0,095391349	4
<i>Penicillium stoloniferum</i>	109,7	0,070610196	5
<i>Penicillium decumbens</i>	109,2	0,070288363	6
<i>Penicillium funiculosum</i>	86,9	0,055934604	7
<i>Fusarium avenaceum</i>	76,8	0,049433574	8
<i>Aspergillus terreus</i>	62,9	0,040486612	9
<i>Penicillium implicatum</i>	58,7	0,037783213	10
<i>Penicillium lilacinum</i>	41,7	0,026840886	11
<i>Aspergillus ustus</i>	40,2	0,025875386	12
<i>Fusarium culmorum</i>	30,8	0,019824923	13
<i>Alternaria alternata</i>	16,6	0,010684861	14
<i>Rhizopus nigricans</i>	15,9	0,010234295	15
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	15,8	0,010169928	16
<i>Mycelia sterilia (dark)</i>	14,9	0,009590628	17

Продовження таблиці 1

Species	Frequency_sum	Relative_abundance	Rank
<i>Penicillium nigricans</i>	9,7	0,006243563	18
<i>Rhizoctonia solani</i>	9,5	0,00611483	19
<i>Trichoderma harzianum</i>	7,4	0,004763131	20
<i>Alternaria sp.</i>	3,5	0,002252832	21
<i>Aspergillus niger</i>	1,6	0,001029866	22
<i>Mycelia sterilia (white)</i>	0,5	0,000321833	23

Мікобіом буровугільних териконів характеризується домінуванням стрес-толерантних анаморфних *Ascomycota* з переважанням родів *Penicillium*, *Aspergillus* та *Fusarium*. Висока частота *Penicillium ochro-chloron* і *Aspergillus fumigatus* свідчить про кислотний, мінеральний характер субстрату та ранньо-середню стадію сукцесії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Oliferchuk V., Fedorovych D., Samarska M., Bunetsky V., Samborskyi M., Kachor A., Kurylenko O., Olejnyuk-Pukhnyak O., Kendzora N., Hotsii N. (2022). Changes in the structure of myco- and microbiocenosis of soil when using immobilized on biochar strains of fungi and bacteria as an example of ecosystem maintenance services. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 6. 442-452. <https://doi.org/10.12912/27197050/152522>
2. Oliferchuk V., Kendzora N., Hotsii N., Shukel I., Olejnyuk-Pukhnyak O., Samarska M., Nahurskyi O., Vasilchuk V. (2023). Changes in the structure of soil microscopic fungi in the territories of Yavoriv and Podorozhenie sulfur quarries. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 4(3). 120-134. <https://doi.org/10.12912/27197050/159629>
3. Oliferchuk V., Kendzora N., Shukel I., Samarska M., Olejnyuk-Pukhnyak O. (2023). The role of V-strategist endophytes in stimulating the formation of mycorrhizal interactions and soil

regeneration, Book title: *Symbiosis in Nature*: 269.
<https://doi.org/10.5772/intechopen.109912>

4. Popovych, V. V., & Voloshchyshyn, A. I. (2019). Environmental impact of devastated landscapes of Volhynian Upland and Male Polisia (Ukraine). *Environmental Research, Engineering and Management*, 75(3), 33-45.
<https://doi.org/10.5755/j01.erem.75.3.23323>

5. Дем'янюк О.С., Симочко Л.Ю., Тертична О.В. (2017). Сучасні методичні підходи до оцінювання екологічного стану ґрунту за активністю мікробіоценозу. *Питання біоіндикації та екології*. 22, 1. 55–68.

6. ДСТУ 7874:2015 Охорона ґрунтів. Деградація ґрунтів. Основні положення. Київ: Держспоживстандарт України, 2015. 10.

7. ДСТУ ISO 10381-6-2015 (ISO 10381-6:2009, IDT). Якість ґрунту. Відбір проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання, оброблення та зберігання ґрунту в аеробних умовах для лабораторного оцінювання мікробіологічних процесів, біомаси та різноманіття.

8. Попович В. В. (2012). Особливості використання транспортних засобів під час транспортування, сортування, утилізації та фітомеліорації твердих побутових відходів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22 (10), 90-96.

9. Попович В. В. (2012). Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22 (11), 119-128.

10. Попович В. В. (2012). Фізико-механічні властивості едафотопів довкола техногенних водойм сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів у межах західного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22 (14), 106-110.

11. Попович, В. В. (2012). Макроміцети сміттєзвалищ як біоіндикатори стану техногенного едафотопу. *Ukrainian Journal of Ecology*, (3), 59-70.

УДК 614.4:579.67:664.8.036.2:519.876.5

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕРМІЧНОЇ
ІНАКТИВАЦІЇ МІКРОФЛОРИ ЯК ІНЖЕНЕРНИЙ
ІНСТРУМЕНТ ПРОТИДІЇ БІОЛОГІЧНИМ ЗАГРОЗАМ В
СИСТЕМІ НАССР**

*Т. В. Гембара, кандидат технічних наук, доцент,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Біологічні загрози у харчовому ланцюгу пов'язані з можливістю збереження, розмноження або поширення патогенної та умовно-патогенної мікрофлори, особливо в умовах воєнного стану. За даними ВООЗ, небезпечні харчові продукти щороку спричиняють близько 600 млн випадків захворювань і приблизно 420 тис. смертей у світі [1]. Система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) є одним із базових інструментів запобігання біологічним загрозам у харчовому ланцюгу, оскільки передбачає виявлення мікробіологічних небезпек, визначення критичних контрольних точок та обґрунтування параметрів технологічного процесу знезараження. Тому важливими є не лише санітарно-організаційні заходи, а й інженерні методи кількісного прогнозування ефективності знезараження. У технологіях знезараження доступною та безпечною є термічна обробка, але суттєвою проблемою є вибір такого температурно-часового режиму, який забезпечує потрібний рівень мікробіологічної безпеки.

Сучасна прогнозна мікробіологія розглядає математичні моделі як інструмент оцінювання поведінки мікроорганізмів, визначення критичних контрольних точок і валідації запобіжних заходів [2–6]. Важливо показати можливість використання математичного опису термічної інактивації мікрофлори, зокрема летального числа та залежності Арреніуса [4], для обґрунтування режимів стерилізації як складової

протидії біологічним загрозам. За основу взято підхід, розвинений у працях [3–6] щодо математичного моделювання теплофізичного процесу стерилізації, застосування модифікованих біофізичних характеристик термостійкості та розрахунку санітарно-мікробіологічної безпеки харчових продуктів у герметичній тарі. У цих роботах мікробіологічна безпека пов'язується з температурним полем продукту, тривалістю теплового впливу, термостійкістю мікрофлори та геометрією поверхні, що знезаражується. Якщо $B(t)$ – концентрація життєздатних мікроорганізмів у момент часу t , то процес їх термічного відмирання можна описати рівнянням першого порядку:

$$dB/dt = -k(T) \cdot B, \quad (1)$$

де $k(T)$ – коефіцієнт швидкості знищення мікрофлори, який залежить від температури T . Для його опису використано закон Арреніуса:

$$k(T) = A \cdot \exp[-E/(R \cdot T)], \quad (2)$$

де A – стеричний фактор, $1/\text{с}$; E – енергія активації процесу інактивації, Дж/моль; R – універсальна газова стала; T – абсолютна температура, $^{\circ}\text{K}$. Такий запис дозволяє враховувати, що швидкість інактивації змінюється нелінійно зі зміною температури.

Інтегральною характеристикою ефективності стерилізації вибрано і обчислено летальне число L , яке показує десятиковий логарифм кратності зменшення кількості життєздатної мікрофлори:

$$L = \lg(B_0/B) = (1/\ln 10) \cdot \int_0^t A \cdot \exp[-E/(R \cdot T(\tau))] d\tau. \quad (3)$$

У практичному сенсі L є кількісною мірою досягнутого знезараження: збільшення L на одиницю відповідає додатковому десятикратному зменшенню кількості

життєздатної мікрофлори. Для нестационарного нагрівання це особливо важливо, оскільки температура продукту змінюється з часом, а максимальний ризик збереження мікроорганізмів відповідає елементарному об'єму, який нагрівається найповільніше, тобто центру продукту. Стерилізаційний F -ефект [4] можна визначити через летальне число:

$$F = D \cdot T_n \cdot L, \quad (4)$$

де D – час десятикратного зменшення кількості мікроорганізмів за нормативної температури T_n . Зв'язок між D -значеннями за різних температур подано через залежність:

$$D(T) = D_0 \cdot \exp[(E/R) \cdot (1/T - 1/T_0)]. \quad (5)$$

У випадку відсутності повних експериментальних даних для певного виду мікрофлори використано приведену енергію активації E^* , яку встановлено за наявними значеннями D :

$$E^* = R \cdot T \cdot \ln(D \cdot T \cdot A_0 \cdot \lg e). \quad (6)$$

Використання летального числа має свої переваги, на відміну від оцінювання лише за окремими значеннями D та Z -фактора. Летальне число дозволяє інтегрувати реальну температурно-часову історію процесу: 1) безпосередньо пов'язане з логарифмічним зменшенням кількості мікрофлори, 2) враховує зміну температури в часі, 3) може визначатися у критичній точці продукту, де нагрівання найповільніше, 4) дає змогу порівнювати термостійкість різних мікроорганізмів через E^* , 5) забезпечує зв'язок із F -ефектом, який зручний для інженерних розрахунків та валідації режимів стерилізації.

Для практичного застосування моделі важливо враховувати, що різні види та штами мікрофлори мають різну термостійкість. Узагальнені дані за D , Z - фактором і приведеною енергією активації наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики термостійкості окремих видів
мікрофлори

Вид мікрофлори, штам	Значення D, хв. (рН середовища)	Z- фактор	E*, Дж/моль
<i>Cl. botulinum</i> B-4	$D_{115} = 0,64$ (6,98)	—	278083
<i>Cl. botulinum</i> B-4	$D_{103} = 0,42$ (4,5); $D_{103} = 0,55$ (5,0)	—	268168; 269011
<i>Cl. botulinum</i>	$D_{115} = 0,53$ (7,0)	10°	277474
<i>Cl. botulinum</i> E	$D_{121} = 0,0009$ (7,0)	—	260861
<i>B. subtilis</i>	$D_{95} = 6,88$ (7,1); $D_{105} = 0,68$ (7,1)	—	271023; 271109
<i>Cl. sporogenes</i> 25	$D_{121} = 0,62-1,5$ (7,0)	—	282278- 285173
<i>Cl. sporogenes</i> 3679	$D_{121} = 0,63$ (7,0)	10,95°	282330
<i>Cl. sporogenes</i> 112	$D_{100} = 13,88$ (7,1); $D_{105} =$ 4,63 (7,1)	—	276882; 277140
<i>B. stearothermophilus</i> 8	$D_{120} = 4,7$ (7,0)	12,2°	288183
<i>B. stearothermophilus</i> 80	$D_{121} = 2,2-2,5$ (7,0)	—	286428- 286846
<i>B. stearothermophilus</i> 1518	$D_{121} = 3,7$ (7,0)	—	288132
<i>B. coagulans</i>	$D_{121} = 0,283$ (7,0)	8,7°	279707
<i>B. coagulans</i>	$D_{90} = 3,5$ (4,0)	9,5°	265302
<i>Cl. pasteurianum</i>	$D_{95} = 3,57$ (4,5)	—	269016

Аналіз табл. 1 показує, що значення E^* змінюються у широких межах: від 260861 Дж/моль для *Cl. botulinum* E до понад 288000 Дж/моль для окремих штамів *B. stearothermophilus*. Це означає, що однаковий температурно-часовий режим може мати різну ефективність для різної мікрофлори. Тому у задачах протидії біологічним загрозам доцільно використовувати не усереднений показник, а розрахункову модель, чутливу до виду мікроорганізмів, температури, тривалості обробки та початкової контамінації.

Розрахунок L дає змогу перейти від емпіричного вибору режиму термічної обробки до кількісного прогнозування мікробіологічної безпеки. Такий підхід може бути використаний для валідації критичних контрольних точок у системах НАССР, для порівняння альтернативних режимів термічної обробки, для оцінювання залишкового ризику та для підготовки інженерних рекомендацій у сфері харчової і санітарно – мікробіологічної безпеки. У межах ризик - орієнтованого підходу летальне число можна розглядати як розрахунковий індикатор достатності знезараження. Якщо відомі початкова контамінація, вид мікрофлори та температурна історія критичної точки, то модель дозволяє оцінити очікуване зменшення кількості життєздатних клітин і порівняти його з прийнятним рівнем безпеки.

Для практичної реалізації розрахунок має поєднуватися з експериментальним контролем температури, валідацією режиму та мікробіологічним контролем готового продукту. Модель не замінює лабораторної перевірки, але дає можливість звузити область пошуку безпечних режимів, оцінити чутливість результату до температури та уникати необґрунтованого збільшення тривалості нагрівання.

Математична модель має обмеження, розрахункові результати залежать від точності вихідних даних: значень D , E або E^* , початкової кількості мікрофлори, теплофізичних характеристик продукту та коректності опису температурного поля. Для різних харчових матриць, кислотності, вмісту жиру та вологості однаковий мікроорганізм може мати різну термостійкість, тому табличні значення слід застосовувати як базові орієнтири, а не як універсальні константи. Перспективним є поєднання класичних кінетичних моделей з цифровим моніторингом температури, базами даних термостійкості та методами прогнозу мікробіології. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям у харчовій безпеці, де математичне моделювання використовується для обґрунтування рішень,

оцінювання невизначеності та підтримки системи НАССР, яка безпосередньо пов'язана з контролем: патогенної мікрофлори, температури стерилізації або пастеризації, часу теплової обробки, залишкової кількості життєздатних мікроорганізмів, мікробіологічної безпечності готового продукту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. World Health Organization. Food safety [Electronic resource]. WHO. 2024. URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.

2. Soni A., Bremer P., Brightwell G. A Comprehensive Review of Variability in the Thermal Resistance (D-Values) of Food-Borne Pathogens - A Challenge for Thermal Validation Trials. *Foods*. 2022. Vol. 11, No. 24. Article 4117. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11244117>.

3. Гембара Т. В., Федішин Я. І., Федішин Т. Я. Управління тепловою обробкою м'яса за параметрами біологічної цінності. *Науковий вісник ЛДАВМ ім. С. З. Гжицького*. Львів, 2003. Т. 5, № 1. С. 149–152.

4. Бурдо О. Г., Федішин Т. Я., Гембара Т. В., Демків Т. М. Використання закону Арреніуса для теплофізичного розрахунку процесу стерилізації м'ясних консервів. *Наукові праці Одеської державної академії харчових технологій*. 2001. Вип. 22. С. 152–159.

5. Федішин Я. І., Гембара Т. В., Федішин Т. Я. Дискретне математичне моделювання теплофізичного процесу стерилізації із застосуванням модифікованих біофізичних характеристик термостійкості та летальності. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ ім. С. З. Гжицького*. 2012. Т. 14, № 2(52). С. 280–284.

6. Федішин Я. І., Гембара Т. В., Федішин Т. Я. Оптимальне управління теплофізичним процесом стерилізації за мінімізацією прямих питомих тепловитрат із забезпеченням харчової цінності. *Науковий вісник ЛНУВМ та БТ ім. С. З. Гжицького*. 2013. Т. 15, № 1(55). С. 190–196.

УДК 631.459:355.01

**ГЕОХІМІЧНИЙ СТАН ҐРУНТІВ КРАТЕРНИХ
КОМПЛЕКСІВ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я
ЗА МІЛІТАРНОГО ВПЛИВУ***О. О. Гаврюшенко, к.с.-г.н., доцент**Ю. І. Ткаліч, д.с.-г.н., професор**О. О. Мицик, к.с.-г.н., доцент**С. М. Шевченко, д.с.-г.н., професор**О.Ю. Куршаков, здобувач наукового ступеня доктора філософії
спеціальності НІ «Агрономія»**Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

В умовах повномасштабної війни значні площі ґрунтового покриву степової зони України зазнали суттєвих трансформацій унаслідок інтенсивного мілітарного впливу. Одним із найбільш поширених проявів такого порушення є формування кратерно-вирвових комплексів, що виникають у результаті вибухів важкої артилерії, ракетних ударів та застосування касетних боєприпасів. У межах Степового Придніпров'я, де переважають високопродуктивні звичайні та південні чорноземи, такі порушення супроводжуються механічним руйнуванням ґрунтового профілю, переміщенням значних мас ґрунтового матеріалу, оголенням нижніх генетичних горизонтів і материнських порід, а також суттєвими змінами геохімічного режиму ґрунтів. Формування вирв різного діаметра та глибини призводить до появи нових техногенно трансформованих мікроландшафтів із порушеним водним режимом, зміненою структурою ґрунтового покриву та ускладненими процесами природного відновлення. У зв'язку з цим дослідження геохімічного стану ґрунтів кратерних комплексів, сформованих унаслідок бойових дій, є важливим для оцінки ступеня деградації земель, прогнозування подальших трансформацій ґрунтового покриву та розроблення ефективних заходів рекультиваци порушених територій [2, 4].

Мета дослідження полягала у встановленні особливостей мілітарного впливу, спричиненого вибухами важкої артилерії та касетних боєприпасів, на геохімічний стан ґрунтів кратерно-вирвових комплексів Степового Придніпров'я, а також у визначенні масштабів деградаційних процесів у профілі чорноземів звичайних і південних.

Об'єктом дослідження були чорноземи звичайні малогумусні та чорноземи південні в межах територій Дніпропетровської області, які зазнали безпосереднього мілітарного впливу внаслідок бойових дій. Особливу увагу приділено розмінованим територіям Широківської територіальної громади Криворізького району, де внаслідок систематичних артилерійських обстрілів сформувалася значна кількість кратерних утворень різного діаметра та глибини. Польові дослідження проводили в межах центральної частини вирв, на периферійних валах викиду ґрунтової маси та на умовно непошкоджених фонових ділянках. У ході досліджень визначали морфометричні параметри кратерів, глибину механічного порушення профілю, характер перемішування генетичних горизонтів, особливості формування нових техногенних мікроформ рельєфу, а також зміни геохімічних показників ґрунту.

Встановлено, що вибухи важкої артилерії спричиняють найбільш масштабні порушення ґрунтового покриву. У місцях влучання артилерійських снарядів формуються вирви діаметром від 2 до 6 м, а в окремих випадках понад 8 м, глибиною від 0,8 до 2,0 м. Такі вибухи супроводжуються повним руйнуванням гумусово-акумулятивного горизонту, викидом ґрунтового матеріалу на значну відстань та формуванням валів із хаотично перемішаних генетичних горизонтів. У межах днища кратерів часто спостерігається вихід на поверхню карбонатного горизонту, лесоподібних суглинків та материнської породи. У чорноземах звичайних із потужнішим гумусовим профілем фіксується більш глибоке механічне порушення, тоді як у чорноземах південних швидше оголюються карбонатні горизонти, що суттєво змінює хімічний режим верхнього шару [2].

Вибухи касетних боєприпасів мають інший характер просторового впливу. Вони формують велику кількість дрібних вирв діаметром від 20 см до 85 см і глибиною до 35 см. Хоча глибина пошкодження є меншою, висока щільність таких кратерів на одиницю площі формує надзвичайно строкату мозаїку порушеного ґрунтового покриву. Руйнування верхнього гумусового горизонту на значних площах призводить до втрати рослинного покриву, зниження захисної функції ґрунту та активізації ерозійних процесів. Особливо інтенсивно ці процеси проявляються на схилових землях, де формується поверхневий стік і посилюється змив дрібнозему.

Геохімічні трансформації у межах кратерних комплексів проявляються через порушення природної диференціації ґрунтового профілю. Перемішування гумусових, перехідних і карбонатних горизонтів призводить до зміни вертикального розподілу органічної речовини, карбонатів кальцію, легкорозчинних солей та інших компонентів. У поверхневому шарі кратерів спостерігається різке зниження вмісту гумусу, оскільки найбільш родючий шар або повністю знищується, або переміщується за межі епіцентру вибуху. На валах викиду формується неоднорідний субстрат із включенням матеріалу різних горизонтів, що ускладнює подальші процеси ґрунтоутворення. У межах днищ вирв часто накопичується атмосферна волога, що змінює водний режим ґрунтів та сприяє формуванню локальних зон перезволоження. Це створює контрастні умови порівняно з валами викиду, де через підвищену аерацію та розпиленість субстрату посилюються процеси висушування і дефляції. Формування такого мікрорельєфу сприяє розвитку локальної геохімічної неоднорідності та уповільнює природне відновлення порушених земель [1, 4].

Установлено, що в умовах Степового Придніпров'я природне відновлення кратерно-вирвових комплексів відбувається повільно через дефіцит атмосферної вологи, високі літні температури та активний розвиток ерозійних процесів. На багатьох ділянках навіть через тривалий час після припинення

активних бойових дій зберігаються виражені ознаки деградації ґрунтового покриву. Такі землі потребують проведення спеціалізованих заходів технічної та біологічної рекультивациі, спрямованих на вирівнювання поверхні, відновлення гумусового шару та стабілізацію геохімічного стану ґрунтів [3].

Таким чином, вибухи важкої артилерії та касетних боєприпасів формують специфічні кратерно-вирвові комплекси, які спричиняють глибокі морфологічні, геохімічні та функціональні зміни чорноземів звичайних і південних Степового Придніпров'я. Масштаби таких трансформацій становлять серйозну загрозу для агроландшафтів регіону та потребують подальших наукових досліджень, моніторингу й розроблення ефективних підходів до відновлення мілітарно порушених земель.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гаврюшенко О. О., Мицик О. О., Шевченко С. М., Рудас В. О., Грабко В. В. Фізико-хімічна оцінка донних відкладень Каховського водосховища внаслідок мілітарно-техногенного впливу. Таврійський науковий вісник. 2024. Випуск № 138. С. 125-131.
2. Oleksandr Mytskyk, Oleksandr Havriushenko, Sergey Shevchenko, Oleksandr Tsyliuryk, Vitalii Rudas, Oleksandr Kurshakov, Vitalii Hrabko and David Dent. Agricultural and military transformation of the chernozem and its reclamation. Modern Phytomorphology. 2025. Vol.19. P. 215-219.
3. Oleksandr Mytskyk, Oleksandr Havryushenko, Oleksandr Tsyliuryk, Sergey Shevchenko, Mikhail Shevchenko & Kateryna Derevenets-Shevchenko. Reclamation of derelict mine land by simply growing crops, International Journal of Environmental Studies. 2024. Vol. 81(1), P. 230-238.
4. Mytskyk, O. O., Shevchenko, S. M., Havriushenko, O. O., Tkulich, Y. I., & Shevchenko, O. M. Integrated bioremediation and reclamation strategies for militarily damaged agricultural soils. Agrology. 2025. 8(3), P. 153-167.

СЕКЦІЯ 3. ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗМІНА КЛІМАТУ

UDC 628.316.12:628.472.3:544.77

STUDIES TO DETERMINE THE OPTIMAL COAGULANT DOSAGE FOR THE PRECIPITATION OF LANDFILL LEACHATE POLLUTANT

A. Bouynk, A. Mažeikienė

*Department of Environmental Protection and Water Engineering, Vilnius
tech, Vilnius, Lithuania*

The exponential growth of Earth's population has been accompanied by an exponential increase in municipal solid waste (MSW). Landfilling remains the most common way for MSW disposal [1]. Landfill leachate is generated through the infiltration of rainfall through the different layers of MSW disposed in landfills, resulting in a highly toxic liquid [2], [3]. This effluent contains various highly toxic pollutants and complex chemicals, including heavy metals, organic pollutants, ammonium nitrogen, and xenobiotic compounds [4], [5]. Due to this complexity, conventional wastewater treatment technologies such as biological treatment and membrane separation are insufficient, as they often struggle to stabilise leachate due to its low biodegradability and refractory organic content [6]. One of the innovative landfill leachate treatment strategies is the combination of two or more treatment technologies, coagulation/flocculation as a pretreatment step, followed by adsorption techniques, which have shown promising results in the context of landfill leachate treatment [7]. The pretreatment step of coagulation flocculation excels at removing colloidal particles, suspended solids, nonbiodegradable organic compounds, and heavy metals. Metal salts such as aluminium and iron coagulants are commonly used in the coagulation process [8]. Coagulation alone is found to struggle with the removal of dissolved contaminants such

as ammoniacal nitrogen, even though it is considered highly effective for COD, colour, and turbidity removal [9]. Thus, a second step of adsorption is followed by coagulation to remove the leftover dissolved and stubborn pollutants from the coagulation process, creating a synergistic effect. The adsorbent's selection highly affects the adsorption's efficiency [10]. Several adsorbents have been investigated for landfill leachate treatment, such as activated carbon, biochar, zeolites, and industrial byproducts. Various low-cost and waste-derived materials are also being investigated as adsorbents for landfill leachate treatment, supporting the circular economy [11]. Adsorption, when used alone for landfill leachate treatment, is inefficient, as the high suspended solids content and turbidity of leachate can hinder the adsorption process when used alone [12].

In this study, two metal salt coagulants were used to treat a leachate generated in a Lithuanian landfill, which was in use for 40 years and collected over a million tons of waste during these years. This leachate was characterised and measured for COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, Total carbon, and Total nitrogen. The COD of the leachate was found to be 5 g/L. The two metal salt coagulants used were $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ and $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, which were investigated to find their optimal doses for the studied landfill leachate. Three different doses of each coagulant were investigated for each of the two coagulants: 0.25, 0.5, and 1 g/L, resulting in six samples. These doses were investigated mainly for colour, TC, TN, and $\text{NH}_4\text{-N}$ removal. The supernatant resulting from the coagulation process for each of the samples was collected through paper filtration and prepared for the adsorption process using Zeolite mining tailings (ZMT) collected from Sokyrnytsia in Ukraine and crushed by mechanical grinding. The adsorption was done in a 40 cm long column, from top to bottom. The filtration column was packed from bottom to top with a pebble layer, a quartz sand layer, a ZMT layer, a top quartz sand layer, and a layer of filtered liquid above the filler [13].

The outcomes of the coagulation process indicate that both $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ and $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ were effective at decreasing COD and colour from the investigated landfill leachate. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$

demonstrated superior color removal while $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ displayed competitive COD reduction performance. The optimal doses were identified using removal efficiency across the evaluated parameters. Both coagulants were ineffective in removing $\text{NH}_4\text{-N}$, highlighting the need for adsorption (as predicted in the literature). The ZMT adsorption column effectively removed $\text{NH}_4\text{-N}$ from the coagulation supernatant, demonstrating the value of the two-stage treatment approach. The combined coagulation-adsorption system improved overall leachate treatment performance by tackling both colloidal and dissolved pollutant fractions that neither process could manage independently. These findings demonstrate that combining metal salt coagulants with ZMT-based adsorption columns is a feasible and cost-effective technique for treating stabilized landfill leachate, especially in situations where low-cost, locally accessible adsorbents are desirable.

REFERENCES

1. S. Kaza, L. C. Yao, P. Bhada-Tata, and F. Van Woerden, "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050," *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, Sep. 2018, doi: 10.1596/978-1-4648-1329-0.
2. E. Caroline Baettker, C. Kozak, H. G. Knapik, and M. M. Aisse, "Applicability of conventional and non-conventional parameters for municipal landfill leachate characterization," *Chemosphere*, vol. 251, p. 126414, Jul. 2020, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.126414.
3. P. Gautam, S. Kumar, and S. Lokhandwala, "Advanced oxidation processes for treatment of leachate from hazardous waste landfill: A critical review," *J. Clean. Prod.*, vol. 237, p. 117639, Nov. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117639.
4. H. I. Abdel-Shafy and M. S. M. Mansour, "Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization," *Egyptian Journal of Petroleum*, vol. 27, no. 4, pp. 1275–1290, 2018, doi: 10.1016/J.EJPE.2018.07.003.
5. Al-Yaqout and M. F. Hamoda, "Long-term Temporal Variations in Characteristics of Leachates from a Closed Landfill in an Arid Region,"

Water, Air, & Soil Pollution 2020 231:6, vol. 231, no. 6, pp. 319-, Jun. 2020, doi: 10.1007/S11270-020-04688-7.

6. J. Wang and Z. Qiao, "A comprehensive review of landfill leachate treatment technologies," *Front. Environ. Sci.*, vol. 12, p. 1439128, 2024, doi: 10.3389/FENV.S.2024.1439128.

7. C. Genethliou, T. Tatoulis, N. Charalampous, S. Dailianis, A. G. Tekerlekopoulou, and D. V Vayenas, "Treatment of raw sanitary landfill leachate using a hybrid pilot-scale system comprising adsorption, electrocoagulation and biological process," *J. Environ. Manage.* vol. 330, 2023, doi: 10.1016/J.JENVMAN.2022.117129.

8. Z. Ahmed, M. S. Yusoff, and K. N. H. Mokhtar, "Application of natural coagulants for sustainable treatment of semi-aerobic landfill leachate," in *AIP Conference Proceedings*, 2020. doi: 10.1063/5.0017406.

9. K. Sossou, S. Bala Prasad, K. E. Agbotsou, H. Saidou Souley, and R. Mudigandla, "Characteristics of landfill leachate and leachate treatment by biological and advanced coagulation process: Feasibility and effectiveness – An overview," *Waste Management Bulletin*, vol. 2, no. 2, pp. 181–198, 2024, doi: 10.1016/j.wmb.2024.04.009.

10. H. He *et al.*, "The efficient treatment of mature landfill leachate using tower bipolar electrode flocculation-oxidation combined with electrochemical biofilm reactors," *Water Res.*, vol. 230, p. 119544, 2023, doi: 10.1016/J.WATRES.2022.119544.

11. M. T. El-Saadony *et al.*, "Hazardous wastes and management strategies of landfill leachates: A comprehensive review," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 31, p. 103150, Aug. 2023, doi: 10.1016/J.ETI.2023.103150.

12. R. Hidayu and N. Muda, "Preparation and Characterization of Impregnated Activated Carbon from Palm Kernel Shell and Coconut Shell for CO₂ Capture," *Procedia Eng.*, vol. 148, pp. 106–113, 2016, doi: 10.1016/J.PROENG.2016.06.463.

A. Mažeikienė, R. Vaiškūnaitė, and J. Šarko, "Sand from groundwater treatment coated with iron and manganese used for phosphorus removal from wastewater," *Science of The Total Environment*, vol. 764, p. 142915, Apr. 2021, doi: 10.1016/J.SCITOTENV.2020.142915.

UDC 614.7:338.48:355.01

HYGIENIC AND ENVIRONMENTAL RISKS OF RECREATIONAL TOURISM DEVELOPMENT IN MARTIAL ARTS

*A. V. Sybirny, Ph.D., Associate Professor, Danylo Halytskyi Lviv
National Medical University;*

*A. A. Sybirny, higher education student, Lviv University
of Trade and Economics*

In conditions of a full-scale war in Ukraine, the issues of ensuring the ecological and sanitary and hygienic safety of the population are of particular relevance. Military actions cause a significant negative impact on the environment, the state of natural resources and human health. One of the industries that is particularly sensitive to biological, chemical and environmental threats is the tourism sector, in particular sports and recreational tourism.

Tourism directly depends on the state of the environment, the quality of natural resources and the safety of recreational areas. Military actions lead to pollution of atmospheric air, soil and water resources, destruction of natural ecosystems, increase in the amount of waste and deterioration of the sanitary condition of territories. This creates additional risks for the functioning of the tourism industry and poses a threat to the health of tourists and the local population.

Chemical pollution arising from explosions, fires, destruction of industrial facilities and infrastructure is especially dangerous. Toxic substances, heavy metals, combustion products and carcinogenic compounds enter the environment. Atmospheric air pollution negatively affects the respiratory and cardiovascular systems of humans, which is especially dangerous for people engaged in active tourism and sports recreation.

An important threat is also the deterioration of the quality of drinking water. The destruction of water supply and drainage

systems, pollution of rivers and groundwater lead to an increased risk of infectious diseases and food poisoning. In recreational areas, this can cause mass cases of diseases among tourists. Concentration indicators can be used to assess the level of safety of water resources of pollutants in water:

$K=C/MPC$, where:

K is the pollution coefficient;

C is the actual concentration of the substance in water, mg/dm^3 ;

MPC is the maximum permissible concentration of the substance, mg/dm^3 .

If the value of $K>1$, the level of pollution exceeds the permissible norms and poses a potential danger to public health [1].

One of the important biological threats is the spread of infectious diseases in places of mass residence of people. Deterioration of sanitary and hygienic living conditions, accumulation of waste and insufficient level of sanitary control contribute to the activation of pathogenic microorganisms. This is especially true for places of temporary residence of internally displaced persons and tourist facilities in recreational areas.

The Carpathian region, which is traditionally one of the centers of sports and recreational tourism in Ukraine, is also affected by environmental and hygienic risks. The growth of tourist load in relatively safe regions causes additional anthropogenic impact on natural ecosystems. Improper organization handling of household waste, excessive use of natural resources and chaotic development of tourist areas lead to a violation of the ecological balance [1].

Among the current problems of tourism development, it is also necessary to highlight the insufficient level of sanitary control of tourist facilities. Martial law conditions complicate the implementation of state supervision over compliance with hygiene standards, which negatively affects the safety of tourist services. The insufficient level of environmental monitoring does not allow for timely detection of hazardous environmental factors and prevention of their negative impact on public health.

The prospects for the development of the tourism industry in the context of modern challenges are associated with the implementation of the principles of sustainable development and environmental safety. An important direction is the improvement of the system of sanitary and hygienic control of tourist facilities, regular monitoring of water and air quality and the condition of recreational areas. It is also necessary to raise the environmental awareness of the population and popularize environmentally safe types of tourism.

The introduction of modern information technologies into the tourism sector plays an important role. Digital systems for monitoring the ecological state of territories, online maps of safe tourist routes and mobile applications for informing tourists allow to increase the level of safety of tourist activities.

In addition, it is necessary to strengthen international cooperation in the field of ecological and sanitary safety. The use of European experience in the field of management of recreational areas and sanitary control will contribute to improving the quality of tourist services and ensuring the safe development of the tourism industry of Ukraine.

Thus, ensuring the hygienic and ecological safety of tourist activities in wartime is an important prerequisite for preserving the health of the population and sustainable development of recreational areas. Effectively solving existing problems requires an integrated approach that combines ecological monitoring, state control and the introduction of modern technologies in the field of tourism.

An important direction for increasing the safety of tourist activities is the development of a system of environmental education and the formation of a culture of responsible tourism among the population. Tourists should be informed about the rules of conduct in nature reserves, the need to comply with sanitary and hygienic requirements and the principles of rational nature management. Local governments, tourism organizations, and public environmental associations play a significant role in this process.

A promising direction is also the creation of environmentally safe tourist routes with proper sanitation, equipped recreation areas, and waste collection systems. This will help reduce the anthropogenic load on natural areas and improve the conditions for tourists. The development of green tourism, which is focused on minimizing the negative impact on the environment and preserving the natural heritage of the regions [2].

In addition, it is necessary to stimulate the implementation of environmental standards in the activities of tourism enterprises, in particular the use of energy-saving technologies, water purification systems, and household waste sorting. The implementation of such measures will help increase the level of environmental safety of tourist areas and ensure the sustainable development of the tourism industry even in martial law.

Thus, military actions significantly increase biological, chemical, and environmental risks for the development of the tourism industry and the functioning of recreational areas. The main threats are environmental pollution, deterioration of the sanitary and hygienic condition of tourist facilities and increased risk of spreading infectious diseases.

To ensure the safe development of tourism, it is necessary to strengthen environmental monitoring, improve the sanitary control system and implement the principles of sustainable development. The integration of international experience and the use of modern information technologies in the field of tourism are also important.

REFERENCES

1. Sosnova, N. (2024). Antropohennyi vplyv sportyvno-turystychnykh ob'ektiv na pryrodni landshafty. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, (87), 215–221.
2. Osinska, O. B., & Ostrovska, N. D. (2024). Instrumenty rozvytku zelenoho turyzmu v Karpatskomu rehioni Ukrainy. *Pidpriumnytstvo i torhivlia*, (41), 97–103.

UDC 543.544.5 : 543.42 : 543.06

ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF RESIDENTIAL CHIMNEY SOOT VIA X-RAY FLUORESCENCE (XRF)

*H. S. Tkachuk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Khmelnytskyi National University*

Soot deposits from incomplete solid biofuel degradation in residential chimneys contribute significantly to emissions of fine particulate matter, PAHs, and PTMs, increasing respiratory, cardiovascular, and oncological risks [1]. Detecting chemical indicators of synthetic polymer thermolysis (styrene derivatives, phthalates) or elevated Pb and Zn concentrations enables municipal waste co-firing to be inferred, providing data for environmental monitoring and waste management [1, 2]. Existing models primarily assess uniform fuels (wood, coal), leaving a deficit of data on actual residential emissions where waste co-firing occurs.

Aggressive agents (S , Cl , PAHs) from waste accelerate chimney corrosion and enhance fire hazards via dense, adhesive deposits. Resinous, specular soot morphology indicates secondary condensation and densification of creosote into a highly tenacious, high-calorific phase prone to ignition [1, 3]. Thus, soot chemical evaluation addresses environmental issues of unregulated combustion, benefiting regulatory and public health bodies. Prior studies evaluated industrial biomass thermolysis emissions [2] or examined fine particles from residential wood combustion [3]. Using GC-MS, researchers identified substituted phenols, diterpenoids, and levoglucosan, noting higher elemental carbon fractions in closed stoves than in open fireplaces [3].

This study aims to experimentally determine the elemental composition of residential chimney soot using XRF to evaluate ecotoxicity and verify fuel markers. Tasks include: performing qualitative and quantitative XRF determination of the elemental

profile, and evaluating the distribution of light and heavy elements to record PTM parameters.

The object of analytical control was residential chimney soot exhibiting a homogeneous black resinous morphology with a pronounced specular gloss. Elemental analysis was performed using an Elvax Pro energy-dispersive XRF spectrometer. To ensure registration of analytical lines across a wide range of atomic numbers, conditions were optimised by sequentially applying hardware configurations for both heavy and low atomic number elements (light matrix) [4]. Primary X-ray spectra are presented in Fig. 1.

XRF analysis established the relative distribution profiles of elements within the registered inorganic fraction of the sample. The significant potassium concentration 46.76 % acts as the dominant analytical indicator of woody biomass thermal degradation. The calcium content 42.18 % represents the primary constituent of wood ash residue, though its origin may be additionally attributed to the aerosol transport of construction dust, soil minerals, or chemical additives in the fuel. Concurrently high levels of potassium and calcium constitute a conventional elemental profile of plant biomass combustion. The recorded sulphur content 5.07 % significantly exceeds the background values of most conditioned wood feedstocks. Excluding fossil fuels (coal, peat) or chemical chimney cleaners, this concentration indicates the thermal disposal of municipal waste, specifically synthetic polymers, elastomers, or printed cellulose products. A minimal sulphur fraction may be immobilised within organic compounds (specifically thioesters) formed via secondary synthesis during the incomplete combustion of a heterogeneous waste substrate [1]. The iron fraction within the soot's inorganic matrix is 2.73 %. This element is a common constituent of soil minerals, dust, and natural plant tissues. High-temperature gas corrosion of metallic structural elements of the stove or flue-gas tract may additionally contribute to iron enrichment. The silicon content 2.32 % directly indicates fine quartz and aluminosilicate particles of soil origin, providing evidence of

mechanical fuel contamination (sand, soil) during harvesting, transport, or inappropriate storage.

Within the inorganic matrix, PTMs were identified, specifically zinc 0.84 % and lead 0.10 %. This zinc concentration serves as an indicator of modified or treated wood thermolysis. Zinc is a constituent of pigments (zinc oxide, lithopone) and extenders in printing inks, a stabiliser in certain plastics, or originates from galvanized coatings, supporting the assumption of municipal solid waste presence in the fuel. Lead is a highly toxic, cumulative element. Its presence is attributed to the degradation of old-generation alkyd- or linseed oil coatings, specialised printing inks, and organometallic heat stabilisers (e.g., stearic acid salts) used in PVC processing. Detecting lead, even at low concentrations, demonstrates the chemical toxicity of the solid combustion products and indicates the thermolysis of secondary raw materials, treated timber, or a heterogeneous waste substrate [1].

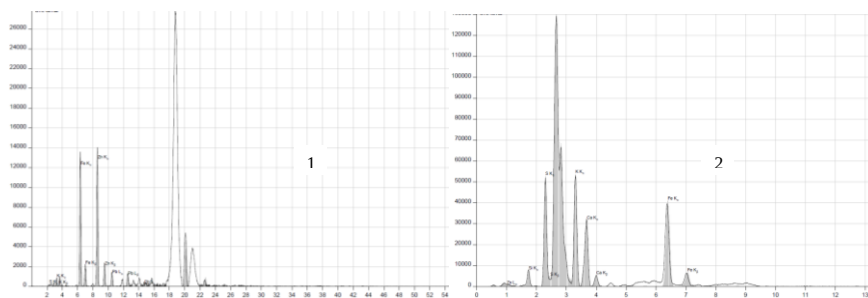


Figure 1. – XRF spectra of the soot: 1 – heavy elements, 2 – light elements

The analytical control results indicate a heterogeneous sample composition and record significant concentrations of inorganic components. XRF data demonstrate that the mineral matrix consists predominantly of potassium and calcium, correlating with standard profiles of woody biomass thermal degradation. Concurrently, detected PTMs (specifically lead and zinc) serve as a substantial analytical indicator of secondary non-wood materials and anthropogenic waste involvement in combustion. To formulate

definitive conclusions regarding the genesis of solid resinous deposits in residential flue-gas systems, extending the analytical monitoring programme in the following directions is of current relevance: quantitative determination of reference polycyclic aromatic hydrocarbons (specifically benzo[a]pyrene) for objective evaluation of carcinogenic and mutagenic risks to public health; preliminary fractioning of organic extracts into neutral, acidic, and basic fractions prior to GC-MS measurement to minimise complex matrix effects and enhance analyte selectivity; identification of the botanical origin of the combusted wood based on molecular ratios of syringyl/guaiacyl-derived structural fragments of lignin; investigation of the dispersity, surface topography, particle shape, and internal microstructure of the soot using scanning electron microscopy combined with energy-dispersive X-ray spectroscopy.

REFERENCES

1. Ткачук, Г., Ткачук, А., & Стремєцький, О. (2025). Визначення вмісту органічних та мінеральних речовин у сажі димоходів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 359 (6.2), 97-102. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-140>
2. Rogge, W. F., Hildemann, L. M., Mazurek, M. A., & Cass, G. R. (1998). Sources of fine organic aerosol: 9. Pine, oak, and synthetic log combustion in residential fireplaces. *Environmental Science & Technology*, 32(1), 13–22. <https://doi.org/10.1021/es960930b>
3. Fine, P. M., Cass, G. R., & Simoneit, B. R. T. (2004). Chemical characterization of fine particle emissions from the wood stove combustion of prevalent United States tree species. *Environmental Engineering Science*, 21(6), 705–721. <https://doi.org/10.1089/ees.2004.21.705>
4. Tkachuk, H., Tkachuk, A., Stremetskyi, O., Marchuk, O. (2025). Renthenofluorestsennne doslidzhennia splaviv, shcho mistiat zoloto ta sriblo [X-ray fluorescence study of alloys containing gold and silver]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 59–68, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2025-4-8>

UDC 615 34 +612.22.02) :615.9 1 .546.16+612.014.482

EVALUATION OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF AN ORGANISM UNDER IONIZING RADIATION AND CHRONIC FLUORIDE INTOXICATION

U. V. Konyk, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Bogomolets National Medical University, Kyiv*

L. P. Kozak, *Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, State Non-Profit Company "Danylo Halytsky Lviv National Medical University", Lviv*

The research of effect of environmental factors and the possibilities of correcting their influence, especially during war, cannot occur without taking into account changes in the adaptive - compensatory processes and the organism's energy metabolism.

Recently, the most wide-spread antropogeneous polluters in Ukraine are the radionuclides and fluorides, their binary effects significantly deepens destructive action of each of these factors, and the development of compensatory processes becomes complicated by specific action, in particular, by fluorine intoxication or ionizing radiation. There are a lot of the endemic regions of a fluorosis in Ukraine, which frequently geographically coincide with zones of the increased radiation background.

At the same time, investigation of ecological factors influences and possibilities of their effects correction requires taking into consideration adaptive potential that determines normative values of an organism's response and, to a large extent, results in initial metabolic background of oxygen-dependent metabolism [12]. Attention is focused on the modifying properties of small doses of ionizing radiation, which are manifested in the fact that the same ranges of small doses of radiation can both enhance and suppress the effect of the next damaging factor [3]. The result of the modification depends on the interval between low and high doses. At the same time, it is extremely important to determine the significance and

contribution of each of the extreme factors that exert an influence on the state of the body's adaptive systems in order to predict the direction, power, and need for correction of the adaptive process. A significant increase in radiation damage to cells and the body has been shown in the presence of certain chemical compounds, namely heavy metal salts, nitrates, pesticides, nitrogen oxides, and urethane [9, 10]. This may apply to fluoride compounds, which are among the factors and substances capable of modifying primary radical processes in biosystems, in particular in biological membranes, which, as noted, are one of the main targets of radiation damage to cells [1, 5-8, 11]. The combined effect of radiation and a chemical factor can produce sudden and poorly predictable effects on the human body. It is known that additional factors can both mask the effect of irradiation and enhance its pathogenic effect, since the binary effect is determined by synergism, additivity, or antagonism of action [4]. The case of synergistic enhancement of the action of different agents deserves special attention due to the relevance, theoretical and practical significance of this issue for applied radiobiology and ecology.

The model of binary action of fluoride intoxication and small-dose of ionizing radiation was used in our experimental work. The purpose of this study was to examine the lipoperoxidation, antioxidant defense activity levels and the state of energy metabolism in rat's blood under binary action of investigated factors for working out evaluation criteria and pathogenically substained correction of revealed metabolic damages. The investigations were carried out on 50 adult rat males. The chronic fluoride intoxication was induced by NaF solution injected orally in a dose of 10 mg/kg body weight daily during 30 days. Radiation exposure of animals was performed after fluoride intoxication. Rats were exposure to ionizing irradiation in a dose of 0.25 Gy 4 times with using "Agat" (irradiation ^{60}Co). Resulting dose was 1 Gy. Examination of lipoperoxidation, antioxidant defense activity levels and the state of energy metabolism in rat's blood under binary action of investigated factors was conducted by methods [2].

Fractionated irradiation of animals in a total dose of 1 Gy caused decrease of blood superoxide dismutase activity, activation of catalase and significant increase of malone dialdehyde concentration. Results obtained are in accordance with literature, where mechanism of action of small-doses of ionizing radiation is connected with peroxidation syndrome. The sense of this one is an activation of free radical lipid peroxidation on a background of selected links of antioxidative protection exhaustion [12].

The resulting action of studied factors distinctly changes the metabolic turnover as compared with the influence of separate action of radiation. It turned out in unidirectional lowering of superoxide dismutase activity (by 21,1 %) and catalase activity (by 29,8 %) relatively to control level. The concentration of lactic acid in the blood under these conditions was increased by 42.8% compared to intact animals. The content of pyruvic acid increased by 2.2 times, which indicated a violation of aerobic glycolysis.

Thus, research of metabolic mechanism and general conformity of free radical oxidation changes under adaptation to mono- and binary action of extreme factors causes adequate tactic of correction and give possibility to prevent from negative consequences that occur under non-differential and non-control interference in pathological process, especially under deep exhaustion of organism's adaptive reserves.

REFERENCES

1. Akimov OY, Mishchenko AV. The role of AP-1 transcription factors in the change of superoxide production by mitochondria of the rat stomach mucosa under chronic fluoride intoxication. Proc Ukr Sci Pract Conference "Medical Science – 2021"; 2021 Dec 3; Poltava; 2021. p. 31-32.
2. Bergmeyer HU. Methods of Enzymatic Analysis. 2nd ed. Editor: Hans-Ulrich Bergmeyer; 1975.
3. Buss L.G., Rheinheimer B.A., Limesand K.H. Radiation-induced changes in energy metabolism result in mitochondrial dysfunction in salivary glands. *Scientific Reports*. 2024. 14(845): 1-15.

4. Hzeheotsky MR, Konyk UV, Kozak LP, Kovalyshyn VI. The influence of amaranth oil and intermittent hypoxic training on liver ultrastructural and metabolic changes induced by fluorine intoxication and low doses of ionizing radiation. *Fiziol Zh.* 2006; 52 (3): 90-9.

5. Johnston N.R., Strobel S.A. Principles of fluoride toxicity and the cellular response: a review. *Arch. Toxicol.* 2020. 94 (4): 1051-1069. URL: DOI: [https://doi: 10.1007/s00204-020-02687-5](https://doi.org/10.1007/s00204-020-02687-5).

6. Kyzer JL, Martens M. Metabolism and toxicity of fluoride compounds. *Chem Res Toxicol.* 2021;34(3):678-80.

7. Konyk UV, Kozak LP. Oxidative stress parameters in rats with chronic fluoride intoxication. *Mod Probl Hyg Epidem Microbiol Tubercul.* 2024;1:52-8.

8. Konyk UV, Kozak LP. Structural and metabolic changes in rats with chronic fluoride intoxication. *Mod Probl Hyg Epidem Microbiol Tubercul: Proceedings of the scientific and practical conference; 2024 May 22-23; Lviv – Torun; 2024.* p. 52-59.

9. Lowe D., Roy L., Tabochini M.A., Ruhm W., Wakeford R., Woloschak G.E. Radiation dose rate effects: what is new and what is needed? *Radiation and Environmental Biophysics.* 2022. 61: 507-543.

10. Peters Ch.E., Quinn E.K, Rodriguez-Villamizar L.A, MacDonald H.,Villeneuve P.J. Exposure to low-dose radiation in occupational settings and ischaemic heart disease: a systematic review and meta-analysis. *Occup. Environ. Med.* 2023. 23;80(12):706-714. URL: DOI: [https://doi: 10.1136/oemed-2023-108865](https://doi.org/10.1136/oemed-2023-108865).

11. Sharma P, Pawan KV, Shilpa S, Maninder S, Deepika V. Impact of chronic sodium fluoride toxicity on antioxidant capacity, biochemical parameters, and histomorphology in cardiac, hepatic, and renal tissues of Wistar rats. *Biol Trace Elem Res.* 2023; 201(1): 229-41.

12. Tretter V, Zach M-L, Bohme S, Ullrich R, Markstaller K, Klein KU. Investigating disturbances of oxygen homeostasis: from cellular mechanisms to the clinical practice. *Front Physiol.* 2020;1: A 947.

УДК 504.05:621.311.21:355.01

ФІЗИЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

А. В. Гордієнко, студент, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

6 червня 2023 року російські окупаційні війська зруйнували Каховську гідроелектростанцію на Херсонщині, що спричинило найбільшу техногенну катастрофу в новітній історії України. Вибух пошкодив греблю, шлюзи та машинний зал станції, внаслідок чого вода з Каховського водосховища впродовж кількох годин затопила понад 80 населених пунктів [1].

Аналіз фізичних і екологічних наслідків цієї катастрофи є актуальним завданням для наукової спільноти, оскільки масштаби завданої шкоди визначають потреби як у негайному реагуванні, так і в довгостроковому відновленні регіону.

Руйнування греблі призвело до миттєвого скидання величезного об'єму води. Рівень затоплення у деяких районах сягав 5 метрів, а евакуація на правобережжі розпочалась вже в перші години після вибуху [1]. Каховське водосховище, що займало площу понад 2 000 км², за тиждень майже повністю зникло — рівень води впав на 10 метрів [1].

Серед ключових фізичних наслідків виділяють: знищення гідротехнічної інфраструктури (гребля визнана такою, що не підлягає відновленню); порушення залізничного сполучення внаслідок просідання полотна поблизу Нікополя; руйнування систем зрошення та водопостачання півдня України; загрозу охолодженню реакторів Запорізької АЕС через різке зниження рівня води [2].

Екологи кваліфікують руйнування Каховської ГЕС як одну з найбільших екологічних катастроф в Україні після Чорнобиля. За оцінками Української природоохоронної групи, постраждало до 70% фауни водосховища: загинули мільйони

особин риб, земноводних та безхребетних [1]. Затоплення спричинило масову загибель наземних тварин — ондатр, лисиць, зайців, кабанів і черепах. Під ударом опинились три природоохоронні парки: «Нижньодніпровський», «Кам'янська Січ», «Білобережжя Святослава», а також Чорноморський біосферний заповідник під охороною ЮНЕСКО [2].

Серйозною загрозою стало забруднення водних ресурсів. Екодія фіксує первинне забруднення вод Дніпра та Чорного моря через паливно-мастильні матеріали зі станції, змив агрохімікатів і виведення з ладу очисних споруд. Додатково виникло «вторинне забруднення» — внаслідок порушення донних відкладень та ерозії ґрунтів [3]. Загальний обсяг екологічних збитків оцінюється щонайменше в 1,5 млрд доларів США.

Окремого значення набуває загроза поширення природно-вогнищевих інфекцій. Дослідники Херсонського державного аграрно-економічного університету встановили, що зміна гідрологічного режиму та трансформація заплавних екосистем суттєво впливають на ареали переносників небезпечних хвороб. Зміна кліматичних умов разом із осушенням ландшафту сприятиме формуванню нових екосистем з підвищеними ризиками епізоотій [4].

Міжнародна наукова група, дослідження якої опубліковано в журналі Science, дійшла висновку, що Каховська катастрофа матиме значні та тривалі екологічні наслідки [5]. Забруднення Чорного моря токсинами, втрата біорізноманіття і зміни регіонального клімату вже є реальністю станом на 2025 рік. Водночас аналіз проб води, проведений у березні 2024 року, засвідчив поступове зниження концентрацій забруднюючих речовин порівняно з 2023 роком [2].

Питання відбудови ГЕС залишається дискусійним. Частина науковців виступає за відновлення водосховища для відродження зрошувальних систем і водопостачання; інші наполягають на збереженні природного стану річки Дніпро та відновленні Великого Лугу — заплавного лісу, знищеного під час будівництва станції у XX столітті [1]. Вирішення цієї

дилеми потребує міждисциплінарного підходу та ретельної екологічної оцінки.

Висновки. Руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року стало безпрецедентним актом екоциду, що поєднав катастрофічні фізичні руйнування (знищення інфраструктури, затоплення населених пунктів, зникнення водосховища) з масштабними екологічними втратами (загибель біорізноманіття, забруднення водойм, загроза поширення інфекцій). Масштаб катастрофи зумовлює потребу в системних наукових дослідженнях, ефективних міжнародних механізмах відповідальності та стратегічному плануванні відновлення екосистем півдня України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Explainer. Підлив Каховської ГЕС: наслідки для людей і природи та дилема відбудови.
2. РБК-Україна. Каховська ГЕС зараз — річниця та наслідки екологічної катастрофи.
3. Екодія. Підлив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки.
4. Рудік В. А., Левченко В. В., Голубятников М. І. Екологічні наслідки руйнування Каховської ГЕС: загроза поширення природно-вогнищевих інфекцій. Сучасний стан водних екосистем Півдня України та методи їх відновлення у повоєнний період
5. НАН України. Каховська катастрофа матиме віддалені екологічні наслідки.

УДК 502/504:504.054:504.056:332.368

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА СТАН ҐРУНТІВ УКРАЇНИ*А. І. Юрченко, завідувач лабораторії,**О. А. Юрченко**НДУ «Український науково-дослідний інститут
екологічних проблем»*

Рациональне використання земель та їх охорона належать до пріоритетних напрямів державної політики у сфері природокористування, екологічної безпеки і охорони навколишнього природного середовища та є невід'ємною умовою збалансованого економічного і соціального розвитку країни.

Повномасштабні бойові дії спричинили й продовжують посилювати негативний вплив на земельні ресурси, які є національним багатством України. Тисячі гектарів українських земель перетворилися на жакхливий полігон для випробування різних видів озброєння, починаючи від далекобійних гаубиць та систем залпового вогню до фосфорних бомб та крилатих ракет. Кожний вибух – це крок до деградації ґрунтів, удар по екології та сільськогосподарському потенціалу держави. Знищення верхнього родючого шару ґрунту відбувається внаслідок вибухів ракет, артилерійських та реактивних снарядів, фугасних авіабомб, БПЛА, а також забруднення ґрунтів вибухонебезпечними предметами. Найбільш постраждали тимчасово окуповані та прифронтові регіони: Київська, Чернігівська, Сумська, Харківська, Луганська, Донецька, Запорізька та Херсонська області [1].

Більшість території України постраждала внаслідок забруднення боєприпасами та мінами, які не розірвались. При цьому ґрунт зазнає хімічного забруднення, оскільки боєприпаси та міни містять важкі метали (цинк, хром, кадмій, нікель, свинець, ртуть, миш'як та інші), та втрачає родючість через зміну фізичних, хімічних та фізико-хімічних

властивостей. За результатами наукових досліджень, у місцях ведення бойових дій важкі метали можуть перевищувати фонові значення у 30 разів. Також відбувається забруднення ґрунту токсичними речовинами, зокрема тринітротолуолом (TNT), який має канцерогенні властивості, та іншими вибуховими речовинами [2].

Токсичні речовини постійно мігрують в ґрунті горизонтально та вертикально. Концентрація токсичних речовин, які потрапляють у ґрунт, залежить від хімічного складу боєприпасів, інтенсивності бойових дій та масштабів руйнувань внаслідок вибухів.

Як правило, важкі метали добре сорбуються ґрунтами і при утворенні погано розчинних сполук накопичуються в літосфері. Наукові дослідження підтверджують надходження важких металів до рослин. Так, свинець має низку фітотоксичність, але токсичний для людей, особливо, дітей, належить до першого класу небезпеки. Крім свинцю, ґрунт зазнав забруднення такими важкими металами як стронцій, титан, кадмій, нікель, хром, миш'як, цинк, ртуть, мідь, марганець, залізо, кобальт.

На місцях влучання ракет та виявлення уламків після детонації в ґрунті ідентифікують таку високотоксичну речовину як меланж. Вона є складовою ракетного палива.

Іншою високотоксичною сполукою, яка також є складовою ракетного палива й аналогічно з меланжем потрапляє в ґрунт, є гептил. За своєю хімічною природою він схожий з бойовими отруйними речовинами нервово-паралітичної дії.

Внаслідок масового пересування важкої військової техніки, вибухів тощо, особливо в тих областях та районах, де відбувалися позиційні бої та війська знаходилися більше, ніж один місяць, відбувається значне ущільнення ґрунту, що призведе до зниження родючості та втрати врожаїв впродовж наступних років.

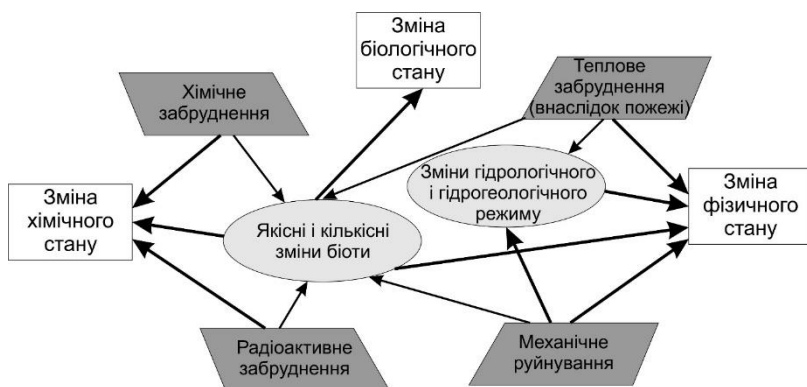
Побудова фортифікаційних споруд (бліндажів, окопів, насипів та штучних підвищень), глибокі вирви від

бомбардувань, артилерійських та мінометних обстрілів порушили цілісність ґрунтового покриву (подекуди майже суцільно), через що зруйновано структуру укладення материнських і навіть підстилаючих порід шляхом перевертання на поверхню ґрунтів та перемішуванням генетичних горизонтів.

Відтак, найбільш вагомим чинником деградаційного впливу на стан ґрунтів у 2022 – 2025 роках стали бойові дії внаслідок збройної агресії російської федерації.

Воєнні дії невпинно руйнують родючі ґрунти України. За розрахунками Держекоінспекції, з початку збройної агресії станом на 31 грудня 2025 року (за період з 24.02.2022 по 31.12.2025) сума збитків за забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами, іншими нафтопродуктами та засмічення земельних ресурсів внаслідок ракетно-бомбових уражень становила близько 1,31 трлн грн [3].

На основі узагальнення існуючих даних нами розроблено схему впливу військової агресії на стан ґрунтів (рис. 1) [4, 5].



Рисуюнок 1 – Вплив воєнних дій на стан ґрунтів

Таким чином, аналіз результатів дослідження впливу мілітарних дій на стан ґрунтів свідчить про механічне руйнування ґрунтів, їх ущільнення та деградацію. Ведення бойових дій на території України призводить до змін фізичного,

хімічного та біологічного стану ґрунтів. Наслідком цього є негативний вплив на якість ґрунту та його родючість, загострення продовольчої проблеми держави та погіршення екологічної ситуації.

Тому уже сьогодні необхідно вести наукові пошуки з питань формування технічних та агротехнологічних відновлювальних заходів на землях сільськогосподарського призначення, порушених внаслідок воєнних дій, вивчення агротехнічних прийомів, спрямованих на відновлення, охорону та підвищення родючості ґрунтового покриву.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балюк С. А., Воротинцева Л. І., Панарін Р. В. Вплив воєнних дій на властивості та якісний стан зрошуваного чорнозему типового. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102, № 10 (859). С. 66–75. URL: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202410-09>.

2. Hryhorczuk D., Levy B. S., Prodanchuk M., Kravchuk O., Bubalo N., Hryhorczuk A., Erickson T. B. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2024. Vol. 19. Art. 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12995-023-00398-y>.

3. Публічний звіт т.в.о Голови Державної екологічної інспекції України за 2025 рік. *Державна екологічна інспекція України*. 17 лютого 2026. URL: <https://www.dei.gov.ua/post/3455>.

4. Полозенцева В. О., Юрченко А. І. Щодо впливу бойових дій на стан ґрунтів Донецької області. *Наукові орієнтири: теорія та практика досліджень*: матеріали II Міжнародної наукової конференції (м. Суми, 3 листопада 2023 р.) / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2023. С. 111–116. URL: <https://doi.org/10.36074/mcnd-03.11.2023>.

5. Полозенцева В. О., Юрченко А. І. Хімічне забруднення ґрунтів та їх стан в умовах воєнних дій. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*: зб. наук. праць / УКРНДІЕП; ХНУ ім. В. Н. Каразіна. Харків: ПП «Стиль-Іздат», 2023. Вип. 45. С. 127–135. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik_2023.pdf.

УДК 504.06:355.01(477)

МІЛІТАРНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ЯК ЧИННИК ДООВГОСТРОКОВИХ ЗМІН ЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ СУЧАСНОЇ ВІЙНИ

*А. В. Самар, асистент кафедри хімії, Заклад вищої освіти
«Подільський державний університет»*

Сучасні збройні конфлікти за масштабами впливу на біосферу давно перетнули межу локальних інцидентів, перетворившись на потужний геологічний та геохімічний фактор. Війна в Україні, що характеризується безпрецедентною щільністю артилерійських обстрілів та застосуванням практично всього спектру конвенційного озброєння, створює нову реальність для екосистем. На відміну від природних катастроф, мілітарне навантаження є антропогенним стресом екстремальної інтенсивності. Воно не лише руйнує фізичні структури ландшафту, а й змінює хімічний код територій, закладаючи фундамент для довгострокових екологічних аномалій. Дослідження цих змін є критичним не лише для біологів, а й для фахівців із цивільної безпеки, медицини та економіки.

Фундаментальною основою мілітарного забруднення є хімічний склад боєприпасів та продуктів їх детонації. При вибуху снаряда відбувається миттєве вивільнення енергії, що супроводжується термічним розкладом вибухових речовин (ВР) та диспергацією металеві оболонки.

Головними забруднювачами виступають важкі метали. Свинець (Pb) та стибій (Sb), що використовуються у підрильниках, мають високу кумулятивну дію. Нікель (Ni), кадмій (Cd) та манган (Mn) потрапляють у довкілля як легуючі елементи сталевих корпусів. Особливу небезпеку становить збіднений уран, що може застосовуватися у бронебійних снарядах; його пил має не лише хімічну токсичність, а й слабку радіоактивність, що посилює канцерогенний вплив.

Органічні сполуки, такі як тринітротолуол (ТНТ) та гексоген, є надзвичайно стійкими до біодеградації. ТНТ, потрапляючи в ґрунт, утворює проміжні продукти розпаду (амінодинітротолуоли), які є ще більш токсичними, ніж вихідна речовина [2]. Ці сполуки здатні мігрувати на значні відстані, забруднюючи ґрунтові води та пригнічуючи діяльність азотфіксуючих бактерій, що призводить до падіння родючості земель.

Ґрунт є головним депо мілітарних токсикантів. Фізична деградація починається з воронкоутворення. Одна вирва від авіабомби вагою 500 кг здатна перемістити сотні тонн ґрунту, оголюючи нижні, малопродуктивні шари материнської породи. Це призводить до повної втрати структури ґрунту та його ерозії.

Хімічний аспект деградації полягає у зміні кислотно-лужного балансу. Окислення залишків сірки та азоту призводить до підкислення ґрунтів, що робить важкі метали більш рухливими та доступними для поглинання рослинами [2]. «Випалювання» мікробіоценозу — загибель корисних грибів та комах — розриває цикли самоочищення. Ґрунт перетворюється з живої системи на інертний субстрат, насичений отрутою, який потребуватиме століть для природного відновлення гумусового шару.

Водна система є найбільш динамічним компонентом екосистеми, що розносить воєнне забруднення далеко за межі лінії фронту. Руйнування очисних споруд у прифронтових містах спричиняє скидання мільйонів кубометрів неочищених стічних вод у річки. Це призводить до біогенного перенавантаження: надлишок азоту та фосфору викликає бурхливе «цвітіння» води, дефіцит кисню та масову загибель риби.

Однак довгострокова загроза криється в підземних водах. Вирви від обстрілів стають «вікнами» для прямого потрапляння токсикантів у водоносні горизонти, мінаючи природні ґрунтові фільтри [2]. У степових регіонах, де підземні води є єдиним джерелом питної води, це створює загрозу незворотного отруєння цілих районів. Корозія затопленої військової техніки в акваторіях Чорного та Азовського морів вивільняє пально-

мастильні матеріали, створюючи нафтові плівки, які знищують морську флору та фауну на гектарах площі.

Екосистеми втрачають стійкість через знищення ключових видів. Прямий вплив — це загибель тварин від вибухів та пожеж. Опосередкований — це фрагментація ареалів. Мінування лісів та полів перериває шляхи міграції диких тварин. Великі ссавці (олені, лосі, зубри) опиняються в ізольованих анклавах, що призводить до збіднення генетичного фонду через неможливість обміну особинами між популяціями.

Окрему проблему становить акумуляція металів у трофічних ланцюгах. Свинець, накопичений у траві, переходить до гризунів, а потім — до хижих птахів та ссавців. На кожному етапі концентрація токсикантів зростає (процес біоаккумуляції). Це спричиняє репродуктивні розлади у тварин, зниження імунітету та ріст частоти вроджених дефектів. Війна фактично запускає механізм негативного відбору, де виживають лише найбільш примітивні та стійкі до забруднення види.

Хоча забруднення повітря під час бойових дій є короткостроковим, воно має довгострокові наслідки. Масштабні пожежі на нафтобазах та в лісах викидають в атмосферу мільйони тонн сажі, оксидів азоту та сірки. Сажа, осідаючи на ґрунт та рослинність, змінює альбедо (відбивну здатність) поверхні, що призводить до перегріву локальних ділянок та зміни мікроклімату.

Кислотні дощі, що виникають внаслідок розчинення оксидів у хмарах, пошкоджують хвойні ліси, які є найбільш вразливими до зміни кислотності. Це запускає ланцюгову реакцію: загибель лісів веде до зміни гідрологічного режиму та посилення вітрової ерозії, що ще більше деградує екосистему.

Відновлення територій після мілітарного забруднення — це процес, що розрахований на покоління. Першим етапом має стати суцільне екологічне демінування та інвентаризація шкоди. Традиційні методи моніторингу сьогодні доповнюються використанням штучного інтелекту та супутникових даних. Спектральний аналіз дозволяє виявляти

зони пригніченої вегетації та локалізувати осередки хімічного забруднення без ризику для життя дослідників.

Перспективним напрямком є фіторе mediaція — висадка спеціальних культур (соняшнику, гірчиці, деяких видів верб), які здатні витягувати важкі метали з ґрунту. Проте виникає питання утилізації «токсичної біомаси» цих рослин [3]. Іншим методом є використання мікробіологічних препаратів, які прискорюють розпад вибухових речовин у ґрунті. Проте всі ці заходи потребують колосальних фінансових ресурсів та створення міжнародного правового механізму компенсації екологічних збитків.

Мілітарне забруднення — це не просто сума хімічних сполук у ґрунті чи воді. Це системна руйнація життєзабезпечуючих функцій біосфери. Довгострокові зміни в екосистемах, спровоковані війною, залишатимуться викликом для безпеки людства протягом десятиліть після завершення бойових дій. Поняття «екоциду» має бути чітко закріплене в міжнародному праві, а відновлення довкілля — стати невід’ємною частиною глобальної стратегії безпеки. Тільки через поєднання високих технологій моніторингу, інноваційних методів рекультивациі та жорсткого правового тиску на агресора можна сподіватися на повернення життя на понівечені війною території.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічна оцінка вмісту важких металів в ґрунтах України / О. Дацко, Е. Захарченко, Ю. Бутенко та ін. *Журнал екологічної інженерії*. 2024. С. 100–108.
2. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / А. О. Сплодитель, О. Г. Голубцов, С. М. Чумаченко, Л. Ю. Сорокіна ; за ред. А. Сплодитель. Київ : ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія». 2023. 155 с.
3. Пацула О. І., Фецюх А. Б., Буньо Л. В. Використання *Salix viminalis* L. для фіторе mediaції ґрунтів, забруднених важкими металами. *Екологічні науки*. Т. 2, № 20. 2018. С. 101–106.

УДК 504:528.8

ВПЛИВ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА ЗАБУДОВИ НА ТЕМПЕРАТУРУ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В УРБООКОСИСТЕМАХ ПРИКАРПАТТЯ

А. В. Мальованчук, аспірант, ІФНТУНГ

Н. М. Москальчук, к.т.н., доцент, ІФНТУНГ

Міський тепловий острів (МТО) - підвищення температури в межах міста порівняно з прилеглими територіями - є одним із головних екологічних наслідків урбанізації [1, 2]. Зростання щільності забудови та скорочення зелених зон посилюють МТО, збільшуючи енергоспоживання та ризики для здоров'я населення під час теплових хвиль [3]. В умовах воєнних дій ці проблеми загострюються - руйнування зелених зон і систем життєзабезпечення посилюють теплове навантаження на міста [3]. Зелені насадження знижують температуру земної поверхні через затінення та евапотранспірацію, тоді як щільна забудова з непроникними покриттями її підвищує [1, 2]. Для урбоекосистем Прикарпаття, розташованих у різних ландшафтних зонах, ці залежності не були широко досліджені у порівняльному аспекті. Дослідження цих залежностей у градієнті «рівнина - передгір'я - гірська долина» необхідне для планування заходів із охолодження міст.

Досліджено три міста Івано-Франківської області з різними ландшафтними умовами: Івано-Франківськ (рівнина, ~230 м н.р.м., щільна забудова, значна частка непроникних покриттів), Долина (передгір'я, ~390 м н.р.м., поєднання промислової зони та лісових масивів) та Яремче (гірська долина р. Прут, ~550 м н.р.м., висока частка лісового покриву, значне рекреаційне навантаження). Використано знімки Landsat 8/9 Collection 2 Level-2 за червень-серпень 2015-2025 рр., оброблені в Google Earth Engine із фільтрацією хмарності (QA_PIXEL, поріг $\leq 60\%$). LST отримана з продукту ST_B10 (Scale Factor [4]), межі міст - за OSM. Зв'язок між LST та

індексами NDVI і NDBI оцінено лінійною регресією за середніми значеннями трьох міст ($n = 3$).

NDVI та NDBI розраховані за стандартними формулами [4] на основі червоного (B4), ближнього інфрачервоного (B5) та середнього інфрачервоного (B6) каналів Landsat 8/9. Медіанне композування знімків за сезон зменшує вплив залишкової хмарності та забезпечує репрезентативну картину літнього теплового режиму. Інтенсивність МТО виражено через УНП - перевищення середньої LST міста над медіаною LST у буфері 5-15 км поза забудовою.

Результати зведено у табл. 1. Усі три міста утворюють чіткий ландшафтний градієнт: з переходом від рівнини до гірської долини температура земної поверхні знижується на **10,19 °C**, що відображає зростання частки зеленого покриття (NDVI від 0,250 до 0,401) та скорочення забудови (NDBI від -0,082 до -0,210).

Таблиця 1

Середні показники LST, NDVI та NDBI по містах
(2015-2025 рр., червень-серпень)

Місто	Висотний пояс	LST, °C	NDVI	NDBI	УНП, °C
Івано-Франківськ	Рівнина	35,90	0,250	-0,082	5,76
Долина	Передгір'я	29,57	0,356	-0,159	2,52
Яремче	Гірська долина	25,71	0,401	-0,210	0,56

Лінійна регресія по трьох містах ($n = 3$) виявила зворотний зв'язок між LST та NDVI ($R^2 = 0,870$) і прямий зв'язок між LST та NDBI ($R^2 = 0,876$), що узгоджується з результатами досліджень для гірських і передгірських регіонів [1, 2]. Обидва показники пояснюють понад 87% міжміської варіабельності LST, підтверджуючи провідну роль зеленої інфраструктури та структури забудови у формуванні термічного режиму міст. Це означає, що навіть без детального мікрокліматичного

моделювання супутникові індекси дають надійну оцінку теплового навантаження. Враховуючи обмежений обсяг вибірки ($n = 3$), наведені значення R^2 слід розглядати як попередні оцінки міжміського градієнту.

УНІІ знижується з рівнини до гір - від $5,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ у рівнинному Івано-Франківську до $2,52\text{ }^{\circ}\text{C}$ у передгірській Долині та $0,56\text{ }^{\circ}\text{C}$ у гірському Яремче. У 2023 р. УНІІ Івано-Франківська досяг $7,09\text{ }^{\circ}\text{C}$ - це на $1,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ більше за середнє значення за досліджуваний період і узгоджується із загальноєвропейською тенденцією посилення МТО під час екстремальних теплових подій. Показовий випадок - Яремче у 2017 р., де УНІІ становив $-0,21\text{ }^{\circ}\text{C}$, тобто місто виявилось холоднішим за буферну зону. Це прояв температурної інверсії, холодне стокове повітря з гірських схилів охолоджувало долину р. Прут. Висока частка зеленого покриття ($\text{NDVI} = 0,401$) та мінімальна забудова ($\text{NDBI} = -0,210$) додатково пом'якшують теплове навантаження в Яремче навіть за значного рекреаційного навантаження [2].

У трьох містах Івано-Франківської області зафіксовано чіткий градієнт температури земної поверхні - $10,19\text{ }^{\circ}\text{C}$ між рівниною та гірською долиною - та інтенсивності МТО (від $5,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $0,56\text{ }^{\circ}\text{C}$). Зелена інфраструктура та забудова пояснюють понад 87% цієї варіабельності ($R^2 = 0,870$ для LST-NDVI та $R^2 = 0,876$ для LST-NDBI). Збільшення зеленого покриття на 10% може знизити середню LST на $0,3\text{--}0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, тоді як аналогічне зростання забудови - підвищити. Суттєві відмінності між містами свідчать про необхідність диференційованого підходу до планування зеленої інфраструктури залежно від ландшафтних умов. Ці результати є практичним орієнтиром для міського планування, а в контексті повоєнного відновлення - основою для проектування зеленої інфраструктури та правильної забудови, яка знизить теплове навантаження та підвищить екологічну стійкість міст.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ullah W., Ahmad K., Ullah S., Tahir A.A., Javed M.F., Nazir A., Abbasi A.M., Aziz M., Mohamed A. Analysis of the relationship among land surface temperature (LST), land use land cover (LULC), and normalized difference vegetation index (NDVI) with topographic elements in the lower Himalayan region. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, No. 2. Art. e13322. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13322>
2. Rahimi E., Dong P., Jung C. Global NDVI-LST Correlation: Temporal and Spatial Patterns from 2000 to 2024. *Environments*. 2025. Vol. 12, No. 2. Art. 67. <https://doi.org/10.3390/environments12020067>
3. Çetin M., Özenen Kavlak M., Şenyel Kürkçüoğlu M.A., Bilge Öztürk G., Çabuk S.N., Çabuk A. Determination of land surface temperature and urban heat island effects with remote sensing capabilities: the case of Kayseri, Türkiye. *Natural Hazards*. 2024. Vol. 120, No. 6. P. 5509-5536. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06431-5>
4. Şekertekin A., Bonafoni S. Land Surface Temperature Retrieval from Landsat 5, 7, and 8 over Rural Areas: Assessment of Different Retrieval Algorithms and Emissivity Models and Toolbox Implementation. *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12. Art. 294. <https://doi.org/10.3390/rs12020294>

УДК 504.5:628.4.045

ОЦІНКА САНІТАРНОГО СТАНУ ТА АТРАКТИВНОСТІ ДЕРЕВНО-ЧАГАРНИКОВОГО ПОКРИВУ ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ НИЗОВИНИ

*В. В. Дочинець, аспірант, Т. І. Шуплат, к.с.-г.н., ст. викладач,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Вивчення санітарного стану дерев та чагарників на території та навколо полігонів побутових відходів є важливим методом **біоіндикації**, який дозволяє оцінити реальний вплив комплексу екзогенних факторів на довкілля. Оскільки рослини є первинними споживачами забруднювачів із ґрунту, води та повітря, рівень їхньої життєвості є свого роду відзеркаленням рівня екологічної небезпеки території.

Рослинний біологічний матеріал чутливо реагує на стрес, який спричиняє забруднення території полігонів іонами важких металів, газами, в окремих випадках продуктами горіння причому дана реакція часто дає інформацію на випередження стосовно фізіологічного стану, який є тісно пов'язаний із екологічним станом оточуючого простору. Негативним фактором впливу на насадження полігонів є вплив фільтратів, у випадках, коли насадження ростуть поблизу і вбирають своїми кореневими системами фільтрати, тобто токсичну рідину, що утворюється при розкладанні побутових відходів [3].

Аналіз стану насаджень сприяє здійсненню моніторингу якості повітря в зоні впливу полігону побутових відходів. Деревна рослинність чутлива до виділення метану, вуглекислого газу та сірководню, що супроводжують розкладання відходів.

Використання деревних рослин як біоіндикаторів дозволяє отримати комплексну картину екологічної ситуації, визначити ефективність захисних смуг та розробити заходи з рекультивациі територій, що прилягають до полігонів побутових відходів [4].

Крім того вивчення поточного санітарного стану деревних насаджень полігонів побутових відходів, дозволяє визначити зони пошкодження, класифікувати дерева (від здорових до сухостійних) та нанести на карту зони з різним рівнем екологічного ризику.

Для виконання цього важливого завдання, враховуються наступні показники: 1) категорія стану дерев; 2) морфометричні зміни, зокрема зменшення площі листкових пластинок, скорочення приросту, деформація пагонів; 3) пошкодження крони: позасезонна дефоліація та дехромація; 4) наявність захворювань та шкідників, адже ослаблені забрудненням дерева швидше уражаються дереворуйнівними грибами [2].

Впродовж 2023-2025 рр. проведені дослідження санітарного стану деревних рослин, зростаючих на території полігонів побутових відходів міст Берегово, Мукачево і Ужгорода.

Проведений аналіз показав доволі значне різноманіття дерев та кущів. Оскільки кожне із них має свій індивідуальний рівень життєвості, то від цього залежить повнота виконання ним комплексу середовище покращуючих функцій.

У ході досліджень фіксувались також деревні рослини, де були присутні зовнішні фітопатологічні ушкодження, що знижують рівень їхньої життєвості. Механічні ушкодження поширені на усіх досліджуваних полігонах і тісно прив'язані до типу габітусу та висоти. Причому із збільшенням висоти зростає різноманіття механічних ушкоджень. На кожному із досліджуваних об'єктів фіксувався тип механічного ушкодження, розташування на конкретному дереві або кущі, ступінь небезпеки.

Виникнення механічних ушкоджень пов'язане із тим, що значна кількість насаджень після зимового періоду, входить у вегетаційний період в ослабленому стані, на них є інфекційні захворювання, опіки кори, морозобійні тріщини, ушкодження кореневої системи.

У результаті проведених польових досліджень досліджуваних об'єктів, виявлено наступне представництво

деревно-чагарникових видів: дуб звичайний (*Quercus robur* L.), верба козяча (*Salix caprea* L.), верба біла (*Salix alba* L.), тополя біла (*Populus alba* L.), береза повисла (*Betula pendula* L.), осика (*Populus tremula* L.), робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), бузина чорна (***Sambucus nigra* L.**), сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), терен колючий (*Prunus spinosa* L.), шипшина звичайна (*Rosa canina* L.), яблуня лісова (*Malus sylvestris* Mill.), клен ясенелистий (*Acer negundo* L.).

Виявлені види до наступних родин: Вербові (Salicaceae) – 4 види, Трояндові (Rosaceae) – 3 види, Березові (Betulaceae), Соснові (Pinaceae), Букові (Fagaceae), Бобові (Fabaceae), Пижмівкові (Adoxaceae), Сапіндові (Sapindaceae) – по одному видові. Стосовно порядків рослин, то розподіл їх наступний: Букоцвіті (Fagales) – дві родини, Мальпігієцвіті (Malpighiales), Розоцвіті (Rosales), Соснові (Pinales), Бобовоцвіті (Fabales), Черсакоцвіті

(Dipsacales), Сапіндоцвіті (Sapindales), по одній родині кожен [1].

У ході досліджень виявлено чотири основних типи ушкоджень деревних рослин: всихаючі, суховершинні, сухостійні та аварійні. Отримані результати нижче (рис. 1)

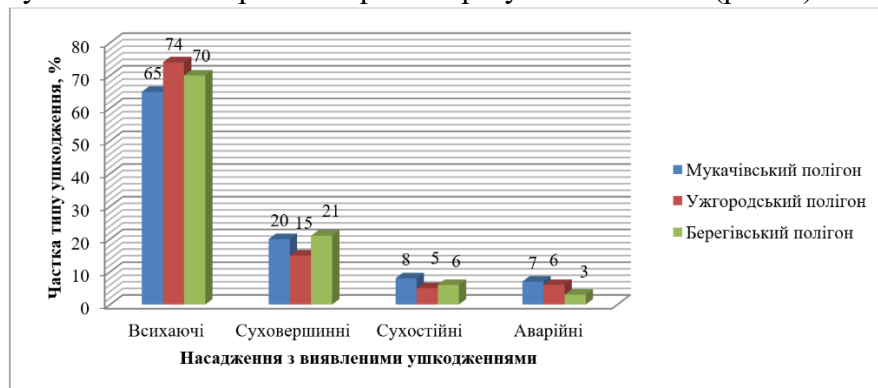


Рисунок 1 – Основні типи механічних ушкоджень деревних рослин досліджуваних полігонів побутових відходів

Як видно з рисунку, найбільшу частку з типів ушкоджень посідають всихаючі насадження, які становили частку від 65–74%. Найбільше їх виявлено на території Ужгородського полігону – 74%, Берегівський – 70%, Мукачівський – 65%.

Дещо меншу частку у структурі ушкоджень, займають суховершинні насадження: Ужгородського полігон – 15%, Мукачівський – 20% і Берегівський – 21%. Розподіл сухостійних насаджень наступний: Ужгородського полігон – 5%, Мукачівський – 8% і Берегівський – 3%. Розподіл аварійних насаджень, показав, що найбільше їх на території Мукачівського полігону – 7%, Ужгородського – 6% і Берегівського – 3%.

Частина з дерев уражена морозобійними тріщинами, гнилями, плодовими тілами трутовиків справжнього (*Fomes fomentarius* (L.) J.J. Kickx) і несправжнього (*Phellinus igniarius* (L.) Ouel.). Частина крон уражена омелою звичайною (*Viscum album* L.).

Для покращення санітарного стану насаджень досліджуваних полігонів побутових відходів, рекомендовано здійснити санітарні рубки сухостоїв та аварійних дерев, у строгій відповідності з нормами щодо видалення зелених насаджень у населених пунктах або санітарними правилами у лісах. Ці заходи сприятимуть підвищенню рівня життєвості фітоценозів, підвищенню санітарного стану та естетичної цінності

Існує взаємозв'язок рівня індивідуальної життєвості і виконанням екологічних функцій насадженнями, то також вивчався параметр атрактивності.

Впродовж вегетаційного періоду 2024-2025 рр. проводилось вивчення декоративно-естетичних характеристик. Для цього використовувалась методика Н. В. Котелової за якою у балах оцінювались ряд показників: форма крони і габітус (ΣKp_{δ}), густота і розгалуження намету (ΣH_{δ}), забарвлення листя/хвої (ΣX_{δ}), насінноношення ($\Sigma Ш_{\delta}$), декоративність основних пагонів, гілок ($\Sigma ПГ_{\delta}$), кори (ΣK_{δ}), декоративність

приростів ($\Sigma \Pi p_{\phi}$). Параметр т.б. - трьохбальна оцінка виставлена із врахуванням “модуляції виду”. Для оцінки декоративного потенціалу використовувалась наступна формула:

$$EM_{\phi} = \frac{\Sigma K p_{\phi} + \Sigma H_{\phi} + \Sigma X v_{\phi} + \Sigma Шя_{\phi} + \Sigma ПГ_{\phi} + \Sigma K_{\phi} + \Sigma \Pi p_{\phi}}{n.б.} \quad (1)$$

Морфологічні елементи дослідних кущів володіють вищими або ж нижчими декоративними якостями, які по-різному оцінювали впродовж вегетаційного періоду. Сума усіх складових визначає рівень декоративності насадження.

Досліджувались наступні види: *Quercus robur* L., *Salix caprea* L., *Salix alba* L., *Populus alba* L., *Betula pendula* L., *Populus tremula* L., *Robinia pseudoacacia* L., ***Sambucus nigra* L.**, *Acer negundo* L. і *Malus sylvestris* Mill.

Одержані результати декоративно-естетичних характеристик насаджень полігонів проілюстровано на рисунку 2.

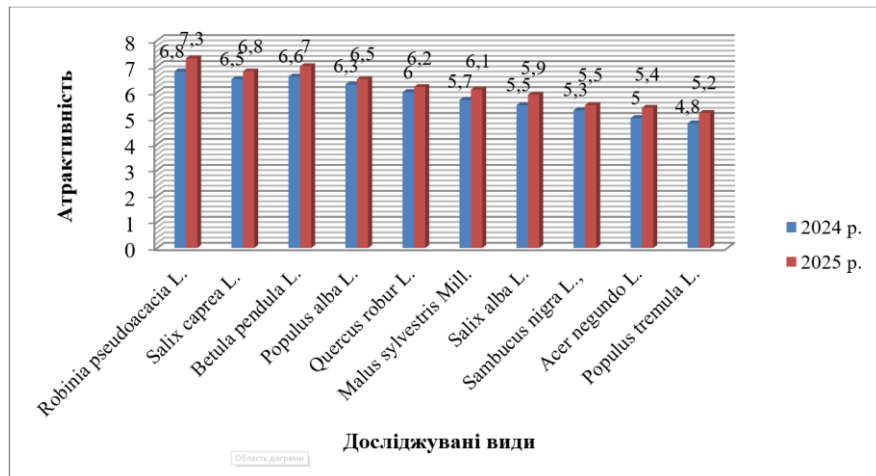


Рисунок 2 – Співвідношення рівнів атрактивності деревних рослин досліджуваних полігонів

Досліджувані види за атрактивністю відносимо до наступних груп: **Високодекоративні:** *Robinia pseudoacacia* L.

(6,8; 7,3), *Salix caprea* L. (6,5; 6,8), *Betula pendula* L. (6,6; 7,0), *Populus alba* L. (6,3; 6,5). **Декоративні:** *Quercus robur* L. (6,0; 6,2), *Malus sylvestris* Mill. (5,7; 6,1), *Salix alba* L. (5,5; 5,9), ***Sambucus nigra* L.** (5,3; 5,5). **Низькодекоративні:** *Acer negundo* L. (5,0; 5,4), *Populus tremula* L. (4,8; 5,2).

Дослідження показали, що найбільше представлені види I (40%) і II (40%) груп. Найрідше трапляються представники III – IV групи – 20%.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заячук В. Я. Дендрологія. Львів: Априорі, 2008. 656 с.
2. Кучерявий В. П. Фітомеліорація. Львів: “Світ”, 2003. 538 с.
3. Kateryna Korol, Taras Bojko, Yevhen Kobko, Andriy Tymchyshyn, Artem Ruban, Vasyl Popovych, Bogdan Ilkiv, Taras Shuplat. Evaluation of the ecological state and phytomeliorative efficiency of vegetation at landfills. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 2025, 26(2), 239–251. URL: <https://doi.org/10.12912/27197050/196621>.
4. Vasyl Popovych, Andriy Voloshchyshyn, Nazar Lysyi, Mykhailo Petlovanyi, Taras Shuplat. Natural phytomelioration processes on rock dumps of abandoned coal mines. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik (The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin)*. UDC: 574.24; 628.393 DOI: 10.17794/rgn.2024.5.4 pp. 63-73. <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/rgn/index>.

УДК 504.064

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ РУЙНУВАННЯ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

В. М. Лакіш, курсант

І. С. Федів, доктор філософії,

*К. В. Степова, кандидат технічних наук, доцент,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Черговим масштабним воєнним злочином з боку російських окупаційних сил стало руйнування Каховської ГЕС унаслідок підриву греблі 6 червня 2023 року, що призвело до катастрофічних наслідків для довкілля, економіки та життя багатьох людей. Цією трагедією було зруйновано не лише інфраструктуру, а й завдано значної шкоди екосистемам Дніпра, що спричинило затоплення десятків населених пунктів, загибель тисяч тварин та знищення природних територій. Каховська ГЕС, п'ята за розмірами в Україні та найбільше за площею мілководдя, була символом промислової могутності минулого. Її спорудження тривало з 1950 по 1955 рік у межах радянського проєкту «Великі будови комунізму», котрий мав на меті реалізацію сталінського «Великого плану перетворення природи». Авжеж, за грандіозною ідеєю ховалась жорстока реальність того часу: для створення Каховського водосховища було затоплено землі Великого Лугу — історичного осередку Запорозьких Січей. Руйнування цієї гідроспоруди символізує не лише втрату інженерного об'єкта, а й акт свідомого нищення історії, природи та майбутнього України [1].

Катастрофа істотно вплинула та й надалі впливатиме на екологічний стан, біорізноманіття ландшафтів регіону, водні екосистеми та сільськогосподарські угіддя. Напередодні руйнування у Каховському водосховищі було акумульовано рекордну кількість води — близько 19,9 км³ [2, ст. 24]. Такий обсяг створював підвищений тиск на греблю, а після вибуху

вода стрімко почала виходити з водосховища, посилюючи руйнування конструкцій. Унаслідок цього гребля майже повністю зруйнувалась. Коли рівень води почав різко падати, оголене дно перетворилося на хаотичну систему потоків: вода стікала з підвищених ділянок у западини, а потім прямувала до головного русла Дніпра. Процес був особливо швидким завдяки давній мережі проток і рукавів річки, що існували до створення водосховища. Величезні водні масиви зникли за лічені години, залишивши після себе сухі й потріскані ґрунти, ділянки, вкриті мулом, та частково зруйновані природні екосистеми. Тоді ж затопленими виявилися численні населені пункти, сільськогосподарські угіддя та господарські об'єкти.

Затоплення територій призвело до підняття рівня ґрунтових вод на лівому березі Дніпра. Значна частина цієї зони складається з піщаних масивів, сформованих завдяки річковим наносам. Потужний потік прорвав природні руслові вали та затопив ділянки, що лежали вище середнього рівня Дніпра. Разом із водою до підтоплених ділянок потрапили значні обсяги сміття та уламків – будівельні конструкції, деревина, ґрунт, тверді побутові домішки. Це підвищило силу руйнівного впливу й поглибило екологічну шкоду. Затопленими виявилися десятки населених пунктів та фермерських господарств, серед яких були склади мінеральних добрив, пестицидів, отрутохімікатів, тваринницькі ферми, каналізаційні системи та вигрібні ями. Усе це призвело до надходження у воду великої кількості хімічних і органічних забруднень, що сформувало значну загрозу для екосистем регіону [3, 4].

Особливо небезпечними стали органічні мули, вимиті з дна водосховища. Вони накопичували токсичні речовини протягом десятиліть – важкі метали, нафтопродукти, хімічні сполуки промислового та побутового походження. Потрапивши на сушу, ці відкладення спричинили вторинне забруднення ґрунтів і водойм на великих площах [5].

За інформацією МВС України, на правому березі Дніпра станом на липень 2023 року було підтверджено близько 50 загиблих

або зниклих безвісти. Дані про втрати на лівому березі відсутні, проте з огляду на географічні особливості регіону кількість жертв може бути більшою [4, ст. 21]. Катастрофа торкнулася й природоохоронних територій: у зоні затоплення опинилися заповідники, заказники та біотопи, частина яких охороняється Бернською конвенцією як унікальні природні оселища.

Природна рослинність у зоні затоплення до аварії була представлена широким спектром типів: заплавними та байрачними лісами, сосновими й змішаними степовими лісами, болотистими луками, плавнями, сухими типчаково-ковилловими та посушливими степами, різнотравно-злаковими луками й піщаними степами Нижнього Дніпра. Саме ця різноманітність робила регіон унікальною територією для лісової екології, фітоценології та вивчення природних сукцесій. Після руйнування греблі рослинний покрив зазнав значних втрат: частина територій була повністю затоплена, інша — вкрита товстим шаром мулу й сміття, що спричинило загибель багатьох природних угруповань і посівів [2, 4, 6].

У 2025 році територія колишнього Каховського водосховища переживає активні природні трансформації: оголене дно заростає лучною та чагарниковою рослинністю, відновлюються природні біотопи, повертаються дикі тварини. Поступове формування нових рослинних угруповань ще раз підтверджує важливість дослідження природних сукцесій і ролі лісотехнічної науки у відтворенні екосистем. Водночас на поверхні й у ґрунтах залишаються токсичні мулові відкладення, насичені важкими металами та хімічними домішками, що створює «екологічну часову бомбу» [7]. Питання подальшої долі території залишається дискусійним: частина фахівців підтримує відновлення ГЕС, інші наполягають на збереженні природного процесу відновлення екосистем без повернення водосховища [8, 9].

Руйнування Каховської ГЕС стало подією, що радикально змінила екологічну рівновагу Південного регіону України. Масштабність розливу води, забруднення ґрунтів і водойм,

втрата біорізноманіття та деградація природних ландшафтів свідчать про довготривалий і комплексний характер наслідків катастрофи. Її вплив виходить далеко за межі локальної екосистеми, зачіпаючи сільське господарство, соціальні умови населення та регіональну безпеку. Відновлення регіону потребує системних природоохоронних заходів, відтворення гідрологічних режимів, моніторингу токсичного забруднення та розробки адаптаційних стратегій в умовах змінених природних процесів. Особливої уваги потребує відтворення природних і лісових біотопів, рекультивация деградованих земель і формування науково обґрунтованих підходів до відновлення рослинності. Участь лісотехнічної науки у цих процесах є ключовою, оскільки саме вона забезпечує розробку технологій відновлення рослинного покриву, оцінку динаміки біотопів та формування стійких екосистем, здатних мінімізувати довготривалі наслідки катастрофи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попередній екологічний та юридичний аналіз руйнування Каховської ГЕС і його наслідків / А. Андрусевич та ін. Київ : Україна. П'ята ранку, 2024. 16 с.
2. Знищення Каховського водосховища: наслідки для довкілля / упоряд.: В. В. Колодежна, О. В. Василюк. Чернівці : Друк Арт, 2025. 112 с.
3. Заблоцька О. Каховська ГЕС: про історію будівництва, гідроелектростанцію у кіно та архітектуру Нової Каховки. Суспільне Культура. URL: <https://suspilne.media/culture/500257-kahovska-ges-pro-istoriu-budivnictva-gidroelektrostantsiu-u-kino-ta-arhitekturu-novoi-kahovki-foto/>
4. Кам'янович О. Екологічна оцінка наслідків руйнування Каховської ГЕС для південних регіонів України : дипломна робота. Дніпро, 2024. 51 с.
5. Karabyn V., Popovych V., Shainoha I., Lazaruk Y. Long-term monitoring of oil contamination of profile-differentiated soils on the site of influence of oil-and-gas wells in the central part of the

Boryslav-Pokuttya oil-and-gasbearing area. *Petroleum and Coal*. 2019. Vol. 61, No. 1. P. 81–89.

6. Popovych V., Kuzmenko O., Voloshchyshyn A., Petlovanyi M. Influence of man-made edaphotopes of the spoil heap on biota. *E3S Web of Conferences*. 2018. Vol. 60. Article 00010. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000010>

7. Bosak P., Vasyl V., Stepova K., Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn Coal Basin. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2020. Vol. 2, No. 440. P. 48–54. DOI: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>

8. Nature returns to Ukraine's ravaged Kakhovka dam landscape. DW. URL: <https://www.dw.com/en/nature-returns-to-ukraines-ravaged-kakhovka-dam-landscape/a-72850774>

9. Renkas A., Popovych V., Rudenko D. Optimization of fire station locations to increase the efficiency of firefighting in natural ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*. 2022. Vol. 78. P. 1–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.5755/j01.erem.78.1.25581>

УДК 502/504:355.01(477)

ВПЛИВ ВІЙНИ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА ЗАПОВІДНІ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

В. В. Шеремета, студент,

Л. М. Архипова, доктор технічних наук, професор, завідувач
кафедри туризму,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Повномасштабна війна в Україні, що триває з 2022 року, зумовила значні та довготривалі трансформації природного середовища. Найбільшого негативного впливу зазнають природні екосистеми та біорізноманіття, яке є важливим показником їхньої екологічної стійкості та здатності до самовідновлення [1]. Оскільки біорізноманіття виступає одним із ключових індикаторів стану довкілля, його деградація відображає масштаби антропогенного, зокрема військового, навантаження на природні системи.

За інформацією Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, станом на 2023 рік у зоні впливу бойових дій перебувало близько 900 об'єктів природно-заповідного фонду загальною площею понад 1,2 млн га, що становить майже третину природоохоронної мережі держави. Водночас 20–30% заповідних територій зазнали пошкоджень різного ступеня [2], що свідчить про значну фрагментацію екосистем та порушення їхньої структурної цілісності.

Воєнні дії спричиняють руйнування природних ландшафтів, знищення рослинного покриву та деградацію ґрунтів унаслідок переміщення важкої техніки й вибухового впливу. Особливо вразливими залишаються лісові, степові та водно-болотні екосистеми, які характеризуються обмеженим потенціалом до природного відновлення. Додатковим чинником негативного впливу є масштабні пожежі, спричинені обстрілами, що ведуть до втрати біотопів, загибелі тварин і руйнування місць їхнього розмноження.

Серйозною екологічною проблемою є також хімічне забруднення природного середовища. У результаті бойових дій до ґрунтів і водних об'єктів потрапляють нафтопродукти, важкі метали та вибухові речовини. У низці регіонів їх концентрація перевищує гранично допустимі норми у 5–10 разів, що негативно позначається на біогеохімічних процесах і родючості ґрунтів [3].

Результати наукових досліджень засвідчують суттєве скорочення біорізноманіття в районах ведення бойових дій: чисельність окремих рідкісних видів рослин і грибів зменшилася на 30–50%, а популяції деяких видів птахів — на 25–40% [4; 5]. Такі тенденції свідчать про глибокі структурні зміни в екосистемах і втрату їхньої екологічної стабільності.

Особливо складною є ситуація на тимчасово окупованих територіях, де відсутність належного природоохоронного контролю спричиняє активізацію браконьєрства, незаконну вирубку лісів та руйнування природних комплексів [6]. Додаткову загрозу становить мінування територій, яке суттєво ускладнює проведення екологічного моніторингу та реалізацію відновлювальних заходів.

Втрати біорізноманіття мають тривалий характер і можуть спричинити незворотні зміни в екосистемах. Загальні екологічні збитки оцінюються у десятки мільярдів гривень, тоді як площі пошкоджених природних територій охоплюють десятки тисяч гектарів. У 2024 році було визначено стратегічну мету збільшення площі природно-заповідного фонду України до 15%, тоді як фактичний показник становить близько 6,7% [7]. Це актуалізує необхідність посилення державної природоохоронної політики та впровадження ефективних механізмів екологічного відновлення.

Сучасні підходи до відновлення довкілля передбачають рекультивацію порушених земель, очищення територій від забруднень, відновлення природних середовищ існування, а також застосування геоінформаційних систем і технологій дистанційного зондування Землі для здійснення екологічного моніторингу.

Отже, війна в Україні є потужним чинником деградації біорізноманіття та природно-заповідного фонду. Її наслідки мають масштабний і довготривалий характер, що зумовлює необхідність комплексного підходу до відновлення екосистем та забезпечення екологічної безпеки держави у повоєнний період.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. United Nations Environment Programme. *Environmental impacts of the war in Ukraine* [Електронний ресурс]. – 2022–2024. – Режим доступу: <https://www.unep.org> (дата звернення: 20.05.2026).
2. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. *Стан довкілля в умовах війни* [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua> (дата звернення: 20.05.2026).
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Biodiversity in crisis regions* [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://www.fao.org> (дата звернення: 20.05.2026).
4. Consequences of the ongoing war in Ukraine on the environment [Електронний ресурс] // ResearchGate. – 2023. – Режим доступу: <https://www.researchgate.net> (дата звернення: 20.05.2026).
5. Impact of military operations on biodiversity in Ukraine [Електронний ресурс] // Чернігівський національний університет імені П. Могили. – 2023. – Режим доступу: <https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/3248> (дата звернення: 20.05.2026).
6. Заповідники в окупації: екологічні наслідки війни [Електронний ресурс] // UAnimals. – 2023. – Режим доступу: <https://uanimals.org/media/rozsliduvannya/zapovidnyky-v-okupatsii/> (дата звернення: 20.05.2026).
7. World Wide Fund for Nature (WWF). *The impact of war on protected areas in Ukraine* [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://www.wwf.mg> (дата звернення: 20.05.2026).
8. Пацева І. Г., Курбет Т. В. Сучасні проблеми екології : матеріали наукової конференції. – Житомир, 2022. – 156 с.

УДК 504.03:551.58:355.01

КЛІМАТИЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ: ЛОКАЛЬНИЙ ТА ГЛОБАЛЬНИЙ АСПЕКТИ

В. В. Черневич, старша викладачка кафедри біології, здоров'я людини та фізичної реабілітації, Бердянський державний педагогічний університет

Сучасні військові конфлікти є не лише гуманітарною та економічною проблемою, а й потужним чинником негативного впливу на кліматичну систему планети. Повномасштабна війна Росії проти України спричинила масштабні екологічні руйнування, що мають як локальні, так і глобальні кліматичні наслідки.

На локальному рівні війна призводить до суттєвих змін природних екосистем та погіршення стану довкілля. Внаслідок бойових дій відбувається забруднення атмосферного повітря продуктами горіння, вибуховими речовинами та токсичними сполуками. Масштабні пожежі в лісах, степах і на промислових об'єктах супроводжуються значними викидами вуглекислого газу та дрібнодисперсних частинок, що негативно впливають на клімат і здоров'я населення [1].

Серйозною проблемою є деградація ґрунтів через забруднення важкими металами, залишками боєприпасів, паливно-мастильними матеріалами та хімічними речовинами. Це призводить до зниження родючості земель, порушення природних біогеохімічних процесів і ризиків для сільського господарства [2].

Значної шкоди зазнають водні ресурси. Руйнування гідротехнічних споруд, забруднення річок та підземних вод токсичними речовинами спричиняє порушення водного балансу цілих регіонів. Прикладом масштабного локального впливу стало руйнування Каховської ГЕС, яке призвело до затоплення територій, втрати біорізноманіття та зміни мікрокліматичних умов південних областей України.

Війна також посилює ризики кліматичних змін на регіональному рівні через знищення лісових масивів та природних екосистем, які виконують функцію поглинання вуглецю. Скорочення площ зелених насаджень знижує здатність територій адаптуватися до посух, екстремальної спеки та інших проявів глобального потепління.

Війна в Україні має не лише регіональні, а й масштабні глобальні кліматичні наслідки. Адже через значні викиди парникових газів унаслідок використання військової техніки, пожеж, руйнування промислових об'єктів та подальшої відбудови інфраструктури посилюється процес глобального потепління.

За даними спільного дослідження Міністерства захисту довкілля України та міжнародних кліматичних організацій, війна вже спричинила або опосередковано викличе викид близько 175 млн тонн CO₂. Такий обсяг співставний із річними викидами цілих європейських держав. Основними джерелами викидів є спалювання пального військовою технікою, пожежі лісів і полів, руйнування нафтових та газових об'єктів, а також виробництво цементу і сталі для оборонних споруд та відбудови зруйнованої інфраструктури [3].

Глобальний кліматичний вплив війни проявляється також через посилення мілітаризації у світі. Зростання військових витрат та активізація оборонної промисловості супроводжуються додатковими енергетичними витратами й збільшенням споживання викопного палива. У наукових дослідженнях зазначається, що війна в Україні стала одним із чинників уповільнення глобального переходу до низьковуглецевої економіки.

Ще одним глобальним наслідком є зміна енергетичної політики багатьох держав. Через енергетичну кризу деякі країни були змушені тимчасово збільшити використання вугілля та природного газу, що негативно позначилося на світових показниках декарбонізації [1].

Війна суттєво трансформує взаємодію між суспільством і природним середовищем, формуючи нові екологічні та

кліматичні загрози. Наслідки бойових дій виходять за межі безпосередньо постраждалих територій і впливають на глобальні процеси зміни клімату, енергетичної безпеки та міжнародної екологічної політики. Сучасні воєнні конфлікти демонструють, що питання кліматичної стабільності нерозривно пов'язане з питаннями миру та міжнародної безпеки.

Для України однією з ключових проблем стане не лише ліквідація екологічних збитків, а й формування нової моделі розвитку, здатної поєднати економічне відновлення та екологічну стійкість. У зв'язку з цим особливого значення набуває необхідність інтеграції кліматичних принципів у державну політику післявоєнної реконструкції. Важливими напрямками мають стати декарбонізація промисловості, збільшення частки відновлюваних джерел енергії, модернізація транспортної системи та впровадження ресурсозберігаючих технологій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойченко С.Г. Метеорологічні та кліматичні наслідки воєнних дій в Україні // *Вісник НАН України*. 2024. <https://doi.org/10.15407/visn2024.01.083>
2. Шевченко, О., Пронь, О., & Чеботарьова, І. (2024). ВПЛИВ ПОВНОМАСШТАБНИХ БОЙОВИХ ДІЙ НА СТІЙКІСТЬ ТЕРИТОРІЙ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН. *Економіка та суспільство*, (67). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-106>
3. Study details huge emissions resulting from Russia's invasion of Ukraine // Reuters. 2024. URL: Reuters (дата звернення: 21.05.2026)

УДК 664

БІОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА І ЇХ ВПЛИВ НА ЯКІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

*В. Т. Лаврінець, студентка, А. А. Тарабенко, студентка,
Національний університет «Чернігівська політехніка»*

Завжди зерно було і є основною сировиною для виробництва борошна та хлібобулочних виробів, тому його якість безпосередньо впливає як на технологічні властивості тіста, так і на готову продукцію. У сучасних умовах зерно часто зберігають протягом кількох місяців або навіть років, це пов'язано з тим, що необхідна безперервність роботи підприємства, формування стратегічних запасів, а також сезонністю збору врожаю. Під час зберігання у зерновій масі відбуваються різні процеси, а саме: фізико-хімічні, мікробіологічні та біохімічні зміни, які своєю чергою можуть погіршувати якість борошна. Особливо важливими факторами є підвищена вологість, температура та недостатня вентиляція зерносховищ, які сприяють розвитку мікроорганізмів, самозігріванню зерна, окисненню жирів та руйнуванню білкових речовин. Це негативно впливає на якість клейковини, газоутримувальну здатність тіста, об'єм хліба та його органолептичні показники.

Борошномельні і хлібопекарські властивості зерна при тривалому зберіганні, значною мірою залежить від його початкової якості, вологості та температурних умов. За оптимальних параметрів зберігання, а саме вологість 12-13 %, температура нижче 10 °С зерно пшениці здатне зберігати свої технологічні властивості протягом 7-10 років без погіршення якості. Під час зберігання у зерновій масі відбуваються процеси дихання, гідролізу жирів і вуглеводів, а також активізуються ферменти α - та β -амілази, що в свою чергу негативно впливає на клейковину та хлібопекарську силу борошна. При підвищеній вологості вище 14% і температурі вище 10 °С інтенсивність цих процесів значно зростає, це призводить до самозігрівання зерна,

розвиток плісняви та погіршення його технологічних показників. У результаті знижується натура зерна, погіршується якість тіста та зменшується об'єм готових хлібобулочних виробів.

Особливу увагу дослідники приділяють змінам білкового комплексу зерна під час тривалого зберігання. При порушенні режимів зберігання відбувається частковий гідроліз білків, унаслідок чого послаблюється структура клейковини та знижується газотримувальна здатність тіста [1]. Такі зміни негативно впливають на процес бродіння та формування структури м'якушки хліба.

Крім білкових змін, під час тривалого зберігання зерна важливу роль відіграє окиснення жирів. У складі зерна містяться жири, фосфатиди та каротиноїди, які впливають на харчову цінність та якість борошна. Жири зерна містять значну кількість насичених жирних кислот, які легко окиснюються під дією кисню повітря. Особливо активно ці процеси проходять при підвищеній вологості, температури та недостатній вентиляції зерносковищ. У результаті окиснені жири прогіркають, через що борошно може набувати неприємного запаху і смаку.

Крім того, руйнуються каротиноїди, це речовини які надають борошну природного кремового або жовтуватого відтінку, тому борошно і тісто можуть світлішати. Найбільше жирів міститься у зародку зерна, тому саме ця частина найбільш схильна до псування під час зберігання. Таким чином, процеси окиснення ліпідів негативного впливають на якість борошна та органолептичні показники готових хлібобулочних виробів [2].

Значну небезпеку під час зберігання зерна становить розвиток пліснявих грибів та інших мікроорганізмів. За підвищеної вологості й температури у зерновій масі активно розвиваються такі хвороби, як фузаріоз, септоріоз, альтернаріоз та оливкова пліснява. Вони не лише знижують урожайність зернових культур, а й суттєво погіршують якість зерна та продуктів його переробки.

Особливо небезпечним є фузаріоз колосу, оскільки гриб утворює мікотоксини, які роблять зерно та борошно непридатними для споживання людиною. Уражене зерно стає щуплим, має нижчу схожість та гірші технологічні властивості.

Крім того, розвиток плісняви сприяє появі стороннього запаху, потемнінню зерна та погіршенню хлібопекарських показників борошна. При використанні такого борошна хлібобулочні вироби можуть мати менший об'єм, щільний м'якуш, нерівномірну пористість та неприємний присмак або запах. Також погіршується зовнішній вигляд виробів і зменшується термін їх придатності [4].

У літературних джерелах також відзначається вплив тривалого зберігання зерна на органолептичні показники хліба. При використанні борошна із зерна, яке зберігалось у несприятливих умовах, хліб має менший питомий об'єм, нерівномірну пористість, щільний м'якуш та менш виражений аромат. У деяких випадках можливе виникнення стороннього запаху і присмаку, пов'язаного з окисненням жирів та розвитком мікроорганізмів. А також погіршується колір м'якуша, він може стати темнішим або, навпаки, надмірно блідим через зміни пігментів зерна під час зберігання.

Порушення оптимальних умов зберігання зерна призводить не лише до погіршення його якості, а й до значних економічних втрат. Адже унаслідок самозігрівання, розвитку мікроорганізмів, підвищення вологості та ураження шкідниками зменшується маса зерна, знижується вихід борошна та погіршується його властивості. У свою чергу, це призводить до збільшення витрат на очищення, сушіння та додаткову обробку зерна. Водночас, погіршення хлібопекарських властивостей борошна спричиняє зниження якості готових виробів, а це в свою чергу негативно впливає економічну ефективність підприємства [3].

Важливим напрямком сучасних досліджень є вдосконалення способів зберігання зерна для мінімізації втрат його якості. За даними науковців, ефективним є використання вентилявання, охолодження зернової маси та герметичного зберігання. Такі методи дозволяють знизити інтенсивність дихання зерна, пригальмувати розвиток мікроорганізмів та стабілізувати вологість. Особливо перспективним є застосування автоматизованих систем контролю температури та вологості у зерносховищах, що забезпечує постійний

моніторинг стану та дозволяє своєчасно запобігати процесам самозігрівання. Сучасні зерносховища також оснащуються цифровими датчиками контролю мікроклімату, системами активного вентилявання та охолодження. Перспективним напрямком є використання герметичних технологій зберігання та застосовування інертних газів, які дозволяють обмежити розвиток шкідливої мікрофлори та зберегти технологічні й харчові властивості зерна протягом тривалого часу.

Отже, в умовах війни проблема збереження якості зерна набуває особливого значення, оскільки порушення логістики, нестабільне енергозабезпечення та обмежені можливості контролю зерносховищ підвищують ризик розвитку небезпечної мікрофлори та накопичення мікотоксинів. а саме від стану сировини залежить стабільність технологічного процесу, якість хлібобулочних виробів та конкурентоспроможність готової продукції.

Саме тому впровадження сучасних систем контролю температури, вологості та мікробіологічного стану зернової маси є важливою умовою забезпечення продовольчої безпеки та стабільної якості харчової продукції в умовах воєнних викликів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білкові речовини зерна. URL: <https://studfile.net/preview/5063335/page:4/> (дата звернення 11.05.2026).
2. Ліпіди зерна. URL: <https://studfile.net/preview/5063335/page:7/> (дата звернення 11.05.2026).
3. Хвороби колосу зернових колосових культур. URL: <https://petrovirivska-gromada.gov.ua/news/1748245068/> (дата звернення 11.05.2026).
4. Подпрятков Г.І., Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. – К. : Аграрна освіта, 2014. – 393 с.

УДК 614.841.42/.49

ПОЖЕЖІ НА ПОЛЯХ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЯК ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

В. В. Коваль, *ад'юнкт,*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Пожежі на полях зернових культур призводять до значних розмірів збитків та знищення значної кількості продовольства. Основним чинником таких пожеж є антропогенний. На початку повномасштабного вторгнення окупаційних військ ворога, внаслідок навмисних обстрілів ворога, виникали значні пожежі полів зернових культур. Очевидно, що такі дії були умисно вчинені, щоб знизити продовольчу безпеку України.

У даний час вивчення тактики локалізації та ліквідації пожеж на полях зернових культур є надзвичайно актуальним для пожежно-рятувальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій [3, 11]. Актуальність даної проблеми зумовлена збільшенням кількості пожеж у природних екосистемах та аграрному секторі, особливо у весняно-літній період, коли під впливом високих температур повітря, тривалих посушливих умов та сильного вітру створюються сприятливі умови для швидкого поширення вогню. Пожежі на полях зернових культур характеризуються високою інтенсивністю горіння, значною площею поширення та складністю оперативного реагування, що створює суттєву загрозу для населення, сільськогосподарських угідь, техніки та довкілля.

Враховуючи наявність великої кількості сухого горючого матеріалу на полях зернових культур, зокрема соломи, стерні та сухостою, швидкість поширення полум'я може досягати значних показників, особливо за умов сильного вітру та низької вологості повітря [1, 2]. У таких умовах навіть незначне джерело запалювання, наприклад іскра від сільськогосподарської техніки, необережне поводження з вогнем або навмисний підпал, може

привести до масштабної пожежі. Особливу небезпеку становлять пожежі під час періоду дозрівання зернових культур, коли рослинна маса характеризується низьким вмістом вологи та високою горючістю.

Ліквідація пожеж полів зернових культур є складним і тривалим процесом, який потребує чіткої координації дій між пожежно-рятувальними підрозділами, місцевими органами влади, аграрними підприємствами та власниками земельних ділянок. Основними тактичними заходами під час гасіння таких пожеж є оперативне визначення напрямку поширення вогню, створення мінералізованих смуг, використання сільськогосподарської техніки для обмеження фронту пожежі, а також застосування пожежних автомобілів і спеціалізованого обладнання для подачі води та вогнегасних речовин [4, 7, 10]. У низці випадків для локалізації пожеж використовують зустрічний відпал, що дозволяє зменшити площу поширення полум'я та запобігти переходу вогню на сусідні території або лісові масиви.

Складність гасіння пожеж зернових культур також пов'язана з обмеженим доступом пожежної техніки до осередків займання, особливо на великих площах або в умовах складного рельєфу місцевості. Крім того, висока температура в зоні горіння, значне задимлення та наявність продуктів неповного згоряння створюють небезпечні умови для особового складу пожежно-рятувальних підрозділів [8, 9]. У зв'язку з цим особливого значення набуває дотримання правил безпеки праці під час проведення робіт з локалізації та ліквідації пожеж [5, 6].

Під час виконання оперативних дій рятувальники повинні використовувати спеціальний захисний одяг, каски, рукавиці, взуття з термостійких матеріалів, а також засоби індивідуального захисту органів дихання та зору. Використання засобів захисту дозволяє зменшити негативний вплив високих температур, диму, токсичних продуктів горіння та теплового випромінювання на організм людини. Важливим елементом безпечного проведення робіт є постійний контроль

за фізичним станом особового складу, організація резерву сил і засобів, забезпечення безперервного зв'язку та дотримання вимог охорони праці.

Таким чином, удосконалення тактики локалізації та ліквідації пожеж на полях зернових культур, розроблення ефективних способів гасіння та забезпечення належного рівня безпеки працівників пожежно-рятувальних підрозділів є важливими напрямками підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації в аграрному секторі України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Karabyn, O., Smotr, O., Kuzyk, A., Malets, I., Karabyn, V. (2023). Mathematical and Computer Model of the Tree Crown Ignition Process from a Mobile Grassroots Fire. In: Babichev, S., Lytvynenko, V. (eds) *Lecture Notes in Data Engineering, Computational Intelligence, and Decision Making. ISDMCI 2022. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 149. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9_9.

2. Kuzyk, A. D., & Tovarianskyi, V. I. (2022). Дослідження пожеж зернових культур з використанням комп'ютерного моделювання. *Пожежна безпека*, 41, 67-72.

3. Malets, I., Popovych, V., Prydatko, O., & Dominik, A. (2018, August). Interactive computer simulators in rescuer training and research of their optimal use indicator. In *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)* (pp. 558-562). IEEE.

4. Renkas, A., Popovych, V., & Rudenko, D. (2022). Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*, 78, 1-98. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ere.m.78.1.25581>.

5. Voron, V. P., Kuzyk, A. D., Ivashyniuta, S. V., & Tsipan, Y. R. (2024). Лісотипологічне оцінювання природної пожежної

небезпеки лісів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, (27), 76-84. <https://doi.org/10.15421/412415>.

6. Пацева, І., Барабаш, О., Мельник-Шамрай, В., & Пацева, І. (2023). Екологічна оцінка впливу пожеж у природних екосистемах на стан екологічної безпеки Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 59–65, <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-8>

7. Попович, В. В. (2012). Особливості використання транспортних засобів під час транспортування, сортування, утилізації та фітомеліорації твердих побутових відходів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(10), 90-96.

8. Попович, В. В., & Кучерявий, В. П. (2012). Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека*, 20, 60-66.

9. Попович, В. В., & Кучерявий, В. П. (2012). Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, 1, 162-166.

10. Сукач Р. Ю., Ковалишин В. В., Кирилів Я. Б. (2024). Застосування загороджувальних смуг для локалізації та гасіння пожеж у природних екосистемах, зокрема що зазнали впливу воєнних дій. *Зб. тез доп. Круглого столу “Лісові пожежі в умовах війни”*, м. Львів 2024 р., 26-31. <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/13939>

11. Товаряньський, В. І., & Ренкас, А. А. (2024). Аспекти прикордонної взаємодії пожежно-рятувальних підрозділів України та країн Європейського Союзу під час ліквідації пожеж в природних екосистемах. *Пожежна безпека*, 44, 62-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.44.2024.07>.

УДК 551.578.4:551.582

ЗРОСТАННЯ ЧАСТОТИ МАЛОСНІЖНИХ ЗИМ У ВЕРХІВ'І ДНІСТРА ЯК ІНДИКАТОР КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

В. А. Салига, аспірант,

Л. Б. Архипова, д-р техн. наук, проф.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Зміна клімату супроводжується трансформацією режиму атмосферних опадів, що є одним із ключових екологічних ризиків в умовах сьогодення. Для гірських водозбірних басейнів особливого значення набуває зміна фазового стану зимових опадів: зменшення частки снігу призводить до порушення режиму накопичення снігового покриву, зміни весняного паводкового режиму та скорочення запасів прісної води – ресурсу критичної важливості як у мирний, так і у воєнний час. Сніговий покрив виконує роль природного «резервуара»: акумулює опади впродовж зими та поступово вивільняє їх під час весняного танення, забезпечуючи стабільний річковий стік у посушливий літній сезон. Басейн Верхнього Дністра, що охоплює передгірну та гірську частини Івано-Франківської області, є важливим джерелом водопостачання та чутливим індикатором кліматичних змін у Карпатському регіоні.

Мета роботи – виявити та охарактеризувати тенденцію до зростання частоти аномальних зим з низькою часткою снігових опадів у верхів'ї басейну Дністра за даними реаналізу ERA5-Land за 1975–2025 рр.

Дослідження виконано на основі даних реаналізу ERA5-Land (ECMWF/ERA5\LAND\MONTHLY_AGGR) [1] з просторовою роздільною здатністю ~11 км за 51-річний період (1975–2025 рр.). Для аналізу використано місячні суми загальних опадів та снігопадів у межах верхньої частини басейну Дністра (Івано-Франківська область). Обчислення виконано через платформу Google Earth Engine [2] з

використанням мови програмування Python та інструменту хее для інтеграції з бібліотекою хатгау. Зимовий сезон визначено за схемою DJF (грудень–лютий), де грудень відноситься до наступного календарного року. Зимова частка снігу розрахована як відношення суми снігопадів до суми загальних опадів за сезон. Для оцінювання монотонних тенденцій застосовано непараметричний тест Манна-Кендалла з нахилом за методом Сена [3].

Довгострокова норма зимової частки снігових опадів у верхів'ї Дністра за 1975–2025 рр. становить 66,6%. За 51-річний період спостережень виявлено 8 зим з аномально низькою часткою снігу (менше 50%), які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Зими з аномально низькою часткою снігових опадів

Зима, рік	Частка снігу, %	Температура, °C
1977	47,2	–2,2
1990	47,7	+0,5
1998	41,8	–0,9
2014	44,6	–1,0
2016	44,2	+0,2
2020	48,7	+0,5
2023	39,0	+0,1
2024	45,5	+0,8

Ключовою тенденцією є виразна концентрація аномальних зим у сучасний період: 5 із 8 випадків (62,5%) зафіксовано у 2014–2024 рр., тоді як за попередні 39 років

(1975–2013) таких зим нараховувалося лише 3. Розподіл за десятиліттями підкреслює прискорення: у 1975–2009 рр. виявлено 3 аномальні зими, тоді як лише за 2010–2025 рр. – вже 5. Зима 2023 р. встановила абсолютний мінімум за весь 51-річний ряд спостережень – лише 39,0% опадів випало у твердому вигляді при середній температурі $+0,1^{\circ}\text{C}$.

Аналіз двох рівних підперіодів підтверджує системний характер трансформації: середня зимова частка снігу знизилася з 70,5% у 1975–1999 рр. до 62,9% у 2000–2025 рр. (зниження на 7,6 відсоткових пунктів, або $-10,8\%$). В останнє п'ятиріччя (2020–2024) середня частка становила 53,5%, що на 13,1 відсоткових пунктів нижче довгострокової норми.

Виявлена тенденція узгоджується зі значущим потеплінням зимового сезону: за тестом Манна-Кендалла температура DJF зростає на $+0,63^{\circ}\text{C}/\text{десятиліття}$ ($\tau = 0,29$; $p = 0,003$). Прискорення частоти аномальних зим в умовах тривалого потепління відповідає загальноєвропейській тенденції до зростання рідких зимових опадів у гірських регіонах [4, 5]. Зменшення частки снігу безпосередньо впливає на водозабезпечення регіону: снігові ресурси є природним «резервуаром», що забезпечує стабільний річковий стік у теплий сезон.

Висновки. 1. За даними ERA5-Land за 1975–2025 рр. виявлено значущу тенденцію до трансформації зимових опадів у верхів'ї Дністра: середня частка снігових опадів взимку скоротилася з 70,5% (1975–1999 рр.) до 62,9% (2000–2025 рр.). 2. Встановлено зростання частоти аномальних зим із часткою снігу нижче 50%: 5 із 8 зафіксованих випадків припадають на останнє десятиліття (2014–2024). 3. Абсолютний мінімум частки снігових опадів за весь 51-річний ряд встановлено для зими 2023 р. — 39,0%. 4. Виявлені зміни зумовлені значущим потеплінням зимового сезону ($+0,63^{\circ}\text{C}/\text{десятиліття}$; $p = 0,003$) і є проявом кліматичної трансформації водного режиму Карпатського регіону, що несе екологічні загрози для водопостачання та природних екосистем. 5. Отримані

результати можуть слугувати науковою основою для адаптації систем водогосподарського планування Карпатського регіону до нових кліматичних умов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Muñoz-Sabater J., Dutra E., Agustí-Panareda A. et al. ERA5-Land: a state-of-the-art global reanalysis dataset for land applications. *Earth System Science Data*. 2021. Vol. 13, No 9. P. 4349–4383. DOI: <https://doi.org/10.5194/essd-13-4349-2021>
2. Gorelick N., Hancher M., Dixon M. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*. 2017. Vol. 202. P. 18–27. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
3. Hussain M., Mahmud I. pyMannKendall: a python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software*. 2019. Vol. 4, No 39. P. 1556. DOI: <https://doi.org/10.21105/joss.01556>
4. Blahušíaková A., Matoušková M., Jenicek M. et al. Snow and climate trends and their impact on seasonal runoff and hydrological drought types in selected mountain catchments in Central Europe. *Hydrological Sciences Journal*. 2020. Vol. 65, No 12. P. 2083–2096. DOI: <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1784900>
5. Ombadi M. et al. A warming-induced reduction in snow fraction amplifies rainfall extremes. *Nature*. 2023. Vol. 619, No 7969. P. 305–310. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06092-7>

УДК: 628.16:537.84

РОЗРОБЛЕННЯ МАГНІТО-МОДИФІКОВАНОЇ ІОНООБМІННОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ВОДИ

Д. Є. Ковтун

Національний університет цивільного захисту України

Використання іонного обміну при демінералізації природних вод є найбільш ефективним та економічно доцільним. Необхідність регенерації іонообмінних матеріалів, не достатня ефективність видалення забруднюючих елементів із води, викликають додаткове навантаження на оточуюче середовище. Територія України регулярно піддається впливу значного забруднення, через агресію росії проти України. Як зазначається в дослідженнях такі області, як Харківська та Миколаївська стикаються із значним забрудненням водних об'єктів та не достатньою кількістю придатної для споживання води за рахунок руйнування логістичних шляхів доставки та систем водопостачання [1,2]. Здобувають поширення використання магнітного іонного обміну. Суть полягає у використанні іонообмінних смол модифікований частинками магнетиту. За рахунок використання магнітно підсиленої аніонообмінної смола та звичайної катіонообмінної смоли, обробка підземних вод досягла підвищення рівня видалення розчиненого вуглецю та іонів жорсткості [3]. Як зазначається в роботі [4], використання магнітного поля у системах водопідготовки є актуальним методом для підвищення рівня екологізації процесу очищення води.

Мета роботи. Підвищення рівня екологічної безпеки процесів демінералізації природних вод у системах водопідготовки шляхом інтенсифікації іонообмінних процесів під впливом магнітного поля. Розроблення модифікованої

магнітним полем іонообмінної установки для дослідження впливу магнітного поля на процеси іонного обміну.

Матеріали і методи. В межах проведення дослідження було використано науково-технічну та довідникову літературу. Розроблена іонообмінна установка, обладнана магнітною котушкою, з елементами електронного керування та контролювання. Для виконання роботи використано метод аналізу та узагальнення літератури, метод інженерного моделювання та конструювання.

Виклад основного матеріалу. Вплив магнітного поля зумовлений не окремим механізмом, а сукупною дією електромагнітно-індукованих змін у прикордонній області, дегідратації оболонок іонів, перерозподілу іонів, у приповерхневій зоні та мікрогідродинамічних збурень у пористому середовищі.

Таким чином, інтенсифікація масопереносу має багатofакторну природу і не може бути інтерпретована як наслідок одного домінуючого механізму, а є результатом їх взаємного накладання в умовах дії магнітного поля. Відповідно до завдання роботи, спрямованого на підвищення рівня екологічної безпеки процесу демінералізації природних вод у системах водопідготовки, обрано напрям інтенсифікації процесів іонного обміну.

З цією метою запропоновано метод інтенсифікації із застосуванням магнітного поля, яке впливає як на іонообмінні матеріали, так і на воду, що підлягає очищенню. Розроблено експериментальну лабораторну установку для дослідження магніто-модифікованого іонного обміну.

Схему технологічної установки, що реалізує запропонований підхід, наведено на рис.1.

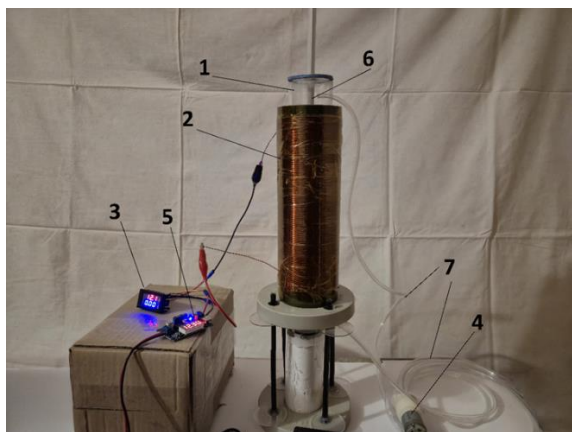


Рисунок 1 – Магніто-модифікована іонообмінна лабораторна установка

Опис рисунка 3.2: 1 – акрилова колона; 2 – обмотка котушки; 3 – цифровий вольтметр; 4 – водяний насос, 5 – модуль XL4015; 6 – металевий сердечник; 7 – ПВХ-трубки для подачі та відведення розчинів: $\varnothing$ 5 мм та $\varnothing$ 8 мм

У результаті розрахунків визначено максимальну потужність магнітної котушки $P = 4,8W$ при силі струму $I = 2 A$ та встановлено величину індукції магнітного поля $B = 2,01 \cdot 10^{-3} T$.

Для проведення дослідження обрано центрально-композиційний план експерименту (ЦКП). Оскільки в нашому дослідженні враховуються 2 фактори: концентрація іонів та напруженості магнітного поля визначений план є одним із найбільш поширених і теоретично обґрунтованих методів [4].

Висновки. Обґрунтовано доцільність використання магнітного поля для інтенсифікації процесів іонного обміну під час демінералізації природних вод. Розроблено експериментальну магніто-модифіковану іонообмінну лабораторну установку для дослідження впливу магнітного поля на ефективність процесів водопідготовки. У результаті розрахунків визначено основні параметри магнітної системи

установки. Сформовано та реалізовано план експерименту відповідно до центрального композиційного планування (ЦКП), що забезпечує можливість оцінювання лінійних, квадратичних і взаємодіючих ефектів факторів у регресійній моделі другого порядку, а також визначення величини чистої похибки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Shumilova, O., Tockner, K., Sukhodolov, A., et al. (2023). *Impact of the Russia–Ukraine armed conflict on water resources and water infrastructure. Nature Sustainability*, 6, 578–586. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x> [in English].
2. Noorali, H., Zaki, Y., Campana, M., et al. (2025). *Hydropolitics of Russian-Ukrainian war: Analyzing water governance conflicts in the Dnieper River basin through remote sensing techniques. GeoJournal*, 90, 115. <https://doi.org/10.1007/s10708-025-11338-0> [in English].
3. Comstock, S. E. H., & Boyer, T. H. (2014). *Combined magnetic ion exchange and cation exchange for removal of DOC and hardness. Chemical Engineering Journal*, 241, 366–375. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.10.073> [in English].
4. Kvietnyi, R. N., Bohach, I. V., Boiko, O. R., Sofyna, O. Yu., & Shushura, O. M. (n.d.). *Kompiuterne modeliuвання system ta protsesiv* [Computer modeling of systems and processes]. Vinnytsia National Technical University. https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fksa/2kvetnyj_komp%27yutern_e_modelyuvannya_system_procesiv/t2/514..htm [in Ukrainian].

УДК: 616.15-053.2:504.05:355.01

ЕКОЛОГІЧНІ ТА ТОКСИКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ ЯК ТРИГЕРИ ПОРУШЕНЬ СИСТЕМИ КРОВОТВОРЕННЯ У ДІТЕЙ: ОГЛЯД ПРЕДИКАТІВ

*І. В. Бабік, к.мед.н., доцент кафедри педіатрії
та медичної генетики,
ДНТ «Львівський національний медичний університет
імені Данила Галицького»*

Вступ. Сучасні воєнні дії на території України супроводжуються безпрецедентним за масштабами та тривалістю екологічною і хімічною шкодою на біосферу. Масові детонації ракет і снарядів, пожежі на об'єктах критичної та хімічної промисловості, а також накопичення військового брухту призводять до катастрофічного забруднення ґрунтів і водоносних горизонтів ксенобіотиками та важкими металами. Серед них найбільшу загрозу становлять свинець, кадмій, миш'як та сполуки збідненого урану [1].

Дитяча популяція є найбільш уразливою екологічною мішенню. Через анатомо-фізіологічні особливості дитячого організму - такі як висока проліферативна активність тканин, інтенсивний основний обмін, підвищена проникність гематопаренхіматозних бар'єрів та незавершеність процесів мієлінізації - токсичний вплив проявляється значно швидше та агресивніше, ніж у дорослих [2]. У цьому контексті система гемопоезу та лімфоїдної тканини виступає одним із перших маркерів декомпенсації організму під дією хронічного екотоксикозу.

Мета дослідження. Систематизувати та проаналізувати сучасні науково-клінічні дані щодо патогенетичного впливу воєнних екологічних чинників (важких металів та хімічних агентів) на розвиток анемічних синдромів і ризику малігнізації гемопоетичної тканини у дітей різних вікових груп.

Матеріали та методи. Проведено бібліосемантичний аналіз та системний контент-аналіз наукових публікацій, реферованих у міжнародних базах даних PubMed, Scopus та Google Scholar за останні роки, присвячених військово-екологічній токсикології, педіатрії та дитячій онкогематології.

Результати та їх обговорення. На основі аналізу встановлено, що провідним тригером незлоякісних цитопеній у дітей, які проживають у зонах бойових дій або на деокупованих територіях, є прихована хронічна інтоксикація важкими металами. Свинець (Pb) та кадмій (Cd), потрапляючи в організм дитини інгаляційним чи аліментарним шляхом (через забруднену воду та локальні продукти харчування), мають доведений прямий інгібуючий вплив на порфіриновий обмін. Зокрема, вони блокують сульфгідрильні групи ферментів дегідратази δ -амінолевулінової кислоти та ферохелатази [3]. Наслідком цього є глибоке порушення процесу вбудовування заліза в молекулу протопорфірину.

Клінічно така патологія маніфестує як сидероахрестична (залізонасичена) або змішана залізодефіцитна анемія. Особливістю таких воєнно-токсичних анемій є їхній рефрактерний характер: вони вкрай важко піддаються стандартній пероральній феротерапії, доки не припиниться дія токсичного екологічного чинника [4]. При дослідженні гемограми у таких пацієнтів відзначається стійка гіпохромія, мікроцитоз, зниження середнього вмісту гемоглобіну в еритроциті (MCH) та його середньої концентрації (MCHC), що супроводжується базофільною пунктуацією еритроцитів та неадекватно низьким рівнем ретикулоцитозу.

Не менш загрозливим є онкогематологічний аспект воєнного забруднення довкілля. Продукти горіння нафтопродуктів, порохові гази та компоненти ракетного палива містять високі концентрації бензолу, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) та діоксинів, що мають підтверджений Міжнародним агентством з вивчення раку (IARC) канцерогенний статус [5]. Хронічна експозиція цих речовин

викликає супресію кістковомозкового кровотворення через активацію процесів вільнорадикального окиснення та апоптозу.

На молекулярно-генетичному рівні ксенобіотики ініціюють хромосомні аберації, точкові мутації та епігенетичні зміни у поліпотентних стовбурових клітинах гемопоєзу [2]. За умов тривалого дистресу, спричиненого війною, та вторинного імунodefіциту, викликаного руйнуванням систем життєзабезпечення, механізми Т-клітинного імунного нагляду за пухлинними клонами виявляються неспроможними. Це створює патогенетичне підґрунтя для клональної проліферації малігнізованих клітин у кістковому мозку та лімфатичних вузлах, суттєво підвищуючи ризики маніфестації гострого лімфобластного лейкозу (ГЛЛ), гострого мієлобластного лейкозу (ГМЛ) та злоякісних лімфом (зокрема, лімфому Ходжкіна) у дитячій популяції протягом наступних років.

Додатково ситуація ускладнюється руйнуванням регіональної медичної інфраструктури, що унеможливорює вчасний скринінг. Ранні «червоні прапорці» (red flags) гемобластозів — такі як тривалий субфебрилітет, лімфаденопатія, осалгії, невмотивована слабкість чи геморагічний синдром — часто помилково трактуються як банальні вірусні інфекції або наслідки психоемоційного стресу. Це призводить до запізнілої діагностики вже на етапі розгорнутої клінічної картини (III–IV стадії хвороби), що різко погіршує прогноз та знижує ефективність сучасної протокольної терапії.

Висновки:

1. Екологічні чинники воєнного генезу (інтоксикація важкими металами, вплив ксенобіотиків) є потужними довготривалими предикатами розвитку патологій системи крові у дітей, ініціюючи як рефрактерні анемічні синдроми, так і процеси малігнізації гемопоєзу й лімфоїдної тканини.

2. Сучасна парадигма підготовки майбутніх педіатрів та лікарів загальної практики — сімейної медицини (спеціальності І2 та І3) потребує обов'язкового впровадження алгоритмів ретельного збору екологічного анамнезу дитини та

підвищеної онкологічної настороженості на первинній ланці охорони здоров'я.

3. Мінімізація показників дитячої інвалідизації та смертності в умовах тривалого воєнного конфлікту вимагає розробки та впровадження програм довгострокового лабораторного моніторингу еритроцитарних індексів, кінетики заліза, показників ретикулоцитозу та стану периферійних лімфатичних вузлів у дітей із деокупованих та прифронтових територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Екологічні наслідки військової агресії: виклики для здоров'я населення та довкілля України / за ред. О. К. Толстопятова. Київ : Медкнига, 2024. 182 с.

2. Охорона здоров'я дитячого населення в умовах надзвичайних ситуацій та воєнного стану : навч. посіб. / за ред. проф. Л. В. Дубея. Львів : Кварта, 2025. 214 с.

3. Свинець-індуковані анемії у дітей: особливості патогенезу та труднощі курації в сучасних реаліях / А. П. Ковальчук та ін. *Український журнал педіатрії, акушерства та гінекології*. 2023. Т. 12, № 3. С. 45–51.

4. Токсикологічні ризики воєнних дій: довгостроковий вплив ксенобіотиків на систему гемопоезу / М. В. Черниш, О. О. Бойко. *Довкілля та здоров'я*. 2024. № 2 (111). С. 18–25.

5. Cancer risks associated with environmental exposure to military-related toxic agents: a systematic review / R. Green et al. *The Lancet Oncology*. 2025. Vol. 26, No. 4. P. 312–321.

УДК 504.4.054:556.3

ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧКИ ЗАХІДНИЙ БУГ В МЕЖАХ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ОРГАНІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

І. М. Кочмар, викладач кафедри екологічної безпеки

Н. О. Козак, здобувач

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Річка Західний Буг є однією з найбільших транскордонних річок Східної Європи та належить до басейну Вісли. Основними суб'єктами водогосподарського комплексу басейну Західного Бугу є підприємства хімічної, гірничодобувної, енергетичної, машинобудівної, автотранспортної, житлово-комунальної, агропромислової та рибогосподарської галузей. Із 289 зареєстрованих водокористувачів басейну 45 здійснюють прямий скид стічних вод безпосередньо у річку Західний Буг та її притоки, тоді як решта відводять стічні води до міських каналізаційних систем. Неефективне функціонування міських очисних споруд зумовлює щорічне надходження до річки Західний Буг та її приток у середньому близько 50 млн м³ забруднених зворотних вод [1-2].

Дослідження та аналіз органічного забруднення річки Західний Буг є важливим з огляду на її транскордонний характер. Саме вміст органічних речовин у поверхневих водах є важливим чинником, що визначає особливості формування кисневого режиму водного об'єкта та впливає на функціонування водних екосистем. Рівень органічного забруднення доцільно характеризувати за такими показниками, як концентрація розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню (БСК) та хімічне споживання кисню (ХСК).

Вміст розчиненого кисню є важливим показником екологічного стану водних екосистем. Його вміст пов'язаний з інтенсивністю процесів самоочищення, зокрема розкладу

органічних забруднювачів за участі аеробних мікроорганізмів, фізико-хімічних перетворень і біологічного кругообігу речовин у водному середовищі. Зниження його концентрації може свідчити про надходження забруднювальних речовин, тоді як споживання кисню посилюється за підвищення температури води, чисельності мікрофлори та вмісту органічних домішок. Кисневий режим водного об'єкта також зазнає впливу антропогенних чинників, наслідки яких можуть бути оцінені опосередковано за значеннями БСК та ХСК [3].

БСК характеризує кількість розчиненого кисню, що споживається мікроорганізмами у процесі біохімічного окиснення органічних речовин. У практиці оцінювання якості води найчастіше використовують показник БСК₅, який відображає обсяг кисню, витраченого протягом 5 діб. Підвищені значення БСК₅ свідчать про зростання вмісту органічних забруднювачів у водному середовищі. ХСК характеризує кількість кисню, необхідну для хімічного окиснення органічних і частини неорганічних речовин, наявних у воді.

Середньорічні концентрації забруднюючих речовин у контрольних створах р. Західний Буг в межах Львівської області у 2020-2024 роках за даними водокористувачів, які скидають зворотні води у поверхневі водні об'єкти (мг/л) представлені на рис. 1 [4].

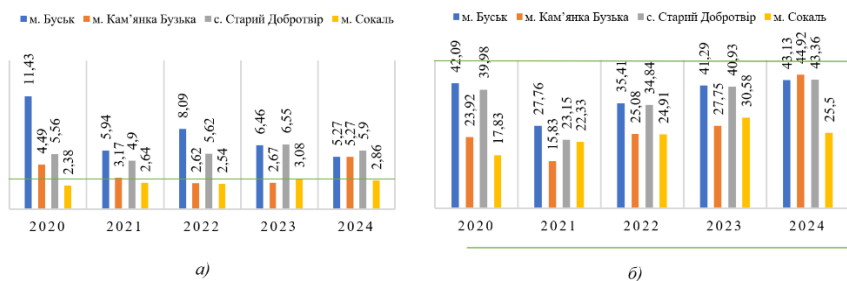
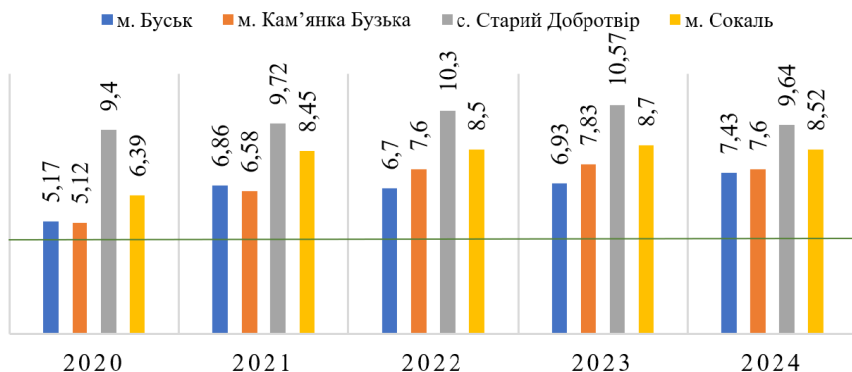


Рисунок 1 – Середньорічні значення показників якості води у контрольних створах р. Західний Буг у межах Львівської області за 2020-2024 рр., мг/л:
а) БСК₅; б) ХСК



в)

Продовження рисунка 1 – Середньорічні значення показників якості води у контрольних створах р. Західний Буг у межах Львівської області за 2020-2024 рр., мг/л:
в) розчинений кисень

Серед досліджуваних показників лише БСК₅ не відповідає встановленим нормативним вимогам [5-6] у більшості контрольних створів. Аналіз його значень за 2020-2024 рр. засвідчив просторову та часову неоднорідність органічного забруднення. У більшості створів зафіксовано перевищення нормативного значення БСК₅, що вказує на погіршення якості води.

Найвищий рівень забруднення виявлено у створі м. Буськ, де значення БСК₅ сягало 11,43 мг/л, та до 3,8 раза перевищувало ГДК (3 мг О₂/л). У створах с. Старий Добровір і м. Кам'янка-Бузька перевищення ГДК фіксувалися протягом більшості досліджуваного періоду. Максимальні значення становили відповідно 6,55 мг/л у 2023 р. та 5,27 мг/л у 2024 р. Найнижчі значення БСК₅ характерні для створу м. Сокаль, де показник переважно перебував у межах або близько до нормативного значення.

Проведений аналіз засвідчив, що серед досліджуваних показників органічного забруднення річки Західний Буг у межах Львівської області найбільш проблемним є БСК₅. Його значення у більшості контрольних створів перевищували

встановлені нормативи та свідчать про наявність стійкого органічного навантаження на водний об'єкт.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Джам О. А., Данилюк І. В. Динаміка стану якості поверхневих вод басейну р. Західний Буг. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2017. Вип. 21. С. 56-65.

2. Кузик А. Д., Бойчук Б. Я., Король К. А., Дирда Р. О. Вплив воєнних дій на якість води в річках України. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2024 . №30. С. 26-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.03>

3. Карабын В.В. Органическое загрязнение вод верхней части реки Западный Буг. *Вестник Брестского университета. Серия 5. Химия. Биология. Науки о Земле*. 2017. №2. С. 33-43.

4. Екологічний паспорт Львівської області 2020-2024 рр. Департамент екології та природних ресурсів Львівської обласної державної адміністрації : веб-сайт. URL: <https://deplv.gov.ua/ekologichnyj-pasport/> (дата звернення: 21.05.2026)

5. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства, щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК-5), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту): затв. наказом Мінагрополітики України від 30.07.2012 р. № 471. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1369-12#Text>

6. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 р. № 721. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22/ed20230222#Text>

УДК 504.61:355.01

ВІЙНА ПРОТИ УКРАЇНИ – ВІЙНА ПРОТИ ДОВКІЛЛЯ**К. О. Русенко***Національний університет цивільного захисту України***М. М. Пономаренко, студент***Національний університет цивільного захисту України*

На зараз неможливо повністю оцінити вплив війни на довкілля через брак точної інформації. Причин цьому дві. Насамперед, навіть збирати ці дані небезпечно для фахівців, оскільки тривають активні бойові дії. По-друге, не вся інформація може бути озвучена публічно з тактичною метою. Особливо негативний вплив на навколишнє середовище внаслідок бойових дій зазнали території Житомирської, Київської, Чернігівської, Сумської, Харківської, Луганської, Донецької, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей.

За законодавством України фіксації та оцінці підлягає будь-яка шкода, завдана довкіллю внаслідок повномасштабного вторгнення. При цьому, за масштабом це може бути шкода національного, регіонального або локального рівня.

Екологічна шкода від повномасштабного вторгнення може виникати:

а) через прямий вплив/атаки ворога на природні ресурси, що призвело до їх:

- пошкодження/знищення;
- забруднення/засмічення; самовільного

використання/вичерпання;

- необхідності відновлення та ін.

б) опосередковано, тобто внаслідок впливу/атаки ворога на об'єкти інфраструктури, як то:

- нафтобази, автозаправні станції;
- підприємства зі

зберігання/обробки/переробки/утилізації нафтопродуктів,

токсичних відходів, ракетного палива, інших хімічно небезпечних речовин;

- будівлі, мости;

- гідро-/атомні електростанції. [2, с.8-9]

Здійснювати документальну фіксацію та оцінку шкоди заподіяної довкіллю України від війни можна робити навіть через певний час після війни, відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» від 20.03.2022р. № 326. [3] Фіксація випадків, встановлення рівня довгострокового впливу та шкоди, заподіяної довкіллю України, – є підґрунтям для визначення розміру репарацій, які повинні бути виплачені росією.

Перш ніж детально розглянути вплив бойових дій на окремі компоненти екосистем, такі як атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунти, варто зазначити основні джерела надходження забруднюючих речовин, що мають довгостроковий вплив на навколишнє середовище. [4, с.8]

Одними з найважчих довгострокових наслідків для екосистем є хімічне забруднення місць масового застосування боєприпасів. Також значної шкоди навколишньому середовищу завдають техногенні катастрофи внаслідок бомбардування та обстрілів підприємств та об'єктів критичної інфраструктури нашої країни. Причому застосування росією ракет дальнього радіусу дії створює техногенні катастрофи на всій території України, особливо в промислово-розвинених регіонах, де сконцентровані підприємства енергетичної, видобувної, переробної, хімічної та інших галузей промисловості.

Як наслідок бойових дій, маємо значне механічне пошкодження наших полів і довгострокове хімічне та біологічне забруднення родючих ґрунтів. Тисячі випущених снарядів, підірвана та спалена військова техніка, що покинута в полях та посадках – це значне й тривале на сотні років джерело забруднення наших ґрунтів та ґрунтових вод залізом, алюмінієм, міддю, іншими важкими металами та їх сполуками.

Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель. [4, с.7]

Російські війська атакують портову інфраструктуру вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів і кораблі на якірних стоянках, що призводить до забруднення вод і поширення отруйних речовин у море. Нафтопродукти негативно впливають на морські біоценози, формуючи плівки на поверхні води, що порушує обмін енергією, теплом, вологою та газами між морем і атмосферою. Крім того, вони напряду впливають на фізико-хімічні та гідрологічні умови, викликають загибель риби, морських птахів і мікроорганізмів. Усі компоненти нафти токсичні для морських організмів. У нафти є ще одна побічна властивість. Її вуглеводні здатні розчиняти низку інших забруднюючих речовин, таких як пестициди, важкі метали, які разом із нафтою концентруються в приповерхньому шарі та ще більше отруюють його. [1]

Після війни ми будемо пожинати плоди бойових дій — руйнування екосистем, забруднення ґрунтів, зменшення біорізноманіття, зростання кількості шкідників у лісах. Крім того, відбудова країни потребуватиме значної кількості природних ресурсів. Також є ризик невиконання Україною вже поставлених кліматичних цілей, адже війна — це внесок у зміну клімату, а відновлення країни неминуче буде супроводжуватись значними викидами парникових газів.

Оскільки очікується значне хімічне забруднення ґрунтів та вод, важливо після війни подбати про ефективну систему моніторингу стану довкілля. Яка б дозволила зафіксувати реальний об'єм завданої шкоди довкіллю та дозволила вжити

найефективніших заходів, щоб уникнути подальшого погіршення ситуації та щоб відновити екосистеми до безпечного стану — і для людини, і для дикої природи.

Зараз є дуже важливою активність Міндовкілья, громадянського суспільства та екологічного комітету Верховної Ради, щоб уся шкода довкіллю була максимально зафіксована та у подальшому компенсована агресором. Також важливо, щоб план відновлення України включав заходи з відновлення та збереження екосистем, а до планів із відбудови населених пунктів включати природорієнтовані рішення та заходи з адаптації до зміни клімату [1]

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Центр екологічних ініціатив “Екодія”. URL: https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?gad_source=1&gad_campaignid (дата звернення 13.05.2026)

2. Благодійний фонд «Право на захист» Повномаштабне вторгнення і воєнні злочини проти довкілля. Екологічні наслідки війни. Чернігівська область. 2023. URL: https://r2p.org.ua/storage/documents/0751026d4240f89c5b93bbdc6d66cea2b93be29c6_original.pdf (дата звернення 13.05.2026)

3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» від 20.03.2022 р. № 326: станом на 12.03.2026р. URL: <https://www.grafiati.com/uk/info/dstu-8302-2015/examples/> (дата звернення 14.05.2026)

4. Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куш М., Чернохова М., Гавранек М. Україна, шкода довкіллю, екологічні наслідки війни. *Електронне науково-популярне видання*. Дата публікації: 20.03.2023. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>.

УДК 616-053.2:575.1/2:577.21:614.7:355.01(477)

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧНІ ТА ЕПІГЕНЕТИЧНІ МАРКЕРИ ЕКОПАТОЛОГІЇ У ДІТЕЙ З ЕКОЛОГІЧНО НЕСПРИЯТЛИВИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ: СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Н. А. Петріца, к.мед.н., с.н.с. відділення клінічної генетики

*В. С. Глогузь, м.н.с. відділення епідеміології вродженої та
спадкової патології*

*Н. С. Лук'яненко, д.мед.н., проф., завідувачка відділення
клінічної генетики*

*Н. Р. Кеч, д.мед.н., проф., завідувачка відділення епідеміології
вродженої та спадкової патології*

М. Ю. Іськів, к.мед.н., н.с. відділення клінічної генетики

*Г. С. Чайківська, к.мед.н., завідувачка науково-
організаційного відділення*

*Державна установа «Національний науковий центр серцево-
судинної хірургії та спадкової патології
ім. М. М. Амосова НАМН України»*

Актуальність. Воєнний стан в Україні супроводжується суттєвим погіршенням екологічної ситуації внаслідок руйнування промислових об'єктів, пожеж, хімічного забруднення довкілля, порушення систем водопостачання та накопичення в атмосфері токсичних продуктів горіння [1]. Особливо вразливою категорією населення є діти, організм яких характеризується високою чутливістю до впливу несприятливих чинників навколишнього середовища. Тривалий вплив екотоксикантів, важких металів, продуктів горіння, дрібнодисперсного пилу та радіонуклідів може призводити до розвитку екопатології, метаболічних порушень, виникненню природжених вад розвитку та змін на молекулярно-генетичному рівні [1,2].

Сучасні дослідження доводять, що важливу роль у розвитку екодeterminованої патології відіграють молекулярно-

генетичні та епігенетичні механізми [2,3]. Генетичний поліморфізм ферментних систем детоксикації визначає індивідуальну чутливість організму до токсичного впливу факторів навколишнього середовища. Водночас епігенетичні зміни здатні змінювати експресію генів без порушення структури ДНК, що обумовлює довготривалі наслідки для здоров'я дитини та майбутніх поколінь [1,2,3].

Мета роботи – аналіз сучасних наукових даних щодо молекулярно-генетичних та епігенетичних маркерів екопатології у дітей, які проживають в екологічно несприятливих регіонах України в умовах воєнного стану, а також визначити перспективні напрями подальших досліджень у галузі медичної генетики та екологічної педіатрії.

Матеріали та методи. Проведено аналіз вітчизняних та міжнародних наукових публікацій, присвячених проблемі екологічно зумовленої патології у дітей, ролі генетичного поліморфізму, епігенетичних механізмів, оксидативного стресу та метаболічних порушень у патогенезі екозалежних захворювань. Використано методи бібліосемантичного аналізу, систематизації та узагальнення сучасних літературних джерел у галузі медичної генетики, педіатрії, молекулярної біології та екологічної медицини.

Результати та обговорення. Аналіз літературних джерел свідчить, що тривалий вплив токсичних чинників довкілля супроводжується розвитком системного оксидативного стресу, хронічного запалення та порушенням клітинного метаболізму. Особливе значення мають генетичний поліморфізм генів *GSTM1*, *GSTT1*, *CYP1A1*, *NAT2*, *SOD2*, які беруть участь у процесах біотрансформації та детоксикації ксенобіотиків [3,4,5]. Носійство генотипів, що асоціюються зі зниженням антиоксидантного захисту, накопиченням токсичних метаболітів та підвищенням ризиком розвитку патології органів дихання, сечовидільної системи, ендокринних та метаболічних розладів [6,7].

Встановлено, що у дітей, які проживають в екологічно несприятливих регіонах, значно частіше реєструються

дизметаболічні нефропатії, функціональні порушення гепатобіліарної системи, алергічні захворювання, затримка фізичного розвитку та природжені вади розвитку [5,6]. Додатковим фактором ризику в умовах війни є поєднаний вплив психоемоційного стресу та токсичних агентів довкілля, що потенціює негативний вплив на регуляторні системи дитячого організму [1,3,7].

Важливу роль у патогенезі екозалежних захворювань відіграють епігенетичні механізми. За даними сучасних досліджень, вплив атмосферних забруднювачів та важких металів може спричиняти глобальні зміни метилування ДНК, що супроводжується порушенням функціонування генів, відповідальних за процеси ембріогенезу, імунної відповіді та енергетичного обміну. Особливу увагу привертають зміни експресії мікроРНК, які розглядаються як ранні біомаркери токсичного ураження організму та предиктори розвитку метаболічних порушень [3,4].

Актуальною проблемою сучасності є зростання впливу мікро- та нанопластику на організм дитини. Частинки пластику здатні проникати через плацентарний бар'єр, накопичуватися у тканинах плода та спричиняти порушення внутрішньоутробного розвитку. Встановлено, що наночастинки можуть взаємодіяти з клітинними мембранами, мітохондріями та генетичним апаратом клітини, провокуючи оксидативний стрес, порушення енергетичного обміну та епігенетичні зміни. У дітей раннього віку вплив мікропластику асоціюється з підвищеним ризиком алергічних реакцій, метаболічних порушень, нейропсихічних розладів та патології імунної системи [2,3,4,5,6].

Перспективним напрямом сучасної медицини є дослідження функції мітохондрій. В осіб з мітохондріальною патологією в результаті генетичних дефектів дихального ланцюга виникає АТФ-недостатність, особливо у високоенергетичних органах (сітківці очей, серці, нирках), яка посилює оксидативний стрес. Встановлення наявності в дітей,

що проживають в екологічно несприятливих умовах на територіях бойових дій «вторинної» мітохондріальної дисфункції, однією з патологічних ланок якої є ендегенна і екзогенна мітохондріальна недостатність та енергодефіцитного діатезу, прихованої форми відносної індивідуальної недостатності цитоенергетичного статусу організму представляється перспективним напрямком, бо дозволяє пропонувати схеми корекції цих станів [2,3,5,7]

Крім того, важливим є створення системи раннього молекулярно-генетичного та епігенетичного моніторингу стану дітей із груп екологічного ризику, що дозволить своєчасно виявляти донозологічні зміни та проводити профілактичні заходи. Важливе значення мають дослідження епігенетичних біомаркерів у поєднанні з оцінкою екологічного стану регіонів, рівня токсичного навантаження та індивідуальної генетичної схильності. Інтеграція молекулярно-генетичних методів у клінічну практику педіатрії сприятиме розвитку персоналізованої медицини та вдосконаленню профілактики і корекції екодетермінованої патології дитячого віку [1,2,5].

Висновки. В умовах воєнного стану проблема екопатології у дітей набуває особливої медико-соціальної значущості. Молекулярно-генетичні та епігенетичні маркери є перспективними інструментами ранньої діагностики, прогнозування, профілактики та корекції патологічних станів, асоційованих із несприятливим впливом довкілля. Подальші комплексні дослідження у галузі екологічної педіатрії та медичної генетики є необхідними для розробки ефективних програм медико-генетичного моніторингу та збереження здоров'я дитячого населення України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Міністерство охорони здоров'я України. Вплив воєнних дій на стан громадського здоров'я в Україні. Київ, 2024.
2. World Health Organization. Children's environmental health. Geneva : WHO, 2023.

3. Breton C.V., Marsit C.J. Epigenetics in environmental health. *Environmental and Molecular Mutagenesis*. 2020. Vol. 61(1). P. 105–115.

4. Joubert B.R., Felix J.F. DNA methylation in newborns and children exposed to environmental pollutants. *Epigenetics*. 2021. Vol. 16(5). P. 521–536.

5. Кеч Н.Р. Клініко-генетичні аспекти прогнозування, перебігу та профілактики екопатології у дітей Західного регіону України. Львів, 2012. 360 с.

6. Баранов В.С. Генетика людини та спадкова патологія. Київ : Медицина, 2021. 456 с.

7. Perera F., Nadeau K. Climate change, fossil-fuel pollution, and children's health. *N Engl J Med*. 2022. Vol. 386(24). P. 2303–2314.

УДК 504.4.054:556.18(477.83-25)

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН Р. МАРУНЬКА В МЕЖАХ ЛЬВІВСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

Н. Гоцій, к.с.-г.н., ст. викл. кафедри екологічної безпеки, ЛДУБЖД

Б. Янишин, аспірант кафедри екологічної безпеки, ЛДУБЖД

П. Лубенченко, ст. гр. ЕК-41, ЛДУБЖД

Сучасний екологічний стан малих річок у межах урбанізованих територій є важливим індикатором антропогенного навантаження та рівня екологічної безпеки регіону. Річка Марунька, що протікає в межах Львівської міської територіальної громади, зазнає значного впливу господарської діяльності, зміни ландшафтної структури та забруднення поверхневими стоками. У зв'язку з цим оцінка екологічного стану річки є актуальною для визначення основних джерел негативного впливу та розроблення природоохоронних заходів.

Марунька — ліва притока Білки (басейн Західного Бугу). Довжина Маруньки 14 км, площа басейну 65 км². Річище слабкозвивисте, в нижній течії випрямлене і каналізоване. Споруджено кілька ставів, зокрема Винниківське озеро. Витоки розташовані на східній околиці міста Львова (в районі Майорівки), в межах Львівського плато. Витік річки утворюють два потічки, що мають форму «вил». Вони на всьому проміжку проходять лісом, аж до злиття перед Винниківським озером. За озером долина Маруньки розширюється до 1 км. Течія повільна, дно долини плоске і широке. Долина майже по всій довжині річки заболочена [2, 6]. Р. Марунька тече між пагорбами Винниківського лісопарку на південний схід, потім через місто Винники, а далі — на схід у межах Грядового Побужжя (між Винниківською та Дмитровицькою грядями). Впадає в р. Білка на північ від села Чижикова.

Згідно з моніторинговими дослідженнями, проведеними КП «Адміністративно-технічне управління» у II кв. 2015 р.,

Марунька була одним з найбільш забруднених водних об'єктів Львова та околиць. У воді були зафіксовані перевищення гранично допустимих концентрацій заліза загального, азоту амонійного, фосфатів, завислих речовин, БСК₅, ХСК.

Восени 2017 р., в рамках природоохоронного заходу «Заходи щодо відновлення і підтримання сприятливого гідрологічного режиму та санітарного стану річки Марунька з метою захисту від шкідливої дії вод у місті Винники Львівської області» за сприяння Департаменту екології та природних ресурсів Львівської ОДА. та при підтримці Винниківської міської ради було здійснено очищення р. Марунька [5].

Басейновим управлінням водних ресурсів річок Західного Бугу та Сяну у грудні 2025 року було проведено черговий моніторинг якості поверхневих вод в межах української частини басейну р. Вісли. Моніторинг здійснювався на 23-х затверджених пунктах спостережень, а саме на 17-ти створах суббасейну Західного Бугу та 6-ти – в межах суббасейну Сяну. Згідно з програмою державного моніторингу, сюди входять 8 пунктів на транскордонних ділянках та 2 створи в місцях питного водозабору [4].

Аналізи якості води включали визначення фізико-хімічних та хімічних показників якості води (у т. ч. вмісту органічних і біогенних речовин, пестицидів, важких металів, поліароматичних і галогенованих вуглеводнів, алкілфенолів, трихлорбензолів, медикаментів).

Згідно з результатами, найнижча якість води була виявлена:

– у р. Полтва (за вмістом розчиненого кисню, органічних, біогенних речовин, СПАР, важких металів), у р. Західний Буг нижче гирла р. Полтва (за вмістом органічних і біогенних речовин), у р. Свиня нижче м. Жовква (за вмістом розчиненого кисню, органічних та біогенних речовин, поліароматичних вуглеводнів), р. Малехівка (с. Малехів) - за вмістом органічних і біогенних речовин. Р. Марунька нижче м. Винники також

була в числі водотоків з найгіршими показниками за вмістом, органічних і біогенних речовин [4].

Порівняно з попереднім звітним періодом (листопад 2025 р.) якість води у р. Маруньці погіршилася.

У березні 2026 року проведено черговий моніторинг якості поверхневих вод в межах української частини басейну р. Вісла. Згідно з результатами, р. Марунька (нижче м. Винники) знову відзначалась найнижчою якістю води, зокрема за вмістом, органічних і біогенних речовин та медикаментів [1].

Проведений аналіз екологічного стану річки Марунька в межах Львівської міської територіальної громади засвідчив значний рівень антропогенного навантаження на водний об'єкт. Основними чинниками погіршення якості води є урбанізація території, надходження поверхневих стоків, органічних та біогенних речовин, що підтверджується результатами багаторічного моніторингу.

Незважаючи на проведення природоохоронних заходів з очищення русла річки, результати державного моніторингу 2025–2026 рр. свідчать про збереження проблеми забруднення, особливо нижче м. Винники. Водночас у березні 2026 р. зафіксовано певне покращення якості води, що може свідчити про часткову ефективність проведених заходів та необхідність їх подальшого систематичного впровадження.

Для покращення екологічного стану річки Марунька доцільним є посилення контролю за скидами забруднювальних речовин, удосконалення систем водовідведення, регулярне очищення русла та здійснення комплексного екологічного моніторингу басейну річки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Актуальна інформація про якість поверхневих вод басейнів річок Західного Бугу та Сяну за березень 2026 року. URL: <https://deplv.gov.ua/2026/04/28/aktualna-informacziya-pro-yakist-poverhnevyyh-vod-basejnyv-richok-zahidnogo-bugu-ta-syanu-za-berezen-2026-roku/>

2. Байцар А. Річка Марунька у Винниках: природа, історія, екологія, топоніміка та археологія. URL: https://baitsar.blogspot.com/2017/11/blog-post_54.html

3. Звіт про результати моніторингу природного довкілля Львівщини за 2017 р. URL: <https://drive.google.com/file/d/1SP1CDSIu6svQ1vFLU9efrO8erIGcQKPX/view>

4. Результати вимірювань показників якості води у водоймах та потоках на території Львівської МТГ (дані моніторингу). URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/48e4f730-93f3-4f47-be7d-820eea3e46d9>

5. У м. Винники розчищено річку Марунька. URL: <https://deplv.gov.ua/2019/11/30/u-m-vynnyky-rozchyshhenorichku-marunka/>

6. Черевко Ю. О. Гідроекологічний стан басейну р. Полтви в межах Львівської області : робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра : 103 Науки про Землю /. Волинський національний університет імені Лесі Українки. Луцьк, 2025. 89 с.

УДК 504:614.7:355

ЕКОЛОГО-ГІГІЄНИЧНА ОЦІНКА МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ПІСЛЯ ПІДРИВУ КАХОВСЬКОЇ ГЕС

Н. М. Коваль, к.мед.н., ст.н.с., В. В. Станкевич, д.мед.н., ст.н.с.,

І. О. Тетеньова, к.мед.н.

*ДУ «Інститут громадського здоров'я
ім. О. М. Марзєєва НАМН України»*

Підри्व Каховської ГЕС у 2023 р. внаслідок воєнної агресії рф проти країни набув масштабів екоциду проти цілого регіону нашої країни – його мешканців, їх майна та природних ресурсів. Після того, як основна маса води Каховського водосховища зійшла, широкий спектр хімічних та біологічних речовин, різних за складом та напрямком впливу, насамперед на живі організми, сконцентрувався саме в донних відкладеннях (мулі).

Аналіз якості мулових відкладень Каховського водосховища проводився за протоколами вимірювань показників складу та властивостей ґрунтів, наданих Державною екологічною інспекцією Південного округу (Запорізька та Херсонська області): від 18.08.2023 р. № 34-23/3, від 24.11.2023 р. № 59-23/3, від 18.06.2024 р. № 45-24/3.

Мулові відкладення були дослідженні у різний період часу від катастрофи за вмістом важких металів (рухомі форми) відносно їх кларкових рівнів [1] і ГДК [2], [3] та фізико-хімічними показниками вмісту хлоридів, нітратів, сульфатів, фосфатів та рН.

Результати досліджень вмісту важких металів (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn) у пробах донних відкладень з території Каховського водосховища після підриву ГЕС показали накопичення певних кількостей цих сполук. Через місяць після підриву ГЕС вміст всіх металів (Cd, Cu, Ni, Pb, Cr, Zn), за винятком Zn та Cr, в окремих точках відбору проб був вище нормативних значень і становив близько 2 ГДК.

Через 4 місяці після підриву рівень понаднормативного вмісту важких металів дещо підвищився і становив у середньому 3-4 ГДК, що обумовлено випаровуванням води з поверхні відкладень, яке привело до їх ущільнення, а отже концентрування хімічних сполук у їх складі. Крім того, паралельно відбувається вивітрювання верхніх шарів ґрунту.

Через рік після підриву дамби вміст Cr та Mn не перевищував нормативних значень (ГДК). Вміст інших важких металів перевищував їх ГДК: від 1,5 (Pb)-2,2 (Cd) до 2,7 (Cu) - 3 (Cd).

Рівень забруднення важкими металами в окремих точках спостереження значно відрізнявся. Зокрема, виявлені точкові забруднення (м. Запоріжжя, місце впадіння р. Суха Московка (р. Капустянка) у р. Дніпро), де вміст Cd досягає 21 ГДК; Ni - 5,6 ГДК; Pb - 1,46 ГДК.

Через 3 місяці спостереження вміст усіх важких металів перевищував їх ГДК. При цьому динаміка вмісту Cd, Cu, Ni та Pb виявила незначне підвищення відносно ГДК відповідно: 2,2; 1,65; 2,6 та 1,5; динаміка вмісту Zn та Cr була найбільш вираженою у порівнянні з усіма зразками, що досліджувались, і становила (відносно ГДК) відповідно: 4 та 16.

Результати фізико-хімічних досліджень донних відкладень Каховського водосховища виявили нейтральну реакцію середовища, яка з часом дещо змістилась у лужний бік.

Вміст нітратів, фосфатів за весь час спостереження не перевищував їх ГДК для ґрунтів. Наднормативний вміст хлоридів на рівні 1,6 ГДК був виявлений лише в одній пробі.

Сульфати практично в усіх зразках визначались у концентраціях, які перевищували ГДК від 1,6 до 32 разів.

Через місяць після катастрофи на Каховській ГЕС вміст сульфатів перевищував ГДК в 16-32 разів.

Через 4 місяці після підриву дамби кратність перевищення ГДК склала 5-13 разів.

Через рік після катастрофи динаміка фізико-хімічних показників демонструвала зменшення концентрації сульфатів до 2-4 ГДК. Для всіх інших показників також відмічалось зниження їх вмісту з часом.

Слід зазначити, що результати досліджень виявили нерівномірний розподіл забруднення в акваторії Каховського водосховища. При цьому були визначені аномальні зони акваторії Каховського водосховища за вмістом окремих показників, зокрема, найбільш високий вміст хлоридів та сульфатів був виявлений у місці впадіння р. Суха Московка (р. Капустянка) у р. Дніпро, на міському центральному пляжі м. Запоріжжя; смт. Малокатеринівка, навпроти залізничного вокзалу.

Таким чином, у мулових осадах Каховського водосховища Каховської ГЕС накопичені певні кількості важких металів, які в окремих точках спостереження мають наднормативний рівень (до 2 ГДК).

Вміст сульфатів перевищував ГДК від 1,6 до 32 разів. Вміст нітратів, фосфатів, хлоридів незначний, в основному не перевищує нормативних значень. З часом забруднення мулових осадів важкими металами має тенденцію до збільшення, сольового складу – до зменшення. Рівень забруднення в окремих точках спостереження має строкатий характер. Виявлене точкове забруднення (м. Запоріжжя, місце впадіння р. Суха Московка (р. Капустянка) у р. Дніпро), де визначався аномально високий вміст практично всіх показників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Виноградов А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1957. - 234 с.

2. «Гігієнічні регламенти допустимого вмісту хімічних речовин у ґрунті», затверджені Наказом МОЗ 14.07.2020 р. № 1595, зареєстрованого в Мін'юсті 31.07.2020 р. за № 722/35005 [електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0722-20#Text>].

3. «Нормативи гранично допустимих концентрацій небезпечних речовин у ґрунтах, а також перелік таких речовин», затверджених Постановою Кабінету Міністрів України від 15.12.2021 р. № 1325 [електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-п#Text>].

УДК 573.6+574

ВІДХОДИ ЯК ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

*Н. П. Попович, кандидат технічних наук,
Львівський окружний адміністративний суд*

Біологічні відходи – це відходи, що мають властивість піддаватися анаеробному або аеробному розкладу, такі як відходи харчових продуктів або відходи харчової промисловості на всіх етапах виробництва та споживання, відходи від зелених насаджень [6].

Закон України «Про управління відходами» регламентує – з метою забезпечення зменшення захоронення біовідходів центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері управління відходами, розробляє Національну програму зменшення захоронення біовідходів, що затверджується Кабінетом Міністрів України. Національна програма зменшення захоронення біовідходів може бути складовою Національного плану управління відходами [6].

Слід зазначити, що Закон України «Про управління відходами» регулює правовідносини у сфері відходів, які утворюються в житловому секторі, у тому числі біорозкладні. Водночас, у різних сферах господарської діяльності утворюються відходи, які можуть бути потенційно біологічно небезпечними. Що стосується медичних відходів, то 1 квітня 2025 року набрав чинності Наказ Міністерства охорони здоров'я України №1827 від 31 жовтня 2024 року, яким затверджено Державні санітарні норми та правила «Порядок управління медичними відходами, у тому числі вимоги щодо безпечності для здоров'я людини під час утворення, збирання, зберігання, перевезення, оброблення таких відходів». Цей документ встановлює чіткі вимоги до всіх етапів поводження з медичними відходами, з акцентом на захист здоров'я населення та довкілля [9].

В Україні прийнято перелік категорій відходів за матеріалом, груп відходів за небезпечними складниками,

операцій з утилізації та видалення відходів [8]. Відходи групувано за ризиками, у тому числі групи враховують біологічно небезпечні – відходи медичного, ветеринарного чи сільськогосподарського походження, фармацевтичної продукції та від лікування людей чи тварин; відходи пестицидів і агрохімікатів, непридатні чи заборонені пестициди [8].

На теперішній час низка науковців відображає біологічну небезпеку від деастрованих ландшафтів та інших небезпечних об'єктів [10, 13]. Найбільш біологічно та техногенно небезпечними об'єктами в цивільному секторі є полігони побутових відходів [2, 12]. Невтішним явищем є забруднення річок внаслідок потрапляння фільтратів до їх русла [1, 4, 11]. Значно підвищують ризик виникнення біологічних неординарних ситуацій пожежі у природних екосистемах, внаслідок яких у повітря виділяються продукти неповного розпаду та різноманітні біологічно небезпечні агенти [3, 5]. У післяпожежний період зростає ризик вторинного забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів і рослинності, що може негативно впливати як на природні екосистеми, так і на здоров'я населення. Деградація ґрунтового покриву, накопичення важких металів, токсичних органічних сполук та патогенних мікроорганізмів у компонентах довкілля створюють передумови для формування стійких осередків екологічної небезпеки. Такі процеси можуть призводити до порушення природних механізмів саморегуляції екосистем, зниження біорізноманіття та погіршення санітарно-гігієнічних умов проживання населення.

Таким чином, для зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру необхідно проводити роз'яснювальну роботу серед цивільного населення з метою дотримання правил поведінки з небезпечними речовинами, а також запобігати виникненню аварійних режимів на промислових об'єктах шляхом детальних перевірок та дотримання регламентів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Bosak, P., Lutsyk, A., & Korol, K. (2019). Екологічна характеристика річок у славському Львівської області. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 20, 80-84. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.20.2019.11>
2. Grynchyshyn, N. (2019). Властивості фільтрату, утвореного після припинення експлуатації полігона твердих побутових відходів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 19, 122-127. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.19.2019.14>
3. Grynchyshyn, N. (2023). Якість атмосферного повітря за вмістом твердих мікрочастинок (РМ 2,5) у містах України в умовах карантину та воєнного стану. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 27, 6-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.01>
4. Kuzyk, A., Boichuk, B., Korol, K., & Dyrda, R. (2024). Вплив воєнних дій на якість води в річках України. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 30, 26-34. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.30.2024.03>
5. Renkas, A., Popovych, V., & Rudenko, D. (2022). Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*, 78, 1-98. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.erem.78.1.25581>
6. Закон України «Про управління відходами». *Відомості Верховної Ради (ВВР)*, 2023, № 17, ст. 75.
7. Король, К. А. (2020). Фізико-хімічні властивості талого снігу сміттєзвалищ туристично-рекреаційного комплексу Львівської області. *Екологічні науки*, 2, 41. 171-178. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.30>
8. Наказ Державної служби статистики України від 23.01.2015 р. № 24 р. «Про затвердження переліків категорій, груп відходів і операцій поводження з відходами».

9. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №1827 від 31.10.2024 р. *«Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Порядок управління медичними відходами, у тому числі вимоги щодо безпечності для здоров'я людини під час утворення, збирання, зберігання, перевезення, оброблення таких відходів»»*.

10. Попович В. В. (2012). Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22 (11), 119-128.

11. Попович В. В. (2012). Фізико-механічні властивості едафотопів довкола техногенних водойм сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів у межах західного Лісостепу України. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22 (14), 106-110.

12. Попович, В. В. (2012). Макроміцети сміттєзвалищ як біоіндикатори стану техногенного едафотопу. *Ukrainian Journal of Ecology*, (3), 59-70.

13. Попович, В. В., Бучковський, А. І., & Попович, Н. П. (2013). Логістична система транспортування небезпечних відходів в умовах міста. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, (8), 166-171.

УДК 574:504.05/.06:355

ТРАНСФОРМАЦІЯ БІОКЛІМАТИЧНОЇ МАТРИЦІ УКРАЇНИ ВНАСЛІДОК СИНЕРГЕТИЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ВОЄННОГО ЕКОЦИДУ ТА ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

*О. В. Штапенко, д. б. н., ст. н. с., Львівський державний
університет безпеки життєдіяльності*

Є. О. Дзень, к. с.-г. н., ст. н. с., Інститут біології тварин НААН

Сучасні глобальні виклики вимагають переосмислення традиційних підходів до оцінювання антропогенного тиску на біосферу, де збройні конфлікти виступають найрадикальнішим чинником деструкції. На теренах України вже фіксуються виражені наслідки глобального потепління, зокрема зростання середньої температури на 1,5 °C та збільшення частоти екстремальних природних явищ, що створює серйозні ризики для продовольчої та економічної безпеки держави [6]. Ці триваючі кліматичні трансформації супроводжуються виснаженням ґрунтів, падінням рівня підземних вод, інтенсифікацією випаровування та зникненням водно-болотних угідь, що критично обмежує природну регенераційну здатність вітчизняних екосистем.

В умовах зниженого екологічного імунітету біосфери повномасштабні воєнні дії виступають безпрецедентним фактором експоненційного прискорення деградації природного середовища [3]. Систематичні артилерійські обстріли та авіаудари провокують масові лісові й степові пожежі, зумовлені детонацією боєприпасів та масованим використанням запальнової зброї, що призводить до випалювання цілих біоценозів. Механічний пресинг важкої військової техніки незворотно руйнує морфологічну структуру степових ґрунтів, а вибухи снарядів та потенційні аварії на

промислових складах спричиняють масивне хімічне отруєння земель токсичними залишками продуктів детонації.

Окремим катастрофічним вектором воєнного впливу є тотальна деструкція водного потенціалу країни. Яскравим прикладом цього став підриб Каховської ГЕС у червні 2023 року, який скоротив стратегічні запаси прісної води країни на 35% [4]. Ця гідрологічна катастрофа призвела до втрати до 94% обсягів води для зрошувальних систем у Херсонській та Дніпропетровській областях, створила безпосередні технологічні загрози для безпечної роботи Запорізької АЕС, а також завдала непоправної шкоди унікальним природно-заповідним комплексам Причорномор'я [7]. Дана катастрофа запустила незворотний екологічний каскад, де первинне знищення гідросистеми спровокувало масштабне опустелювання та системний колапс суміжних сухопутних біотопів.

Водночас вимушена хаотична міграція дикої фауни із зони активних бойових дій виступає потужним фактором біологічної загрози, оскільки патогени, що раніше перебували в ізольованих екологічних нішах степових ендемічних осередків, разом із носіями екстраполуються за межі своїх історичних ареалів. Найбільш виражено цей критичний антропогенний пресинг та деструкція заповідних біотопів проявляються на прикладі Біосферного заповідника «Асканія-Нова» [2]. Протягом 2022–2023 років цей унікальний степовий комплекс європейського значення зазнав серії масштабних пожеж, спровокованих зокрема падінням уламків ракет, що призвело до випалювання значних площ реліктового рослинного покриву. Окрім фітоценотичних втрат, зафіксовано грубу деструкцію тваринного світу через незаконне вилучення окупаційною адміністрацією десятків особин рідкісних видів (зебр Чапмана, бізонів, коней Пржевальського) та загибель щонайменше 33 тварин внаслідок стресу й неналежного утримання. Паралельно важка військова техніка спричинила механічне переорювання та ущільнення багатовікових степових ґрунтів, що призвело до руйнації їхнього мікробіому,

втрати родючості та незворотного зниження біологічної якості. Сукупність цих факторів дає обґрунтовані наукові підстави класифікувати дії агресора як прямий та задокументований прояв воєнного екоциду.

Каскадна деструкція природних екосистем має негайну проекцію на систему охорони здоров'я, що повністю підтверджує постулати міжнародної концепції *One Health* («Єдине здоров'я»), за якою деградація екологічного імунітету довкілля неминуче провокує кризу біологічної безпеки людини [1]. Внаслідок масової хаотичної міграції стресованої дикої фауни із зон бойових дій та зниження її імунітету активізується циркуляція природно-осередкових інфекцій з їх подальшим винесенням у цивільну інфраструктуру й агроценози.

Інтерференція воєнного деструктивного впливу та антропогенної зміни клімату формує кумулятивний ефект закономірної позитивної синергії, за якої бойові дії виступають потужним каталізатором глобальних кліматичних трендів і руйнують внутрішні бар'єри стійкості біосфери. Цей деструктивний каскад реалізується через три взаємопов'язані вектори, першим з яких є руйнація систем природного поглинання вуглецю, коли масове випалювання лісової та степової біомаси під час обстрілів вивільняє колосальні обсяги депонованого CO₂, локально посилюючи парниковий ефект. Другим вектором виступає формування транскордонних епізоотичних коридорів, оскільки деградація заповідних екосистем нівелює природні ізоляційні бар'єри, стимулюючи хаотичну міграцію дикої фауни та просторове винесення зоонозних патогенів у суміжні європейські регіони. Третім проявом синергізму є глибокий гідрологічний деструктив та аридизація ландшафтів, за яких руйнування гідротехнічних споруд і деформація артезіанських горизонтів зумовлюють висихання стратегічних водойм, що на тлі глобального потепління прискорює трансформацію родючих земель на антропогенні напівпустелі. Найбільш критично цей руйнівний синергізм проявляється у вразливій зоні Степу, де воєнний стрес

на тлі хронічного дефіциту опадів повністю ліквідує регенеративний потенціал природи. Внаслідок незворотної трансформації біокліматичної матриці регіону пошкоджені екосистеми вже не здатні повернутися до довоєнного стану, що визначає імперативну потребу в переході від концепції простого відтворення довкілля до стратегій повоєнної відбудови, заснованих на принципах глибокої кліматичної адаптації.

Подолання наслідків кумулятивного екологічного шоку вимагає формування нової міжнародної архітектури безпеки, яка базується на трирівневій часовій стратегії та переході від ліквідації збитків до випереджального біосферного моделювання.

На початковому, короткостроковому етапі національні та регіональні зусилля мають бути зосереджені на розгортанні мережі автоматизованого цифрового моніторингу, експрес-санації хімічно уражених ґрунтів і посиленому санітарно-епідеміологічному контролю за міграційними коридорами дикої фауни. У середньостроковій перспективі фокус дій переноситься на глобальний юридично-фінансовий рівень, де критично важливо інституціоналізувати поняття воєнного екоциду у міжнародному кримінальному праві та створити Спеціальний екологічний трибунал для конфіскації активів агресора і спрямування їх у фонди цільового кліматичного відновлення [5]. У довгостроковому вимірі стратегія реабілітації ландшафтів має повністю відмовитися від спроб відтворити довоєнний стан природи на користь концепції «еволюційного екосистемного дизайну», що передбачає штучне проектування стійких до аридизації полікультурних лісових і степових масивів та відновлення природного гідрологічного балансу через ревайлдинг річкових басейнів.

Таким чином, воєнно-кліматичний синергізм виводить екологічну кризу в Україні на планетарний рівень, перетворюючи відновлення її природного потенціалу на фундаментальну передумову біологічної та кліматичної безпеки всієї Європи.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Gerilovych, A., Shevchenko, N., Pishchanskyi, O., Aliekseieva, H., Rosada, M., Gerilovych, I., & Okaievych, O. (2026). Operationalizing the One Health approach in a conflict-affected setting: A scientometric review of policy foundations, systemic gaps, and future pathways in Ukraine. *Veterinary World*, 19, 389–408. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2026.389-408>.
2. Mammadov, S., Luhovyi, S., Starodubets, O., Kalynyuchenko, H., & Trybrat, R. (2024). Collateral ecocide: The impact of war on Ukrainian flora and fauna. *International Journal of Environmental Studies*, 81, 446–454. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314851>.
3. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P., & Hussain, C. M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *The Science of the Total Environment*, 849, Article 157932. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>.
4. Snizhko, S., Didovets, I., & Bronstert, A. (2024). Ukraine's water security under pressure: Climate change and wartime. *Water Security*, 21, Article 100182. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2024.100182>.
5. Veresha, R., Kuchinska, O., & Kovtun, O. (2023). Ecocide in national and international criminal law: Current challenges and prospects for legal regulation. *Uzhhorod National University Herald. Series: Law*, 78(2), 24–31. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2023.78.2.24>
6. Vuong, Q. H., Nguyen, M. H., & La, V. P. (2024). The overlooked contributors to climate and biodiversity crises: Military operations and wars. *Environmental Management*, 73, 1089–1093. <https://doi.org/10.1007/s00267-024-01976-4>.
7. Vyshnevskyi, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Y., & Gleick, P. H. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*, 48, 631–647. <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>.

УДК 504.06(1/9,100):502/504

ВИСВІТЛЕННЯ ПИТАННЯ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ РОСІЇ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ УКРАЇНИ У НАЦІОНАЛЬНІЙ ДОПОВІДІ ПРО СТАН НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

О. Г. Васенко, кандидат біологічних наук, доцент

А. І. Юрченко, О. В. Черба, О. О. Лук'янова

НДУ «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем» (УКРНДІЕП)

Науковці УКРНДІЕП з початку повномасштабного вторгнення щорічно висвітлюють в Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні вплив військової агресії росії на навколишнє середовище України [1]. Аналіз матеріалів, що використовувалися для формування доповідей, показав, що війна залишається основним чинником погіршення стану навколишнього середовища в Україні. Особливо критично вплив війни відчувається у зонах ведення активних бойових дій та прилеглих до них територій, на територіях військових частин та полігонів.

Фахівці центральних органів виконавчої влади та органів військового управління впродовж усього періоду збройної агресії розраховують обсяг завданих збитків. Згідно оцінок фахівців Державної екологічної інспекції України (Держекоінспекція), станом на кінець 2025 року загальна сума збитків, заподіяних навколишньому середовищу з початку повномасштабного вторгнення, сягнула 6 трлн грн (рис. 1). Найбільшої шкоди завдано об'єктам природно-заповідного фонду (ПЗФ).

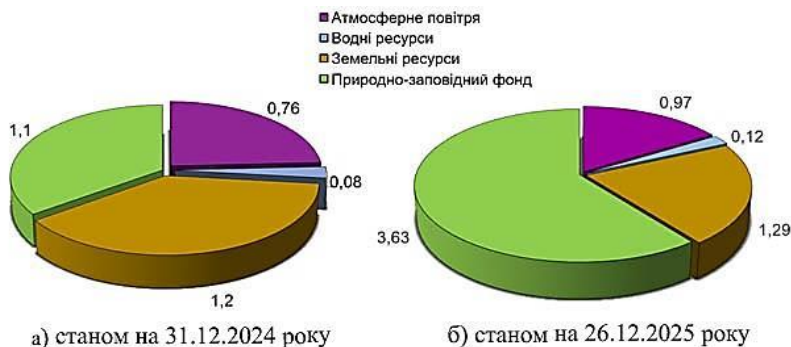


Рисунок 1 – Сума збитків, завданих компонентам навколишнього середовища, трлн грн

До найбільш потужних факторів забруднення водного середовища можна віднести пошкодження або руйнування очисних споруд, водопровідних і каналізаційних мереж, насосних станцій, свердловин, гідротехнічних споруд; форсоване або аварійне скидання вод із водосховищ, руйнування дамб, затоплення територій, вторинне забруднення водних об'єктів через посилення ерозії донних відкладень після забруднення водних об'єктів нафтопродуктами, хімікатами та важкими металами внаслідок руйнувань екологічно небезпечних промислових об'єктів; забруднення поверхневих та морських вод внаслідок знищення об'єктів критичної інфраструктури; порушення природного гідрологічного режиму внаслідок потужних вибухів, припинення робіт з експлуатації дренажних споруд.

За даними Держекоінспекції, у 2023 році сума збитків, обумовлених втратою закумульованої води Каховського водосховища внаслідок руйнування Каховської ГЕС, склала близько 9,4 млрд грн, у 2024 – близько 1,3 млрд грн.

До основних наслідків негативного впливу бойових дій на ґрунти можна віднести: руйнування верхнього родючого шару внаслідок вибухів боєприпасів, будівництва фортифікаційних споруд, складів та інших споруд; механічне пошкодження технікою, що пересувається поза дорогами; забруднення нафтопродуктами внаслідок аварійних проливів, обстрілів

підприємств газо- і нафтовидобувної галузі, складів паливо-мастильних матеріалів; скорочення земель, в тому числі, орних, за рахунок площ, що є замінованими або потенційно забрудненими вибухонебезпечними предметами.

Сума збитків за забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами, іншими нафтопродуктами та засмічення земельних ресурсів внаслідок ракетно-бомбових уражень за 2023 рік становила близько 374,3 млрд грн, за 2024 рік – близько 173 млрд грн.

До основних джерел забруднення атмосферного повітря, пов'язаних із впливом війни, можна віднести: вибухи боєприпасів, пожежі, згоряння військової техніки, споруд, складів паливно-мастильних матеріалів; аварійні ситуації на військових складах і логістичних базах; знищення об'єктів цивільної та військової інфраструктури; експлуатація транспортної та спеціальної техніки, що працює на дизельному та бензиновому паливі; ремонтно-відновлювальні роботи з використанням обладнання, функціонування якого призводить до утворення забруднюючих речовин, зокрема, зварювальні, ливарні та інші, пов'язані з обробленням металів виробництва, роботи з перекачування великих об'ємів паливно-мастильних матеріалів, з будівництва фортифікаційних споруд.

Найбільше перевищення концентрацій газоподібних та твердих забруднюючих речовин у атмосферному повітрі відбулося у районах інтенсивних бойових дій, поблизу складів боєприпасів, полігонів та місць ведення вогню. У ряді випадків було зафіксовано шкідливий вплив продуктів вибухів на особовий склад та цивільне населення через тимчасове погіршення якості атмосферного повітря.

Сума збитків за забруднення атмосферного повітря внаслідок збройної агресії РФ за 2023 рік становила близько 88,7 млрд грн, за 2024 рік – близько 188 млрд грн.

З часом значно збільшується сума збитків, завданих територіям та об'єктам ПЗФ, які розташовані в районах бойових дій або на територіях, що використовувалися в оборонних цілях. Частина об'єктів ПЗФ зазнала руйнувань внаслідок обстрілів, мінування, прокладання інженерних споруд, переміщення

військової техніки. Зокрема, уражено ландшафтні заказники, національні природні парки, а також заповідні урочища, які частково втратили свої природні властивості.

Бойові дії, що тривають на значній частині території України, завдали істотної шкоди лісовим екосистемам, зокрема, в межах зон оборонного призначення та прилеглих територій. До основних причин знищення та деградації лісів можна віднести прямі обстріли, пожежі, мінування та інженерні роботи. Внаслідок обстрілів, авіаударів і пожеж було знищено тисячі гектарів лісів, особливо у східних і південних регіонах.

Аналіз матеріалів, використаних для підготовки Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні, показав, що з кожним роком продовження військових дій на території України, зростають суми розміру збитків, завданих навколишньому середовищу. Тому особливого значення набуває чітка фіксація та оцінюванню втрат, завданих війною, і розроблення планів повоєнного відновлення навколишнього середовища. Неоціненою є взаємодія з міжнародними партнерами, які підтримують ініціативи України щодо документування екологічних втрат ПЗФ унаслідок агресії російської федерації, картографування пошкоджених територій, збору доказової бази та оцінювання втрат біорізноманіття; спільні проєкти зі створення системи оцінювання втрат водних екосистем, включаючи оцінювання впливу на джерела питного водопостачання, проведення гуманітарного розмінування тощо. Подальше відновлення країни вимагатиме тривалих і скоординованих зусиль за участю державних органів, науковців та громадських екологічних організацій та допомоги міжнародних партнерів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Підготовка Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2024 році: звіт про НДР. № держреєстрації 0125U001245. Харків: УКРНДІЕП, Міндовкілля, 2025. 1030 с.

УДК 504.5:355.01:341.4(477)

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ ТА МІЖНАРОДНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ КВАЛІФІКАЦІЇ ЕКОЦИДУ

О. Б. Мельник, студент,

*Л. М. Архипова, доктор технічних наук, професор, завідувачка
кафедри туризму,*

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Повномасштабна збройна агресія РФ проти України спричинила безпрецедентну за масштабами екологічну катастрофу, наслідки якої мають стійкий транскордонний характер, безпосередньо загрожують безпеці всього європейського континенту та деструктивно руйнують фундаментальні екосистемні послуги. За офіційними даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України та спеціалізованої платформи «ЕкоЗагроза» станом на 2025–2026 роки, загальна сума задокументованих збитків біосфері вже перевищила 108 мільярдів євро, що в еквіваленті становить понад 6,76 трильйона гривень, а кількість детально зафіксованих екологічних злочинів проти природи налічує понад 11 тисяч конкретних фактів [1, 2]. Цей мілітарний конфлікт продемонстрував стійкий руйнівний вплив на всі геосфери, створюючи небезпечні прецеденти штучного екоциду, які вимагають невідкладної трансформації як національних стратегій повоєнного відновлення, так і міжнародно-правових інструментів кримінальної відповідальності на глобальному рівні [3, 7].

Найбільш вразливим елементом біотичного компоненту виявився природно-заповідний фонд України, інтегрований у загальноєвропейську екологічну мережу. Наразі близько 20% усіх заповідних територій держави зазнали прямого воєнного впливу, артилерійських обстрілів або тривалої окупації, що

охоплює понад 812 об'єктів загальною площею майже 1 мільйон гектарів, включно з вісьмома природними заповідниками та десятьма національними природними парками [7]. Під загрозою транскордонного знищення опинилися 2,9 мільйона гектарів Смарагдової мережі, яка суворо охороняється в межах європейського природоохоронного законодавства, а також 16 водно-болотних угідь міжнародного значення під егідою Рамсарської конвенції загальною площею понад 600 тисяч гектарів [7]. Пряме знищення лісових масивів пожежами та деградація трофічних мереж зумовлюють каскадні ефекти біодеградації, коли втрата або вимушена міграція ключових видів через мінування руйнує екологічний баланс між хижаками та жертвами, а також деформує структуру фітоценозів через припинення природного випасання диких тварин [4, 7].

Атмосфера та гідросфера зазнають інтенсивного термохімічного та токсикологічного навантаження, яке безпосередньо впливає на глобальні кліматичні процеси та регіональну гідрологічну стабільність. Масове знищення військової техніки, що налічує понад 94 тисячі одиниць, згенерувало близько 130 тисяч тонн шкідливих викидів, тоді як регулярні пожежі на нафтобазах і промислових підприємствах насичують повітря оксидами сірки, азоту, чадним газом та небезпечним дрібнодисперсним пилом [5]. Це провокує явища, що за механізмом транскордонного перенесення нагадує масштабні екологічні наслідки війни в Перській затоці, так звані «чорні дощі», коли токсичні осадки випадали за сотні кілометрів від епіцентру бойових дій [5, 7]. За даними конфліктного моніторингу світового мілітарного сектору, військова діяльність генерує близько 5,5% усіх глобальних викидів парникових газів, що становить 2750 мільйонів тонн в еквіваленті вуглекислого газу [7]. Примітно, що лише перший рік російського вторгнення в Україну згенерував більше парникових емісій, ніж уся Чеська Республіка за аналогічний період, а масове випалювання українських лісів не лише

вивільняє депонований вуглець, а й ліквідує природні вуглецеві стоки [7]. Водночас руйнування гідротехнічних споруд, найяскравішим прикладом якого став підрив греблі Каховської ГЕС із втратою понад 14 кубічних кілометрів води та підтопленням 63 тисяч гектарів лісів, призвело до летальних гідродинамічних травм аквабіоти та масштабного нафтового забруднення [7]. Ситуація ускладнюється тривалим вимиванням із нерозірваних боєприпасів ксенобіотиків - тринітротолуол (ТНТ), який є високотоксичною речовиною з потенційним хронічним канцерогенним ефектом, депонується в донних відкладеннях, а гексоген через високу водорозчинність легко мігрує у підземні горизонти, отруюючи питну воду, руйнуючи мікробні ценози та запускаючи процеси біоаккумуляції у вищих трофічних ланцюгах [5, 7].

Не менш глибоких руйнувань зазнає літосфера, де унікальні українські чорноземи піддаються хронічній механічній та хімічній деградації, сумарні збитки яким уже перевищують 1,69 трильйона гривень [6]. Рух важкої гусеничної бронетехніки вагою до 60 тонн викликає критичне ущільнення ґрунтового покриву, що блокує інфільтрацію вологи, знижує аерацію та порушує фундаментальне співвідношення вуглецю до азоту [6, 7]. Регулярні артилерійські удари запускають руйнівні процеси бомботурбації - хаотичного механічного перемішування та перевертання генетичних горизонтів ґрунту внаслідок детонацій, що повністю знищує його родючий шар та пригнічує ґрунтовий мікробіом, зупиняючи процеси природної азотфіксації [5, 6]. Потрапляння хімічних продуктів вибухів створює тривалі екологічні «гарячі точки», де концентрація важких металів у десятки разів перевищує допустимі норми, викликаючи хронічне пригнічення росту фітоценозів, а щільне мінування територій формує штучні зони відчуження, які ізолюють дику природу та вилучають мільйони гектарів земель з обігу [5, 7]. Основним методологічним викликом для сучасної науки при оцінці цих втрат залишається відсутність точних

вихідних даних про стан екосистем до початку конфлікту через небезпеку польових досліджень, що змушує вчених спиратися на тріаду інноваційних методів: оцінку життєвого циклу мілітарної активності, дистанційне зондування Землі за допомогою супутників та економічну валідацію втрачених екосистемних послуг [7].

Масштаб екологічного лиха в Україні знову активізував світову дискусію щодо криміналізації екоциду на міжнародному рівні, коріння якої сягає часів війни у В'єтнамі та масового застосування армією США токсичного дефоліанту Agent Orange, що спричинило довгострокове отруєння діоксинами цілих регіонів [4, 7]. Ключовим прецедентом у цьому контексті є досвід самої України: вона є однією з перших європейських держав, яка закріпила відповідальність за екоцид на законодавчому рівні у статті 441 Кримінального кодексу України ще у 2001 році. Наразі вітчизняні правоохоронні органи здійснюють розслідування десятків кримінальних проваджень за цією статтею щодо дій рф [1]. Ряд держав уже імплементували екоцид у свої кримінальні системи, як-от Франція через Закон про клімат і стійкість із санкціями до десяти років ув'язнення, Еквадор через конституційне визнання суб'єктності та прав Природи, або В'єтнам, який кваліфікує екоцид як злочину проти людяності як у мирний, так і у воєнний час [7]. Сучасний міжнародний рух спрямований на зміну глобального правопорядку, і в червні 2021 року Незалежна експертна група офіційно запропонувала внести зміни до Римського статуту Міжнародного кримінального суду, щоб визнати екоцид п'ятим міжнародним злочином поряд із геноцидом та воєнними злочинами [7]. Це дозволить притягати до персональної відповідальності вище військове керівництво та транснаціональні корпорації, проте практична імплементация цієї норми стикається із серйозними бар'єрами: браком глобального термінологічного консенсусу щодо масштабів шкоди, політичним опором країн із потужним промисловим лобі, а також слабкістю судових та експертних систем у країнах

із високим рівнем корупції чи обмеженими ресурсами, що вимагає значних інвестицій у судову інфраструктуру, створення експертних панелей та розвиток екологічної криміналістики [7].

Єдиним ефективним вектором подолання наслідків мілітарного руйнування довкілля є впровадження комплексних стратегій пом'якшення шкоди, екологічних оцінок та перехід до концепції екологічно орієнтованого повоєнного «зеленого відновлення». Сучасні підходи вимагають від світових армій впровадження суворих внутрішніх регламентів екологічного менеджменту, використання відновлюваних джерел енергії, а також обов'язкового проведення стратегічних екологічних оцінок для мінімізації шкоди екосистемам [7]. Повоєнна екологічна санація та відбудова інфраструктури України має базуватися не на застарілих радянських стандартах, а на принципах декарбонізації, децентралізації енергетичних мереж, впровадженні зелених будівельних практик та мультидисциплінарному підході до сталого розвитку (включаючи залучення Спеціального комітету з проблем довкілля - SCOPE), яка об'єднує зусилля урядів, неурядових організацій та місцевих громад [3, 7]. Ключову роль у цьому процесі мають відігравати спеціалізовані міжнародні фінансові механізми допомоги та інклюзивного планування під егідою ООН та Світового банку, аналогічні нещодавнім резолюціям шостої Асамблеї ООН з навколишнього середовища, які забезпечують розробку технічних керівництв для вимірювання збитків, фінансування гуманітарного розмінування територій природно-заповідного фонду спільно з організаціями типу The HALO Trust та комплексну фіторе mediaцію забруднених ґрунтів [3, 7]. Тільки через синергію жорсткої міжнародної юридичної відповідальності за екоцид та спільного моніторингу екологічного стану за участю локальних громад людство зможе захистити екосистеми планети та зупинити цикли деградації довкілля, які стають тригерами майбутніх збройних конфліктів через дефіцит природних ресурсів [3, 4, 7].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний вебсайт. URL: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення: 21.05.2026).
2. ЕкоЗагроза : офіційна екологічна платформа / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/> (дата звернення: 21.05.2026).
3. Центр екологічних ініціатив «Екодія» : офіційний сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/> (дата звернення: 21.05.2026).
4. The effects of modern war and military activities on biodiversity and the environment / M. J. Lawrence, H. L. J. Stemberger, A. J. Zolderdo et al. *Environmental Reviews*. 2015. Vol. 23, No. 4. P. 443–460. DOI: <https://doi.org/10.1139/er-2015-0039>.
5. Russia–Ukraine war impacts on environment: warfare chemical pollution and recovery prospects / K. Yutilova, E. Shved, G. Rozantsev et al. *Environmental Science and Pollution Research*. 2025. Vol. 32. P. 5685–5702. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-025-36098-9>.
6. Russian-Ukrainian war impacts the total environment / P. Pereira, F. Bašić, I. Bogunovic, D. Barcelo. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 837. Art. 155865. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155865>.
7. Wirtu Y. D., Abdela U. Impact of war on the environment: ecocide. *Frontiers in Environmental Science*. 2025. Vol. 13. Art. 1539520. DOI: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1539520>.

УДК 614.841.42.49

ПОЖЕЖІ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ ЯК ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

О. З. Панилик, ад'юнкт,

О. В. Коцюр, ад'юнкт,

В. В. Попович, доктор технічних наук, професор,

проректор з наукової роботи

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Пожежі у природних екосистемах спричиняють значне техногенне навантаження на атмосферу та прилеглі території. Одним із найбільш небезпечних чинників пожеж у природних екосистемах є продукти горіння, особливо, якщо до складу горючого матеріалу потрапили полімерні складові або небезпечні речовини і матеріали [1]. Пожежі у природних екосистемах є одним із джерел надходження у довкілля небезпечних патогенів та біологічних агентів, а на їх гасіння необхідно залучати велику кількість сил і засобів [3, 7].

Небезпечні біологічні чинники становлять одну з основних загроз для населення, оскільки їхній вплив охоплює не лише здоров'я населення, але й економічну, продовольчу та екологічну безпеку держави. До таких чинників насамперед належать патогенні мікроорганізми – бактерії, віруси, гриби та інші біологічні агенти, які здатні викликати захворювання у людей, тварин і рослин. Їх поширення може призводити до виникнення епідемій, епізоотій та епіфітотій, що супроводжуються значними матеріальними збитками, погіршенням санітарно-епідемічної ситуації та дестабілізацією функціонування окремих галузей господарства.

У Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності проводяться вагомі дослідження пожеж у природних екосистемах – лісових пожеж, пожеж на полях зернових культур, пожеж на сміттєзвалищах, лучних пожеж

тощо [4, 8]. Науковцями розроблено рекомендації щодо локалізації та ліквідації пожеж у природних екосистемах різних середовищ та виконано математичне моделювання процесів розвитку та ліквідації цих явищ [5, 6, 11].

Особливу небезпеку становлять біологічні організми з неконтрольованим механізмом поширення або недостатньо вивченими властивостями. До цієї категорії можуть належати генетично модифіковані мікроорганізми, мутовані штами вірусів, а також нові або малодосліджені інфекційні агенти, вплив яких на довкілля та живі організми ще не має повного наукового обґрунтування. У разі потрапляння таких агентів у природні екосистеми можливі порушення біологічної рівноваги, деградація окремих компонентів довкілля та формування нових осередків небезпечних захворювань. Джерелом інфекційних агентів також слугують сміттєзвалища [9, 10]. Водночас біологічні чинники здатні негативно впливати на аграрний сектор, спричиняючи втрати врожаю, зниження продуктивності тваринництва та погіршення якості сільськогосподарської продукції.

Значна увага сьогодні приділяється ризикам, пов'язаним із поширенням особливо небезпечних інфекційних хвороб. Глобалізаційні процеси, активна міграція населення, розвиток міжнародної торгівлі та зміни клімату сприяють швидкому перенесенню патогенних організмів між країнами та континентами. Це створює умови для виникнення масштабних біологічних надзвичайних ситуацій, які можуть мати транскордонний характер. У таких умовах навіть локальний спалах інфекції здатний за короткий час перерости у міжнародну проблему, що потребує координації дій між державами та міжнародними організаціями [13].

Важливою складовою забезпечення біологічної безпеки країни є здійснення комплексного контролю за джерелами потенційного зараження та проведення первентивних заходів. До таких заходів належать санітарно-епідеміологічний нагляд, лабораторний контроль, біологічний моніторинг довкілля, дотримання правил біозахисту та підвищення рівня готовності

спеціалізованих служб до реагування на загрози біологічного характеру [2, 12]. Особливого значення набувають наукові дослідження у сфері вивчення механізмів поширення патогенних організмів, оцінки їхнього впливу на екосистеми та розроблення ефективних методів локалізації і нейтралізації біологічних загроз.

Отже, небезпечні біологічні чинники є складовою сучасних глобальних ризиків, які впливають на всі сфери життєдіяльності населення. Їх вивчення, прогнозування та попередження є важливими завданнями науки, систем цивільного захисту та державної політики у сфері екологічної та біологічної безпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Kuzyk, A. D., & Tovarianskyi, V. I. (2022). Дослідження пожеж зернових культур з використанням комп'ютерного моделювання. *Пожежна безпека*, 41, 67-72.
2. Malets, I., Popovych, V., Prydatko, O., & Dominik, A. (2018, August). Interactive computer simulators in rescuer training and research of their optimal use indicator. In *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)* (pp. 558-562). IEEE.
3. Renkas, A., Popovych, V., & Rudenko, D. (2022). Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*, 78, 1-98. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.erem.78.1.25581>
4. Voron, V. P., Kuzyk, A. D., Ivashyniuta, S. V., & Tsipan, Y. R. (2024). Лісотипологічне оцінювання природної пожежної небезпеки лісів. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, (27), 76-84. <https://doi.org/10.15421/412415>
5. Кузик А. Д. (2011). Моделювання пожежної небезпеки лісів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21 (16), 104-112.
6. Кузик А. Д. (2011). Оцінювання пожежної небезпеки лісів за умовами погоди. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21 (1), 74-81.

7. Пацева, І., Барабаш, О., Мельник-Шамрай, В., & Пацева, І. (2023). Екологічна оцінка впливу пожеж у природних екосистемах на стан екологічної безпеки Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 59–65, <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-3-8>.

8. Попович, В. В. (2012). Особливості використання транспортних засобів під час транспортування, сортування, утилізації та фітомеліорації твердих побутових відходів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22(10), 90-96.

9. Попович, В. В., & Кучерявий, В. П. (2012). Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека*, 20, 60-66.

10. Попович, В. В., & Кучерявий, В. П. (2012). Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля. *Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету*, 1, 162-166.

11. Товарянський В. І., & Кузик А. Д. (2016). Оцінювання залежності пожежної небезпеки соснових молодняків від віку. *Науковий вісник НЛТУ України*, 26 (5), 220-227.

12. Товарянський, В. І., & Ренкас, А. А. (2024). Аспекти прикордонної взаємодії пожежно-рятувальних підрозділів України та країн Європейського Союзу під час ліквідації пожеж в природних екосистемах. *Пожежна безпека*, 44, 62-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.44.2024.07>.

13. Nova, N., Athni, T. S., Childs, M. L., Mandle, L., & Mordecai, E. A. (2022). Global Change and Emerging Infectious Diseases. *Annual review of resource economics*, 14, 333–354. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-111820-024214>.

УДК 504.5:615.9

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ: АСПЕКТИ ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

*О. Б. Панькевич, доктор філософії, доцент, доцент кафедри
організації і економіки фармації,*

*Б. П. Громовик, д.фарм.н., професор, завідувач кафедри
організації і економіки фармації,*

*О. Р. Левицька, д.фарм.н., професор, професор кафедри
організації і економіки фармації,*

*ДНТ «Львівський національний медичний університет
імені Данила Галицького»*

Фармацевтична безпека (ФБ) є невіддільною частиною національної безпеки і характеризується таким станом розвитку фармації, за якого забезпечується стабільне та гарантоване задоволення потреб населення у рівному доступі до якісної фармацевтичної допомоги. ФБ перебуває у тісному взаємозв'язку з екологічною безпекою в контексті запобігання погіршенню стану довкілля та виникненню ризиків для здоров'я населення. Такий взаємозв'язок ґрунтується на застосуванні принципів зеленої хімії, зеленої інженерії та зеленої фармації, а також на впровадженні ефективних механізмів управління фармацевтичними відходами [1].

Результати глобального дослідження забруднення річок медикаментами у 1052 місцях на 258 річках у 104 країнах показали, що активні фармацевтичні інгредієнти (АФІ) були виявлені у 909 досліджених місцях відбору проб. Варто зауважити, що 53 з 61 досліджуваних АФІ були знайдені принаймні в одному зразку, причому кількість виявлених АФІ в різних країнах коливалася від 0 (Ісландія та Венесуела) до 37 (США) [2].

В Україні системний моніторинг забруднення поверхневих вод медикаментами залишається вкрай обмеженим через недостатнє фінансування та недосконалість

нормативно-правової й методологічної бази. У цьому контексті метою проведеного дослідження було отримання емпіричних даних, що дозволяють оцінити реальний стан моніторингу та фактичний рівень забруднення поверхневих вод Львівської області медикаментами.

Для реалізації поставленої мети дослідження було застосовано загальнонаукові методи, зокрема системний підхід, контент-аналіз, порівняльний аналіз та узагальнення. [3]. Окрім цього, відповідно до Закону України «Про доступ до публічної інформації» [4] 28.04.2026 р. було надіслано запит для одержання даних стосовно показників забруднення медикаментами поверхневих вод Львівської області.

У процесі аналізу інформації щодо забруднення поверхневих вод Львівської області медикаментами, розміщеної на офіційних вебресурсах органів виконавчої влади станом на 28.04.2026 р., було ідентифіковано Аналітичну записку щодо моніторингу стану атмосферного повітря, вод та ґрунтів Львівської області в динаміці за четвертий квартал 2025 року та січень - лютий 2026 року (А3) [5]. На основі аналізу інформації, викладеної в А3, було встановлено, що згідно з Наказом Міністерства економіки, довкілля та сільського господарства України (Мінекономіки) від 27.01.2026 № 1250 «Про затвердження Програми державного моніторингу вод», мережа державного моніторингу якості поверхневих вод Львівської області у 2026 році складається із 40 затверджених пунктів спостережень, у т. ч. 12 у басейні р. Західний Буг, 21 у басейні р. Дністер, 5 у басейні р. Сян, 2 у басейні р. Дніпро (суббасейн р. Прип'ять). Водночас упродовж січня 2026 року відбір проб у окремих пунктах не здійснювався через відсутність на той час затвердженої Програми. При цьому, як зазначено в А3, аналізи якості води включають визначення 79–84 фізико-хімічних та хімічних показників, серед яких лише частково враховані показники органічного забруднення медикаментами.

З огляду на те, що в А3 не було представлено інформації про конкретні кількісні та якісні показники забруднення медикаментами поверхневих вод Львівської області, відповідно

до положень Закону України «Про доступ до публічної інформації», нами було направлено запит до Львівської обласної військової адміністрації (ЛОВА), у структурі якої функціонує Департамент екології та природних ресурсів, що й опублікував зазначену АЗ. ЛОВА розглянула запит на публічну інформацію від 28.04.2026 № 00341 (реєстраційний номер № 31-П-23) та в межах компетенції повідомила, що Департамент забезпечує узагальнення та підготовку аналітичних матеріалів про стан довкілля в динаміці, надані суб'єктами моніторингу регіонального рівня в частині моніторингу атмосферного повітря, вод та ґрунтів. Запит було скеровано за належністю до Басейнового управління водних ресурсів (БУВР) річок Західного Бугу та Сяну, що є суб'єктом моніторингу, який здійснює забір проб для аналізу визначення забруднень поверхневих вод, для розгляду та надання відповіді по суті у визначений законодавством термін. За даними БУВР Західного Бугу та Сяну (лист відповідь від 06.05.2026 р. № 14/737 за підписом начальника управління) згідно з програмами державного моніторингу вод, затверджених наказом Міндовкілля України від 08.01.2025 р. № 29 та наказом Мінекономіки від 27.01.2026 р. № 1250, моніторинг якості води Львівської області протягом IV кварталу 2025 р. – I кварталу 2026 р. проводився щомісячно. На 46 пунктах моніторингу із 48 проводили спостереження за вмістом АФІ, а саме за концентраціями карбамазепіну, триклозану та флуконазолу. При цьому за вказаний період у поверхневих водах Львівської області виявляли лише триклозан.

Таким чином, результати проведеного дослідження засвідчили, що моніторинг якості поверхневих вод Львівської області щодо забруднення медикаментами здійснюється за обмеженим переліком (лише три АФІ: карбамазепін, триклозан та флуконазол). Такий вузький спектр контрольованих АФІ не дозволяє сформувати об'єктивне уявлення про фактичний рівень фармацевтичного навантаження на водні екосистеми регіону. Це зумовлює ризик недооцінки потенційної загрози для населення та довкілля, позаяк значна частина медикаментів, що широко застосовується у медичній практиці,

залишається поза сферою контролю. Тому обґрунтовано є необхідність розширення переліку контрольованих АФІ, впровадження сучасних аналітичних методів, а також створення єдиної регіональної бази для системного відстеження динаміки фармацевтичного навантаження на водні екосистеми Львівської області.

Фінансування: дослідження виконано у межах НДР «Розроблення екологічно-економічної концепції хімічної трансформації непридатних лікарських засобів у реагенти для фармацевтичного синтезу» № 0126U001771, що фінансується МОЗ України коштом державного бюджету на 2026-2028 рр. (наказ МОЗ України від 27.01.2026 р. № 98).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Hromovyk, B. P., & Pankevych, O. B. (2024). The role and place of pharmaceutical security in the national security system. *Odesa Medical Journal*, (4), 78–83. <https://doi.org/10.32782/2226-2008-2024-4-13>.
2. Wilkinson, J. L., Boxall, A. B. A., Kolpin, D. W., Leung, K. M. Y., Lai, R. W. S., Galbán-Malagón, C., Adell, A. D., Mondon, J., Metian, M., Marchant, R. A., et al. (2022). Pharmaceutical pollution of the world's rivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(8), e2113947119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2113947119>.
3. Vazhynskyi, S. E., & Shcherbak, T. I. (2016). *Metodyka ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen: Navchalnyi posibnyk*. Sumy: Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko. Retrieved from <https://surl.lu/xxtvcb>.
4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2011, January 13). *Zakon Ukrainy «Pro dostup do publichnoi informatsii» № 2939-VI (redaktsiia vid 08.08.2025)*. Retrieved from <https://surl.li/buxbpb>.
5. Lviv Regional Military Administration. (2026). *Analychna zapyska shchodo monitorynhu stanu atmosfernoho povitria, vod ta truntiv Lvivskoi oblasti v dynamitsi za IV kvartal 2025 roku ta sichen – liutyi 2026 roku*. Retrieved from <https://loda.gov.ua/useful-info/51653?authorId=17111>.

УДК 622.7:504.5:628.4:614.8

ЕКОЛОГО-ТЕХНОГЕННА НЕБЕЗПЕКА ХВОСТОСХОВИЩ ТА ЗАХОДИ З ВИВЕДЕННЯ ЇХ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Т. К. Скиба, доктор філософії, науковий співробітник
ВОНДД НДЦ ЛДУБЖД*

Хвостосховища належать до найбільш небезпечних об'єктів промислової інфраструктури, оскільки акумулюють значні обсяги тонкодисперсних відходів, технологічної води та хімічних компонентів, що можуть мігрувати у ґрунти, поверхневі й підземні води. За даними OSCE, станом на 2019 р. в Україні ідентифіковано 465 хвостосховищ, у яких зберігалось понад 6 млрд т відходів різних галузей промисловості; у Донецькій і Луганській областях обліковано 200 таких об'єктів із 939 млн т промислових відходів [1]. У сучасних умовах війни, старіння гідротехнічних споруд, обмеженого доступу до частини територій та дефіциту регулярного моніторингу ці об'єкти формують довготривалу еколого-техногенну загрозу.

Метою роботи є узагальнення основних чинників екологічної небезпеки хвостосховищ та визначення першочергових заходів, необхідних для їх безпечного виведення з експлуатації. Наукові джерела свідчать, що хвости після складування зазнають фізико-хімічних змін, зокрема окиснення, вилугування і підвищення рухомості потенційно токсичних компонентів [2]. У разі порушення стійкості дамби або переповнення відстійної чаші забруднювачі можуть потрапляти у річкові басейни, впливати на якість води, донні відклади, ґрунти, біоту та здоров'я населення на значній відстані від джерела аварії [2].

Статистика хвостосховищ України та Донбасу

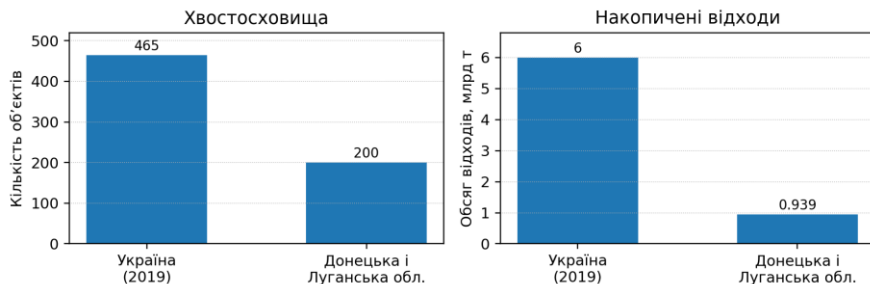


Рисунок 1 – Кількісні показники хвостосховищ України та Донбасу за матеріалами OSCE [1]

Глобальний контекст підтверджує масштаб проблеми. Відкритий Global Tailings Portal містить розкриття щодо 1805 хвостосховищ, 692 гірничих майданчиків і 222 компаній [3]. Водночас науковий аналіз Lin та співавт. охоплює 342 аварії хвостосховищ у світі за 1915–2021 рр. [4], що свідчить про системність проблеми та необхідність переходу від реагування на аварії до попередження ризиків. Для України особливо важливими є об'єкти, розташовані біля водних об'єктів, населених пунктів, транспортної інфраструктури та в районах, де ускладнене технічне обслуговування.

Основними шляхами формування екологічної небезпеки є: фільтрація забруднених вод через основу та борти хвостосховища; поверхневий стік під час інтенсивних опадів; пилове винесення дрібнодисперсних частинок із відкритих «сухих пляжів»; руйнування або деформація дамб; вторинне забруднення донних відкладів і заплав. Для окремих промислових об'єктів небезпека посилюється наявністю важких металів, солей, нафтопродуктів, фенольних, ціанідних або інших технологічних домішок, склад яких залежить від виду виробництва. У дослідженні Л. Рудакова серед причин аварій названо порушення стійкості укосу дамб, переповнення

проектної ємності, сейсмічні чинники, а також недостатній контроль технічного стану споруд [5].

Модель формування еколого-техногенного ризику

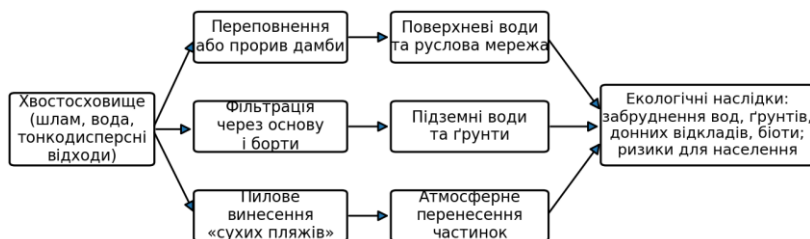


Рисунок 2 – Узагальнена схема формування еколого-техногенного ризику хвостосховищ

Виведення хвостосховища з експлуатації не може обмежуватися припиненням приймання відходів. Воно має включати інвентаризацію та паспортизацію об'єкта; оцінку класу наслідків і сценаріїв аварій; гідрогеологічне обстеження; визначення складу відходів; зниження рівня рідкої фази; стабілізацію дамб і укосів; облаштування дренажу та відведення поверхневих вод; пилопригнічення або покриття сухих ділянок; рекультивацію території; організацію постійного моніторингу ґрунтових і поверхневих вод. Global Industry Standard on Tailings Management передбачає управління хвостосховищами протягом усього життєвого циклу — від планування і експлуатації до закриття та постзакриття [6].

Отже, хвостосховища слід розглядати як об'єкти тривалої екологічної відповідальності. Найбільш ефективною є ризик-орієнтована модель управління, яка поєднує відкритий цифровий облік, технічну діагностику, регулярний екологічний моніторинг, аварійне планування та поетапну рекультивацію. Для України пріоритетними є оновлення реєстру хвостосховищ, визначення відповідальних балансоутримувачів, першочергове

обстеження об'єктів у водозбірних басейнах і зонах воєнного впливу, а також приведення процедур закриття до міжнародних стандартів безпеки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Donbas Tailings Storage Facilities. *Organization for Security and Co-operation in Europe*. URL: <https://www.osce.org/project-coordinator-in-ukraine/456844> (date of access: 15.06.2026).
2. Kossoff, D., Dubbin, W. E., Alfredsson, M., Edwards, S. J., Macklin, M. G., & Hudson-Edwards, K. A. (2014). Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry*, 51, 229–245. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.09.010>.
3. *Global Tailings Portal*. URL: <https://tailing.grida.no/>.
4. Lin, S.-Q., Wang, G.-J., Liu, W.-L., Zhao, B., Shen, Y.-M., Wang, M.-L., & Li, X.-S. (2022). Regional Distribution and Causes of Global Mine Tailings Dam Failures. *Metals*, 12(6), 905. <https://doi.org/10.3390/met12060905>.
5. Rudakov L.M. Environmental and operational safety of tailing storage facilities: analysis of accidents, causes and technical state diagnostic methods. Екологічна безпека та природокористування. 2023. № 2(46). С. 66–84.
6. Global Tailings Review. Global Industry Standard on Tailings Management. 2020. URL: <https://globaltailingsreview.org/global-industry-standard/>.

УДК 504.5:623.4:355.01

ВПЛИВ ВИБУХІВ БОЄПРИПАСІВ НА ПОГІРШЕННЯ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ

*Ю. Ю. Дідовець, PhD, Національний університет
цивільного захисту України*

В умовах повномасштабної військової агресії проти України суттєво зростає техногенне навантаження на навколишнє природне середовище. Одними з найбільш небезпечних наслідків бойових дій є забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод продуктами вибухів боєприпасів, важкими металами, залишками вибухових речовин, паливно-мастильними матеріалами, а також біологічними відходами. У сучасних умовах питання екологічної безпеки та відновлення забруднених земель набувають надзвичайно важливого значення.

Вплив вибухів боєприпасів на ґрунти має комплексний характер та супроводжується низкою фізичних і хімічних процесів. До основних негативних наслідків належать утворення кратерів і воронок, зміна структури ґрунту внаслідок компресійного впливу ударної хвилі, забруднення територій уламками боєприпасів та залишками вибухових речовин [1]. У результаті вибухів у навколишнє середовище потрапляє значна кількість токсичних речовин, що призводить до деградації ґрунтового покриву та порушення природних процесів у екосистемах.

Під час детонації боєприпасів у ґрунт надходять важкі метали, серед яких найбільш небезпечними є свинець, мідь, хром, нікель, цинк та марганець. Дані речовини характеризуються високою токсичністю та здатністю накопичуватися у верхніх шарах ґрунту. Дослідження показують, що концентрації важких металів на військових полігонах та територіях ведення бойових дій можуть у декілька разів перевищувати фонові значення. Особливо небезпечним є свинець, який широко використовується у боєприпасах стрілецької зброї та артилерії. Відомо, що одна куля

може містити до 97 % свинцю, а також домішки сурми, миш'яку, нікелю та міді.

Свинець є малорухливим забруднювачем, тому він накопичується переважно у верхньому шарі ґрунту, змінюючи його фізико-хімічні властивості, зокрема кислотність, вологість та здатність до катіонного обміну. У деяких випадках концентрація свинцю у ґрунтах військових полігонів перевищує 1000 мг/кг при гранично допустимій концентрації 32 мг/кг [2]. Це створює значну небезпеку для живих організмів та може призводити до потрапляння токсичних речовин у харчовий ланцюг.

Суттєву екологічну небезпеку становлять також органічні вибухові речовини, зокрема тринітротолуол, гексоген та октоген. Дані сполуки характеризуються високою токсичністю та стійкістю до природного розкладання. Вони здатні тривалий час зберігатися у ґрунтах та підземних водах, негативно впливаючи на мікроорганізми, рослинність, тварин та людину.

Важливою особливістю забруднення територій унаслідок вибухів є пролонгований та кумулятивний характер впливу. Значна частина токсичних речовин характеризується стійкістю до біодеградації, гідролізу та випаровування, що зумовлює їх тривале накопичення у навколишньому середовищі. У результаті цього забруднювачі можуть поступово мігрувати до нижніх шарів ґрунту та потрапляти у ґрунтові води. Подібні процеси створюють довготривалу екологічну небезпеку навіть після завершення бойових дій.

Негативний вплив вибухів проявляється не лише у хімічному забрудненні. Потужна ударна хвиля призводить до ущільнення ґрунту, зміни його структури та порушення природних процесів аерації. Утворення кратерів і воронок сприяє руйнуванню родючого шару ґрунту та прискорює ерозійні процеси. Крім того, вибухи часто супроводжуються займанням рослинного покриву, що додатково погіршує екологічний стан територій.

Воєнні дії негативно впливають не лише на окремі компоненти навколишнього природного середовища, а й на функціонування екосистем у цілому. Постійні обстріли, вибухи

боєприпасів, переміщення важкої техніки та руйнування інфраструктури призводять до масштабної деградації земель, знищення рослинного покриву та порушення природного балансу територій. Особливо небезпечним є порушення родючого шару ґрунту, який формується протягом десятків і сотень років, але може бути зруйнований упродовж короткого часу внаслідок інтенсивних бойових дій.

Внаслідок вибухів значно погіршуються фізичні властивості ґрунтів. Відбувається ущільнення ґрунтових шарів, знижується їх водопроникність та погіршується аерація. Це негативно впливає на розвиток рослинності та активність ґрунтових мікроорганізмів, які забезпечують природні процеси самоочищення екосистем. У місцях інтенсивних бойових дій спостерігається різке скорочення біорізноманіття, знищення природних місць існування тварин і рослин, а також порушення трофічних зв'язків між компонентами екосистем.

Суттєвої шкоди довкіллю завдають пожежі, що виникають унаслідок обстрілів та вибухів. Горіння лісових масивів, сухої рослинності та об'єктів інфраструктури супроводжується викидом значної кількості токсичних продуктів згоряння в атмосферне повітря. До складу димових газів можуть входити оксиди азоту, чадний газ, дрібнодисперсні тверді частинки, канцерогенні сполуки та важкі метали. Це призводить до погіршення якості атмосферного повітря та створює додаткові ризики для здоров'я населення.

Забруднення довкілля у районах ведення бойових дій має транскордонний та довготривалий характер. Токсичні речовини можуть переноситися повітряними потоками та водними системами на значні відстані від місць їх утворення. У результаті цього забруднення поширюється не лише на території безпосереднього ведення бойових дій, а й на суміжні регіони. Особливу небезпеку становить потрапляння токсичних речовин до річок, водойм та джерел питної води.

Погіршення екологічного стану територій негативно впливає і на соціально-економічну сферу. Забруднення земель призводить до втрати сільськогосподарських угідь, зниження врожайності культур та обмеження використання природних

ресурсів. Відновлення порушених екосистем потребує значних фінансових витрат і тривалого часу, а в окремих випадках повне відновлення природного стану територій може бути неможливим.

Окрему проблему в умовах війни становлять біологічні відходи, які утворюються внаслідок руйнування тваринницьких комплексів. Біологічні відходи становлять комплексну небезпеку для навколишнього природного середовища та населення. У процесі розкладання органічних решток у ґрунт потрапляють токсичні речовини, а також збудники небезпечних інфекційних захворювань. Особливу небезпеку це становить у районах, де відсутня належна система збору, транспортування та утилізації таких відходів. Захоронення біологічних відходів без дотримання екологічних вимог може призводити до тривалого забруднення земель та скорочення площ придатних для сільськогосподарського використання ґрунтів.

Таким чином, бойові дії призводять до масштабного та довготривалого негативного впливу на навколишнє природне середовище. Забруднення ґрунтів важкими металами, вибуховими речовинами та біологічними відходами створює серйозну загрозу екологічній безпеці, здоров'ю населення та відновленню природних екосистем.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дідовець Ю.Ю. Технології рекультивації земель місць знешкодження боєприпасів: дис. доктора філософії (PhD): спец. 183 – Технології захисту навколишнього середовища. – Черкаси, 2025 рік.-144с .
2. Михайлюк В. І. Хімічний склад ґрунтів вирв у зонах вибухів мін і снарядів: оцінка воєнно-техногенного забруднення // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2025. Т. 30, № 1(46). С. 107–121. DOI: 10.18524/2303-9914.2025.1(46).332359.

СЕКЦІЯ 4. ВЗАЄМОДІЯ СЛУЖБ РЕАГУВАННЯ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

УДК 577

БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В КОНТЕКСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ДСНС УКРАЇНИ

А. Д. Кузик, доктор сільськогосподарських наук, професор

В. В. Попович, доктор технічних наук, професор

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Питання біологічної безпеки в сучасних умовах, особливо в умовах війни, набуває особливого характеру. Поряд із воєнними, техногенними, кліматичними загрозами, біологічна є вагомим чинником впливу на глобальні процеси. На теперішній час в умовах кліматичних змін та пов'язаних з ними природних катаклізмів, складної політичної ситуації в світі, пов'язаної з загостренням конфліктів між державами, пандемій, а особливо в умовах воєнних дій, є високий ризик виникнення надзвичайних ситуацій, зумовлених біологічними загрозами. Запобігання та протистояння таким загрозам є актуальним завданням держави та ДСНС України, закріпленим на законодавчому рівні. Найбільш вагомими чинниками біологічної небезпеки є утворення та поводження з різного роду відходами, пожежі в природних екосистемах, викиди в атмосферу летких речовин з промислових підприємств, продукти горіння неповного розпаду тощо [3, 4, 7, 8].

У Кодексі цивільного захисту України врегульовані відносини, пов'язані із захистом населення, територій, навколишнього природного середовища та майна від надзвичайних ситуацій, пожеж та інших небезпечних подій, реагуванням на них. У статті 2 сформульовано терміни та визначення, до яких належить небезпечний чинник - складова частина небезпечного явища (пожежа, вибух, викидання,

загроза викидання небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічно небезпечних речовин) або процесу, що характеризується фізичною, хімічною, біологічною чи іншою дією (впливом), перевищенням нормативних показників і створює загрозу життю та/або здоров'ю людини. У статті 17¹ сформульовані повноваження центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, до яких належить забезпечення в межах своїх повноважень реалізації державної політики з питань медичного та біологічного захисту населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій. Стаття 37 присвячена біологічному захисту населення, тварин і рослин [2].

У пп. 32 п. 4 «Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 16.12.2015 № 1052, вказано, що ДСНС відповідно до покладених на неї завдань здійснює реалізацію державної політики з питань медичного та біологічного захисту населення в разі виникнення надзвичайних ситуацій [9].

У п. 4 ч. 1 розділу VI Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, затвердженого наказом Міністерства внутрішніх справ України 26.04.2018 № 340 вказано, що радіаційне, хімічне і біологічне забезпечення здійснюється з метою створення підрозділам ОРС ЦЗ умов для виконання поставлених завдань в обстановці радіаційного і хімічного забруднення та біологічного зараження, захисту населення в зоні забруднення шляхом евакуації, укриття в захисних спорудах та проведення спеціальної обробки. П. 3 ч. 2 цього розділу вказано, що спеціальна розвідка організовується з метою отримання додаткових даних про характер обстановки в районі НС і поділяється на радіаційну, хімічну, інженерну, пожежну, медичну і біологічну. Спеціальна розвідка проводиться у взаємодії зі спеціалізованими службами цивільного захисту. А у п. 2 ч. 4 вказано, що керівник органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ під час організації радіаційного, хімічного і біологічного забезпечення визначає: основні

завдання під час проведення хімічної і радіаційної розвідки; послідовність виконання завдань (заходів); порядок проведення спеціальної обробки підрозділів (об'єктів); завдання підрозділів РХБ захисту, а також особового складу і техніки, виділених для виконання завдань радіаційного, хімічного і біологічного забезпечення; послідовність і строки забезпечення підрозділів засобами індивідуального і колективного захисту [6].

Наказ МВС від 21.05.2024 № 326 «Про затвердження тематики наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок на 2025-2029 роки» регламентує тематику досліджень, де одним із аспектів є біологічна безпека та захист, а саме п. 25. Актуальні проблеми розвитку єдиної державної системи цивільного захисту, реалізації заходів захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій в умовах дії правового режиму воєнного стану та післявоєнний період. Методи та засоби запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування на них та ліквідації наслідків таких ситуацій і знешкодження засобів ураження. Моделювання та прогнозування стану навколишнього природного середовища, технологій подолання негативних впливів на нього. Хімічна, біологічна, радіаційна, ядерна безпека та захист [5].

Аналіз нормативно-правових документів дає змогу оцінити вагомість державної політики у сфері біологічної безпеки держави. Для забезпечення належного рівня біологічної безпеки необхідно перш за все проводити якісний моніторинг довкілля, організацій, установ, які використовують біологічні агенти. Для зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру необхідно підвищувати рівень обізнаності працівників всіх рівнів та населення. У службовій діяльності слід відпрацьовувати операційні процедури реагування на надзвичайні ситуації з наявністю біологічно небезпечних речовин, спільно з центрами контролю та профілактики хвороб та службами цивільного захисту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Renkas, A., Popovych, V., & Rudenko, D. (2022). Optimization of Fire Station Locations to Increase the Efficiency of Firefighting in Natural Ecosystems. *Environmental Research, Engineering and Management*, 78, 1-98. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.erem.78.1.25581>
2. Кодекс цивільного захисту України. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, 458.
3. Кузик А. Д. (2011). Моделювання пожежної небезпеки лісів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21 (16), 104-112.
4. Кузик А. Д. (2011). Оцінювання пожежної небезпеки лісів за умовами погоди. *Науковий вісник НЛТУ України*, 21 (1), 74-81.
5. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 21.05.2024 № 326 «Про затвердження тематики наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок на 2025-2029 роки».
6. Наказ Міністерства внутрішніх справ України від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж».
7. Попович В. В. (2012). Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. *Науковий вісник НЛТУ України*, 22 (11), 119-128.
8. Попович, В. В., Бучковський, А. І., & Попович, Н. П. (2013). Логістична система транспортування небезпечних відходів в умовах міста. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, (8), 166-171.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 16.12.2015 № 1052 «Положення про Державну службу України з надзвичайних ситуацій».

УДК 351.862:004.932

ДЕЯКІ ПИТАННЯ КООРДИНАЦІЇ ДІЙ МУНІЦИПАЛІТЕТУ ТА ЕКСТРЕННИХ СЛУЖБ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ІЗ ЗАЛУЧЕННЯМ ЦЕНТРУ БЕЗПЕКИ МІСТА ТА СИСТЕМИ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ

М. Л. Смілевський, к.ю.н., начальник управління безпеки та вуличної інфраструктури ДММВІ Львівської міської ради

Повномасштабне вторгнення Росії в Україну поставило перед органами місцевого самоврядування нові виклики в сфері управління надзвичайними ситуаціями. Міста, що знаходяться в тилу, зокрема Львів, зазнають регулярних ударів із застосуванням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та ракет, що потребує чіткої та оперативної координації між муніципальними структурами, аварійними та екстреними службами, а також комунальними підприємствами при подоланні наслідків атак. Так, у 2026 році Львів неодноразово ставав об'єктом ворожих атак: 11 лютого місто зазнало удару гіперзвуковими аеробалістичними ракетами «Кинджал», а 24 березня — масованого нальоту ударними БПЛА типу «Шахед», внаслідок якого було уражено три локації у Галицькому та Сихівському районах, пошкоджено 24 житлові будинки, пам'ятку архітектури на пл. Соборній, понад 1000 вікон у багатоквартирних будинках на просп. Червоної Калини та сім одиниць громадського транспорту, постраждали 26 підприємств малого бізнесу.

Ключовим елементом у системі реагування на такі події є Центр безпеки міста, що функціонує на базі ЛКП «Муніципальна варта» та дії в координації з Управлінням безпеки та вуличної інфраструктури ДММВІ Львівської міської ради. Станом на теперішній час у Львові функціонує понад 2000 камер відеоспостереження, з різного роду аналітиками та системами розпізнавання, підключених до Центру безпеки

міста, де цілодобовий моніторинг здійснюється диспетчерами. Паралельно з містом діють ситуаційні центри у ГУНП у Львівській області, ГУ ДСНС у Львівській області, ситуаційна кімната Управління патрульної поліції, Антитерористичний центр при СБУ та інші. Така децентралізована, але взаємопов'язана архітектура забезпечує оперативний обмін даними між різними відомствами в режимі реального часу.

Система відеоспостереження виконує щонайменше три критично важливі функції в кризових ситуаціях. По-перше, вона забезпечує фіксацію місць ураження одразу після удару — операторам Центру безпеки вдається визначити локації влучань ще до прибуття перших екіпажів екстрених служб. По-друге, відеопотік використовується для прокладення маршрутів аварійних служб через незаблоковані ділянки вулично-дорожньої мережі в умовах можливих завалів або пожеж. По-третє, відеозаписи слугують доказовою базою для документування воєнних злочинів та підтвердження цивільного характеру уражених об'єктів. Зокрема, за результатами обстеження пошкоджень від атаки 24 березня 2026 року було задокументовано, що місцем ураження є цивільна забудова, що підтверджує терористичний характер дій агресора.

Управління безпеки та вулично-ї інфраструктури відповідає за розвиток і підтримку загальноміської системи відеонагляду, а також за інформаційне та організаційне забезпечення повноважень у сфері правопорядку, безпеки й охорони прав громадян. ЛКП «Муніципальна варта» у свою чергу не лише здійснює охорону громадського порядку, а й за умов надзвичайних подій допомагає екстреним службам в охороні об'єктів, на яких сталися такі події.

Досвід ліквідації наслідків атак у Львові виявив низку системних проблем, що потребують вирішення. Передусім – відсутність єдиного оперативного штабу, який би в режимі реального часу інтегрував дані від усіх ситуаційних центрів міста. Наявна модель передбачає координацію між структурами *de facto*, проте без чітко регламентованого протоколу обміну інформацією під час активної фази

надзвичайної ситуації. Крім того, виникають труднощі із залученням комунальних підприємств (водопостачання, газорозподільні мережі, електропостачання) до єдиного контуру управління інцидентом у перші хвилини після удару.

Для підвищення ефективності антикризового управління в умовах воєнного часу пропонується:

1) впровадити єдиний цифровий протокол взаємодії між Центром безпеки міста, ДСНС, швидкою медичною допомогою та комунальними підприємствами на базі інтегрованої платформи ситуаційної обізнаності;

2) продовжувати розвиток мережі камер відеоспостереження із пріоритетним охопленням об'єктів критичної інфраструктури та житлових кварталів, зі встановленням відповідного серверного обладнання;

3) запровадити регулярні міжвідомчі навчання для відпрацювання сценаріїв комбінованих атак із залученням персоналу Центру безпеки міста, патрулів ЛКП «Муніципальна варта», аварійних служб та представників комунальних підприємств.

Ефективна організація системи забезпечення безпеки має надзвичайно важливе значення для формування стійкості міст. Саме на місцевому рівні відбувається первинне реагування та локалізація загроз і надзвичайних ситуацій. З огляду на це, питання координації дій, міжвідомчої співпраці, взаємодії з населенням, є актуальними.

Для цього як на державному, так і на місцевому рівні важливо завчасно ідентифікувати ризики та загрози, оцінювати відповідні спроможності, виявляти вразливості, поширювати необхідні знання й навички, формувати необхідні резерви, діяти за можливістю на упередження, вирішувати складні питання, які перешкоджають сталому розвитку.

Усі заходи в державі у сфері забезпечення стійкості мають відбуватись у рамках єдиного циклу та бути узгодженими на всіх рівнях.

Таким чином, ефективна координація муніципалітету й екстрених служб при надзвичайних ситуаціях воєнного

характеру неможлива без розвиненої цифрової інфраструктури відеоспостереження та чітко регламентованих механізмів міжвідомчої взаємодії. Львівська модель, що базується на Центрі безпеки міста, є перспективним напрямом для масштабування та вдосконалення в умовах тривалого збройного конфлікту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Семенюк О. Атака «шахедів» на Львів: наслідки і подробиці. Львівська Пошта. 26 березня 2026 р. URL: <https://www.lvivpost.net/war/ataka-shahediv-na-lviv-naslidky-i-podrobytsi/>.

2. Обстріли Львова та області (з 2022). Вікіпедія. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Обстріли_Львова_та_області_\(з_2022\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Обстріли_Львова_та_області_(з_2022)).

3. Національні системи оцінювання ризиків і загроз: кращі світові практики, нові можливості для України : аналіт. доп. / [Резнікова О. О., Войтовський К. Є., Лепіхов А. В.] ; за заг. ред. О. О. Резнікової. Додаток 2. Київ : НІСД, 2020. 84 с. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-07/dopovid.pdf>

4. Fjader Christian. The nation-state, national security and resilience in the age of globalisation. Resilience. 2014. 2:2. Pp. 114-129. URL: <https://doi.org/10.1080/21693293.2014.914771>

5. Про затвердження Порядку координації діяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, військових формувань, підприємств, установ і організацій незалежно від форм власності з питань запобігання, виявлення та усунення наслідків несанкціонованих дій щодо державних інформаційних ресурсів в інформаційних, телекомунікаційних та інформаційно-телекомунікаційних системах: Наказ Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку і захисту інформації України від 10.06.2008 № 94. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0603-08#Text>.

УДК 614.842:351.861:614.876:614.878

СПЕЦІАЛЬНА РОЗВІДКА В ЗОНАХ РАДІАЦІЙНОГО ТА ХІМІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ: ОРГАНІЗАЦІЯ ДІЙ СЛУЖБ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА СОЦІАЛЬНІ ГАРАНТІЇ ФАХІВЦІВ

Ю. Ю. Даньшин, начальник служби радіаційного, хімічного та біологічного захисту,

ГУ ДСНС України у Харківській області

А. О. Онацька, начальник групи радіаційного, хімічного та біологічного захисту, Аварійно-рятувальний загін спеціального призначення Головного управління ДСНС України у Харківській області

Спеціальна розвідка є основою ефективного реагування служб цивільного захисту, оскільки саме вона дозволяє своєчасно визначити межі зараження, рівень загрози для населення та необхідність проведення евакуаційних і захисних заходів. Водночас діяльність фахівців, які працюють у небезпечних умовах, потребує належного правового, соціального та медичного забезпечення.

Спеціальна розвідка - комплекс заходів, що організовуються і проводяться в місцях виникнення надзвичайної ситуації з метою одержання в повному обсязі відомостей про пожежну, інженерну, радіаційну, хімічну, бактеріологічну обстановку тощо.

Основною метою таких заходів є забезпечення органів управління необхідними даними для прийняття оперативних рішень щодо ліквідації наслідків надзвичайної ситуації.

До основних завдань належать:

1. Визначення меж зараження;
2. Виявлення джерел небезпеки;
3. Контроль рівня радіації та концентрації хімічних речовин;
4. Встановлення безпечних маршрутів руху;
5. Оцінка можливості перебування населення у зоні ураження;
6. Забезпечення безпеки рятувальних підрозділів;
7. Прогнозування подальшого поширення зараження.

Радіаційна розвідка спрямована на виявлення рівнів радіоактивного забруднення місцевості, техніки, води та повітря.

Хімічна розвідка забезпечує виявлення небезпечних хімічних речовин, визначення їх концентрації та прогнозування поширення зараження.

Організація роботи служб цивільного захисту базується на принципах оперативності, безперервності, достовірності та безпеки особового складу.

Організаційну структуру спеціалізованих служб, кількість їх підрозділів визначають керівники органів, суб'єктів господарювання, які утворили такі служби, з урахуванням техногенно-екологічної та природної обстановки, виробничих умов, функціонального призначення, обсягів виконання завдань із запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків, захисту населення і території у мирний час та особливий період, наявності та стану матеріально-технічної бази.

Спеціалізовану службу очолює керівник відповідного органу управління такої служби.

Фахівці цивільного захисту виконують службові обов'язки в умовах підвищеної небезпеки, тому держава забезпечує їм спеціальні соціальні гарантії (доплати за ризик, компенсації за роботу у шкідливих умовах, профілактичні огляди, психологічну допомогу, пільговий стаж, одноразові виплати).

Держава забезпечує компенсації та соціальний захист сімей у разі загибелі або втрати працездатності фахівців.

До виконання завдань спеціальної розвідки залучаються підрозділи ДСНС, медичні служби, військові формування, екологічні та аварійно-рятувальні служби.

Пожежно-рятувальні служби відповідно до покладених на них завдань:

проводять спеціальну розвідку в місцях виникнення надзвичайних ситуацій, шляхів руху сил цивільного захисту та маршрутів евакуації;

проводять першочергові (невідкладні) роботи в осередках пожеж, їх гасіння, а також під час виникнення аварій, катастроф, стихійного лиха;

забезпечують органи управління і сили протипожежної служби необхідними матеріально-технічними засобами для

запобігання виникненню надзвичайних ситуацій та ліквідації їх наслідків у разі виникнення таких ситуацій;

беруть участь у визначенні потреб у матеріальних ресурсах, необхідних для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт;

координують дії з планування та здійснення організаційних та інженерно-технічних заходів щодо підвищення рівня протипожежного захисту об'єктів і територій;

координують діяльність пожежно-рятувальних підрозділів місцевої та добровільної пожежної охорони, у тому числі у складі центрів безпеки (у разі їх створення).

Для захисту персоналу використовуються засоби індивідуального захисту (протигази, респіратори, захисні костюми, гумові рукавички, захисні окуляри, дозиметри) та засоби колективного захисту (захисні споруди, фільтровентиляційні системи, герметичні приміщення, укриття цивільного захисту).

Важливим елементом безпеки є контроль часу перебування працівників у небезпечній зоні та постійний медичний нагляд.

Після завершення робіт проводяться дезактивація техніки, дегазація обладнання та санітарна обробка особового складу.

Сучасні технології, зокрема дрони, що забезпечують дистанційний моніторинг, аерофотозйомку та швидку передачу інформації та геоінформаційні системи, які використовуються для створення карт зараження, прогнозування поширення небезпеки та координації рятувальних підрозділів, значно підвищують ефективність спеціальної розвідки.

Основними проблемами системи спеціальної розвідки залишаються недостатнє фінансування, застаріле обладнання, нестача сучасних засобів захисту, психологічне навантаження на персонал та дефіцит кваліфікованих кадрів.

Подальший розвиток системи спеціальної розвідки потребує модернізації технічної бази, підвищення рівня професійної підготовки персоналу та вдосконалення соціальних гарантій.

СЕКЦІЯ 5. ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ ПРОМИСЛОВІ АВАРІЙ, ТОКСИНИ ТА ГРОМАДСЬКА БЕЗПЕКА

UDC: 614.31:504.056:355.4

THE IMPACT OF MILITARY ACTIONS ON THE CHEMICAL SAFETY OF FOOD PRODUCTS

*L. M. Kitsula, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor,
L. P. Kozak, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
State Non-Profit Company "Danylo Halytsky Lviv National Medical
University"*

Important factors determining the health of the population of Ukraine and the preservation of its gene pool are the safety of food products and food raw materials. A hazardous factor in a food product is some chemical, physical, biological factor or its condition that may cause a harmful effect on human health [1].

The general environmental situation in Ukraine today is extremely difficult and poses a real threat to the health of the population, which is primarily due to the impact of military operations on the environment. The environment, polluted as a result of fighting, damage to transformer substations and fires, as well as the use of solvents and fuels in military activities, is a potential source of contamination of food raw materials and food products with harmful substances (heavy metals, chemical compounds of explosives, carcinogens, etc.) in large territories affected by the war [2, 3]. A significant part of pollutants enter the food chain, increasing the probability of exposure to dangerous toxins in the human body. In particular, about 90% of heavy metals from the environment are accumulated by soils, enter the cycle and accumulate in food products [4]. Scientists of the State Institution "O. M. Marzeev Institute of Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", based on the systematization of the main groups of pollutants that entered food products and raw

materials as a result of military actions, found that in 7-10% of samples of grain products, potatoes and sunflowers, taken in areas close to zones of active military actions and destruction of infrastructure, the levels of heavy metals exceeded the established maximum permissible levels [5].

An exceeding the maximum permissible concentrations of heavy metals in food products negatively affects the central and peripheral nervous systems, hematopoiesis, disrupts the function of internal organs, causes poisoning, allergic reactions, etc. A number of chemical elements contribute to the occurrence of atherosclerosis, disruption of the heredity apparatus, malignant neoplasms (cancer of the lung, stomach, pancreas, liver, kidneys, bladder, mesothelioma, leukemia, aplastic anemia, myeloma, non-Hodgkin's lymphoma) [6, 7, 8].

Thus, a current medical and ecological problem is the chemical contamination of food products - in particular, those grown and processed in areas of military actions, as well as those contaminated as a result of contact with surface and groundwater and atmospheric precipitation. This requires the development of urgent measures to prevent negative impacts on public health. In particular, reducing the accumulation of harmful substances throughout the migration chain (natural environment – water – soil – plants – animals – food products) and improving the system for monitoring safety indicators at all stages of production: from raw materials to finished products. [6, 7, 9]. M. P. Gulich and co-authors note that currently in Ukraine, scientific developments in the field of monitoring food contamination with heavy metals and assessing nutritionally-dependent risks to public health in conditions of military actions are fragmentary and require further study [5]. Assessment and prediction of environmental risks is an important condition for the development and application of measures to minimize or prevent the impact of toxic pollutants on human health [10].

It is necessary to follow recommendations for organizing nutrition under conditions of ecologically unfavorable environment to preserve and strengthen the health of the population [11]. Since the problem of food security during war is a priority public health issue,

specialists from the State Institution "O. M. Marzeev Institute of Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine" have identified effective approaches to ensuring food security of the population in war conditions: constant environmental monitoring, ecological restoration, reconstruction of critical food supply infrastructure, social protection of the population, formation of a culture of healthy eating, quality control and certification of products, monitoring and control of chronic non-infectious diseases [12].

REFERENCES

1. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів: Закон України № 771/97 – ВР від 23.12.1997 р. (остання редакція: Закон України № 3221 – IX від 30.06.2023 р.). Доступно на: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80#Text>

2. Якість життя населення України та перші наслідки війни / Черенько Л. М., Полякова С. В., Шишкін В. С., Реут А. Г., Крикун О. І., Когатько Ю. Л., Заяць В. С., Клименко Ю. А.; Нац. акад. наук. Укр., Ін-т демогр. та соц. дослідж. ім. М. В. Птухи. – Електронне видання. – Київ, 2023. – С. 157.

3. Гуліч М. П., Харченко О. О., Ємченко Н. Л., Ольшевська О. Д., Любарська Л. С. Війна в Україні: проблема забруднення важкими металами сільськогосподарських угідь та продукції (аналіз літературних даних). *Довкілля та здоров'я*. 2024. № 4. С. 38-44.

4. Ткачук О. П. Яковець Л. А. *Екологія та охорона навколишнього середовища*. 2016. №4. С. 179-186.

5. Гуліч М. П., Петренко О. Д., Харченко О. О. Визначення вмісту важких металів у сільськогосподарській продукції із регіонів, що зазнали впливу бойових дій: перші результати дослідження. *Довкілля та здоров'я*. 2025. № 1. С. 24-30.

6. Буяльська Н. П., Денисова Н. М., Кузін А. О. Зниження впливу шкідливих антропогенних факторів на людину шляхом розробки раціону харчування в умовах забруднення ґрунту відходами війни. *Технічні науки та технології*. 2025. № 1(39). С. 231-242.

7. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО “Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2023. – 155 с.

8. Якість життя населення України та перші наслідки війни / Черенько Л. М., Полякова С. В., Шишкін В. С., Реут А. Г., Крикун О. І., Когатько Ю. Л., Заяць В. С., Клименко Ю. А.; Нац. акад. наук. Укр., Ін-т демогр.та соц. дослідж. ім. М.В. Птухи. – Електронне видання. Київ, 2023. С. 161.

9. Гуральська С. В., Гончаренко В. В. Якість і безпечність харчових продуктів – актуальні питання сьогодення: матеріали науково-практичної онлайн конференції «Безпечність та якість харчових продуктів у концепції «Єдине здоров’я» (м. Львів, 1–2 червня 2023 р.). Львів, 2023. С. 26-27.

10. Войціцький В. М., Довбиш О. Б., Хижняк С. В. Принципи оцінки екологічних ризиків за дії токсичних забрудників. Продовольча та екологічна безпека в умовах війни та повоєнної відбудови: виклики для України та світу: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 25 травня 2023 р.). Київ, 2023. С.295-296.

11. Фундюр Н. М., Кушнір О. В. Гігієнічні вимоги до харчування людини в умовах екологічно несприятливого середовища. Збірник матеріалів науково-практичної конференції «Довкілля і здоров’я», за редакцією проф. Вадзюка С. Н. – Тернопіль: Укрмедкнига. 2017. С. 155-157.

12. Гуліч М. П., Петренко О. Д. Підходи до забезпечення продовольчої безпеки населення в умовах забрудненого довкілля, спричиненого війною. Збірка тез доповідей науково-практичної конференції з міжнародною участю (XXI марзеєвські читання) «Актуальні питання громадського здоров’я та екологічної безпеки України» (м. Київ, 23 – 24 жовтня 2025 р.). Київ, 2025. Випуск 25. С. 158-159.

UDC 614.8:355.01:502/504

**THE IMPACT OF WARFARE ON INDUSTRIAL SAFETY
AND THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF
TECHNOGENIC POLLUTION**

*M. V. Buzhanska, PhD in Chemistry, Associate Professor, Associate
Professor of the Department of Food Technologies, Lviv University of
Trade and Economics*

Full-scale military actions on the territory of Ukraine have led to a significant increase in risks to industrial safety and the environment. The destruction of critical infrastructure facilities, industrial enterprises, and hazardous substance storage sites results in large-scale technogenic accidents accompanied by emissions of toxic substances into the atmosphere, as well as contamination of soils and water resources. Under such conditions, the nature of threats in the field of industrial safety is being transformed due to disruptions in technological processes, loss of control over potentially hazardous facilities, and reduced efficiency of monitoring and response systems. Particular importance is attached to studying the impact of military factors on the functioning of chemical industry facilities and critical infrastructure, which constitute sources of increased environmental risk.

An important aspect is also the analysis of the medical-biological and environmental consequences of the release of toxic industrial substances into the environment. Such processes cause long-term ecosystem degradation, accumulation of hazardous compounds in the biosphere, and create additional threats to public health. Thus, the relevance of this study is determined by the need for a comprehensive analysis of the impact of military actions on the level of industrial safety and the substantiation of effective mechanisms for minimizing the environmental consequences of technogenic pollution under conditions of armed conflict.

The transformation of the security environment under conditions of full-scale military operations leads to the emergence of specific threats that go beyond traditional concepts of industrial safety. The issue of the resilience of industrial infrastructure becomes particularly acute, as facilities of the chemical, oil-refining, and energy sectors are turning into zones of increased risk. Under these conditions, the probability of contamination of territories with toxic industrial materials (TIM) increases significantly, shifting the focus from accidental technogenic accidents to systemic and, in many cases, deliberate destruction of industrial potential.

It has been established that military actions significantly transform the nature of threats in the field of industrial safety, creating new risk profiles for the operation of potentially hazardous facilities. The impact of hostilities is manifested through a number of critical factors. In particular, direct fire damage to enterprises leads to the immediate depressurization of technological containers and the release of hazardous chemical substances such as chlorine, ammonia, or nitric acid. The destabilization of energy systems causes failures of control and safety systems, while even short-term power outages significantly increase the risk of uncontrolled chemical reactions. An additional factor is cyberattacks on critical infrastructure facilities, which, under conditions of hybrid warfare, are capable of provoking emergency situations comparable in scale to technogenic disasters.

Disruptions of technological processes resulting from damage to or destruction of production facilities lead to the loss of operational stability of enterprises and a sharp increase in the probability of accidents. The situation is further complicated by the loss of control over hazardous facilities located in areas of active hostilities or temporary occupation, which makes effective risk management impossible. The destruction or degradation of monitoring and emergency response systems significantly reduces the capacity for early threat detection, which collectively increases the likelihood of secondary cascading technogenic accidents.

It has been proven that technogenic pollution under wartime conditions is complex and multidirectional in nature. It manifests itself through the chemical contamination of atmospheric air by combustion products, toxic gases, and aerosols generated as a result of fires and explosions. At the same time, intensive accumulation of heavy metals and hazardous compounds occurs in soils, leading to a loss of their fertility and ecological functionality. For example, contamination by petroleum products and heavy metals can reduce soil reproductive capacity for a period ranging from 15 to 50 years. A significant issue is also the pollution of surface and groundwater due to the destruction of storage facilities and engineering infrastructure, which results in the death of aquatic organisms, disruption of natural self-purification processes in water bodies, and degradation of aquatic ecosystems.

Environmental consequences are long-term and often irreversible in nature, manifesting in the degradation of biocenoses, bioaccumulation of toxic substances in food chains, and the formation of persistent threats to public health. The chemical destruction of soils leads to the withdrawal of significant areas of agricultural land from use, creating additional challenges for food security.

Thus, industrial facilities in wartime conditions are transformed into sources of permanent danger, which requires a revision of approaches to ensuring industrial safety. The need to implement risk-based management models has been substantiated, in particular through the use of integral indicators such as the Hazard Index (HI). Important directions include strengthening interagency coordination, ensuring the continuity of monitoring systems, and implementing modern technologies, including automated control systems, remote sensing, and digital data analysis platforms. This will improve the effectiveness of forecasting, timely detection, and mitigation of technogenic threats under conditions of martial law.

Minimizing the impact of military actions on the industrial sector is possible only under the condition of integrating early warning systems with international standards (for example, NATO

AJP-3.8). Ensuring safety should be based on the principles of prevention, adaptability, and readiness for the rapid neutralization of toxic emissions, which is a key prerequisite for preserving the nation's gene pool and restoring the environment in the post-conflict period.

At the same time, the effectiveness of such measures largely depends on the formation of a coherent state policy in the field of industrial and environmental safety, focused on risk management under conditions of military threats. This involves the modernization of engineering protection systems for critical infrastructure, the implementation of multi-level environmental monitoring systems, as well as the creation of backup control channels and energy supply systems for potentially hazardous facilities.

Equally important is the development of scientific and methodological support for risk assessment, including the use of integral hazard indicators, scenario modeling, and forecasting of the consequences of technogenic accidents. Improving personnel training, conducting regular drills and exercises, as well as strengthening international cooperation will contribute to increasing the resilience of the emergency response system. In the long term, this will create prerequisites for transitioning to a proactive safety management model, which will not only minimize the consequences of military impacts but also ensure the effective restoration of industrial potential and the ecological balance of the state.

УДК 614.8

**ОСНОВИ КЛАСИФІКАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ***А. В. Педан, студентка,**І. І. Іщенко викладач**Національний університет цивільного захисту України*

Аналіз стану техногенної безпеки в Україні свідчить про зношеність основних виробничих фондів на об'єктах економіки та господарювання, більшість з яких працює на критичній межі технологічної безпеки. В Україні багато об'єктів підвищеної небезпеки, аварії на яких можуть призвести до виникнення надзвичайної ситуації державного або регіонального рівня, а також 1093 хімічно-небезпечних об'єкти, які необхідно облаштувати автоматизованими системами раннього виявлення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення у разі їх виникнення.

Потенційно небезпечний об'єкт вважається об'єктом підвищеної небезпеки (ОПН) відповідного класу у разі, коли значення сумарної маси небезпечної або декількох небезпечних речовин, що використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються на об'єкті, дорівнює або перевищує встановлений норматив порогової маси.

Найбільш техногенно небезпечними об'єктами є виробництва з обертанням, небезпечних хімічних речовин, горючих речовин і матеріалів, виробництва, пов'язані з веденням процесів при критичних параметрах (тиск, температура й ін.), зі складним апаратурним оформленням.

В залежності від виду небезпечних чинників ці об'єкти поділяються на:

- радіаційно небезпечні об'єкти (РНО);
- хімічно небезпечні об'єкти (ХНО);
- пожежо- та вибухонебезпечні об'єкти;
- газо-, нафто- та продуктопроводи;

- об'єкти комунального господарювання;
- гідротехнічні споруди;
- залізничний транспорт та залізничні станції.

Радіаційно небезпечні об'єкти становлять особливу небезпеку, так як людина не відчуває на собі початкову дію радіації і безпечно поводить себе в зоні радіаційного опромінення.

Хімічно небезпечні об'єкти – це об'єкти, які можуть викликати масове ураження людей і довкілля сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР).

Хімічна промисловість пов'язана із багатьма галузями. Вона комбінується із нафтопереробною, коксуванням вугілля, чорною та кольоровою металургією, лісовою промисловістю. Завдяки складній системі зав'язків утворюються такі чи інші поєднання виробництв, із які формуються міжгалузеві комплекси. До таких комплексів належить й хіміко-лісовий. У одних випадках роль хімічної промисловості у цих комплексах провідна, в інших вона не має формуючого значення, лише доповнюючи усталену систему зав'язків. Проте загалом хімічну промисловість слід розглядати як головну галузь, що визначає склад й напрям розвитку комплексу. Здебільшого лісова промисловість розглядається у цьому комплексі як постачальник деревини для хімічної промисловості. Хімічна промисловість має дуже складну галузеву структуру, що охоплює близько 200 взаємопов'язаних виробництв із великою номенклатурою продукції. Ці виробництва об'єднані у три великі групи: неорганічна чи основна хімія, хімія органічного синтезу та гірничо-хімічна промисловість.

Неорганічна хімія переважно виробляє напівфабрикати, що використовуються в інших галузях промисловості. Виняток становлять мінеральні добрива, котрі виробляє певна галузь.

До органічної хімії відносяться виробництва вуглеводної сировини, органічних напівфабрикатів, синтетичних матеріалів. Основною сировиною для хімії органічного синтезу є вуглеводні нафти, природний та попутний газ.

Використовуються також вуглеводні сполуки, що одержуються із вугілля. Гірничо-хімічна промисловість утворює сировинну базу передусім для неорганічної хімії.

Зростання кількості виникнення надзвичайних ситуацій в останні роки змусило розглядати питання класифікації надзвичайних ситуацій як питання державної значимості.

Класифікація НС впроваджена в Україні з метою забезпечення організаційної взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у процесі вирішення питань, пов'язаних з надзвичайними ситуаціями, ліквідацією їх наслідків та веденням державної статистики.

Класифікація здійснюється на підставі порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 року № 368 (зі змінами від 31.12.2021), Національного класифікатора України ДК019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій», та Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій, затверджених наказом МВС України від 06.08.2018 № 658. Міжнародні документи з питань техногенної безпеки наведено на електронному ресурсі <http://www-ns.iaea.org/standards>. Вони в тому числі включають нормативні документи МАГАТЕ з безпеки для захисту людей і екології середовища щодо об'єктів, на яких обертаються радіаційні речовини.

Надзвичайні ситуації прийнято класифікувати за характером походження, за характером протікання, за масштабами та ступенем нанесеного матеріального збитку, а також за відомчою належністю.

Крім класифікації небезпечних речовин за категоріями в Нормативах надається класифікація за видами аварій, що можуть статися, виходячи з властивостей небезпечних речовин, та за впливом уражальних факторів цих аварій. За цією

класифікацією категорії небезпечних речовин поєднуються в групи (групи небезпечних категорій речовин за видами аварій та за впливом уражальних факторів):

— група 1 (вибух) – горючі (займисті) гази, горючі рідини, перегріті під тиском, ініціюючі (первинні), бризантні (вторинні) та піротехнічні вибухові речовини, речовини-окиснювачі, речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів;

— група 2 (пожежа) - горючі (займисті) гази, горючі рідини, перегріті під тиском, речовини-окисники, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів;

— група 3 (шкідливі для людей і довкілля) - високотоксичні речовини, токсичні речовини, речовин, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів), речовини, які становлять небезпеку для довкілля (токсичні для водних організмів) та/або можуть здійснювати довгостроковий негативний вплив на водне середовище, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів.

Отже, для успішного вирішення першочергових організаційно-управлінських проблем техногенно-природного характеру одними з важливих питань є володіння термінологією та нормативною базою в системі захисту населення і територій від НС.

Техногенна небезпека хімічно небезпечних об'єктів залежить від багатьох факторів, найбільш значущими з яких є властивості та умови зберігання небезпечних хімічних речовин.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України № 5403-VI від 02.10.2012 р. URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>

2. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18.01.2001 № 2245-III.

3. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022р. № 1030

«Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки».

4. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті: наказ МНС України 29 листопада 2019 року № 1000.

5. <http://www-ns.iaea.org/standards>.

УДК 630.2

ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

А. А. Кабацька, студентка,

І. І. Іщенко, викладач,

Національний університет цивільного захисту України

Хімічна промисловість України включає сьогодні більше 80 об'єднань і підприємств, що виробляють близько 2-х десятків тисяч найменувань хімічної галузі.

Аналіз стану і перспектив розвитку хімічної галузі дозволив виділити основні напрямки хімічного виробництва, де необхідна стратегія промислової безпеки. Це такі потенційно небезпечні виробництва: виробництво аміаку, мінеральних добрив (аміачна селітра, карбамід), пластмас, лаків та фарб.

Забезпечення безпеки промислових об'єктів під час воєнного стану є складною задачею, тому що насамперед залежить не тільки від правильної оцінки пожежовибухонебезпеки процесів, але і знання характерних небезпек технологічних процесів, поглибленого їхнього аналізу, виділення найбільш небезпечних об'єктів, виходячи з особливостей розвитку галузі в цілому. Найбільш пожежовибухонебезпечними об'єктами є виробництва з обертанням горючих речовин і матеріалів, виробництва, пов'язані з веденням процесів при критичних параметрах (тиск, температура й ін.), зі складним апаратурним оформленням. До таким об'єктів слід віднести газо- і нафтопроводи, об'єкти хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної промисловості, склади нафти і нафтопродуктів, об'єкти енергетики, виробництва з обертанням пилу і волокон та ін.

Слід зазначити, що аналіз хімічних об'єктів як потенційних цілей під час бойових дій є критично важливим аспектом сучасної військової стратегії та екологічної безпеки. Перетворення цивільної хімічної інфраструктури на військову ціль створює загрозу, яку часто називають «тихою хімічною зброєю».

Хімічні об'єкти стають цілями не лише через випадковість, а й через їхню роль у життєдіяльності держави:

➤ руйнування потужних промислових об'єктів, зокрема хімічних гігантів, спричиняє кризу в агропромисловому комплексі та суттєво обмежує можливості держави на зовнішніх ринках;

➤ знищення складів ПММ є критично важливим для паралізації маневреності противника;

➤ загроза масштабної хімічної катастрофи деморалізує цивільне населення та створює паніку.

Основними небезпечними об'єктами є підприємства, що використовують СДОР (сильнодійні отруйні речовини). Удар по таких об'єктах прирівнюється до застосування хімічної зброї, але без формального порушення міжнародних конвенцій агресором.

При влучанні боєприпасу в хімічний об'єкт виникає каскадний ефект:

➤ **первинне ураження** - вибух та руйнування резервуарів (вибухова хвиля створює надлишковий тиск, який миттєво розриває сталеві оболонки резервуарів, цистерн та трубопроводів. Навіть якщо боєприпас не влучив прямо в місткість, вібрація та ударна хвиля можуть спричинити тріщини та розгерметизацію. Фрагменти боєприпасу та уламки бетонних конструкцій об'єкта діють як вторинні снаряди, пробиваючи сусідні ємності. Це створює множинні джерела витоку, що значно ускладнює локалізацію аварії. Якщо резервуар заповнений рідиною (наприклад, аміачною водою чи кислотою), різкий стрибок тиску всередині призводить до гідравлічного удару, який «розриває» місткість зсередини, спричиняючи швидкий і некерований розлив великого об'єму речовини. Вибух зазвичай знищує автоматизовані системи пожежогасіння, датчики витоку та пульти управління. Це позбавляє персонал можливості дистанційно перекрити вентилі або перекачати небезпечну речовину в резервні сховища. Ця

фаза триває від кількох часток секунди до кількох хвилин, але саме вона визначає масштаб наступного етапу — формування токсичної хмари);

➤ **хімічне зараження** - є найбільш підступним етапом, оскільки воно виходить за межі промислового майданчика і загрожує цивільному населенню на величезних площах. Багато хімікатів (наприклад, хлор або аміак) зберігаються під тиском у рідкому стані. При розриві резервуара вони миттєво закипають і перетворюються на газ. Цей процес супроводжується утворенням «первинної хмари» — надзвичайно концентрованої суміші парів та дрібних крапель. Якщо стався розлив рідких токсинів на ґрунт, вони починають випаровуватися з дзеркала розливу. Це створює стійке джерело зараження, яке може отруювати повітря годинами або навіть днями після самого вибуху. При сильному вітрі хмара швидше розсіюється, але охоплює більшу дистанцію за короткий час. При слабкому вітрі (штилі) отруйні гази можуть накопичуватися в низинах, створюючи «смертельні пастки». Найбільш небезпечний стан, коли тепле повітря зверху притискає холодне до землі. У такому разі газ не піднімається вгору, а повзе по землі, зберігаючи вбивчу концентрацію на відстані 20–50 км і більше);

➤ **термічний вплив** - значна частина промислових хімікатів має високу енергоємність та здатність до самозаймання, що ініціює масштабні пожежі. Такі загоряння характеризуються екстремальними температурами та супроводжуються виділенням агресивних продуктів неповного згоряння. Багато хімічних речовин є легкозаймистими, що призводить до затяжних пожеж, які важко загасити через токсичний дим;

➤ **екологічний колапс** - проникнення токсичних контамінантів у геологічні та водні структури призводить до системного руйнування екосистем. Завдяки високій мобільності водних мас забруднення набуває транскордонного характеру,

створюючи загрозу екологічній безпеці на міжнародному рівні. Прямий контакт хімікатів із землею вбиває мікрофлору, роблячи ґрунт «мертвим» та непридатним для аграрного використання. Відновлення природної родючості після потужного хімічного удару може тривати від 25 до 100 років.

Токсичні речовини, що застосовуються як хімічна зброя або вивільняються під час аварій на хімічних об'єктах досить різноманітні. Вони класифікуються за дією: задушливої (хлор, фосген), загальноотруйної (синильна кислота), нервово-паралітичної (зарин, VX), подразнюючої (хлорпікрин) та психотоміметичної (LSD-подібні).

У воєнних ситуаціях хімічне ураження відбувається через інгаляцію, контакт зі шкірою чи потрапляння в їжу. Симптоми залежать від типу: задушливі викликають кашель і задуху, нервово-паралітичні – судоми та параліч дихання.

Отже, якщо вибух — це миттєва трагедія, а газова хмара — загроза на тижні, то екологічний колапс — це довгостроковий вирок регіону, що перетворює його на «зону відчуження», де неможливе безпечне ведення господарства та проживання людей.

Хімічні об'єкти в умовах війни перестають бути просто елементами промисловості. Вони перетворюються на техногенні міни уповільненої дії. Будь-який промисловий майданчик, де зберігається хоча б кілька тонн хлору чи аміаку, є потенційним інструментом масового ураження, що потребує особливого статусу захисту та постійного моніторингу міжнародними організаціями.

Під час воєнного стану особливу увагу також необхідно приділяти протидії диверсіям. Посилювати охорону периметра, вводити суворий пропускний режим та контроль за кібербезпекою систем управління.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України (Закон України № 5403-VI від 02.10.2012, з останніми змінами).

2. Закон України "Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією" (№ 2804-IX від 01.12.2022).

3. Положення про єдину державну систему цивільного захисту (Постанова Кабінету Міністрів України № 11 від 09.01.2014, з змінами).

4. Порядок класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями (Постанова Кабінету Міністрів України № 368 від 24.03.2004, з змінами).

5. Дії в НС воєнного характеру: <https://dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/diyi-naselennya-v-umovax-nadzvicainix-situacii-vojenного-harakteru>.

6. Хімічна небезпека: <https://dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/nebezpeki-texnogennogo-harakteru/ximicna-nebezpeka>.

УДК 504.5:355.01

**ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ, ТОКСИЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ТА
ГРОМАДСЬКА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ВІЙНИ***В. Р. Печена, студент,**Л. М. Архипова, доктор технічних наук, професор,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Повномасштабна війна в Україні спричинила значне зростання екологічних та техногенних ризиків, пов'язаних із руйнуванням промислової інфраструктури, хімічно небезпечних об'єктів, нафтобаз, складів паливно-мастильних матеріалів та систем життєзабезпечення населення. Воєнні дії створюють масштабні хімічні загрози для довкілля та громадської безпеки, що негативно впливають на стан атмосферного повітря, водних ресурсів, ґрунтів і продуктів харчування.

Одним із найбільш небезпечних наслідків війни є токсичне забруднення навколишнього середовища. Внаслідок обстрілів промислових підприємств, нафтобаз, електростанцій та об'єктів хімічної промисловості у довкілля потрапляє значна кількість токсичних речовин. До основних забруднювачів належать важкі метали, оксиди азоту, діоксид сірки, продукти горіння нафтопродуктів, канцерогенні сполуки та дрібнодисперсний пил. Такі речовини здатні тривалий час накопичуватися у природних компонентах та негативно впливати на здоров'я населення.

Особливу небезпеку становить пошкодження об'єктів водопостачання та каналізаційної інфраструктури. Руйнування очисних споруд і потрапляння забруднених стоків у водойми призводять до погіршення якості питної води та підвищення ризику поширення токсичних речовин і патогенних мікроорганізмів. Забруднення водних ресурсів ускладнюється потраплянням паливно-мастильних матеріалів, важких металів

та залишків вибухових речовин у річки й підземні води. Це створює серйозну загрозу для санітарно-епідеміологічного стану територій та безпеки населення.

Воєнні дії також негативно впливають на безпечність продуктів харчування. Забруднення ґрунтів токсичними речовинами та важкими металами призводить до їх накопичення у сільськогосподарській продукції. Особливо небезпечними є території, що зазнали інтенсивних бойових дій або були забруднені залишками боєприпасів і продуктами горіння військової техніки. Токсичні речовини можуть потрапляти до організму людини через харчовий ланцюг, викликаючи хронічні інтоксикації, порушення функцій внутрішніх органів та підвищення ризику онкологічних захворювань.

Значний ризик для громадської безпеки становлять аварії на промислових об'єктах унаслідок бойових дій. Руйнування підприємств хімічної промисловості, складів із небезпечними речовинами та енергетичних об'єктів може спричинити масштабні техногенні катастрофи. У таких умовах підвищується ймовірність виникнення пожеж, вибухів, витоків аміаку, хлору та інших токсичних сполук. Подібні аварії здатні викликати масові ураження населення та тривале забруднення довкілля.

Суттєвою проблемою є також забруднення атмосферного повітря продуктами вибухів і горіння. Під час пожеж у повітря потрапляють токсичні аерозолі, бензапірен, діоксини та інші канцерогенні речовини. Тривалий вплив забрудненого повітря негативно позначається на функціонуванні дихальної та серцево-судинної систем, сприяє розвитку алергічних реакцій і хронічних захворювань. Особливо вразливими до дії токсичних речовин є діти, люди похилого віку та особи з ослабленим імунітетом.

В умовах війни особливого значення набуває система громадської та екологічної безпеки. Необхідним є проведення постійного моніторингу стану довкілля, контролю якості питної води та харчових продуктів, а також оперативного інформування населення про потенційні хімічні загрози.

Важливу роль відіграють заходи цивільного захисту, спрямовані на мінімізацію наслідків техногенних аварій та забезпечення безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій воєнного характеру.

Отже, війна суттєво підвищує рівень хімічних та техногенних ризиків для довкілля і населення. Токсичне забруднення води, повітря, ґрунтів і продуктів харчування створює довготривалі негативні наслідки для екологічної та громадської безпеки. Зменшення впливу цих загроз потребує комплексного підходу, що включає екологічний моніторинг, модернізацію систем захисту критичної інфраструктури та посилення державного контролю за станом навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Environmental consequences of the war in Ukraine. December 2024 – January 2025 review. URL: UWEC Work Group (дата звернення: 19.05.2026).

2. Екологічна безпека та наслідки воєнних дій в Україні : наук. стаття. URL: Innovative Pedagogy (дата звернення: 19.05.2026).

3. Екологічні наслідки війни Росії проти України. URL: Інститут водних проблем і меліорації НААН України (дата звернення: 19.05.2026).

УДК 614.876:621.039.58:623.454.8

ВЛУЧАННЯ РОСІЙСЬКОГО БПЛА В НОВИЙ БЕЗПЕЧНИЙ КОНФАЙНМЕНТ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС ЯК ФАКТОР РАДІАЦІЙНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВІЙНИ

*В. Будник, начальник відділення радіаційної безпеки та
дозиметричного контролю, 11 ДПРЧ 11 ДПРЗ ГУ ДСНС України
у Київській області*

Повномасштабна війна в Україні актуалізувала проблему безпеки ядерних об'єктів, які в умовах збройного конфлікту стають потенційними цілями атак та джерелом масштабних екологічних і техногенних ризиків. Особливу небезпеку становлять удари по об'єктах атомної енергетики та інфраструктурі, пов'язаній із зберіганням радіоактивних матеріалів, оскільки навіть часткове пошкодження таких споруд може спричинити забруднення довкілля та загрозу для життя і здоров'я населення.

Одним із найбільш небезпечних інцидентів стало влучання російського безпілотного літального апарата у лютому 2025 року в аркову конструкцію Нового безпечного конфайнменту (НБК) над зруйнованим четвертим енергоблоком Чорнобильської атомної електростанції. НБК виконує критично важливу функцію у системі радіаційної безпеки не лише України, а й усієї Європи, тому будь-яке його пошкодження становить міжнародну загрозу.

Умови воєнного стану значно ускладнюють ліквідацію можливих наслідків аварійних ситуацій на ядерних об'єктах. Проведення аварійно-рятувальних робіт супроводжується ризиком повторних атак, труднощами доступу до пошкоджених ділянок, небезпекою для персоналу та потребою у постійному радіаційному моніторингу. Крім того, радіаційне

забруднення має транскордонний характер і може негативно впливати на екосистеми, атмосферне повітря, водні ресурси та здоров'я населення далеко за межами України.

У зв'язку з цим дослідження наслідків можливого влучання БПЛА у Новий безпечний конфайнмент Чорнобильської АЕС, а також особливостей ліквідації таких наслідків в умовах війни є надзвичайно актуальним. Метою тез є аналіз радіаційних та екологічних загроз, спричинених воєнними діями поблизу ядерних об'єктів, а також визначення основних проблем і шляхів мінімізації ризиків у процесі реагування на подібні надзвичайні ситуації.

Новий безпечний конфайнмент (НБК) є унікальною інженерною спорудою, створеною для ізоляції зруйнованого четвертого енергоблока Чорнобильської АЕС та мінімізації ризиків поширення радіоактивних речовин у навколишнє середовище. Його спорудження стало одним із найважливіших міжнародних проєктів у сфері ядерної безпеки після аварії 1986 року. Необхідність будівництва НБК була зумовлена тим, що старий об'єкт «Укриття», споруджений одразу після катастрофи, мав тимчасовий характер і не відповідав сучасним вимогам безпеки [4].

Основною функцією конфайнменту є обмеження поширення радіоактивних речовин, які залишаються всередині зруйнованого реактора, а також створення безпечних умов для демонтажу нестабільних конструкцій та поводження з радіоактивними відходами [5]. Конфайнмент забезпечує ізоляцію об'єкта від атмосферних опадів, перешкоджає потраплянню радіоактивних речовин у ґрунтові води та знижує ризик викиду радіоактивного пилу в атмосферу [4].

НБК є складною багатфункціональною системою, що включає арочну конструкцію, системи вентиляції, радіаційного контролю, протипожежного захисту, електропостачання та спеціальне обладнання для демонтажу небезпечних елементів об'єкта «Укриття» [4]. Арка конфайнменту має проліт 257

метрів, висоту понад 108 метрів і вагу близько 36 тисяч тонн, що робить її однією з найбільших рухомих наземних конструкцій у світі [5].

Важливою особливістю НБК є його довгострокове призначення: за проєктом споруда повинна експлуатуватися щонайменше 100 років та забезпечувати контрольований і безпечний процес перетворення зруйнованого енергоблока на екологічно безпечну систему [4].

В умовах війни значення НБК суттєво зростає, адже будь-яке пошкодження конфайнменту може призвести до втрати його бар'єрної та ізоляційної функції. Після атак російських БПЛА у 2025 році фахівці Держатомрегулювання повідомляли про пошкодження зовнішньої та внутрішньої оболонки арки, виникнення пожежі та втрату частини ізоляційних функцій конфайнменту [7]. Це свідчить про те, що навіть високотехнологічні захисні споруди залишаються вразливими до воєнних загроз, а безпека ядерних об'єктів у період збройних конфліктів набуває глобального значення.

У сучасних умовах війни ядерні об'єкти стають особливо вразливими до воєнних загроз, зокрема атак безпілотних літальних апаратів, ракетних ударів та диверсій. Використання БПЛА у бойових діях створює додаткову небезпеку для об'єктів критичної інфраструктури, оскільки навіть незначне пошкодження систем захисту чи енергозабезпечення може спричинити аварійні ситуації. Особливу загрозу становлять удари по Чорнобильській АЕС, адже пошкодження Нового безпечного конфайнменту може призвести до втрати його ізоляційних функцій та підвищення ризику поширення радіоактивних речовин у довкілля [4; 6].

Воєнні дії навколо ядерних об'єктів порушують основні принципи міжнародного гуманітарного права та глобальної ядерної безпеки. В умовах постійної загрози атак значно ускладнюється робота персоналу, проведення моніторингу радіаційного стану та оперативне реагування на надзвичайні

ситуації. Крім того, ризики радіаційного забруднення мають транскордонний характер, що створює небезпеку не лише для України, а й для інших європейських держав. Саме тому питання захисту ядерних об'єктів під час війни набуває міжнародного значення та потребує посиленої уваги з боку МАГАТЕ і світової спільноти.

Влучання безпілотного літального апарата у Новий безпечний конфайнмент Чорнобильської АЕС спричинив пошкодження зовнішніх і внутрішніх конструкцій арки, систем вентиляції, електропостачання та радіаційного контролю. Навіть часткова розгерметизація конфайнменту становить небезпеку через можливе поширення радіоактивного пилу та інших небезпечних речовин за межі об'єкта. Особливу загрозу створює виникнення пожежі, оскільки високі температури можуть призводити до пошкодження ізоляційних матеріалів та втрати захисних функцій НБК [4; 6].

Наслідки такого інциденту можуть мати не лише локальний, а й транскордонний характер. Радіоактивне забруднення атмосфери, ґрунтів і водних ресурсів негативно впливає на екосистеми, флору, фауну та здоров'я населення. Поширення радіоактивних частинок повітряними масами може створити загрозу для інших регіонів України та європейських держав. Крім того, подібні атаки спричиняють психологічний тиск на населення та посилюють глобальні побоювання щодо безпеки ядерних об'єктів у період воєнних конфліктів.

Ліквідація наслідків пошкодження НБК ускладнена тим, що аварійно-рятувальні роботи проводяться в умовах постійної воєнної загрози. Персонал ДСНС, працівники ЧАЕС та фахівці радіаційного контролю змушені працювати в умовах ризику повторних атак, що значно підвищує небезпеку для їхнього життя та здоров'я. У таких умовах доступ до пошкоджених ділянок може бути обмеженим, а проведення ремонтних і стабілізаційних робіт – сповільненим [3].

Додатковою проблемою є необхідність постійного радіаційного моніторингу та використання спеціального захисного обладнання. У разі пошкодження систем енергозабезпечення чи зв'язку можуть виникати труднощі з координацією робіт та оперативним інформуванням населення. Важливу роль у ліквідації наслідків відіграє міжнародна підтримка, зокрема технічна допомога та експертний супровід з боку МАГАТЕ та інших міжнародних організацій.

Для зменшення ризиків необхідно посилити систему захисту ядерних об'єктів України, зокрема шляхом удосконалення протиповітряної оборони та впровадження сучасних систем виявлення безпілотників. Важливим заходом є також забезпечення безперервного радіаційного моніторингу, модернізація систем аварійного реагування та створення резервних джерел енергоживлення для критичної інфраструктури ЧАЕС.

Не менш важливим є розвиток міжнародного співробітництва у сфері ядерної безпеки. Координація дій між Україною, МАГАТЕ, ООН та іншими міжнародними партнерами сприятиме оперативному реагуванню на надзвичайні ситуації та мінімізації екологічних наслідків. Крім того, міжнародна спільнота має посилити механізми контролю за дотриманням норм міжнародного гуманітарного права щодо недоторканості ядерних об'єктів під час війни.

Отже, влучання російського БПЛА у Новий безпечний конфайнмент Чорнобильської АЕС становить серйозну радіаційну та екологічну загрозу не лише для України, а й для міжнародної спільноти. Пошкодження захисних конструкцій НБК може призвести до поширення радіоактивних речовин, забруднення довкілля та погіршення стану екологічної безпеки у значних масштабах.

Особливо складною є ліквідація наслідків таких інцидентів в умовах воєнного стану, коли аварійно-рятувальні роботи проводяться під загрозою повторних атак та в умовах

обмеженого доступу до об'єкта. Це потребує високого рівня координації між державними структурами, фахівцями ядерної галузі та міжнародними організаціями.

Таким чином влучання російського БПЛА в Новий безпечний конфайнмент ЧАЕС у лютому 2025 року слід розглядати як прояв ядерного тероризму та одну з ключових сучасних загроз екологічній і радіаційній безпеці України та Європи в умовах війни. Подальше вдосконалення систем моніторингу, аварійного реагування та захисту персоналу є необхідною умовою мінімізації наслідків подібних інцидентів.

У сучасних умовах захист ядерних об'єктів має розглядатися як один із ключових елементів міжнародної безпеки. Посилення систем захисту ЧАЕС, розвиток міжнародної співпраці та дотримання норм міжнародного права є необхідними умовами для запобігання масштабним техногенним і екологічним катастрофам у майбутньому.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/39/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 21.05.2026).
2. Загальні положення безпеки атомних станцій НП 306.2.141-2008. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-08#Text> (дата звернення: 21.05.2026).
3. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI. URL: Законодавство України (дата звернення: 21.05.2026).
4. Новий безпечний конфайнмент : офіційний сайт ДСП «Чорнобильська АЕС». URL: <https://chnpp.gov.ua/ua/> (дата звернення: 21.05.2026).
5. Новий безпечний конфайнмент над об'єктом «Укриття». URL: <https://chornobyl.in.ua/uk/> (дата звернення: 21.05.2026).

6. Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine // МАГАТЕ (IAEA). URL: https://www.iaea.org/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 21.05.2026).

7. Через ворожий удар конфайнмент на ЧАЕС втратив ізоляційну функцію // Медіацентр Україна.с URL: https://mediacenter.org.ua/uk/cherez-vorozhij-udar-konfajnment-na-chaes-vtrativ-izolyatsijnu-funktsiyu-oleg-korikov/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 21.05.2026).

8. Кузьменко В. П., Барановська Н. П. Екологічні наслідки аварії на Чорнобильській АЕС та проблеми ядерної безпеки. Київ : Наукова думка, 2021. 256 с.

УДК 54:616-099

ХІМІЧНІ АСПЕКТИ ДІЇ ТОКСИНІВ

Г. О. Сирова, д.фарм.н, професор, завідувачка кафедри медичної та біоорганічної хімії,

Н. М. Чаленко, к.фарм.н, старший викладач кафедри медичної та біоорганічної хімії

Харківський національний медичний університет

Забруднення повітря, довкілля, води, продуктів харчування на теперішній час в Україні являється результатом не тільки індустріалізації, урбанізації і технологічного розвитку, а і, нажаль, воєнних вибухів, у зв'язку з тим, що п'ятий рік наша країна живе в умовах війни рф проти України. Воєнні вибухи, руйнування промислових підприємств, паливно-енергетичних об'єктів, транспортної інфраструктури та складів із хімічними речовинами призводять до надходження значної кількості токсикантів у довкілля. Особливу небезпеку становить тривале накопичення токсичних речовин у повітрі, ґрунтах і водоймах, що створює передумови для розвитку хронічних інтоксикацій та екологічних катастроф.

Мішенями являються люди, наземні та водні види тварин. Екотоксикологія являється міждисциплінарною наукою, яка вивчає трансформацію хімічних сполук та їх взаємодію з зовнішнім оточуючим середовищем. Значна увага приділяється механізмам проникнення токсичних речовин до організму та їх взаємодії з клітинними структурами. Існують різноманітні шляхи проникнення шкідливих речовин до організму: інгаляційно (через дихальні шляхи); ін'єкційно; ентерально (через шлунково-кишковий тракт (ШКТ)); трансдермально (через шкіру та слизові оболонки). Інгаляційний шлях являється одним із основних, атмосферні забруднювачі потрапляють в організм при диханні, токсичні речовини швидко проникають до альвеол легень і надходять у системний

кровообіг, трансдермальний шлях також дуже важливий, особливо для ліпофільних органічних сполук, здатних проникати через шкіру і слизові оболонки, тому способи попередження інтоксикацій спрямовані на зменшене поглинання шкідливих речовин при вдиханні та місцевому контакті. Токсини можуть мати природне або синтетичне походження та впливати на організм людини навіть у малих концентраціях. Існують основні речовини (98% від всіх забруднювачів повітря), до них належать монооксид карбону ($\approx 52\%$), діоксид сульфуру ($\approx 18\%$), вуглеводні ($\approx 12\%$), тверді частинки ($\approx 10\%$), оксиди нітрогену ($\approx 6\%$). Токсично діють на людину хлоровані вуглеводні (всмоктуються через шкіру, потрапляють в організм при вдиханні та ентеральним шляхом), фосфорорганічні сполуки (всмоктуються через шкіру, потрапляють в організм через дихальні шляхи і ШКТ), карбаматні інсектициди, рослинні гербіциди (хлорфеноксильні, піридиллові). Окремі токсини взаємодіють із нуклеїновими кислотами організму людини та спричиняють мутації. Канцерогенні речовини, зокрема бензпірен та афлатоксини, здатні змінювати структуру ДНК, що може призводити до розвитку злоякісних новоутворень. Хімічні аспекти дії токсинів полягають у їх здатності взаємодіяти з біологічно важливими молекулами клітини, порушуючи нормальне функціонування органів і систем організмів живих істот.

Важкі метали, які знаходяться в довкіллі, являють собою небезпеку для більшості біологічних об'єктів. Навіть сьогодні, коли прогресивне людство багато знає про інтоксикації важкими металами і методи детоксикації – питання отруєння і терапії залишається найактуальнішим! Іони важких металів (Hg^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) взаємодіють із сульфгідрильними групами білків, змінюючи структуру ферментів і знижуючи їхню активність. Кислоти, луги та деякі органічні сполуки спричиняють денатурацію білків. Руйнування вторинної та третинної структури білкових молекул призводить до втрати їх

біологічної активності. Частина токсинів стимулює утворення активних форм кисню, які ушкоджують ліпіди клітинних мембран; білки; ДНК. Особливо небезпечним є ушкодження структурних білків мембран та ферментів мітохондрій. Процес супроводжується розвитком окиснювального стресу, який є однією з причин старіння та розвитку багатьох захворювань. Токсичні речовини можуть змінювати проникність мембран, порушуючи транспорт іонів Na^+ , K^+ і Ca^{2+} . Це призводить до: порушення осмотичного балансу; набряку клітин; порушення нервової провідності. Деякі токсини мають виражену мембранотропну дію та викликають гемоліз еритроцитів.

Загальновідомими антидотами при отруєнні металами є комплексоны: при їх виборі необхідно враховувати характер первинного і вторинного розподілу металів в тканинах, тому доцільним є комбінована терапія кількома хелатними реагентами, кожен з них може проникати в різні тканини-мішені. В якості антидотів використовуються бідентатні (димеркапрол – британський антилюїзит: він попереджує зв'язок металів з компонентами клітин, ефективний антидот при отруєннях As, Hg, Cd, у дітей – Pb. Найбільш ефективним є сукцимер (2,3-димеркаптобурштинова кислота, димеркапролу сукцинат) і 2,3-димеркаптопропан-1-сульфонат. Вони більш полярні, ніж димеркапрол, розподіляються у позаклітинній рідині, тому менш клітинно-токсичні. Їх використовують при отруєнні As, Hg, Pb. Пеніциламін (D-ізомер у порівнянні з L-ізомером, нетоксичний): використовують при отруєнні Cu, для попередження кумуляції Cu при хворобі Вільсона.

Полідентатні: динатрієва сіль етилендіамінтетраацетату – комплексон для II і III валентних металів. Pb на сьогодні широко розповсюджено у повітрі, воді, продуктах харчування. У зв'язку з забрудненням оточуючого середовища Pb (тетраетил або тетраметил Pb, входять до складу бензину як антидетонуючі агенти), виникають загрози для дихальної, ниркової, гемопоетичної (Pb порушує синтез гему та викликає

розвиток анемії), неврологічної, репродуктивної функцій – до цього призводить хронічна дія Pb, навіть в малих дозах. Тому питання охорони здоров'я є суперактуальним в теперішній час.

Токсикологічне значення мають елементарний As, неорганічний As, органічні сполуки As і газ арсин (AsH_3). Найбільш токсичними є сполуки As (III) і арсин. Неорганічні сполуки As (III) інгібують тілові ферменти і порушують епітеліальну вистілку респіраторного і ШКТ, шкіру та інші тканини. Насамперед уражається нервова система, кістковий мозок, нирки, печінка, дихальні шляхи. As – канцероген шкіри і легенів людини, існують дані про канцерогенну дію As у відношенні до печінки, ШКТ, нирок, сечового міхура, системи крові.

Hg летючий, адсорбується з легенів, основним джерелом отруєння є Hg, який при вдиханні потрапляє в організм. Здоров'ю погрожують також і летючі коротколанцюгові органічні алкільні сполуки, що містять Hg. Вони зв'язуються з SH-групами. Гострі отруєння Hg часто виникають при вдиханні високих концентрацій парів Hg. Для лікування використовують хелатуючу терапію: сукцимер більш ефективний і менш токсичний, ніж димеркапрол. Сукцимер використовують і при хронічному отруєнні.

Відомим антидотом, який використовують для лікування гострих і хронічних отруєнь сполуками As, Hg, Bi, Cr, Cd, Co, Cu, Zn є унітіол (натрієва сіль 2,3-димеркаптопропансульфоїкислоти, дитіопропансульфонат натрію), він містить SH-групи, зв'язує токсичні метали і виводить їх з організму людини.

Проблема охорони здоров'я населення в умовах зростаючого хімічного забруднення є надзвичайно актуальною. Основними напрямками профілактики є: екологічний моніторинг; контроль промислових викидів; очищення водних ресурсів; використання засобів індивідуального захисту; санітарно-просвітницька робота; рання діагностика інтоксикацій.

Особливого значення набуває профілактика токсичних уражень в умовах військових дій та техногенних катастроф.

Токсини є важливим фактором ризику для здоров'я людини та навколишнього середовища. Їх токсична дія пов'язана з порушенням основних біохімічних процесів клітини: інгібуванням ферментів, ушкодженням мембран, розвитком окиснювального стресу та генетичними змінами. Вивчення механізмів дії токсичних речовин має велике практичне значення для медицини, екології, хімії та фармацевтики. Сучасні дослідження у сфері токсикології, медицини та фармації спрямовані на створення ефективних методів детоксикації та профілактики інтоксикацій. Отже, нами розглянуто питання забруднення довкілля, повітря, води, сільськогосподарської продукції на теперішній час в Україні, а також токсичний вплив на організм людини токсинів різної хімічної будови і наслідки таких отруєнь, а також антидоти, які при них застосовуються.

УДК 614.833

НЕБЕЗПЕКИ СУМІШЕЙ АМОНІЙНОЇ СЕЛІТРИ АГРОПРИЗНАЧЕННЯ

*Д. Г. Трегубов, д. т. н., доцент, Національний університет
цивільного захисту України*

*В. М. Нуязін, к. т. н., доцент, Національний університет
цивільного захисту України*

Амонійна селітра під час зберігання дає два типи пов'язаних небезпек – виділення токсичного NO₂ за розкладання і ймовірність вибуху. Питання прогнозування вибуху селітри агропризначення є актуальним, бо такі події трапляються відносно часто, у тому числі як теракти. Найбільш відомими є вибух судна з селітрою у Бейруті, Ливан, у 2020 р. та агросуміші на її основі в Оппау, Німеччина, у 1921 р. У першому випадку ініціатором стала пожежа, у другому – технологічний подрібнюючий вибух для злежалого продукту.

Чинником вибуховості селітри є позитивний окисген-баланс молекули, тому вона має властивості окисника [1]. Схильність до детонації є більшою за умов: вибух потужного заряду, більша дисперсність, поруватість, злежування, дія пожежі, наявність органічних домішок або хлор-іонів, циклічна зміна з IV у III кристалічну форми (32,3 °C), контакт з суперфосфатом, піритом. Ці небезпеки селітри вивчені, тому заборонено дробити селітру вибухами і знаряддям, що дає іскру. Неприємним наслідком таких її властивостей – є використання для терористичних актів. Так у 1995 р. в Оклахома-Сіті, США, теракт з використанням суміші селітри з дизельним паливом спричинив загибель 168 осіб. Тому у деяких країнах для запобігання створення саморобних вибухівок обмежують продаж селітри або продають лише у вигляді суміші з карбонатом кальцію у вигляді вапняково-амонійної селітри.

Але періодичні випадки з вибухом агротехнічної селітри ще трапляються; це вимагає продовження досліджень їх

причин, прогнозування ймовірності, можливих наслідків і розробки заходів для унеможливлення небезпечного розвитку подій. Враховуючи небезпеки селітри відповідні організації звертаються для оцінки можливості здійснення терористичних актів країною-агресором на складських приміщеннях або за її транспортування.

Швидкість детонації селітри значно змінюється від її маси та геометрії скупчення, тому моделювання для малих зарядів не адекватно описує вибухи великих осередків, а кінцевий висновок щодо можливості ініціювання вибуху селітри та її сумішей має робитися на основі серії масштабних випробувань. Відомо, що гарантоване ініціювання вибуху селітри зовнішнім зарядом можливе для куп розміром більше 0,5 м та відстані менше 2 м. Водночас існують теоретичні передумови аналізу вибухонебезпеки та підвищення безпеки.

Зволоження діє різнопланово. За відсутності вологи селітра не вибухає бо не має зміни між формами IV та III. Але селітра гігроскопічна; після набору води кристали деградують, що значно підвищує схильність до вибуху, тому виробляють селітру з вологістю менше 0,3 %. З іншого боку, за вологості більше 3% вона теж не вибухає, тому її пожежі гасять водою. За сучасних технологій вибуховість селітри зменшують добавками, грануляцією та обмежують час зберігання як 0,5 року. Грануляція обмежує поширення детонаційної хвилі у насипу. Для селітри агропризначення (марка Б) гранули роблять монолітними 2–4 мм, а для вибухового призначення (марка А) – пористими 1–3 мм. Для зменшення гігроскопічності, підвищення міцності, контролю піролізу додають нітрати, карбонати, сульфати Ca і Mg, фосфатні добавки, карбамід, бентоніти, глину, тальк, діатоміт, вермікуліт і опудрюють гранули. Але навіть опудрені гранули злежуються внаслідок проростання кристалів селітри. На заводі в Оппау Суміш нітрату і сульфату амонію (50/50 %) за проведеними дослідженнями була визнана вибухобезпечною. Але

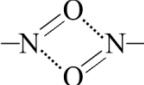
спрощення технології викликало зменшення вологості і відхилення вмісту селітри в осередках до 55 %. У результаті – подрібнюючий вибух ініціював детонацію 1 % маси суміші – 45 т. та наступний вибух 10 % маси – 450 т. з утворенням воронки довжиною 165 м та глибиною 18 м, при цьому загинуло та було травмовано більше 2 тис. осіб.

Більш безпечним добривом є вапняково-аміачна селітра ВАС – суміш NH_4NO_3 і CaCO_3 (60–80/40–20 %, гранули 1–5 мм). Така суміш має слабку здатність до вибуху: у лабораторних умовах за певних добавок, наприклад, пальномастильних матеріалів. Із загальних досліджень відомо, що суміші селітри є безпечними за вмісту $\text{N} < 26\text{--}28\%$. ВАС стає вибухобезпечною завдяки тому, що CaCO_3 зв'язує HNO_3 – продукт розкладання, тому надалі не утворюється достатньо NO_2 для ініціювання ланцюгових процесів. Тобто, хоча стандартні агросуміші селітри є вибухобезпечними, є ймовірність порушення технології виготовлення зі зміною пористості, складу суміші, гранулометричних параметрів, умов зберігання – контакту з певними речовинами, вологості зі злежуванням в моноліт. З огляду на досвід вибуху селітри з сульфатом амонію є ймовірність вибуху і для ВАС. Більш імовірним шляхом такого розвитку подій є пожежа (вибухи у Бейруті у 2020 р. та Техас-сіті у 1947 р.), що викликає піроліз селітри з виділенням NO_2 . Монолітний стан – є більш небезпечним під час ініціюючої дії вибуху.

Питомий тротиловий еквівалент за наслідками вибуху у Бейруті: $1250/2750=0,45$ кт ТНТ/т селітри, у Техас-сіті – $2700/2000=1,35$ кт/т, в Оппау – $1800/450=4$ кт/т. Такі розбіжності можна пояснити різним вмістом домішок, маси речовини, ступенем деградації та видом ініціювання вибуху. Для 10000 т ВАС порушеного складу за порушених умов зберігання, якщо прийняти коефіцієнт участі 0,1 (як в Оппау) тротиловий еквівалент складе 0,5 кт, що дає зони суттєвих руйнувань 2,13 км, 10% скління – 4,25 км.

Особливістю селітри є мала різниця температур кипіння і плавлення – 169,6 і 235 °С, хоча як для тридекану це -5,5 і 235,4 °С, але більша молярна маса в тридекану – 184 г/моль. Тоді можна розглянути [2] наявність у селітрі під час кипіння димерів з $M = 160$ г/моль, а роль домішок у збільшенні вибуховості селітри – як утворення з ними нестійких кластерів або як фактор зміни типової кристалічної будови. За вологості та інших впливів цілісна кристалічна структура змінюється, руйнується, речовина перетворюється на «пудру». Можуть виникати лінійні молекулярні уламки, що збільшує схильність до детонації. Також відомо, що місцем «гарячих точок» у речовині стають нанопори, від яких поширюється детонація. Роль нанопор можуть відігравати й деякі домішки (навіть інертні) у суміші з селітрою, як місце міжфазних напружень (так, сульфат амонію розкладається з виділенням аміаку).

З точки зору хімізму вибуху – ініціатором самоокиснення є NO_2 , який виділяється за розкладання селітри. За нашою моделлю ініціювання вибуху йде як миттєве перегрупування надмолекулярної будови з кристалічної на димерну з переорієнтацію двох молекул в ударній хвилі оксигенами

«назустріч» , що формує пероксидний кластер «-N-

$\text{O}\cdots\text{O}-\text{N}-$ », надалі - пероксидна сполука «-N-O-O-N-» з миттєвим вибухом та виділенням NO_2 (пероксидна група нестійка і властива процесам горіння або вибуху повітряних сумішей [3, 4]). Тоді роль молекули води в тому, що вона вклинюється у кристалічні ґратки селітри і стає дипольним бар'єром, послаблює кулонівське відштовхування нітрат-іонів та дозволяє їм зблизитись. За умов ударної хвилі це полегшує описаний механізм змін під час вибуху.

У разі потрапляння боєприпасу можна розглянути декілька сценаріїв ініціювання вибуху селітри: якісна гранульована селітра може вибухнути за змішування за такої події з іншими речовинами (наприклад, з палим з

транспорту), внаслідок ініціювання боєприпасом пожежі (через 10–15 хв.), за компактного знаходження (без розривів) великої маси – температура та енергія деяких боєприпасів можуть ініціювати вибух прилеглих зон від місця потрапляння з ініціюванням 2-го вибуху; злежана в моноліт або якщо деградувала в пудру – детонує легше

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Нуянзін В. М. та ін. Моделювання вибухонебезпечних властивостей амонійної селітри. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2025. №42(2). С. 160–176.
2. Tregubov D., Tarahno O., Sokolov D., Trehubova F. The identification of hydrocarbons cluster structure by melting point. Problems of Emergency Situations. 2021. №34. P. 94–109. URL: <https://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15983>
3. Tregubov D., Minska N., Slepuzhnikov E., Hapon Yu., Sokolov D. Substances explosive properties formation. Problems of Emergency Situations. 2022. №36. P. 41–53.
4. Tregubov D., Slepuzhnikov E., Chyrkina M., Maiboroda A. Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. Key Engineering Materials. 2023. Vol. 952. P. 131–142.

УДК 614.876:632.95:355.01

РИЗИКИ ТА ЗАГРОЗИ ВИКОРИСТАННЯ ФІТОТОКСИКАНТІВ У ВОЄННИЙ ЧАС

*І. Мартинов, начальник сектору забезпечення радіаційного
хімічного та біологічного захисту Центру забезпечення діяльності
Головного управління ДСНС України у Хмельницькій області*

Збройний конфлікт в Україні спричинив численні негативні наслідки та став причиною масштабних екологічних та соціальних проблем. Повномасштабна війна супроводжується використанням ворогом широкого спектру засобів ураження включаючи застосування хімічної зброї та бойових отруйних речовин. Однією з таких речовин яку може застосувати ворог є фітотоксиканти. У зв'язку з цим вивчення застосування та визначення їхнього впливу на довкілля є особливо актуальним для забезпечення безпеки від загрози.

Війна в Україні призвела до різноманітних викликів як для населення так і для нашої природи. Екологічна безпека є важливим чинником для забезпечення життєдіяльності для населення та розвитку нашої держави. Однак попри існування численних конвенцій та іншого міжнародного права, ворог використовує різний спектр озброєння у тому числі і хімічну зброю для досягнення своїх цілей.

Одним з таким засобів є можливе застосування ворогом хімічної речовини – фітотоксикантів. Фітотоксичні ОР (фітотоксиканти) - це хімічні сполуки, які під час застосування у певних дозах, можуть завдати шкоди (знепліднення, опадання листя, аномальний розвиток тощо) чи спричинити загибель рослини. Підвищене додавання таких речовин призводить до прискороного, надмірного обміну речовин у рослині, що, залежно від дозування, завдає рослині певної шкоди. Передозування діють на рослини згубно. Обмін речовин

потерпає від глибоких порушень, його ріст придушується - клітковина починає злякано розростатися і рослина гине. У такий спосіб фітогормони стають фітоотрутами [1].

Особливу небезпеку це становить тим що ворог може використовувати їх в умовах війни як хімічну та екологічну зброю для знищення провізійної бази, маскувальних лісових насаджень чи природних лісів які використовуються нашими силами оборони, та проти сільського господарства нашої держави (схема 1).



Рисунок 1 – Ризики та наслідки застосуванням ворогом фітотоксикантів

Залежно від характеру фізіологічної дії та цільового призначення фітотоксиканти поділяються на гербіциди, арборіциди, альгіциди, дефоліанти та десиканти (схема 2).



Рисунок 2 – Класифікація фітотоксикантів

Уперше фітоотрути були застосовані у значних кількостях у 1952-1954 р. у Малайзії, а потім у 1965-1971 рр. - у Південному В'єтнамі (операція «Ренч Хенд»). У В'єтнамі американські війська спочатку застосовували фітотоксиканти для знищення джунглів уздовж стратегічно важливих доріг, каналів і об'єктів, а потім стали знищувати оброблені поля та плантації, заражувати цінні пасовища. Усього було знищено рослинність на 350 тис. гектарів сільськогосподарських угідь і близько 0,5 млн га лісу. Токсичні речовини діяли не тільки на рослини, але й на людей і тварин. Були відзначені масові захворювання, у тому числі й зі смертельним результатом [2].

Окремо чітко зафіксованих випадків використання ворогом таких речовин проти України не доведено, оскільки визначення застосування потребує складного лабораторного дослідження, та не є можливим безпосередньо на лінії зіткнення. Але імовірність цього дуже висока, оскільки ворог використовує різну іншу хімічну зброю, застосування якої було підтверджено офіційно [3].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ware G. W., Whitacre D. M. An Introduction to Herbicides // Radcliffe's IPM World Textbook. University of Minnesota. URL: <https://ipmworld.umn.edu/ware-intro-herbicides> (дата звернення: 18.05.2026).

2. Stellman J. M., Stellman S. D., Christian R., Weber T., Tomasallo C. *The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam*. Nature. 2003. Vol. 422. P. 681–687.

3.. Війська РФ у березні майже 400 разів застосовували боєприпаси з хімічними речовинами - Сили підтримки ЗСУ <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/4109143-vijska-rf-u-berezni-majze-400-raziv-zastosovuvali-boepripasi-z-himicnimi-recovinami-sili-pidtrimki-zsu.html> (дата звернення: 18.05.2026).

УДК 628.543:541.13

НАПРЯМКИ ЗНЕШКОДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ ВИКИДІВ СТІЧНИХ ВОД

М. А. Чиркіна-Харламова, к. т. н., доцент,

Д. Г. Трегубов, д. т. н., доцент,

О. В. Сергієнко, курсант,

Національний університет цивільного захисту України

Багато технологій зіткаються з потребою скидання високотоксичних багатокомпонентних стоків. Серед них однією з найнебезпечніших є коксохімічне виробництво внаслідок забруднення стоків багатьма органічними та неорганічними домішками. Бага токомпонентність та високі концентрації забруднювачів створюють проблеми для технології очищення та потребує стадійності процесу. Достатньо ефективною є технологія заводського біохімічного очищення з наступним доочищенням у міських біологічних ставках. Але ці установки працюють повільно, є крупногабаритними, потребують передочищення та у разі руйнування боєприпасом не можуть бути швидко відновлені, що викличе хімічне забруднення великих територій. Крім того, метод має вузький режим ефективної роботи за концентраціями забруднювачів та температурою, а тому не впорається з аварійним викидом концентрованих стічних вод. Основними параметрами, які контролюються на вході та виході з установки є вміст фенолів, роданідів, нітрогенвмісних сполук та хімічне споживання кисню (ХСК); стік має бути звільнений від смол та масел [1].

Просту і компактну схему роботи мають методи електрообробки за рахунок ведення потужності з високою густиною саме в оброблюваний об'єм. Серед них можливістю гнучкого керування цим процесом та широким діапазоном впливів на воду та її домішки характеризується мікродуговий

розряд у середовищі зернистого електроду [2]. Мікроелектричні короточасні розряди виникають у місцях перехідних електричних контактів між зернами в об'ємі електроду, що заповнює простір між струмопідвідними електродами, на які подається напруга до 1000 В. Мікролокації розрядів створюють первинний вплив у вигляді термічної та електрохімічної дії, а також формується складний комплекс частинок, молекул та радикалів, що потрапляють у стічну воду та надають наступні впливи. Це формує комплекс фізичних і хімічних впливів з плазмо-, термо-, фото-, електрохімічних та парогазових реакцій в області мікродуги, вторинних реакцій в об'ємі стоку за участю сформованих у мікродугах активних агентів та фізичного впливу від утворених сорбентів і коагулянтів. Оскільки дія мікродуг точково-дискретна, лише їх вплив не може забезпечити достатню глибину очищення. Тому спиратись необхідно на вторинні післярозрядні процеси в об'ємі стічної води, коли мікродуги використано як джерела реакційноздатних частинок (радикалів, іонів, молекулярних продуктів, електронів).

Потужність в короточасному імпульсі досягається рівня мегават, але за рахунок керування тривалістю імпульсу можна контролювати введену енергію. Такий режим дозволяє значно зменшувати габарити реактору, але зберігати високу інтенсивність обробки. Коагулянт (гідроксид заліза або алюмінію) або адсорбент (нанодисперсний карбон) утворюється внаслідок ерозії гранул насипного електроду. У першому випадку краще видаляються неорганічні сполуки та іони важких металів [3], у другому – органічні сполуки [2]. Окислювальний вплив формує на поверхні карбонових електродів або частинок кисневмісні функціональні групи (-ОН, -COOH, C=O), що посилює її адсорбційну та каталітичну дію. Таким чином, біля локації мікророзряду можна виділити зони впливу: мікродуга, перехідна, активована вода.

Описані механізми підтверджуються аналізом газової та рідкої фаз під час мікродугової обробки чистої та стічної води. Так, у газовій фазі вміст H_2 і O_2 близький, це показує, що вони є продуктами деструкції води; вміст CH_4 та C_2H_2 значно більший для стічної води, це показує, що вони є продуктами деструкції вуглеводнів. Але вміст O_2 менше очікуваного, тобто він значною мірою витрачається на окиснення електродів. Стік після обробки має той самий вміст хлоридів, незначно меншає амонійного нітрогену, роданідів – у 10 разів, фенолів – у 100, ліквідуються смоли і масла, виникає дисперсний карбон з частинками до 1 мкм.

Розроблена модель очисних стадій передбачає руйнування фенолів в мікродугах, винос на активованих поверхнях частинок карбону, доокиснення у вторинних реакціях; а руйнування роданідів – радикальні реакції та за участі хлору; амонійний нітроген як розкладається, так й формується у реакціях роданідів. Для випробуваних апаратів краща ефективність очищення отримана за питомої потужності в реакторі: для органічних сполук – $2 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-3}$ з очищенням на 99 %, для роданідів – $2,7 \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-3}$ з очищенням на 97 % за енергоємності $20 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-3}$ і продуктивності – $0,15 \text{ м}^3 \text{ год}^{-1}$.

Альтернативним діючим варіантом знешкодження стічних вод на коксохімічних заводах є їх подавання на мокре гасіння розжареного коксу після видачі з печі коксування. Ця технологія крім утилізації стічних вод надає можливість знесірнення коксу, що корисно для доменного процесу [3, 4]. Такі можливості забезпечуються високою вихідною температурою коксу – близько 1100°C . Тому мокре гасіння можна віднести до термохімічних методів знешкодження забруднених водних систем з активацією процесів прямого піролізу, окиснення на повітрі та парогазових реакцій [2].

Однак сучасна методика «проливання» коксу водою в гасильному вагоні не повною мірою використовує охолоджуючу здатність води. Таке становище пояснюється тим, що за

інтенсивного поливання водою поверхня шматка швидко охолоджується і багато реакцій, які потребують більших температур вже не протікають. У той же час середина шматка ще залишається гарячою за рахунок акумульованого під час коксування тепла. Тоді можна проливати кокс малими імпульсами води, щоб об'єм шматка встигав усереднювати свою температуру. Порція води в наступному імпульсі буде потрапляти на знов розжарену поверхню. Водночас досягається ще декілька корисних ефектів: 1) охолоджуюча здатність води використовується більш повно – оскільки вода встигає пройти 3 етапи відбору тепла – нагрівання рідкого стану, витрати тепла на випаровування, нагрівання парового стану до температури коксу; 2) більш ефективне охолодження дозволяє зменшити витрату води; 3) є можливість отримати менш вологий кокс після гасіння; 4) досягається більш «м'який» режим охолодження шматка, зменшуються термічні напруження у його об'ємі, що забезпечує більшу міцність товарного коксу; 5) менша кількість води для гасіння означає менші парогазові викиди, що разом з більшою глибиною знешкодження домішок значно зменшує забруднення атмосфери; 6) в паузах між імпульсами води її пара буде флегматизувати можливість горіння коксу.

У сучасній технології мокрого гасіння для забезпечення екологічних норм стічну воду подають після очищення та розбавлення. За подавання концентрованого стоку зона забруднення атмосфери простягається до 5 км за вітром. Слід зауважити, що деякі забруднювачі утворюються на гарячому коксі навіть за умов гасіння чистою водою – такі як HCN, H₂S, SO₂ та частково NH₃, а також утворюється синтез-газ. Виділення H₂S і SO₂ свідчить про знесірнення коксу.

Стосовно можливості утилізації нерозбавлених стоків можна відмітити, що ефективність піролізу на залежить від концентрацій забруднювачів, а ефективність термоокиснювальних процесів пов'язана з інтенсивністю масообміну, що за імпульсної подачі води забезпечується. За

температур гасіння розкладаються органічні і деякі неорганічні сполуки, ініціюється окиснення. За стандартного гасіння до 60 % фенолів стоку йде у парову хмару, до 45% окиснюється на гарячому коксі, до 5% йде у відстійники. Імпульсне подавання води у 7–10 разів покращує цей процес.

Таким чином, впровадження мікродугового очищення стоків і їх утилізації в імпульсному режимі подавання води під час мокрого гасіння коксу надає гнучкі можливості для знешкодження аварійних викидів нерозбавлених стоків та запобігання забруднення територій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Трегубов Д.Г., Гапон Ю.К., Чиркіна-Харламова М.А. Деструкція домішок стічних вод у мікродугових розрядах. Черкаси: НУЦЗ України, 2026. 100 с.
2. Tregubov D.G., Slobodskoj S.A. The study of microarc discharge electric characteristics in wastewater treatment. *Coke and chemistry*. 1997. № 9. P. 32–34.
3. Tregubov D., Miroshnichenko D. Methods of decrease in sulfur content in coke (review). *Coke and chemistry*. 2005. №6. P. 21–28..
4. Трегубов Д.Г. та ін. Використання досвіду пожежогасіння у технології мокрого гасіння металургійного коксу. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2025. №41(1). С. 114–129.

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 війсьний напад російської федерації на Україну. Протягом березня-травня 2022

р. здійснювалися неодноразові обстріли території ПрАТ «Севєродонецьке 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 витoki 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 листопада 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.

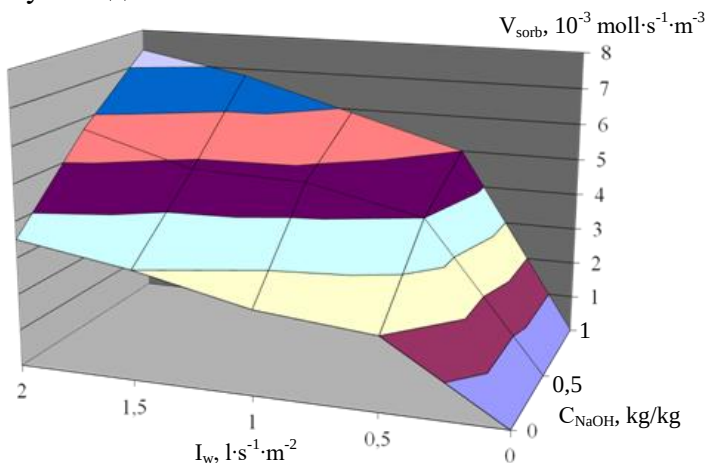


Рисунок 1 – Залежність швидкості V_{sorb} нейтралізації газоподібного хлору від інтенсивності I_w подачі водного розчину гідроксиду натрію та його концентрації C_{NaOH} у воді

З рис. 1 видно, що для нейтралізації газоподібного хлору оптимальною є інтенсивність $1,5 \div 1,7 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ 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., Кіреєв О. О., Мельниченко А. С., Лещова 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 загинув. 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.

УДК 614.8

НОВІ ЗАСОБИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ХІМІЧНИХ АВАРІЙ ІЗ РОЗЛИВОМ ТОКСИЧНИХ РІДИН

*О. О. Кіреєв, д.т.н., професор, професор, Національний університет
цивільного захисту України*

В умовах війни суттєво збільшується вірогідність пошкодження або руйнування ємностей з токсичними рідинами. Розлиті леткі токсичні рідини формують хмару зараженого повітря, що викликає вірогідність отруєння людей в зоні зараження. У випадку, якщо хмара токсичних парів вже утворилася, для локалізації розливу токсичної рідини використовують: - постановку водяних завіс, розсіювання хмари за допомогою теплових потоків, постановку рідинних завіс з використанням нейтралізуючих розчинів, розсіювання хмари повітряно-газовими потоками.

Для попередження або обмеження формування вторинної хмари отруйних речовин використовують наступні методи:

- обвалування протоки (недопущення збільшення площі поверхні розливої рідини) небезпечної хімічної речовини;
- збір рідкої фази отруйних хімічних речовин в прямки (обмеження збільшення площі поверхні розливої рідини);
- засипання розливу сипучими сорбентами (сорбція токсичних рідин);
- зниження інтенсивності випаровування покриттям дзеркала розливу піною або полімерною плівкою (ізоляція);
- розведення токсичних рідин водою, використовується у разі розливу водорозчинних рідин (зниження тиску парів);
- введення в рідку фазу загусників (зниження швидкості розтікання та випаровування);
- заливання нейтралізуючим розчином (переведення токсичної речовини в нетоксичну або менш токсичну);

- засипання сипучими нейтралізуючими речовинами (переведення токсичної речовини в нетоксичну або менш токсичну);

- засипання твердими сорбентами з наступним випалюванням; -

- загущення ТР з наступним вивезенням та утилізацією.

Найбільш універсальними є методи, що базуються на ізоляції поверхні розлитої рідини повітряно механічними пінами. Але традиційні повітряно механічні піни мають ряд суттєвих недоліків - вони мають невелику стійкість і швидко руйнуються на поверхні полярних рідин.

Частини недоліків повітряно-механічних пін позбавлені гелеутворюючі склади. Вони раніше були запропоновані для цілей гасіння пожеж класів «А» і «В» [1-2]. Гелеподібний шар може виконувати не тільки вогнегасну функцію, але й забезпечувати ізоляцію поверхні токсичних рідин. При цьому для забезпечення плавучості шару гелю в рідинах було запропоновано використовувати легкий сипкий матеріал - подрібнене піноскло. При цьому було встановлено, що бінарний шар піноскло + гель залишається стабільним на поверхні летких полярних і неполярних органічних рідин кількох діб. Недоліком гелевого шару є його невисокі ізолюючі властивості по відношенню до парів полярних рідин, тоді як багато токсичних рідин є полярними речовинами. Ще одним з недоліків гелевих ізолюючих шарів є їх велика густина (більше 1000 кг/м^3), що потребує високих масових витрат шару який забезпечує плавучість гелю.

Високими ізолюючими властивостями володіють піни на основі органічних полімерів [3]. Найчастіше такі плівки суцільні, вони мають високі ізолюючі властивості по відношенню до газів та парів. Аналіз результатів роботи [3] дозволяє зробити висновок, що ізолюючі властивості таких пін зменшуються зі зростанням розчинності парів рідин у матеріалі стінки комірки піни. Одночасно з цим піни на основі органічних

полімерів не придатні для ізоляції багатьох токсичних рідин із-за їх розчинності в багатьох токсичних рідинах.

Новим ізолюючим засобом є для ізоляції розливів токсичних рідин є швидкотвердіючі піни (ШТП) на основі неорганічних речовин. Вони не розчиняються в більшості органічних рідин при цьому зберігають високі ізолюючі властивості протягом декількох годин [4]. Для отримання ШТП проводять два послідовних процеси. Спочатку змішують два компонента гелеутворюючої системи (ГУС) - розчин гелеутворювача і розчин каталізатора гелеутворення. При цьому обидва компонента ГУС містять у своєму складі 6 мас.% піноутворювача. В подальшому отриману композицію спінують одним з існуючих методів. Після чого піну наносять на поверхню розлитої рідини. Нанесена піна утримується на поверхні рідини і через 1 хвилину твердне за рахунок завершення процесу гелеутворення. При цьому плівки пінних комірок є нетекучою гелеподібною системою, що забезпечує подальшу нетекучість піни. Усього було досліджено втрату текучості шості ГУС. В подальших дослідженнях було використано систему $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,5\text{SiO}_2$ (9%) + NaHCO_3 (9%) + ПУ «Морський» (6%) + КМЦ(0,5%).

Візуальні спостереження за поведінкою твердою піни показали, що в результаті реакції водних розчинів гелеутворювача та активатора гелеутворення утворюється силікатний каркас у плівках піни. При цьому основний обсяг плівок піни складає вода. У таких пінах процес стікання води із плівок піни уповільнюється, що призводить до збільшення стійкості пін. У міру стікання води із пінних плівок вони потоншуються. Внаслідок цього поступово відбувається розрив водної плівки. У цьому початковому етапі цілісність силікатного каркаса зберігається. Після завершення стікання рідини, частина води залишається адсорбованою на силікатному каркасі. Через 1 добу закінчується випаровування адсорбованої води. При цьому відбувається поступове

руйнування силікатного каркасу, спочатку у верхніх шарах ШТП, яке за кілька діб доходить до нижнього шару. Візуально спочатку спостерігається розтріскування піни, а надалі через 2-3 доби обсіпання сухих шарів.

Основні практичні результати робіт по пінам швидкого твердіння можна сформулювати так:

- ізолюючі властивості таких пін вище, ніж в інших водопінних засобів;
- їх стійкість перевищує стійкість звичайних повітряно-механічних піл;
- перспективним ізолюючим засобом локалізації розливів токсичних рідин є швидкотвердіючі піни.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дадашов І. Ф. Гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами: монографія / І. Ф. Дадашов, О. О. Кіреєв, Д. Г. Трегубов, О. В. Тарахно. – Х.: НУЦЗУ, 2021. 240 с.

2. Дадашов І.Ф. Експериментальне дослідження ізолювальних властивостей гелеподібного шару по відношенню до парів органічних токсичних рідин. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2017. Вип. 25. С. 22–27.

3. L. Pilon, A.G Fedorov, R.Viskanta. Gas Diffusion in Closed-Cell Foams. J.Cellular. Plast. 2000. V.36. № 6. P. 1-40. S. Alsoy. 1999. "Modeling of diffusion in closed cell polymeric foams". Journal of Cellular Plastics, 35: 247–271.

4. Петухов Р. А., Трегубов Д. Г. Підвищення ефективності локалізації надзвичайних ситуацій пов'язаних з розливом летучих токсичних рідин шляхом використання піл із заданим часом тверднення. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2019. Вип. 29. С. 37–46.

5. Петухов Р.А., Кіреєв О.О. Дослідження ізолюючих властивостей піл швидкого тверднення. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2021. Вип. 33 (3), С. 83–93.

УДК 349.6:504.06:622.276

ХІМІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВІЙНИ: ВИКЛИКИ ДЛЯ ГРОМАДСЬКОЇ БЕЗПЕКИ ОХТИРСЬКОЇ ГРОМАДИ

*О. Ю. Шломін, кандидат психологічних наук,
заступник директора ННІ № 4*

О. П. Гончарук, курсант 2-го курсу ННІ № 4

О. О. Мойко, курсант 3-го курсу ННІ № 4

Харківський національний університет внутрішніх справ

У роботі проведено комплексний аналіз ризиків виникнення надзвичайних ситуацій хімічного характеру на об'єктах нафтогазового комплексу Охтирщини внаслідок збройної агресії російської федерації. Наведено верифіковані статистичні дані щодо масштабів екологічних збитків та рівня токсичного забруднення ґрунтів. Досліджено стратегічні напрями декарбонізації громади в межах ініціативи «Угода мерів» та ПДСЕРК до 2050 року. Обґрунтовано необхідність інтеграції засобів кіберзахисту в архітектуру автоматизованих систем екологічного моніторингу як критичного елементу громадської безпеки.

Вступ. Проблема забезпечення екологічної та хімічної безпеки в умовах воєнного стану набуває особливої гостроти для прикордонних регіонів України. Охтирська територіальна громада (Сумська область) є ключовим вузлом нафтогазової галузі: НГВУ «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» історично забезпечувало понад 40% загальнодержавного видобутку нафти [1, 2]. Проте висока концентрація промислових об'єктів у поєднанні з близькістю до зони бойових дій створює постійні загрози техногенних катастроф із транскордонними наслідками.

Нафтогазова інфраструктура громади з перших днів повномасштабного вторгнення перебуває під прицілом ворога. 28 лютого 2022 року внаслідок влучання в дільницю

нафтоналиву виникла пожежа, що спричинила викид у атмосферу сотень тонн продуктів піролізу. Аналогічні руйнування Охтирської ТЕЦ 3 березня 2022 року призвели до розливу мазуту та хімічного отруєння водних ресурсів. За даними екологічного моніторингу (2024–2025 рр.), зафіксовано критичні рівні забруднення: у місцях розливів концентрація нафтопродуктів у ґрунті перевищувала ГДК у 851 раз, а хлоридів — у 700 разів. Сумарні екологічні збитки Охтирщини станом на початок 2026 року перевищили 1,7 млрд грн, що кваліфікується як ознаки екоциду [3].

Екологічна стратегія «зеленого» відновлення. Відповіддю громади на виклики війни стала інтенсифікація процесів сталого розвитку. Приєднання Охтирки до «Угоди мерів» у 2023 році та подальше затвердження ПДСЕРК до 2050 року (рішення №1581-МР від 05.02.2026) заклало фундамент для кліматичної нейтральності. Стратегія передбачає скорочення викидів CO₂ на 35% до 2030 року шляхом модернізації 39 комунальних об'єктів та впровадження енергоменеджменту за стандартом ISO 50001 [4]. Важливим аспектом є перехід на автономні джерела енергії (СЕС) для об'єктів критичної інфраструктури, що підвищує їхню резистентність до енергетичного терору.

Впровадження автоматизованих систем контролю викидів є обов'язковою умовою виконання ПДСЕРК. Однак такі системи створюють новий вектор загроз — кібернетичний. Деструктивний вплив на датчики контролю або перехоплення даних моніторингу може бути використано для дезінформації населення або приховування наслідків хімічних аварій. Ми наголошуємо, що кіберзахист екологічної ІТ-інфраструктури має бути синхронізований із фізичними заходами безпеки об'єктів ПЕК. Ефективний моніторинг довкілля неможливий без автоматизованих систем. Проте такі системи є вразливими до кібератак. В умовах війни ворог може використовувати кіберінструменти для спотворення показників забруднення,

блокування систем оповіщення або втручання в роботу систем енергоменеджменту. Отже, кіберзахист екологічної інфраструктури є невід'ємною частиною архітектури безпеки громади.

Висновок. Реалізація Плану декарбонізації Охтирки у поєднанні з посиленням кіберзахистом систем моніторингу дозволить мінімізувати техногенні ризики та забезпечити сталий розвиток. Оцифрування екологічних збитків є необхідним кроком для подання міжнародних позовів щодо репарацій за екоцид. Отримані дані щодо збитків повинні стати доказовою базою для міжнародних юридичних механізмів відшкодування шкоди, завданої довкіллю України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Офіційний сайт Охтирської міської ради. URL: <https://okhtytkamr.gov.ua/> (дата звернення: 15.05.2026).
2. Охтирканафтогаз: реалії роботи під обстрілами. ПАТ «Укрнафта»: офіційний портал. URL: <https://www.ukrnafta.com/> (дата звернення: 10.05.2026).
3. Екологічні наслідки війни в Україні: моніторинг та оцінка збитків. Звіт Державної екологічної інспекції України. Київ, 2025. 84 с.
4. Про затвердження Плану дій сталого енергетичного розвитку та клімату (ПДСЕРК) до 2050 року: рішення Охтирської міської ради № 1581-МР від 05.02.2026.

УДК 54:504.5:355.48:614

**ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ:
ЕКОЛОГІЧНІ ТА МЕДИКО-СОЦІАЛЬНІ НАСЛІДКИ**

*С. М. Козуб, к.техн.н., доцент кафедри медичної та біоорганічної хімії,
Н. М. Чаленко, к.фарм.н., старший викладач кафедри медичної та
біоорганічної хімії*

Харківський національний медичний університет

У сучасному світі проблема хімічного забруднення довкілля є однією з найактуальніших складових національної та громадської безпеки. Стрімкий розвиток промисловості, активне використання хімічних речовин у сільському господарстві, енергетиці, медицині та військовій сфері значно підвищують ризик виникнення надзвичайних ситуацій хімічного характеру. Особливої актуальності ця проблема набула в умовах воєнних дій, коли пошкодження промислових підприємств, нафтобаз, складів паливно-мастильних матеріалів і хімічних об'єктів можуть призводити до масштабного забруднення навколишнього середовища.

Токсичні хімічні речовини здатні негативно впливати не тільки на здоров'я людини, а й на екологічний стан територій, продовольчу безпеку та економічну стабільність держави. Потрапляння небезпечних речовин у повітря, воду та ґрунти створює довготривалі наслідки для населення і природних екосистем. Саме тому питання запобігання хімічним загрозам, своєчасного реагування на надзвичайні ситуації та підвищення рівня готовності населення є надзвичайно важливими.

До основних джерел хімічних загроз належать промислові підприємства, транспортні аварії, склади токсичних речовин, нафтобази, агрохімікати та продукти горіння. Значну небезпеку становлять підприємства хімічної промисловості, де використовуються або зберігаються великі обсяги небезпечних

речовин, зокрема аміак, хлор, сірчана кислота, бензол та інші токсичні сполуки.

У разі аварій або пошкодження резервуарів токсичні речовини можуть швидко поширюватися на значні території, забруднюючи атмосферне повітря, водойми та ґрунти. Однією з найбільш небезпечних ситуацій є викид хлору або аміаку, оскільки ці речовини здатні уражати органи дихання та викликати тяжкі отруєння.

Окрему загрозу становлять пожежі на промислових об'єктах і складах паливно-мастильних матеріалів. Під час горіння пластмас, гуми, синтетичних матеріалів та пального утворюються токсичні продукти згоряння, серед яких діоксини, чадний газ та інші канцерогенні речовини. Такі сполуки можуть тривалий час залишатися у навколишньому середовищі та негативно впливати на здоров'я населення.

В умовах воєнних дій ризик виникнення хімічних загроз значно зростає. Руйнування об'єктів критичної інфраструктури, вибухи боєприпасів і пожежі призводять до потрапляння у довкілля важких металів, токсичних газів та небезпечних хімічних сполук. Наслідки таких забруднень можуть зберігатися протягом багатьох років.

Токсичні речовини можуть проникати в організм людини через органи дихання, шкіру та травну систему. Наслідки ураження залежать від типу токсину, його концентрації та тривалості впливу. Найпоширенішими симптомами гострого отруєння є головний біль, нудота, слабкість, подразнення слизових оболонок, утруднення дихання, втрата свідомості та порушення роботи серцево-судинної системи.

Особливо небезпечними є важкі метали, такі як свинець, ртуть і кадмій. Вони здатні накопичуватися в організмі людини та викликати хронічні захворювання нервової системи, нирок, печінки та органів кровотворення. Тривалий вплив токсичних речовин може також призводити до онкологічних захворювань і генетичних порушень.

Небезпечними є й пестициди, які широко використовуються у сільському господарстві. Недотримання правил їх застосування або зберігання може призводити до отруєння людей і забруднення продуктів харчування. У багатьох випадках токсичні речовини потрапляють у питну воду, що створює додаткові ризики для здоров'я населення.

Найбільш вразливими до дії токсинів є діти, люди похилого віку, вагітні жінки та особи з хронічними захворюваннями. Для цих категорій населення навіть незначний вплив небезпечних речовин може мати тяжкі наслідки.

Хімічне забруднення негативно впливає не лише на людину, а й на навколишнє середовище. Потрапляння токсичних речовин у водойми призводить до загибелі риби та інших водних організмів, погіршення якості питної води та руйнування екосистем.

Забруднення ґрунтів важкими металами та токсичними сполуками знижує родючість земель і створює небезпеку накопичення шкідливих речовин у сільськогосподарській продукції. Це безпосередньо впливає на продовольчу безпеку держави.

Серйозною проблемою є забруднення атмосферного повітря внаслідок промислових викидів, пожеж і вибухів. Шкідливі гази та дрібнодисперсні частинки можуть переноситися на великі відстані, спричиняючи погіршення якості повітря та підвищення рівня захворюваності населення.

У сучасних умовах важливим напрямом забезпечення екологічної безпеки є впровадження систем екологічного моніторингу. Використання автоматизованих станцій спостереження дозволяє оперативно визначати рівень забруднення повітря, води та ґрунтів і своєчасно реагувати на небезпечні ситуації.

Одним із найважливіших напрямів захисту населення є створення ефективної системи реагування на хімічні загрози. До таких заходів належать моніторинг стану довкілля, система раннього оповіщення населення, підготовка спеціалізованих служб та забезпечення населення засобами індивідуального захисту.

Важливу роль відіграє інформування населення щодо правил поведінки у разі хімічної небезпеки. Громадяни повинні знати порядок евакуації, правила використання респіраторів і засобів захисту шкіри, а також алгоритм дій у разі отримання повідомлення про хімічне забруднення.

Ефективність ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій значною мірою залежить від рівня підготовки рятувальних служб, медичних працівників та екологічних підрозділів. Важливим є проведення регулярних навчань, тренувань і практичних занять із відпрацювання дій у разі аварій хімічного характеру.

Сучасні технології також відіграють важливу роль у забезпеченні громадської безпеки. Використання безпілотних літальних апаратів, автоматизованих систем контролю та цифрових платформ дає можливість оперативно оцінювати масштаби забруднення та координувати роботу служб реагування.

Перспективним напрямом є впровадження інноваційних методів очищення забруднених територій. До них належать біотехнології, сорбенти нового покоління, мобільні установки для очищення води та системи нейтралізації токсичних речовин.

Отже, хімічні загрози є серйозною проблемою сучасного суспільства, особливо в умовах воєнних дій та техногенних ризиків. Токсичні речовини можуть завдавати значної шкоди здоров'ю населення, навколишньому середовищу та економіці держави. Саме тому забезпечення громадської та екологічної безпеки потребує комплексного підходу, який включає моніторинг, профілактику, підготовку фахівців та впровадження сучасних технологій.

Підвищення рівня обізнаності населення, розвиток систем раннього реагування та вдосконалення міжвідомчої взаємодії сприятимуть зменшенню негативних наслідків хімічних загроз і підвищенню готовності суспільства до надзвичайних ситуацій. Важливим завданням держави залишається забезпечення належного контролю за використанням небезпечних хімічних речовин та впровадження сучасних екологічних стандартів безпеки.

УДК 504.5:656:614.8

**ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ ТРАНСПОРТУ НА ВИНИКНЕННЯ
ХІМІЧНИХ ЗАГРОЗ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ***Х. Бовтач, студент**В. Ф. Піндер, кандидат технічних наук, доцент,**Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У роботі досліджено вплив конструкційних та експлуатаційних матеріалів транспорту на виникнення хімічних загроз у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано основні види матеріалів, що використовуються у транспортній галузі, їх фізико-хімічні властивості та небезпечні продукти, які утворюються під час горіння, вибуху, розгерметизації або термічного руйнування. Особливу увагу приділено токсичним газам, паливно-мастильним матеріалам, полімерним сполукам і корозійно-активним речовинам, що можуть становити небезпеку для людей та довкілля. Визначено основні фактори ризику виникнення хімічних загроз на транспорті та необхідність удосконалення систем безпеки під час експлуатації транспортних засобів.

Сучасний транспорт є важливою складовою функціонування економіки та інфраструктури держави. Інтенсивний розвиток автомобільного, залізничного, авіаційного та водного транспорту супроводжується використанням великої кількості конструкційних і експлуатаційних матеріалів, які у випадку аварій, пожеж або техногенних катастроф можуть становити серйозну хімічну небезпеку. Надзвичайні ситуації на транспорті нерідко супроводжуються викидом токсичних речовин, продуктів горіння та небезпечних хімічних сполук у навколишнє середовище [1, с. 12].

До конструкційних матеріалів транспорту належать метали, полімери, композитні матеріали, гума, лакофарбові покриття та ізоляційні елементи. Експлуатаційні матеріали представлені паливом, мастильними матеріалами, охолоджувальними рідинами, електролітами акумуляторів, гальмівними рідинами та технічними газами. Більшість таких речовин мають підвищену пожежну небезпеку, токсичність або здатність утворювати шкідливі продукти під час термічного розкладання [2, с. 34].

Особливу небезпеку становлять полімерні матеріали, які широко використовуються у сучасних транспортних засобах через їх легкість і високу міцність. Під час горіння пластмас, синтетичних покриттів та гумових елементів утворюються чадний газ, ціаністий водень, оксиди азоту, формальдегід та інші токсичні сполуки. Вдихання таких продуктів горіння може призводити до гострих отруєнь, ураження органів дихання та летальних наслідків [3, с. 51].

Важливим джерелом хімічних загроз є паливно-мастильні матеріали. Бензин, дизельне паливо, мастила та скраплений газ характеризуються високою горючістю та вибухонебезпечністю. У разі аварії або розгерметизації паливних систем можливе займання транспортного засобу, а також забруднення ґрунтів і водних ресурсів токсичними речовинами. Під час горіння нафтопродуктів утворюються оксиди сірки, оксид вуглецю, сажа та канцерогенні аерозолі, що негативно впливають на екологічний стан довкілля [4, с. 67].

Окрему небезпеку становлять електромобілі та транспорт із літій-іонними акумуляторами. У випадку механічного пошкодження або перегріву акумуляторних батарей можливе виділення токсичних газів, самозаймання та виникнення пожеж високої температури. Такі пожежі важко піддаються ліквідації та створюють додаткову небезпеку для рятувальників і населення. Крім того, електроліти акумуляторів можуть спричиняти хімічне забруднення навколишнього середовища [5, с. 29].

На залізничному транспорті значну небезпеку становить перевезення небезпечних хімічних вантажів — аміаку, хлору, кислот, лугів та легкозаймистих речовин. У разі аварій можливі масштабні викиди токсичних речовин у повітря, що створює загрозу масового ураження населення та потребує проведення евакуаційних заходів. Особливо небезпечними є аварії у густонаселених районах та поблизу промислових об'єктів [6, с. 83].

Зменшення ризику виникнення хімічних загроз у транспортній сфері потребує вдосконалення конструкційних матеріалів, використання екологічно безпечних технологій, підвищення рівня технічного контролю транспортних засобів та ефективної організації аварійно-рятувальних заходів. Важливе значення має застосування сучасних систем моніторингу небезпечних речовин, дотримання вимог безпеки під час перевезення небезпечних вантажів та підготовка персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях. [7, с. 95].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковалишин В.В. Основи техногенної безпеки. — Львів: Сполом, 2021. — 216 с.
2. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. — Львів: Афіша, 2020. — 320 с.
3. Пилипенко О.П. Пожежна безпека полімерних матеріалів. — Київ: Основа, 2019. — 188 с.
4. Гудима В.М. Екологічна безпека транспорту. — Київ: Центр учбової літератури, 2022. — 256 с.
5. Мельник Р.С. Безпека експлуатації електромобілів. — Харків: Фактор, 2023. — 174 с.
6. Слєпцов О.М. Перевезення небезпечних вантажів. — Дніпро: Інновація, 2021. — 240 с.
7. Кодекс цивільного захисту України. — Київ, 2024. — 376 с.

УДК: 614.8.086.4:614.89

ХІМІЧНА БЕЗПЕКА ТА СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ СИСТЕМИ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я

Х. І. Пудяк, к.мед.н., доцент, ДУ «Чернівецький ОЦКПХ МОЗ»

Н. В. Гопко, к.мед.н., доцент, ДУ «Чернівецький ОЦКПХ МОЗ»

М. Б. Миронюк, ДУ «Чернівецький ОЦКПХ МОЗ»

О. М. Вакарчук, ДУ «Чернівецький ОЦКПХ МОЗ»

У сучасних умовах проблема забезпечення хімічної безпеки набуває особливої актуальності у зв'язку зі зростанням масштабів використання небезпечних хімічних речовин у промисловості, аграрному секторі, транспортній інфраструктурі та комунальному господарстві [1, 2]. Хімічна безпека є невід'ємною складовою системи громадського здоров'я, екологічної безпеки, цивільного захисту та національної безпеки держави, оскільки наслідки хімічних інцидентів здатні спричиняти масштабні медико-біологічні, соціально-економічні та екологічні втрати [1-3].

На території України функціонує значна кількість потенційно небезпечних об'єктів, діяльність яких пов'язана з виробництвом, зберіганням, транспортуванням або використанням токсичних, вибухонебезпечних і пожежонебезпечних речовин [4-6]. Додатковим фактором ризику є сучасні воєнні виклики, пов'язані з пошкодженням об'єктів критичної інфраструктури, виникненням техногенних аварій унаслідок бойових дій, а також потенційною загрозою застосування бойових отруйних речовин [4, 7]. У таких умовах особливого значення набувають оцінка хімічних ризиків, організація системи моніторингу та підвищення готовності системи охорони здоров'я до реагування на надзвичайні ситуації хімічного характеру.

Проаналізовано міжнародні й національні нормативно-правові документи у сфері хімічної безпеки.

Хімічна безпека є важливою складовою системи громадського здоров'я та національної безпеки, оскільки вплив небезпечних хімічних факторів здатний призводити до масштабних медико-біологічних, екологічних і соціально-економічних наслідків [1-3]. Сучасний рівень розвитку промисловості, інтенсифікація технологічних процесів, активне використання небезпечних хімічних речовин у виробництві, сільському господарстві, транспортній та комунальній сферах обумовлюють необхідність постійного вдосконалення системи управління хімічними ризиками [2].

Особливістю хімічних інцидентів є здатність токсичних речовин швидко поширюватися у навколишньому середовищі з формуванням зон ураження, які можуть охоплювати значні території та створювати загрозу для населення, об'єктів інфраструктури та довкілля [7]. Характер і масштаби можливих наслідків визначаються фізико-хімічними властивостями токсикантів, метеорологічними умовами, шляхами поширення забруднення та щільністю населення у зоні потенційного ураження [4].

Одним із ключових елементів системи забезпечення хімічної безпеки є оцінка ступеня хімічної небезпеки об'єкта. Визначення ступеня небезпеки базується на кількості небезпечних хімічних речовин, їх токсичності, фізико-хімічних характеристиках та чисельності населення, що проживає у межах зони можливого хімічного ураження [4-6]. Такий підхід дозволяє прогнозувати потенційні масштаби надзвичайної ситуації, оцінювати рівень ризику та визначати необхідний обсяг заходів реагування.

Важливе значення має класифікація хімічно небезпечних об'єктів, оскільки вона використовується для організації системи моніторингу, планування заходів реагування та розробки алгоритмів захисту населення. Особливої актуальності це питання набуває в умовах урбанізації, коли

значна кількість промислових підприємств розташована у безпосередній близькості до населених пунктів.

Сучасні підходи до забезпечення хімічної безпеки ґрунтуються на принципах гігієнічного нормування небезпечних речовин та оцінки ризиків їх впливу на здоров'я людини. Для визначення ступеня токсичності та допустимого рівня впливу використовуються показники середньої смертельної дози (LD50), середньої смертельної концентрації (LC50), гранично допустимих концентрацій, гранично допустимих викидів та орієнтовно безпечних рівнів впливу [8, 9].

Застосування цих критеріїв є основою для проведення санітарно-гігієнічного моніторингу, прогнозування наслідків аварій та розробки профілактичних заходів. Окремої уваги потребує проблема комбінованої дії токсичних речовин, оскільки одночасний вплив декількох хімічних агентів може супроводжуватися потенціюванням токсичного ефекту навіть за умов, коли концентрація кожної окремої речовини не перевищує нормативних значень [8].

Сучасні виклики у сфері хімічної безпеки значно посилилися в умовах воєнного стану. Пошкодження промислових підприємств, об'єктів критичної інфраструктури, складів небезпечних речовин та транспортних систем створює ризики виникнення масштабних техногенних аварій із хімічним компонентом. Водночас зберігається загроза застосування бойових отруйних речовин, що потребує підвищення готовності системи охорони здоров'я до реагування на масові токсичні ураження населення.

У цих умовах пріоритетного значення набувають розвиток систем раннього виявлення хімічних інцидентів, удосконалення лабораторного контролю, прогнозування можливих наслідків аварій, а також підготовка медичних працівників до роботи в умовах надзвичайних ситуацій хімічного характеру [4, 7]. Важливою складовою профілактики залишається проведення інформаційно-роз'яснювальної

роботи серед населення щодо правил поведінки при виникненні аварійних ситуацій та способів індивідуального захисту.

Хімічна безпека є важливою складовою системи громадського здоров'я та національної безпеки держави. Зростання кількості потенційно небезпечних об'єктів, активне використання токсичних речовин і сучасні воєнні загрози підвищують ризик виникнення надзвичайних ситуацій хімічного характеру.

Ефективне забезпечення хімічної безпеки потребує удосконалення системи моніторингу, оцінки ризиків, раннього виявлення хімічних інцидентів та підготовки фахівців до реагування на масові токсичні ураження. Комплексний підхід до профілактики та реагування дозволяє мінімізувати негативний вплив хімічних факторів на здоров'я населення і довкілля.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Про систему громадського здоров'я: Закон України від 06.09.2022 № 2573-IX. URL: Законодавство України (дата звернення: 22.05.2026).
2. Chemical safety / World Health Organization. URL: World Health Organization (дата звернення: 22.05.2026).
3. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: Законодавство України (дата звернення: 22.05.2026).
4. Реагування на хімічні загрози: збірник довідкової інформації для підготовки занять / ОБСЄ, ДСНС України. Київ : Вайте, 2021. 88 с.
5. Про об'єкти підвищеної небезпеки: Закон України від 18.01.2001 № 2245-III. URL: Законодавство України (дата звернення: 22.05.2026).
6. Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією: Закон України від 01.12.2022 № 2804-IX // Відомості Верховної Ради України. 2023. № 55. Ст. 161. URL: Законодавство України (дата звернення: 22.05.2026).

7. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць: наказ МОЗ України від 10.05.2024 № 813. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#Text> (дата звернення: 22.05.2026).

8. Про внесення зміни до Гігієнічних регламентів «Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць»: наказ МОЗ України від 07.09.2023 № 1585. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1667-23#Text> (дата звернення: 22.05.2026).

СЕКЦІЯ 6. ПРИКЛАДНІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ МЕТОДИ ЗАПОБІГАННЯ ЗАГРОЗАМ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ГОТОВНОСТІ ДО НИХ

УДК 614.8:351.862:355.01:623.459

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ РЕАГУВАННЯ ГРУПИ РАДІАЦІЙНОГО, ХІМІЧНОГО ТА БІОЛОГІЧНОГО ЗАХИСТУ НА РАДІАЦІЙНІ ТА ХІМІЧНІ ЗАГРОЗИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

*А. І. Мошенська, рятувальник-хімік відділення радіаційного та
хімічного захисту ГРХБЗ,
АРЗ СП ГУ ДСНС України у м.Києві*

Анотація: у тезах висвітлено практичні аспекти реагування групи радіаційного, хімічного та біологічного захисту (далі – ГРХБЗ) на радіаційні та хімічні загрози в умовах воєнного стану. Проаналізовано основні завдання, які виконують підрозділи ГРХБЗ під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, спричинених збройною агресією російської федерації проти України, зокрема під час проведення радіаційної та хімічної розвідки, спеціальної та санітарної обробки, локалізації небезпечних речовин та участі у репатріаційних заходах. Окрему увагу приділено проблемним питанням матеріально-технічного забезпечення, міжвідомчої взаємодії та перспективам впровадження сучасних технологій у сфері РХБ захисту.

В умовах збройної агресії російської федерації проти України питання радіаційного та хімічного захисту набули особливої актуальності. Постійні ракетні удари, застосування безпілотних літальних апаратів та активні бойові дії створюють високі ризики ураження об'єктів критичної інфраструктури, підприємств хімічної промисловості, нафтобаз, складів небезпечних хімічних речовин та

об'єктів атомної енергетики. Особливу небезпеку становлять атаки на території, забрудненій радіоактивними речовинами, зокрема Чорнобильську зону відчуження, що може призводити до вторинного радіаційного забруднення внаслідок пожеж та пошкодження захисних конструкцій.

Суттєвою загрозою залишається можливість виникнення аварій із викидом радіоактивних або небезпечних хімічних речовин у навколишнє середовище. Руйнування промислових об'єктів, що використовують або зберігають аміак, хлор, кислоти та інші небезпечні речовини, здатне спричинити масштабне забруднення територій, масові отруєння населення, довготривалі екологічні наслідки та значні соціально-економічні втрати.

У системі цивільного захисту України одну з ключових ролей у реагуванні на зазначені загрози виконує група радіаційного, хімічного та біологічного захисту. Діяльність ГРХБЗ спрямована на виявлення, оцінку, локалізацію та ліквідацію наслідків радіаційного і хімічного зараження, а також забезпечення безпеки населення, особового складу та території.

До основних завдань ГРХБЗ належать проведення радіаційної та хімічної розвідки, визначення меж зон зараження, контроль рівнів радіаційного та хімічного забруднення, виявлення та ідентифікація джерел іонізуючого випромінювання, проведення спеціальної обробки техніки, спорядження та санітарної обробки особового складу, а також забезпечення органів управління оперативною інформацією для прийняття рішень щодо реагування на надзвичайні ситуації.

Практичні аспекти реагування передбачають виконання комплексу спеціалізованих заходів, зокрема локалізацію та ліквідацію витоків небезпечних хімічних речовин із пошкоджених резервуарів, технологічних ліній та транспортних цистерн. В умовах воєнного стану виконання таких завдань ускладнюється ризиком повторних обстрілів, обмеженим доступом до місць ураження та необхідністю роботи в умовах постійної загрози для особового складу.

Невід'ємною складовою діяльності ГРХБЗ стала участь у репатріаційних заходах щодо повернення тіл загиблих захисників України. Виконання зазначених завдань супроводжується підвищеним психологічним навантаженням на особовий склад, а також ризиками біологічного характеру, пов'язаними з можливістю контакту з небезпечними патогенними агентами.

Однією з актуальних проблем залишається недостатня сумісність засобів бронезахисту із засобами індивідуального захисту високого класу. В умовах повторних обстрілів об'єктів критичної інфраструктури це суттєво впливає на мобільність хіміків-рятувальників, зменшує допустимий час перебування у засобах захисту та ускладнює оперативне виконання поставлених завдань.

Ефективність діяльності ГРХБЗ значною мірою залежить від рівня міжвідомчої взаємодії. Під час виконання завдань із виявлення та подальшої утилізації незареєстрованих джерел іонізуючого випромінювання здійснюється взаємодія з Київською службою порятунку, Службою безпеки України, Національною поліцією України та ДСП «РАДОН». Водночас недостатня кількість спільних міжвідомчих навчань ускладнює відпрацювання ефективних алгоритмів реагування в кризових ситуаціях.

Актуальними залишаються питання матеріально-технічного забезпечення підрозділів. Підвищенню ефективності радіаційної та хімічної розвідки сприятиме впровадження безпілотних авіаційних систем із можливістю інтеграції дозиметричного та хімічного обладнання, GPS-прив'язки результатів вимірювань, а також використання наземних роботизованих комплексів для дистанційного обстеження небезпечних ділянок і створення цифрових карт забруднення.

Окремої уваги потребує автоматизація постів радіаційного та хімічного спостереження. Створення єдиної системи моніторингу з цифровою обробкою та передачею

даних у режимі реального часу дозволить суттєво підвищити оперативність виявлення загроз і ефективність реагування.

Важливим напрямом розвитку системи РХБ захисту є також розширення міжнародного співробітництва, обмін практичним досвідом із міжнародними партнерами та впровадження сучасних технологій і передових практик у сфері цивільного захисту.

Висновок: практичний досвід реагування на радіаційні та хімічні загрози в умовах воєнного стану підтверджує необхідність постійної готовності підрозділів РХБЗ до дій у складних та небезпечних умовах. Діяльність ГРХБЗ характеризується високим рівнем відповідальності та широким спектром завдань, виконання яких є важливою складовою забезпечення безпеки населення, захисту довкілля та мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій. Водночас підвищення ефективності реагування потребує подальшого вдосконалення матеріально-технічного забезпечення, розвитку міжвідомчої взаємодії та впровадження сучасних технологічних рішень у сфері РХБ захисту.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс цивільного захисту України: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 02 червня 2003 р. № 813 «Про затвердження Порядку взаємодії органів виконавчої влади та юридичних осіб, які провадять діяльність у сфері використання ядерної енергії, у разі виявлення радіоактивного матеріалу у незаконному обігу» зі змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 414 від 09.06.2010, № 553 від 29.04.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/813-2003-%D0%BF#Text>
3. Постанова КМУ від 18 червня 2025 р. № 729 дск “Деякі питання реагування на можливе застосування зброї масового знищення (хімічної зброї)” 71/149 дск 22.07.2025

4. Постанова КМУ від 15 листопада 2024 р. № 1315 дк «Деякі питання реагування на можливе застосування зброї масового знищення (ядерної зброї)” 71/34 дк 18.02.2025

5. Наказ МВС від 26.04.2018 № 340 «Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту та Статуту дій органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту під час гасіння пожеж», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 10.07.2018 за № 801/32253. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0801-18#n17>

6. Наказ МВС від 29.11.2019 № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті», зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 14.05.2020 р. За № 440/34723. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text>

7. Наказ МВС від 27.11.2019 № 986 «Про затвердження Методики спостережень щодо оцінки радіаційної та хімічної обстановки», зареєстрованим у Міністерстві юстиції України 24.01.2020 за № 83/34366. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0083-20#Text>

8. Наказ ДСНС від 12.02.2025 № НС-173 «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо організації індивідуального дозиметричного контролю в територіальних органах та підрозділах ДСНС»

УДК 911.5+574.1|(477.44-751.3):502.14(100)

РАМСАРСЬКІ ТЕРИТОРІЇ В УКРАЇНІ: РЕГІОНАЛЬНИЙ АСПЕКТ

А. В. Гудзевич, д. геогр. н., професор, кафедра географії, Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського

Серед природоохоронних ініціатив сьогодення, які спрямовані на захист біотичного й ландшафтного різноманіття – низка конвенцій. Помітне місце серед них посідає Рамсарська конвенція, також відома як міжнародна Конвенція про водно-болотні угіддя [5]. Конвенція про водно-болотні угіддя міжнародного значення має унікальну відзнаку як перший сучасний договір між країнами, спрямований на збереження природних ресурсів [2].

Водно-болотні угіддя – це життєво важливі екосистеми, що охоплюють менше 10% суші Землі, проте вони підтримують 40% світового біорізноманіття та діють як критично важливі поглиначі вуглецю. Згідно зі статтею 1 Рамсарської конвенції, під водно-болотними угіддями розуміють «райони маршів, боліт, драговин, торфовищ або водойм – природних або штучних, постійних або тимчасових, стоячих або проточних, прісних, солонкуватих або солоних, включаючи морські акваторії, глибина яких не перевищує шість метрів» [2].

На початок 20-х років ХХІ ст. загальнопланетарний перелік включав понад 2500 об'єктів водно-болотних угідь [6]. До Конвенції – єдиного міжнародного договору, який зосереджений на водно-болотних угіддях, приєдналися 172 країни світу. Україна взяла на себе зобов'язання охороняти цінні водно-болотні угіддя з 1996 року. [В Укр]. Наразі в Україні є 50 об'єктів, визначених як водно-болотні угіддя міжнародного значення (Рамсарські угіддя) з площею 828 172 га. З них 22 водно-болотних угіддя отримали статус

міжнародних у 1995 році, 11 – у 2004 році, в 2016 – 2019 роках Секретаріат Рамсарської конвенції затвердив рішення про надання міжнародного статусу ще 17 водно-болотним угіддям (ВБУ) України [2].

У 2020 році Всесвітній фонд природи WWF-Україна, за інформаційної підтримки Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, розробив унікальну Google-мапу рамсарських угідь України. На ній позначені точні координати усіх 50 угідь з детальним описом, фото та можливістю побудувати маршрут до кожного з них [1].

Серед загалом нечисленних об'єктів водно-болотних угідь міжнародного значення на загальнодержавному рівні, на теренах Вінницької області допоки «сертифікований» лише один. Рішенням Рамсарського комітету від 04.04.2019 офіційно утворено Рамсарський сайт № 2387 Liadova-Murafa [1]. Територія розташована в межах Вінницької області на кордоні з Республікою Молдова. Загальна площа угідь, що охоплюють території від села Лядова до гирла р. Мурафа (західніше м. Ямпіль) складає 5394,28 га. До складу заповідної території з міжнародним статусом увійшли ботанічний заказник «Лядівський» та частина території регіонального ландшафтного парку «Дністер» [33]. Координати: 48° 22' 59.9999" N 27° 52' 59.9999" E.

Згідно Рамсарського сайту Лядова-Мурафа представляє собою ділянку річки Дністер з притоками і численними струмками, що протікають по днищах балок. До угіддя входять схили річки Дністер та заліснені території в долинах малих річок. Ця ділянка є місцем гніздування, зимівлі або розміщення перед відправленням на зимівлю багатьох видів птахів, зокрема крижня звичайного *Anas platyrhynchos* L., лиски звичайної *Fulica atra* L., гоголя, лебедя-шипуну, лебедя-кликуна, крехів – великого *Mergus merganser* L., середнього *M. serrator* L. та малого *M. albellus* L., чубатої черні *Aythya fuligula* L., свища *Anas penelope* L., сірої гуски *Anser anser* L., чапель – сірої *Ardea*

cinerea L. та білої *A. Alba* L. Серед цих птахів: гуска мала *Anser erythropus* L., нирок білоокий *Aythya nyroca* *Gueldenstadt*, орлан білохвіст *Haliaeetus albicilla* *Pallas*, підорлик великий *Aquila clanga* *Pallas*, дрофа *Otis tarda* L. перераховані в Додатку I Конвенції про охорону мігруючих видів тварин, і майже всі – у списку суворо охоронюваних Бернської конвенції (наприклад, мала поганка *Tachybaptus ruficollis* *Pallas*, мала біла чапля, лелека, луток *Mergus albellus* L., перевізник *Actitis hypoleucos* L.). Деякі рідкісні види зимують тут нерегулярно: крех великий *Mergus merganser* L. (RBM - DD), середній крохаль *Mergus serrator* L. (RBU - EN) дербнік *Falco columbarius* L. (RBM - DD) Під час міграцій, зупинок на харчування і линяння тут спостерігаються до 24 тис. особин птахів 106 видів. Під час сезонних міграцій тут виявлено 146 видів. Зимує 83 види [3; 6].

Рослинний світ налічує понад 300 видів судинних рослин. 13 видів рослин, що ростуть на території угіддя, занесено до Червоної книги України. У водах угіддя зустрічається понад 30 видів риб. У межах угіддя мешкають понад 40 видів ссавців, 10 видів земноводних і 6 видів плазунів. 16 видів тварин занесено до Червоної книги України. 30 видів вказані у Червоному списку МСОП. 2 види охороняються Конвенцією про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення, 1 вид охороняється Боннською конвенцією. Рослинний світ налічує понад 300 видів судинних рослин серед яких низка рідкісних, ендемічних та реліктових видів. 13 видів рослин занесені до Червоної книги України. Чотири види охороняються Конвенцією про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES, Додаток I).

Територіально ВБУ Лядова-Мурафа відноситься до регіонального ландшафтного парку «Дністер». Їх протяжність становить 32,1 км. До складу території регіонального ландшафтного парку «Дністер» входить вісім об'єктів ПЗФ України: п'ять ботанічних заказників (з них: два

загальнодержавного значення – «Білянський ліс» і «Бронницький» та три місцевого значення – «Бронницька гора», «Григорівська гора», «Криштофорівська гора»), комплексна пам'ятка природи загальнодержавного значення «Урочище Стінка» та два парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення («Бронницький парк» і «ЦПКіВ м. Могилів-Подільського») [4].

З початку повномасштабного вторгнення Російської Федерації в Україну для стримування можливих загроз з Придністровським районом Молдавської Республіки нарощуються захисні рубежі прикордоння. Зокрема й приймаються до уваги ухвалені Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо захисту державного кордону України» 24 лютого 2023 року. За ним, прикордонна смуга у Придністер'ї, шириною 30-50 м, наклалася на території ВБУ. У випадку розбудови фортифікаційних споруд, чи вирішення логістичних питань військовими частинами Державної прикордонної служби України, існує загроза знищення природних цінностей низки природоохоронних об'єктів і територій, зокрема й водноболотних угідь міжнародного значення, що охороняються Рамсарською конвенцією – 2387 Liadova-Murafa.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. WWF розробив унікальну мапу рамсарських угідь України (2020). Сайт WWF. URL: <https://wwf.ua/?364458/wwf-rozrobuv-unikalnu-mapu>
2. Василюк, О., Колодежна, В., Куземко, А. та ін. (2026). Природоохоронні території європейського значення в Україні. Чернівці : Друк Арт. 432 с.
3. Матвійчук, О.А., Пірхал, А.Б., Ремінний, В.Ю. (2015). Кадастр наземних тетрапод Вінницької області. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД». 436 с.

4. Гудзевич, А.В. (2002). Природно-заповідна Вінниччина. Вінниця: ТОВ “Консоль”, 128 с.
5. Gell, P.A, Davidson, N.C. & Finlayson C. M. (2023). Ramsar wetlands: Values, assessment, management. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02282-3> DOI: 10.1016/C2018-0-02282-3
6. Hudzevych, A. V., Nikitchenko, L. O., Hudzevych, L. S., Bronnikova, L. F., & Demets, R.O. (2021). Approaches to organize the econetwork of the Transnistria region in the conditions of urban landscape. Journal of Geology Geography And Geoecology, 30 (3), 449-459. DOI: <https://doi.org/10.15421/112141>
7. Laski, D. Ramsar Convention (2024). URL: <https://www.ebsco.com/research-starters/earth-and-atmospheric-sciences/ramsar-site>

УДК 351.86

ЗМІЦНЕННЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬКОВОЇ БЕЗПЕКИ

*А. В. Пупенко, здобувач Національного аерокосмічного
університету «ХАІ»*

Забезпечення військової безпеки є найважливішим напрямом діяльності держави. Військова безпека існує для захисту накопиченого людського надбання від потенційного збитку запобігання конфліктам різних рівнів.

Зміст забезпечення військової безпеки включає: формування і реалізацію єдиної державної політики; підтримка внутрішньополітичної стабільності; розвиток і зміцнення дружніх (союзницьких) стосунків з сусідами і іншими державами; усебічне забезпечення збройних сил; охорону і захист державного кордону в межах прикордонної території, повітряного простору і підводного середовища; підтримку при необхідності політичних акцій, здійснення контролю над взаємним виконанням зобов'язань в області обмеження, скорочення і ліквідації озброєнь і зміцнення заходів довіри; забезпечення готовності до участі в підготовці нових кадрів, для забезпечення безпеки [3].

Кадрова політика на рівні держави - це система заходів, спрямованих на формування інституціональних структур, відповідно до цілей, завдань і інтересів державної й національної політики, для ефективного процесу відтворення кадрового потенціалу на певній фазі життєвого циклу розвитку державної соціально-економічної системи.

Державне управління кадровою політикою, спрямоване на використання й відтворення працездатного й соціальний захист непрацездатного населення, формування законодавчими

органами влади, урядом і в значній мірі визначається типом влади в суспільстві.

Результати кадрового моніторингу можуть бути основою для оптимізації розміщення кадрів, планування заходів корекції соціально-психологічного клімату, структури підпорядкування, стилю управління й мотивування співробітників, оптимізації взаємодії усередині й між підрозділами. Багаторівневість кадрової політики підтверджується наявністю необхідних законодавчих і регулюючих документів, прийнятих соціально-економічними системами різних рівнів. Так, кадрова політика включає тип влади в суспільстві (рівень держави), стиль керівництва (рівень держави, регіону, підприємства), вимоги до персоналу (рівень підприємства) і регулюється в правилах внутрішнього розпорядку, колективному положенні, та про кадрову політику.

Аналіз кадрового потенціалу став проводитися з появи інтересу до персоналу, як до важливого ресурсу організації, у виконанні якого сховані значні резерви, а будь-який ресурс характеризується, у першу чергу, економічною ефективністю використання [1]. Кадрова політика — це методологія управління процесом відтворення кадрового потенціалу на макрорівні, а система управління персоналом — це вид діяльності, тобто реалізація даної кадрової політики на мікрорівні. Специфіка цієї сфери управління визначається наступними властивостями персоналу:

системність як окремого фахівця, так і групи, спільності;

будь-який управлінський вплив на персонал — це взаємодія, що викликає активність, комплекс динамічних, фізичних і психічних процесів як у суб'єкта впливу, так і в об'єкта;

комбінація в персоналі ознак суб'єкта, і об'єкта управління;

залежність поведінки й властивостей персоналу від ситуації і її суб'єктивної оцінки;

залежність результатів діяльності від організації праці працівників і комунікацій;

схильність до створення інших систем, наприклад, груп, що веде до появи нових факторів поведінки, підвищенню або зниженню ефективності праці й ще більш ускладнює управління; необхідність спеціальних знань для управління людьми.

Тому необхідно розробити інструменти, що дозволяють менеджерам ефективніше використовувати персонал. Існуюча раніше й існуюча сьогодні система обліку й система оцінки персоналу на українських підприємствах не дозволяє розглядати кадри, як об'єкт для інвестицій. Отже, аналіз організаційний механізм формування кадрового потенціалу - це процес виявлення, виміру й надання інформації про людські ресурси [2].

Таким чином, напрями ефективного розвитку кадрової політики, дають підставу стверджувати, що вона є невід'ємною частиною загальної політики безпеки держави та відповідає сучасним підходам до управління.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Венцовський Д. Ю. Зовнішньоекономічна безпека України: стан та напрями забезпечення. *Стратегічні пріоритети*. 2015. № 3. С. 56–63.
2. Шпак Л. Соціальна інфраструктура як складова соціально-економічного розвитку регіону . Вісник Східноєвропейського університету економіки і менеджменту. Серія: Економіка і менеджмент. 2016. № 1. С. 5-8.
3. Хуторний Б. Система забезпечення військової безпеки України в умовах трансформації зовнішніх та внутрішніх загроз. / Інвестиції: практика та досвід №8 2023 с. 232-236 URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/investplan/article/view/1390>

УДК 351.86.47

ЕФЕКТИВНА КАДРОВА ПОЛІТИКА, ЯК ПІДТРИМКА НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ

*В. В. Есіков, здобувач Національного аерокомічного
університету «ХАІ»*

Питання про вплив освіти на забезпечення національної безпеки країни не перший рік обговорюється в науково-педагогічній літературі. Ми не зустрічали жодної роботи, де б автори заперечували цей вплив. Навпаки, дослідники з урахуванням різного предмета в об'єкті, що вивчається, підкреслюють тісну залежність і взаємозалежність цих двох громадських інститутів. Від професійної освіти на найближчу перспективу очікується не лише підготовка висококваліфікованих фахівців відповідно до потреб ринку праці, але і організація виховної роботи, яка дозволить сформуванню соціально відповідальної особи, орієнтованої на традиційні українські цінності. Важливим компонентом забезпечення ринку праці є система професійної орієнтації, де нині реалізуються нові перспективні проекти. Реалізація цих завдань — комплексна проблема, яка вирішується шляхом взаємодії усіх рівнів освіти при тісній співпраці з підприємствами реального сектора економіки, а також за умови створення можливостей для самореалізації молоді [2].

Здатності людини й особливо її професійні якості й професійний досвід набувають характер національного надбання й вимагають пильної уваги на усіх рівнях соціального управління й постійної уваги науки. У цьому зв'язку важко не погодитися з позицією українських вчених, що затверджують, що кадрова політика має свою об'єктивну логіку, відбиваючи рівень розвитку, потреби й можливості українського суспільства й держави й повинна базуватися на наукових основах, свого роду філософії кадрової політики.

Адже кадри - це основний (штатний, постійний), як правило, кваліфікований склад працівників (підприємства, установи, громадської організації, усієї системи виробництва й управління). Кадри - це головний і вирішальний фактор виробництва, перша продуктивна сила суспільства. Вони створюють і приводять у рух засобу виробництва, постійно їх удосконалюють. Різняться окремі категорії кадрів: кадри масових професій, кадри фахівців, управлінські кадри (включаючи керівні). Від кваліфікації працівників, їх професійної здатності, ділових якостей значною мірою залежить ефективність виробництва.

Терміном "персонал" характеризують увесь особовий склад працюючих, постійних і тимчасових, фахівців і обслуговуючих їхня діяльність робітників та службовців [1].

Термін "кадрова політика" в управлінській практиці досить багатозначний. Головна відмінність у підходах до його використання: одні дослідники й практики (на наш погляд, цілком оправдано) розуміють під кадровою політикою вираження (визначення) стратегії роботи з кадрами кожного суб'єкта управлінської діяльності, свого роду програму діяльності. Інші вважають, що кадрова політика тотожна кадрової діяльності, тобто тлумачать її досить широко, включаючи в неї кадрову роботу. Звичайно, між ними не «китайської стіни», але вони не тотожні за своїм змістом й технологією реалізації, тому що відбивають різні етапи й сторони кадрового процесу. Крім того, термін «кадрова політика» у літературних джерелах трансформується також залежно від об'єкта дослідження, наприклад, кадрова політика підприємства, кадрова політика регіону, антикризова кадрова політика організації, кадрова політика держави [2].

Реалізація цілей і завдань управління персоналом здійснюється саме через кадрову політику. Кадрова політика - головний напрямок у роботі з кадрами, набір основних принципів, які реалізуються кадровою службою підприємства,

регіону. Щодо цього кадрова політика являє собою стратегічну лінію поведінки в роботі з персоналом. Кадрова політика — це цілеспрямована діяльність зі створення трудового колективу, який щонайкраще сприяв би сполученню цілей і пріоритетів підприємства і його працівників.

Таким чином, управління кадровою політикою спрямовано на формування такої системи роботи з кадрами, яка орієнтувалася б на одержання не тільки економічного, але й соціального ефекту за умови дотримання чинного законодавства та підтримку національної безпеки.

В реалізації кадрової політики можливі альтернативи. Вона може бути швидкої, рішучої (у чомусь спочатку, можливо, і не дуже гуманною стосовно працівників), заснованою на формальному підході, пріоритеті виробничих інтересів, або, навпаки, заснованою на обліку того, як її реалізація позначиться на трудовому колективі, до яких соціальних витрат для нього це може привести.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Балановський Я. Національна безпека України: сутність і напрямки реалізації. Актуальні дослідження суспільних наук : матеріали X Всеукр. наук. конф., м. Умань, 28 берез. 2024 р. 2024. С. 45–51. URL: <https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2024-04/МАТЕРІАЛИ%20X%20наукової%20конференції.pdf#page=46>
2. Нижник Н.Р. Національна безпека України (методологічні аспекти, стан і тенденції розвитку): [навч. посіб.] / Н.Р. Нижник, Г.Р. Ситник, В.Т. Білоус; [за ред. Н.Р. Нижника]. К.: Преса України, 2000. 304 с.

УДК 664

**РОЛЬ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ
ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ КРАЇНИ ПІД ЧАС ВІЙНИ**

*Д. М. Солодовник, студентка, Національний університет
«Чернігівська політехніка»*

У сучасних умовах воєнного стану питання продовольчої безпеки країни набуває великого значення. Повномасштабна війна створює комплекс загроз для функціонування критично важливих галузей економіки, зокрема аграрного сектору та харчової промисловості. У таких умовах особливої актуальності набуває застосування міждисциплінарних підходів до запобігання ризикам, забезпечення безперервності виробництва та підвищення готовності підприємств до кризових ситуацій. Поєднання економічних, технологічних, логістичних, енергетичних та управлінських рішень дозволяє адаптувати виробничі процеси до умов нестабільності та мінімізувати наслідки зовнішніх загроз.

Хлібопекарська та аграрна промисловість, які спільно пов'язані між собою, так само як і більшість галузей бізнесу в Україні за період повномасштабного вторгнення зазнала криз та труднощів у стабільному існуванні, доходи та обсязі виробництва. Основними проблемами для виробництв є відсутність електроенергії, палива, робочої сили та безпекової ситуації в країні, але тим не менш український бізнес не перестав функціонувати навіть на прикордонних територіях. Так само і хлібопекарська галузь попри всі можливі труднощі продовжує забезпечувати населення необхідними продуктами харчування, підтримуючи стабільність продовольчого ринку та виконуючи важливу соціальну функцію.

Важливим фактором підтримки хлібопекарської галузі в умовах війни стала державна програма релокації (переміщення) підприємств із територій активних бойових дій до більш безпечних регіонів країни. За допомоги держави підприємства

отримали можливість перемістити виробничі потужності та продовжити виробничу діяльність у відносно стабільних та спокійних областях західної та центральної частини України. Основними напрямками релокації стали Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька, Волинська, Вінницька та Рівненська області [1].

Державна підтримка поширюється не лише на організацію переїзду підприємств, а й комплекс заходів, спрямованих на відновлення їх стабільної роботи. Зокрема, підприємствам надається допомога у пошуку нових виробничих приміщень, транспортуванні обладнання, розміщенні працівників та надання нових спеціалістів. Окрема увага приділяється відновленню логістичних маршрутів, забезпеченню сировиною, пошуку нових каналів реалізації продукції та спонсорів за потреби. Водночас процес релокації є взаємовигідним не лише для підприємств, а й для областей в які вони переміщуються. Співпраця між місцевими підприємствами, оренда виробничих площ, розвиток логістичної системи та створення нових робочих місць сприяють економічному розвитку країни. У результаті релокація стала не лише способом збереження бізнесу, а й важливим інструментом підтримки економічної стійкості держави в умовах війни [1].

У 2022 році хлібопекарська галузь України зазнала значного зниження внаслідок повномасштабної війни, що негативно вплинуло на обсяги виробництва, логістику та забезпечення підприємств ресурсами. Проте вже у наступні роки галузь почала поступово адаптовуватися до сучасних умов ведення діяльності. За даними галузевих досліджень та профільних асоціацій у 2024–2025 роках спостерігалось часткове відновлення виробництва хлібобулочних виробів завдяки модернізації підприємств, розвитку експорту та пристосуванню виробників до умов воєнного часу [2].

В той час харчова галузь в Україні продовжує функціонувати та розвиватися в складних умовах. На роботу підприємств впливають значні витрати на енергоресурси,

дефіцит робочої сили, перебої з електропостачанням та ускладнена логістика. У 2025 році представники Всеукраїнської асоціації пекарів зазначали, що частина підприємств була змушена скорочувати обсяги виробництва та асортимент продукції через зростання собівартості виробництва [3].

Безсумнівно український бізнес в умовах війни стикається з великою кількістю проблем та має безліч ризиків для стабільного існування і розвитку. Тим не менш за роки війни підприємства показують відмінний результат та значний внесок у підтримці та зростанні ВВП держави. Хлібопекарська галузь демонструє стійкість та здатність до адаптації. У 2025–2026 роках українські виробники продовжили забезпечувати внутрішній ринок основними видами хліба та водночас нарощували експортні поставки. Це свідчить про важливу роль галузі у підтриманні продовольчої безпеки держави навіть в умовах тривалої війни. Хлібопекарська галузь продовжує активно модернізувати технології виробництва, виробляти нові рецептури тим самим нарощувати кількість споживачів не тільки в Україні а й за кордоном, що суттєво допомагає економіці України [4].

Застосування міждисциплінарних методів, що поєднують технологічні, управлінські, економічні та безпекові рішення, сприяє забезпеченню безперервності виробництва та підтриманню продовольчої безпеки держави. Важливу роль у цьому процесі відіграють цифровізація виробництва, впровадження резервних джерел енергії, державні програми підтримки та релокації підприємств, а також модернізація логістичних систем. Проте всі ці заходи супроводжуються зростанням вартості хлібобулочних виробів. Водночас підвищення цін частково компенсується завдяки державним програмам підтримки та зусиллям виробників щодо оптимізації витрат, що дозволяє зберігати базові продукти доступними для більшості населення. Такі заходи рішення спрямовані не лише на стабілізацію внутрішнього ринку, але й на зростання конкурентоспроможності продукції українських виробників на міжнародному ринку [5].

Хлібопекарська галузь України поступово відновлює своє місце на міжнародних ринках, водночас у сфері зовнішньої торгівлі зберігається нестабільність, що зумовлює необхідність постійного моніторингу та розроблення ефективних стратегій для забезпечення довгострокового сталого розвитку галузі [6]. Подальший розвиток хлібопекарської галузі потребує постійного вдосконалення механізмів готовності до кризових ситуацій і впровадження інноваційних підходів для мінімізації ризиків в умовах тривалих воєнних загроз.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Харчова промисловість України: аспекти воєнного часу. URL: <https://uapp.in.ua/wp-content/uploads/2025/04/maket-vidannja-t.-5.1.-8-sichnja25-druk.pdf> СТ 8(дата звернення: 12.05.2026)
2. AgroPortal. Ринок хліба в Україні скоротився на 20%. URL: https://agroportal.ua/news/ukraina/rinok-hliba-v-ukrajini-zmenshivsya-na-20?utm_source=ch
3. Agroter. Хліб дорожчає, виробництво падає. URL: https://agroter.com.ua/2025/10/07/hlib-dorozhchaye-vyrobnyctvo-padaye/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 12.05.2026)
4. World Food Ukraine 2025 завершилась: підсумки участі Всеукраїнської асоціації пекарів. URL: <https://vap.org.ua/news/world-food-ukraine-2025-zavershilas-pidsumki-uchasti-vseukrainskoi-asociacii-pekariv/> (дата звернення: 12.05.2026)
5. В Україні подорожчає ключовий продукт: скільки українці віддаватимуть за хліб. URL: <https://cv.znaj.ua/530114-v-ukrajini-podorozhchaye-klyuchoviy-produkt-skilki-ukrajinci-viddavativmut-za-hlvb> (дата звернення: 12.05.2026)
6. Мороз, С., Калашник, О., Каролоп, О., Бараболя, О., Китайгора, В. (2025). Хлібопекарська галузь України: трансформації та виклики в умовах війни. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*, 349(2), 576-584.

УДК 378.147

СУЧАСНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ З ДОМЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Л.С. Гудзевич, к.б.н., доцент кафедри біології Вінницького
державного педагогічного університету
імені Михайла Коцюбинського*

В умовах сучасних безпекових викликів та триваючої збройної агресії, підготовка фахівців до надання домедичної допомоги набуває статусу стратегічного пріоритету національної системи вищої освіти [2, 3]. Традиційна дидактична модель, орієнтована на пасивне засвоєння знань, вичерпала свій ресурс, що зумовлює необхідність переходу до інтегрованої симуляційної парадигми.

Нормативно-правовим фундаментом сучасної підготовки є Наказ МОЗ України № 441 від 09.03.2022, що встановив нові алгоритми дій при невідкладних станах. Важливим етапом стало впровадження Міністерством оборони України у 2025 році стандартів базового та розширеного рівнів, які забезпечують імплементацію стандартів НАТО та інтегрують тактичний компонент (допомога в умовах загроз) у загальноосвітній простір [4]. Юридична обов'язковість володіння цими навичками закріплена також у Кодексі цивільного захисту та Законі «Про екстрену медичну допомогу».

Сучасна освітня архітектура ЗВО базується на Simulation Based Learning (SBL), що дозволяє моделювати критичні ситуації. На основі досвіду провідних університетів встановлено, що ефективний симуляційний цикл має включати: пребрифінг (постановка цілей та дистрибуція ролей), сценарій (імітація екстремальної події), дебрифінг: критичний аналіз за методом «факт–позиція–питання» (advocacy–inquiry), спрямований на деконструкцію ментальної моделі студента та виявлення причин прийняття хибних рішень. Порівняльний

аналіз свідчить, що SBL забезпечує об'єктивність оцінки та високу резистентність до стресу, що є неможливим у межах традиційних лекційних занять [5].

Висока якість підготовки корелює з рівнем матеріально-технічного оснащення симуляційного навчання. Необхідний мінімум включає манекени з функцією зворотного зв'язку для серцево-легеневої реанімації, тренувальні АЗД, тренажери кровотеч із помповою імітацією та інші. Перспективним напрямом є інтеграція штучного інтелекту для персоналізації фідбеку та використання платформ віртуальних кейсів для відпрацювання алгоритмів до виконання ситуаційних завдань. Досвід Івано-Франківського національного медичного університету демонструє перспективність використання штучного інтелекту (AI) для автоматизованого тестування та створення віртуальних лабораторних симуляцій, що допомагають візуалізувати складні фізіологічні процеси. Це дозволяє персоналізувати зворотний зв'язок для кожного студента, вказуючи на специфічні недоліки в його техніці виконання маніпуляцій.

Якість викладання напряму корелює з актуальністю протоколів, що використовуються. Українські ЗВО дедалі активніше інтегрують у навчальні плани курси, сертифіковані Європейською радою реанімації (ERC) та Американською асоціацією серця (AHA). Зокрема, стандартний курс Basic Life Support (BLS) стає базовим для студентів немедичних спеціальностей, навчаючи їх алгоритмам СЛР, використанню дефібрилятора та допомозі при обструкції дихальних шляхів [1].

Перехід до об'єктивного оцінювання є обов'язковою умовою якості освіти. Стандартом атестації має бути об'єктивний структурований іспит, де рівень оцінюється за чек-листами та об'єктивними даними комп'ютерних систем манекенів, що мінімізує суб'єктивізм екзаменатора. На заліковому занятті студенти проходять через низку станцій, де за обмежений час (зазвичай 5-8 хвилин) мають виконати конкретну маніпуляцію або вирішити ситуаційний кейс який оцінює викладач та фіксує результат у стандартизований чек-лист.

Успіх викладання домедичної допомоги залежить не лише від обладнання, а й від ефективного менеджменту. Вивчення досвіду провідних українських та закордонних симуляційних центрів дозволяє виділити ключові аспекти адміністрування: планування розкладу, технічну підтримку манекенів та менеджмент людських ресурсів.

Важливою складовою є безперервний професійний розвиток викладачів. Вони мають регулярно проходити тренінги з педагогічного дизайну та симуляційних методик, це дозволяє викладачам ЗВО не лише володіти педагогічними навичками, а й знати, як правильно створювати безпечне освітнє середовище та мотивувати студентську аудиторію до навчання.

Викладання домедичної допомоги часто стикається з проблемою "інерції знань", коли застарілі методики продовжують транслюватися студентам. Однією з найбільш поширених помилок є недооцінка власної безпеки. У викладанні за стандартами МОЗ пріоритетом №1 завжди є безпека рятувальника [4]. Якщо місце події загрожує життю того, хто надає допомогу, наближення до постраждалого заборонено до усунення загрози.

Професійний досвід колег з ІФНМУ та НМУ свідчить про доцільність використання ділових ігор та аналізу ситуацій для формування компетентнісного підходу: «пізнавати, засвоювати, аналізувати і робити». Такий підхід стимулює клінічне мислення навіть у студентів немедичних профілів.

Висновок. Аналіз сучасних методів та практичного досвіду викладання домедичної допомоги дозволяє сформулювати цілісну концепцію підвищення якості освіти у цій сфері. Якісне викладання базується на тріаді: актуальна нормативна база, високотехнологічне симуляційне середовище та кваліфікований кадровий склад.

Першочерговим завданням для ЗВО є повна імплементація Наказу МОЗ № 441 та інтеграція нових стандартів Міністерства оборони 2025 року у навчальні програми. Це забезпечить відповідність знань студентів реальним викликам сьогодення. По-друге, необхідно розвивати

мережу симуляційних занять, де акцент зміщується з кількості тренажерів на якість сценаріїв та професіоналізм дебрифінгу.

Використання цифрових технологій, AI-симулятори та системи дистанційного навчання, дозволяє зробити навчання безперервним та доступним. Кінцевою метою має стати створення єдиної системи оцінки результатів, яка б гарантувала, що кожен випускник закладу вищої освіти, незалежно від спеціальності, здатен ефективно діяти в екстремній ситуації, зберігаючи життя до приїзду професійних медиків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гудзевич Л.С. Вивчення студентами немедичних закладів вищої освіти базової серцево-легеневої реанімації. Актуальні проблеми біології та методики її викладання у закладах вищої освіти: збірник наукових праць звітної наукової конференції викладачів за 2018-2019 н.р. , 2019. С. 187-195.

2. Домедична допомога в умовах бойових дій: Методичний посібник /Крилюк В.О., Сурков Д.М., Гурєв С.О., та ін. ТОВ «Ожива», 2022, 76 с.

3. Жара Г.І. Готовність освітян до надання домедичної допомоги постраждалим в умовах війни в Україні: компетентнісні аспекти. Актуальні проблеми громадського здоров'я: збірник наукових праць XIII міжнародної науково-практичної конференції «Освіта і здоров'я» Т.1.(7). Суми: СумДПУ імені А.С.Макаренка, 2023. С. 50-54.

4. Про затвердження порядків надання домедичної допомоги особам при невідкладних станах : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 09.03.2022 р. № 441. **Офіційний вісник України**. 2022. № 28. Ст. 1530. URL: rada.gov.ua (дата звернення: 21.05.2026)

5. Gudzewych L. Applied Aspect of "Nursing" Teaching in the High School / Gudzewych L., Vasilieva S., Sarafmyuk P., Zavalnyuk O., Baurko N.,Stepanenko I./Human Health: Realities and Prospects. Monographicseries. Volume 4. "HealthandBiosensors". - Drohobych: Posvit, 2019. - P.165-174.

УДК 351.013.42

РЕАЛІЗАЦІЯ ПАТРІОТИЧНОГО ВИХОВАННЯ МОЛОДІ

*М. О. Брацлавський, здобувач Національного аерокосмічного
університету «ХАІ»*

Молодіжна політика є складовою частиною державної політики в області соціально-економічного, культурного і патріотично-національного розвитку України і є цілісною системою заходів правового, організаційно-управлінського, фінансово-економічного, наукового, інформаційного, кадрового характеру, спрямованих на створення необхідних умов для вибору молодими громадянами свого життєвого шляху, для відповідальної участі у відродженні України.

Актуальність проблеми патріотичного виховання молоді обумовлена недостатністю дієвих заходів, особливо довготривалих і системних для підвищення ефективності патріотичного виховання молоді. Історичні особливості України створюють передумови для формування життєвих установок і траєкторій розвитку молодих людей, народжених на території сучасної України. Формування державної молодіжної політики у сфері патріотичного виховання без урахування історичних особливостей української державності і духовно-моральних засад українського народу веде до зниження її якості, до скорочення можливостей і пошуку нових ресурсів для розвитку людського і політичного капіталу молоді.

Практика патріотичного виховання, як і будь-яка практика не може бути системною і цілеорієнтованою без наукового обґрунтування. Положення моралі не можна звести в ранг закону і позитувати в праві, закріпивши їх нормативність і загальнообов'язковість для громадян країни. Проте більшість загальновідомих запитів, співнапрямів інтересам держави

відносно молоді, знаходяться саме в «неправовому» секторі, оскільки регулюються виключно за допомогою звичаїв, релігійних правил, корпоративних і інших норм. Традиційно головна і така, що не знайшла до теперішнього часу повноцінного дозволу проблема молодіжної політики полягає в подоланні порожнечі ідейного поля молоді - найважливішій для нас частині українського суспільства [1].

В країні в основному створена система патріотичного виховання громадян. У більшості областей утворені і працюють регіональні координаційні ради і центри патріотичного виховання. Прийняті і реалізуються довгострокові відомчі і регіональні програми патріотичного виховання, нормативні правові акти в області патріотичного виховання, а також створені умови для організаційного, інформаційного, наукового і методичного забезпечення патріотичного виховання [2].

Реалізація молодіжної політики на регіональному рівні - системний процес, покликаний робити вплив на молодь в контексті цілого ряду чинників : виховання, освіта, охорона здоров'я, дозвілля, зайнятість і так далі. У цей процес в якості активної сторони залучена ціла безліч галузевих і територіальних інститутів.

Органи державної влади прагнуть модернізувати систему управління молодіжною політикою, посиливши міжвідомчу координацію і ліквідувавши розрив в повноваженнях органів влади державного, регіонального і муніципального рівнів, а також намагаються привести нормативну правову базу у відповідність з оновлюваною системою управління. У цих умовах відзначається ускладнення державних молодіжних програм, пошук способів оцінки їх ефективності.

У соціально-педагогічному плані патріотизм розглядається як соціально-моральна цінність, що виражає відношення особи до Батьківщини і Вітчизни, що виступають об'єктами ціннісного відношення. Такий підхід обумовлений тим, що патріотизм як явище суспільної свідомості не просто

описує дійсне явище реальності, але і виносить оцінку, схвалює його, вимагає його здійснення [3].

Організаційно-технологічний компонент відбиває методи, засоби і форми, технології педагогічної взаємодії, використовувані для вирішення завдань патріотичного виховання.

Аналітико-оцінний компонент процесу патріотичного виховання включає реалізацію державного моніторингу за його ходом на основі діагностики, визначення результативності здійснюваної педагогічної взаємодії та здійснення корекції діяльності у разі виявлення яких-небудь недоліків. Реалізація єдності і взаємозв'язку виділених компонентів патріотичного виховання забезпечує його ефективність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Годлевська, А. І. Національно-патріотичне виховання в системі пріоритетів державної молодіжної політики України. Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова. Серія 11: Соціальна робота. Соціальна педагогіка : зб. наук. праць. Київ : Вид-во НПУ імені М. П. Драгоманова, 2019. Вип. 26. С. 102-109.

2. Гринько Ю. М. Механізми формування державно-патріотичних цінностей молоді в сучасній Україні. Актуальні питання сучасної стратегії розвитку України: виклики, пріоритети та прогнози: збірник наукових праць м. Київ, 25 листопада 2022 р. К.: Університет «Україна», 2022 р. С. 91-94.

3. Плоский К. В. Участь молоді у розвитку місцевої демократії в Україні: проблеми та перспективи . Український соціум. 2005. № 1 (6). С. 101–111.

УДК 614.8:004.9:699.85

ЗАПОБІГАННЯ ХІМІЧНИМ ТА ЕКОЛОГІЧНИМ ЗАГРОЗАМ ВІД ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ В УМОВАХ ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ: КОНЦЕПЦІЯ ДВОРІВНЕВОГО ЗАХИСТУ НА ОСНОВІ ЦИФРОВОЇ ТІНІ ТА ЦИФРОВОГО ФАНТОМУ

О. В. Савченко, канд. техн. наук, ст. наук. співроб.,

А. А. Стацюк, здобувач вищої освіти,

Н. О. Гарькава, здобувач вищої освіти

Національний університет цивільного захисту України

З лютого 2022 р. об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН) України – нафтосховища, трансформаторні підстанції, хімічні підприємства, водоочисні станції – перебувають під одночасним впливом двох незалежних класів загроз: внутрішніх (деградація технічного стану обладнання через порушення регламентів обслуговування та кадровий дефіцит) та зовнішніх (прицільні удари засобів повітряного нападу, ЗПН). Синергетичний ефект двох класів загроз проявляється через механізм каскадного відмовлення (cascade failure effect): первинне ушкодження одного елемента ОПН ініціює ланцюг відмов суміжних підсистем, наслідки яких кратно перевищують шкоду від безпосереднього впливу. Для нафтосховищ коефіцієнт підсилення збитку (DAR) становить 2,8–7,4. Чинні нормативні підходи орієнтовані або на мирний час (технологічний нагляд), або на пасивний фізичний захист від ЗПН та не охоплюють обидва класи загроз одночасно [1].

Концепція єдиної сенсорної платформи. Запропоновано концепцію дворівневого захисту ОПН, що поєднує технологію цифрової тіні для превентивного управління внутрішніми технологічними ризиками та технологію цифрового фантому для активного зниження зовнішньої сигнатурної вразливості перед ЗПН. Обидва компоненти функціонують на єдиній

сенсорній платформі за принципом подвійного використання інфраструктури: мережа сенсорів, необхідна для цифрової тіні, є водночас тією мережею, що забезпечує роботу цифрового фантому, – що робить повну вартість дворівневої системи меншою за сукупність вартостей двох окремих систем. Передача даних здійснюється за протоколами Modbus TCP/IP та LoRaWAN (дальність до 15 км) із ієрархічною структурою мережі, що гарантує часткову функціональність при пошкодженні окремих вузлів.

Компонент I – цифрова тінь. Технологія цифрової тіні забезпечує одnobічний автоматизований потік даних від фізичного об'єкта до його цифрового відображення [2; 3]. На відміну від дискретних планових перевірок, цифрова тінь формує безперервну динамічну картину стану обладнання, виявляючи відхилення на ранніх стадіях. Для типового резервуара вертикального сталевого (РВС) критичними є: зростання температури стінки понад 3 °С/год (початок внутрішнього нагрівання); зниження тиску у замкнутій трубопроводній системі більш ніж на 0,03 МПа за 30 хв (індикатор витоку); концентрація парів вуглеводнів понад 10 % від нижньої межі вибуховості. Безперервний контроль цих параметрів забезпечує перехід від реактивного гасіння пожеж до превентивного усунення причин займання, що є критично важливим у разі ускладненого розгортання пожежно-рятувальних підрозділів [3].

Компонент II – цифровий фантом. Цифровий фантом – модуль активної мультиспектральної імітації, що формує динамічний сигнатурний образ реального ключового елемента (КЕ) ОПН у тепловому та радіолокаційному діапазонах і розміщується на відстані не менше 100 м від захищуваного об'єкта [4]. Принципова відмінність від пасивних приманок – адаптивність: параметри випромінювання коригуються у реальному часі відповідно до поточного стану реального об'єкта, що передається сенсорною мережею. Маса одного

модуля – 1,5–2,5 кг, що уможливорює розгортання вантажними безпілотними літальними апаратами (БпЛА) без ризику для особового складу. Рівне розміщення (від 4 одиниць) формує «центр мас» хибної сигнатури; навіть при знищенні 30–40 % модулів решта групи зберігає сигнатурний контраст, достатній для дезорієнтації головок самонаведення (ГСН). Ефективний проти ЗПН із тепловими та активно-радіолокаційними ГСН; проти боєприпасів із GPS/ГЛОНАСС-наведенням застосування обмежене.

Верифікацію виконано на двох типах ОПН. Нафтоховище – пріоритетна сфера цифрової тіні: безперервний моніторинг запобігає аваріям із масштабними хімічними наслідками, оскільки дана категорія є найбільш часто атакованою з 2022 р. Трансформаторна підстанція 110/35 кВ – пріоритетна сфера цифрового фантому: силовий трансформатор ТДН-16000 у номінальному режимі має стабільну температуру корпусу 55–70 °С та характерний електромагнітний образ на частотах 50 Гц та гармоніках, які точно відтворюються імітаційним модулем. Порівняльний аналіз підходів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз підходів до захисту ОПН

Показник	Пасивний захист	Цифрова тінь	Цифровий фантом	ЦТ+ЦФ (пропонується)
Захист від внутрішнього ризику	Ні	Так	Ні	Так
Захист від зовнішнього удару ЗПН	Частково	Ні	Так	Так
Усунення сигнатурної вразливості	Ні	Ні	Так	Так

Показник	Пасивний захист	Цифрова тінь	Цифровий фантом	ЦТ+ЦФ (пропонується)
Ефективність в умовах воєнного часу	Знижується	Зберігається	Зберігається	Зберігається
Орієнт. вартість (малий об'єкт)	0,15–4,5 млн грн	від 80 тис. грн	22–60 тис. грн	менше суми двох окремих

Примітка: Складено авторами на основі [1; 4].

Висновки. 1. В умовах збройного конфлікту ОПН зазнають подвійної загрози – технологічної деградації та прицільних ударів ЗПН, – які взаємно підсилюють одна одну через механізм каскадного відмовлення з потенціалом хімічних та екологічних катастроф; жоден із чинних підходів не охоплює обидва класи загроз.

2. Технологія цифрової тіні забезпечує безперервний превентивний моніторинг, що переважає дискретні методи нагляду незалежністю від регулярності перевірок. Технологія цифрового фантому усуває сигнатурну вразливість ОПН перед мультиспектральними ГСН та забезпечує активний відвід ЗПН без залучення особового складу.

3. Реалізація обох компонентів на єдиній сенсорній платформі економічно ефективніша за роздільне розгортання та забезпечує синергетичний інфраструктурний ефект. Модульна масштабована архітектура та можливість розгортання БпЛА забезпечують застосовність системи до ОПН різних типів і конфігурацій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Білик А. С. та ін. Основи інженерного захисту об'єктів критичної інфраструктури енергетичної галузі України від

засобів повітряного нападу противника : монографія. Київ, 2023. 232 с.

2. Kritzinger W. et al. Digital Twin in Manufacturing: A Categorical Literature Review and Classification. IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51, No. 11. P. 1016–1022. DOI: 10.1016/j.ifacol.2018.08.474.

3. Савченко О. В., Стацюк А. А., Гарькава Н. О. Технології цифрових тіней та цифрових двійників для проактивного управління ризиками на об'єктах підвищеної небезпеки. Матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. «Технології безпеки: сучасні виклики та перспективи». Черкаси, 2026. С. 19.

4. Савченко О. В., Гарькава Н. О., Стацюк А. А. Активна мультиспектральна імітація як метод інженерного захисту об'єктів енергетики від засобів повітряного нападу. Матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. «Цивільний захист в умовах війни». Львів : ЛДУБЖД, 2026. С. 6-7.

УДК 351.83:331.101.262(4/9)

РОЗВИТОК ІННОВАЦІЙНИХ ФОРМ СОЦІАЛЬНО-ТРУДОВИХ ВІДНОСИН В СУЧАСНІЙ ДЕРЖАВІ

*С. М. Дідик, аспірант, комунальний заклад вищої освіти
«Дніпровська академія неперервної освіти» Дніпропетровської
обласної ради»*

В умовах інноваційного розвитку економіки відбуваються значні зміни в системі соціально-трудова відносин, з'являються їх інноваційні форми, супроводжуючі перехід соціально-трудова відносин від колективних до більше індивідуальних і соціально не захищених. Це пред'являє нові «виклики» для усієї системи регулювання соціально-трудова відносин. Найбільш яскравими формами прояву змін у сфері соціально-трудова стосунків є дистанційні соціально-трудова стосунки і праця за наймом.

Інноваційні форми соціально-трудова відносин, перспективи, що динамічно розвиваються і несуть в собі певні переваги для усіх суб'єктів соціально-трудова відносин, сприяють флексипілізації ринку праці, залученню до трудова діяльності раніше економічно неактивні групи населення, дозволяють скоротити безробіття. В той же час вони породжують і значні ризики для працівників, працедавців і держави.

В умовах переходу до інноваційної моделі розвитку економіки регулювання інноваційних форм соціально-трудова відносин припускає рішення задачі забезпечення збалансованості інтересів суб'єктів соціально-трудова відносин; створення умов гідної праці в країні; балансу «стабільність - ефективність» у сфері зайнятості. У свою чергу, це викликає необхідність наукового осмислення проблем розвитку інноваційних форм соціально-трудова відносин, а також створення нових і вдосконалення діючих інститутів і механізмів їх регулювання [1].

Трансформаційні процеси, що відбуваються в Україні, спрямовані на формування України як високорозвиненої європейської демократичної держави. Як наслідок, важливою метою українського суспільства є забезпечення сталого економічного зростання, досягнення європейських стандартів життя, створення нових форм взаємодії суспільства і держави, розвиток і вдосконалення існуючих механізмів та інститутів, що неможливо без налагодженої співпраці між роботодавцями та найманими працівниками.

Одним із ключових кроків на шляху до створення демократичного суспільства та основною передумовою переходу до соціально орієнтованої економіки є соціальне партнерство, в якому суспільство розглядається як головний чинник соціального прогресу та економічного розвитку. Забезпечення інтересів суспільства є першочерговим завданням держави. Ключовою сферою реалізації соціального партнерства є сфера соціально-трудових відносин, яка є невід'ємною частиною регулювання національного ринку праці на засадах соціалізації.

Соціальне партнерство - це особливий тип суспільних відносин, за якого досягається певний баланс у реалізації головних інтересів найважливіших соціальних груп суспільства, а також у реалізації головних інтересів – історично зумовлений компроміс суб'єктів соціально-економічних процесів ринкового суспільства [3]. Соціальне партнерство - це процес, в якому соціальні партнери працюють разом у сферах, що становлять спільний інтерес, і спільно вирішують проблеми.

У всіх угодах про соціальне партнерство соціальні партнери працюють у дусі співробітництва для досягнення результатів, вигідних для всіх сторін, визнаючи та поважаючи інтереси один одного, цінність та добробут працівників, а також їхній внесок у досягнення цілей організації-роботодавця та суспільства в цілому. Природа цього типу відносин характеризується наступними особливостями:

По-перше, це відносини між соціальними групами і класами з дуже різними соціально-економічними інтересами. Іншими словами, це відносини між соціальними спільнотами, інтереси яких несумісні між собою, спільнотами, які не можуть об'єднатися в соціальну одиницю. Ці спільноти мають власні цілі та відіграють дуже специфічні соціальні ролі.

По-друге, соціальне партнерство - це відносини між класами, які полягають не в узгодженні інтересів, що неможливо, а в досягненні оптимального балансу в реалізації цих інтересів. Йдеться про створення економічних, соціальних і політичних умов, за яких власники бізнесу можуть отримувати стабільний дохід, а працівники - адекватні умови життя (відповідно до стандартів свого суспільства, країни і часу) для реалізації своїх основних соціальних інтересів.

Нарешті, по-третє, соціальне партнерство - це взаємовигідна і необхідна взаємодія між цими класами, в якій кожна сторона має об'єктивні інтереси. Саме тому соціальне партнерство є альтернативою диктатурі (індивідуальній і класовій) [2].

З іншого боку, соціальне партнерство, яке за своєю суттю пов'язане з контрактами, домовленостями між партнерами і взаємовигідними поступками, протистоїть соціальному примиренню, яке є постійною і принциповою поступкою одного класу іншому, ущемленням інтересів одного класу за рахунок домінування інтересів іншого.

Соціальне партнерство сприяє створенню різноманітних громадських організацій та об'єднань, укладанню відповідних угод і договорів між ними та центральними і місцевими органами влади. Все це створює підґрунтя для виникнення та функціонування механізмів громадянського суспільства, які дають можливість різним соціальним групам зі специфічними інтересами формувати стійкі соціальні спільноти та забезпечувати соціальну стабільність.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ляшенко Т. Система соціального партнерства в Україні на сучасному етапі. *Наукові записки ІПіЕНД ім. І.Ф. Кураса НАН України*. 2018. Вип. 3 (89). С. 70–86.
2. Колот А. М., Павловська О. В. Соціальне партнерство як інститут формування консолідованої соціальної відповідальності. *Соціальна економіка*. 2013. № 1. С. 81–90.
3. Назарова Г. В., Гончарова С. Ю., Водницька Н. В. Управління соціально-трудовою сферою підприємства : монографія. Харків : Вид. ХНЕУ, 2010. 323 с.

СЕКЦІЯ 7. ПІДГОТОВКА КАДРІВ ТА ПІДВИЩЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЇ З БІОБЕЗПЕКИ ТА БІОЗАХИСТУ В УМОВАХ ВІЙНИ

УДК 811.111'276.6:614.8:623.45

ESP FOR CIVIL PROTECTION EXPERTS IN RESPONDING TO CBRN THREATS IN WARTIME CONDITIONS

N. Ivanyshyn, Lviv State University of Life Safety

The ongoing military conflict in Ukraine has significantly escalated the risks of chemical, biological, radiological, nuclear (CBRN) and environmental threats. Effective mitigation of these hazards and coordination with international relief missions require Ukrainian civil protection specialists to possess high-level foreign language communicative competence [1, p. 179]. English serves as the primary working language of most international rescue and coordination structures, such as INSARAG, the EU Civil Protection Mechanism (UCPM), and the Emergency Response Coordination Centre (ERCC) [3, p. 5]. Professional foreign language competence enables civil protection specialists to participate in international missions, understand the legal frameworks of other countries, and apply interpreting skills during multinational exercises. This paper outlines a specialized approach to English for Specific Purposes (ESP) training, focusing on the integration of authentic scientific discourse, practical simulations of emergency communication, and the adaptation of European educational best practices.

Proficiency in a foreign language is a crucial factor for the professional mobility of civil protection and crisis response specialists in European countries. In the Netherlands, training for international missions is conducted in English, and national crisis management systems actively facilitate international and networked cooperation [9]. In France, specialized educational institutions integrate

tailored English-language modules and distance learning platforms into their programs for rescue service officers [10]. Denmark offers an extensive system of vocational and higher education where students can study in English, participate in international exchanges, and earn ECTS credits for academic English courses. In contrast, firefighter training in Germany is conducted exclusively in the national language, leaving foreign language studies outside the institution's core educational program [1, p. 180]. Consequently, most European countries are actively incorporating an English-language component into the training of security professionals to enhance their international collaboration.

To align Ukrainian training with European standards, it is essential to analyze the professional foreign language training models used by civil protection specialists in EU countries. In Denmark, the Danish Emergency Management Agency (DEMA) actively cooperates with Ukrainian institutions, conducting regular training sessions that necessitate professional English proficiency. DEMA's approach emphasizes practical crisis management, emergency planning, and international interoperability [6]. Similarly, the Emergency Services Academy Finland (Pelastusopisto) offers specialized English courses designed for international experts preparing for UCPM and United Nations Disaster Assessment and Coordination (UNDAC) missions. The Finnish academy also coordinates the Finn Rescue Team and Technical Assistance and Support Team, highlighting the need for rapid information management and effective communication in a multilingual environment during multinational operations [7].

Advanced pedagogical models are also prominently observed in the Baltic States and Eastern Europe. The Estonian Academy of Security Sciences (EASS) successfully implements Content and Language Integrated Learning (CLIL) and English as a Medium of Instruction (EMI), which simultaneously enhance professional subject knowledge and linguistic competencies. Furthermore, EASS widely applies the tandem language learning method, which

involves practical language acquisition in an extracurricular environment to overcome language barriers and practice adequate responses in crisis situations [2, p. 135].

In Poland, the Main School of Fire Service (SGSP) in Warsaw integrates intensive ESP courses into its bachelor's and master's programs. For instance, the "Rescue, Civil Protection, and Humanitarian Aid" program includes a 120-hour foreign language module [8]. The curriculum is strictly focused on international terminology, disaster classification (natural and man-made), specific threats like epidemics and pandemics, and vocabulary related to humanitarian aid and operative communication. These European models demonstrate that foreign language is not merely an academic subject but a critical operational tool that requires deep integration with professional training.

Drawing upon these EU practices, the theoretical framework of our proposed ESP teaching strategy is based on the structural and semantic analysis of civil protection authentic materials [3, p. 6]. The practical implementation of this approach is realized through a specialized teaching manual designed for the civil protection sector. A fundamental principle of the manual is the exclusive use of authentic materials, including international safety protocols, UCPM guidelines, and INSARAG standards [3, p.7]. Moving away from simplified or artificial texts allows trainees to engage with the actual terminology and reporting structures used in global emergency response.

In the future perspective, integrating the analysis of authentic scientific discourse with technology-enhanced practical exercises while adopting the proven ESP, CLIL, and tandem methodologies from Danish, Finnish, Estonian, and Polish civil protection academies, will significantly improve the institutional readiness of Ukrainian services to address the complex environmental threats of wartime.

REFERENCES

1. Іванишин Н. Л. Професійна іншомовна підготовка майбутніх фахівців цивільного захисту в країнах Європейського

союзу як педагогічна проблема. *Інноваційна педагогіка*. 2023. № 65. С. 178-181. DOI: 10.32782/2663-6085/2023/65.1.37.

2.Іванишин Н. Л. Основні напрями освітньої політики Естонії. *Науковий вісник Сіверщини. Серія: Освіта. Соціальні та поведінкові науки*. 2024. № (1)12. С. 130-140. DOI: 10.32755/sjeducation.2024.01.130.

3.Interpreting and Professional Communication in Civil Protection: A Practical Guide (Усний переклад та професійна комунікація у сфері цивільного захисту: практичний посібник) / упоряд. Н. Л. Іванишин, О. С. Пальчевська – Львів, 2026.

4. INSARAG. International Search and Rescue Advisory Group Guidelines. URL: <https://www.insarag.org/>.

5. European Commission. The EU Civil Protection Mechanism (UCPM). URL.: <https://civil-protection-humanitarian-aid.ec.europa.eu>.

6. Danish Emergency Management Agency (DEMA). International training and capacity building in civil protection. URL: <https://brs.dk/en/>

7. Emergency Services Academy Finland. URL: <https://www.pelastusopisto.fi/en/>

8. Szkoła Główna Służby Pożarniczej (SGSP). Program studiów: kierunek: ratownictwo, ochrona ludności i pomoc humanitarna. Warszawa, 2023.

9. Netherlands School for Peace Operations. Ministry of Defence. URL: <https://english.defensie.nl/topics/netherlands-school-for-peace-operations>.

10.École nationale supérieure des officiers de sape-pompiers. Catalogue des formations. URL: <https://www.ensosp.fr/une-ecole-qui-forme/catalogue-des-formations>

11..Professional Education. University of Copenhagen. URL: <https://publichealth.ku.dk/teaching/professionaleducation>.

12. ECTS credit-bearing courses in English. University of Copenhagen. URL: <https://cip.ku.dk/english/course-catalogue/students/academic-english>.

УДК 615.03:615.2

ПОРІВНЯЛЬНА ФАРМАКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОРИГІНАЛЬНИХ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ ТА ГЕНЕРИКІВ: БІОЕКВІВАЛЕНТНІСТЬ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА БЕЗПЕКА

Д. М. Кузьменко, О. І. Паутіна

*Кафедра фармакології та медичної рецептури, Харківський
національний медичний університет*

Вступ. Світова медична практика базується на використанні двох основних груп лікарських засобів-оригінальних лікарських засобів та їхніх генеричних копій. Оригінальний препарат- це інноваційний засіб, який з'являється на ринку, пройшовши цикл доклінічних та клінічних досліджень, захищений патентом та має власну торгову марку. Генерик-це відтворений препарат, який містить ту саму активну речовину, що й оригінал, але випускається іншими виробниками після закінчення терміну дії патенту.

Наукова концепція використання генериків полягає у їхній терапевтичній еквівалентності. Це означає, що при однаковому складі діючої речовини та ідентичній формі випуску генерик має забезпечувати той самий лікувальний ефект, що й оригінал. Проте в медичній спільноті часто ведеться дискусія щодо повної ідентичності цих груп, що зумовлює необхідність аналізу окремих параметрів.

Мета. Провести порівняльну фармакологічну характеристику оригінальних засобів і генериків на основі аналізу міжнародних та вітчизняних регуляторних вимог, проаналізувати критерії їхньої еквівалентності та навести приклади засобів, для яких відмінності у складі можуть мати практичне значення.

Матеріали та методи. Дослідження базується на аналізі офіційних даних регуляторних органів: FDA (США), EMA (ЄС)

та Державного експертного центру МОЗ України. Основним нормативним документом виступив Наказ МОЗ України №190 від 01.02.2022, який встановлює вимоги до доведення еквівалентності генеричних засобів. Аналізувалися ключові показники біоеквівалентності: площа під кривою «концентрація-час» (AUC), максимальна концентрація в плазмі (C_{max}) та час її досягнення (T_{max}), а також відповідність виробництва стандартам Належної виробничої практики (GMP).

Результати та їх обговорення.

Згідно з вимогами регуляторних органів, генерик вважається біоеквівалентним оригіналу, якщо він забезпечує подібну швидкість та ступінь проникнення активної речовини до крові. Стандартним критерієм є перебування 90% довірчого інтервалу для основних показників (AUC та C_{max}) у межах 80-125% відносно показників оригіналу. Це гарантує, що при однаковій діючій речовині генерик виконуватиме ту саму функцію в організмі. Хоча діюча речовина є ідентичною, генерики можуть відрізнятися за складом допоміжних речовин, таких як наповнювачі, барвники або ароматизатори. Ці компоненти не впливають на основний механізм дії ліків, проте можуть змінювати швидкість розчинення таблетки в організмі або викликати індивідуальні алергічні реакції. Крім того, зовнішній вигляд (колір, форма) генерика часто відрізняється від оригіналу через захист „торговельної марки“ виробника інноваційного засобу.

Аналіз результатів досліджень показує, що для більшості засобів заміна оригіналу генериком є безпечною, проте існують певні категорії ліків, які потребують підвищеної уваги.

Варфарин є прикладом лікарського засобу з вузьким терапевтичним індексом. Тобто різниця між дозою, яка лікує, та дозою, яка може викликати токсичний ефект або втрату ефективності, є дуже малою. Дослідження та системні огляди свідчать, що схвалені генерики варфарину є ефективними, проте при зміні одного виробника на іншого у стабільних пацієнтів

можуть спостерігатися індивідуальні коливання показника зсідання крові. Це не свідчить про низьку якість генерика, але підкреслює необхідність проведення більш частого лабораторного моніторингу зсідання крові протягом періоду переходу, щоб вчасно скорегувати дозування за потреби.

Вітамін D₃ (холекальциферол) демонструє важливість вибору лікарської форми. Оскільки холекальциферол-це жиророзчинна речовина, його всмоктування суттєво залежить від того, в якому середовищі він знаходиться. Результати порівняльних досліджень вказують на те, що олійні розчини та капсули на олійній основі часто мають вищу біодоступність, ніж порошкові таблетки на основі целюлози чи лактози. Сучасні генеричні розробки, такі як наноемульсії або пероральні розчини, можуть забезпечувати навіть вищі рівні насичення вітаміном у крові порівняно з традиційними формами, що важливо враховувати при призначенні схем лікування дефіцитних станів.

Висновки. Генерики є терапевтично еквівалентними оригінальним препаратам, забезпечуючи таку саму ефективність та безпеку за значно доступнішою ціною. Біоеквівалентність-це головне наукове підтвердження того, що генерик діє в організмі так само, як оригінальний засіб. При використанні препаратів із вузьким терапевтичним індексом (наприклад, варфарину) заміна брендів є допустимою, але вимагає індивідуального підходу та посиленого лабораторного моніторингу стану пацієнта. Фармакологічні особливості всмоктування певних речовин (наприклад, вітаміну D₃) залежать від лікарської форми, що слід враховувати для досягнення оптимального терапевтичного результату. Сучасна система контролю якості в Україні здійснюється через Державний експертний центр МОЗ, включає ретельну експертизу реєстраційних матеріалів на відповідність вимогам Наказу № 190. Виробництво генериків, як і оригіналів,

обов'язково має відповідати міжнародним стандартам, що гарантує стабільну якість кожної партії препарату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Generic Drug Facts [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.fda.gov/drugs/generic-drugs/generic-drug-facts>.

2. Questions and answers: generic medicines [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.ema.europa.eu/en/documents/other/questions-and-answers-generic-medicines_en.pdf.

3. Що таке генерики? [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://businessviews.com.ua/ru/studies/id/scho-take-dzheneriki-2221/>.

4. FAQ: Генерики [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://www.teva.ua/our-products/article-pages/faggeneric/#item\(442080\)](https://www.teva.ua/our-products/article-pages/faggeneric/#item(442080)).

5. Чим відрізняються генерики для лікування гепатитів В і С від оригінальних препаратів? [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://phc.org.ua/news/chim-vidriznyayutsya-generiki-dlya-likuvannya-gepatitiv-b-i-s-vid-originalnikh-preparativ>.

6. Про затвердження Порядку проведення додаткових випробувань лікарських засобів при проведенні експертизи реєстраційних матеріалів: Наказ МОЗ України № 190 від 17.04.2007 [Електронний ресурс]. -Режим доступу: <https://zakononline.ua/documents/show/279657505475>.

УДК 378.091.26:616-036.22

**ВХІДНЕ ТА ПІДСУМКОВЕ ТЕСТУВАННЯ ЯК
СКЛАДОВА KEYС-ОРІЄНТОВАНОГО НАВЧАННЯ:
ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ
ПІДГОТОВЦІ МЕДИЧНИХ КАДРІВ**

*Н. А. Григорян, здобувачка другого (магістерського) рівня
вищої освіти,*

*А. В. Бережна, доктор філософії, асистентка
кафедри епідеміології,*

Харківський національний медичний університет

Вступ. Воєнні конфлікти призводять до зростання інфекційної захворюваності населення та підвищують ризик виникнення надзвичайних ситуацій біологічного характеру, що підкреслює важливість якісної підготовки медичних кадрів з питань епідеміології, епідеміологічного нагляду та профілактики інфекційних хвороб. Традиційні методи навчання переважно сприяють пасивному засвоєнню інформації. Їх може бути недостатньо для розвитку критичного мислення, тому в навчальному процесі крім традиційних, слід також застосовувати інтерактивні методи.

Кейс-орієнтоване навчання – це інтерактивний освітній підхід, який широко застосовується в медичній освіті, в тому числі при підготовці лікарів-епідеміологів та фахівців у сфері громадського здоров'я [1]. Його використання покращує навички аналітичного мислення шляхом інтеграції теоретичних знань із навчальними ситуаціями, що пов'язані зі здоров'ям населення. Результативність використання кейс-методу в підготовці медичних кадрів буде залежати від якості кейсів, базового рівня знань і вмотивованості здобувачів освіти, а також від особливостей організації роботи на занятті, тому до впровадження кейс-орієнтованого навчання слід підходити комплексно, враховуючи вищезазначені фактори. Вхідне та

підсумкове тестування рівня знань здобувачів освіти можна розглядати як складову кейс-орієнтованого навчання, яка дозволяє оцінити педагогічну цінність використаних кейсів.

У зв'язку з цим **мета дослідження** – обґрунтувати доцільність та визначити можливості комплексного використання кейс-методу у поєднанні з діагностичними інструментами оцінювання при підготовці медичних кадрів на кафедрі епідеміології.

Матеріали та методи. Для практичного заняття з курсу епідеміології та принципів доказової медицини було розроблено кейс щодо спалаху кору. Нормативним підґрунтям при розробці кейсу слугували накази Міністерства охорони здоров'я України № 954 від 23.04.2019, № 1777 від 03.08.2020 та № 595 від 16.09.2011. Кейс було апробовано в групі, що налічувала 15 здобувачів вищої медичної освіти 5-го року навчання. Кейс описував послідовний перебіг подій, пов'язаних зі спалахом кору. У ході розвитку сценарію здобувачам освіти пропонувалися відкриті питання для спільного розв'язання кейсу. Обговорення модерував один зі студентів, який був ознайомлений із завданням кейсу. Після завершення кожного етапу обговорення модератор доповнював та, за необхідності, виправляв відповіді, посилаючись на відповідні нормативні документи. Для оцінки рівня знань здобувачів освіти до та після розгляду кейсу було проведено тестування на платформі Wayground. Запитання (n=9) пре- та посттесту були однаковими та стосувалися навчального матеріалу, на основі якого було створено кейс. Доступ до тесту здійснювався за кодом та не вимагав попередньої реєстрації здобувачів освіти. Учасники проходили тестування під нікнеймами, що сприяло отриманню більш достовірних даних, оскільки результати тесту не враховувалися під час виставлення оцінки за заняття. Тестування було обмежене в часі, що потенційно могло зменшити ризик використання сторонніх ресурсів під час надання відповідей. Ефективність кейсу оцінювалася шляхом порівняння медіани

частки правильних відповідей у групі за результатами вхідного та підсумкового тестування. Для статистичного аналізу даних було використано критерій знакових рангів Вілкоксона. Відмінності вважалися статистично значущими при $p < 0,05$. Статистична обробка даних проводилася за допомогою безкоштовного онлайн-сервісу Statistics Kingdom. Наприкінці практичного заняття 14 здобувачів освіти шляхом анонімного добровільного анкетування через вебдодаток Google Forms надали зворотний зв'язок щодо розглянутого кейсу та пройденого тестування. Дослідження виконано в межах науково-дослідної роботи з державним реєстраційним номером 0126U002131.

Результати. Аналіз показників успішності тестування здобувачів освіти показав статистично значуще підвищення медіани частки правильних відповідей у групі після вирішення кейсу з 56% до 89% ($Z=3,316$; $p=0,001$). Хоча всі здобувачі освіти покращили результати тестування після розгляду кейсу, варто відзначити, що лише двоє з них правильно відповіли на всі запитання посттесту. Такий результат може вказувати на необхідність доопрацювання кейсу з урахуванням запитань, які викликали у здобувачів освіти найбільші труднощі. Аналіз форм зворотного зв'язку засвідчив, що кейс у поєднанні з діагностичними інструментами оцінювання (вхідним та підсумковим тестуванням) був цікавим для всіх здобувачів освіти. Зокрема, 13 респондентів (92,9%) поставили найвищу оцінку «5» (за п'ятибальною шкалою), а ще один респондент (7,1%) – оцінку «4». Опитані одностайно ($n=14$) зазначили, що використаний інтерактивний підхід допоміг краще зрозуміти тему порівняно з традиційним форматом заняттям. Переважна більшість студентів ($n=13$) погодилася, що кейс сприяв активному груповому обговоренню розглянутої теми. Загалом дев'ять респондентів (64,3%) вважали формат групового обговорення навчальних кейсів дуже ефективним при вивченні епідеміології, тоді як п'ять респондентів (35,7%) – скоріше

ефективним. Також дев'ять осіб повідомили, що використання кейс-методу сприяло їх мотивації до виконання завдання. Здобувачі освіти оцінили якість навчального кейсу на відмінно (85,7%; $n=12$) та добре (14,3%; $n=2$). Десять осіб (71,4%) зазначили, що структура та виклад інформації в кейсі були дуже зрозумілими, а чотири (28,6%) – що здебільшого зрозумілими. Майже всі респонденти ($n=13$) вказали, що пояснення модератора після кожного етапу обговорення кейсу дуже допомогли зрозуміти тему. Однак один здобувач освіти зазначив, що пояснення модератора не вплинули на розуміння теми. Троє (21,4%) студентів вважали, що краще засвоювали матеріал, коли слухали відповіді інших; двом необхідно було відповісти самостійно, а решта ($n=9$) однаково добре засвоювала матеріал в обох випадках. Усі опитані ($n=14$) погодилися, що запитання вхідного/заключного тестування повністю відповідали темі кейсу. Більшість здобувачів освіти (78,6%; $n=11$) вважали, що запитання тесту відповідали їхньому рівню підготовки. Усі респонденти ($n=14$) відзначили покращення власних знань на етапі підсумкового тестування. Одинадцять студентів були впевнені, що формат пре- та посттестування допомагає відстежити прогрес у знаннях, а троє зазначили, що він скоріше допомагає. Усі опитані ($n=14$) мали попередній досвід участі в онлайн-вікторинах для контролю знань і 11 респондентів визнали такий інструмент дуже зручним для перевірки знань. Використання нікнеймів під час вхідного й вихідного контролю знань дозволило більшості студентів (85,7%) відповідати чесніше, без страху зробити помилку. Майже всі здобувачі освіти ($n=12$) вважали, що обмежений час тестування впливав на якість їхніх відповідей: для 9 осіб цей вплив був незначним, 2 особи зазначили, що через поспіх відповідали гірше, 1 особі обмеження часу допомогало швидше мислити та концентруватися.

Висновки. Комплексне використання кейс-методу у поєднанні з діагностичними інструментами оцінювання є

доцільним при підготовці медичних кадрів на кафедрі епідеміології. Вхідне та підсумкове тестування дають змогу не лише викладачу оцінити результативність навчання та опосередковано виявити слабкі місця у змісті та подачі кейсу на занятті, а й слугують засобом об'єктивної самооцінки для здобувачів освіти. Подібний формат слід застосовувати як у додипломній освіті, так і в післядипломному навчанні медичних працівників.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Nelson, A. L., Bradley, L., & MacDonald, P. D. M. (2018). Designing an interactive field epidemiology case study training for public health practitioners. *Frontiers in Public Health*, 6, Article 275. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00275>

УДК 331.108

НОВІ НАПРЯМИ З ПІДГОТОВКИ КАДРІВ В ГАЛУЗІ БІОЕКОНОМІКИ

*О. О. Казьмін, аспірант, комунальний заклад вищої освіти
«Дніпровська академія неперервної освіти» Дніпропетровської
обласної ради»*

Про велику увагу до розвитку біоекономіки у світі свідчить низка нещодавно минулих міжнародних заходів. У вересні 2024 року на форумі G20 були сформульовані і опубліковані «Ініціативи G20 з біоекономіки», включаючи десять принципів її розвитку. Серед запропонованих принципів представляється особливо важливим відмітити встановлений принцип з просування моделей споживання і виробництва, а також ефективних і циклічних методів використання біологічних ресурсів у поєднанні із застосуванням наукової обґрунтованої методології, створенням стійких бізнес-моделей, заснованих на використанні біотехнології [3].

Далі в жовтні 2024 року в столиці Кенії - Найробі відбувся Всесвітній саміт з біоекономіки, в якому взяли участь і представники України. За підсумками саміту випущено комюніке, в якому біоекономіка визначається як виробництво, використання, збереження і регенерація біологічних ресурсів. У документі відмічено, що біоекономіка включає відповідні знання, науку, технології і інновації для забезпечення стійкого розвитку усіх секторів економіки. Крім того, особливо підкреслено, що саме поняття «біоекономіка» не є фіксованою і постійно розвивається[4]. Аналіз літератури показав, що робляться спроби детерміації біоекономіки як системи, заснованої не лише на використанні біотехнології, але і інших технологій (наприклад, механічних, термохімічних та ін.), які дозволяють переробляти біомасу в продукти з доданою вартістю. Таким чином, можна вважати, що розвиток

біоекономіки супроводжується посиленням міжнародної співпраці і конкуренції за найбільш ефективну біотехнологію, а також переосмисленням механізмів взаємодії людини з природою: гармонізації техносфери і біосфери для приросту людського капіталу в інтересах стійкого розвитку економіки.

Проте в умовах економічної реальності життєздатність навіть найперспективніших в теорії економічних моделей і концепцій вимагає перевірки часом для оцінки показників ефективності, у тому числі продуктивності праці. Ця обставина стає особливо значимою в умовах формування в Україні конкурентоздатного сектора біоекономіки і національного спрямування з досягнення технологічного суверенітету.

Проведений аналіз показав, що нині біотехнологія і формована на їх основі біоекономіка можуть принциповим чином змінити організацію виробництва. Важко переоцінити і потенційний вклад біотехнології в рішення екологічних завдань, включаючи поліпшення стану довкілля. Зарубіжні аналітичні дослідження показують, що у світі впровадження біотехнології зв'язують не лише із забезпеченням стійкого розвитку, але і з можливостями досягнення високої продуктивності праці, зокрема через забезпечення здоров'я населення [1, 2]. Питанням забезпечення і навіть прирости здоров'я населення надають особливе значення багато авторів. У розвитку цієї тематики важливі ролі починають грати медичну біотехнологію. Вони забезпечують відповідні умови зважаючи на існуючі можливості, що відкриваються, зі створення і використання фармпрепаратів, включаючи вакцини, діагностичні системи, а також засоби для лікування різних захворювань [3]

Разом з цим великого значення набувають інтегровані в економічну діяльність інша біотехнологія, пов'язана із забезпеченням якості харчових продуктів. Важливо, що розвиток ринку біотехнології і формована біоекономіка роблять значний позитивний вплив в цілому на вдосконалення людського капіталу через поліпшення системи охорони

здоров'я. На думку німецьких дослідників у такому разі «непрямі економічні ефекти досить високі і перевищують прямі економічні ефекти»

Крім того, екологічна біотехнологія, що розробляється, спрямована на збереження довкілля, здатна призводити до поліпшення здоров'я і підвищення благополуччя населення, що сприяє збільшенню працездатності учасників економічної діяльності.

Природно, численні публікації свідчать про те, що ключовим ефектом розвитку біоекономіки є вдосконалення виробничої діяльності, що супроводжується підвищенням продуктивності праці.

Зокрема, росту продуктивності праці може сприяти отримання і створення ферментів, за допомогою яких можливо найефективніше реалізовувати технології біологічного синтезу і замінити процеси класичного хімічного синтезу на виробництві за умови задовільних вартісних параметрів. Ця теза обумовлена тим, що ферменти прискорюють хімічні реакції на декілька десятків порядків.

Подібні технології можна характеризувати як ті, за допомогою яких відбувається якісна зміна економічної ефективності різних виробничих процесів. Зниження трудомісткості в умовах формування біоекономіки зв'язують, наприклад, з використанням цифрових технологій. Біоінформаційні технології відкривають шляхи до моделювання різних параметрів біосинтезу для підбору найекономічніше ефективних виробничих параметрів [2].

Ці технології вже нині дозволяють скоротити час розробки і тестування, наприклад, лікарських препаратів або можуть забезпечити детерміацію потенційної дії отриманих діючих речовин на організм людини. Як приклад можна відмітити значущість цифрових технологій, які нині використовуються для боротьби з мультирезистентними

(мультистійкими) патогенами і для пошуку нових антибактеріальних препаратів.

З використанням методів біоінформатики можливо здійснювати підбір необхідних в цілях промислового виробництва біологічних об'єктів. Зокрема, у біологічні дослідження із спільною метою скорочення терміну впровадження нових технологій в промисловість і господарську діяльність застосовується методи створення цифрових двійників біологічних об'єктів. Розвиток цього напрямку може дозволити виявляти, синтезувати і згодом використати в практичній діяльності відомості про нові, економічно ефективні метаболічні шляхи, ферменти, сприяючі підвищенню стійкості вироблення готової продукції [1] .

Накопичені відомості про біологічні об'єкти дозволяють вже з використанням спеціалізованих цифрових технологій формувати величезні за масштабами бази даних. Відповідно розвиваються і біоінформаційні технології по роботі з накопиченими масивами так званих «великих даних».

Біоекономіка може забезпечити не лише поширення використання нової, перетворюючої біотехнології в господарській діяльності, але і вплинути на модернізацію устаткування, трансформацію виробничих моделей, а також забезпечити зростання уваги до підвищення кваліфікації кадрів для забезпечення конкурентоспроможності виробництва в цілому. Забезпечення безперервної освіти і трансформація системи підготовки кадрів як чинники розвитку біоекономіки. Проведений аналіз дає підстави вважати, що як для зняття обмежень з впровадження нових технологій, так і для якісного переходу від антикризових заходів по імпортозаміщенню тих або інших товарів до технологічного лідерства, необхідно підготувати і провести істотне перетворення трудових ресурсів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гонта Д., Кирилюк Є., Прощаликіна А., Риженко Н. Формування складників національної біоекономіки України в умовах прискорення науково-технічного прогресу : монографія. Черкаси: ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2020.
2. Олешко А. А., Будякова О. Ю. Зелена трансформація та стала біоекономіка : монографія. Київ : КНУТД, 2024.
3. European Commission. Questions and answers on the Communication on Biotechnology and Biomanufacturing. [Електронний ресурс]. URL: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_24_1571
4. The European Association for Bioindustries. Research report (2020). Measuring the economic footprint of the biotechnology industry in Europe. URL: https://www.europabio.org/wp-content/uploads/2021/02/201208_WifOR_EuropaBIO_Economic_Impact_Biotech_FINAL.pdf

СЕКЦІЯ 8. РОЛЬ ДОБРОВІЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ У ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНОГО ХАРАКТЕРУ

UDC 378.147:614.841

INTEGRATION OF INTERNATIONAL EXPERIENCE FOR SPECIALIZED TRAINING OF VOLUNTEER FIRE FORMATIONS TO RESPOND TO CBRN THREATS IN MARTIAL LAW CONDITIONS

***Yu. Sudnitsyn**, Lviv State University of Life Safety*

Under the legal routine of martial law in Ukraine, the risk of CBRN emergencies has significantly increased. In 2025, there were 99,298 fires in Ukraine; 9,026 resulted from war aggression. This reflects 9.1% and 20.2% more cases than in 2024 [1]. In the first two months of 2026, fires from military actions increased by 52.7% compared to the same time in 2025 [2]. With these increases, the operational workload of the State Emergency Service of Ukraine (SES of Ukraine) remains high, indicating substantial CBRN risk. Such conditions may cause significant human casualties and worsen civilian safety. One solution is targeted training for volunteer fire departments to prepare them for future involvement in such incidents.

The interaction between volunteer fire formations and fire and rescue units of the SES of Ukraine constitutes an essential component of the national civil protection system. A key aspect of this cooperation is ensuring a timely initial response to emergencies by volunteer fire formations, including Volunteer Fire Brigades and Local Fire Brigades. Despite existing limitations, their advantages remain considerable, particularly:

- initial response to emergencies within territorial communities;

- prompt notification of the State Emergency Service of Ukraine regarding the occurrence and scale of emergencies;
- reduction of operational workload on professional fire and rescue units;
- familiarity with local terrain and community population characteristics [3].

Given the above, it is necessary to develop specialized training for volunteer fire departments to respond to CBRN emergencies.

Traditionally, training for volunteer fire formations in Ukraine covers general fire safety, first aid, and basic civil protection. This ensures competence in firefighting, rescuing, and emergency prevention. However, CBRN response training remains insufficient, so these formations are rarely involved in such emergencies. Regulatory analysis and scientific literature confirm this lack of preparedness. Current programs and documents focus on firefighting, first aid, and prevention, without a deep study of response protocols for chemical, radiological, or biological hazards [4-6].

An analysis of international experience indicates the need to develop and implement dedicated training programs for volunteer fire personnel in CBRN incident response. For example, educational frameworks developed within the European Union Civil Protection Mechanism (UCPM) and the North Atlantic Treaty Organization (NATO) may serve as a methodological basis for such programs [7]. The International CBRN Training Curriculum is a project that provides recommendations on minimum standards and non-binding guidance for emergency response services on planning, training, operational procedures, and equipment requirements for CBRN-related incidents [7].

The analysis of this curriculum demonstrates that several structural components can be applied in the development of national training programs. A key element is the training structure presented in Figure 1 [7].

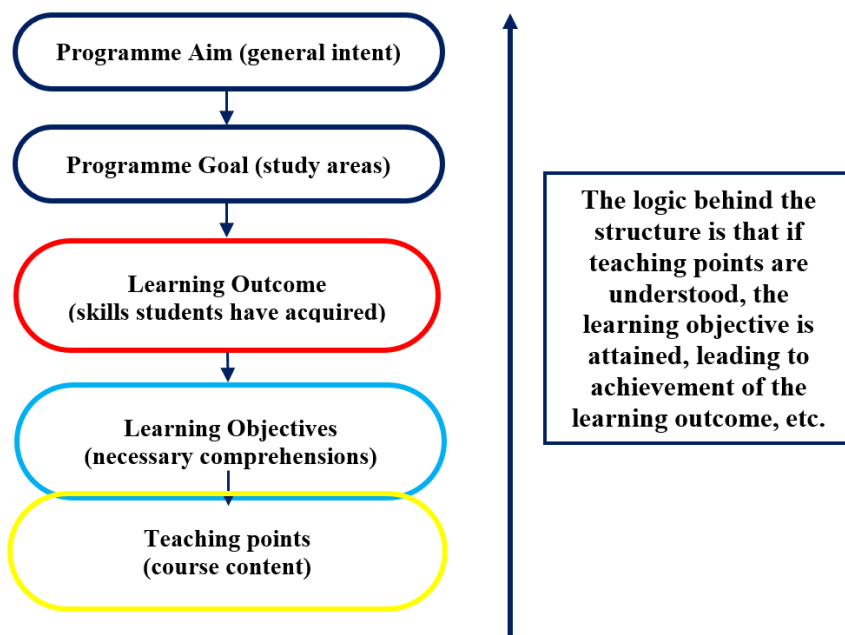


Figure 1 – Structure of the International CBRN Training Curriculum [7]

The diagram (Fig. 1) illustrates a hierarchical (modular) framework for the international CBRN training curriculum, based on the gradual development of competencies—from basic awareness to operational and specialized levels of preparedness. This structure may be adapted to create a national specialized training program for volunteer fire formations, taking into account the specific conditions of martial law in Ukraine.

Thus, the analysis of emergency events indicates that the risk of CBRN incidents under martial law conditions remains extremely high, while the current training system for volunteer fire formations does not ensure the development of the competencies required for an effective response. Consequently, there is a clear need to introduce specialized training based on international approaches

developed within the UCPM and NATO frameworks, focused on learning outcomes and the development of practical response skills. The implementation of such training will enable effective involvement of volunteer fire formations in CBRN incident response, reduce operational pressure on professional units of the State Emergency Service of Ukraine, and enhance the safety capacity of territorial communities.

REFERENCES

1. State Emergency Service of Ukraine. (2026). *Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 12 misiatsiv 2025 roku. [Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 12 months of 2025]*. [in Ukrainian]. <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/5/1/7/8/2/analitichna-dovidka-pro-pozezi-2025.pdf>.
2. State Emergency Service of Ukraine. (2026). *Analitichna dovidka pro pozhezhi ta yikh naslidky v Ukraini za 2 misiatsiv 2026 roku. [Analytical report on fires and their consequences in Ukraine for 2 months of 2026]*. [in Ukrainian]. <https://dsns.gov.ua/upload/2/5/8/1/7/2/5/analitichna-dovidka-pro-pozezi-022026.pdf>.
3. Maslovska H.O., Sudnitsyn Yu.T. (2026). Problemy vzaiemodii dobrovilnykh pozhezhnykh formuvan ta pidrozdiliv DSNS Ukrainy pid chas pervynnoho reahuvannia na nadzvychaini sytuatsii [Problems of interaction between voluntary fire departments and units of the ses of Ukraine during primary response to emergencies]: Problemy ta perspektyvy zabezpechennia tsyvilnoho zakhystu: materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh. Cherkasy: NUTSZ Ukrainy, 2026. S. 167. [in Ukrainian]. <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/17644>.
4. Pro zatverdzhennia Poriadku pidhotovky, perepidhotovky chleniv pozhezhno-riatualnykh pidrozdiliv dlia zabezpechennia dobrovilnoi pozhezhnoi okhorony : Nakaz MVS Ukrainy vid

13.03.2023 № 184 [On approval of the Procedure for training and retraining members of fire and rescue units to ensure voluntary fire protection : Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated 13.03.2023 No. 184]. [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0693-23#Text>.

5. Kuriachyi, O. V. (2025). Training models for volunteer fire and rescue units in Ukrainian higher education institutions: regional experience. *Bulletin of the National University of Civil Protection of Ukraine Series Public Administration*, 1(22), 367-374. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.52363/2414-5866-2025-1-40>.

6. Lushch, V..I, Chalyy, D.O., Velykyi, Ya.B. (2023). *Osnovy pidhotovky pozhezhnoho-riatuvalnyka: navchalnyi posibnyk* [Basics of Firefighter Training: Training Manual]. Lviv. BONA Production. 456 p. [in Ukrainian].

7. Union Civil Protection Knowledge Network. (2025). *International CBRN training curriculum* [in English]. <https://civil-protection-knowledge-network.europa.eu/media/international-cbrn-training-curriculum>.

УДК:616.8-009.8

ФЕНОМЕН ФАНТОМНИХ СПОВІЩЕНЬ ЯК ПРОЯВ СЕНСОРНОЇ ДИЗРЕАКТИВНОСТІ У МОЛОДІ

Д. М. Кузьменко, студент

Г. О. Сакал, к.мед.н, доцент

*Кафедра загальної та клінічної патологічної фізіології ім.
Д.О. Альперна Харківський національний медичний університет*

Вступ. Стрімка цифровізація та зростання екранного часу зумовили появу «синдрому фантомних вібрацій» - психосенсорного спотворення, при якому виникає хибне відчуття сигналу гаджета за його відсутності.

Патофізіологічний механізм явища ґрунтується на стані антиципаторної тривоги (очікування взаємодії), що формує стійке вогнище збудження в соматосенсорній корі. Внаслідок нейронної гіперчутливості та центральної сенситизації мозок інтерпретує підпорогові стимули (тертя одягу, м'язові мікроскорочення) як вібрацію пристрою. Вивчення цієї сенсорної дизреактивності є критичним для превенції порушень ментального здоров'я молоді в умовах надмірної цифрової активності.

Мета. На основі анкетного аналізу дослідити поширеність феномену фантомних сповіщень серед студентської молоді та встановити патофізіологічні закономірності його виникнення залежно від інтенсивності цифрового навантаження, психоемоційного стану та наявності супутньої соматичної патології для обґрунтування принципів цифрової гігієни.

Матеріали та методи. У дослідженні взяли участь 57 респондентів (студенти медичного університету) віком від 16 до 40 років. Основним методом було обране розширене анонімне анкетування, спрямоване на верифікацію ознак сенсорної дизреактивності. Анкета включала блоки для оцінки

акустичного та тактильного анамнезу, тривалості екранного часу, якості сну (за 5-бальною шкалою) та наявності вегетосудинних і метаболічних порушень. Статистична обробка проводилася з використанням кореляційного аналізу для встановлення зв'язку між цифровою активністю та хибним сприйняттям сенсорних стимулів.

Результати та їх обговорення. Аналіз результатів анкетування виявив надзвичайно високу поширеність досліджуваного явища: про феномен фантомних вібрацій раніше знали 58,8% респондентів, проте реальний досвід таких відчуттів протягом останнього місяця мали 70,6% осіб. Це свідчить про те, що значна частина студентів стикається з психосенсорними спотвореннями, навіть не маючи теоретичного уявлення про них. Характерно, що поява таких сповіщень викликає занепокоєння у більшості студентів (64,7%), що вказує на негативний вплив явища на якість життя молоді.

Патолофізіологічні механізми сенсорної дизреактивності: дослідження підтвердило гіпотезу про формування хибних нейронних паттернів: 76,5% опитаних чітко підтвердили, що сприймали звичайне тертя одягу або мікроскорочення м'язів за вібрацію телефона. Це є класичним проявом центральної сенситизації, коли поріг збудливості соматосенсорної кори знижується настільки, що будь-який підпороговий стимул інтерпретується як очікуваний сигнал. Локалізація цих відчуттів прямо корелює з анатомічними зонами контакту: кисті рук (38,8%), стегна (22,4%) та грудна клітка (20,4%). Сформована патологічна домінанта настільки сильна, що 68,6% респондентів змушені перевіряти гаджет після кожного «фантому», що лише підкріплює стан антиципаторної тривоги. Вплив цифрової залежності та соматичного фону: цифровий спосіб життя студентів характеризується високим ступенем напруження: 84% осіб перевіряють смартфон уже в перші 10 хвилин після пробудження, а кожен четвертий (25,5%) проводить за екраном понад 6 годин на добу. Таке

навантаження призводить до верифікованого інформаційного перевантаження у 72,5% респондентів. Цікаво, що спроби самокорекції (вимкнення сповіщень, що робили 90,2% опитаних) допомогли лише 57,4%, що вказує на інерційність патологічного збудження в ЦНС.

Особливу наукову увагу привертає роль соматичних предикторів: 70% респондентів страждають на часті головні болі або вегетосудинні розлади, що свідчить про лабільність нервової системи. 41,1% осіб мають діагностований остеохондроз шийного відділу хребта, що може зумовлювати порушення аферентної іннервації та викривлення пропріоцептивної чутливості. 28,3% опитаних вказали на метаболічні порушення, що також впливає на загальну реактивність організму.

Психоемоційний аналіз виявив, що 34,9% студентів безпосередньо пов'язують появу фантомів зі станом стресу, що на фоні незадовільної якості сну (лише 19,6% оцінили її на найвищий бал) створює ідеальні умови для розвитку десинхронозу та сенсорної дизреактивності. Формування стану антиципаторної тривоги підтверджується тим, що 68% респондентів відчують суб'єктивне напруження за відсутності доступу до гаджета. Така комбінація чинників суттєво знижує поріг збудливості нейронів соматосенсорної кори, виступаючи тригером психосенсорних спотворень, які клінічно маніфестують у вигляді фантомних сповіщень.

Висновки. Дослідження підтвердило високу поширеність феномену фантомних сповіщень серед студентів (70,6%), що корелює з тривалістю екранного часу та рівнем психоемоційного виснаження. При цьому 68,6% респондентів демонструють стійкий поведінковий паттерн— негайну перевірку пристрою, що підтримує нейрональну напругу. В основі синдрому лежить формування домінанти патологічного збудження в соматосенсорній корі на фоні антиципаторної тривоги та виснаження гальмівних механізмів ЦНС. Факторами

ризиків виступають цифрова залежність у поєднанні з соматичними розладами (вегетосудинні порушення, остеохондроз), що знижує поріг чутливості нейронів. Практичні рекомендації. Через інерційність змін стандартні методи самокорекції (наприклад, вимкнення сповіщень) ефективні лише у 57,4% випадків. Це обґрунтовує необхідність впровадження комплексних заходів цифрової гігієни (сенсорна десенситизація, оптимізація режиму праці та відпочинку) в освітній процес для збереження здоров'я молоді.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Drouin M, Kaiser UH, Miller DA. Phantom vibrations among undergraduates: Prevalence and predictors. *Computers in Human Behavior*. 2012;28:1490-6. doi: 10.1016/j.chb.2012.03.013.
2. Kruger DJ, Djerf JM. High availability of smartphones and phantom haptic experiences. *Computers in Human Behavior*. 2016;58:346-9. doi: 10.1016/j.chb.2016.01.030.
3. Deb A. Phantom vibration and ghost ringing among postgraduate medical students: A cross-sectional study. *Industrial Psychiatry Journal*. 2014;23:118-22. doi: 10.4103/0972-6748.151683.
4. Tanis M, Beukeboom CJ, Hartmann T, et al. Phantom phone signals: An investigation into the prevalence and predictors of phantom vibrations, ringings, and notifications. *Computers in Human Behavior*. 2015;51:356-62. doi: 10.1016/j.chb.2015.04.039.
5. Rothberg MB, Arora A, Hermann J, et al. Phantom vibration syndrome among medical staff: a cross-sectional survey. *BMJ*. 2010;341:c6914. doi: 10.1136/bmj.c6914.

УДК 355.58:614.8:351.862

РОЛЬ ДОБРОВІЛЬНИХ ФОРМУВАНЬ У ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ В ЗОНІ БОЙОВИХ ДІЙ

***І. М. Яблонський**, доктор філософії з безпеки державного кордону*

***С. М. Жук**, кандидат військових наук*

НАДПСУ

В умовах сучасних воєнних конфліктів надзвичайні ситуації стають невід'ємною складовою життя населення на територіях, де ведуться бойові дії. Руйнування житлових будинків, пошкодження критичної інфраструктури, пожежі, масове переміщення людей та гуманітарні кризи створюють серйозні загрози для держави й суспільства. За таких умов особливого значення набуває діяльність добровільних формувань, які беруть активну участь у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та допомагають забезпечувати життєдіяльність населення [1].

Війна в Україні показала, що лише силами державних структур неможливо оперативно реагувати на всі виклики, які виникають у районах бойових дій.

Після початку бойових дій на території України добровольчий рух значно активізувався. Громадяни об'єднувалися для надання допомоги військовим і цивільному населенню, створювали гуманітарні центри, евакуаційні групи та медичні підрозділи.

Добровольчі формування виконують не лише практичну, а й соціальну функцію. Вони сприяють консолідації суспільства, формуванню взаємодопомоги та підвищенню відповідальності громадян за безпеку держави.

Важливим фактором є також високий рівень довіри населення до волонтерських організацій. У багатьох випадках саме добровольці першими прибувають на місце надзвичайної події та забезпечують оперативну допомогу постраждалим.

Надзвичайні ситуації, що виникають у зоні бойових дій, мають складний характер і супроводжуються значними людськими та матеріальними втратами. На відміну від надзвичайних ситуацій мирного часу, вони часто виникають одночасно в декількох сферах: техногенній, соціальній, екологічній та гуманітарній.

До основних видів надзвичайних ситуацій у зоні бойових дій належать:

- руйнування житлових будинків;
- пошкодження об'єктів критичної інфраструктури;
- пожежі внаслідок обстрілів;
- аварії на енергетичних об'єктах;
- забруднення довкілля;
- гуманітарні кризи;
- масове переміщення населення;
- мінна небезпека.

Добровольчі організації активно займаються доставкою гуманітарної допомоги в райони, які постраждали від бойових дій.

До основних видів допомоги належать:

- продукти харчування;
- питна вода;
- медикаменти;
- одяг;
- засоби гігієни;
- будівельні матеріали.

У багатьох випадках саме волонтери забезпечують життєво необхідними речами населення прифронтових територій.

Добровольці також організовують пункти обігріву, тимчасові центри проживання та гуманітарні штаби.

Після обстрілів добровольчі формування беруть участь у розборі завалів, евакуації постраждалих та гасінні пожеж.

Часто добровольці працюють разом із рятувальниками ДСНС, допомагаючи розчищати території та надавати допомогу людям, які опинилися під завалами.

Оперативність дій добровольців має важливе значення, адже саме перші години після надзвичайної ситуації є вирішальними для порятунку життя постраждалих.

Значну роль добровольчі формування відіграють у наданні медичної допомоги.

Добровольчі медичні підрозділи займаються:

- наданням першої допомоги;
- евакуацією поранених;
- транспортуванням постраждалих;
- забезпеченням лікарень медикаментами.

Особливо важливими є навички тактичної медицини, які дозволяють добровольцям надавати допомогу безпосередньо в зоні небезпеки.

У кризових ситуаціях важливе значення має оперативне інформування населення.

Добровольці поширюють інформацію про:

- маршрути евакуації;
- правила поведінки під час обстрілів;
- місця отримання гуманітарної допомоги;
- роботу пунктів обігріву;
- небезпечні території.

Для цього використовуються соціальні мережі, месенджери та інтернет-ресурси.

Разом із тим існує потреба у вдосконаленні законодавчого регулювання діяльності добровольчих формувань. Необхідно чітко визначити їхній правовий статус, права та обов'язки.

Багато добровольчих організацій працюють за рахунок благодійної допомоги та власних ресурсів. Через це виникає нестача транспорту, медичного обладнання, засобів захисту та спеціальної техніки.

Добровольці працюють у складних умовах та постійно ризикують власним життям. Під час евакуації населення чи ліквідації наслідків обстрілів існує загроза повторних ударів.

Не всі добровольці мають необхідні знання для роботи у надзвичайних ситуаціях. Відсутність професійної підготовки може негативно впливати на ефективність їх діяльності.

Досвід України показав, що добровольчий рух здатний ефективно діяти навіть у найскладніших умовах та суттєво підсилювати роботу державних структур.

Важливим напрямом діяльності добровольчих формувань є також участь у відновленні пошкоджених територій після завершення активної фази бойових дій. Добровольці допомагають розчищати зруйновані будівлі, відновлювати житлові приміщення, забезпечувати населення будівельними матеріалами та предметами першої необхідності. Крім того, вони проводять інформаційно-роз'яснювальну роботу серед населення щодо правил безпеки під час виявлення вибухонебезпечних предметів [2]. Така діяльність сприяє швидшій стабілізації ситуації у постраждалих регіонах та відновленню нормальних умов життя населення.

Разом із тим діяльність добровольчих формувань потребує подальшого розвитку. Необхідно вдосконалювати систему координації, забезпечувати професійну підготовку добровольців та створювати належні умови для їхньої роботи.

Таким чином, добровольчі формування відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки населення та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у зоні бойових дій. Їхня діяльність сприяє збереженню життя людей, підтримці громад та зміцненню стійкості держави.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про волонтерську діяльність».
2. Аналітичні матеріали щодо діяльності добровольчих формувань в Україні.

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

**БІОЛОГІЧНІ, ХІМІЧНІ ТА
ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ
В УМОВАХ ВІЙНИ**

Технічний редактор

Тетяна СКИБА

Комп'ютерна верстка

Маріанна КЛИМУС

Друк

Назарій ПЕТРОЛЮК

Здано в набір 23.06.2026 р.
Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 28,7

Друк ЛДУБЖД
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35
Тел. /факс: (032)233-24-79
E-mail: vnrd@ldubgd.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №7249 від 09.02.2021 р.