

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ ЦЕНТР УКРАЇНИ
ЦЕНТР УКРАЇНСЬКО-ЄВРОПЕЙСЬКОГО СПІВРОБІТНИЦТВА



НАЦІОНАЛЬНИЙ
ЕКОЛОГІЧНИЙ
ЦЕНТР
УКРАЇНИ



ЦЕНТР
українсько-європейського
наукового співробітництва
CENTER
for Ukrainian and European
Scientific Cooperation

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА В УМОВАХ ВІЙНИ

*Збірник тез доповідей
V Міжнародної науково-практичної конференції*

21 листопада 2024 року



Львів – 2024

Екологічна безпека в умовах війни : збірник тез доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції, м. Львів, 21 листопада 2024 року. Львів: ЛДУБЖД, 2024. 230 с.

РЕДКОЛЕГІЯ:

Василь ПОПОВИЧ	доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи ЛДУБЖД;
Андрій КУЗИК	доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Наталія ГРИНЧИШИН	кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Уляна ХРОМ'ЯК	кандидат технічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Наталія ГОЦІЙ	кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Тарас ШУПЛАТ	кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Катерина КОРОЛЬ	доктор філософії, викладач кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД;
Ірина КОЧМАР	викладач кафедри екологічної безпеки ЛДУБЖД.

У збірнику тез V Міжнародної науково-практичної конференції «Екологічна безпека в умовах війни» висвітлено актуальні проблеми екологічного стану, технологій захисту та збереження навколишнього середовища в умовах війни, техногенної небезпеки зруйнованих об'єктів внаслідок бойових дій, інформаційних технологій захисту довкілля та цивільної безпеки в умовах війни, відновлення довкілля у післявоєнний період.

Для наукових, науково-педагогічних та педагогічних працівників закладів освіти, працівників наукових, виробничих установ, підрозділів ДСНС України, громадських і професійних організацій та здобувачів освіти.

Автори несуть відповідальність за зміст представлених публікацій, достовірність результатів і дотримання вимог академічної доброчесності.

СЕКЦІЯ 1

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

УДК [553.98.041](477.52/.6)

ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ДЛЯ РОДОВИЩ КАМ'ЯНОЇ СОЛІ ВНАЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ

М. В. Алексеєнкова, Л. І. Стрижак
Інститут геологічних досліджень НАН України

Внаслідок військового втручання російської федерації були порушені базові принципи державної політики в гірничодобувній промисловості, а саме безпечної експлуатації; ліквідації або консервації гірничих підприємств та попередження можливого їх шкідливого впливу на довкілля. В Донецькій області знаходяться три родовища кам'яної солі: Артемівське, Слов'янське та Ново-Карфагенське. Від початку повномасштабного вторгнення лише Слов'янське родовище залишилось на підконтрольній території, безпосередньо в зону бойових дій не потрапляло. Територія Ново-Карфагенського та Артемівського родовищ – зазнавала постійних ракетно-бомбових ударів. З кінця квітня 2022 р., після активізації російських військ в районі Попасної, видобувні роботи ДП «Артемсіль» припинено, а шахти переведено в стан сухої консервації. Вже від середини травня Ново-Карфагенське родовище опинилося на лінії фронту. В цей же час з'являються перші повідомлення про масштабні руйнування проммайданчиків діючих шахт. 15 червня ДП «Артемсіль» оприлюднило наказ про призупинення трудових договорів та діяльності самого підприємства на не визначений час. На кінець липня 2022 р. територія Ново-Карфагенського родовища була повністю окупована, а лінія фронту впритул наблизилась до меж ліцензійної площі Артемівського родовища. Жорстокі тривалі бойові дії призвели до фактично повного знищення м. Соледар. З 25 січня 2023 р. місто вважається тимчасово окупованим. А протягом лютого окупаційні війська російської федерації захопили решту території навколо шахт Артемівського родовища. Контрнаступальні дії ЗСУ на північній та південній околицях м. Бахмут, не принесли бажаних результатів. В подальшому, протягом другого півріччя 2023 р. – першого півріччя 2024 р. статус території не змінився, територія Артемівського родовища є тимчасово окупованою та залишається в епіцентрі бойових дій.

Пошкодження проммайданчиків діючих шахт ДП «Артемсіль» в ході бойових дій та ракетно-бомбових ударів має вплив на збереженість запасів кам'яної солі та можливість подальшої експлуатації родовища. Однією з головних умов безпечної роботи підземних виробок є контроль за водопритоками, в той же час гідрогеологічна складова є найбільш чутлива до будь якого втручання.

Самою вразливою частиною шахт для пошкодження в ході бойових дій є технологічні поверхневі комплекси включно з наземною частиною шахтних стволів. В той же час шахтні стволи є потенційними ділянками (у разі пошкодження) встановлення гідравлічного зв'язку підземного простору з агресивними надсольовими водоносними горизонтами. Неконтрольоване проникнення вод крізь затюбінговий простір спричиняє вилугування кам'яної солі, утворення промоїн та, як наслідок, погіршення геомеханічних характеристик навколоствольних ціликів, що може спричинити їх аварійний стан. В межах Артемівського родовища всі шахтні поля діючих рудників викриті вертикальними центрально-здвоєними (на руднику №1,3 також центрально-віднесеним) стволами із змішаним гірничим кріпленням (тюбінги, бетон, цегла). До 24 лютого 2022 року в шахтних стволах родовища фіксувалися незначні водопритоки (до 1,8 м³/добу) з тенденцією до зростання у вигляді капежу та зволоження шовних ділянок на рудниках №1,3, №4, №7. Рудники експлуатувалися з

дільничним водовідведенням, без відкачування розсолів та шахтних вод на земну поверхню [2].

Припинення роботи підприємства, знеструмлення шахтного обладнання та вогневе ураження території проммайданчиків є потенційною загрозою для надходження води переливом безпосередньо в ствол внаслідок накопичення та підйому рівня води в технічних приповерхневих будівлях; збільшення живлення і як наслідок підняття рівня водоносних горизонтів навколо шахтних стволів, зростання водопритоків через за тубінговий простір внаслідок порушення цілісності ґрунтового масиву в межах проммайданчиків шахт та пошкодження гідроізоляції стволів в приповерхневій їх частині; накопичення розсолів в зумпфах, розсолосбірниках і прилеглих до шахтних стволів камерах внаслідок припинення роботи дільничного водовідведення та зменшення випаровування з них через припинення вентиляції рудників.

Разом з видобувними, на підприємстві припинено моніторингові роботи. В межах ліцензійної площі Артемівського родовища виконувались наземні маршрутні геоморфологічні та інструментальні спостереження за зрушенням земної поверхні, формуванням мульд осідання та горизонтальними деформаціями розтягу над виробленим простором діючих соляних шахт, а саме №1-3 (об'єднані), №4, №7, №8 ім. Володарського – для забезпечення надійної безаварійної експлуатації інженерних комунікацій та житлових будинків сельбищних територій Бахмутської та Соледарських ОТГ; та затоплених – ім.. Шевченка та ім.. Артема – для забезпечення надійної безаварійної експлуатації залізниць Бахмут – Лиман та Бахмут I – Попасна. Періодичність спостережень – двічі на рік: весняна і осіння серія робіт. Ділянки спостережень були обладнані реперною мережею, яка станом на 2020 р нараховувала [1]: 1) на ділянці рудника №1-3 – 7 профільних ліній (260 наземних реперів) та контроль стану 23 будівель (467 стінних реперів); 2) на ділянці рудника №4 – 1 профільна лінія (41 наземних реперів) протяжністю 1,3 км; 3) на ділянці рудника №7 – 2 профільних ліній (116 наземних реперів); 4) на ділянці рудника №8 – 3 профільних ліній (172 наземних реперів); 5) на ділянці затопленого рудника ім.. Шевченка – 4 профільні лінії; 6) на ділянці затопленого рудника ім.. Артема – 3 профільні лінії. Тривалість інструментальних спостережень на окремих профільних лініях становила від 19 (рудник №7) до 44 років (рудник №1-3). В ході бойових дій реперна мережа фактично повністю зруйнована, а попередження можливого шкідливого впливу підземних гірничих виробок на довкілля, виникнення аварій або надзвичайних ситуацій є не можливим.

Потенційне підтоплення опорних ціликів, зниження запасу їх міцності може унеможливити відновлення видобувних робіт за сучасних техніко-економічних умов, спричинити втрату корисною копалиною промислового значення та переведення запасів до позабалансових за інженерно-геологічною та екологічною оцінкою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранник Н. В., Горін С. М. Підземна розробка родовищ корисних копалин. (Дослідження впливу гірничих виробок діючих рудників ДП "АРТЕМСІЛЬ" на земну поверхню, будівлі та споруди з метою охорони навколишнього середовища та безаварійної експлуатації підроблених об'єктів.) Звіт про наукову роботу (заключний). Український науково-дослідний інститут соляної промисловості (УКРНДІСІЛЬ). Артемівськ, 2020. 77 ст.

2. Касьяненко В., Міщенко С. Виконання досліджень з оцінки стійкості конструктивних елементів системи розробки відпрацьованих дільниць шахтних полів та розроблення рекомендацій щодо уникнення надзвичайних ситуацій пов'язаних з руйнуванням земної поверхні, будівель та споруд на родовищах кам'яної солі України. Звіт про наукову роботу (заклучний). Український науково-дослідний інститут соляної промисловості (УКРНДІСІЛЬ) – Артемівськ, 2010. 138 с.

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕРИКОНІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ

К. І. Барабан

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн, розташований на заході України, є регіоном, багатим на поклади вугілля, які десятиліттями розроблялися для задоволення енергетичних потреб країни. Однак процеси видобутку, пов'язані з видобутком вугілля, призвели до утворення териконів – курганів викопаної землі та сміття, що створює значні екологічні проблеми. Це має на меті проаналізувати характеристики териконів, процеси їх формування та їх глибокий вплив на навколишнє середовище. Досліджуючи зниження якості обґрунтування, водних ресурсів і місцевих екосистем, цей аналіз висвітлить критичну потребу в ефективних стратегіях пом'якшення. Крім того, він досліджує роль технології та нормативно-правової бази у забезпеченні стійких методів управління, які захищають навколишнє середовище та сприяють залученню громади [3].

Терикони випускаються як антропогенні форми рельєфу, що виникли в результаті накопичення рудного матеріалу, що утворюється під час отримання вугілля. Характерно, що ці кургани часто складаються із суміші підстави, уламків гірських порід і органічних речовин, що змінюються за розміром і формою залежно від використаних методів виготовлення. Формування териконів відбувається переважно шляхом видалення розкривних порід, під час яких шахтарі видобувають вугілля, залишаючи велику кількість матеріалів, які згодом складаються у визначених місцях. У Львівсько-Волинському вугільному басейні географічне поширення териконів досить обширне, з численними ділянками, розкиданими по всьому регіону. Наприклад, території поблизу міста Червонограда ілюструють масштаби таких утворень, які можуть досягти висоти до 30 метрів і зайняти кілька гектарів. Фізичний ландшафт басейну був різко змінений через ці території, які часто руйнують природні моделі дренажу та сприяють подальшій деградації земель [4].

Вплив териконів на довкілля є глибоким і багатогранним. Із значних занепокоєнь є деградація підстав, наявність териконів змінює землекористування та знижує якість навколишніх одних підстав. Введення немісцевих матеріалів може призвести до дисбалансу поживних речовин і перешкодити продуктивності сільського господарства. Крім того, терикони є джерелом проблем з якістю води; під час дощів стік з цих курганів може переносити забруднювачі в місцеві водні шляхи, що призводить до посилення седиментації та забруднення. Дослідження, проведені у Львівсько-Волинській області, показали підвищений рівень важких металів у водах, прилеглих до териконів, що змінюють тривогу щодо довгострокових наслідків для здоров'я як екосистем, так і населення, яке залежить від джерел цих вод. Крім того, екологічні наслідки поширюються на місцеве біорізноманіття, залишають території, що порушують середовище, та можуть призвести до занепаду місцевих видів. Змінений ландшафт часто ускладнює розвиток інвазивних видів, які можуть відтіснити місцеву флору та фауну, що призвело до втрати біорізноманітності та стійкості екосистем [10].

У відповідь на екологічні виклики, створені териконами, було впроваджено різні стратегії пом'якшення наслідків для управління та відновлення цих форм рельєфу. Поточні заходи включають реградацію та рослинність териконів для стабілізації підстав та зменшення ерозії. Технологічні досягнення, такі як використання методів геоінженерії, показали перспективу у відновленні пошкоджених ландшафтів шляхом покращення структури обґрунтування та посилення утримання води. Крім того, створення нормативно-правової бази має вирішальне значення для скерування стійких практик у видобутку вугілля та управлінських територіях.

Законодавчі заходи, які забезпечують виконання екологічної оцінки та планів реабілітації, можуть допомогти мінімізувати екологічний слід гірничодобувної діяльності.

При типологічній класифікації териконів Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну можна проводити структурування девастрованих ландшафтів за ступенем порушення і рівня проведення робіт з рекультивації. Запропонована класифікація териконів у передбачас 8 рівнів ієрархії. За розміром всі терикони поділені на категорії: великі (площею більше 10 га), середні (площею 5-10 га), малі (в межах 0,3-5 га). За формою терикони поділяються на неправильної форми (терикони на шахті "Великомостівська № 2") і правильної форми (рекультивовані терикони). Слід зазначити, що встановлена геометрична форма терикону порушується при вийманні породи для потреби будівництва. Залежно від методу відсіпання порід на терикон їх поділяють на діючі і не діючі. При цьому вважають, що на діючих териконах не розвинений фітоценотичний покрив внаслідок відсутності умов для його розвитку. На не діючих териконах розвивається природно або ж штучно насадження. При типологічній класифікації рельєфу Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (на прикладі Червоноградський гірничопромисловий район) за ступенем пошкодженості та рівнем рекультиваційних проектів можна проводити певні види рекультиваційних та фітомеліораційних робіт [5, 7, 14].

Слід зазначити, що при вивезенні гірських порід для будівельних потреб порушується встановлена геометрична форма терикону. Залежно від способу залягання гірських порід на териконах їх виділено на активні та малоактивні. Водночас підтверджує, що біологічний покрив рослин на активних ділянках не розвивався через випадки умов для розвитку. На недіючих териконах спостерігається природні або штучні насадження [9].

Внаслідок військових дій агресора у Донецькій області немає жодної терикону вугільної шахти, яка б не була знищена або пошкоджена (рис.1). Обстріли вже давно є каталізатором значних соціально-економічних та екологічних змін у різних регіонах України. Одним із районів, які особливо постраждали від таких операцій, є вугільні шахти, де перетин обстрілів і промислової діяльності може призвести до серйозних наслідків. Деградація довкілля внаслідок військових дій може спустошити місцеві екосистеми, порушити основні джерела води та спричинити ерозію ґрунту, тощо. З економічної точки зору військові дії можуть призупинити видобуток, що призведе до тимчасового закриття, втрати продуктивності та збільшення експлуатаційних витрат. Крім того, соціальні наслідки можуть бути жахливими, оскільки громади часто стикаються з переміщенням і втратою засобів до існування [1].

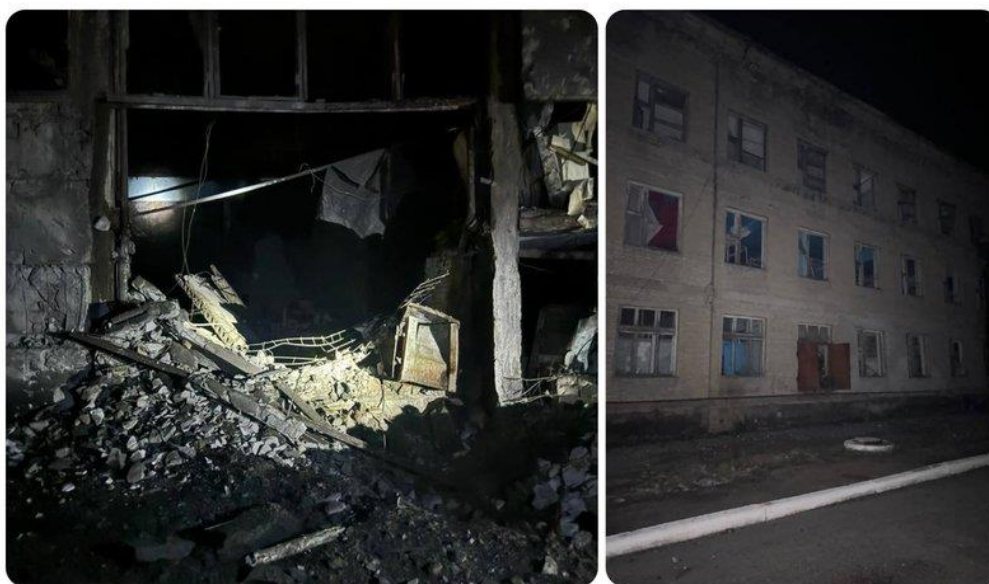


Рисунок 1 – Влучання ракетою С-300 по території ВП "Шахта «Котляревська» [1]

Червоноградський гірничопромисловий район є найбільшим вугільним комплексом у Львівській області. Вугілля видобувають на копальнях ДП «Львіввугілля» та ПАТ копальня «Надія». Серед вугільних шахт найбільші балансові запаси вугілля станом на 2021 рік мають «Степова» понад 85 млн т та «Червоноградська» – 60 млн т. Шахти «Зарічна» (у процесі закриття) та «Надія» майже повністю відпрацювали запаси вугілля. У Червоноградському гірничопромисловому районі розташовано 12 вугільних шахт ВО «Укрзахідвугілля», якими розробляється 2-3 вугільні пласти, середня потужність яких становить 1 метр, для цього під об'єкти шахт, під'їзних доріг, териконів шахтних порід відведено 650 га земель [6, 12, 15].

Головними чинниками забруднення атмосферного повітря териконів вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового району є стаціонарні джерела (організовані та неорганізовані). Організовані джерела це такі, що обладнані засобами пило- та газозловлювання і мають можливість змінювати технологічні режими роботи для зниження викидів (пристрої пароводяних котлів, котельні шахт, системи збагачувальної фабрики тощо). Неорганізовані джерела викидів в атмосферу не завжди підвладні людині при їх контролі. Це терикони, особливо, що горять, відкриті технологічні лінії збагачувальної фабрики, грейдерний транспорт, що працюють на териконах тощо [2]. Викид шкідливих речовин у атмосферне повітря сягає десятки тисяч тон щороку. Провідна роль у структурі забруднювальних речовин належить: окислам вуглецю, сірчаному ангідриду, азоту, сажі та пилу. Максимальні вмісти пилу сягають понад 0,75 мг/м³, а сірчаного газу – 0,64-0,7 мг/м³ [8].

Наступна проблема, це охорона водних ресурсів від забруднення неочищеними стічними шахтними водами набуває особливу важливість, так як підприємства вугільної промисловості характеризуються як постачальники великого обсягу запасів шахтних вод. Шахтні води, забруднені механічними та органічними домішками, відрізняються підвищеним вмістом солей, що представляє реальну небезпеку забруднення поверхневих і підземних вод. Понад 90% загального споживання води шахти становить питна вода, яка використовується для осушення гірських виробок, в адміністративно-побутових цехах, котельних, компресорних, а незначна частина шахтної води, що видається на поверхню, використовується для технологічних цілей у гірських виробках [9, 11, 13].

Дослідження впливу териконів на довкілля спостерігається і у самовідновленні рослинного покриву на териконах. Вагому роль у ході природної сукцесії самозаростання териконів відіграє оточення породного терикону. Саме прилеглі території забезпечують насіннєвими зародками територію терикону, тобто відбувається перенесення насіння вітром, водою, тваринами (ссавцями, птахами), людиною тощо. Наявність на териконах стихійних звалищ сприяє в тому числі і поширенню бур'янових рослин. Місцерозташування схилу відносно експозиції та його крутизни теж визначають розвиток флори.

На завершення екологічної оцінки території у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні розкривається складний взаємозв'язок між вуглевидобувною діяльністю та екологічною цілістю. Формування териконів створює значні проблеми, що призводять до забруднення атмосферного повітря, підземних та поверхневих вод, ґрунтів, а також негативний вплив на всі живі організми та населення. Проблема є як локальною, так регіональною і глобальною. Однак завдяки ефективним стратегіям пом'якшення наслідків, технологічним інноваціям і надійній нормативно-правовій базі можна вирішити ці проблеми та сприяти сталим методам управління земельними ресурсами. Рухаючись вперед, важливо визнати, що відповідна практика отримання вугілля покращує не тільки виробництво енергії, але й зберігає екологічний баланс, необхідний для майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. «Немає жодної, в яку б не поцілили росіяни». Як працюють шахти Донеччини в умовах війни. *Суспільне Донбас*. URL: <https://suspilne.media/donbas/799629-ak-pracuut-sahti-doneccini-v-umovah-vijni/>.

2. Босак П. В. Фізико-хімічні властивості стічних вод з технологічних відвалів Нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. № 18. С. 117–124. <https://doi.org/10.32447/20784643.18.2018.13>
3. Луньова О. В. Наукові основи управління екологічною безпекою промислових комплексів вуглевидобувних підприємств. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2020. Вип. 1 (28) С. 50-59. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.8>
4. Павличенко А. В., Плахотній С. А. Ліквідація нерентабельних вугледобувних підприємств: шляхи зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище. *Геотехнічна механіка*. 2016. № 130. С. 257-262.
5. Піндер В. Ф., Попович В. В., Босак П. В. Рекультивацийні заходи зниження техногенного впливу породних відвалів вугільних шахт на довкілля EcoLab. Том 2 : монографія. Львів, ЛДУБЖД. 2023. 245 с.
6. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну : монографія. Львів, ЛДУБЖД. 2014. 174 с.
7. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Dudyn R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Lviv-Volyn coal basin. *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2020. Vol. 2, no. 440. P. 48–54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170x.30>.
8. Bosak P., Popovych V., Stepova K., Marutyak S. Features of seasonal dynamics of hazardous constituents in wastewater from colliery spoil heaps of Novovolynsk mining area. *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2020. Vol. 5, no. 443. P. 39–46. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170x.102>
9. Popovych V., Bosak P., Petlovanyi M., Telak O., Karabyn, V., Pinder V. Environmental safety of phytogenic fields formation on coal mines tailings. *Series of Geology and Technical Sciences*. 2021. Vol. 2, no. 446. P. 129–136. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.44>
10. Petlovanyi M., Kuzmenko O., Lozynskiy V., Popovych V., Sai K., Saik P. Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine. *Mining of Mineral Deposits*. 2019. Vol. 13 no.1. P. 24-38. <https://doi.org/10.33271/mining13.01.024>
11. Popovych V., Bosak P., Dumas I., Kopystynskiy Yu., Pinder V. Ecological successions of phytocenoses in the process of formation of the phytomeliorative cover of landfills. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1269 012011. 2023. [DOI 10.1088/1755-1315/1269/1/012011](https://doi.org/10.1088/1755-1315/1269/1/012011)
12. Popovych V., Voloshchyshyn A. Features of temperature and humidity conditions of extinguishing waste heaps of coal mines in spring. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2019. Vol. 4 no. 436. P. 230-237. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.118>
13. Popovych V., Stepova K., Prydatko O. Environmental hazard of Novoyavorivsk municipal landfill. *MATEC Web of Conferences*. 247, 00025. FESE. 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201824700025>
14. Popovych V., Voloshchyshyn A. Environmental impact of devastated landscapes of Volhynian Upland and Male Polisia (Ukraine). *Environmental Research, Engineering and Management*. 2019. Vol. 75 No. 3. P. 33-45. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.75.3.23323>
15. Popovych V., Voloshchyshyn A., Bosak P., Popovych N. Waste heaps in the urban environment as negative factors of urbanization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. 915(1). 012001. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/915/1/012001>

ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ ДЛЯ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Е. І. Бик, Н. Є. Бурак, к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Використання дронів у сфері охорони навколишнього середовища відкриває нові перспективи, зокрема, у моніторингу біорізноманіття та природних ресурсів. Дрони дозволяють здійснювати спостереження за екосистемами на відстані, що мінімізує втручання людини в природні процеси. На відміну від традиційних методів, які часто потребують значних людських ресурсів і можуть порушувати екосистеми, дрони дають змогу непомітно стежити за тваринами та рослинами, фіксуючи важливі екологічні параметри. Це сприяє збору надійних даних про чисельність, міграційні шляхи і поведінкові особливості видів, що є основою для розробки ефективних стратегій їх збереження.

Дрони, обладнані сучасними камерами та технологією LiDAR, дозволяють створювати точні тривимірні моделі місцевості, що необхідно для відстеження змін у ландшафтах та екосистемах. Такий підхід є корисним для вивчення явищ, як-от деградація ґрунтів, ерозія та процеси опустелювання. Завдяки можливості регулярного моніторингу стану лісів, водойм та узбережжя можна виявляти загрози, як-от забруднення, й оперативно вживати відповідних заходів.

Дрони також є надзвичайно корисними під час реагування на стихійні лиха. Вони забезпечують можливість швидкої оцінки постраждалих територій, зокрема, після пожеж, повеней або землетрусів, і передають актуальні дані до рятувальних служб. Наприклад, дрони, оснащені тепловізійними камерами, можуть виявляти осередки займання, що значно полегшує боротьбу з пожежами. У випадку повеней дрони дозволяють швидко оцінити масштаби затоплення та полегшити планування евакуаційних заходів.

Ще одним важливим напрямом застосування дронів є моніторинг стану водних ресурсів. Оскільки вода є критично важливим природним ресурсом, дрони, оснащені відповідними сенсорами, можуть надавати дані про її якість, температурний та хімічний склад, а також виявляти джерела забруднення. Це особливо важливо для спостереження за станом річок, озер та морських узбереж, де забруднення може призвести до катастрофічних наслідків для екосистем. Дрони використовуються навіть для моніторингу стану коралових рифів, які є ключовими індикаторами здоров'я морських середовищ.

Таким чином, дрони надають нові можливості для моніторингу довкілля, оскільки забезпечують оперативність, ефективність і доступ до важкодоступних місць. Їх застосування мінімізує вплив на екосистеми, зменшуючи потребу у фізичній присутності людини під час досліджень. Це дозволяє значно підвищити ефективність екологічної політики і сприяє покращенню управління природними ресурсами, що є критично важливим для збереження довкілля для майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Використання дронів у сільському господарстві. Brain-блог. URL: https://dronecenter.ua/review-of-the-dji-phantom-4-pro-quadcopter4Dh_jrWGEKhlrgrUABgDMRRlvHp3Q5cmqMaOvwySww8rRDO.
2. How drones monitor environmental changes - Coverdrone. URL: <https://www.coverdrone.com/how-drones-monitor-environmental-changes/>.

УДК 619:502.51:636.4

СИСТЕМА БІОБЕЗПЕКИ ПІД ЧАС УТИЛІЗАЦІЇ ТУШ ТВАРИН, ЩО ЗАГИНУЛИ ВІД АЧС ЯК ЕЛЕМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ

Д. В. Бобик

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

Африканська чума свиней (АЧС) є небезпечним вірусним захворюванням, що завдає значних збитків сільському господарству України, порушуючи продовольчу безпеку та екологічну стабільність. Утилізація туш заражених тварин потребує екологічно безпечних рішень для запобігання забрудненню ґрунтів, водних ресурсів і повітря. Євроінтеграційні процеси вимагають адаптації національного законодавства до стандартів ЄС у сфері боротьби з інфекційними хворобами тварин.

Біологічна безпека під час утилізації туш:

Вірус АЧС є стійким до зовнішніх факторів і легко поширюється через контакт, транспорт, корми та інфіковані продукти. Найпоширеніші методи утилізації в Україні – спалювання та захоронення – часто не відповідають екологічним стандартам. Інноваційні методи, як-от високотемпературна переробка та біотермічна обробка, можуть мінімізувати ризики для навколишнього середовища.

Європейський досвід:

Регламенти (ЄС) № 1069/2009 та № 142/2011 визначають екологічно безпечні підходи до утилізації побічних продуктів тваринного походження. Прикладом може бути Німеччина та Нідерланди, які використовують спеціалізовані печі з фільтраційними системами, що зменшують викиди токсичних речовин, а також біотермічні установки для виробництва біогазу. Впровадження таких технологій в Україні сприятиме екологічній безпеці та підвищенню ефективності боротьби з АЧС.

Ситуація в Україні:

Організаційна структура реагування на АЧС в Україні залишається складною, оскільки різні відомства мають окремі, іноді нескоординовані обов'язки. Наприклад, Державна служба України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів відповідає за епідеміологічний нагляд, тоді як за екологічні аспекти відповідає Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Постанова Кабінету Міністрів України № 587 «Про затвердження Порядку ліквідації інфекційних хвороб тварин» також регулює дії у разі спалаху АЧС, але чіткої координації між органами влади все ще бракує, що може призвести до затримок у прийнятті деяких заходів.

Для прикладу візьмемо ліквідацію АЧС на ТОВ «Дан-Фарм Україна». Проаналізувавши надані документи у справі ліквідації спалаху африканської чуми свиней на ТОВ «Дан-Фарм Україна», можна виділити деякі недоліки у прийнятих рішеннях. Наприклад, карантин було введено на 72 год, але залишається невідомим, чи був цей час достатнім для запобігання поширенню інфекції. Чи можна було діяти швидше та ефективніше, щоб локалізувати проблеми? Крім того, визначення «охоронної зони» та «зони спостереження» повинні мати чіткі межі. Якщо територіальні межі не були точно визначені, це могло призвести до помилок у впровадженні карантинних заходів.

Екологічні виклики:

Довгостроковий вплив неналежної утилізації включає забруднення середовища, зменшення популяції диких кабанів і зміну харчових ланцюгів.

Залишки заражених тварин стають джерелом повторного зараження, ускладнюючи епідеміологічну ситуацію.

Тому важливо в майбутньому:

1. Розробити та впровадити централізовану систему біобезпеки для оперативного реагування на спалахи АЧС.
2. Забезпечити використання екологічно безпечних технологій утилізації, включаючи біогазові установки.
3. Гармонізувати національне законодавство з нормативами ЄС, зокрема впровадити механізми контролю за утилізацією.
4. Підвищити обізнаність власників свиноферм щодо правил профілактики та біобезпеки.

Ефективна боротьба з АЧС в Україні потребує комплексного підходу, що включає міжнародний досвід, модернізацію технологій утилізації та вдосконалення законодавства. Це сприятиме мінімізації екологічних ризиків і забезпеченню стабільності аграрного сектору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною».
2. Закон України «Про ветеринарну медицину».
3. Інструкція з профілактики та боротьби з африканською чумою свиней (наказ № 111 від 07.03.2017).
4. Звіт Головного управління Держпродспоживслужби в Київській області щодо ліквідації АЧС на ТОВ "Дан-Фарм Україна"
5. Постанова Кабінету Міністрів України про утилізацію трупів тварин у випадках надзвичайних ситуацій.
6. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища"
7. Закон України "Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року"
8. URL: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=uk&user=xUyUTt0AAAAJ&citation_for_view=xUyUTt0AAAAJ:4DMP91E08xMC
9. URL: <https://unba.org.ua/publications/8587-pravovi-osnovi-ekologichnoi-bezpeki-terminologichni-neuzgodzhenosti.html>

УДК 574:509.3

ВПЛИВ МЕРТВОЇ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ НА ПОСИЛЕННЯ ЕФЕКТУ МІСЬКОГО "ОСТРОВА ТЕПЛА"

С. О. Верхола, Н. Д. Гоцій, к.с.-г.н.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Сучасні міста характеризуються значною трансформацією природного середовища, де особливу роль відіграє заміна природних поверхонь штучними покриттями [2]. Ці антропогенно змінені території включають асфальтові покриття, бетонні конструкції, металеві поверхні та інші штучні матеріали, які прийнято називати "мертвими підстильними поверхнями", які, неначе гігантські батареї, акумулюють тепло вдень, віддаючи його вночі. Вони суттєво впливають на формування специфічного міського мікроклімату, зокрема, на посилення ефекту міського "острова тепла" [4].

Міський "острів тепла" – це явище підвищення температури повітря в межах міської забудови порівняно з прилеглими та заміськими територіями [6]. Основною причиною його формування є саме наявність великих площ штучних поверхонь, які мають відмінні від природних покриттів теплофізичні властивості. Мертва підстильна поверхня споруд, дахів,

замощень характеризується високою теплопровідністю, здатністю акумулювати значну кількість сонячної радіації та низьким альбедо, що призводить до ксерофілізації міського середовища [7].

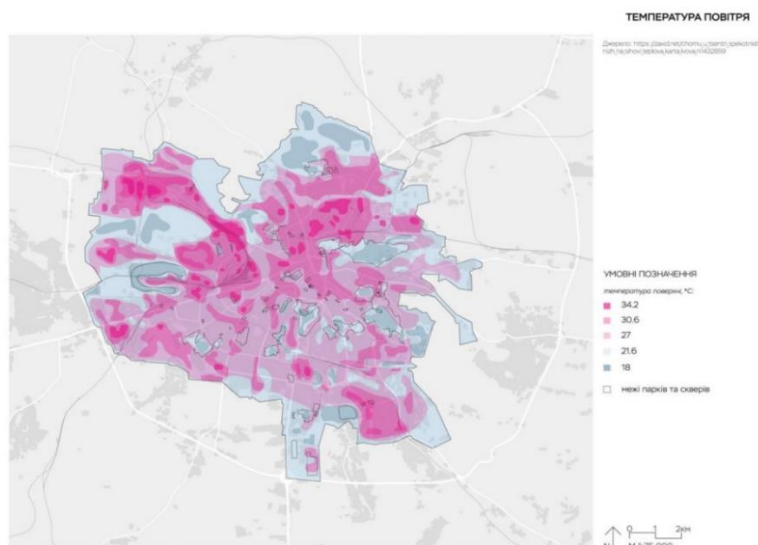


Рисунок 1 – Теплова карта Львова [5]

Дослідження показують, що різниця температур асфальтового покриття та температури повітря в літній період спричиняє додаткове теплове навантаження на міське середовище та призводить до формування локальних конвективних потоків. Бетонні конструкції, які мають високу теплоємність, акумулюють тепло впродовж дня та повільно віддають його вночі, що перешкоджає природному охолодженню міського повітря [6].

Негативні наслідки впливу мертвих підстильних поверхонь на клімат міста проявляються у [1,5,6]:

- підвищенні середньодобової температури повітря;
- зменшенні добової амплітуди температур;
- формуванні специфічної міської циркуляції повітря;
- погіршенні умов комфортності та стану здоров'я мешканців;
- збільшенні витрат енергії на кондиціонування приміщень.

Окрім того, через щільну забудову та велику кількість забрукованих поверхонь виникають проблеми із водовідведенням під час сильних опадів – міські дренажні системи не справляються з навантаженням [5].

Проблема "бетонної хвороби" особливо гостро проявляється у великих містах України. Наприклад, у Львові температурна різниця між центром та околицями складає в середньому 1-3°C. Значними теплопоглинальними властивостями характеризується і асфальт, який додає значну кількість тепла до вже перегрітого повітря міських вулиць і площ [2].

Дослідження показують, що зелені насадження в місті сприяють виникненню постійних повітряних течій, які опівдні прямують від насаджень в бік забудови, а ввечері на відкритих місцевостях повітря швидше охолоджується і повертається до зеленого масиву. Подібні повітряні течії, які мають складну латерале-радіальну конфігурацію, сприяють покращенню мезоклімату. Тому планування забудови і замощення повинно відбуватись таким чином, щоб вони не призводили до акумуляції великих мас тепла і не сприяли утворенню «острова тепла».

Для мінімізації впливу мертвих підстиляючих поверхонь на посилення ефекту міського "острова тепла" необхідно впроваджувати комплекс заходів [1, 7]:

- збільшення площі зелених насаджень та створення "зелених коридорів";
- використання світлих будівельних матеріалів з високим альбедо;
- впровадження технологій "зелених дахів" та прийомів вертикального озеленення;

- застосування водонепроникних покриттів для паркувальних зон та пішохідних доріжок;
- створення водних об'єктів та дощових садків для природного охолодження повітря;
- створення теплових карт міста для виявлення проблемних зон перегріву.

Також львівськими науковцями [стаття] розроблено шляхи забезпечення зростання альбедо зони "острова тепла" озелененням горизонтальних площин (алеї, рядові посадки, газони, квітники), а також вертикальних поверхонь (вертикальне озеленення, ампельна зелень).

Таким чином, мертві підстильні поверхні відіграють ключову роль у формуванні та посиленні ефекту міського "острова тепла". Розуміння механізмів їхнього впливу та впровадження відповідних заходів щодо зменшення негативних наслідків є важливим аспектом сталого розвитку міських територій та покращення якості життя міського населення. Сучасні дослідження спрямовані на розробку інноваційних будівельних матеріалів та технологій, які дозволять знизити тепловий вплив штучних поверхонь на міський клімат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кучерявий В.П., Кучерявий В.С. Озеленення населених місць. Львів: «Новий світ – 2000», 2019. 666 с.
3. Кучерявий В.П. Урбоекологія. Львів: «Новий світ – 2000», 2020. 460 с
4. Кучерявий В. П., Генік Я. В., Кучерявий В. С., Шуплат, Т. І., Гоцій, Н. Д. Екопросторові та теплофізичні особливості формування «острова тепла» Львівського середмістя і життєвість деревних рослин. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. 33(3). С. 23-33. <https://doi.org/10.36930/40330304>
5. Шевченко О.Г, Сніжко С.І, Самчук Є.В. Температурні аномалії великого міста. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2011. № 8. С. 67–73
6. Бербека Н. Львів проти бетону. *Dyvys.info*. 2023. URL: <https://dyvys.info/2023/05/16/lviv-proty-betonu/>
7. Heat Island Compendium | US EPA. *US EPA*. URL: <https://www.epa.gov/heatislands/heat-island-compendium>
8. Santamouris M., Ding L., Fiorito F., Oldfield P., Osmond P., Paolini R., Prasad D., Synnefa A. Passive and active cooling for the outdoor built environment – Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects. *Solar Energy*. 2017. Vol. 154. P. 14-33.

УДК 502.7

ПОГЛИБЛЕННЯ КРИЗИ БІОРИЗНОМАНІТТЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Н. М. Гринчишин, к.с.-г.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Криза біорізноманіття, яка прогресує протягом останніх десятиліть на всіх континентах, потребує нагального вирішення. Основною вимогою збереження біологічного різноманіття, є охорона 30% суші з найбільш збереженими екосистемами [1].

Реалізація цих планів в Україні можлива за умови створення та розширення площі територій природно-заповідного фонду (ПЗФ). Задекларовані Україною плани збільшення площі ПЗФ до 15% у 2020 році [2], не було виконано. Станом на 1 січня 2022 року відсоток територій ПЗФ складав 6,8% території країни [3]. Не виконання важливих завдань для оптимізації екологічного балансу території України поглибило екологічну кризу біорізноманіття. Протягом останніх років спостерігається збільшення кількості видів рослин і

тварин, занесених до Червоної книги України, відбулося катастрофічне зменшення площі територій водно-болотних угідь, степових екосистем, природних лісів [4].

Займаючи менше 6 відсотків площі Європи, Україна володіє близько 35 відсотками її видового різноманіття. Біота України нараховує більше 74 тис. видів, із них флора – понад 27 тис. видів, гриби – понад 12 тис. видів, фауна – близько 45 тис. (більше 35 тис. – комахи). Україна розташована на перетині міграційних шляхів багатьох видів фауни, через її територію проходять два основні глобальні маршрути міграції диких птахів, а деякі місця гніздування мають міжнародне значення. Більше 100 видів перелітних птахів охороняються відповідно до міжнародних зобов'язань. З мігруючих видів фауни України більше 130 видів перелітних птахів, 8 видів риб, 3 види морських ссавців, 28 видів рукокрилих охороняються відповідно до міжнародних зобов'язань [5].

Однією з вагомих причин, які призводять до значних втрат біорізноманіття, є війни. Відсутність спеціального правового захисту біорізноманіття, яке регулює порядок ведення збройних конфліктів, призводить до знищення важливих територій для його збереження.

Анексія росією Криму та окупація частини Донбасу суттєво вплинули на захист біорізноманіття в деяких з найважливіших природоохоронних територій України. В Криму це стосується шести з 19 українських природних заповідників. У Донецькій і Луганській областях майже третина природоохоронних територій опинилася за лінією фронту. Пошкодження об'єктів на Донбасі були широкомасштабними і включали 78 природних заповідників, заказників і ландшафтних парків. З них 50 природоохоронних територій зазнали пожеж, 29 – безпосередньо постраждали від бойових дій та будівництва укріплень, а шість – від незаконного видобутку природних ресурсів [6].

Повномасштабне вторгнення Росії в 2022 році, поглибило існуючу кризу біорізноманіття України. Військові дії призвели до викиду в навколишнє середовище небезпечних речовин, таких як забруднювачі та токсичні хімікати, які забруднили воду, ґрунт і повітря, створюючи загрозу як здоров'ю людей, так і навколишньому середовищу. Це призвело до широкомасштабного руйнування та забруднення природних середовищ існування та ресурсів, а також порушило популяції дикої природи та екосистеми [6].

Понад 20% природоохоронних територій зазнали прямого впливу бойових дій, наслідками яких є: знищення унікальних екосистем, зокрема степових ділянок, лісів, водно-болотних угідь; пошкодження інфраструктури заповідників та національних парків; замінування великих площ природно-заповідних територій; забруднення поверхневих та підземних вод вибуховими речовинами, нафтою, хімікати та іншими шкідливими речовинами; знищення великих ділянок лісів та інших рослинних угруповань внаслідок пожеж, спричинених бойовими діями; загибель тварин та рослин, зокрема рідкісних та ендемічних видів, занесених до Червоної книги України; порушення міграційних шляхів тварин; зменшення популяцій багатьох видів.

Особливу небезпеку для біорізноманіття становлять пожежі в екосистемах, які можуть виникати в місцях обстрілів та падіння снарядів. Станом на кінець жовтня 2023 року пожежі уразили 12 000 км² території країни, 75% з них сталися в межах 30 км від лінії фронту. Аналіз показує, що 1650 км² площі, ураженої пожежами в екосистемах, належить до екологічно важливих територій. Вирви і пожежі можуть зробити ландшафти більш вразливими до ерозії та заселення інвазивними видами [6].

Вплив військової діяльності на ґрунти природоохоронних територій є особливо критичним, оскільки вони є основою біотичного та ландшафтного різноманіття та потребують спеціального управління та науково обґрунтованих заходів моніторингу навіть у мирних умовах [7].

Всю шкоду природно-заповідному фонду через війну оцінити неможливо.

Збройна агресія росії проти України також негативно вплинула на біорізноманіття за межами від лінії фронту.

Створення нових заповідних територій у воєнні роки стало проблематичним. У 2022 році в Україні заповіли лише 51 тисячу гектарів – 0,01 % від загальної площі країни. Як наслідок, частка заповідних територій в Україні залишається критично низькою – біля 7%.

Збільшення обсягів незаконних рубок лісу, активізація розорювання степів та лук, мораторій на перевірки державного екологічного нагляду – усе це негативно впливає на біорізноманіття [8].

Війна в Україні значно поглибила кризу біорізноманіття, в основному, через знищення територій природно-заповідного фонду, відновлення якого буде тривалим і складним процесом.

ЛІТЕРАТУРА

1. The Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. *Convention on Biological Diversity*. URL: <https://www.cbd.int/conferences/2021-2022/cop15/documents> (дата звернення 03.11.2024)

2. Державна стратегія регіонального розвитку на період до 2020 року. Постанова Кабінету Міністрів України від 06.08.2014. № 385. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/385-2014-%D0%BF#Text> (дата звернення: 03.11.2020).

3. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2021 році. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України*. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf>

4. Гринчишин Н.М. Порушення екологічного балансу території України як основна причина кризи біорізноманіття. *Сучасні ековиклики. стратегії екологічної безпеки довкілля*: збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 25-річчю кафедри екології Львівського НУП, 22-23 травня 2024 р. Львів-Дубляни : ЛНУП, 2024. С.169171. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/bitstream/123456789/13649/1/%d0%9a%d0%be%d0%bd%d1%842024.pdf>

5. Гринчишин Н.М. Заповідна справа : навч. посібник. Львів : ЛДУБЖД, 2024. 145 с. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/14775>

6. Екологічні наслідки російського вторгнення в Україну. *Обсерваторія конфліктів і навколишнього середовища* : веб-сайт. URL: <https://ceobs.org>

7. Filho, W.L., Fedoruk, M., Henrique, J., Splodytel, A., Smaliychuk, A., Szyrkowska-Jóźwik, M.I. The Environment as the First Victim: The Impacts of the War on the Preservation Areas in Ukraine. *Journal of Environmental Management*, 2024, vol. 364, 121399. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121399. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121399>

8. Біорізноманіття в тилу України: що змінилося в охороні природи в 2022-23 роках? *Українська природоохоронна група*. URL: https://uncg.org.ua/en/wp-content/uploads/2023/11/UA_compressed.pdf

УДК 504.054

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНОЇ ПНИ В ВІЙСЬКОВІЙ ПІДГОТОВЦІ

Н. М. Гринчишин¹, к.с.-г.н., доцент, Н. Я. Смолій¹, Г. І. Звір², к.б.н., доцент

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Львівський національний університет імені Івана Франка

Значний вплив на навколишнє середовище мають не тільки активні збройні конфлікти, але й військова підготовка.

Одним із факторів ризику є пожежна піна.

Понад 50 років на більшості військових базач почали використовувати для гасіння пожеж, пов'язаних із займистими рідинами, такими як нафта та бензин, пінний концентрат (AFFF). Він утворює водну плівку, яка відокремлює паливо від повітря, ефективно гасить вогонь і запобігає повторному займанню. Цей протипожежний агент особливо ефективний у місцях високого ризику, таких як аеропорти, нафтопереробні заводи, авіаносці військового флоту та військові бази.

Потрапляючи у водні екосистеми, AFFF знижує поверхневий натяг води, перешкоджаючи газообміну та зменшує вміст кисню, що спричинює масову загибель водних організмів та порушує функціонування екосистеми.

Потрапляючи в ґрунт, AFFF призводить до перебудови мікробного комплексу і зниження різноманіття мікроорганізмів ґрунту [1].

Ефективність AFFF полягає в його хімічному складі. Він містить поверхнево-активні речовини, що включають фторовані сполуки, відомі як пер- та поліфторалкільні речовини (PFAS). У складі AFFF PFAS представлений перфтороктансульфонатом (PFOS) і перфтороктановою кислотою (PFOA).

Однією з найважливіших екологічних проблем, пов'язаних з AFFF, є стійкість до розкладання PFOA і PFOS. Вони були знайдені в поверхневих і ґрунтових водах, ґрунті та осадових відкладеннях, особливо поблизу об'єктів, які виготовляли або використовували ці речовини. PFOA і PFOS можуть переміщатися через ґрунти та забруднювати джерела питної води, а також можуть рухатися вгору харчовим ланцюгом і накопичуватися в організмах.

Деякі довголанцюгові PFAS також залишаються в організмі незмінними протягом тривалого періоду часу та можуть підвищувати їх концентрацію в тканинах організмів. PFAS були виявлені в крові та на значно нижчих рівнях у сечі, грудному молоці та пуповинній крові в популяціях, які зазнали впливу. Вони також зберігаються в організмі людини і повільно виводяться. В організмі людини потрібно приблизно 2-4 роки, щоб рівень PFOA і 5-6 років, щоб рівень PFOS знизився вдвічі [2].

AFFF відіграє вирішальну роль у військових протипожежних операціях, де вона використовується для боротьби з пожежами на військових транспортних засобах, літаках і морських суднах.

Міністерство оборони США використовує плівкоутворюючу піну (AFFF) на багатьох своїх об'єктах (ангари, кораблі, аварійні екіпажі), а на військових базач протипожежна піна застосовуються для навчальних цілей.

Забруднення питної води PFAS широко поширене поблизу понад 300 військових баз Сполучених Штатів (США), які використовували цю піну для протипожежної підготовки та протипожежної діяльності [3].

Ґрунтові та поверхневі води навколо цих ділянок містять концентрації PFAS, які на 3 – 4 порядки перевищують рекомендований для охорони здоров'я рівень питної води, наведений Агентством з охорони навколишнього середовища США [4].

Аналогічні забруднення виявлені на території штатів Австралії поблизу об'єктів Австралійських сил оборони та інших об'єктів Співдружності [5].

У більшості випадків пінний розчин AFFF скидається в каналізацію або в резервуар для зберігання в контрольованих умовах. Однак, забруднення могли статися через ненавмисне виділення піни (наприклад, випадковий розлив або виток), а також скиди піни під час тестування протипожежного обладнання та навчання. Деякі екологічні інциденти, пов'язані з AFFF у Міністерстві оборони включають забруднення систем зливової каналізації та за її межами забруднення місцевих струмків і дамб, що призводить до загибелі риби.

Проте обмеження на виробництво та використання PFOA та PFOS діють з 2002 року призвело до зміни виробництва та використання в бік коротколанцюгових PFAS ($C < 8$) [2].

Ультракоткоротколанцюгові пер- та поліфторалкільні речовини PFAS є новим класом забруднюючих речовин, які залишаються недостатньо вивченими в дослідженнях навколишнього середовища [6].

Протипожежна піна є значним джерелом забруднення PFAS, проте їх профілі в складі піни, особливо в Китаї, залишаються незрозумілими. Використовуючи цільовий і нецільовий аналізи досліджено 50 цільових PFAS у протипожежних пінах, які зараз використовуються в Китаї. Результатом досліджень ідентифіковано загалом 54 сполуки PFAS (що охоплюють 34 класи та містять сім нових PFAS). Серед семи нових PFAS чотири відповідають критеріям стійкості, біонакопичення та токсичності, а інший PFAS мав найвищий бал токсичності серед ідентифікованих 54 PFAS. Це дослідження надає важливу інформацію для контролю забруднення та оцінки ризику, пов'язаного з використанням PFAS у піні для гасіння пожежі [7].

Оскільки пожежні піноутворювачі є важливим інструментом для гасіння пожеж на військових полігонах критична оцінка їх безпеки повинна враховувати як потенційні ризики, так і переваги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ханік Ю.О., Звір Г.І., Гринчишин Н.М. Вплив вогнегасної плівкоутворюючої піни на ґрунтовий мікробіоценоз. *Екологія та ноосферологія*, 2023, 34 (2). С. 61-69. URL: <https://doi.org/10.15421/032310>
2. An overview of Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl substances and Interim Guidance for Clinicians responding to patient exposure concerns (2017) Agency for Toxic Substances and Disease Registry, National Center for Environmental Health, US. URL: https://www.atsdr.cdc.gov/pfc/docs/pfas_clinician_fact_sheet_508.pdf
3. Ruyle B.J., Thackray C.P., Butt C.M., LeBlanc D.R., Tokranov A.K., Vecitis C.D., Sunderland E. M. Centurial Persistence of Forever Chemicals at Military Fire Training Sites. *Environ Sci Technol*. 2023; 57(21). 8096-8106. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.est.3c00675>
4. Hu X.C., Andrews D.Q., Lindstrom A.B., Bruton T.A., Schaidler L.A., Grandjean P., Lohmann R., Carignan C.C., Blum A., Balan S.A., Higgins C.P., Sunderland E. M. Detection of Poly- and Perfluoroalkyl Substances (PFASs) in U.S. Drinking Water Linked to Industrial Sites, Military Fire Training Areas, and Wastewater Treatment Plants. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2016, 3, 344–350. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.6b00260>
5. Environmental Issues Associated With Defence Use Of Aqueous Film Forming Foam (AFFF). URL: <https://www.aph.gov.au › DocumentStore>
6. Gorji S.G., Mackie R., Prasad P., Knight E.R., Qu X., Vardy S., Bowles K., Higgins C.P., Thomas K.V., Kaserzon S.L. Occurrence of Ultrashort-Chain PFASs in Australian Environmental Water Samples. *Environmental Science & Technology Letters*. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.4c00750>
7. Mingzhen Li, Jingrun Hu, Xiaoqiang Cao, Huan Chen, Yitao Lyu, Weiling Sun. Nontarget Analysis Combined with TOP Assay Reveals a Significant Portion of Unknown PFAS Precursors in Firefighting Foams Currently Used in China. *Environmental Science & Technology* 2024, 58 (38), 17104-17113. URL: <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c07879>

АНАЛІЗ СТИЧНИХ ВОД НА ВМІСТ ДЕЯКИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У Р. ЗУБРА ТА ҐРУНТОВИХ ВОДАХ ДЖЕРЕЛ М. ЛЬВОВА

*Р. О. Демчина, к.х.н., доцент, О. М. Маєвська, к.б.н., Ю. Р. Гнатув
Національний лісотехнічний університет України*

Моніторинг стану навколишнього середовища, наявності його забруднень є одним з пріоритетних завдань, вирішення якого дає змогу успішно впроваджувати технології захисту довкілля та забезпечити екологічну безпеку. Особлива потреба моніторингу довкілля в Україні виникає в умовах війни через збільшення ризиків забруднення природних об'єктів шкідливими речовинами техногенного походження.

Одним із етапів наших досліджень стану довкілля стало дослідження природних та стічних вод, що територіально відносяться до міста Львова. Було обрано об'єкти, що знаходяться як в безпосередній близькості до джерел техногенного забруднення (промислові підприємства, будівлі та пов'язана з ними інфраструктура), так і природні води, які є відносно віддалені від впливу міської забудови та підприємств. Зокрема, досліджувались проби води, взятої з витоків річки Зубра, розташованої поблизу продуктового ринку, автодороги, автомийних комплексів. Частина стічних вод від цих об'єктів потрапляють безпосередньо до річки, як і стічні атмосферні води, що формуються під час опадів на міських вулицях. Для контролю за станом води проводився відбір та аналіз води у цій річці в двадцяти кілометрах нижче по течії поблизу села Раківець Львівського району. Також здійснювався аналіз проб води на вміст деяких забруднювачів у пробах води з озера Стосика, яке знаходиться на північній околиці Львова. Поблизу цього водного об'єкта розташована автомобільна дорога із поживавленим рухом, якою забезпечується сполучення з сусіднім населеним пунктом. На додачу, проводилось дослідження ґрунтових вод джерела поблизу гори Високий Замок і замиського джерела в с. Раківець.

В цій роботі ми проводили виявлення аніоногенних та нейоногенних поверхнево-активних речовин (АПАР та НПАР відповідно) в річковій та озерній водах. Також визначали хімічне споживання кисню (ХСК), вміст нітратів, загальний солевміст та перевіряли проби води на вміст деяких важких металів. У джерельній воді визначали наявність у воді нітратів та важких металів.

З усіх проаналізованих проб води найменший солевміст, визначений кондуктометрично, показала вода з озера Стосика, де солевміст відібраної води визначався на рівні 2.5 ммоль/л (на листопад 2024 року). Твердою відносно солевмісту виявилась вода із джерела г. Високий Замок та р. Зубра, де вміст солей був найбільший і складав приблизно 6 ммоль/л солей. Води джерела с. Раківець та о. Стосика можна віднести до м'яких (приблизно 3 ммоль/л).

Методом атомно-абсорбційної спектроскопії (ААС) визначили вміст йонів Mg^{2+} . Визначені концентрації йонів магнію корелюють із солевмістом цих вод. Так, найменше магнію виявлено у о. Стосика (12.6 мг/л), джерельні води містили близько 50 мг/л магнію, а найбільше Mg^{2+} виявили в воді р. Зубра (90-100 мг/л). Також методом ААС визначали наявність важких металів та встановили, що Ag, Cd, Fe, Pb, Zn був відсутній в помітних кількостях в досліджених водах.

Такі показники вмісту металів та їх солей є прийнятними і не несуть жодних загроз для людини. В подальшому будуть проведені дослідження для вивчення донних відкладень, адже присутність органічних речовин може заважати визначенню важких металів, а також вони можуть концентруватись в осадженому виді. Слід зазначити, що води р. Зубра та о. Стосика показали дещо підвищені рівні ХСК і особливо перевищеним цей показник є для води, відібраної біля витоків річки.

Концентрацію нітратів визначали методом потенціометрії з використанням йонселективного електроду на аніон NO_3^- . Встановлено, що вода джерела г. Високий Замок (Замкова гора) є непридатною для пиття за показником вмісту нітратів, адже $[\text{NO}_3^-] = 117.6$ мг/л у 2.35 разів перевищує ГДК (NO_3^-), яка рівна 50 мг/л. На противагу, води джерела о. Стосика і джерела с. Раківець виявились безпечними для людини за цим же показником ($[\text{NO}_3^-] = 28.8$ мг/л та 16.1, відповідно). Також невисокий вміст нітратів було виявлено і в пробах води з озера Стосика, а саме 35.6 мг/л, що є меншим ГДК, а у воді р. Зубра виявлено перевищення вмісту нітратів у воді, яку відібрали на початку річки $[\text{NO}_3^-] = 56$ мг/л. Вода цієї річки, але вже за містом, нижче по течії містила 40.5 мг/л г нітратів, що теж є високим показником, однак його величина є нижчою за ГДК.

Для природних водойм проводили аналіз вод на вміст АПАР та НПАР. Фотометричне визначення НПАР проводили способом градуюваного графіка, який будували за оптичною густиною розчинів, отриманих взаємодією Triton X-100 різної концентрації із BaCl_2 в HCl та I_2 в KI з подальшим фотометруванням при 490 нм. В усіх пробах води виявлено вміст НПАР близький до $\text{ГДК}_{\text{НПАР}} = 0.1$ мг/л, проте для проб води з витoku р. Зубра зафіксоване незначне перевищення цього показника. Також у цій воді виявили неістотне збільшення допустимого вмісту АПАР у природних водах. Екстракційно-фотометричне визначення АПАР проводили з використанням метиленового блакитного, для побудови градуюваного графіка (рис.1) продукт взаємодії лаурилсульфату натрію розчинами різної концентрації з метиленовим блакитним в лужному середовищі екстрагували хлороформом. Після промивання в кислому розчині метиленового блакитного екстракт фотометрували при 650 нм відносно екстракту, одержаного без лаурилсульфату.

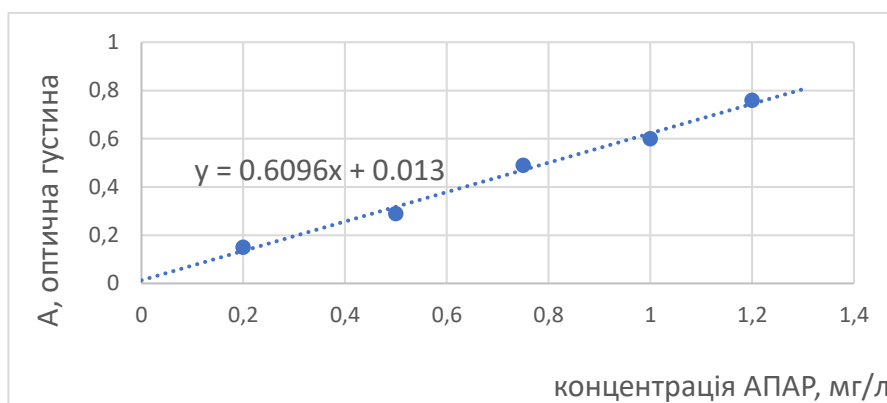


Рисунок 1 – Градуований графік екстракційно-фотометричного визначення АПАР

Результати визначення показали відсутність помітної кількості АПАР в о. Стосика, а в р. Зубра і внизу по течії, і в м. Львів біля витоків містяться аніонногенні ПАР в кількості 0.62 мг/л ($A_x = 0.380$) та 0.70 мг/л ($A_x = 0.430$), відповідно. Попри те, що це перевищення є незначним відносно $\text{ГДК}_{\text{АПАР}}$ воно може бути загрозливим для довкілля та позначатись на життєдіяльності живих організмів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Набиванець Б.Й., Сухан В.В., Калабдіна Л.В., Аналітична хімія природного середовища. Київ: "Либідь".1996. 304 с.
2. Andrew D. Eaton, Leonore S. Glesceri, Arnold E. Greenberg. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater/Washington:"American Public Health Association", 19th Edition, 1995, 1157 p.

ОЦІНКА РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ МІСЦЬ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ

*Ю. Ю. Дідовець, Є. О. Макаров, доктор філософії
Національний університет цивільного захисту України*

Збройні конфлікти завжди призводять до масштабного забруднення територій вибухонебезпечними предметами, що актуально для України з 2014 року і особливо загострився після початку повномасштабного вторгнення росії у 2022 році, має не лише катастрофічні гуманітарні наслідки, але й значний вплив на екологічний стан країни. Застосування важкої артилерії, касетних боєприпасів, ракетних ударів із застосуванням сучасних далекобійних ракет та снарядів із збідненим ураном призводить до руйнування інфраструктури, знищення природних ландшафтів. Найбільших збитків зазнають ґрунти, які стають забрудненими важкими металами, вибуховими речовинами та іншими токсичними сполуками, які через потрапляння токсичних речовин у водні ресурси та сільськогосподарчі продукти становлять загрозу здоров'ю людям через довготривалий їх вплив, що можуть спричиняти генетичні мутації у живих організмах та підвищувати рівень онкологічних захворювань серед населення. Важкі метали, такі як миш'як (As), кадмій (Cd), хром (Cr), свинець (Pb), мають особливу небезпеку, оскільки залишаються в ґрунті на необмежений термін і негативно впливають на якість рослин, здоров'я тварин і людей.

Забруднення важкими металами є однією з найгостріших екологічних проблем сьогодення. Під час вибухів боєприпасів утворюються стабільні сполуки, що не піддаються природній деградації, та важкі метали, що можуть проникати в підземні води й повітря. Дослідження показують, що концентрація свинцю у ґрунті військових полігонів може перевищувати 1000 мг/кг, тоді як допустима норма складає лише 32 мг/кг. Така ситуація створює ризики для здоров'я людей та порушує функціонування екосистем [1–3].

Мета дослідження полягає у створенні математичного апарату та методу, що дозволяє комплексно оцінювати рівень екологічного стану довкілля в умовах війни місць знешкодження та знищення боєприпасів, із визначенням основних завдань: вдосконалення критеріїв оцінки рівня безпеки процесу рекультивації земель та розробка методу оцінки, який враховує комплексний характер впливів.

Основою дослідження є вдосконалена імітаційна модель управління безпекою рекультивації, що дозволяє оцінювати безпеку за трьома основними напрямками:

1. Діючі чинники функціонування місця знешкодження та знищення боєприпасів (оцінювання рівня безпеки за показником ймовірності вибуху).
2. Ризик вибуху (надмірний тиск у повітряній ударній хвилі, що утворюється у випадку вибуху).
3. Якість довкілля (рівень деградації ґрунтів).

Метод оцінки базується на формалізованих критеріях, що враховують не лише нормативні залежності, але й фактори післядії. Це дозволяє забезпечити гнучкість моделі та включати до аналізу всі необхідні показники.

Дослідження показало, що вдосконалений підхід до оцінки дозволяє створити інтегральну оцінку стану забрудненої території та передбачити зміни після реалізації рекультиваційних заходів. Зокрема, часткові критерії оцінки дають можливість визначити ймовірність вибуху та оцінювати надмірний тиск ударної хвилі, що є важливими параметрами для забезпечення безпеки [4–9].

Крім того, показники деградації території розраховуються за допомогою аналізу матеріалів дистанційного зондування, що значно підвищує точність оцінки. Інтегральний критерій оцінки безпеки формується на основі максимального значення часткових критеріїв, що забезпечує врахування всіх важливих аспектів екологічної та техногенної небезпеки.

Запропонований метод дозволяє ефективно оцінювати та управляти екологічною безпекою на територіях знешкодження та знищення боєприпасів. Він забезпечує комплексний підхід, що враховує різні групи чинників ризику, які впливають на екологічний стан територій. Завдяки цьому вдається охопити весь спектр впливів та забезпечити комплексну оцінку безпеки. Однією з основних переваг методу є зниження обсягу необхідних обчислень без втрати точності, що спрощує процес оцінки. Також метод дозволяє оперативно управляти рекультиваційними процесами, використовуючи реальні дані моніторингу та адаптуючи критерії відповідно до змінних умов, що значно підвищує ефективність відновлення забруднених земель [10–11].

Використання вдосконаленого критерію оцінки рівня безпеки дозволяє не лише формувати комплексну оцінку поточного стану територій, але й прогнозувати його зміни, планувати й ефективно впроваджувати заходи з рекультивації забруднених земель вибухонебезпечними предметами. Це сприяє мінімізації ризиків, пов'язаних із забрудненням ґрунтів важкими металами та вибуховими речовинами, що є важливим кроком для забезпечення екологічної безпеки та стійкого відновлення забруднених територій. Завдяки урахуванню усього комплексу діючих факторів ризику вибуху та екологічної небезпеки, одночасно мінімізувавши кількість значущих показників якості довкілля, з'являється можливість зниження обсягів обчислень, необхідних для точного оцінювання набором нормативних критеріїв, а також спрощується процедура оцінювання без втрати точності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ahluwalia S. S., Goyal D. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. *Bioresource Technology*. 2007. 98. 2243–2257.
2. Kim K. H., Ebinghaus R., Schroeder W. H., Blanchard P., Kock H. H., Steffen A., Froude F. A., Kim M. Y., Hong S., Kim, J. H. Atmospheric mercury concentrations from several observatory sites in the northern hemisphere. *Journal of Atmospheric Chemistry*. 2005. 50(1). 1–24.
3. Kumar P., Deep A., Kim K. H., Brown R. J. C. Coordination polymers: opportunities and challenges for monitoring volatile organic compounds. *Progress in Polymer Science*. 2015. 45. 102–118.
4. Nyarko B. J. B., Dampare S. B., Serfor-Armah Y., Osae S., Adotey D., Adomako, D. Biomonitoring in the forest zone of Ghana: the primary results obtained using neutron activation analysis and lichens. *International Journal of Environment and Pollution*. 2008. 32. 467–476.
5. Gong T., Liu J., Liu X., Liu J., Xiang J., Wu Y. A sensitive and selective platform based on CdTe QDs in the presence of Lcysteine for detection of silver, mercury and copper ions in water and various drinks. *Food Chemistry*. 2016. 213. 306–312.
6. Guilarte T. R.. Manganese and Parkinson's disease: a critical review and new findings. *Cien Saude Colet*. 2011. 16. 4549–4566.
7. Kampa M., Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*. 2008. 151. 362–367.
8. Kumar P., Kim K. H., Bansal V., Lazarides T., Kumar N. Progress in the sensing techniques for heavy metal ions using nanomaterials. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2017. 54. 30–34.
9. Andronov V., Didovets Yu., Koloskov V., Koloskova H., Jinadu A. Improved criterion in method of assessment of the safety level of the process of land recultivation of places of ammunition disposal and destruction. *Technogenic and ecological safety*. 2022. 12(2/2022). 43–50. doi: 10.52363/2522-1892.2022.2.6
10. Didovets Yu., Koloskov V., Koloskova H., Jinadu, A.. Model' systemy upravlinnja bezpekoju rekul'tyvacii' zemel' misc' zneshkodzhennja ta znyshhennja bojeprypasiv [Model of safety management system of land recultivation of places of ammunition disposal and destruction]. *Technogenic and ecological safety*. 2021. 10(2/2021). 64–69.

УДК 502.211:582.091(477.5+477.51)

ІНСТРУМЕНТИ i-Tree В ОЦІНЮВАННІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ СТАРОВІКОВИХ ДЕРЕВ

Н. З. Кендзьора¹, к. с.-г. н., Н. Д. Гоцій², к. с.-г. н., Б. М. Янишин²

¹Ботанічний сад загальнодержавного значення НЛТУ України

²Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Старовікові дерева є унікальними об'єктами природної спадщини та надають значні екосистемні послуги, такі як секвестрація вуглецю, покращення якості повітря, зменшення поверхневого стоку води, збереження біорізноманіття та культурно-естетична цінність. Інструменти i-Tree – це сучасні програмні засоби для оцінки екологічної, економічної та соціальної цінності дерев та зелених насаджень у міських і природних середовищах та надають можливість для точного оцінювання багатьох екосистемних послуг, що є особливо важливим для сталого управління природними ресурсами. Таким чином, вони можуть бути використані для аналізу старовікових дерев, які відіграють ключову роль у підтримці екосистемних послуг.

Важливо відзначити, що використання i-Tree для обчислення екосистемних послуг зелених насаджень набуває все більшої популярності у науковій спільноті [2-5].

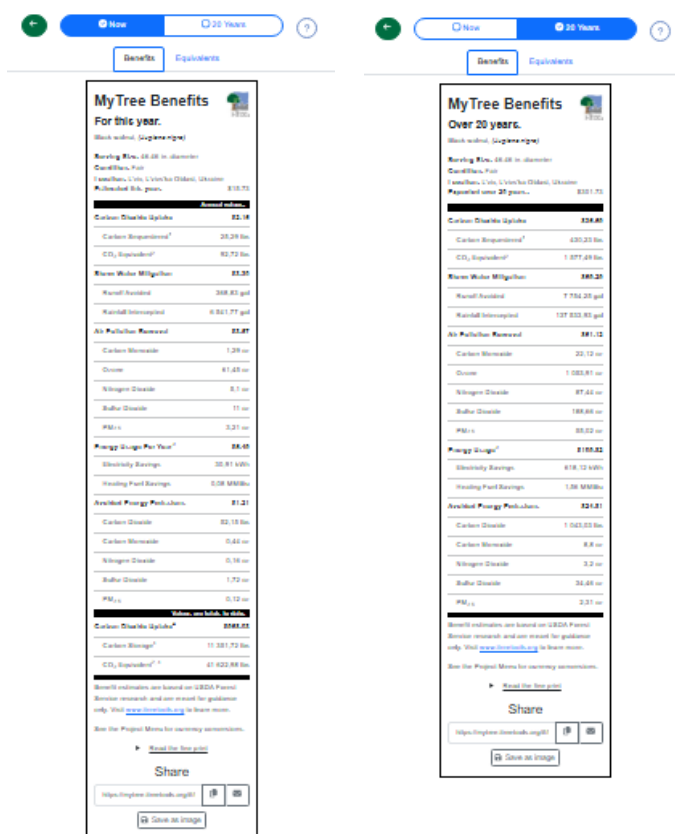


Рисунок 1 – Приклад розрахунку екосистемних послуг дерева горіха чорного на даний час і через 20 років (скрін застосунку MyTree)

MyTree – це інтуїтивно зрозумілий інструмент із набору i-Tree, розроблений для швидкої оцінки екосистемних послуг окремих дерев. Цей веб-застосунок дозволяє отримати базову інформацію про користь дерева для довкілля. Оцінка екосистемних послуг у цьому інструменті відбувається шляхом вводу користувачем базових даних про дерево (вид, діаметр стовбура, місцезнаходження), і MyTree генерує оцінку послуг, які воно надає (рис. 1). Це

Для екологічного аналізу можуть бути застосовані такі інструменти i-Tree як i-Tree Canopy, MyTree, i-Tree Eco, i-Tree Hydro та інші [1].

Переваги використання i-Tree-інструментів для старовікових дерев:

- Комплексність аналізу: i-Tree враховує різні аспекти екосистемних послуг, що робить його ідеальним інструментом для комплексного дослідження.

- Точність даних: програмне забезпечення базується на багаторічних дослідженнях та адаптоване до різних регіонів.

- Простота у використанні: навіть користувачі з мінімальним досвідом можуть скористатися базовими функціями.

- Обмеження: Інструменти i-Tree більш пристосовані до міських умов, тому для старовікових дерев у дикій природі може знадобитися адаптація підходу.

В наших дослідженнях перевагу було надано таким інструментам як MyTree та i-Tree Eco.

включає наступні показники: зв'язування атмосферного вуглецю (тонни CO₂, збережені деревом), покращення якості повітря шляхом поглинання забруднювачів (видалення, таких як чадний газ, озон, діоксид азоту, діоксид сірки, PM_{2.5}), зниження поверхневого стоку води (обсяг зменшеної дощової води), зменшення енергетичних витрат завдяки тіні від дерева (економія енергії через зниження потреб у кондиціонуванні чи обігріві). MyTree підтримує базу понад 9 000 видів дерев (за винятком чагарників), що дозволяє врахувати їхні особливості під час оцінки. У країнах, де адаптовано i-Tree Eco, MyTree використовує локальні дані для точнішої оцінки. В інших місцях він базується на середньостатистичних даних для США.

Інструмент працює в браузері й не потребує завантаження програмного забезпечення (на відміну від i-Tree Eco). Всі введені дані зберігаються у вашому браузері, і є доступними для подальшого опрацювання. Важливим є те, що інструмент оцінює вартість екосистемних послуг дерев у грошовому еквіваленті, що сприяє кращому розумінню їхньої цінності для громади.

MyTree ідеально підходить для еко-активістів, студентів та організацій, які хочуть швидко оцінити екологічний внесок дерев. Його також можна використовувати як стартовий інструмент перед переходом до більш просунутих інструментів, таких як i-Tree Eco.

Інструмент для оцінки екосистемних послуг дерев i-Tree Eco є одним із ключових інструментів у наборі i-Tree, розробленим для аналізу структури насаджень та оцінки екосистемних послуг дерев у міських і природних ландшафтах. Він використовує польові дані, місцеву інформацію про забруднення повітря та метеорологічні дані для оцінки впливу дерев на довкілля та суспільство.

Використання i-Tree Eco дозволяє моделювати, як дерево буде функціонувати у майбутньому, враховуючи його вік і стан.

Аналіз екосистемних послуг застосунком i-Tree Eco розраховує наступні показники:

- Збереження та секвестрацію вуглецю.
- Видалення забруднювачів повітря (озон, дрібнодисперсні частки, оксиди азоту).
- Енергетичний ефект дерев (зменшення витрат на обігрів та охолодження будівель).
- Зниження поверхневого стоку води.
- Гідрологічний вплив (утримання вологи та запобігання ерозії).
- Моделювання майбутніх вигод.

Інструмент дозволяє прогнозувати майбутній ріст дерев, їхній вплив на кліматичні зміни, а також враховувати ризики від шкідників, хвороб і погодних явищ. Він підходить як для одиничних дерев, так і для великих територій (парки, міські ліси).

Для збору даних також можна використовувати мобільні додатки, паперові форми або імпортувати вже існуючі дані. Мінімальні дані, отримані в польових умовах це вид дерева та діаметр стовбура (ДВН), додаткові параметри, такі як висота і ширина крони, відсоток відсутньої крони, доступ не крони світла (в балах) покращують точність розрахунків. Місцеві метеорологічні дані, необхідні для розрахунків i-Tree Eco обробляє автоматично.

Таким чином, інструменти i-Tree є потужними засобами для оцінювання екосистемних послуг старовікових дерев, забезпечуючи детальну інформацію про їхній вплив на довкілля та громади. Використання цих технологій сприяє збереженню цінних екосистем і сталому управлінню природними ресурсами.

ЛІТЕРАТУРА

1. i-Tree. URL: <https://www.itreetools.org/>
2. Mosyafiani A. et al. Monitoring and analyzing tree diversity using i-Tree eco to strengthen urban forest management. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2022. 23.8.
3. Nowak D. J.; Maco S.; Binkley M. i-Tree: Global tools to assess tree benefits and risks to improve forest management. *Arboricultural Consultant*. 2018. 51.4: 10-13.
4. Wu J. et al. Using the modified i-Tree Eco model to quantify air pollution removal by urban vegetation. *Science of the total environment*. 2019. 688. 673-683.

5. Xiong J. et al. Assessment of ecological benefit of street trees in urban community based on i-Tree model. *Journal Of Nanjing Forestry University*. 2019. 62.02: 128.

УДК 581.5:502

ДЕРЕВА В ОЗЕЛЕНЕННІ МІСТА В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

Н. З. Кендзьора, к. с.-г. н.

Ботанічний сад загальнодержавного значення НЛТУ України

Озеленення міст України в умовах війни в набуває нових викликів та значення. Руйнування інфраструктури, пошкодження зелених зон і забруднення довкілля внаслідок бойових дій ставлять під загрозу повноцінне функціонування екосистеми міст. Деревина можуть виконувати не лише екологічну, але й психологічну роль: у відновленні постраждалих громад вони сприяють створенню затишних просторів для реабілітації, зменшення стресу та повернення до нормального життя.

Водночас, відновлення дерев та зелених зон після війни стає не лише екологічним, але й кліматичним завданням. Висадка дерев може сприяти зменшенню наслідків локальних змін клімату, таких як підвищення температури та деградація ґрунтів. Цей процес має бути інтегрований у загальну стратегію післявоєнного відновлення України, враховуючи як адаптацію до змін клімату, так і відновлення екосистем, пошкоджених війною.

Отже, озеленення міст відіграє критично важливу роль у контексті боротьби з кліматичними змінами та адаптації до них. Деревина – це ключовий елемент міського озеленення, який забезпечує значні екологічні, соціальні та економічні вигоди. Вони створюють природну тінь і охолоджують повітря через процес транспірації (випаровування вологи через листя). Це допомагає знижувати ефект теплових островів у містах, які стають актуальнішими через зміни клімату. Листя дерев поглинає вуглекислий газ (CO₂), виділяє кисень, а також фільтрує дрібнодисперсні частинки пилу та інші забруднювачі. Це сприяє покращенню здоров'я мешканців міст. Коренева система дерев сприяє поглинанню дощової води, зменшуючи ризики затоплень під час сильних опадів. Це особливо важливо в умовах частіших екстремальних погодних явищ. Також дерева є домом для багатьох видів птахів, комах і дрібних ссавців, що сприяє збереженню екосистем навіть у щільно забудованих районах. Озеленені міські зони знижують рівень стресу, підвищують рівень фізичної активності, а також створюють місця для спілкування та відпочинку.

Через зміну клімату важливо ретельно підходити до вибору видів дерев для міського озеленення: враховувати стійкість до посухи та спеки, відбирати місцеві та адаптовані до змінених кліматичних умов види, дерева мають витримувати високий рівень вмісту забруднюючих речовин у повітрі, бути швидкорослими і бажано довговічними.

Тема ролі дерев у міському озелененні стає дедалі актуальнішою у зв'язку з кліматичними змінами, які спричиняють зростання середньорічних температур, частіші екстремальні погодні явища та деградацію міського середовища. У наукових дослідженнях висвітлюється екологічна, економічна та соціальна значущість дерев у містах, їхня здатність пом'якшувати наслідки змін клімату, а також адаптаційний потенціал.

Дослідження дерев у містах показують, що вони виконують низку важливих екологічних функцій:

- регулювання температури – дерева знижують температуру повітря через створення тіні та транспірацію, що особливо важливо для зменшення ефекту теплових островів у містах [6];

- фільтрація повітря – листя дерев здатне поглинати тверді частки, оксиди азоту та інші забруднювачі, покращуючи якість повітря [7];
- водний баланс – дерева зменшують ризики затоплення, поглинаючи надлишкову дощову воду [10];
- збереження вуглецю – міські дерева зберігають значну кількість вуглецю у своїй біомасі, сприяючи зменшенню парникових газів [5];
- адаптація до спеки – в умовах зростання температур кількість зелених зон повинна збільшуватися для забезпечення комфортного мікроклімату [2].

Дерева сприяють збереженню міського біорізноманіття, виступаючи притулком для численних видів птахів, комах і дрібних ссавців [3]. Окрім екологічної користі, вони також мають значний вплив на благополуччя людей: контакт із природою, включаючи міські дерева, знижує рівень стресу і покращує настрій [9]. Вибір дерев має враховувати місцеві кліматичні умови, стійкість до забруднення та адаптацію до стресових факторів [4].

Ефективне використання дерев у містах передбачає:

- створення зелених коридорів для покращення циркуляції повітря і прохолоди.
- відновлення втрачених дерев на місці зрубаних.
- використання вертикального озеленення у місцях з обмеженим простором.
- підвищення обізнаності громадськості щодо важливості дерев і їхнього захисту.

Серед викликів, що обмежують використання дерев у містах, дослідники виділяють недостатнє фінансування [1], міське озеленення часто не є пріоритетом у бюджетах муніципалітетів. Також варто відмітити вплив екстремальних погодних явищ – посухи, урагани та шкідники знищують дерева, скорочуючи їхню кількість у міському середовищі [8].

Таким чином, дерева є важливим інструментом адаптації міст до кліматичних змін, сприяючи екологічній стійкості та підвищенню якості життя мешканців. Для успішного використання цього потенціалу необхідні міждисциплінарний підхід, довгострокове планування та залучення місцевих громад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Dobbs C., Escobedo F. J., Zipperer W. C. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*. 2014. 125. 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.020>
2. Gill S. E., Handley J. F., Ennos A. R., Pauleit S. Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*. 2007. 33 (1). 115-133. <https://doi.org/10.2148/benv.33.1.115>
3. Hunter M. C. R. Impact of ecological urban design on biodiversity and ecology. *Landscape and Urban Planning*. 2011. 100 (4). 407-422. (<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.11.004>)
4. Jenerette G. D., Harlan S. L., Buyantuev A., Stefanov W. L., Declet-Barreto J., Ruddell B. L. Urban biodiversity and climate adaptations: A focus on ecosystem services. *Urban Ecosystems*. 2016. 19 (2). 309-328. <https://doi.org/10.1007/s11252-015-0491-3>
5. McPherson E. G., Simpson J. R., Peper P. J. Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. *Environmental Pollution*, 2016. 116 (1). 373-380. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.07.005>
6. Nowak D. J., Crane D. E., Stevens J. C. Quantifying the role of urban forests in removing atmospheric carbon dioxide. *Environmental Pollution*, 2010. 116 (1). 381-389. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.04.008>
7. Pugh T. A., MacKenzie A. R., Whyatt J. D., Hewitt C. N. Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environmental Science & Technology*. 2012. 46 (14). 7692-7699. <https://doi.org/10.1021/es300826w>
8. Roloff A. Trees for future climates: Urban forest resilience in a changing world. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016. 15. 94-101. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.11.003>

9. Ulrich R. S., Simons R. F., Losito B. D., Fiorito E., Miles M. A., Zelson M. Stress recovery during exposure to natural and urban environments. *Journal of Environmental Psychology*. 1991. 11 (3). 201-230. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7)

10. Urban M. A., Roberts J. M. The hydrological impact of urban trees: A review. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2008. 7 (3). 183-195. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2008.04.003>

УДК 504

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

*Б. В. Кирилів, Л. М. Архипова, д.т.н., професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Війна завжди впливає не тільки на людей, а й на природні ресурси та екосистеми. Війна проти України призвела до серйозних наслідків для навколишнього середовища: забруднено воду, ґрунти й повітря, а рослинний і тваринний світ потерпають від прямої та непрямой дії збройного конфлікту, радіаційна небезпека через атаки на атомні станції. У таких умовах вимагається гостра потреба у впровадженні технологій, здатних мінімізувати вплив війни на природу та забезпечити екологічну безпеку.

Кожен збройний конфлікт насамперед залишає по собі значні й тривалі наслідки, що виходять далеко за межі людських та матеріальних втрат. Військові дії завдають серйозної шкоди довкіллю, спричиняючи забруднення повітря, води та ґрунтів, радіаційні ризики й руйнування природних екосистем. Ці загрози, що безпосередньо впливають на здоров'я і безпеку населення, потребують глибокого дослідження й своєчасного реагування, аби запобігти подальшим екологічним катастрофам.

Враховуючи важливість існуючих наукових досліджень з проблематики техногенної безпеки та екологічних наслідків військових дій в Україні, О. Василюка, О.О. Найдюнова, І. Сухого, Є. Симонової, О. Овчинникової, А. Давидової, Дага Вейра та ін., необхідно визнати, що на сьогоднішній день недостатньо уваги приділяється оцінці проблем екологічних наслідків військових дій в Україні.

Мета. Дослідити сучасний стан техногенної безпеки та екологічні наслідки військових дій в Україні, визначити основні загрози. Через аналіз доступних даних і наукових джерел зробити суттєвий внесок у дослідження екологічної ситуації в Україні.

Виклад основного матеріалу. Війна, що триває в Україні, завдає значних страждань не тільки людям, а й незворотної шкоди довкіллю, яке стає мовчазною жертвою збройного конфлікту. Знищення промислових об'єктів, забруднення ґрунтів мінами та вибухами, затоплення шахт – лише частина того, як агресія впливає на природу.

Особливу загрозу принесло руйнування дамби Каховської ГЕС, які сталися у червні 2023 року. Величезна маса води, середній об'єм якого дорівнює 18 200 мільйонів м³, почала стрімко спускатись вниз за течією, затоплюючи всі населені пункти на своєму шляху. До 280 тон мастил, які були в агрегатах та трансформаторах ГЕС, створили плівку на поверхні води та осідають на дно затопленої місцевості. Це призвело до затоплення значних територій, загибелі людей, а також до масштабних екологічних катастроф. Вода, що затопила сільськогосподарські угіддя, завдала шкоди родючості ґрунтів, а викиди мастил викликали проблеми з забрудненням водних ресурсів.

Крім того, війна негативно вплинула на ядерну безпеку України. Загроза радіаційної катастрофи зростає з атакою на Запорізьку АЕС, де російські війська використовують об'єкт

для розташування техніки. Дії на інших АЕС, зокрема поблизу Хмельницької та Чорнобильської АЕС, створили ризики поширення радіоактивного забруднення, що може вплинути на великі території Європи. У разі будь-яких аварій на цих об'єктах наслідки можуть бути катастрофічними.

Заповідні природні території, що зазнали прямих пошкоджень, також зазнали втрат. Понад 12 000 км² території зазнали пожеж, що сталися на відстані до 30 км від лінії фронту, зачіпаючи ліси, болота та орні землі, що призводить до втрати біорізноманіття, загибелі рідкісних видів флори і фауни. Деякі з лісів є частиною природоохоронних територій, що ще більше ускладнює ситуацію.

Негативного впливу зазнають земельні ресурси: площа забруднених ґрунтів становить понад 859 тис. квадратних метрів, а засмічених земель – 19 млн квадратних метрів. Через мінування відбувається пошкодження ґрунтів та втрата родючості. Станом на липень 2024 року понад 144 тис. квадратних кілометрів України вважаються потенційно замінованими. Це ускладнює відновлення регіонів і створює небезпеку для мешканців. Відновлення екосистем вражених територій займе десятиліття, а деякі види можуть зникнути назавжди.

Станом на осінь 2024 року, протягом повномасштабної війни Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України було зафіксовано 5531 фактів негативного впливу на навколишнє середовище. Збитки, завдані довкіллю, оцінюються у 2,562 трлн грн.

Таким чином, війна в Україні створює численні екологічні виклики, які матимуть тривалі наслідки не лише для українського народу, але й для довкілля та екосистеми в цілому. Після закінчення бойових дій країні буде потрібно акцентувати свої сили не лише на відновлення інфраструктури, а й на екологічну реабілітацію територій, щоб зменшити негативний вплив війни на довкілля та здоров'я громадян.

Одним із першочергових кроків має стати інтеграція екологічних стандартів у всі відновлювальні процеси. Під час реконструкції інфраструктури слід дотримуватися сучасних екологічних норм, впроваджувати енергоефективні та екологічно чисті технології. Крім того, особливу увагу необхідно приділити відновленню природних ландшафтів, які зазнали значних руйнувань через військові дії. Рекультивация (реабілітація) земель, заліснення, очищення річок і озер – це ті напрями, які потребують першочергового втручання.

Війна в Україні призводить до серйозної екологічної кризи, наслідки якої складно оцінити через їхню комплексність і невизначеність. Проте важливо, щоб міжнародна спільнота звернула увагу на цю проблему, адже воєнні дії не лише загрожують Україні, а й створюють глобальні екологічні ризики.

Відновлення природних систем потребуватиме десятиліть. Дослідження свідчать, що деякі екосистеми можуть бути втрачені безповоротно. Вибухи, пожежі та переміщення важкої техніки завдають шкоди біорізноманіттю, забруднюючи воду, повітря та ґрунти небезпечними речовинами, які можуть залишатися в навколишньому середовищі протягом тривалого часу.

У процесах відновлення України перед нами стоїть велике завдання – не тільки відновити зруйновану інфраструктуру та екосистеми, але й забезпечити стійкий і екологічний розвиток. Ці проблеми вимагають термінового реагування з боку міжнародної спільноти, оскільки дії, які призводять до екологічних катастроф, мають бути визнані воєнними злочинами. Збереження природи та розробка ефективних заходів щодо її захисту є критично важливими для мінімізації довгострокових наслідків війни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (2023). Розрахунки екологічних збитків від воєнних дій в Україні.
2. WWF Україна. (2024). Екологічні слідки війни в Україні.
3. Пархоменко, І. (2024). Вплив війни на екологію та здоров'я населення. *Екологічний вісник України*.
4. Коперник. (2024). Огляд екологічного моніторингу в Україні.

5. Мамчур, О. (2024). Фіторемедіація в Україні: досвід та перспективи. *Журнал екологічних досліджень*.
6. Луценко, В. (2024). Біоремедіація як інструмент екологічного відновлення. *Екологія та захист природи*.
7. Організація з безпеки та співробітництва в Європі (ОБСЄ) (2023). Управління військовими відходами в умовах конфлікту.

УДК 614.8

ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ГАСІННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙНИ

Я. Б. Кирилів¹, к.т.н., с.н.с., І. І. Калужняк¹, А.О. Литовченко²

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

Воєнні дії в Україні, які розпочалися у 2014 році та повномасштабне вторгнення у 2022 році, призвели до численних лісових пожеж, що завдають значної шкоди навколишньому середовищу та екосистемам. Згідно з різними експертними оцінками, від 20 до 30% території України вже зачеплено війною - це мінування, лісові пожежі внаслідок загорянь після обстрілів, різного роду забруднення тощо [6].

За даними завідувача сектору екології лісу УкрНДІЛГА Сергія Сидоренка, у 2022 році фактично 70% від площі всіх пожеж зареєстровано у 25-кілометровій буферній зоні, у 2023 році - 45%. Кількість і площа ландшафтних пожеж збільшуються відносно відстані до лінії фронту. Так, у 2023 році щільність пожеж у 5-кілометровій буферній зоні була в 49 разів вищою порівняно із значенням щільності пожеж на решті території України, у 10-кілометровій зоні - у 10,5 разів, а у 20-кілометровій зоні - майже вдвічі. Також у 2023 році у порівнянні з 2022 роком збільшилася щільність пожеж і горимість ландшафтів, що свідчить про підвищення інтенсивності бойових дій (у 2-5 разів залежно від відстані до лінії фронту) [5].

Все ширше використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) у повсякденному житті дозволяє суттєво змінити підхід до багатьох звичних речей, наприклад до реагування на виникнення пожежі та надзвичайні ситуації [2]. Зростання потреби в БпЛА в різних країнах цілком закономірне. Практичний досвід застосування БпЛА провідними країнами виявив широкий набір цивільних завдань, при вирішенні яких безпілотники показують високу ефективність. Як свідчить аналіз публічно доступних документів організації Європейського Союзу, розподіл споживчого попиту за період з 2015 до 2020 років для цивільних БпЛА виглядає наступним чином: 45% - урядового контролю у сфері внутрішніх справ та екологічного моніторингу, 25% - для пожежогасіння, 13% - сільського та лісового господарства, 10% - енергетики, 6% - огляду земної поверхні, 1% - зв'язку та мовлення [4].

Використання безпілотних літальних апаратів для моніторингу та гасіння пожеж в умовах війни стало важливим інструментом. БпЛА здатні проводити аерофотозйомку, здійснювати інфрачервоне сканування територій та виявляти місця загорання навіть у важкодоступних районах. Це дозволяє оперативно реагувати на загрози, спрямовувати ресурси на ті ділянки, де ризик поширення вогню є найвищим, та ефективно координувати дії пожежних підрозділів. БпЛА надають можливість контролювати ситуацію з безпечної відстані, що є особливо актуальним в умовах бойових дій. Вони можуть передавати зображення та інші дані в реальному часі, дозволяючи оцінювати масштаби пожежі, визначати шляхи її поширення та потенційно вразливі об'єкти поблизу. Завдяки такій технології можна приймати більш обґрунтовані рішення та знижувати ризики для рятувальників і військових.

Переваги використання БПЛА для гасіння пожеж включають оперативність (швидке отримання інформації про масштаби пожежі), зменшення ризиків для людей, високу точність і економічність. Додатково, гнучкість у застосуванні безпілотників дозволяє використовувати їх не тільки для моніторингу та координації, але й для гасіння пожежі шляхом розпилення вогнегасних речовин на невеликих територіях, що є особливо ефективним у випадку локальних загорянь.

Події останніх років показали, наскільки далека від ідеалу організація пожежної безпеки в Україні, та наскільки вона потребує модернізації в умовах повсякденних життєвих реалій. Існуючі в даний час технології висотного пожежогасіння в будівлях в основному базуються на застосуванні спеціальних пожежних автомобілів: автомобільних драбин і підйомників. У такого підходу є кілька суттєвих недоліків і обмежень:

1. Підйомна автотехніка вітчизняних виробників має обмеження по висоті – висувається до 70 метрів. А у зв'язку із дефіцитом оснащення, не кожна пожежна частина в українських містах має таке обладнання;

2. Завантаженість доріг в мегаполісах, що призводить до зниження середньої швидкості руху в години пік до 30 кілометрів на годину;

3. Збільшення кількості автомобілів в містах, що веде до запаркованості прибудинкових територій і значного збільшення часу на бойове розгортання пожежних розрахунків;

4. Використання пожежних автомобільних драбин і підйомників в першу чергу для порятунку людей, а не для гасіння пожеж [2].

Вплив лісових пожеж на біорізноманіття та природні ресурси є важливим питанням, оскільки ліси відіграють ключову роль у збереженні біологічного різноманіття та забезпеченні екосистемних послуг [3]. Пожежі спричиняють втрату біорізноманіття, оскільки ліси є домівкою для мільярдів видів флори, фауни та мікробіоти. Пожежі також призводять до деградації та фрагментації природних оселищ багатьох видів, порушення функціонування екосистем, забруднення гідроекосистем і надходження у річки та озера пірогенних решток і поллютантів, що негативно впливає на якість водних ресурсів [1]. Лісові пожежі також викликають емісію парникових газів, таких як CO₂, що впливає на глобальні кліматичні зміни, та підвищений ризик ерозії й гідрологічних катастроф. Відсутність лісового покриву після пожеж інтенсифікує ерозійні процеси та збільшує ризик повеней, що негативно впливає на агроекосистеми та водозабезпечення, а також ставить під загрозу водну безпеку, оскільки ліси відіграють важливу роль у регуляції гідрологічного циклу [7].

Отже, БПЛА стали невід'ємним інструментом для виявлення та гасіння лісових пожеж в умовах війни. Їх використання дозволяє ефективно моніторити зони бойових дій, швидко реагувати на виникнення пожеж, координувати дії пожежних підрозділів та мінімізувати ризики для рятувальників. В подальшому завдяки розвитку технологій штучного інтелекту та автономного управління, БПЛА зможуть не лише виявляти осередки пожеж, але й автоматично проводити операції з гасіння, наприклад, шляхом скидання води або спеціальних вогнегасних сумішей. Це дозволить оперативно реагувати на пожежі в умовах, де люди або традиційні засоби не можуть працювати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вплив російської війни в Україні на клімат. Проміжна оцінка викидів парникових газів. 1 листопада 2022: веб-сайт. URL: <https://ecoaction.org.ua/wpcontent/uploads/2023/02/vplyv-ros-viyny-na-klimat-promizh-otsinka-parnhaziv.pdf>.

2. Дрогомерецька Г.В., Нальотова Н.І. Перспективи використання безпілотних апаратів для пожежогасіння. Матеріали міжнародної-практичної конференції (20 листопада 2020 року, м. Харків). С. 183-185.

3. Кузик А.Д., Товарянський В.І. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. Вісник ЛДУ БЖД, № 27, 2023. С. 16-22.

4. Нікулін О.Ф., Чумаченко С.М., Кропивницький В.С. Шляхи підвищення ефективності застосування пожежно-рятувального катеру UMS-1000 за рахунок легкого безпілотного авіаційного комплексу. Науковий вісник УкрНДІПБ, 2013. №2 (28). С. 214-222.

5. Пожежі під час війни в Україні: веб-сайт. URL: <https://uriffm.org.ua/uk/news/521> (дата звернення 20 травня 2024 р.).

6. Як бойові дії впливають на екосистеми, та чи зможе природа відновитися самостійно - спецпроект WWF-Україна та ШоТам: веб-сайт: URL: <https://wwf.ua/?7828466/war-and-nature-wwf-shotam> (дата звернення 20 травня 2024 р.).

7. Romanchuk L.D., Ustylenko V.I. Effect of forest fires on forest plant complexes contaminated by radionuclides. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2022. 23(3), pp. 195-206.

УДК 502.51:502.172

РОЛЬ ЛІВИХ ПРИТОК ДНІПРА У РЕАЛІЗАЦІЇ БАСЕЙНОВОГО ПРИНЦИПУ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ

С. А. Коваленко¹, Р. В. Пономаренко², д.т.н., професор,

О. В. Третьяков³, д.т.н., професор

¹Національний університет цивільного захисту України

²Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

³Національний авіаційний університет

Дослідження екологічного стану поверхневих водних об'єктів басейну Дніпра та власне річки Дніпро виявили тенденцію до погіршення екологічного стану внаслідок техногенного навантаження [1, 2]. Методика дослідження екологічного стану поверхневого водного об'єкту потребує удосконалення, оскільки дослідження якості води поверхневих водних об'єктів у межах області не дає змоги визначити її цілісний екологічний стан, а існуючі підходи не враховують вплив географічно вищерозташованих приток на розташовані нижче за течією основної річки. Аналіз сучасних методик оцінки якості води показав, що перевагою є те, що вони мають спрощені розрахунки, зведені до простого виразу, що призводить до полегшеної інтерпретації даних моніторингу якості води та відповідного прогнозування змін якості води у часі, проте виявлено, що суттєвим недоліком є неврахування впливу притоків за течією основної річки, що, у свою чергу, призводить до неповноцінної оцінки стану суббасейну [2]. Тому у дослідженні було запропоновано математичну модель прогнозування змін екологічного стану поверхневих водних об'єктів у межах суббасейну, яка дозволяє прогнозувати вплив вищерозташованих приток на розташовані нижче за течією основної річки у межах суббасейну.

Функціональну залежність по концентраціям різноманітних домішок можна виразити за допомогою формули (1)

$$\psi = f(C_i; C_j), \quad (1)$$

Оскільки більшість природніх процесів, таких як інфільтрація, розбавлення вод, самоочищення річки та інші, які можна описати експоненціальним законом, тому процес впливу вищерозташованих приток на розташовані нижче доцільно розглядати на основі саме такої моделі.

Функціональна залежність матиме вигляд (2):

$$y = a \cdot e^{bx}, \quad (2)$$

де a – коефіцієнт, який характеризує вплив геологічної складової, ступінь недоочищеності скидів у місцях протікання приток; b – коефіцієнт, який характеризує

пропускну здатність (проникливість) ґрунтів, яка залежить від складу, структурності, вмісту органічної речовини тощо. Проникливість ґрунту забезпечує пересування води в ґрунті, водопроникність і водопід'ємну; x – фактичне значення концентрації забруднюючої речовини у вищерозташованій притоці, мг/дм³.

Відтворюваність дослідів було перевірено за критерієм Стьюдента

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \leq t_{(0,05; f_x)} \quad (3)$$

де s^2 – дисперсія середніх значень; $\bar{x} - \bar{y}$ – різниця середніх значень вибірки; $t_{(0,05; f_x)}$ – табличне значення критерію Стьюдента при 5%-му рівні значимості; $f_x = n - 1$ – число ступенів свободи.

Процес вважається відтворюваним за умови виконання нерівності (3), тоді як будь-яке значення Стьюдента, яке отримано розрахунковим шляхом за даними експериментів, менше його табличного значення. Результати розрахунків для досліджуваних показників представлені в таблицях 1 та 2.

Таблиця 1 – Результати розрахунків критеріїв Колмогорова-Смірнова, Шермана та Стьюдента для хлоридів

Притоки та пости спостереження	Коефіцієнти a та b	Значення критерію Стьюдента (при $\alpha=0,95, t = 1,95996$)
Десна (пост 3) – Сула (пост 1)	$a = 10,148; b = 0,091$	1,522
Сула (пост 3) – Псел (пост 6)	$a = 11,547; b = 0,0175$	1,172
Псел (пост 6) – Ворскла (пост 4)	$a = 53,243; b = 0,0081$	1,651

Таблиця 2 – Результати розрахунків критеріїв Колмогорова-Смірнова, Шермана та Стьюдента для сульфатів

Притоки та пости спостереження	Коефіцієнти a та b	Значення критерію Стьюдента (при $\alpha=0,95, t = 1,95996$)
Десна (пост 3) – Сула (пост 1)	$a = 0,2696; b = 0,1775$	1,827
Сула (пост 3) – Псел (пост 6)	$a = 6,6643; b = 0,0534$	1,652
Псел (пост 6) – Ворскла (пост 4)	$a = 8,4655; b = 0,071$	1,871

У попередніх дослідженнях здійснено пошук кореляційних залежностей між вмістом хлоридів, сульфатів вищерозташованих приток на притоки, що розташовані нижче за течією основної річки [4]. для підтвердження гіпотези щодо впливу географічно вищерозташованих приток на розташовані нижче за рахунок внутрішньої течії. Наведені результати критерію Стьюдента дозволяють стверджувати, що процес впливу можна описати експоненціальним законом, так як розраховані значення критеріїв менші табличного. Ймовірність того, що процес впливу розташованих вище притоків на нижчерозташовані за постами спостережень можна описати експоненціальним законом складає більше 95%.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічна оцінка якості поверхневих вод верхів'я басейну Прип'яті в Україні за різними методиками / В.К. Хільчевський та ін. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2021. Вип. 31(1). С. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.15421/112207>

2. Визначення екологічного стану головного джерела водопостачання України / Р.В. Пономаренко та ін. *Техногенно-екологічна безпека*. 2020. № 6(2/2019). С. 69–77. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3559035>

3. Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третьяков О.В., Іванов Є.В. Аналіз відомих методик визначення індексу якості води, що придатні для прогнозування екологічного стану поверхневих водних об'єктів. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків. 2023. 13(1/2023). С. 68–74. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.1.9

4. Коваленко С.А. Вплив обміну ґрунтовими водами між притоками на екологічну якість вод поверхневих водних об'єктів. *Техногенно-екологічна безпека*. Харків. 2023. 14(2/2023). С. 98–103. DOI: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2023.2.10>

УДК 502/504

ЛАНДШАФТНІ ПОЖЕЖІ В УМОВАХ ВІЙНИ: ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

*В. В. Коваль¹, М. С. Мальований², д.т.н., професор,
В. В. Попович¹, д.т.н., професор*

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Національний університет “Львівська політехніка”

Ліквідація пожеж у природних екосистемах, зокрема на полях зернових культур, є актуальною проблемою в сучасних умовах війни. Внаслідок масованих обстрілів відбувалося загоряння сільськогосподарських угідь, полів, на яких вирощують зернові культури, яке супроводжувалося значними пожежами. Горіння на полях зернових культур негативно впливає на продовольче забезпечення держави, оскільки знищуються значні обсяги збіжжя. Протипожежний захист об'єктів агропромислового комплексу, в тому числі сільськогосподарських угідь – важливе завдання, що передбачає проведення організаційних, технічних та інших заходів із запобігання пожежам, убезпечення людей, збереження довкілля тощо [1]. Горіння полів із зерновими культурами призводять до масштабних пожеж, на гасіння яких залучається велика кількість сил і засобів підрозділів ДСНС України (рис. 1).



Рисунок 1 – Приклад вигорання поля із зерновими культурами [2]

У Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності проводяться численні дослідження пожеж в природних екосистемах. Зокрема, за результатами моделювання встановлено: за висоти рослинного матеріалу 0,8 м найбільша швидкість поширення пожежі для пшениці звичайній і становить 27,13 м/хв; з усіх досліджуваних ділянок рослин висотою 0,4 м найбільша швидкість поширення пожежі властива для жита посівного (28,67 м/хв), що перевищує відповідні значення для трави та пшениці в 1,04 та 1,14 разів відповідно [3-5].

Дані з відкритих джерел вказують, що у липні 2022 року майже вся прифронтна зона на півдні України горіла, передусім, поля із зерном. Загалом близько 70 000 га зернових (пшениці та ячменю) було знищено за місяць. Липень 2022 року став першим місяцем настільки масштабних пожеж. На відміну від попередніх місяців війни, саме в липні вже визрілий врожай займався неймовірно швидко від потрапляння уламків ракет або обстрілів артилерії. Враховуючи, що середній урожай пшениці у 2021 році становив 45,3 ц/га, а пожежі виникли саме в період збору урожаю зернових культур, то можливі збитки для агровиробників становлять приблизно 317 000 т зерна. Востаннє настільки масштабно в Луганській області горіли ліси в 2020 році. Через вирубку лісів та пожежі у тій частині Смарагдової долини, що знаходиться на непідконтрольній Україні території, ліс майже повністю знищений, тоді як на підконтрольній території він був збережений [6].

Таким чином, актуальність дослідження процесів розвитку та припинення пожеж на полях зернових культур є актуальним питанням теперішніх днів для працівників ДСНС України та установ і організацій, які залучаються до їх ліквідації [7-9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Правил пожежної безпеки в агропромисловому комплексі України: № 730/770 // *Офіційний вісник України*, 2007. 168.
2. Одеський район: знищено близько 10 Га поля з пшеницею. *Головне управління ДСНС України в Одеській області*. URL: <https://od.dsns.gov.ua/pres-centr/news/nadzvicaini-podiyi/odeskii-raion-znishheno-blizko-10-ga-polia-z-pseniceiu>.
3. Кузик А. Д., Товарянський В. І. Дослідження пожеж зернових культур з використанням комп'ютерного моделювання. *Пожежна безпека*. 2022. Т. 41. С. 67–72. URL: <https://doi.org/10.32447/20786662.41.2022.08>.
4. Товарянський В. І., Кузик А. Д. Дослідження пожежі молодих соснових насаджень. *Пожежна безпека*. 2016. Т. 28. С. 113–120. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/234/224>.
5. Kuzyk A., Tovaryanskyi V., Drach K. MODELING OF PROCESSES OF OCCURRENCE AND SPREAD OF FIRES IN GRASS ECOSYSTEMS. *Fire Safety*. 2020. Т. 36. С. 44–48. URL: <https://doi.org/10.32447/20786662.36.2020.04>.
6. Через російські обстріли лише за липень згоріло 70 000 га зернових. Що це означає для України. *Журнал Forbes Ukraine*. URL: <https://forbes.ua/inside/cherez-rosiyski-obstrili-lishe-za-lipen-zgorilo-70-000-ga-zernovikh-shcho-tse-oznachae-dlya-ukraini-17082022-7744>.
7. Popovych V., Gapalo A. Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edaphic Horizons. *Journal of Ecological Engineering*. 2021. Vol. 22, no. 5. P. 96–103. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/135872> (date of access: 13.11.2024).
8. Попович В. в., Кучерявий В. П. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека*. 2012. Т. 20. С. 60–66. URL: <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/689>.
9. Попович В. В. Вплив кліматичних умов на розвиток рослинності техногенних ландшафтів Малого Полісся у зимовий період. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. № 18.3. С. 37–42. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2009/19_3/37_Popowycz_19_3.pdf.

УДК 628.16: 504.4

**МОДИФІКАЦІЯ ІОННОГО ОБМІНУ ПРИ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДНИХ ВОД,
ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ***Д. Є. Ковтун**Національний університет цивільного захисту України*

Вода є ключовим аспектом життя на планеті. Від якості природних вод, залежить стан навколишнього середовища та людини. З розвитком технології, збільшується якість життя людини, підвищується тривалість життя і як наслідок, збільшення темпів споживання води. Враховуючи, що природні води використовуються не тільки для споживання, а також у технологічних та побутових цілях, виникає дефіцит доступної чистої води. Також значний вплив на забруднення водних ресурсів створюють природні катаклізми, техногенні аварії та війни. Необхідним є впровадження заходів зменшення впливу на водні ресурси та розробка технологій для ефективного очищення води та їх інтеграції у системи водопідготовки.

Починаючи з лютого 2022 року, на сьогоднішній день, російськими військами було знищено понад третину сховищ прісної води на території України, що призвело до припинення водопостачання у низці областей. За рахунок цього, окрім економічного збитку, через неможливість обслуговування промисловості, енергетики, транспорту, аграрного сектору та міського водопостачання, ми зіштовхуємося із проблемою забруднення природних вод важкими металами та продуктами військової техніки. Навмисне руйнування водних сховищ на території України є екоцидом, який призводить до загибелі людей та руйнування екосистем, на пряму, через нестачу водопостачання, затоплення територій. До найбільш відомого і серйозного акту терору проти населення України, пов'язаних з водними ресурсами відноситься підлив Новокаховської ГЕС [1].

Тривалі військові дії спричиняють значне забруднення малих водойм, річок, струмків та більших водних об'єктів у зоні бойових дій. Основним джерелом забруднення є витіки палива та інших токсичних речовин, які виділяються з пошкодженої або знищеної військової техніки, зокрема танків, бронетранспортерів, літаків та вертольотів. Найчастіше такі техногенні аварії трапляються на відкритих територіях, таких як поля та луки, однак завдяки поверхневому стоку забруднювальні речовини досягають прилеглих водних об'єктів, спричиняючи їх екологічну деградацію [2].

Загальні відновлювані водні ресурси України становлять 175,3 км³ на рік, з яких 97 % формується за рахунок поверхневого річкового стоку і лише 3 % (5 км³) – за рахунок підземних вод. Відновлення водопостачання в після воєнний час є технічною проблемою. Необхідний рівень очистки та зниження впливу на оточуюче середовище, можливо досягти за рахунок покращення та вдосконалення систем очистки природної води [3].

Запропонований підхід до покращення технологій очищення води, полягає у модифікації систем демінералізації природних вод. Це направлено на вдосконалення систем водопідготовки, попередньої обробки води та зниження впливу на навколишнє середовище.

Найрозповсюдженішими методами очищення природних вод від мінеральних домішок є – зворотний осмос, реагентні методи, іонний обмін. На сучасному етапі розвитку мембранних технологій зворотний осмос визнано однією з найбільш економічно ефективних методик для підготовки чистої води. Ця технологія застосовується для розділення, очищення та концентрації різноманітних речовин і рідин, а також для пом'якшення води, забезпечуючи високий ступінь ефективності та універсальність. З огляду на значні втрати води, які супроводжуються використанням методу зворотного осмосу, а також його перспективне застосування для підготовки живильної води, актуальним є інтегрування цієї технології з іншими методами водопідготовки або вдосконалення самого процесу зворотного осмосу з метою підвищення ефективності та зменшення втрат [4].

Реагентні методи демінералізації природних вод, полягають у видаленні розчинених солей та інших мінералів з води за допомогою хімічних реагентів. Перетворення розчинних домішок у нерозчинні супроводжується процесами флокуляції та подальшого видалення із системи. Реагентні методи супроводжуються значним негативним впливом на навколишнє середовище, які пов'язані з значними втратами води та забрудненням хімічними речовинами. З метою мінімізації впливу залишкових реагентів на довкілля необхідне додаткове очищення. Максимальна ефективність реагентних методів досягається за умови їх інтеграції з іншими технологіями демінералізації [5,6].

Процес іонного обміну полягає у стехіометричному обміні іонами між водним середовищем та іонообмінними матеріалами. Метод іонного обміну є найбільш ефективним, за рахунок можливості створення іоннообмінних матеріалів селективних до конкретних іонів забруднюючих речовин, керуванням протікання процесу іонного обміну [7].

Для інтенсифікації іонообмінних процесів запропоновано спосіб із використанням модифікованих іонообмінників, що включає одночасну дію магнітного поля на іонообмінник та воду, яка очищується [8].

Для оцінки ефективності магнітної активації процесу іонного обміну запропоновано поліноміальну функцію яку наведено в рівнянні 1. Функція враховує параметри жорсткості води (X_1) та напруженість магнітного поля (X_2), а також їхній вплив на робочу обмінну ємність (Y). Таке рівняння дозволяє комплексно оцінити результати експериментів, оскільки воно враховує взаємодію цих параметрів і їхній сумарний вплив на кінцеві показники.

$$Y(X_2, X_1) = F_1 \cdot X_1 \cdot X_2^2 + F_2 \cdot X_1 \cdot X_2 + F_3 \cdot X_1^2 + F_4 \cdot X_1 + F_5 \cdot X_2 + F_6 \quad (1)$$

Математична модель, дозволяє гнучко моделювати взаємодію елементів системи. В подальшому планується проведення експериментальних досліджень, для проведення оцінки ефективності математичної моделі. Модифікація функції для дослідження оптимальних значень жорсткості води, при яких ефективність робочої обмінної ємності іонітів буде найвищою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Water security consequences of the Russia-Ukraine war and the post-war outlook / Н. Napich et al. *Water Security*. 2024. Vol. 21. P. 100167. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2024.100167>.
2. Kitowski I., Sujak A., Drygaś M. The water dimensions of Russian – Ukrainian Conflict. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.05.001>.
3. Snizhko S., Didovets I., Bronstert A. Ukraine's water security under pressure: Climate change and wartime. *Water Security*. 2024. Vol. 23. P. 100182. URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2024.100182>.
4. Pretreatment process optimization and reverse osmosis performances of a brackish surface water demineralization plant, Morocco / Н. Boulahfa et al. *Desalination and water treatment*. 2020. Vol. 206. P. 189–201. URL: <https://doi.org/10.5004/dwt.2020.26297>.
5. Трус І. М., Гомеля М. Д. Знесолення мінералізованих вод при використанні реагентних методів. *Journal of Chemistry and Technologies*. 2021. Т. 29, № 3. С. 417–424. URL: <https://doi.org/10.15421/jchemtech.v29i3.214939>.
6. Душкін С.С., Ковтун Д.Є. Інтенсифікація процесів іонного обміну в системах водопідготовки. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*. 2024. 46. С. 4–13. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2024.46.4-13>.
7. Kovtun D., Dushkin S. Magnetic modification of ion exchange processes. *Technogenic and Ecological Safety*. 2024. No. 15(1/2024). P. 75–79. URL: <https://doi.org/10.52363/2522-1892.2024.1.8> (date of access: 15.11.2024).

УДК 519.876.5:504.05

МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ, ЩО ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

*В. Ю. Колосков, к. т. н., доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

Антропогенне і техногенне перенавантаження території завдяки забрудненню атмосферного повітря [1] й ґрунту, в особливості важкими металами [2], а також накопичення відходів [3, 4] становить загрозу національним інтересам та національній безпеці України. В умовах воєнної агресії РФ ці негативні впливи суттєво посилюються на територіях, що постраждали внаслідок бойових дій, внаслідок утворення суттєвих за рівнем небезпеки забруднень повітря, води та ґрунту у місцях, де відбуваються вибухи боєприпасів [5–9].

Оцінювання екологічного стану територій, що постраждали внаслідок бойових дій, має відбуватися з урахуванням комплексних багатофакторних впливів на довкілля. При цьому має бути забезпечена можливість динамічного оперативного управління екологічною безпекою. Оскільки реальні умови функціонування екосистем характеризуються впливом складного комплексу негативних факторів, оцінювання результату їхньої дії має базуватися на сформованих динамічних моделях виникнення відгуків довкілля під дією тих або інших факторів. Розширений набір критеріальних показників має визначатися із застосуванням екологічного підходу, який полягає у дослідженні взаємозв'язків та взаємозалежностей екосистем з середовищем за допомогою екологічних індикаторів, екологічних показників та екологічних факторів [10]. Виходячи з цього актуальною є проблема вдосконалення існуючих та розробка нових методів оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до екологічно-небезпечних техногенних об'єктів. При цьому метод має базуватися на єдиному підході до оцінювання й врахувати усі взаємозв'язки між елементами довкілля.

В основу дослідження було покладено метод визначення рівня безпеки місця зберігання відходів, поданий у роботі [11]. Суть цього методу полягає у імітаційному моделюванні функціонування екологічно-небезпечного техногенного об'єкту з накопичення й зберігання відходів з покроковим оцінюванням рівня безпеки за набором критеріїв. Основою для вдосконалення методу стало використання критерію екологічного резерву, визначеного як «критерій наявності у території достатньої здатності сприймати зовнішні фактори негативного впливу без переходу у катастрофічний стан». лив.

Через комплексний характер реакції екосистеми на дію негативних впливів різного характеру, оцінювання екологічного стану території пропонується проводити шляхом порівняння сукупності екологічних станів об'єкта з певними нормами, враховуючи потенційно можливі впливи зовнішніх чинників. Як показник, що характеризує рівень негативного впливу екологічно-небезпечного техногенного об'єкту, прийнято ступінь деградації екосистеми території, прилеглої до об'єкту, який досліджується.

Основним компонентом екосистеми є біоценоз, який формується з угруповання біологічних видів рослинного й тваринного світу, об'єднаних спільною метою функціонування – виживанням. Тому для пошуку кількісних характеристик деградаційних процесів у екосистемах було досліджено структурно-функціональну організацію екосистеми й біоценозу. Кожен трофічний рівень у будь-якому стані екосистеми кількісно визначається сукупністю характеристик його енергетичного обміну [12]. Відгук екосистеми на негативний вплив повно і однозначно характеризуватиме екологічний стан території, що постраждала внаслідок бойових дій. Однак експериментальне визначення більшості з показників є суттєво ускладненим через необхідність проведення великих обсягів польових досліджень за великою площею території, що є практично неможливо в умовах бойових дій.

Запропонований метод оцінювання екологічного стану територій, що постраждали внаслідок бойових дій, на основі використання критерію екологічного резерву є універсальним та може бути використаний для оперативного управління безпекою територій у мовах впливу різного за походженням та складом комплексу негативних чинників. Основною перевагою запропонованого методу у порівнянні з тими, що використовуються сьогодні, є можливість урахування усього комплексу діючих чинників екологічної небезпеки з одночасною мінімізацією кількості значущих показників критеріїв оцінювання рівня безпеки. Завдяки цьому з'являється можливість зниження обсягів обчислень, необхідних для точного оцінювання набором нормативних критеріїв, а також спрощується процедура оцінювання без втрати точності.

Для практичної реалізації методу оцінювання екологічного стану території, вдосконаленого шляхом введення нового критерію екологічного резерву, є необхідним проведення системних досліджень, спрямованих на визначення граничнодопустимих значень відгуків екосистем територій, що постраждали внаслідок бойових дій, за умови дії факторів негативного впливу різної природи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Balaceanu C.M., Iordache G. Assessment of the air pollution at the industrial stations in metropolitan area of Bucharest. *Technogenic and ecological safety*. 2018. Vol. 3(1/2018). P. 8-15.
2. Ecological and geochemical assessment of the soil contamination levels in the areas of metallurgical enterprises operation / Y. Y. Voitiuk, I. V. Kuraieva, A. A. Kroik, A. V. Pavlychenko. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2014. Vol. 4. P. 45-51.
3. A mathematical description of the separation of gas mixtures generated by the thermal utilization of waste / S. Vambol, Y. Shakhov, V. Vambol, I. Petukhov. *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 1, Issue 2 (79). P. 35-41.
4. Use of urinary biomarkers to characterize occupational exposure to BTEX in healthcare waste autoclave operators / A. Rafiee et al. *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 631. P. 857-865.
5. Human health risks related to the consumption of foodstuffs of plant and animal origin produced on a site polluted by chemical munitions of the First World War / Gorecki S. et al. *Science of the Total Environment*. 2017. Vol. 599-600. P. 314-323.
6. Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment / Lima D., Bezerra M., Neves E., Moreira F. *Reviews on Environmental Health*. 2011. Vol. 26(2). P. 101-110.
7. Olson K., Tharp M. How did the Passaic River, a Superfund site near Newark, New Jersey, become an Agent Orange dioxin TCDD hotspot? *Journal of Soil and Water Conservation*. 2020. Vol. 75(2). P. 33A-37A.
8. Pichtel J. Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012. Art. 617236.
9. Human health risk assessment of explosives and heavy metals at a military gunnery range / Ryu H. et al. *Environmental Geochemistry and Health*. 2007. Vol. 29(4). P. 259-269.
10. Приходько М.М. Теоретико-методологічні основи екологічної безпеки геосистем/ *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: географія*. 2012. № 1 (вип. 31). С. 179-191.
11. Вамболь С.О., Колосков В.Ю., Деркач Ю.Ф. Оцінювання екологічного стану територій, прилеглих до місць зберігання відходів, на основі критерію екологічного резерву. *Техногенно-екологічна безпека*. 2017. Вип. 2. С. 67-72.
12. Koloskov V. Improvement of method of assessment of environmental condition of territories adjoined with environmentally dangerous technogenic objects. *Техногенно-екологічна безпека*. 2018. Вип. 4(2/2018). С. 67-72.

УДК 556+574.5

ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ РІКИ СТИР: НАСЛІДКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

*В. В. Копилов, В. В. Попович, д.т.н., професор
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У світовому аспекті, зокрема в Україні, проводяться значні дослідження щодо вмісту важких металів у природних та підземних водоймах [1, 2]. Серед таких досліджень слід відмітити наукові праці, які присвячені як великим рікам загальнодержавного значення, так і їх притокам. Зокрема, науковці Фесюк В. О., Карпюк З. К., Журба Д. В. наводять результати досліджень, що через перевищення концентрацій забруднюючих речовин у стічних водах, які скидаються в р. Стир, показники забруднення перевищують ГДК (рибогосподарське) у річковій воді [3]. У 2022 р. для концентрації азоту амонійного таке перевищення становило 37,8 рази, нітритів – у 9,9 рази, фосфатів – у 44 рази, заліза загального – у 5,69 рази, марганцю – у 2,5 рази, хрому (VI) – у 6 разів, БСК – у 10,8 рази, завислих речовин – на 67%.

Метою досліджень був екологічний моніторинг вмісту важких металів у воді та прибережних едафотопях ріки Стир в межах міста Луцьк (Україна), а також встановлення ймовірних чинників надходження їх у воду. Для аналізу вмісту важких металів у воді р. Стир та едафотопях прибережної зони нами здійснено відбір проб у 8-ми ділянках, 6 з яких – безпосередньо ріка Стир, 7-а ділянка – Гнідавське болото, 8-а ділянка – Теремнівське озеро. Опрацювання проб здійснено в Лабораторії промислової токсикології Львівського національного медичного університету ім. Данила Галицького (м. Львів, Україна), свідоцтво № РЛ 068/22 від 01.12.2022 р. про відповідність системи керування вимірюваннями відповідно до ДСТУ ISO 10012:2005.

Аналіз вмісту важких металів у воді ріки Стир, зокрема у межах м. Луцьк, показав, що найбільш забрудненими є ділянки у межах Гнідавського болота та Теремнівських ставів. Ці об'єкти характеризуються стоячою водою та мають незначний витік безпосередньо у ріку. Результати досліджень показали, що вода в р. Стир та водоймах її гідрографічної мережі є забрудненою такими важкими металами як Cu, Zn, Cr, Co, Mn, Ni. Безпосередньо перевищення ГДК Cu у воді спричиняє у риб аномалії скелетно-судинної системи (анемія, крововиливи), зменшення пігментації тощо.

Практично всі результати досліджень вказують на підвищені концентрації важких металів у воді річок. Причинами цього є скид зворотних поверхневих вод у річки з промислових підприємств та гірництва, а також потрапляння рідких побутових відходів та стоків у воду. Актуальність подальших досліджень вмісту важких металів у поверхневих водоймах не викликають сумніву та повинні бути основною складовою комплексного моніторингу якості прісної (питної) води.

Для запобігання потрапляння важких металів у воду ріки Стир необхідно перш за все запобігти потраплянню промислових і побутових відходів, здійснити аналіз вмісту важких металів зворотних вод, які скидаються в річку із підприємств та житлово-комунальних господарств міста [4-6]. Також слід провести модернізацію очисних споруд та передбачити комплекс заходів з очищення стічних вод, які потрапляють в річку, зокрема спорудження геомеханічних бар'єрів на окремих ділянках стоків води в ріку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Processes of Natural Self-Cleaning of Small Watercourses with Increasing Anthropogenic Load in the Dniester River Basin / R. Hnativ et al. *Journal of Ecological Engineering*. 2023. Vol. 24, no. 2. P. 12–18. URL: <https://doi.org/10.12911/22998993/156914>.

2. Sukhodolska I. L. Seasonal variations in the level of heavy metals in the water of minor rivers. *Biosystems Diversity*. 2017. Vol. 25, no. 1. P. 3–8. URL: <https://doi.org/10.15421/011701>.
3. Фесюк В. О., Карпюк З. К., Журба Д. В. ВПЛИВ ВОДОГОСПОДАРСЬКОГО КОМПЛЕКСУ М. ЛУЦЬКА НА ЗАБРУДНЕННЯ ВОД Р. СТИР. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2023. № 4. С. 177–189. URL: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.18>.
4. Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ та наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації : дисертація. 2017. URL: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/29557>.
5. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. Монографія / В. В. Попович. Львів : ЛДУБЖД, 2014. 174 с. <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/3600>
6. Popovich V. V. Phytomeliorative recovery in reduction of multi-element anomalies' influence of devastated landscapes. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytsky Melitopol State Pedagogical University*. 2016. Vol. 6, no. 01. P. 94–114. URL: <https://doi.org/10.15421/201606>.

УДК 504.121:62-664.6

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
МІГРАЦІЇ МЕТАЛІВ У ТОВЦІ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ
ЦЗФ «ЧЕРВОНОГРАДСЬКА»**

*І. М. Кочмар, В. В. Карабин, д.т.н., професор, О. О. Карабин, к.ф.-м.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Техногенний вплив розробок родовищ корисних копалин у тому числі кам'яного вугілля підземним способом призводить до значних змін навколишнього ландшафту та якості довкілля в межах гірничодобувних районів [1,2]. Даний вплив в межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну проявляється за рахунок осідання і провалів на земній поверхні; забруднення земель під териконами; зміна режиму і складу підземних та поверхневих вод, а також забруднення водоймищ шахтними водами; активізації карстових, суфозних та мерзлотних процесів; зсувів та деформації на схилах; зміни температурного поля; забруднення атмосферного повітря; забруднення мінеральним пилом в результаті вітрової ерозії відвалів; активізації фізико-хімічних процесів (окиснення, вилуговування); забруднення водоймищ та ґрунтів від водної ерозії териконів [3-7].

Відходи вуглевидобутку та вуглезбагачення у більшості випадків є масштабними техногенно-створеними джерелами постійного негативного впливу на об'єкти навколишнього середовища [8,9]. В межах Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну таким об'єктом являється терикон ЦЗФ «Червоноградська», в який складуються крупні тверді відходи вуглезбагачення, та два хвостосховища – № 1 та № 2, розташовані у районі річкового басейну Західного Бугу.

Особливу увагу при дослідженні впливу породних відвалів на довкілля слід приділити чинникам формування несприятливої екологічної ситуації на прилеглий до породних відвалів території. В основному забруднення території зумовлене водною та вітровою ерозією із схилів відвалів, також на їх поверхні відбувається комплекс фізико-хімічних процесів, які впливають на вимивання та розсіювання важких металів з породних відвалів, що є пріоритетними забруднювачами на даних територіях. Таким чином породні відвали та терикони є техногенними зонами підвищеної екологічної небезпеки.

Активні ерозійні процеси, що відбуваються на поверхні відвалів, змивання породи потоками талих і зливових вод спричиняє процес природного вилуговування металів з породи

відвалів з утворенням забруднених кислих стоків. Сірчана кислота, що утворюється в результаті окиснення піриту, розчиняє важкі метали та переводить їх у рухому форму та зумовлює їх потрапляння у навколишні ландшафти [10].

Для розроблення природоохоронних заходів, заходів реабілітації території, розроблення технологій використання відходів вкрай важливо отримати достовірні дані щодо кількісного вмісту різних форм металів у товщі породного відвалу, прогнозувати їх міграційні параметри. Вирішення цього завдання лежить у площині математичного моделювання за допомогою теорем теорії подібності. Перша теорема, теорема Ньютона, стверджує, що якщо два фізичні явища є подібними, то їхні відповідні безрозмірні критерії подібності (величини, утворені із параметрів системи, що не мають розмірностей) повинні бути однаковими:

$$\Pi_1 = \Pi_2 = \dots = \Pi_n \quad (1),$$

де Π_i — це безрозмірні критерії подібності для двох подібних фізичних явищ.

Друга теорема, теорема Федермана-Букінгема, стверджує, що результати досліджень повинні бути представлені як залежності між критеріями подібності, утворюючи критерійне рівняння, яке описує групу подібних процесів. Тобто:

$$\Pi_1 = f(\Pi_2, \Pi_3, \dots, \Pi_p) \quad (2),$$

де: $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_p$ — безрозмірні критерії подібності (P_i -комплекси); f — функція, яка описує залежність між критеріями подібності.

Третя теорема стверджує, що критерійні рівняння застосовуються лише до подібних процесів. Подібні явища мають рівні впливові критерії, що задовольняє як необхідні, так і достатні умови подібності. Тобто, якщо два фізичні процеси подібні, то їхні відповідні критерії подібності $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ для кожного з процесів задовольняють рівність:

$$\Pi_1 = \Pi_1', \quad \Pi_2 = \Pi_2', \dots, \Pi_n = \Pi_n' \quad (3),$$

де $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ — безрозмірні критерії подібності для першого процесу, а $\Pi_1', \Pi_2', \dots, \Pi_n'$ — відповідні критерії для другого процесу.

Використання теорем теорії подібності дало змогу перейти від реального відвалу до його фізичної моделі, що значно спростило проведення експериментів і чисельного моделювання. Такий методологічний підхід дав змогу здійснити кількісну оцінку параметрів міграції металів у товщі породного відвалу центральної збагачувальної фабрики «Червоноградська» Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. Результати такого оцінювання будуть корисними як для природоохоронних служб, так і для підрозділів цивільного захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Agboola O., Babatunde D. E., Fayomi O. S. I., Sadiku E. R., Popoola P., Moropeng L., Yahaya A., Mamudu O. A. A review on the impact of mining operation: Monitoring, assessment and management. *Results in Engineering*. 2020. Volume 8. 100181. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100181>
2. Gorova A., Pavlychenko A., Kulyna S., Shkremetko O. Environmental aspects of waste management on coal mining enterprises. *New Developments in Mining Engineering 2015: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining*. 2015. P. 179–184. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9781315648774>
3. Кочмар І. М., Карабин В. В. Екологічна небезпека горіння вугільних териконів та перспективні методи використання відходів вуглевидобутку. *Екологістика. Теорія і практика управління сміттєзвалищами: колективна монографія* / наук. ред. В. Попович, О. Теляк, О. Меньшикова. Варшава: Szkoła Główna Służby Pożarniczej, 2021. С. 183–197.
4. Iryna Kochmar, Vasyl Karabyn. Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chernvonograd Mining Area (Ukraine) - Problems of Environmental Safety and Civil Protection. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24 (1). P. 247–255. <https://doi.org/10.12912/27197050/155209>
5. Bosak P., Popovych 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. 2 (440). P. 48–54. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.30>

6. Kochmar I., Karabyn V., Stepova K., Stadnik V., Sozansky M. Thermal Impact on Heavy Metal Bioavailability in Burnt Rocks of Waste Heap of Chervonohradka Coal-preparation Plant (Lviv Region, Ukraine). *Geomatics and Environmental Engineering.* 2024. 18(1). 117–133. <https://doi.org/10.7494/geom.2024.18.1.117>

7. Kochmar I.M., Karabyn V.V., Kordan V.M. Ecological and geochemical aspects of thermal effects on argillites of the Lviv-Volyn coal basin spoil tips. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2024. № 3. 100–107. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/100>

8. Плахотній С.А., Павличенко А.В. Шляхи зменшення негативного впливу породних відвалів ліквідованих шахт на екологічний стан вугледобувних регіонів. *Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Форум гірників–2016».* 2016. Т. 2. С. 229–233.

9. Popovych V., Stepova K., Voloshchyshyn A., Bosak P. 2019. Physico-chemical properties of soils in Lviv Volyn coal basin area. *E3S Web of Conferences*, 105, 02002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910502002>

10. Зубов А.Р., Зубова Л. Г., Воробьев С.Г., Зубов А.А., Харламова А.В. *Повышение экологической безопасности породных отвалов угольных шахт: монография.* Луганск: изд-во ВНУ им. В. Даля, 2012. 176 с.

УДК 502.4

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

І. П. Кравець, к.т.н., доцент, К. Н. Коцур

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У 2022 році світ зіткнувся з однією з найбільших екологічних катастроф внаслідок війни, що триває в Україні. Довкілля часто називають мовчазною жертвою війни, адже екологічна ситуація під час війни стає часто забутим аспектом, проте наслідки можуть бути тривалими та вражаючими. Бо істина, яку не розуміє російська федерація, однак розуміє весь світ, дуже проста: будь-який воєнний конфлікт не має локального характеру, коли йдеться про довкілля.

Екосистеми не можна розділити умовними кордонами, просто намалювавши їх на карті. Якщо руйнується природа в одному місці, це обов'язково відчує інша. За перший місяць повномасштабного вторгнення активісти нарахували більше 250 злочинів проти довкілля України. Росія нещадно, свідомо та не вагаючись знищує українську природу. Це виклик, відповідати на який повинна не лише наша держава, а й увесь цивілізований світ. З одного боку військові дії негативно позначаються на навколишньому середовищі, з іншого – витрата ресурсів, що йдуть на війну.

Під час військових дій використовується зброя різних видів, включаючи вибухові речовини, ракети та снаряди. Усі набої, які розриваються, горіння неметалевих деталей військової техніки, забруднюють ґрунти та воду, не говорячи вже про тонни металобрухту, які розкидані по лісопосадках. Вибухи та пожежі випускають шкідливі речовини, які негативно впливають на якість довкілля та здоров'я людей [1].

Ще однією серйозною проблемою стало знищення лісів. Чи не найбільш масштабним та очевидним серед них є поширення ландшафтних пожеж, спричинених вибухами боєприпасів за відносно сухої погоди. Росія знищує рідкісні види рослин і тварин, мінують заповідники, вирубують ліси. Будь-яка неконтрольована лісова пожежа – це удар по екології та стихійне лихо. Загасити їх практично неможливо, особливо на території, підконтрольованій ворогу. Від початку 2022 року в лісових масивах України зафіксовано пожежі загальною площею 5,5 тис.

га. Цей показник з 2020 року у 96 разів збільшився. За даними звіту в рамках проекту «Впровадження сталого лісового господарства» згоріли тисячі гектарів лісу в національних природних парках «Кремінські ліси», «Святі гори», «Білобережжя Святослава», Чорнобильському біосферному заповіднику. Основні фактори негативного впливу таких пожеж є загибель величезної кількості особин різних видів фауни та флори, забруднення атмосферного повітря сполуками сірки, азоту, незгорілими вуглеводнями, важкими металами, а також викиди великих обсягів двоокису вуглецю (CO₂). Експерти вважають, що деякі екосистеми ми втратили назавжди [2].

Війна також завдала шкоди інфраструктурі країни, включаючи електростанції та нафтопереробні заводи. Можливість радіаційного забруднення та небезпека, яка пов'язана з мінуванням територій стала ще більшою. Зони радіаційного забруднення можуть поширитись на сусідні країни. Наслідки ймовірної аварії у центрі Європи відчує не одне покоління людства. Ядерний тероризм росії загрожує усьому світу. А за попередніми підрахунками, вже зараз обстежень і розмінування потребують 1,2 млн га [3].

Мінна безпека актуальна останні 80 років. Нерозірвані снаряди з часів Другої світової війни знаходяться на українській землі і досі. Україна нині – це одна з найбільш замінованих країн світу [4]. Про загрозу для довкілля через воєнний стан у нашій державі можна говорити довго. Але збереження екологічної стабільності та природних ресурсів має бути важливою метою навіть під час війни, бо від цього залежить доля майбутніх поколінь. Зараз, в Україні докладаються певні зусилля для вирішення екологічних проблем. Міжнародні організації, такі як ЮНЕП (програма ООН з навколишнього середовища) працюють над тим, щоб підтримати Україну в очищенні забруднених територій та відновленні пошкоджених екосистем. Кожен з нас певним чином може долучитись до збереження нашої країни та планети в цілому, і це не так важко, як здається на перший погляд. Громадські організації, які мають відповідні експертизи і можуть долучити до цієї справи волонтерів, можуть також допомогти у цьому. Вплив війни на наші екосистеми багатогранний та містить низку різних аспектів. Ось деякі загальні засади, які необхідно застосовувати, аби врятувати наше довкілля зараз [5]:

1) інвестиція у засадження лісів а також, сортування сміття і сприяння переробки. Щоб відновити лісове господарство, Україна потребує засадження великих штучних лісів. Але через виклики, які з'явилися під час війни, лісники мають впроваджувати технології, що підвищують адаптацію лісу;

2) економія води та електроенергії. Вдень по-максимуму необхідно використовувати ресурси природного світла. Для цього можна використовувати енергозберігаючі лампи – вони служать довше і споживають менше енергії, ніж звичайні. Споживати воду теж потрібно ощадливо: гріти її менше, ніж потрібно. Це все стає особливо актуальним після ворожих ударів по українській енергетиці. Сортування побутових відходів і використання місцевого пункту збору для переробки паперу, скла, пластику чи металу – ці заходи допоможуть зменшити кількість відходів, що потрапляють на звалища та знизити навантаження на довкілля;

3) необхідно обирати найбільш екологічний транспорт. Типовий легковий автомобіль викидає приблизно 404 грам вуглекислого газу на кілометр проїденого шляху. Замість використання персонального автотранспорту можна використовувати велосипед або обирати ходьбу. Це також значно зменшить витоки небезпечних газів у повітря, адже зараз, в умовах війни, це є важливим кроком для зниження забруднення атмосфери і мінімізації шкоди для довкілля;

4) актуальним в умовах війни є етичне відношення до природи. Необхідно уникати дій, що можуть погіршити стан довкілля, таких як, викидання сміття в недозволених місцях або шкода рослинам чи тваринам. За можливості старатися брати участь в екологічних акціях, адже зараз є великий спектр вибору того, як можна допомогти природі і стати частиною її збереження.

Збереження екології в умовах війни – це наш громадянський обов'язок перед тими, хто прийде після нас. Захищаючи довкілля, ми захищаємо наш дім, наше життя від

найстрашнішого – війни. Адже ця війна – не лише наша рана, а й рана всього живого. Ми, як і природа, зазнали великої втрати, але йдемо і живемо далі, маючи надію, що одного дня прийде час відновлення. І в цьому відновленні ми повинні взяти на себе відповідальність, щоб повернути довкілля те життя, яке воно втрачає кожного дня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вовк В. І., Лінкевич Н. М. Екологічні наслідки війни. Екоцид України. *Журнал про екологічні наслідки війни*. Київ: Державна бібліотека України для юнацтва, 2022. 25 с.
2. Бернд Віппель, за підтримки Галини Семицької. Аналіз очікуваного впливу поточної війни та післявоєнного періоду на державне лісове господарство та лісові ресурси в Україні. Звіт в рамках проекту «Впровадження сталого лісового господарства», Україна (SFI). 2023. 26 с.
3. Козубенко Ю. Радіаційне забруднення навколишнього середовища в контексті глобальних соціально-екологічних проблем ХХІ століття. *«Scientia et Societas»*. 2022. Vol.2. P. 118-125.
4. Кравченко О. та ін. Дослідження впливу військових дій на довкілля на Сході України / О. Кравченко, О. Василюк, А. Войціховська, К. Норенко // *Філософія*. 2015. №2 (134), спецвипуск. С. 118–123.
5. Бойчук Ю. Д., Солошенко Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища. Суми: Університетська книга, 2023. 316 с.

УДК 630.4:632.7:58.07

ІНВАЗІЙНІ ВИДИ КОМАХ: ЗАГРОЗИ ЛІСАМ І САДОВО-ПАРКОВИМ НАСАДЖЕННЯМ УКРАЇНИ

В. О. Крамарець¹, д.с.-г.н., професор, І. П. Мацяк², д.біол.н., доцент

¹*Національний лісотехнічний університет України; НПП «Сколівські Бескиди»*

²*Національний лісотехнічний університет України; Swedish University of Agricultural Sciences*

Інвазійні чужорідні види (invasive alien species – IAS) натеper вважаються суттєвою загрозою глобальному біорізноманіттю, природним екосистемам, економіці [3]. Процеси глобалізації сприяють швидкому поширенню чужорідних видів, загроза від їх впровадження за межі природних ареалів стає дедалі більшою [4]. Серед інвазійних видів значну небезпеку для лісів та садово-паркових насаджень становлять комахи-фітофаги [1, 2].

Щодо можливої шкоди лісам і садово-парковим насадженням інвазійні види комах-фітофагів можна поділити на групи:

1) завдають шкоди аборигенним та інтродукованим видам дерев та кущів: білий американський метелик *Hlyphantria cunea* (Drury, 1773); молі-строкатки липова (*Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963)) та тополева (*Ph. populifoliella* (Treitschke, 1833)); клопи мережевний дубовий (*Corythucha arcuata* (Say, 1832)) та мармуровий (*Halyomorpha halys* Stål, 1855); цикадки буйволородібна (*Stictocephala bisonia* Kopp & Yonke, 1977), очкаста (*Igutettix oculatus* (Lindberg, 1929)) та біла (*Metcalfa pruinosa* (Say, 1830)); златка вузькотіла ясенова смарагдова (*Agilus planipennis* (Fairmaire, 1888)).

2) завдають шкоди переважно інтродукованим видам дерев та кущів: молі-стокатки гіркокаштанова (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic), платанова (*Phyllonorycter platani* (Staudinger, 1870)), робінієві (*Macrosaccus robiniella* (Clemens 1859)) та *Parectopa robiniella* Clemens, 1863); галиця робінієва (*Obolodiplosis robiniae* (Haldeman, 1847)); клоп мережевний платановий (*Corythucha ciliate* (Say, 1832)); вогнівка самшитова (*Cydalima perspectalis* (Walker, 1859)).

За ступенем впливу можна виділити групи інвазійних видів комах-фітофагів: 1) спричиняють суттєві пошкодження, можуть бути причиною різкого погіршення стану та інтенсивного відмирання дерев та кущів; 2) завдають локальних пошкоджень; 3) тривалий час можуть співіснувати із рослинами-господарями, шкідливість незначна.

Значних пошкоджень деревним породам та можуть бути причиною швидкого погіршення стану та відмирання дерев і кущів: златка вузькотіла ясенова смарагдова, вогнівка самшитова, білий американський метелик. Тривалий час співіснують із кормовими видами та не призводять до якогось суттєвого погіршення стану дерев: галиця робінієва, молі-строкатки робінієві, тополева та липова.

Серед інвазійних видів комах за трофічними уподобаннями виділяють групи: філофаги (шкідники асиміляційного апарату), які живляться відкрито; філофаги, які живляться в середині хлорофілоносних тканин (комахи-мінери); сокоспоживачі або комахи із колюче-сисним ротовим апаратом (щитівки, несправжньощитівки, попелиці, цикадки, листоблішки); комахи-галоутворювачі (в процесі живлення спричиняють деформацію тканин листка та призводять до утворення галів); камбіо-ксилофаги; шкідники плодів та насіння.

За кормовою спеціалізацією інвазійні та карантинні патогени можуть бути: 1) поліфаги; 2) олігофаги; 3) монофаги. Широкою кормовою спеціалізацією відзначається білий американський метелик, гусениці якого живляться листками понад 300 видів дерев, кущів та трав. Цей небезпечний інвазійний вид тривалий час був включений до списку об'єктів внутрішнього карантину. Останніми роками поширився практично по всій території України [1]. Протягом вегетаційного періоду розвивається два покоління. Живлення гусениць призводить до суттєвих пошкоджень листків дерев у садово-паркових насадженнях та лісах. Облігатна (обов'язкова) монофагія серед інвазійних видів комах трапляється рідко. Навіть такі інвазійні комахи, котрі завдають суттєвої шкоди переважно одному виду рослин, все ж таки можуть заселяти інші види, на яких, однак, їх розвиток проходить значно гірше, виживання потомства погіршується, плодючість самок зменшується. Зокрема міль-строкатка гіркокаштанова заселяє та суттєво пошкоджує листки гіркокаштана звичайного (*Aesculus hippocastanum* L.), може пошкоджувати листки гіркокаштанів голого (*Aesculus glabra* Willd), та жовтого (*Aesculus flava* Sol.). Самки відкладають також яйця на листках гіркокаштана криваво-м'ясного (*Aesculus × carnea* Zeyh. – гібрид гіркокаштана звичайного та червоного), але тут гусениці швидко гинуть. Однак, під час масового розмноження потомство молі-строкатки гіркокаштанової може доволі успішно розвиватися на листках кленів гостролистого та явора. Досить вузьким монофагом вважається самшитова вогнівка, яка пошкоджує листки декоративних видів та сортів самшиту (*Vixus* spp.), однак може пошкоджувати листки падуба, бруслин японської та крилатої. У Закарпатській області цей вид виявлений в 2014 році [1], з того часу дуже швидко поширився практично по всій території України. За відсутності заходів боротьби (хімічних, біологічних) призводить до швидкого відмирання кущів самшиту. Переважна більшість небезпечних інвазійних фітофагів є олігофагами (живляться рослинами одного роду або родини). Серед небезпечних інвайдерів з цієї групи на територію України проникли: молі-строкатки тополева та липова, мінуючі молі робінії, златка вузькотіла ясенова смарагдова.

На тепер не вдається ефективно протидіяти поширенню інвазійних комах. Кліматичні умови та недостатні природні механізми регуляції чисельності популяцій створюють сприятливі умови для розвитку осередків масового розмноження інвазійних видів комах. Поширенню інвазійних видів комах часто сприяє відсутність або недостатня кількість вузькоспеціалізованих ентомофагів, наприклад – щодо самшитової вогнівки, мармурового клопа, видів роду *Corythucha* та деяких інших. У деяких випадках навіть доволі численний аборигенний паразитарний комплекс не здатний ефективно регулювати масовий розвиток інвазійних видів. Прикладом цього є поширення білого американського метелика. В Європі у цього інвазійного шкідника сформувався добре виражений паразитарний комплекс (види родів *Trichogramma*, *Tachina* і *Chalcidoidea*) та деякі птахи, які можуть забезпечити

біологічний контроль і регулювання його чисельності в природних умовах [5], однак це не дає якогось відчутного результату. Хімічна та фізико-механічна боротьба із цим шкідником проводилася здебільшого в садах та в населених пунктах, що також не дало змоги якось ефективно зменшити його чисельність, або попередити подальше поширення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мацяк І.П., Крамарець В.О. Інвазії комах-філофагів на територію України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2020. 20. С. 11-25. <https://doi.org/10.15421/412001>
2. Meshkova V. L., Nazarenko S. V., Glod O. I. The first data on the study of *Corythucha arcuata* (Say, 1832) (Heteroptera: Tingidae) in Kherson region of Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*. 2020. 21. P. 30-38. <https://doi.org/10.15421/412023>
3. Paap T., Burgess T. I., Rolo V., Steel E., Hardy G. E. S. J. Anthropogenic disturbance impacts stand structure and susceptibility of an iconic tree species to an endemic canker pathogen. *Forest Ecology and Management*. 2018. 425. P. 145-153. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.055>
4. Pyšek P., Hulme P. E., Simberloff D., Bacher S., Blackburn T. M., Carlton J. T., ... Richardson D. M. Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*. 2020. 95(6). P. 1-25. <https://doi.org/10.1111/brv.12627>
5. Roques A., Kenis M., Lees D., Vaamonde C. L., Rabitsch W., Rasplus J.-Y. Roy D. B. (Eds.). Alien terrestrial arthropods of Europe. *BioRisk, Special Is.* 2010. 4 (1, 2). 1071. https://www.researchgate.net/publication/229071968_Alien_Terrestrial_Arthropods_of_Europe

UDC 504.064.4 : 621.431 : 389.14 : 528.088

PORTABLE TEST BENCH FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE WORKING CHARACTERISTICS OF EXECUTIVE ELEMENTS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES AGAINST THE INFLUENCE OF POWER PLANTS WITH RECIPROCATING ICE

*V.A. Krasnov, O.M. Kondratenko, Doctor of Technical Sciences, Professor
National University of Civil Protection of Ukraine of SES of Ukraine, Kharkiv–Cherkassy*

The relevance of this research lies in the development of a Mobile Test Stand (MTS), which enables experimental studies of the performance indicators of power plants (PP) with reciprocating internal combustion engines (RICE), as well as the efficiency of various actuators in environmental protection technologies (EPT) aimed at protecting the natural environment from technogenic impacts. These PP units with RICE may include fire and emergency rescue vehicles (FERV) used by the State Emergency Service of Ukraine (SES of Ukraine), especially in remote areas and frontline zones. This is crucial both during armed aggression and for post-war reconstruction of critical infrastructure..

The proposed stand design includes the following measurement devices: a five-component gas analyzer to measure concentrations of unburned hydrocarbons (C_nH_m), CO, NO_x, CO₂, and O₂ in exhaust gases (EG); a smoke meter for EG opacity; differential U-tube manometers for EG pressure drop measurements at the EPT actuator inlet and within the actuator; a temperature measurement system for EG, the working medium, and solid EPT components at 6–10 points; a sound level meter for noise pollution from the RICE and EPT actuator; and environmental sensors, including a barometer-aneroid, mercury thermometer, anemometer, and hygrometer. Additionally, there is a foldable table for a mobile computer that processes signals from the stand's instruments using criterion-based mathematical analysis and a power supply with protection features.

The appearance (a) and the layout and of the mobile stand (b) are shown in Fig. 1. Also in Fig. 1 presented opacimeter for the mobile test bench (c) and its instrument verification document (d).

The aim of the research is to improve the environmental safety (ES) indicators of power plants (PP) with reciprocating internal combustion engines (RICE), particularly for fire and rescue units (FRU), by developing a mobile test stand for studying the environmental characteristics of such PPs and the efficiency of SES devices. The problem lies in the absence of a mobile setup suitable for such studies in remote and conflict-affected areas. The concept is to create a quickly deployable, universal setup with all necessary instruments for direct and indirect measurement of ES and efficiency indicators essential for comprehensive FRU evaluation.

The research object includes environmental safety factors, EPT actuator efficiency indicators, and factors for comprehensive assessment of FERV operations. The research subject is a mobile installation for experimentally determining the physical quantities of the research object..

The scientific novelty lies in refining the concept for experimental acquisition of baseline data to assess environmental safety during operation of power units with reciprocating engines, specifically adapted for firefighting and rescue equipment in remote departments affected by armed aggression.

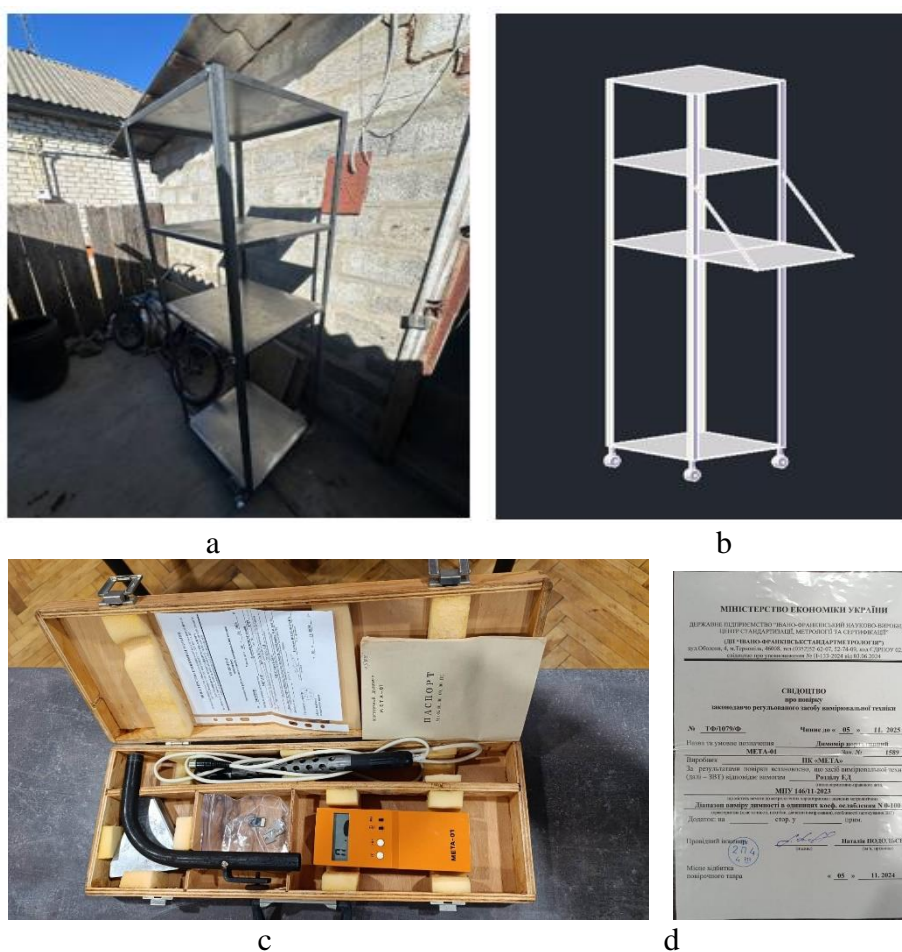


Figure 1 – Diagram (a) and appearance (b) of the mobile stand. Opacimeter for the mobile test bench (c) and its instrument verification document (d)

The practical value of the research is in developing a mobile installation for firefighting and rescue equipment in remote departments in conflict-affected areas, ensuring compliance with the «Regulations on Environmental Safety for the State Emergency Service of Ukraine» approved by Order No. 618 on September 20, 2013.

REFERENCES

1. Kondratenko O.M., Krasnov V.A., Semykin V.M. The place of DPF with a liquid working body in the classification of atmospheric air protection technologies from the complex negative influence of power plants with reciprocation ICE. *Technogenic and ecological safety. Kh.: NUCP of Ukraine*. 2023. 14(2/2023). pp. 67–91. DOI: 10.52363/2522-1892.2023.2.8.
2. Kondratenko O., Andronov V., Koloskov V., Stokov O. Development and Use of the Index of Particulate Matter Filter Efficiency in Environmental Protection Technology for Diesel-Generator with Consumption of Biofuels. 2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology: Conference Proceedings (13–17 September 2021, NTU «KhPI», Kharkiv). Kharkiv: NTU «KhPI», 2021. pp. 239–244. DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570034.
3. Кондратенко О.М., Андронов В.А., Строков О.П., Бабакін В.М., Краснов В.А. Інструментальна похибка відомих формул перерахунку показників димності у показники токсичності відпрацьованих газів поршневих ДВЗ. *Technogenic and ecological safety*. 2022. № 12(2/2022). С. 3–18. DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.1.

УДК 621.532.4

ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ПІД ЧАС ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*О. В. Кривенко, Г. М. Кривенко, к. т. н., доцент
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Військова агресія росії спричинила енергетичну кризу, ріст цін на енергетичні товари, загальну високу інфляцію. У такій кризовій ситуації лише злагоджена робота нафтогазового комплексу гарантуватиме безпеку держави. Повномасштабна війна триває, довкілля зазнає колосальних збитків. Завдання щодо здійснення заходів, пов'язаних із запобіганням забрудненню довкілля та раціональним використанням природних ресурсів вирішуються підприємствами нафтогазового комплексу. Введення в експлуатацію нових нафтогазових свердловин значно покращує енергетичний потенціал держави.

Метою дослідження є аналіз впливу нафтогазових свердловин на атмосферне повітря. Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні задачі досліджень: аналіз викидів забруднюючих речовин під час експлуатації свердловин, заходи щодо їх мінімізації та захисту елементів об'єктів критичної інфраструктури від зовнішнього руйнування. Об'єктом дослідження є нафтогазові свердловини на промисловому майданчику. Предмет досліджень: викиди забруднюючих речовин.

Новизна полягає у комплексному дослідженні викидів забруднюючих речовин на етапі експлуатації свердловин.

Під час експлуатації свердловин, джерелом утворення викидів забруднюючих речовин в атмосферу є горизонтальна факельна установка, на якій виконується спалювання газу при продувках свердловин та шлейфу, при дослідженнях свердловин з метою визначення параметрів їх експлуатації та при ремонтних роботах на ній.

При спалюванні природного газу на факельній установці шкідливими речовинами, що надходять до атмосфери, є: оксиди азоту, оксид вуглецю, речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом (сажа), метан. Під час продувки свердловини на факельну установку може виникнути акустичне навантаження на житлові території та окремі приміщення. При нормальній експлуатації свердловин зміни природного

грунтового покриву, клімату і мікроклімату, водного режиму, фізичного і біологічного впливу на флору та фауну району не відбудуться [1].

Викиди забруднюючих речовин під час експлуатації свердловини наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Викиди забруднюючих речовин

Речовина	Викиди, M , г/с	ГДК, мг/м ³
Вуглецю оксид	0,1245	5
Азоту діоксид	0,000975	0,2
Метан	0,012925	50
Сажа	0,014925	0,15

Доцільність розрахунку розсіювання викидів шкідливих речовин в атмосферу визначається співвідношенням [2]:

$$M / ГДК > \Phi$$

$$\Phi = 0,1, \text{ при } H \leq 10 \text{ м, } \Phi = 0,01 H, \text{ при } H > 10 \text{ м,}$$

де M – сумарна величина викиду забруднюючої речовини від усіх джерел підприємства, г/с;
 $ГДК$ – максимальна разова граничнодопустима концентрація забруднюючої речовини, мг/м³;

H – середня висота джерел викиду, м.

Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на стан атмосферного повітря здійснюється за даними результатів розрахунків розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі. Гігієнічним критерієм для визначення граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин в атмосферу є відповідність їх розрахункових концентрацій на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ) гігієнічним нормативам.

За результатами проведених розрахунків встановлено, що на межі нормативної СЗЗ розрахункові концентрації всіх забруднюючих речовин не перевищують величин граничнодопустимих концентрацій (ГДК).

З метою скорочення викидів забруднюючих речовин у повітряне середовище рекомендується здійснювати такі заходи: заборонити роботу двигунів на форсованому режимі; підсилити контроль за дотриманням точного регламенту виробничої діяльності; розподілити в часі роботу обладнання, яке пов'язане з безперервним технологічним процесом. Здійснення цих та інших заходів дозволить знизити викиди. Заходи щодо зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин і зменшення впливу фізичних чинників необхідно вживати як під час провадження робіт з експлуатації свердловини, так і в процесі проектування [1]. Для підвищення рівня екологічної безпеки також рекомендується застосовувати заходи попередження вибухів та пожеж; забезпечити системи захисту трубопроводів від корозії; встановити звукоізолюючі кожухи і глушники на обладнання; встановити обладнання на гумові подушки; здійснити перехід на відновлювані джерела енергії для забезпечення власних потреб в енергії.

Для влаштування споруд інженерного захисту елементів об'єктів критичної інфраструктури нафтогазового комплексу від зовнішнього руйнування потрібно враховувати такі критерії: важливість об'єкта для технологічного процесу, можливість виконання робіт, аналіз попередніх інцидентів та характер руйнувань. Технічні рішення забезпечують мінімізацію впливу на навколишнє середовище в процесі експлуатації свердловин.

Основна мета нової моделі розвитку держави полягає у забезпеченні стійкого та довгострокового функціонування України, навіть у кризових ситуаціях. Повоєнне економічне відновлення має стати фундаментом для переходу України до зеленої та екологічно чистої економіки, з акцентом на європейські цінності та інтеграцію в ЄС. Реалізація Європейського зеленого курсу сприятиме модернізації та декарбонізації національної економіки, підвищуючи

її ефективність і конкурентоспроможність. У той же час, нафтогазова галузь залишається ключовою для енергетичної безпеки держави, тому повоєнне відновлення її об'єктів має базуватися на впровадженні сучасного обладнання, що відповідатиме найвищим стандартам експлуатації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Звіт з оцінки впливу на довкілля буріння свердловин. СП «Полтавська газонафтова компанія». 2022. 499 с.
2. Кривенко Г. М. Оцінка впливу викидів забруднюючих речовин на атмосферне повітря під час буріння свердловин. *Екологічні науки*. 1 (52). 2024. С. 120-125.
3. Повоєнне відновлення України: відбудова заради кращого майбутнього. 2022. URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/01/post-war-reconstruction-UA3001.pdf>.

УДК 504.4:502.51

ДИНАМІКА ЯКОСТІ ВОДИ В РІЧКАХ УКРАЇНИ ПОБЛИЗУ ЗОНИ БОЙОВИХ ДІЙ ТА В ТИЛУ

*А. Д. Кузик, д.с.-г.н., професор, Б. Я. Бойчук, доктор філософії,
К. А. Король, доктор філософії, Р. О. Дирда
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Військові дії завдають значної та іноді непоправної шкоди навколишньому середовищу України.

Основними видами забруднень внаслідок бойових дій є:

- вибухові речовини, продукти вибуху, хімічні речовини у складі боєприпасів, фрагменти боєприпасів;
- військова техніка і обладнання, фрагменти;
- паливно-мастильні матеріали;
- органічні елементи біологічного походження;
- небезпечні хімічні та біологічні компоненти у стоках, спричинених пошкодженнями об'єктів на берегах.

До специфічних забруднювачів додаються традиційні, спричинені антропогенною діяльністю. Потрапляння забруднювачів у водне середовище погіршує якість води та чинить негативний вплив на водну біоту. Ситуація ускладнюється тим, що поблизу зони бойових дій практично неможливо проводити роботи з моніторингу та захисту довкілля. Їх виконання потребує значних людських і матеріальних ресурсів та буде здійснюватися лише після завершення активних бойових дій, звільнення та розмінування територій.

Метою роботи є порівняльний аналіз динаміки стану вод у річках України, які протікають на територіях поблизу зони бойових дій і зазнають негативного впливу внаслідок війни, а також в тилу за результатами моніторингу.

Моніторинг стану поверхневих вод в Україні здійснюється на підставі [1]. Його проведення можливе лише за умов безпеки персоналу, що здійснює забір проб, проводить лабораторні дослідження та обслуговування відповідних приладів. Тому на теперішній час відсутня інформація про стан вод у річках на окупованих територіях і у місцях ведення активних бойових дій. Судячи з наявних відео та фотоматеріалів, стан вод таких річок є незадовільний і потребуватиме подальшого вивчення і покращення. Тому для досліджень обрано річку Дніпро у середній течії, зокрема поблизу міст Дніпро, Запоріжжя, які зазнають регулярних обстрілів та бомбардувань, проте на відповідних ділянках річки ведуть

моніторингові спостереження. У тилкових районах для досліджень якості води обрано річку Західний Буг, яка зазнає значно меншого впливу воєнних дій через набагато меншу інтенсивність обстрілів та потраплянь боєприпасів і фрагментів у її води.

Аналіз динаміки якості вод річок здійснимо для довоєнного періоду – з 01.2021 до 01.2022 та під час повномасштабної війни – з 02.2022 по 10.2024. Оскільки забруднення, спричинені воєнними діями, потребують відповідних досліджень, якості вод визначали за доступними у відкритому доступі показниками моніторингу: вміст амонію, БСК5, розчинений кисень, нітрат-іони, нітрит-іони, сульфат-іони, фосфат-іони і хлорид-іони. Дані моніторингу отримані з офіційного сайту Державного агентства водних ресурсів України [2].

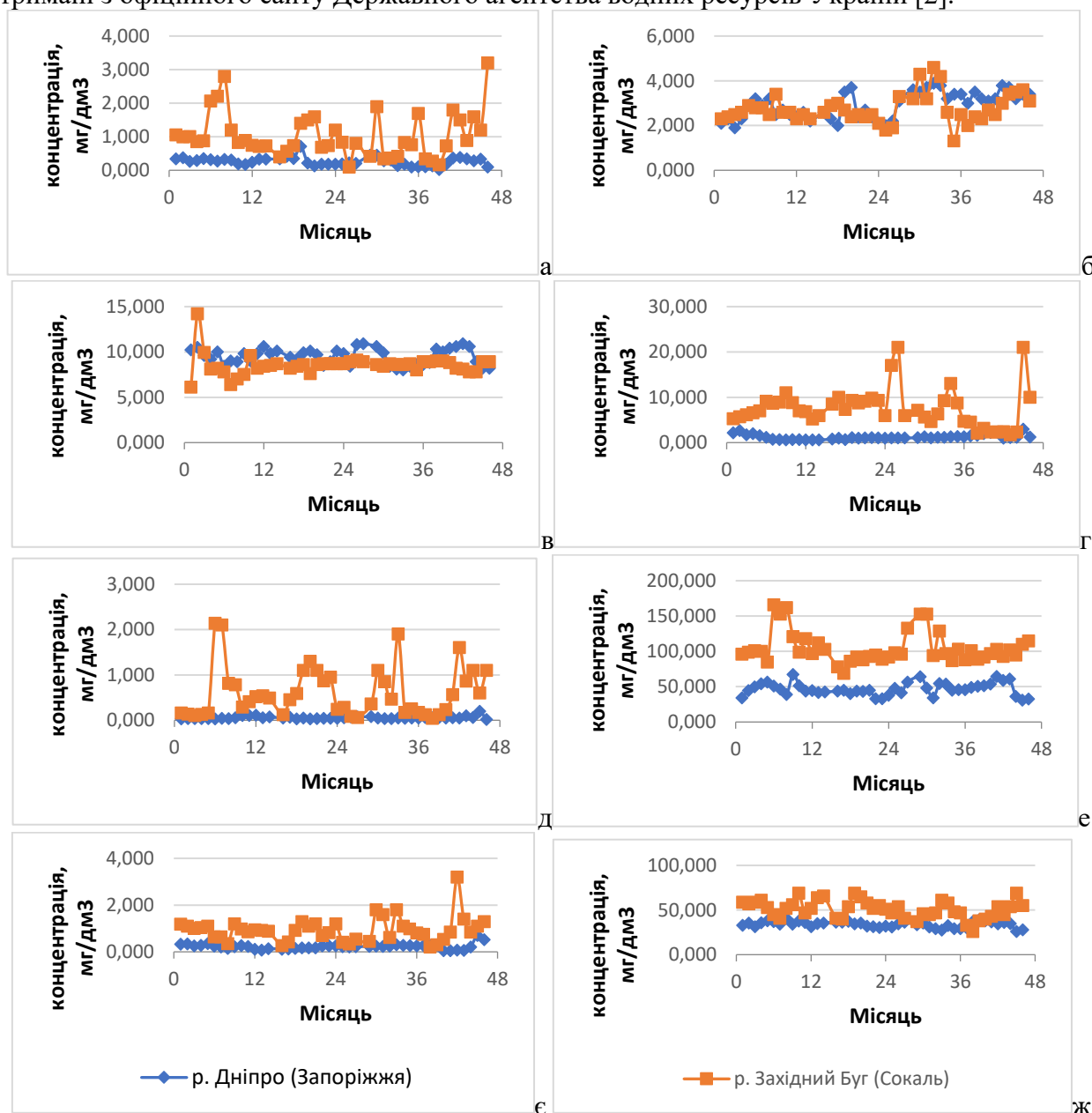


Рисунок 1 – Показники якості води: а – амоній-іони, б – БСК5, в – розчинений кисень, г – нітрат-іони, д – нітрит-іони, е – сульфат-іони, є – фосфат-іони, ж – хлорид-іони

Для порівняння динаміки показників побудовано графіки (рис. 1). Як видно з графіків, забруднення р. Західний Буг загалом є вищим, ніж р. Дніпро у пункті спостережень майже за всіма показниками. Це можна пояснити більшою витратою води р. Дніпро у порівнянні з Західним Бугом, а також меншою господарською активністю, що спричиняє забруднення, на берегах Дніпра у районі Запоріжжя та вище за течією, спричиненою близькістю воєнних дій

та внутрішньою міграцією населення. А на Заході України, навпаки, спостерігається збільшення господарської активності та чисельності населення за рахунок внутрішньо переміщених осіб, що спричиняє збільшення концентрації забруднювачів у р. Західний Буг. У Дніпрі з початком повномасштабної війни дещо зросла влітку концентрація іонів амонію.

Інші показники знизились або залишилися близькими до довоєнних значень. Незважаючи на загалом кращу ситуацію щодо якості води у р. Дніпро як у довоєнний період, так і в умовах війни, в окремі періоди спостерігається зростання БСК5 та одночасне зменшення розчиненого кисню, спричиненого зростанням мікроорганізмів, що може бути наслідком біологічного забруднення, спричиненого війною. Також спостерігається восени цього року зростання концентрації фосфатів та нітритів у Дніпрі, що може свідчити про певне збільшення активності та чисельності населення. Для р. Західний Буг актуальними є заходи щодо покращення якості води, показники якої є гіршими, навіть за відсутності впливу воєнних дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. Постанова КМ України від 19.09.2018 № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-%D0%BF#Text>
2. Звітність. Моніторинг та екологічна оцінка Водних ресурсів України. Державне агентство водних ресурсів України. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/ViewReports/List>

УДК 519.6

ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

*М. І. Кусій, к.п.н., доцент, І. М. Чіпчик
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Російська агресія на території нашої держави спричинила не тільки загибель десятків тисяч громадян та руйнування інфраструктури, а й серйозні екологічні загрози. Країна агресора веде війну з метою повного знищення нашої землі, та здійснює екологічний терор на території України, про що також говорить у своєму зверненні Міністр захисту довкілля та природних ресурсів Світлана Гринчук.

«Україна вже зафіксувала 6,5 тисячі випадків екологічної шкоди України, на суму понад 71 мільярд доларів. Російська агресія спричинила забруднення Чорного моря, підрив Каховської греблі, обстріли енергетичної інфраструктури, промислових об'єктів і житлових будинків. Випущено понад 10 тисяч ракет, і агресор не збирається зупинитися» [1].

Такий стиль війни привів до великої кількості відходів, про що свідчать дані від Кабінету Міністрів України, в яких говориться, що станом на 10 листопада 2022 року лише на деокупованих територіях Київської, Чернігівської та Сумської областей від руйнувань будівель та споруд через дії московії утворилося близько 15,2 млрд. тонн відходів [2], які чинять згубний вплив на екосистему. Всі ці відходи потребують якнайшвидшої утилізації, проте через великі обсяги та складність логістики в умовах воєнного стану, ця проблема потребує оптимізації, мінімізації витрат та роботи в обмежених часових рамках. Саме тут на допомогу нашій державі може прийти математика, а саме - лінійне програмування (лінійна оптимізація).

Лінійне програмування або лінійна оптимізація (LP, англ. Linear Programming) - це розділ математичного програмування, який займається пошуком оптимальних рішень для лінійних

моделей, де призначено максимізацію або мінімізацію деяких цільових функцій за наявності лінійних обмежень. Лінійне програмування має широке застосування в різних сферах діяльності людини, коли потрібно знайти найкращий із можливих варіантів дії. Методи та моделі лінійного програмування широко використовують в оптимізації процесів у різних галузях: для розробки виробничих програм підприємств, розподілу завдань між виконавцями, оптимізації асортименту продукції, планування вантажопотоків, формування планів товарообігу, розподілу ресурсів, а також у вирішенні завдань розміщення виробничих сил, складів і баз матеріальних ресурсів [3].

Задача лінійного програмування — задача оптимізації з лінійною цільовою функцією (функція мети) та допустимою множиною обмеженою лійними рівностями або нерівностями.

У випадку оптимізації логістики для утилізації військових відходів ми можемо застосувати лінійну оптимізацію в цілях мінімізації витрат на транспортування: лінійне програмування може допомогти мінімізувати витрати на перевезення військових відходів, враховуючи обмеження, як-от доступні ресурси (транспортні засоби, паливо, пропускну здатність), маршрути доставки, а також можливі ризики для навколишнього середовища. Наприклад, цільова функція може мінімізувати загальні транспортні витрати, тоді як обмеження враховуватимуть наявні ресурси та безпечні маршрути [4].

Для прикладу, побудуємо модель, де функція мети спрямована на мінімізацію витрат транспортування відходів до пунктів утилізації. У цій задачі ми враховуємо:

1. Пункти збору військових відходів (наприклад, склади або бази зберігання).
2. Пункти утилізації (спеціалізовані підприємства, що займаються утилізацією).
3. Обмеження (наприклад, максимальні обсяги відходів, можливості використання пунктів, транспортні витрати, безпека).

Нехай маємо три пункти збору відходів і два пункти утилізації. Відомі витрати на транспортування, обсяги відходів у кожному пункті збору та пропускну здатність використання пунктів.

Вихідні дані запишемо у вигляді таблиці:

Параметр	Пункт збору 1	Пункт збору 2	Пункт збору 3	Утилізація А (пропускну здатність)	Утилізація В (пропускну здатність)
Обсяг відходів	2 т.	3 т.	2,5 т.	3,5 т.	40 т.
Витрати до пункту А	3 грн./кг	4 грн./кг	2 грн./кг	-	-
Витрати до пункту В	1 грн./кг	2 грн./кг	3 грн./кг	-	-

Розв'язання: позначимо x_{ij} - кількість відходів, що транспортуються з пункту збору i до пункту утилізації j . Наприклад, x_{12} — це кількість відходів, що транспортується з пункту збору 1 до пункту використання В.

Складемо функцію мети (витрати на транспортування):

$$f(x) = 3x_{11} + x_{12} + 4x_{21} + 2x_{22} + 2x_{31} + 3x_{32} \rightarrow \min$$

Маємо обмеження:

- 1) Кількість відходів у кожному пункті збору:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} = 2000 \\ x_{21} + x_{22} = 3000 \\ x_{31} + x_{32} = 2500 \end{cases}$$

2) Пропускна здатність використання пунктів :

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} + x_{31} \leq 3500 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} \leq 4000, \quad x_{ij} \geq 0 \end{cases}$$

Чисельно розв'яжемо задачу за допомогою Python. Отримаємо оптимальний розподіл відходів.

Таблиця розподілу відходів:

Пункт збору	Утилізація А (кг)	Утилізація В (кг)	Витрати на маршрут (грн.)
Пункт збору 1	1000	1000	$1000 \cdot 3 + 1000 \cdot 1 = 4000$
Пункт збору 2	0	3000	$0 \cdot 4 + 3000 \cdot 2 = 6000$
Пункт збору 3	2500	0	$2500 \cdot 2 + 0 \cdot 3 = 5000$
Разом	3500	4000	15000

Отже, при такому розподілі відходів загальні мінімальні витрати на транспортування становлять 15 000 гривень.

Лінійне програмування широко використовується логістичними компаніями. Завдяки цій системі такі компанії як «Amazon», «DHL», «FedEx» [5] можуть оперативної та максимально ефективно керувати маршрутами, розподіляти вантажі та управляти складськими приміщеннями. Така компанія як «Maersk» використовує цю систему для успішного оперування морськими перевезеннями. Застосування лінійного програмування є одним з вирішальних факторів успіху цих компаній, який зробив ці сервіси найшвидшими в світі, та зекономив мільйони, якщо не мільярди доларів для цих компаній.

Проаналізувавши інформацію наведену вище, можемо сказати що спосіб лінійного програмування є чудовим засобом для того щоб оптимізувати утилізацію військових відходів в умовах війни. Цей метод є основою для того, щоб здійснювати утилізацію настільки швидко та економічно, наскільки це можливо. Від того наскільки швидко ми утилізуємо відходи - буде залежати шкода, яку вони зможуть завдати навколишньому середовищу. Економічність також є важливим фактором, оскільки від нього залежить кількість коштів, яка буде витрачена, що в умовах війни та економічної нестабільності може бути вирішальним фактором. Тому доцільним буде стверджувати, що метод лінійного програмування для оптимізації логістики при утилізації військових відходів однозначно буде корисним в застосуванні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Урядовий портал: 6 листопада у штаб-квартирі ООН відбувся захід на тему «Безпека довкілля в умовах війни і збройного конфлікту» URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/6-lystopada-u-shtab-kvartyri-oon-vidbuvsia-zakhid-na-temu-bezpeka-dovkillia-v-umovakh-viiny-i-zbroinoho-konfliktu>.

2. Урядовий портал: Відходи війни в Україні вже набули таких масштабів, яких на Європейському континенті не існувало з часів Другої світової війни. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/vidhodi-vijni-v-ukrayini-vzhe-nabuli-takih-masshtabiv-yakih-na-eyvropejskomu-kontinenti-ne-isnuvalo-z-chasiv-drugoyi-svitovoyi-vijni>.

3. Меньшикова О.В., Чмир О.Ю., Карабин О.О. Дослідження операцій : навчальний посібник. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. 196 с.

4. Haiying Wang. Research on Optimization of Location-Logistics of Hazardous Chemicals Waste Based on Uncertainty Conditions //Chemical engineering transactions. Vol. 62, 2017.
5. Астрономічна математика, що лежить в основі нового інструменту UPS для швидшої доставки посилки. URL: <https://www.wired.com/2013/06/ups-astronomical-math/>.

УДК 574

ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ НА ПОЛТАВЩИНІ: РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ

І. В. Левченко, доктор філософії, доцент

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Полтавщина розташована в лісостеповій зоні центральної України і характеризується м'яким кліматом. На загальній площі 28 750 км² (4,5% площі України) 9,94% займають ліси та інші лісопокриті землі, 5,16% – поверхневі води, 75,33% – сільськогосподарські угіддя, в тому числі рілля – 61,68%. Ця територія відноситься до жаркої, сухої і дуже спекотної агрокліматичної зони крайнього південно-східного кута. Географічно лісостепова частина області розташована в Дніпровсько-Донецькій западині [1].

Враховуючи такі агро-кліматичні особливості Полтавщини, сильну посуху та жарку погоду у 2024 році, це викликало велику кількість негативних екологічних ситуацій. Станом на березень 2024 року у Полтавській області було зареєстровано 343 пожежі, що на 75% більше, ніж у 2023 році [2]. І вже через два місяці цифра зросла у двічі, а саме 405 пожеж виникло за цей період. У тому числі 721 випадків горіння сухої рослинності та сміття на відкритих територіях на загальній площі більше 600 га, 15 випадків пожеж у лісах на площі близько 23 га та 12 випадків пожеж на сільськогосподарських угіддях на площі понад 23 га [3]. Основними причинами лісових пожеж є людська недбалість та недотримання правил пожежної безпеки: не погашені багаття, викинуті сірники чи цигарки, дитячі жарти: все це може завдати непоправної шкоди лісу; використання відкритого вогню; залишене масло або легкозаймисті засоби для чищення на сухій місцевості чи стерні; перенаповнення баків двигуна, використання пошкоджених механізмів, паління поблизу заправних станцій або використання відкритого вогню; залишені поблизу лісостепу пляшки або бите скло, оскільки вони можуть служити запальними лінзами під деревами або на галявинах; випалювання трави на вирубках і стерні на полях і в лісах; розведення багаття у хвойних молодняках, на галявинах із сухою травою, під кронами дерев та у пошкоджених лісових масивах [2, 3].

Уже у вересні 2024 року в Полтавській області спалахнули дві великі лісові пожежі, одна з яких сталася на сміттєзвалищі поблизу центру області. По-перше при спалюванні вивільняються забруднюючі речовини, а пожежі можуть завдати шкоди рослинам і організмам, перш за все, це сажа, сипуча речовина вона буває малих, середніх і великих розмірів. Великі можуть блокувати дихальні шляхи та легені. Також при горінні виділяється дуже негативний елемент – бензопірен, наприклад, якщо ви капнете на шкіру краплю бензопірену, ви 100% захворієте на рак. Це дуже шкідлива речовина, яка може викликати рак. По-друге пожежа знищує все живе, згорає навколишнє середовище, горять місця проживання комах, тварин і птахів, гинуть вони самі. Більші можуть втекти, але менші не можуть вижити. Найбільше прикро те, що рослинність – трави, кущі, дерева – знищена, на її відновлення потрібен час, звісно трава відновиться наступного року, а дерева – через п'ять-десять років, ліс – мінімум 20, 25 років [2-4].

Враховуючи таку ситуацію, що лише погіршує навколишній стан наших територій, ми пропонуємо розглянути низку заходів, що будуть націлені на покращення ситуації. У першу чергу питання екологічної безпеки має підніматися на рівні регіону та згідно нормативних

прав, тому на наш погляд доцільно, щоб було враховано загальні положення з питань екології Європейського Союзу (ЄС), адже їхній досвід встановлює високі стандарти щодо екологічного управління, враховуючи важливість збереження природи та забезпечення сталого розвитку. Вимоги ЄС стосуються різних аспектів, охоплюючи природоохоронні заходи, зменшення викидів, управління відходами та екологічну стійкість. Однією із програм, що реалізуються виступає Європейський зелений курс (European Green Deal) – це стратегія, спрямована на перетворення ЄС на перший у світі кліматично нейтральний континент до 2050 року. Угода включає в себе комплекс заходів, спрямованих на скорочення викидів парникових газів, підвищення енергоефективності та захист навколишнього середовища [5, 6]. Або ж, давайте візьмемо для прикладу Нову Зеландію, що задля врегулювання питання знищення природних екосистем через забруднення та непередбачувані екологічні катастрофи сформували програму відновлення природних екосистем, включаючи посадку дерев, боротьбу зі вторгненням іноземних видів, та створення заповідників для збереження біорізноманіття [6, 7].

Проте, всі ці приклади було б відмінно реалізовано і в Україні тільки після того, як бізнес відчував би відповідальність за питання екології особливо у період військових дій на наших територіях. До підприємств, що могли б першими впроваджувати стратегію екологічної безпеки, що відповідають програмі Європейського зеленого курсу, ми пропонуємо віднести туристичний бізнес [8-10].

Саме через туризм найзручніше реалізувати заходи з популяризації питань екології та безпеки суспільства, а саме: еко-садиби, екскурсії по парках, здоровий відпочинок. Тому, на наш погляд, саме розвиток екологічного туризму сприятиме підвищенню усвідомлення населенням у важливості питань екологічної безпеки на рівні регіону та країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vseosvita.ua. Екологічна ситуація Полтавської області смт. Чутове та основні шляхи її покращення. 2019. URL: <https://vseosvita.ua/library/ekologicna-situacia-poltavskoi-oblasti-smt-cutove-ta-osnovni-slahi-ii-pokrasenna-121692.html> .
2. Ecopolitic.com.ua. Екологічна безпека на Полтавщині. 2024. URL : <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/kilkist-pozhezh-na-poltavshhini-u-2024-roci-virosla-na-75/>
3. Новини Полтавщини. З початку року збільшилася кількість пожеж в екосистемах Полтавщини. 2024. URL: <https://np.pl.ua/2024/05/z-pochatku-roku-zbilshylasia-kilkist-pozhezh-v-ekosystemakh-poltavshchyny-andriia-khyzhniak/> .
4. Суспільне Полтава. Як пожежі впливають на довкілля: ситуація на Полтавщині. 2024. URL: <https://suspilne.media/poltava/840047-masstabni-pozezi-na-poltavsini-ak-vplivaut-na-ludej-tvarin-ta-dovkilla/> .
5. Левченко І.В. Екологічна безпека країн Північної Америки: методи та індикатори оцінювання екозагроз. *International security studios: managerial, technical, legal, environmental, informative and psychological aspects : int. coll. monograph.* – Oslo : NMBU. 2024. Vol. 2. P. 511-540. URL: <https://zenodo.org/records/10846686> . <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/14692>.
6. Sokol M. Ecological safety of Ukraine: problems and ways to address them in accordance with international obligations. *Вісник Сковородинівської академії молодих учених : зб. наук. пр. X.: ХНПУ, 2024. С. 193-201.* URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/951275af-9cc3-461d-94ce-a99a05bcc4eb/content> . <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/16129> .
7. Левченко І.В. Адаптація екологічного законодавства України до стандартів сталого розвитку ООН. *Матеріали Міжнародній науково-практичній конференції «Механізми управління розвитком територій».* м. Житомир. 2024. С. 69-71. <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/14204> .
8. Титаренко Л.М. Соціально відповідальні глобальні фірми в умовах воєнного стану. *Ефективна економіка.* 2022. № 11. <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2022.11.40> . <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/13678> .

9. Chernysh I. Scientific and methodological aspects of business management and organizational development of the tourism sector enterprises of Poltava region in the context of sustainable development. 2017. Vol. 3, No. 5. P. 436-442. <http://dx.doi.org/10.30525/2256-0742/2017-3-5-436-442> . <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/14756> .

10. Ivanytska S. Social marketing in the system of local government. *Економіка і регіон*. 2022. № 1 (84). С. 75–81. [https://doi.org/10.26906/EiR.2022.1\(84\).2548](https://doi.org/10.26906/EiR.2022.1(84).2548). <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/11333> .

УДК 504.03:355

АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Д. О. Линник, Г. М. Грицуляк, д.с.-г.н., доцент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

З початком військових дій на території України надзвичайно актуальним стало питання безпеки критичної інфраструктури. На сьогодні, найбільш привабливими мішенями для ракетних атак та наступальних дій об'єкти критичної інфраструктури, оскільки порушення їхнього функціонування може призвести до дестабілізації економіки. Тільки до червня 2022 року більше 40 промислових об'єктів зазнали атаки російських військових, станом на 2024 кількість критичної інфраструктури, що була пошкоджена або зруйнована вимірюється сотнями та тисячами [8]. Руйнація об'єктів критичної інфраструктури тягне за собою не лише економічну кризу, а й екологічну. Тому необхідним є аналіз можливих наслідків реалізації загроз екологічної безпеки критичної інфраструктури та пошук методів їхньому запобіганню та усуненню.

Загалом безпека критичної інфраструктури – це стан захищеності критичної інфраструктури, за якого забезпечуються функціональність, безперервність роботи, відновлюваність, цілісність і стійкість критичної інфраструктури. Об'єкти критичної інфраструктури - об'єкти інфраструктури, системи, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони [6]. Сюди входять підприємства та установи (незалежно від форми власності) таких галузей, як енергетика, хімічна промисловість, транспорт, банки та фінанси, інформаційні технології та телекомунікації (електронні комунікації), продовольство, охорона здоров'я, комунальне господарство [5]. Окрім значного впливу на економіку критична інфраструктура напряму впливає на екологічний стан країни. Зазвичай цей вплив негативний, а за умов нештатних ситуацій (аварії, руйнації внаслідок стихійного лиха або військових дій) – катастрофічний. Тому на рівні з радіаційною, техногенною безпекою критичної інфраструктури виділяють і екологічну безпеку. Екологічна безпека є таким станом навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей [7].

Умовно наслідки порушення екологічної безпеки критичної інфраструктури внаслідок руйнації її об'єктів або інших нештатних ситуацій можна поділити на кілька основних категорій: забруднення елементів екосистеми токсичними речовинами (хімічне забруднення), біологічне забруднення, фізичне та механічне забруднення.

Хімічне забруднення. Більшість критичної інфраструктури є потенційно небезпечною у плані хімічного забруднення. Сюди належать підприємства хімічної, важкої і легкої промисловості та енергетичної складової економіки. Усі ці об'єкти є легкодоступними мішенями для ракетних атак. На більшості підприємств накопичуються токсичні відходи, які згодом вивозяться у визначені для їх утилізації та збереження місця. Пошкодження цілісності

подібних накопичувачів на підприємствах може призвести до значного забруднення навколишнього середовища. Через пошкодження нафтобаз та складів паливно-мастильних матеріалів на території України внаслідок ракетних обстрілів значна кількість небезпечних речовин потрапили у ґрунт, поверхневі та підземні води. При руйнації резервуарів загоряється нафта та інші горючі речовини, у процесі горіння паливно-мастильних матеріалів після враження ворожими ракетами у атмосферне повітря виділяються токсичні сполуки, кількість яких для проведення точної екологічної оцінки не можливо розрахувати.

Руйнації критичної інфраструктури призначеної для обслуговування населення (водоочисні споруди, водозабори) може спричинити біологічне забруднення – це забруднення, що охоплює збудників інфекційних захворювань, шкідників, небезпечних конкурентів, деяких хижаків [1]. Одним з основних джерел біологічного забруднення є стічні, а саме побутові стічні води. Як відомо каналізаційні води стікаються у очисні споруди, де проходять кілька етапів очищення. Дані об'єкти належать до комунальних підприємств України і є частиною критичної інфраструктури держави. Пошкодження даних споруд, порушення їхньої цілісності або ж повна руйнація можуть призвести до потрапляння цих речовин у ґрунт та водойми, що у свою чергу може стати причиною епідемії інфекційних захворювань. Реальним прикладом може бути 14 березня, коли після обстрілу була зруйнована будівля каналізаційної насосної станції №1, що подає стічні води м. Василівка на очисні споруди каналізації [2]. Як наслідок, неочищені стічні води почали потрапляти у Дніпро.

Якщо вищенаведені приклади мали регіональний та національний характер, то фізичне забруднення наслідків порушення екологічної безпеки критичної інфраструктури володіє більш глобальними масштабами. Радіоактивне забруднення - наявність або розповсюдження радіоактивних речовин понад їх природного вмісту в навколишньому середовищі та/чи у тілі людини [4]. З початком війни ризик радіоактивного забруднення виріс у рази, а АЕС України стали об'єктами підвищеної небезпеки. Варто згадати обстріли Запорізької АЕС, коли 1 енергоблок опинився під ворожим вогнем, захоплення території Чорнобильської АЕС на якій ворожі війська своїм пересуванням викликали підйом радіоактивного пилу, внаслідок чого суттєво зріз радіоактивний фон. Руйнація сховища ядерних відходів ЧАЕС може спричинити поширення радіоактивного пилу по території України, Білорусі та ЄС"[3]. На сьогодні під окупацією знаходиться Запорізька АЕС. Атомна станція є предметом маніпуляції та підвищеної небезпеки для усієї світової спільноти.

Підсумовуючи, хочу сказати, проблема екологічної безпеки критичної інфраструктури України набула рис глобальної, адже екологічні наслідки руйнації даних об'єктів можуть вплинути на численні екосистеми та біосферу в цілому. Для запобігання негативних наслідків порушення екологічної безпеки критичної інфраструктури необхідна вчасна подача достовірної екологічної інформації громадянам країни та міжнародній спільноті. По друге потрібно впроваджувати нові системи захисту та укріплення критичної інфраструктури, яка на сьогодні є досить вразливою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічні біотехнології: теорія і практика.: Навчальний посібник. ОЛ Кляченко, МД Мельничук, ТВ Іванова. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 130-135, 2015.
2. Запорізька обласна державна адміністрація: "Окупанти зруйнували очисні споруди у Василівці", 14.03.2022. URL: <https://www.zoda.gov.ua/news/59895/okupanti-zruynuvali-ochisni-sporudi-u-vasilivtsi.html>
3. Інформація про наслідки для довкілля від російської агресії в Україні 24 лютого - 9 березня 2022 року / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/news/39028.html>
4. Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text>

5. Постанова Кабінету Міністрів “Про затвердження Порядку формування переліку інформаційно-телекомунікаційних систем об’єктів критичної інфраструктури держави” від 23.08.2016 № 563. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/563-2016-%D0%BF>

6. Закон України “Про критичну інфраструктуру” від 16.11.2021 № 1882-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1882-20>

7. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>

8. Faria G. Scorched Earth: The Catastrophic Environmental Costs Of Russia's Invasion Of Ukraine [Text]/ G. Faria // Radio Free Europe/Radio Liberty.-2022.-28 June. URL: <https://www.rferl.org/a/ukraine-environmental-catastrophe-russia-invasion-ecosystems/31919411.html>

УДК 502.5

СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ТА ПРОТИДІЇ РОЗПОВСЮДЖЕННЮ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНОГО ПАЛИВА В УМОВАХ ВІЙНИ

*Н. М. Лисак, Є. Д. Слепужніков, к.т.н, доцент, О. Б. Скородумова, д.т.н, професор
Національний університет цивільного захисту України*

Повномасштабне вторгнення РФ на територію України спричинило масштабні руйнування, численні жертви та екологічні кризи. Однією з найбільших загроз є ракетні обстріли, які несуть небезпеку не лише через вибухи, але й через залишки ракетного палива, що може міститися в уламках ракет та поширюватися на великі площі, забруднюючи повітря, воду і ґрунт та спричиняючи довготривалі негативні наслідки для здоров’я населення.

Країною-агресором використовуються крилаті та балістичні ракети, що функціонують за допомогою двигунів. Як і будь-які інші силові установки, вони потребують палива. Балістичні ракети активують свій двигун лише під час старту, щоб досягти необхідної висоти та швидкості, і паливо витрачається лише на цю частину польоту. Тому, якщо ракету збивають або вона вибухає під час падіння, у ній майже не залишається палива. Відмінність крилатих різновидів полягає в тому, що запас палива розрахований на політ максимальної дальності. Тому якщо така ракета вибухає під час збиття на шляху до цілі, то уламки з високою імовірністю містять залишки токсичного авіаційного палива. Згоряння під час удару по землі також не заперечує того факту, що все паливо буде повністю ліквідоване.

Наприклад, крилаті ракети типу Х-22 оснащені двигуном на двокомпонентному паливі: як горюча субстанція використовується суміш ТГ-02, як окиснювач – АК-27І, що є розчином тетраоксиду азоту в нітратній кислоті. Відомо, що ці речовини мають типову задушливу дію, що проявляється під час вдихання їх парів. Клінічні прояви набряку легенів подібні до отруєння фосгеном. Характерні особливості полягають у більш вираженій подразнювальній дії, що супроводжується сильним печінням, болем в очах, слезотечею.

Крилаті ракети типу Х-555, Х-101, ЗМ14 та ЗМ54 (сімейство «Калібр»), 9М728 та 9М729 (для комплексу «Іскандер-К») оснащені турбореактивними двигунами, які використовують паливо Т-10 (децилін), що є надзвичайно токсичним при вдиханні, викликає подразнення шкіри, слизових оболонок, може спричинити ураження внутрішніх органів та нервової системи.

Відомо про випадки збільшення кількості респіраторних захворювань на територіях, що постраждали від ракетних обстрілів. Без сумніву, причиною цього може бути вдихання токсичних парів продуктів горіння та залишків палива. При отруєнні високими

концентраціями можливий розвиток хронічних захворювань, таких як астма та хронічна обструктивна хвороба легень.

З огляду на високий рівень токсичності компонентів ракетного палива виникає нагальна потреба впровадження ефективних заходів захисту та протидії розповсюдженню таких речовин.

Одним із перших етапів очищення ураженої території є швидке виявлення токсичних речовин. Таке завдання може реалізуватися за допомогою мобільних лабораторій чи спеціалізованих підрозділів, які здійснюють моніторинг рівня забруднення та ідентифікують зони з максимальною концентрацією небезпечних сполук. Ключовим аспектом при цьому є використання спеціалізованого обладнання та сучасних технологій, прикладом яких може слугувати використання абсорбентів для видалення токсичних залишків або біоремедіація (очищення ґрунту за допомогою окремих видів мікроорганізмів). Для нейтралізації небезпечних речовин у повітрі та водоймах можуть використовуватися спеціальні хімічні реагенти та системи фільтрації.

Надзвичайно важливим у контексті розглядуваного питання є моніторинг якості повітря, води та ґрунту в режимі реального часу. Слід зазначити, що нині Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України за підтримки Міністерства цифрової трансформації України розроблено офіційний ресурс та мобільний додаток «ЕкоЗагроза» [1], що є стандартизованою формою для автоматичного збору та фіксації інформації про екологічні загрози з географічною прив'язкою до місцевості. На інтерактивній мапі країни можна знайти дані щодо якості повітря та рівня радіаційного забруднення, а також актуальні відомості про екологічні загрози, спричинені російськими окупантами. У додатку також є можливість самостійно повідомити про випадки екологічних злочинів. Дані, отримані під час моніторингу, можуть бути використані для оцінки довгострокових ризиків, що зокрема дозволить передбачити потенційні загрози для здоров'я людей та розробити стратегії їх мінімізації. Наприклад, дані про забруднення є основою для моделей прогнозування, що допоможуть у прийнятті рішень щодо евакуації населення чи карантину. Звісно, усе це передбачає комплексний підхід та потребує тісної співпраці між екологічними та медичними службами, науковими інститутами та громадськими організаціями.

Невід'ємним заходом є навчання населення та проведення інформаційних кампаній про ризики та заходи безпеки, пов'язані з недопущенням отруєння залишками ракетного палива. Важливо, щоб інформація була доступна для всіх категорій населення, зокрема дітей та людей похилого віку. Інформування може відбуватися через медіа або соціальні мережі, забезпечуючи охоплення широкої аудиторії.

Безумовно, ключовим етапом реалізації заходів у рамках проблеми, що розглядається, є міжнародні співпраця та підтримка. Залучення іноземних організацій та експертів дозволяє обмінюватися досвідом і технологіями. Варто згадати про участь України у 28 конференції держав-учасниць Організації із заборони хімічної зброї (ОПСВ) та про отримання нашою країною місця у Виконавчій раді Організації.

Вагомими є розробка та впровадження нових технологій та інноваційних рішень для прогнозування та запобігання можливого забруднення. На увагу заслуговує зондування токсичних речовин за допомогою космічного супутника Sentinel-5 Precursor (Sentinel-5P) із приладом Tropospheric Monitoring Instrument (TROPOMI), що був запущений Європейським космічним агентством (ESA) з метою щоденного глобального спостереження за хімічним складом атмосфери Землі. Серед основних забруднюючих речовин, що вимірюються супутником: формальдегід, монооксид вуглецю та діоксид азоту, що є одними із основних продуктів горіння залишків ракетного палива. У монографії [2] детально описані наслідки повномасштабного вторгнення рф на територію України для забруднення атмосферного повітря за даними супутникових спостережень.

Слід зауважити, що максимальної ефективності захисту довкілля від розповсюдження забруднень залишками ракетного палива, а також здоров'я населення від отруєння ними

можна досягти лише при реалізації комплексного підходу. Використання сучасних технологій для очищення та дезактивації, постійний моніторинг якості повітря, води та ґрунту, активне інформування населення про ризики, а також тісна міжнародна співпраця дозволять мінімізувати негативні наслідки та гарантувати базовий рівень захищеності в умовах воєнних дій, що тривають.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова КМУ від 28.07.2023 р. № 783 «Деякі питання функціонування сервісу фіксації фактів заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, збройної агресії Російської Федерації «ЕкоЗагроза». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/783-2023-%D0%BF#Text> (дата звернення 14.11.2024)
2. Осадчий В., Орещенко А., Савенець М. Супутниковий моніторинг пожеж і забруднення атмосферного повітря: монографія. ДСНС України, НАН України, УкрГМІ. Київ, 2023. 256 с. URL: https://uhmi.org.ua/pub/books/Osadchy_Oreschenko_Savenets.pdf (дата звернення 14.11.2024)

УДК 504.03

ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВМІСНИХ ВІДХОДІВ

Н. Р. Лисий¹, А. Б. Гелеш², д.т.н, професор, В.В. Попович¹, д.т.н, професор
¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
²НУ «Львівська політехніка»

Вугільні відвали мають тенденцію до самозаймання, що призводить до тривалого процесу горіння. Температура всередині териконів може досягати 1200°C, що викликає викиди парникових газів та небезпечних сполук, таких як оксиди сірки, азоту, вуглецю, сірководню, аміаку та вуглеводнів. Водна та вітрова ерозії призводять до поширення токсичних речовин на значні відстані, забруднюючи ґрунт, підземні води, повітря. Таким чином, терикони спричиняють деградацію природних ландшафтів у вугледобувних регіонах, загрожуючи здоров'ю людей і створюючи ризик техногенних катастроф [1, 2]. Водночас, ці відвали містять цінні компоненти, зокрема залишкове вугілля (10-30%).

У роботі [3] було запропоновано перетворювати відходи вуглевидобутку у енергію в процесі їхнього високотемпературного піролізу з отриманням паливних газів (генераторний, «водяний» тощо). За результатами термодинамічних розрахунків, було встановлено, що газифікацію вугілля потрібно здійснювати за температур вище 860 °С, використовуючи водяну пару в якості окиснювача. Для підтримки автотермічності процесу доцільно компенсувати витрати тепла на ендотермічні реакції газифікації вугілля, екзотермічною реакцією окиснення вугілля киснем повітря: $(2C + O_2 \leftrightarrow 2CO)$.

Розрахунок складу газів конверсії вуглецю проводили використовуючи розраховані у роботі [3] значення констант рівноваги процесів. Константу рівноваги K_p хімічної реакції виражають рівнянням (1)

$$K_p = \frac{p_R^r \cdot p_S^s}{p_A^a \cdot p_B^b}, \quad (1)$$

де p_R , p_S , p_A , p_B – рівноважні парціальні тиски відповідно продуктів реакції і вихідних речовин, Па; r , s , a , b – стехіометричні коефіцієнти у рівнянні реакції.

Відповідно до закону Дальтона, для ідеальних газів справджується співвідношення

$$p_i = N_i P = \frac{n_i}{\sum n_i} P. \quad (2)$$

Підставляючи (2) в (1), дістанемо:

$$K_p = \frac{N_R^r N_S^s}{N_A^a N_B^b} P^{\Delta\nu}, \quad (3)$$

де N_i – молярна частка i -го компонента; P – загальний тиск у системі, Па; $\Delta\nu$ - сума стехіометричних коефіцієнтів рівняння реакції ($\Delta\nu = r + s - a - b$). Рівняння (3) дає змогу виразити молярну частку кожного компонента у стані рівноваги системи через молярну частку будь-якого довільно вибраного компонента реакції.

Для порівняння ефективності впливу температури і тиску на процеси газифікації вугілля використовували питомий об’єм горючих газів, тобто суму теоретичних об’ємів H_2 і CO , приведених до нормальних умов, які можуть утворитись в процесі газифікації 1 кг вуглецю. Результати досліджень подано в таблицях 1 та 2.

Зростання температури позитивно впливає на ендотермічні процеси газифікації вугілля (рівняння 1-3) і практично не впливає на екзотермічний процес 4 (табл.1). Це пояснюється тим, що екзотермічний процес неповного згорання вуглецю (рівняння 4) в усьому досліджуваному температурному діапазоні проходить повністю (ступінь перетворення 100%), а тому об’єм і склад газу залишається стабільним.

Таблиця 1 – Вплив температури процесу газифікації вугілля на питомий об’єм горючих газів (H_2+CO) за тиску 2,5 атм.

№ з/п	Рівняння реакція	Питомий об’єм горючих газів (H_2+CO), $nm^3/kg(C)$						
		Температура, $^{\circ}C$						
		660	700	760	800	860	900	960
1	$C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$	1,48	1,93	2,57	2,91	3,26	3,41	3,55
2	$C + 2H_2O \leftrightarrow CO_2 + 2H_2$	2,15	2,34	2,58	2,71	2,88	2,98	3,09
3	$C + CO_2 = 2CO$	0,54	0,82	1,38	1,83	2,50	2,86	3,25
4	$2C + O_2 = 2CO$	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87	1,87

Таблиця 2 – Вплив тиску та температури процесу $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$ на питомий об’єм горючих газів (H_2+CO)

№ з/п	Тиск, атм	Питомий об’єм горючих газів (H_2+CO), $nm^3/kg(C)$						
		Температура, $^{\circ}C$						
		660	700	760	800	860	900	960
1	1,0	2,11	2,58	3,11	3,33	3,52	3,59	3,66
2	2,5	1,48	1,93	2,57	2,91	3,26	3,41	3,55
3	5,0	1,09	1,47	2,08	2,46	2,93	3,16	3,39
4	10	0,79	1,08	1,60	1,97	2,49	2,79	3,12

Вплив тиску на якісні та кількісні показники газу вивчали на прикладі визначальної реакції у конверсії вуглецю $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$. Загалом підвищення тиску негативно впливає на рівноважні показники процесу конверсії, що добре узгоджується з принципом Ле Шательє (табл.2). Разом з тим, однозначно говорити про негативний вплив підвищеного тиску не варто оскільки підґрунтям для теоретичних досліджень були термодинамічні розрахунки, які дають уявлення про принципову ймовірність перебігу процесу, але не дають часових рамок, тобто не

дають розуміння скільки часу потрібно вести процес до досягнення стану рівноваги. Ці питання вивчає хімічна кінетика. На швидкість процесу будуть впливати багато чинників, зокрема розмір та пористість вуглецю. Тому теоретично розрахувати швидкість процесів газифікації вугілля складно і необхідно проводити експериментальні дослідження, результати яких будуть відображені у наступних публікаціях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Environmental safety of phytogenic fields formation on coal mines tailings / V. Popovych et al. *Series of Geology and Technical Sciences*. 2021. Vol. 2, no. 446. P. 129–136. URL: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.44>

2. A theoretical analysis of chemisorption of sulfur (IV) oxide. Rationale for the choice of an efficient mass-exchange apparatus / В. Т. Яворський та ін. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Т. 1, № 6(79). С. 32. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60312>.

3. Лисий Н., Гелеш А., Попович В. Термодинамічні дослідження процесів газифікації відходів видобутку вугілля. *Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції «Українська школа гірничої інженерії»*: Міжнар. наук. конф., м. Східниця, 30 верес. – 5 жовт. 2024 р. С. 49–50. URL: <https://doi.org/10.33271/usme17.049>.

УДК 502.11:316.48]:355.48(477:(470+571))

ЕКОЛОГІЧНА ЦІНА ВІЙНИ

*Н. А. Литвин, к.вет.н., доцент, В. І. Гуряк
Львівський національний університет ветеринарної медицини
та біотехнологій імені С.З. Гжицького*

Війни не лише забирають життя, а й отруюють наше довкілля. Наслідки для природи та здоров'я людей бувають катастрофічними і тривалими. Існуючі міжнародні закони недостатньо захищають природу під час збройних конфліктів. Забруднення, вирубка лісів і руйнування екосистем можуть призвести до нестачі їжі та води та завдати довготривалої шкоди місцевому населенню. Крім того, експлуатація природних ресурсів є частою причиною конфліктів, що робить ці проблеми внутрішньо пов'язаними. Після незаконної анексії Криму росією в 2014 році регіон зіткнувся з гострою нестачею води. Оскільки припинилася подача води через Північно-Кримський канал, який раніше забезпечував 85% потреб півострова у воді. Все це призвело до засолення ґрунтових вод і деградації ґрунту, що дуже вплинуло на сільське господарство [7, 12].

У 2020 році ситуація погіршилася через екстремальні погодні умови, зокрема відсутність снігу та дощу. Зокрема, висихання кислотного резервуару поблизу заводу «Кримський титан», основного виробника діоксиду титану, призвело до викиду в повітря шкідливого діоксиду сірки. Цей забруднювач подразнює дихальну систему і при змішуванні з водою може утворювати сірчану кислоту, сприяючи кислотним дощам. Кислотні дощі можуть пошкодити ґрунт, завдати шкоди рослинам і тваринам і підкислити поверхневі води [7, 6].

Воєнні дії, котрі тривають на сході України, погіршують і без того жакливу екологічну ситуацію в регіоні. Важка промисловість, зокрема вугільна промисловість, металургія та хімічне виробництво, вже давно забруднюють повітря, землю та воду. Воєнні дії призвели до частих відключень електроенергії, викликаючи промислові аварії та витіки токсичних речовин. Наприклад, вибух метану на шахті імені Засядька та пожежа на Авдіївському заводі призвели до людських жертв та значного забруднення [7].

Крім того, військова діяльність забруднила сільськогосподарські землі та водні шляхи важкими металами та нітратами. За останні кілька років у регіоні було зареєстровано сотні аварій на виробництві та шкоди навколишньому середовищу. Повномасштабне вторгнення росії в Україну значно підвищило ризик для АЕС країни, включно з досі діючим Чорнобильським майданчиком. Відключення електроенергії та пошкодження інфраструктури поставили під загрозу заходи безпеки. Запорізька атомна електростанція, найбільша в Європі, була окупована російськими військами, що викликає занепокоєння щодо можливих аварій або навмисного саботажу. МАГАТЕ попередило про серйозні ризики для безпеки на обох майданчиках [7, 5].

Руйнівний вплив війни на екосистему України поглиблюється використанням ядерних об'єктів як військових цілей. Така поведінка створює реальну загрозу глобальної катастрофи і вимагає негайного втручання міжнародних організацій. Неодноразові обстріли та відключення електроенергії значно підвищили ризик ядерної аварії. Війна в Україні стала екологічною катастрофою. За даними Міністерства екології [1], понад 40% найцінніших природних територій постраждали від бойових дій. Масштабні пожежі, особливо в лісах вздовж Сіверського Донця, завдали непоправної шкоди екосистемам України. Окрім лісів країни, війна спричинила й інші види екологічної шкоди. Унікальні степові та острівні екосистеми півдня були зруйновані, що загрожує зникненням ендемічних лугових рослин і комах. На півночі зона відчуження навколо пошкоджених Чорнобильських реакторів залишається майже без нагляду, а річки Донбасу на сході забруднюються через зруйновані промислові об'єкти, несправні каналізаційні системи та переповнені вугільні шахти [1, 10, 9].

Не менш важливою проблемою для людей і довкілля є використання під час збройних конфліктів дронів. Використання дронів з вибухонебезпечними боеприпасами створює серйозні ризики для здоров'я цивільного населення. Вибухи виділяють токсичні речовини, які можуть поширюватися в навколишньому середовищі та призводити до серйозних захворювань. Особливе занепокоєння викликає використання боеприпасів з новими матеріалами, вплив яких на здоров'я ще не повністю досліджено. Відсутність прозорості щодо використаних боеприпасів ускладнює оцінку загроз на місці. Нещодавній інцидент із використанням безпілотної системи для підриву складу боеприпасів в Україні демонструє, що ця технологія може призводити до значного забруднення довкілля. Оцінюючи потенціал застосування безпілотних систем, держави повинні враховувати не лише їхні військові можливості, але й екологічні наслідки. Необхідно провести детальний аналіз ризиків, пов'язаних із використанням безпілотної системи, особливо в контексті промислових об'єктів, та розробити відповідні заходи безпеки [4, 8].

Війни та військові дії можуть завдати серйозної шкоди навколишньому середовищу, впливаючи як на людей, так і на екосистеми. Ця шкода може бути прямою, як руйнування інфраструктури чи викид токсичних речовин, або непрямую, як руйнування соціальних та економічних систем. Щоб вирішити цю проблему, різні організації виступають за посилення міжнародних законів і краще їх виконання для захисту навколишнього середовища під час і після конфліктів. Залишки, такі як боеприпаси, що не розірвалися, і хімічні забруднювачі, становлять значну небезпеку для здоров'я людей і навколишнього середовища. Тому необхідно більше уваги приділяти забезпеченню того, щоб зусилля з гуманітарного роззброєння були екологічно стійкими. Це забезпечить мінімізацію впливу діяльності на навколишнє середовище, буде сприяти сталому розвитку та усунуть ризики, пов'язані зі зміною клімату [3, 11].

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологічний вимір російсько-української війни. URL: <https://jvestnik-sss.donnu.edu.ua/article/view/13737>
2. Екоцид – злочин проти людства. Росія в ньому винна перед Україною. Пояснюємо, чому. Open Дністер. 14.11.2022. URL: <http://surl.li/dgism>

3. Conflict and the Environment. URL: <https://humanitariandisarmament.org/issues/conflict-and-the-environment/>
4. Die ökologischen Folgen des Einsatzes bewaffneter Drohnen. URL: <https://worldbeyondwar.org/de/Umweltfolgen-verwenden-bewaffnete-Drohnen/>
5. Environmental effects of war. Water Treatment and Purification. Lenntech. URL: <http://surl.li/frorp>
6. Environmental Impact of Armed Conflict. URL: <https://www.genevaenvironmentnetwork.org/resources/updates/protecting-the-environment-in-armed-conflict/>
7. Environmental impact of armed conflicts. URL: <https://rm.coe.int/environmental-impact-of-armed-conflicts/1680a94241>
8. Murthy S., Lakshminarayana R. Mental health consequences of war: a brief review of research findings. PubMed Central (PMC). URL: <http://surl.li/frosa>
9. Should the Oskil Reservoir be rebuilt after the war? Ukrainian Nature Conservation Group. URL: <http://surl.li/frose>
10. The Ministry of the Environment plans to destroy nature under the pretense of «recovery». Ukrainian Nature Conservation Group. URL: <http://surl.li/froum>
11. Toxic Dust: The Dangerous Chemical Brew in Every Home. NRDC. URL: <http://surl.li/frouh>
12. Yemen's Environmental Crisis Is the Biggest Risk for Its Future. The Century Foundation. URL: <http://surl.li/frovi>

УДК 911.9:620.9

ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА БДЖІЛ МЕДОНОСНИХ

М. Р. Лопушанська, Львівський національний університет імені Івана Франка
Є. А. Іванов, д.геогр.н., професор, Львівський національний університет імені Івана Франка
Г. М. Якименко, к. б. н., Національний авіаційний університет
Л. В. Циганок, Асоціація професіоналів довкілля "РАЕВ"
Ю. Р. Лопушанська, Приватне підприємство "Проект-Буд"
Ю. І. Башинська, к. е. н, старший науковий співробітник, ДУ "Інститут
регіональних досліджень імені М. І. Долишнього НАН України"
А. М. Вишва, Товариство з обмеженою відповідальністю "НОРДІК-БУД"
А. С. Доманський, Товариство з обмеженою відповідальністю "ВЕС-ЮВА"

При плануванні проєктів з відновлюваної енергетики вкрай важливо використовувати екосистемний підхід. Він полягає у визначенні та прогнозуванні динаміки взаємозв'язків екосистем, що підлягають впливу проєкту, з людьми та оточуючими екосистемами. Ці взаємозв'язки відображені у вигляді екосистемних послуг. До екосистемних послуг належать всі корисні ресурси та вигоди, які людина може отримати від природи або екосистеми, а саме постачання природних ресурсів, регулювання природних процесів та явищ (в т. ч. клімату, якості ґрунтів і повітря), колообіг речовин, рекреаційні і соціальні послуги тощо [1, 2].

Збереження такого традиційного напрямку аграрного виробництва як бджолярство, а також покращення екосистемних послуг та розвиток органічного землеробства є важливими складовими Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні до 2030 року [3]. Запилення сільськогосподарських культур природним шляхом є актуальним для агроекосистем усіх регіонів України. Головним запилювачем сільськогосподарських культур є бджола медоносна (*Apis mellifera*), яка є найпоширенішим видом одомашнених бджіл у світі.

Проте, на жаль, на екосистемні послуги, які отримуємо від бджіл впливають як екологічні, так і соціальні фактори. Вплив кліматичних змін та військових дій може стати критичним для існування та розвитку популяцій бджоли медоносної [7].

Розглянемо детальніше, як об'єкти відновлюваної енергетики, зокрема сонячні та вітрові електростанції, можуть впливати на динаміку популяцій бджоли медоносної. Згідно сучасних досліджень, розвиток мережі сонячних електростанцій (СЕС) матиме позитивний вплив на екосистемні послуги із запилення сільськогосподарських культур. Британські дослідники вважають, що встановлення вуликів з медоносними бджолами на території СЕС має позитивний вплив на запилення польових культур. Вплив СЕС на запилювачів можна оцінити через наслідки для врожайності та продажу меду. Медоносні бджоли зазвичай шукають їжу на відстані 1–2 км, але вони можуть пролетіти до 10 км від вуликів. Проте, під час монетизації екосистемних послуг слід враховувати типи та сорти сільськогосподарських культур, та їхні властивості до запилення медоносними бджолами [4]. Ще один важливий підхід до збільшення популяції комах-запилювачів є висаджування на території сонячних станцій місцевих видів рослин, які можуть забезпечити сприятливе середовище існування для бджіл-медоносів [5]. Загалом дослідженнями підтверджено, поєднання сучасних технік аграрного виробництва з розвитком СЕС здатні збільшити кількість екосистемних послуг.

Питання впливу вітрових електростанцій (ВЕС) на бджіл-медоносів наразі менш досліджене, ніж СЕС. Під час проектування об'єктів вітроенергетики на землях, які також використовують для бджільництва слід враховувати можливий вплив на бджіл. Важливі дослідження впливу ВЕС на бджіл проведені французькими науковцями [7]. Його результати не показали суттєвих відмінностей за показниками яйценосності маток між пасіками, які розташовані на різних відстанях від лінії турбін. Також, для досліджених пасіках, приріст ваги колоній суттєво не відрізнявся між пасіками, розташованими на різних відстанях від ряду вітрових генераторів. Поведінка бджіл з пасік також подібна у пасіках на різних відстанях. Результати дослідження не показали значного негативного впливу на бджіл, які перетинають зону дії однієї або двох турбін під час їх повернення у вулик. Вітрові турбіни не показали жодного негативного впливу на успіх спарювання (яйценосність маток), розвиток колоній (приріст ваги), поведінку бджіл, а також на успішність пошуку кормових об'єктів. Припущення про підвищену смертність бджіл, які повертаються до вулика, або бджіл-розплідників під час спарювання через зіткнення з турбінами або ефект турбулентності, що спричинена лопатями є малоймовірними. Результати також свідчать про те, що звуки, електромагнітні поля або навіть мерехтіння чи стробоскопічні ефекти, що викликані рухом лопатей, не призводять до впливу на розвиток колонії бджіл [7]. Також слід враховувати, що робочі бджоли зазвичай літають на висоті 2–3 м, а матки – не вище 30 м. Тож перетину з повітряними потоками від руху лопатей вітрової турбіни не відбувається.

При проектуванні об'єктів відновлюваної енергетики слід враховувати специфічні особливості місцевості та, за потреби, проводити дослідження для визначення потенційного впливу на бджолу медоносну. В цілому, за даними іноземних наукових досліджень, вплив від об'єктів відновлюваної енергетики на бджолу медоносну можна оцінити як позитивний, або нульовий. Тому, на думку авторів, розвиток відновлювальної енергетики не має спричинити критичного впливу на популяції бджоли медоносної на екосистеми та не призведе до зменшення екосистемних послуг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Василюк О., Ільмінська Л. Екосистемні послуги. Огляд / БО “БФ “Фонд захисту біорізноманіття України”. Київ, 2020. 84 с. URL: https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/09/EcoPoslugy_web_new.pdf
2. Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Лопушанська Ю. Р., Циганок Л. В., Башинська Ю. І., Вижва А. М., Доманський А. С. Географічні чинники розвитку відновлюваної енергетики у

Львівській області. *Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування*: матер. 9-ї міжнарод. наук.-практ. конф. (7–11 жовтня 2024 р., м. Львів). Київ: ДКЗ, 2024. С. 625–630.

3. Проект Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року. URL: <https://www.csi.org.ua/wp-content/uploads/2024/08/proekt-strat-rozvytku-silsk2024.pdf>

4. Armstrong A., Brown L., Davies G., Whyatt J. D., Potts S. G. Honeybee pollination benefits could inform solar park business cases, planning decisions and environmental sustainability targets. *Biological Conservation*. 2021. Vol. 263. P. 109332. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109332>

5. Can Solar Save the Bees? URL: <https://mcecleanenergy.org/can-solar-save-the-bees/> (дата звернення: 31.10.2024 р.).

6. Fedoriak M., Kulmanov O., Zhuk A., Shkrobanets O., Tymchuk K., Moskalyk G., Olendr T., Yamelynets T., Angelstam P. Stakeholders' views on sustaining honey bee health and beekeeping: the roles of ecological and social system drivers. *Landscape Ecology*. 2021. Vol. 36. P. 763–783. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01169-4>

7. Fourrier J., Fontaine O., Peter M., Vallon J., Allier F., Basso B., Decourtye A. Is it safe for honey bee colonies to locate apiaries near wind turbines? *Entomologia Generalis*. 2023. Vol. 43. № 4. P. 799–809. DOI: <https://doi.org/10.1127/entomologia/2023/1858>

УДК 550.4

НЕБЕЗПЕКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

*А. О. Мацак, к.т.н, О. В. Рибалова, к.т.н, доцент
Національний університет цивільного захисту України*

Воєнні дії в Україні призвели до забруднення навколишнього природного середовища, руйнування ландшафтів, зменшення біорізноманіття, виникнення аварійних ситуацій на промислових підприємствах та інфраструктурних об'єктах. Накопичення важких металів становить серйозну токсичну загрозу для компонентів навколишнього середовища і здоров'я людей. Після повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну значна частина лісових масивів, природних екосистем та природно-заповідних об'єктів опинилася під впливом прямих та опосередкованих наслідків бойових дій, таких як ракетні та артилерійські обстріли, авіаційне бомбардування, вогнева підтримка стрілецької зброї, рух важкого військового транспорту, утворення оборонних позицій, мінування територій, тощо. Аналіз впливу військових дій на екологічний стан ґрунтів є дуже актуальним.

Воєнні дії призводять до механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив. Ці впливи призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми, що призводить до погіршення фізико-хімічних властивостей. Для різних типів природних об'єктів комплекси порушень можуть відрізнятися в залежності від виду та типів бойових дій, порушень рельєфу поверхні, впливу на ґрунти (воронки вибухів, сліди руху бойової техніки), захисних споруд (окопи, бліндажі, вогневі точки, протитанкові споруди і т. д.), забруднення верхніх горизонтів ґрунтового покриву продуктами бойової діяльності, захаращення поверхні (залишки бойової техніки, захисні споруди, осколки і т. д.). Знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та спустелення є поширеними наслідками воєнно-техногенного навантаження. Внаслідок цього різко скорочуються біологічні популяції та види, а втрата біорізноманіття посилюється зміною структури та функцій ландшафтів.

Найбільш очевидним наслідком військових дій є пряме знищення ґрунтово-рослинного покриву: цілеспрямоване завдання шкоди для досягнення конкретної воєнної мети, наприклад, спалювання полів, лісів і садів. Випадкові прямі руйнування викликані цілеспрямованими діями, які мають будь-яку іншу тактичну мету, наприклад, риття окопів і бомбардування шляхів постачання. Тип наслідків, що часто залишається менш очевидним під час воєнних дій, може мати довгостроковий вплив на ґрунтове середовище. Непрямий вплив зазвичай найважче передбачити. Прикладом непрямого впливу на ґрунти є втрата буферності ґрунтів, засолення тощо.

Воєнні дії можуть значно впливати на якість ґрунтового середовища через велику кількість різних хімічних речовин, що вивільняються в результаті стрільб та вибухів. Вибухові речовини відіграють значну роль у викидах металів у ґрунтове середовище.

Потрібно відмітити шкідливість і токсичність важких металів у ґрунтах, концентрації яких збільшились в рази на території де проходять бойові дії в Україні. Як приклад можна навести забруднення земель на територіях Вільхівської громади Харківської області та Сартанської громади Донецької області [1]. Для Вільхівської громади перевищення ГДК: кадмій (8,5 мг/кг) в 5,6 рази; мідь (168 мг/кг) в 6,4 і 5 рази; цинк (143 мг/кг) в 2,6 разів. Для Сартанської громади перевищення ГДК за кадмієм (7-11,5 мг/кг) в 7,6 рази [1].

Важкі метали є небезпечними внаслідок інтенсифікації процесів розвитку онкологічних хвороб, а також можуть призводити до пошкодження ДНК і викликати хромосомні аберації [2].

Важливо відзначити, що вміст важких металів, що потрапляють в підземні води, є надзвичайно небезпечним для використання їх в питних цілях. З поверхневим стоком важкі метали потрапляють в водні об'єкти, що може призвести до деградації водних екосистем.

Лісові пожежі мають значний вплив на забруднення ґрунтів важкими металами [3]. Прямі фактори впливу військових дій на ліси та інші екосистеми включають бомбардування, мінування території, навмисні підпали та забруднення неспрацьованими боєприпасами, що спричиняє забруднення навколишнього середовища.

С початку повномасштабного вторгнення РФ в Україну наслідки обстрілів та вторгнення на територію регіонального ландшафтного парку «Фельдман-Екопарк» у Дергачівському районі Харківської області були дуже тяжкими. На території екопарку виявлено десятки російських снарядів, які ускладнювали процес евакуації тварин та роботу працівників. Будівлі на території парку теж зазнали значних пошкоджень: центральна будівля вигоріла та залишилася без даху. Загалом екопарк зазнав великих втрат: він був знищений на 80%.

Для визначення валового вмісту забруднюючих речовин в ґрунті екопарку проведена пробопідготовка шляхом мокрого озолення проби азотною кислотою за дії мікроволнового випромінювання за методом EPA 3051A [4] на приладі Ethos Easy. Вміст валових форм забруднюючих речовин в ґрунті регіонального ландшафтного парку «Фельдман-Екопарк» показав значне перевищення фонових значень.

Результати визначення потенційного ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок лісової пожежі на території регіонального ландшафтного парку «Фельдман-Екопарк» у Дергачівському районі Харківської області показали, що до пожежі потенційний ризик (Risk 0,270) відповідав 2 класу (слабкий вплив), а після пожежі потенційний ризик (Risk 0,613) відповідав 4 класу (великий вплив).

Наслідки воєнних дій для ґрунтового середовища часто недооцінюються у порівнянні з втратою людських життів та об'єктів інфраструктури. Проте погіршення якісних характеристик ґрунту є довгостроковим, що суттєво знижує його продуктивність.

Після завершення воєнних дій найбільш актуальним стає розподіл фінансових ресурсів для відновлення країни, що базується на науково обґрунтованому аналізі екологічної ситуації. Це включає визначення рівня забруднення ґрунтів, техногенно-екологічної небезпеки внаслідок збільшення пожеж та розмінування територій. Такий науковий аналіз має практичне значення для реалізації відновлювальних заходів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. (2023) Забруднення земель внаслідок агресії росії проти України, звіт. – Екодія, Land Matrix, European commission.
2. Amir H., Mohammadzadeh M., Gruszecka-Kosowska A. The preventive and carcinogenic effect of metals on cancer: a systematic review. *Khoshakhlaghetal. BMC Public Health*. 202. 24. 2079.
3. Popovich V., Gapalo A. Monitoring of Ground Forest Fire Impact on Heavy Metals Content in Edaphic Horizons, *Journal of Ecological Engineering*. 2021. 22(5). 96–103.
4. U.S. EPA Method 3051A: Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils. URL: <https://www.epa.gov/esam/us-epa-method-3051a-microwave-assisted-acid-digestion-sediments-sludges-and-oils>.

УДК 574:631.1

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА IDS UKRAINE

М. Мельніков

Чорноморський національний університет ім. Петра Могили

Стратегічне планування господарської діяльності підприємств відіграє важливу роль для забезпечення активного функціонування організації та прибутковості. Окрім того, стратегія сталого розвитку дозволяє скорегувати та мінімізувати певні ризики в діяльності, екологічні в тому числі [1, с.117].

Окрім того, суттєвого значення набуває функціонування підприємствах в умовах війни – за наявності проблем із електроенергією, паливом, логістикою. Окрім того, збройна агресія завдає непоправної шкоди навколишньому середовищу, забруднюючи поверхню землі, провокуючи в умовах крайньої необхідності використання неекологічних джерел електричної енергії.

Варто враховувати також той факт, що розробка стратегії сталого розвитку підприємства з вектором на екологічність виробництва та зменшення шкідливого впливу на довкілля зараз є ключовим, особливо в умовах глобального потепління та засмічення планети відходами. В сучасних умовах господарювання особливої гостроти набуває необхідність виваженого перспективного підходу до розвитку підприємницької активності, посилення конкурентних позицій та орієнтації підприємств на задоволенні потреб споживачів, на отриманні запланованого рівня прибутку, досягненні постановлених цілей і реалізації своєї місії. Крім того, практичне розв'язання проблем, пов'язаних з необхідністю забезпечення існування підприємства не тільки сьогодні, але й у перспективі, залежить від ступеня освоєння методології і методів стратегічного управління [2, с.224].

Для покращення стратегії сталого розвитку підприємства IDS Ukraine пропонуємо звернути увагу на такий вектор, як екологізація – процес послідовного впровадження нової техніки та технології, нових форм організації виробництва, виконання управлінських та інших рішень, які дають змогу підвищити ефективність використання природних ресурсів з одночасним збереженням природного середовища та його поліпшення на різних рівнях [3].

Екологізація підприємства охоплює також і логістику, без якої забезпечення діяльності підприємства з виробництва мінеральних вод неможливе. В процесі виробництва однозначно має місце доставка готової продукції до точок збуту, використання логістики при обслуговуванні насосних станцій, водопроводів, підвозі працівників на місце проведення робіт.

Інноваційний потенціал логістичної сфери зростає з кожним роком. Це пов'язано з формуванням інноваційної економіки в нашій країні. Інноваційні напрями створення

ефективної інфраструктури логістики ґрунтуються на досягненнях інноваційної економіки. Інноваційне розуміння логістичного підходу в комерційній діяльності сприяє тотальній логістизації нової економіки, що, безсумнівно, дає мультиплікативний ефект і забезпечує неухильне економічне зростання для нашої країни. За сучасних умов ведення бізнесу відбувається помітне посилення негативного впливу людини на навколишнє середовище, яке обумовлене зростанням масштабу виробничої і господарської діяльності промислових підприємств і сервісних компаній [4, с.94].

Концептуальна схема забезпечення сталого розвитку підприємства як основа організування побудови соціальної відповідальності складається зі зовнішніх факторів впливу на діяльність підприємства, серед яких економічні, соціальні, екологічні та етично-правові, а також ідентичних зовнішнім – внутрішнім. Серед внутрішніх факторів впливу також виділяємо економічні, ресурсні, соціальні та екологічні обмеження, що формують місію підприємства, корпоративну місію, кредо та стратегічні цілі. Збалансоване і гармонійне узгодження місії і стратегічних цілей підприємства з цілями розвитку базових підсистем системи управління впливає на внутрішньо корпоративні норми, цінності, принципи, політику у сфері сталого розвитку, яка формується під впливом внутрішніх формальних інститутів та зовнішніх неформальних інститутів.

Аналізуючи діяльність фірми IDS Ukraine варто наголосити, що на офіційному сайті підприємства не розміщена стратегія сталого розвитку як офіційний плановий документ, проте описані загальні риси майбутнього розвитку підприємства. Підприємство своїми головними цілями визначає розвиток культури споживання природних мінеральних вод і просування здорового способу життя, пропонуючи споживачам високоякісні природні мінеральні води; зміцнити свою позицію лідера галузі, впроваджуючи інновації у виробництво.

Сталий розвиток є одним із ключових стратегічних напрямів компаній, що прагнуть довгострокового успіху та відповідального ставлення до довкілля і суспільства. Для компанії IDS Ukraine, яка виробляє відомі бренди мінеральної води, такі як «Моршинська» та «Оскар», стратегія сталого розвитку не лише є способом підвищення конкурентоспроможності, але й гарантією збереження природних ресурсів та сприяння здоровому способу життя споживачів.

Отже, аналізуючи наявну інформацію варто дійти висновку, що стратегію сталого розвитку підприємства IDS Ukraine можна доповнити, включивши до неї пункти щодо екологізації виробництва. Таким чином, виконання подібних умов дозволило б зекономити ресурси в умовах війни, а також покращити загальну ситуацію на підприємстві, мінімізувавши шкідливий вплив на довкілля. Окрім того, пропонуємо підприємству IDS Ukraine створити окремий документ, у якому б була закріплена стратегія сталого розвитку та опублікувати цей матеріал у загальному доступі на офіційному сайті компанії. Це б суттєво полегшило доступ громадян до інформації, а спільноті науковців такий крок дав би змогу проводити подальші розробки та пропонувати різноманітні вдосконалення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Швиданенко Г.О., Бойченко К.С. Розвиток підприємства: стратегічні наміри, ризики та ефективність [Електронний ресурс]: колективна монографія. К. : КНЕУ, 2015. с. 231.
2. Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мельник Л.Г., Ракоїд О.О. Стратегія сталого розвитку: Підручник. За редакцією професора В.М.Боголюбова. К.: ВЦ НУБІПУ, 2018. с. 446.
3. Тарасова В.В. Екологізація економіки та екологічність виробництва в Україні. Сайт: Зелений світ – Друзі землі. URL: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BJtLAzoS4SMJ:zsfoe.org/%3Fp%3D4045&cd=3&hl=ru&ct=clnk&gl=ua> (дата звернення: 23.10.2022 р.)
4. Швець В.Я., Баранець Г.В. Трансфер інновацій у логістичних системах: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2015. с. 219.

УДК 504.5(556.047) (477)

**МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБРУДНЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА
ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ВИТОКУ НАФТОПРОДУКТІВ***О. Михальчук**Інститут геологічних наук НАН України*

Забруднення геологічного середовища нафтопродуктами є однією з найактуальніших екологічних проблем сучасної України. У 2024 році ця проблема набуває особливого значення через численні ушкодження складів нафтопродуктів із-за російської військової агресії, застарілість технологій транспортування й зберігання нафтопродуктів, а також недостатній контроль за дотриманням екологічних стандартів.

Витоки нафтопродуктів у ґрунти й підземні води мають катастрофічні наслідки для навколишнього середовища. Вони призводять до деградації ґрунтів, забруднення водних ресурсів, втрати біорізноманіття, а також створюють загрозу для здоров'я населення, яке мешкає в регіонах екологічного ризику. Особливо гостро ця проблема відчувається в західних регіонах України, де розташовані основні нафтовидобувні райони, а також у промислових зонах на сході країни.

Розв'язання цієї проблеми потребує комплексного підходу, який включає модернізацію інфраструктури, впровадження екологічно чистих технологій, посилення контролю за діяльністю підприємств і підвищення екологічної свідомості населення. У цьому контексті необхідно також приділити увагу державним програмам рекультивації забруднених територій і відновлення екологічної рівноваги.

Метою дослідження є обґрунтування вибору та використання програмних засобів з моделювання для конкретного об'єкту, які дозволяють описати процеси витоку та поширення нафтопродуктів у геологічному середовищі, а також оцінити масштаби забруднення. Вибрані програмні продукти та моделі сприятимуть більш точному опису механізмів забруднення, прогнозуванню динаміки його розповсюдження та розробці ефективних заходів для мінімізації шкоди та рекультивації забруднених територій. Результати моделювання мають стати основою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень у сфері екологічного моніторингу та захисту довкілля.

Аналіз сучасних досліджень, присвячених забрудненню геологічного середовища нафтопродуктами, показує, що проблема залишається актуальною через значний екологічний вплив і труднощі з очищенням забруднених територій. Основні аспекти таких досліджень стосуються міграції нафтопродуктів у ґрунтових і водоносних горизонтах, методів ремедіації, а також математичного моделювання процесів забруднення. Дослідження наслідків воєнних дій в Україні 2022-2023 років демонструють значне збільшення випадків забруднення ґрунтів і підземних вод через руйнування нафтобаз. Наприклад, витік нафтопродуктів у м. Бородянка став причиною серйозних екологічних наслідків, зокрема забруднення водоносних горизонтів і ґрунтів прилеглих територій. Для подолання цих наслідків необхідно впроваджувати сучасні технології очищення та моніторингу (Улицький та ін., 2023) [1].

Нафтопродукти, потрапляючи в геологічне середовище, можуть формувати лінзи на рівні ґрунтових вод або проникати в глибші горизонти. Важливим аспектом є втрата мобільності нафтопродуктів через капілярні сили або порове середовище, що ускладнює їх видалення стандартними методами, такими як скіммінг або відкачування (Брикс та Негода, 2017) [2].

Дослідження в аеропорту «Бориспіль» показало, що ліквідаційні відкачки зменшують площу забруднення, але не вирішують проблему повністю. Рекомендується використовувати комбіновані методи, включаючи біоремедіацію та хімічні окислювачі (Шпак та ін., 2021) [3].

Міжнародний досвід. Практики з Чехії, США та інших країн підкреслюють важливість адаптації технологій до локальних умов, зокрема гідрогеологічних параметрів забруднених територій. Зокрема, ефективним вважається використання біотехнологій для відновлення ґрунтів, що підтверджується численними міжнародними дослідженнями (Rashman, 2001; EPA Reports, 1995) [4].

Нафтопродукти мають низьку розчинність у воді, що ускладнює їх видалення через традиційні методи очищення, а також високу рухливість у пористих середовищах, що сприяє широкому поширенню забруднення. Особливу увагу приділено методам виявлення Light Nonaqueous Phase Liquids (LNAPLs), включаючи геофізичні дослідження, пробовідбір і застосування математичного моделювання. У документі підкреслено важливість розуміння складної взаємодії між фізико-хімічними властивостями LNAPLs, характеристиками геологічного середовища та гідродинамічними умовами EPA (1995) [5].

Створення математичних моделей для прогнозування забруднення геологічного середовища внаслідок витоку нафтопродуктів є важливим інструментом для ефективного управління забрудненими територіями та розробки стратегій очищення. Застосування таких моделей дозволяє не тільки прогнозувати розповсюдження забруднювачів, але й оцінювати їхній вплив на підземні води, ґрунти та екосистеми. Це, у свою чергу, сприяє визначенню оптимальних методів санації та розробці ефективних технологій для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

Правильний вибір математичних моделей та програмних продуктів дозволяє оптимізувати процеси моніторингу, передбачати можливі шляхи забруднення, оцінювати ефективність різних технологій очищення і планувати заходи з управління ризиками. Застосування таких моделей є особливо важливим у регіонах, де забруднення нафтопродуктами має довгостроковий характер і потребує ефективних заходів для мінімізації екологічної шкоди.

Для оцінки розповсюдження забруднення нафтопродуктами була створена концептуальна модель впливу осередків забруднення на геологічне середовище. Для моделювання обрали три програмні продукти: MARTHE (Франція), ECOLEGO (Швеція) та MODFLOW (США).

MARTHE дозволяє детально аналізувати потоки у насичених та ненасичених зонах, враховуючи капілярні ефекти. ECOLEGO орієнтований на багатофакторне моделювання екологічних ризиків та тривалого впливу забруднювачів. MODFLOW, широко визнаний у світі, забезпечує точне моделювання підземних потоків на великих територіях.

Результати досліджень можуть бути використані для прогнозування розповсюдження забруднення нафтопродуктами в геологічному середовищі та планування ремедіаційних заходів для об'єктів що постраждали внаслідок російської військової агресії проти України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Улицький О., Д'яченко Н., Соколов А., Сердюкова О. Дослідження забруднення нафтопродуктами зони аерації за допомогою математичного моделювання. Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. 2023. Вип. 59. С.44.
2. Брикс А. Л., Негода Ю. О. Управління ділянками геологічного середовища, забрудненими нафтопродуктами. Геологічний журнал. 2023. №47.
3. Шпак О. М., Гаврилюк Р. Б., Негода Ю. О. Ремедіація підземного середовища, забрудненого нафтопродуктами. Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України. 2021. № 2. С.96-110.
4. Rashman R. Approach to sanitation of soil and groundwater in the Czech Republic. Moscow: Geolink. 2001.
5. U.S. EPA, 1995. Light Nonaqueous Phase Liquids. EPA Ground Water Issue. 28 p.

УДК 504.05:620.9(477)

ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТА ВИКЛИКИ ВІДБУДОВИ

*А. І. Мурашук, К. А. Король, доктор філософії
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Війна в Україні спричинила масштабні руйнування інфраструктури та створила безпрецедентні екологічні та соціальні виклики, які потребують комплексного підходу до їхнього вирішення. Зруйновані будинки та об'єкти несуть у собі безліч небезпечних матеріалів, таких як ртутювмісні та світлодіодні лампи, а також азбест, широко використовуваний у покрівельних матеріалах. Розпад цих матеріалів може спричинити забруднення довкілля та серйозно вплинути на здоров'я людей, що робить першочерговим завданням розробку безпечних методів їхньої утилізації та переробки [1].

Для кращого розуміння впливу небезпечних матеріалів варто представити їхню класифікацію та можливі наслідки:

Небезпечний матеріал	Вплив на здоров'я та довкілля	Методи утилізації
Ртуть	Нейротоксичні ефекти, забруднення водних ресурсів	Демонтаж, спеціальна утилізація
Світлодіодні лампи	Можливість хімічного забруднення	Рециркуляція
Азбест	Канцерогенні властивості, респіраторні захворювання	Захоронення у спеціальних полігонах

Ще одним серйозним викликом є руїни, які можуть приховувати нерозірвані боєприпаси, міни та вибухонебезпечні предмети. Ці загрози не лише заважають процесу розчищення територій, а й ставлять під загрозу життя людей, які працюють у зоні руйнувань або повертаються до своїх домівок. Міжнародний досвід свідчить, що після війни відновлення таких територій потребує значних ресурсів та застосування сучасних технологій для мінімізації ризиків.

Крім фізичних руйнувань, значний вплив мають і пошкодження промислових об'єктів, складів пального та хімічних підприємств. Зруйновані хімічні резервуари та нафтові склади можуть спричинити масштабне забруднення ґрунтів і водних ресурсів, що потребує термінових заходів із очищення. Наприклад, після вилиття хімікатів важливо впровадити заходи з очищення та відновлення природного середовища.

Значну увагу варто приділити збереженню культурної спадщини. Зруйновані історичні пам'ятки, такі як церкви, музеї та архітектурні об'єкти, становлять не лише культурну, але й ідентичнісну втрату. Збереження цих об'єктів потребує комплексного підходу із залученням міжнародної допомоги та відповідних експертів. Окрім прямих фізичних руйнувань, війна має також суттєвий вплив на екосистеми. Зруйновані промислові об'єкти, склади пального та хімічні підприємства можуть стати джерелами масштабного забруднення, яке впливає на здоров'я населення та екологічний стан регіонів. Витоки хімікатів, горіння нафтопродуктів і пошкодження водних об'єктів здатні викликати довготривалі наслідки, такі як забруднення ґрунтів, водних ресурсів і атмосферного повітря [2].

Відбудова країни оцінюється в сотні мільярдів доларів, включаючи ремонт критично важливої інфраструктури, житлового фонду та об'єктів соціальної сфери. Пріоритетними напрямками є розвиток нових енергоефективних та екологічно чистих технологій, що дозволять забезпечити сталий розвиток країни в довгостроковій перспективі. Переробка будівельних

матеріалів, таких як бетонні уламки, для подальшого використання у дорожньому будівництві є одним із прикладів екологічно свідомого підходу до відбудови [3].

Крім технічних аспектів, важливо враховувати соціальні виклики. Велика кількість людей потребує не тільки житла, але й належного медичного обслуговування, зокрема психологічної підтримки для тих, хто пережив травми. Проблеми зі здоров'ям, зокрема синдром тривалого тиснення, який виникає внаслідок потрапляння під завали, є ще однією сферою, що потребує уваги [4].

Отже, екологічні загрози та виклики відбудови мають багатовимірний характер. Успішне подолання цих викликів потребує узгоджених дій на міжнародному рівні, залучення новітніх технологій, законодавчих змін та громадської підтримки. Лише через комплексний підхід можна забезпечити безпечне та стале відновлення країни, що дозволить зберегти екосистему, історичну спадщину та здоров'я громадян [5].

ЛІТЕРАТУРА

1. В ООН назвали основну екологічну небезпеку від зруйнованих війною будинків. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/v-oon-nazvali-osnovnu-ekologichnu-nebezpeku-vid-zrujnovanih-vijnoju-budinkiv/>

2. Перша допомога людям, які опинилися під завалами – поради. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3515454-persa-dopomoga-ludam-aki-opinilis-pid-zavalami-poradi.html>

3. Це потрібно пояснити дітям: чим можуть бути небезпечні напівзруйновані будинки. URL: <https://www.ukr.net/ru/news/details/world/106870728.html>

4. Війна та руїни: знищення церковної архітектури у Донецькій області. URL: <https://dn.gov.ua/news/vijna-ta-ruyni-znishchennya-cerkovnoyi-arhitekturi-u-doneckij-oblasti>

5. Відновлення України під час та після війни: як Україна використовує зелену та цифрову трансформацію для відбудови. URL: https://lb.ua/blog/oleksandr_romanishyn/611187_vidnovlennya_ukraini_pid_chas_pislya.html

УДК 628.77

ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ЛОГІСТИКУ

К. І. Оксенюк, к.е.н., доцент

Луцький національний технічний університет

В сучасних умовах глобалізації та інтернаціоналізації економічних зв'язків, з огляду на зростаючу турботу про екологічні проблеми, інтеграція екологічної безпеки є важливим аспектом. Зміни клімату, забруднення навколишнього середовища та руйнування екосистем стають наростаючим глобальним викликом. Логістика, яка включає в себе управління потоками матеріальних та інформаційних ресурсів, має значний вплив на навколишнє середовище через транспортування, упакування та зберігання товарів.

Теоретичні та прикладні аспекти дослідження логістичної діяльності знайшли відображення в роботах В. Алькеми, С. Бойченка, М. Григорак, П. Дудіна, Р. Каплана, В. Кислого, Є. Крикавського, Т. Кобилинської, М. Крістофера, Р. Купара, Є. Палійчука, Ю. Пономарьової, В. Смирчинського та інших. Однак, багато питань, пов'язаних із інтеграцією екологічної безпеки в логістику, залишаються невирішеними, що зумовлює необхідність подальших поглиблених досліджень.

Логістика – це ключовий елемент сучасних бізнес-процесів, що визначає ефективність та конкурентоспроможність підприємства. Проте, разом із зростанням масштабів логістичних операцій, збільшується і негативний вплив на екологію. Сьогодні стійкий розвиток стає неможливим без інтеграції екологічної безпеки в логістику.

Екологічна безпека в логістиці – це комплекс заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу логістичних операцій на навколишнє середовище. Це включає в себе:

- зменшення викидів парникових газів (оптимізація маршрутів, використання палива з низьким вмістом шкідливих речовин, перехід на електромобілі та інші альтернативні види транспорту);
- скорочення відходів (мінімізація упаковки, використання перероблюваних матеріалів, впровадження систем збору та утилізації відходів);
- збереження ресурсів (раціональне використання води, енергії, сировини);
- захист біорізноманіття (уникнення забруднення природних територій, збереження екосистем).

Таким чином, необхідно впроваджувати нові технології у логістичні процеси, спрямовані на зменшення споживання ресурсів, підвищення енергоефективності та покращення управління відходами.

Одним із ключових аспектів інтеграції екологічної безпеки в логістику є використання екологічно чистих технологій та матеріалів. Зниження викидів CO₂, використання вторинної сировини, оптимізація транспорту та складських приміщень – це лише деякі засоби, які можуть допомогти зменшити негативний вплив логістики на оточуюче середовище.

Крім того, важливо розвивати ефективні стратегії управління відходами та водними ресурсами в логістичних ланцюгах. При цьому, слід пам'ятати, що відповідальність за екологічну безпеку лежить не лише на підприємствах, а й на ланцюгу постачання.

Інтеграція екологічної безпеки в логістику є важливим кроком до сталого розвитку, проте зіштовхується з низкою проблем. Основними проблемами інтеграції екологічної безпеки в логістику є [1-3]:

1. Недостатнє усвідомлення важливості екологічної безпеки у логістичних процесах.
2. Складність від визначення вартості та користі від впровадження екологічно безпечних практик.
3. Відсутність необхідних ресурсів для реалізації екологічних заходів в логістиці.
4. Високі витрати на впровадження екологічної безпеки в логістичних ланцюжках.
5. Недостатня свідомість та освіченість працівників у сфері екологічної безпеки.
6. Суперечності між стандартами екологічної безпеки та іншими вимогами логістичних процесів.
7. Недостатня співпраця між учасниками логістичних ланцюжків у плануванні та впровадженні заходів з екологічної безпеки.
8. Проблеми із забрудненням навколишнього середовища внаслідок логістичних операцій.
9. Відсутність розроблених планів кризового управління у випадку виникнення екологічних аварій у логістичних процесах.

Успішна інтеграція екологічної безпеки в логістику вимагає багатофакторних заходів та співпраці всіх учасників ланцюга постачання. Тільки шляхом спільних зусиль можна забезпечити збереження навколишнього середовища для майбутніх поколінь та досягти сталого розвитку.

Завдяки інтеграції екологічної безпеки в логістику, підприємства можуть не лише зменшити свій вплив на природу, але й отримати конкурентну перевагу на ринку та забезпечити стаке зростання своєї діяльності в умовах сучасного бізнесу.

Отже, інтеграція екологічної безпеки в логістику є складним і багатогранним процесом, який вимагає спільних зусиль держави, бізнесу та суспільства. Саме інтеграція екологічної безпеки дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, забезпечуючи більш

ефективне використання ресурсів та оптимізацію логістичних процесів. Застосування екологічних підходів у логістиці сприяє покращенню якості життя людей, збереженню біорізноманіття та зменшенню негативного впливу на здоров'я населення. Крім того, у зв'язку зі зростанням свідомості споживачів щодо екологічних питань, компанії, які впроваджують зелені практики у свою діяльність, отримують конкурентні переваги на ринку, забезпечуючи більш ефективну співпрацю з клієнтами та партнерами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коцко Т.А. Екологістика як інструмент розвитку підприємств паливно-енергетичного комплексу: процесно-орієнтований аспект. *Український журнал прикладної економіки та техніки*. 2022 рік. Том 7. № 2. С.112-118.

2. Бойченко С.В., Іванченко О.В., Лейда Казимір, Фролов В.Ф., Яковлева А.В. (за редакцією професора С.В. Бойченка). Екологістика, рециклінг і утилізація транспорту: навчальний посібник. К. : НАУ, 2019. 266 с.

3. Research on ecological logistics evaluation model based on BCPSGA-BP neural network / W. Du et al. *Multimed Tools Appl.* 2019. Vol. 78. P. 30271–30295. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-018-6872-x>.

УДК 338.439

ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ

*О. О. Попик, М. А. Петровська, к.географ.н., доцент
Львівський національний університет імені Івана Франка*

Війна внесла суттєві корективи у всі сфери життя українців, не оминувши і сільське господарство. Органічне виробництво, яке й раніше стикалось з низкою викликів, опинилося в особливо складній ситуації. Логістичні проблеми, зниження попиту, кадровий дефіцит та ризики для виробництва – це лише деякі з труднощів, з якими зіткнулися органічні виробники Вінниччини.

По-перше, війна підкреслила важливість продовольчої безпеки та сталого розвитку. Органічне виробництво, як складова сталого сільського господарства, може сприяти підвищенню стійкості агропродовольчої системи до різних криз. По-друге, зростає попит на здорову їжу, особливо в умовах війни, коли якість продуктів харчування може погіршуватися. По-третє, органічне виробництво сприяє збереженню довкілля та має економічний потенціал.

Зміни в органічних землях та операторах України:

- Загальна кількість органічних земель зменшилася з 422.29 тис. га у 2021 році до 77.46 тис. га у 2023 році. Це значне зниження на понад 80%.

- Площа з органічним статусом зменшилася з 370.11 тис. га у 2021 році до 71.72 тис. га у 2023 році. Теж падіння на понад 80%.

- Кількість органічних операторів зменшилася з 528 у 2021 році до 152 у 2023 році, що відображає суттєве скорочення на близько 70%.



Рисунок 1 – Площа органічних земель та органічні оператори України

Зміни в органічних землях Вінниччини:

- Загальна кількість органічних земель на Вінниччині коливалася: з 2.82 тис. га у 2021 році вона незначно впала до 2.75 тис. га у 2022 році, але потім збільшилася до 3.37 тис. га у 2023 році.
- Площа з органічним статусом знизилася з 2.69 тис. га у 2021 році до 2.43 тис. га у 2023 році.
- На Вінниччині кількість операторів залишалася стабільною в 2021 і 2022 роках (по 52), але у 2023 році вона зменшилася до 25, що означає скорочення на понад 50%.

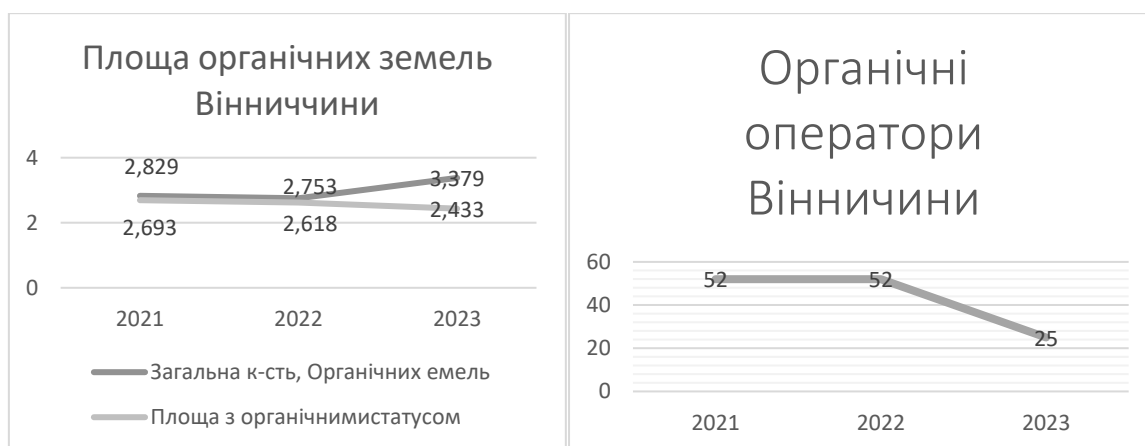


Рисунок 2 – Площа органічних земель та кількість органічних операторів Вінниччини

Ці зміни свідчать про значний вплив війни та економічної нестабільності на органічне сільське господарство як в Україні загалом, так і на регіональному рівні у Вінницькій області. Зменшення кількості операторів та скорочення площ органічних земель можуть бути пов'язані з ризиками, втратами територій та інфраструктурними труднощами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дані інфографіки взяті із сайту Органікінфо. URL: <https://organicinfo.ua/infographics/>

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ

*В. В. Рихва, А. Б. Тарнавський, к.т.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Жорстокі бої з російськими окупантами, що тривають на сході нашої держави, з кожним днем все більше приводять до втрат земельних і водних ресурсів, пошкодження природних екосистем. Станом на кінець жовтня 2024 року загальна шкода природі через воєнні дії оцінюється близько 3 трлн. грн. Майже половина із зазначеної суми становлять матеріальні збитки від викидів шкідливих і отруйних речовин в атмосферне повітря.

Згідно з оцінками екологічних експертів [1] власне екологія східних регіонів Донецької області постраждала від наслідків воєнних дій чи не найбільше серед усіх областей України.

На території Донецької області воєнні дії тривають вже понад 10 років. За весь цей час рашисти постійно і безперервно знищують природні ресурси. У зв'язку з цим наслідки для екологічної безпеки даного регіону можна вважати катастрофічними – сильно пошкоджені та зруйновані промислові об'єкти, вщент спалені лісові масиви, засіяні снарядами різних типів і мінами ґрунти, занедбані і затоплені вугільні шахти, зруйновані чи спеціально підірвані комунікації і об'єкти критичної інфраструктури, загиблі тварини та знищена рослинність, хаотично розкидані тонни металобрухту тощо. В результаті Донецький регіон лише за одне десятиліття втратив те, що було унікальним на його території – насамперед об'єкти природньо-заповідного фонду, які відновити буде достатньо важко або майже практично неможливо навіть протягом сотні років.

Великою проблемою Донецького регіону є і аварійна зупинка великих об'єктів енергетичної і вуглевидобувної промисловості. У зв'язку з цим відсутній відповідний контроль за промисловими відходами, не здійснюються відповідні заходи щодо запобігання негативного впливу на екологію. Інколи деякі негативні процеси забруднення довкілля відстежити практично неможливо. Так, наприклад, в окупованому Маріуполі шламонакопичувачі “Азовсталі” є значною загрозою для Азовського моря. На багатьох шахтах через російську агресію стало неможливим відкачувати шахтні води. Крім того, зафіксовані численні випадки навмисного затоплення вугільних шахт рашистами та демонтаж відповідного технологічного обладнання і комунікацій, яке повинно відкачувати воду. Через вказані дії у даному регіоні суттєво забруднюється питна вода і місцями значно просідає земля. На весні 2024 року через постійні обстріли була сильно пошкоджена і припинила генерацію електроенергії Курахівська ТЕС [2]. Через це значна кількість паливо-мастильних матеріалів, вугілля та золи потрапила у довкілля.

Через воєнні дії дуже багато населених пунктів Донецького регіону залишилися без централізованого питного водопостачання. Іноді жителям у побуті доводиться використовувати навіть відпрацьовані шахтні води. Згодом ці води потрапляють у каналізацію, а після очисних споруд – у ріки. При цьому слід зазначити, що проект реконструкції очисних споруд, які приймають стоки з міст Покровська і Мирнограда є замороженим. Це пов'язано з тим, що, по-перше, держава не може спрямувати величезні суми коштів на розв'язання екологічних проблем, а по-друге – саме на Покровському напрямку ворог постійно проводить штурмові дії і ситуація на даний час вкрай важка [3].

Ворог навмисно і безупинно знищує екосистему Донеччини. Наприклад, після руйнування 25 травня 2023 року дамби на Карлівському водосховищі у Покровському районі російською ракетою із зенітно-ракетного комплексу С-300 з водоймища зійшло близько 7,5 млн. кубічних метрів води [4]. Станом на 16 квітня 2024 року запаси водосховища, що підживлювало водою значну частину Донеччини, вичерпалися.

11 листопада 2024 року рашистські війська підірвали Тернівську дамбу Курахівського водосховища [5]. В результаті воєнних дій через постійні обстріли оглянути поточний стан гідротехнічної споруди біля с. Старі Терни Курахівської громади неможливо. Водночас у селах, що розташовані вздовж течії річки Вовча постійно фіксується підйом рівня води. Поряд з цим фіксуються підступи води з підтопленням населених пунктів Великоновосілківської громади.

Навесні 2022 року рашистські війська підірвали дамбу Оскільського водосховища (Харківщина) [6]. При цьому значна частина флори і фауни загинула через зневоднення внаслідок бойових дій. Проте, через рік після російського теракту природа все таки починає помалу відновлюватися. Негативними наслідками для Донецького регіону стало те, що частина ґрунтових вод зійшла: зміліли колодязі, розпочалося висихання ґрунтів [7]. Води у басейнах Сіверського Дінця вже не вистачає для подачі у Покровськ, Мирноград та найближчі міста.

За результатами моніторингу стану вод у річці Сіверський Донець всюди фіксуються сліди розливів нафтопродуктів, які до того там ніколи не виявляли, неефективна робота очисних споруд через порушення технологічного процесу, перевищення санітарних норм у воді сполук азоту та нітритів, інших небезпечних для здоров'я людини хімічних і канцерогенних сполук. Все це є результатом впливу бойових дій через розриви снарядів, затоплену воєнну техніку, руйнування берегоукріплюючих споруд тощо.

Через бойові дії та втрату України азовського узбережжя війна позбавила доступ нашої держави до значних рибних ресурсів та важливих морських портів. При цьому на великих водних артеріях і невеликих річках спостерігається масовий мор і загибель риби, значна частина морського українського експорту виявилася заблокованою. Саме це стало однією з причин зменшення вилову риби і драматичного падіння економіки регіону.

Експерти в галузі екології пропонують декілька варіантів відновлення екосистем Донецького регіону. Одним із важливих напрямів є відновлення водосховищ. В Україні на законодавчому рівні прописаний варіант відновлення екології, що був використаний у Чорнобильській зоні Відчуження, а саме – самозаростання і ренатуралізація. Це означає – що природа відновлюватиме саме себе, виділяти кошти на значні заходи не потрібно, але цей процес буде найдовшим серед усіх. Проте більшість експертів виступають за впровадження комплексного підходу, про який більш детально можна буде говорити після перемоги України у цій жорстокій війні – звільнення усіх окупованих країною-терористом територій, повного розмінування земельних ділянок і водних акваторій, проведення відповідних екологічних досліджень тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доповідь Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/za-dva-roky-povnomasshtabnogo-vtorgnennya-rf-nanesla-shkody-ukrayinskomu-dovkillyu-na-majzhe-63-milyardy-dolariv-ssha/>.
2. <https://focus.ua/uk/voennye-novosti/629946-kabi-po-teplocentrali-u-merezhi-opublikovali-kadri-vluchannya-po-tes-v-kurahovomu-video>.
3. https://lb.ua/society/2024/11/15/645260_mv_situatsiya_pokrovsku.html.
4. <https://suspilne.media/donbas/491623-pisla-obstrilu-dambi-z-karlivskogo-vodoshovisa-zijslo-75-mln-kubometriv-vodi/>.
5. <https://suspilne.media/donbas/877339-jde-voda-po-selah-so-vidomo-pro-poskodzenna-ternivskoi-dambi-kurahivskogo-vodoshovisa/>.
6. <https://rubryka.com/article/oskilske-vodoshovyshhe-cherez-rik-pislya-rujnuvannya/>.
7. <https://sdbuvr.gov.ua/pres-centr/zmi-pro-nas-2022-2024-roky>.

**ФЕРМОВЕ І ВОЛЬЄРНЕ РОЗВЕДЕННЯ МИСЛИВСЬКИХ ТВАРИН –
ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА КРАЇНИ**

*Е. М. Різун, к.с.-г.н., доцент, П. Б. Хоєцький, д. с.-г. н., професор
Національний лісотехнічний університет України*

Ймовірно у кінці мезоліта – на початку неоліта, внаслідок збільшенням чисельності населення Землі та зменшенням поголів'я дичини, доісторичні мисливці під час полювання відловлювали та залишали малят деяких видів звірів і птахів, утримували, розводили, а потім використовували в їжу. Так відбувався багатовіковий процес domestикації диких тварин і перехід населення від полювання до тваринництва та землеробства, що забезпечило людині надійне джерело їжі.

Із 45,0 тис. відомих видів хребетних, людина утримує і розводить понад 100 видів. Серед ратичних об'єктами вольєрного і фермового розведення є олень благородний і плямистий, муфлон, лань, дика свиня; із хутрових видів – норка, лисиця, ондатра; із птахів розводять крижня, сіру куріпку, гібридного фазана, перепілку. В Україні є ферми із розведення страусів. М'ясо диких тварин, зокрема ратичних, смачне, дієтичне та лікувальне. У країнах Європи попит на оленяче м'ясо збільшується. Цей продукт є низькокалорійним, характеризується незначним вмістом холестерину, до його складу входять вітаміни А, Е, РР, В₁, В₂ та мікроелементи. Приблизно у дворічному віці олень досягає товарної маси. При досягненні маси 100-120 кг вихід м'яса становить близько 60-75 кг. У країнах Європи собівартість кілограма м'яса оленя втричі менша, ніж яловичини, але ціна на оленину більша, ніж на яловичину. Більша ціна зумовлена тим, що розведення мисливських тварин у вольєрах, на фермах, не стимулюється кормовими добавками. Контакт з фармацевтичними препаратами зазвичай відбувається лише при дегельмінтизації, яка проводиться двічі упродовж року (Hoffman, Wiklund, 2006). Розведення мисливських тварин на загороджених територіях забезпечить фармацевтичну промисловість сировиною для виготовлення лікарських препаратів. Зокрема, у Китаї успішно використовують в медицині понад 20 частин оленя, зокрема: панти, жовчний міхур, ембріони, кров, спинний і головний мозок тощо. Вони входять до складу багатьох медичних препаратів (пантокрин, пантогематоген та ін.).

У середині 70-х років минулого століття в країні зареєстровано найбільше чисельність великої рогатої худоби (24,2 млн голів), свиней (1,9 млн), овець (8,1 млн.) і коней (1,1 млн голів). Чисельність великої рогатої худоби протягом 1985-1990 рр. в Україні змінювалась в межах 24,6-26,6 млн голів, свині – близько 20 млн, овець і кіз – 8-9 млн. У 2005 р. чисельність ратичних зменшилась: ВРХ – 6,5 млн, дикої свині – 7,0 млн, овець і кіз – 1,6 млн. За сорокарічний період (1975-2015 рр.) поголів'я ВРХ зменшилось в 6,5 раз, свині – в 2,7 рази, істотно зменшилась чисельність овець і коней. Причини зменшення полягають у соціальних і економічних чинниках: ліквідація колективних господарств, не рентабельність утримання у приватних господарствах та ін. Зменшення поголів'я свійських тварин призводить до зменшення кількості та асортименту продуктів, зокрема м'яса.

Споживання м'яса упродовж року однією людиною у Німеччині становить близько 100 кг, в Австралії, Аргентині, Новій Зеландії, Франції, США – понад 100 кг. Істотно менше споживає його протягом року населення Африки. Так, середньостатистичний житель Нігерії, Ефіопії споживає не більше 10 кг. Найбільшими виробниками м'яса у світі є США, Китай, Бразилія. Частка країн Європейського Союзу становить 14% від світового виробництва м'яса.

В Україні упродовж 1990-2020 рр. зареєстровано поступове зменшення споживання м'яса та м'ясопродуктів від 68 до 31 кг на одну особу, тобто на понад 50%. З 2002 р. виявлено збільшення обсягів споживання від 32 до 56 кг. Споживання населенням м'яса в країні менше раціональної норми, яка становить 80 кг на одного мешканця. Станом на двадцяті роки ХХІ

ст. обсяги виробництва м'яса в Україні більші, ніж у 60-х роках минулого століття, але менші, ніж упродовж 1970-1980 рр. ХХ ст. (рис. 1).

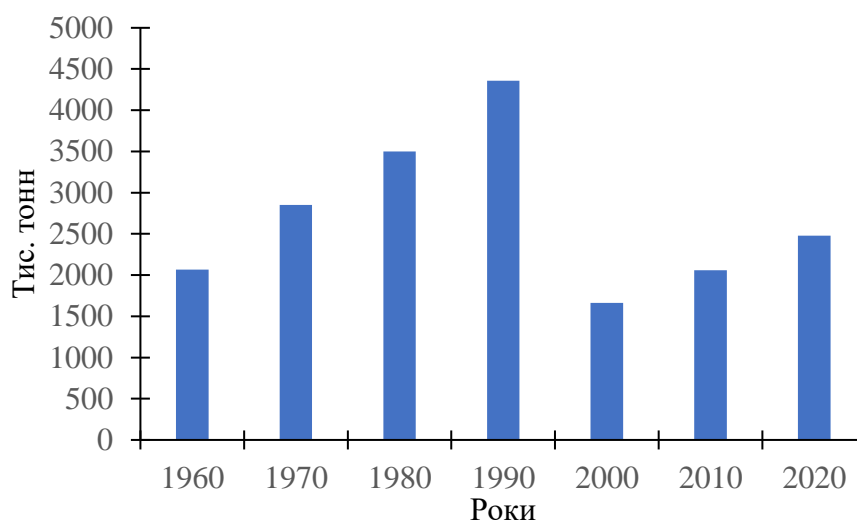


Рисунок 1 – Обсяги виробництва м'яса в Україні

Згідно розрахунків, розведення мисливських тварин на мисливських фермах, вольєрах в декілька раз прибутковіше утримання на цій же площі свійських тварин. Дикі тварини: майже не вимагають догляду, для них не потрібно будувати ферм; менше піддаються захворюванням; м'ясо якісне (Woodford, Washington, 2000). Розведення диких тварин дозволяє залучати угіддя малоприсадибні для традиційної господарської діяльності.

Перспективність напіввільного утримання і розведення мисливських тварин полягає в тому, що в останнє десятиліття мисливські господарства втратили значне поголів'я свині дикої внаслідок захворювання, що спричинила африканська чума свиней, і депопуляції поголів'я виду в угіддях деяких користувачів мисливських угідь (Хоєцький, Похалюк, Шелепило, 2017).

Таким чином, необхідна державна підтримка організації і ведення фермового та вольєрного мисливського господарства з метою забезпечення продовольчої безпеки України, а також як форми збереження генофонду мисливських тварин, зменшення сільського безробіття тощо. Фермове і вольєрне розведення диких ратичних повинно стати важливим елементом ведення мисливського і сільського господарства, як альтернатива традиційному тваринництву. Для обслуговування вольєри та ферми не потрібно багато працівників, достатньо 2-3 із відповідною фаховою підготовкою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Похалюк О. М. Шляхи покращення ведення мисливського господарства в умовах Західного Полісся. Перспективи розвитку лісового та садово-паркового господарства : матер. Всеукр. наук.-практ. конф. (1-2 червня 2016 року). Умань: Видавець «Сочінський М. М.», 2017. С. 68-69.
2. Хоєцький П. Б., Похалюк О. М., Шелепило А. В. Африканська чума свиней // Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького. 2017. Т. 19. № 78. С. 141-145.
3. Hoffman L.C., Wiklund E. Game and venison - meat for the modern consumer. Meat Sci. 2006. Vol. 74. P.197-208.
4. Woodford M.H., Washington D.C. Wild relatives of domestic livestock and some suggestions for new domestication. World Watch List for domestic animal diversity. Rome, 2000. P. 648-716.

ОЦІНКА РУБОК ЛІСУ НА ТЕРИТОРІЇ ВЕРХОВИНСЬКОГО ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ЗА ПЕРІОД 2018-2024 РОКІВ ШЛЯХОМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ

С. А. Савченко¹, О. О. Погрібний², к. с.-г. н, В. В. Гулевець³

¹Національний екологічний центр України

²Національний природний парк "Гуцульщина"

³Міжрегіональна Академія управління персоналом

На території України, особливо в районі Карпатських гір, поширена практика законних, несанкціонованих і самовільних рубок лісу. Якщо законні рубки можна контролювати та фіксувати за допомогою відповідних документів, то інші два види рубок важко зафіксувати та задокументувати. Причому складність виявлення таких вирубок зростає з часом, що минув після їх здійснення.

Методи дистанційного зондування дозволяють визначати не тільки площі пошкоджених територій, а й час коли ця подія відбулася. Щоб знайти "золоту середину" між аналізом космічних знімків у застосунках та використанням готових аналізів з міжнародних платформ пропонується метод, який дозволяє взяти краще з цих двох напрямків обробки знімків та є простим у застосуванні. Для оцінки пропонованого методу на практиці був виконаний аналіз законних рубок лісу на території Верховинського лісового господарства.

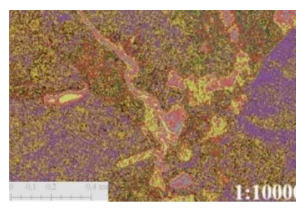
Основою для аналізу рубок було обрано знімки з сервісу "Planet" [1] з роздільною здатністю до 3 м. В основу пропонованого методу була закладена ідея розглядати супутниковий знімок як набір пікселів, що дає можливість автоматичного розбиття комбінованого знімку (RGB) за діапазоном значень пікселів (кольорів) на класи з подальшою ідентифікацією класів які відповідають рубкам/нетиповим об'єктам на знімку.



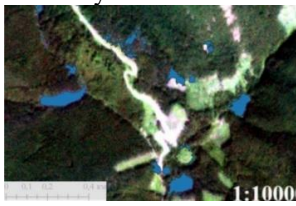
Частина вихідного знімку



Знімок з відключеною частиною класів



Частина знімку з визначеними класами



Результат оцінки

Рисунок 1 – Приклад аналізу знімку (деякі об'єкти які належать до класу пікселів які відповідають рубкам не виділялися, оскільки вони є однаковими для знімків (полонини/дороги), або були визначені як рубки / частини рубок за попередні роки)

Цей метод схожий на неспостережуваний метод класифікації (Unsupervised Classification [2]), який зазвичай використовують для класифікацій знімків. Однак, на відміну від неспостережуваного методу, як і від інших методів, які базуються на заданні початкових класів (семплів) (наприклад Random Trees Classifier [3]) пропонований метод не потребує додавання наборів зразків (семплів), або схем класифікації перед початком обробки знімку та дозволяє більш точно визначати контури об'єктів (незалежно від завдання/об'єкту – рубки,

полонини, дороги, інше). Такий ефект досягається за рахунок того, що запропонований метод в результаті класифікації групує пікселі на знімку до певного класу, і при цьому в результаті класифікації кожен піксель на знімку залишається окремою одиницею з якою можна працювати, тоді як в результаті класифікації неспостережуваним методом [2] усі пікселі на знімку групуються до визначеного класу і при подальшому опрацюванні кожен піксель вже розглядається як частина певного класу, а не окрема одиниця. Така відмінність дає можливість обробки кожного пікселю окремо, що дозволяє виконувати більш глибокий аналіз ніж згадані методи класифікації супутникових знімків [2].

Наступним кроком після задання кількості класів є вимкнення зайвих класів та фільтрування класів, що залишилися (Рис.1). Після проведення фільтрування оператор визначає якому об'єкту відповідає клас - ліс, полонина, дорога та інше. Верифікація отриманих результатів проводиться порівнянням серій знімків, натурними дослідженнями територій або підтвердженнями від експертів. Приклад оцінки наведено на Рис.2.

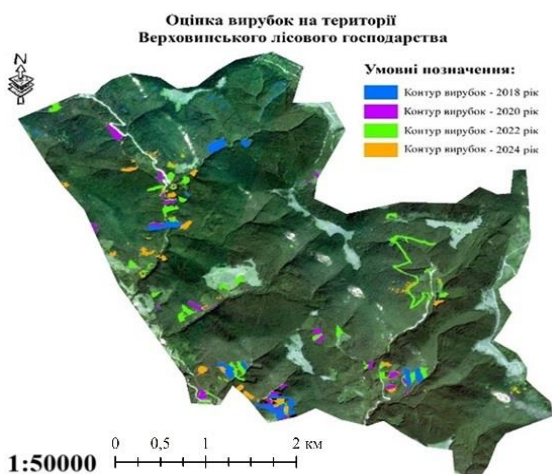


Рисунок 2 – Розташування місць рубок лісу на території Верховинського лісового господарства

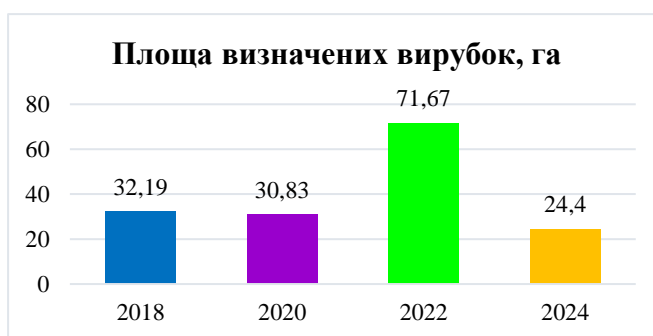


Рисунок 3 – Результати оцінки рубок на території Верховинського лісового господарства за період 2018-2024 років

За період з 2018 р. по 2024 р., найбільша площа рубок була зафіксована у 2022 році - 71,67 га, що зумовлено будівництвом нової дороги. Рубки зафіксовані у 2018 та 2020 роках мали статус нових або були розширенням існуючих рубок. Зафіксовані площі рубок становили 32,19 та 30,83 га відповідно. Рубки зафіксовані у 2024-му році, переважно, мали статус нових і лише у декількох випадках були розширенням рубок зафіксованих у минулих роках. Зафіксована площа рубок становила 24,4 га (Рис.3). У 2022 році було здійснено значні рубки, котрі становили в середньому на 15-20% більше річного приросту деревини для даної території (річний приріст деревини в цих умовах 7 м³), що негативно впливає на досліджувану екосистему в цілому. Це зумовлено розробленням нової лісовозної дороги, що суттєво збільшило лісокористування. Для зменшення негативного впливу слід було в цей рік відмовитися від інших рубок, проте підприємство цього не зробило, цим самим зумовивши переважання рубок над річним приростом.

ЛІТЕРАТУРА

- Planet Explorer. URL: <https://www.planet.com/explorer/?code=gg95EX3zmsNBH3F8mypoPQjrgEqL-fzAZIBA9phymFol&state=jKpAXcZM5q2cxAt4toVV6KYqv0HsvC0SRRZvh00AHfM> (дата звернення: 14.11.2024)
- Unsupervised Classification in Remote Sensing. URL: <https://gisgeography.com/unsupervised-classification-remote-sensing/> (дата звернення: 14.11.2024)

3. Train Random Trees Classifier (Spatial Analyst). URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/train-random-trees-classifier.htm> (дата звернення: 14.11.2024)

УДК 504.3.054

ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ УНАСЛІДОК РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА СУЧАСНОСТІ

*О. О. Семенченко, к.т.н., доцент, В. М. Безпальченко, к.х.н., доцент
Херсонський національний технічний університет*

Повномасштабне вторгнення росії завдало серйозної шкоди довкіллю України. Однією з найактуальніших і найбільочіших екологічних викликів сьогодення є забруднення повітря. Це зумовлено низкою причин, зумовлених війною, таких як: бомбардування, переміщення військової техніки, руйнування цивільних будівель і промислових підприємств, лісові пожежі, пошкодження сховищ палива. Щодобово з 22 лютого 2022 року російські війська тероризують Україну за допомогою різного типу зброї. Під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук: чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), водяна пара (H₂O), бурий газ діоксид азоту (NO₂), закис азоту (N₂O), формальдегід (CH₂O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N₂), а також велика кількість токсичних органічних речовин, що забруднюють ґрунти, природні води, повітря [1]. Під час вибуху всі речовини проходять повне окиснення, а продукти хімічної реакції потрапляють в атмосферу. Основні з них – вуглекислий газ і водяна пара – не є токсичними, а шкідливі в контексті зміни клімату, оскільки обидва є парниковими газами. Повномасштабна війна призвела до викидів 180 мільйонів тонн CO₂. В атмосфері оксиди сірки та азоту можуть спричинити кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту та викликають опіки рослин, до яких особливо чутливі хвойні. Кислотні дощі мають негативний вплив на організм людини, тварин та птахів, впливаючи на стан слизових тканин та органів дихання.

В Україні внаслідок бойових дій частково або повністю зруйновано багато промислових підприємств (металургійних заводів, хімічних комбінатів, нафтопереробних заводів), що призвело до витоку шкідливих речовин у довкілля. Наприклад, наприкінці червня 2024 року внаслідок влучання у склади на Одещині в повітря потрапило понад 240 тисяч тонн забруднюючих речовин. Великі ризики для довкілля створює не тільки детонація снарядів, а влучання в промислові об'єкти. В таких випадках пожежі можуть тривати від декількох годин до декілька днів, при цьому у повітря потрапляє велика кількість шкідливих речовин, які потім осідають на ґрунті [2]. Продукти горіння, які потрапляють у повітря складаються з токсичних газів і твердих частинок. В місцях, де були проведені заходи з гасіння пожежі, забруднення можуть включати залишки протипожежної піни. Пошкодження транспортних засобів, складів із паливом та транспортних вузлів призводить до викиду нафтопродуктів і хімічних речовин, що додатково забруднюють атмосферу. Вуглеводні, які утворюються у результаті неповного згоряння пального (вугілля, нафти, бензину) – не токсичні, але в фотохімічних реакціях вони взаємодіють з іншими продуктами горіння і утворюють надзвичайно токсичні речовини. Так на 10 листопада 2024 року кількість згорівших нафти, нафтопродуктів та газу складає 3078650 тонн, що спричинило викиди в атмосферне повітря 10 805 607 тонн забруднюючих речовин [3]. Сума збитків довкіллю склала приблизно 138 млрд. грн. За рахунок експлуатації військової техніки збільшується кількості викидів, забруднюючих атмосферу. До відпрацьованих газів входить більше тисячі різних шкідливих речовин, які чинять негативний вплив на людину і довкілля. Основними є оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту, альдегіди,

сполуки сірки, тверді частинки, канцерогенні речовини. Їх дія на організм людини і довкілля негативна.

Основна частка викидів походить від пожеж у лісах, на інфраструктурних об'єктах та на місцях ураження артилерією та ракетами і спалювання палива військовою технікою. В 2022 році фактично 70% від площі всіх пожеж зареєстровано у 25-кілометровій буферній зоні, у 2023 році – 45%. Кількість і площа ландшафтних пожеж збільшуються відносно відстані до лінії фронту. Так у 2023 році щільність пожеж у 5-кілометровій буферній зоні була в 49 разів вищою порівняно із значенням щільності пожеж на решті території України, у 10-кілометровій зоні – у 10,5 разів, а у 20-кілометровій зоні – майже вдвічі. Наприклад, в серпні 2024 року в Національному природному парку «Святі гори», розташованому в Краматорському і Бахмутському районах, знищено майже 10000 гектарів (приблизно 80% лісових насаджень) лісу через постійні пожежі внаслідок бойових дій. Приблизно 90% лісових пожеж до травня 2024 року виникло через війну. Площа лісів, які постраждали від пожеж 67,0 тис. га. Сума збитків довкіллю склала 1,02 трлн. грн. Війна загрожує знищенню 35% біорізноманіття Європи [4]. Станом на 10 листопада 2024 року площа згорілих лісів та інших насаджень 86 495 га, що призвело до викидів в атмосферне повітря 61 773 850 тонн [5].

Одними з найбільш небезпечними для довкілля снарядами є фосфорні бомби (заборонені міжнародними конвенціями для застосування проти військових цілей в житлових районах), що мають дуже негативний вплив на довкілля і на людей. Фосфорні бомби спричиняють пожежі та хімічні опіки. Білий фосфор потрапляючи на тіло людини може призвести до смертельних опіків. Горіння фосфору може призвести до загибелі тварин, рослин і всього навколо, оскільки ця речовина у реакції з киснем дуже швидко загоряється. І його важко загасити, поки відбувається реакція.

Руйнування будівель, розриви снарядів і артилерійські обстріли призводять до утворення великої кількості дрібних частинок пилу та аерозолів у повітрі. Забруднення атмосферного повітря за ступенем хімічної небезпеки для людини посідає перше місце. Це обумовлено тим, що забруднюючі речовини з атмосферного повітря мають найширше розповсюдження. Залежно від своєї природи, концентрації, часу дії на організм людини забруднюючі речовини можуть викликати різні несприятливі наслідки. Вони можуть проникати у легені людини та викликати проблеми з диханням, особливо у тих, хто страждає на респіраторні захворювання. Короткочасна дія невеликих концентрацій таких речовин може викликати запаморочення, нудоту, печію в горлі, кашель. Потрапляння до організму людини великих концентрацій токсичних речовин може привести до втрати свідомості, гострого отруєння і навіть смерті. Захворювання, що спричинені забрудненням повітря: рак, серцево-судинні й респіраторні захворювання, цукровий діабет, когнітивні розлади, неврологічні захворювання.

Воєнні дії підвищують ризик зміни клімату не лише в Україні, а й за її межами. Збитки від викидів вуглекислого газу через вторгнення росії станом на грудень 2023 року становили 10 мільярдів доларів [4]. Загалом унаслідок російської збройної агресії від початку вторгнення сума збитків від викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря станом на серпень 2024 року України становить понад 32 мільйони гривень. Допоки триватиме війна, ця сума збільшуватиметься. Екологічний договір для України, розроблений у 2024 році міжнародною робочою групою високого рівня за ініціативи Офісу президенту містить 50 рекомендацій для оцінки завданої шкоди довкіллю України і пошуку шляхів його відновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сайт Державної екологічної інспекції. URL: <https://lg.dei.gov.ua/post/1479>.
2. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Єременко С.А., Пруський А.В., Демків А.М. Захист критичної інфраструктури в умовах надзвичайних ситуацій: монографія / за заг. ред. П.Б. Волянського. Київ, 2021. 375 с.
3. Офіційний ресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/>.

4. Н. Степанишин. Як вторгнення росії впливає на довкілля України та що ми можемо зробити для відновлення. 31.08.2024. URL: <https://osvita.nakypilo.ua/yak-viyna-vplyvaye-na-dovkilliya-ukrayiny>.

5. Результати досліджень щодо ситуації із лісовими та іншими ландшафтними пожежами за період ведення бойових дій в Україні. 06.02.2024 р. URL: <https://forest.gov.ua/news/rezultaty-doslidzhen-shchodo-sytuatsii-iz-lisovymy-ta-inshymy-landshaftnymy-pozhezhamy-za-period-vede>.

УДК 342

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ: АКТУАЛЬНІСТЬ І ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ УВАГИ

В. С. Сивицький

Рівненський інститут Київського університету права Національної академії наук України

Євроінтеграційні прагнення України висувають, серед іншого, значні вимоги щодо засадничих підходів до формування та здійснення загальнодержавної й регіональної екологічної політики, а також гарантування належного рівня екологічної безпеки. При цьому варто наголосити, що поняття екологічної безпеки прямо згадується у тексті Конституції України, що само по собі надає особливого значення відповідному феномену. Водночас, визначення поняття «екологічна безпека» Основний закон не дає. «Не містить такого визначення, як не дивно, і Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28 лютого 2019 року, хоча широко послуговується поняттями «екологічна політика», «екологічне управління», «екологічно безпечні технології», «екологічні проблеми», тощо» [1, с. 114-115].

У зв'язку з означеним вивчення та осмислення зарубіжного, зокрема європейського, досвіду забезпечення екологічної безпеки становить очевидний науковий і практичний інтерес для оцінювання, порівняння та адаптації продуктивних політико-правових, організаційно-інституційних, науково-методичних та інших ініціатив, що загалом сприяють практичній реалізації права на екологічну безпеку. Переконані, що дослідницька увага до комплексу суспільних відносин, які виникають у межах ЄС з метою забезпечення екологічної безпеки, є необхідною й корисною у контексті зближення змісту екологічної політики України і Європейського Союзу.

Пріоритети нашої дослідницької уваги детерміновані тим, що відповідно до положень теорії безпеки соціальних систем категорія «безпекова діяльність» на концептуальному рівні розуміється як форма «активного ставлення суб'єктів безпеки до безпекової дійсності, зміст якого полягає у проведенні в ній відповідних змін на основі засвоєння та розвитку безпекової культури» [2, с. 80]. З означеного походить, що аналізуючи зарубіжний досвід забезпечення екологічної безпеки необхідно передусім звернути увагу на: 1) особливості творення правового інституту екологічної безпеки; 2) зміст і специфіку цього правового інституту; 3) суб'єктів екобезпекової діяльності, яка ґрунтується на норми правового інституту екологічної безпеки; 4) методи і форми забезпечення екологічної безпеки.

Аналізуючи досвід європейського інтеграційного об'єднання у сфері забезпечення екологічної безпеки варто наголосити, що законодавство ЄС «традиційно називається правом охорони довкілля та прямо не закріплює усталеного для українського законодавства терміну «екологічна безпека»» [3, с. 71]. Як відзначає Ю. Краснова, більш поширеним є термін «охорона довкілля», яким позначається система організаційно-правових заходів, що забезпечують, зокрема, і екологічну безпеку.

Формально та інституційно спільна екологічна політика європейського інтеграційного об'єднання була започаткована на Конференції глав держав та урядів, що відбулася 1972 р. у Парижі, а вже з середини 90-х рр. XX ст. ефективна екологічна політика виділяється в один із пріоритетних напрямів діяльності ЄС (у 1998 р. було проголошено про включення питань охорони навколишнього середовища в усі напрями політики) [4, с. 188]. Нині ж «підтримка екологічної безпеки та сталого розвитку стала важливим аспектом міжнародних відносин в Європі і визначає напрямок розвитку європейського співробітництва, спрямованого на забезпечення спільної екологічної політики і екологічної безпеки» [5, с. 199]. При цьому у принципах, що детермінують практику залучення конкретної інструментарію нормативно-правового й організаційно-правового характеру щодо забезпечення екологічної політики ЄС набуває своєї систематизації й предметного вираження ідеології екоцентризму й застосуванні екосистемного підходу [6].

Варто також наголосити, що у дослідженнях особливостей європейської управлінської практики, зокрема у сфері спільного екологічного управління, відзначається, що Європейська Комісія прагне «забезпечити взаємодоповнюваність між політикою координації та іншими відповідними європейськими політиками та екологічними ініціативами на етапі їх розробки та полегшити оперативну координацію між програмами, що підтримують співпрацю між місцевими громадами та регіонами» [7, с. 246]. Крім того, дослідники зарубіжного досвіду реалізації політики екологічної безпеки відзначають, що «основою всієї системи захисту навколишнього середовища в економічно розвинутих країнах є активне державне регулювання, в якому значні пріоритети надаються економічному стимулюванню та підтримці підприємництва, що розвивається в напрямі екологізації суспільного виробництва» [8, с. 299].

На сам кінець відзначимо, що дослідження наявного досвіду формування правових основ реалізації екологічної (екобезпекової) політики у Євросоюзі суб'єктами цієї політики усіх рівнів робить обґрунтованою позицію щодо актуальності реформи українського екологічного законодавства, що очевидно сприятиме упорядкуванню правовідносин у сфері забезпечення екологічної безпеки. Відповідне забезпечення, зважаючи на досвід євроінтеграційного об'єднання, являє собою самостійне нормативне утворення – інститут права, яке включає як систему норм екологічного права, так і норм інших галузей, які регулюють однорідні суспільні відносини, що складаються у сфері дотримання та захисту права людини на екологічну безпеку.

На часі також уніфікація з ЄС нормативно-правових засад реалізації екологічної політики, зокрема практики забезпечення екологічної безпеки. Своєю чергою, належне правове забезпечення екологічної безпеки виступає основою ефективних політико-правових, організаційно-інституційних, науково-методичних та інших ініціатив, що матимуть не декларативний, а реальний характер й працюватимуть на забезпечення прав українців на екологічну безпеку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міщук І. В. Екологічна безпека: правовий зміст і легітимація. Наука і техніка. 2023. № 14(28). С. 111–122.
2. Франчук В. І. Теорія безпеки соціальних систем: підручник. Львів: ЛьвДУВС, 2016. 216 с.
3. Краснова Ю. А. Правове забезпечення екологічної безпеки в Європейському Союзі. *Південноукраїнський правничий часопис*. 2020. № 2. С. 71–77.
4. Загурський О. Б. Міжнародний досвід забезпечення екологічної безпеки. *Юридичний науковий електронний журнал*. 2020. № 2. С. 187–190.
5. Федина К. М. Європейський досвід екологічно безпечного використання природних ресурсів. *Економічний форум*. 2015. № 4. С. 199–203.
6. Матвійчук А. В. Криза еколого-етичних концепцій: перспективи вирішення. *Нова педагогічна думка*. 2014. № 3. С. 215–218.

7. Воротін В. Є. Стратегічне бачення європейського державотворення та екологічна складова згуртованості публічного управління в Україні. *Екологічні науки*. 2024. № 2(53). С. 243–247.

8. Радченко Л. М., Кризина Н. П. Державне регулювання фінансування охорони навколишнього середовища: зарубіжний досвід. *Молодий вчений*. 2019. № 7 (71). С. 298–301.

УДК 621.039.7

СИСТЕМА БЕЗПЕЧНОГО ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ВІЙНИ

*В. Л. Сидоренко¹, д.т.н., професор, С. А. Єременко¹, д.т.н., професор,
С. О. Вамболь², д.т.н., професор*

¹*Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту,*

²*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»*

Екологічна ситуація у країнах зі слабкою економікою є досить складною. Це чітко видно на прикладі України і ця ситуація стосується проблеми забруднення повітря, води, ґрунту та управління відходами. Будь-який військовий конфлікт може істотно погіршити екологічний стан навколишнього середовища, що у майбутньому потребує серйозних зусиль для створення сприятливих і безпечних умов для населення, флори і фауни. Наявність достатньої кількості радіоактивних відходів (РАВ), що зберігаються на території країни, обумовлює одну із найсерйозніших екологічних проблем через їх високий рівень небезпеки.

Для розуміння актуальності та важливості дослідження процесу поводження з РАВ в Україні необхідно знати їх кількісні показники. Сучасні РАВ – це радіоактивні й ядерні речовини та джерела іонізуючого випромінювання. Джерелами утворення і накопичення РАВ на території України є атомні електростанції (АЕС), державні сховища (переважно території спеціалізованих підприємств або військово-промислового комплексу), території знезараження РАВ, медичні установи, промислові підприємства, науково-дослідні лабораторії тощо. Найбільшим генератором РАВ в Україні є діючі АЕС, що генерують близько 27 м³ твердих і 35 м³ рідких РАВ на 1 млрд кВт/год електроенергії залежно від типу реактора.

Після зняття ЧАЕС з експлуатації на нинішньому підготовчому етапі були побудовані та введені в експлуатацію об'єкти поводження з РАВ, що були накопичені на Чорнобильській АЕС та утворені після її зупинки. Під час роботи реакторів РВПК-1000 утворилося близько 2500 тонн відходів ядерного палива. Основним місцем концентрації РАВ у зоні відчуження є об'єкт «Укриття». В об'єкті «Укриття» та його промислового майданчику міститься (4–17,4)·10⁵ м³ РАВ. Кількість РАВ, що потребують захоронення, становить від 3,5 до 5,0 млн м³ і основний внесок (від 2,9 до 4,2 млн м³) у ці обсяги вносять Зона відчуження та об'єкт «Укриття» (їхня частка становить біля 92%). Велику частину відходів (до 98%) може бути захоронено у поверхневих сховищах і лише приблизно 75 тис. м³ РАВ є довгоіснуючими, а тому повинні бути захоронені у геологічному сховищі [1, с. 7, рис. 1, табл. 1].

Враховуючи зазначене вище наше дослідження спрямоване на пошук найбільш раціональних процесів поводження з накопиченими та новоутвореними РАВ, а саме зроблено спробу використати системний аналіз для поводження з РАВ в Україні, оскільки його визнано ефективним інструментом для вирішення складних, погано формалізованих проблем.

Основи та порядок поводження з РАВ регулюються національним законодавством та міжнародними угодами. РАВ після їх утворення проходять ряд процесів перетворення та переміщення перед довгостроковим зберіганням або остаточним захороненням. Технологічно це послідовні процеси, що полягають у зборі і сортуванні РАВ за категоріями, обробці і

зменшенні їх обсягу, кондиціонуванні, транспортуванні, зберіганні та похованні. Як видно з перерахованих процесів проблема поводження з РАВ є комплексною та потребує врахування багатьох чинників, тому системний підхід є найбільш доцільним для вирішення цієї проблеми. Використовуючи класичний підхід під «системою» ми розуміємо сукупність частин, що перебувають у взаємозв'язках і утворюють певну цілісну єдність. Таким чином, усі об'єкти в Україні, що утворюють або накопичують РАВ та здійснюють з ними поводження, можна представити як систему поводження з РАВ.

Розуміючи всю різноманітність джерел утворення РАВ, типів накопичуваних і утворених відходів, а також технологічних процесів поводження з РАВ, систему доцільно представити у вигляді підсистем та її елементів. Вихідною основою має бути функціональний підхід, тобто представлення всієї системи через функціональні підсистеми – групи об'єктів, на яких поводяться з РАВ і подальший розподіл кожної з функціональних підсистем на наступні підсистеми за характеристиками утворюваних і накопичуваних РАВ (агрегатний стан, рівень активності, радіонуклідний склад тощо), які, у свою чергу, поділяються на елементи. Для нижчої ланки (елемента системи) відноситься певний вид діяльності (спосіб поводження) з визначеним видом РАВ, що потребує регулювання. З точки зору системи нормативного регулювання безпеки поводження з РАВ таким елементом є регулюючий вплив на кожен конкретний вид діяльності з РАВ. Використовуючи метод аналізу ієрархії Томаса Лорі Сааті ми представляємо систему управління РАВ у вигляді послідовної лінійної деревоподібної ієрархічної структури [1, с. 8, рис. 2].

Для вирішення таких складних проблем безпеки під час поводження з РАВ існує універсальна методологія, заснована на системному підході та системному аналізі, універсальність яких дозволяє нам розглядати безпеку як систему та вживати заходів для її покращення на основі цього розуміння. Звичайно, процес досягнення бажаного рівня безпеки є складним завданням на майбутнє, яке на даний момент не вирішується задовільним чином. Зазначена ієрархічна структура враховує основні аспекти поводження з РАВ. У результаті аналізу 13-ти функціональних підсистем встановлено, що для регулювання безпеки всієї системи поводження з РАВ в Україні передбачено понад 20 напрямів прийняття рішень щодо видів РАВ та понад 45 напрямів прийняття рішень про те, як з ними поводитися. Такий процес поводження з РАВ буде фрагментарним, некерованим і практично нерегульованим. За допомогою системного аналізу у нашому дослідженні ми перейшли від словесного опису проблеми до формального – створення концептуальної моделі системи безпечного поводження з РАВ. Модель схематично являє собою взаємопов'язані технологічні процеси, що враховують агрегатний стан РАВ та рівні їх радіаційної активності [1, с. 9, рис. 3]. Концептуальна модель структурує систему поводження з РАВ з усім різноманіттям об'єктів – джерел утворення РАВ, їх типів та видів діяльності, пов'язаної з ними, в окремі підсистеми – етапи поводження з РАВ від їх утворення до захоронення і таким чином дозволяє істотно зменшити кількість вказівок, необхідних для регулювання безпеки під час прийняття рішень.

У загальному підході виділяють три основні етапи: підготовчий, технологічний і завершальний. Така градація зумовлена особливістю процесів поводження з РАВ. Кожний етап можна розглядати як блок взаємопов'язаних підсистем. Привертає увагу й можливість подальшого структурування у межах окремих етапів. Наприклад, для всіх типів агрегатних станів РАВ можна виділити підетап переробки з подальшим виділенням елементів цього сегмента. Такий варіант представлення безпечного поводження з РАВ у вигляді багаторівневої декомпозиції дає змогу більш адекватно простежувати зв'язки між елементами системи та логіку їх взаємодії.

Отже, якщо фахівці чітко розуміють логіку безпеки, то це позитивно впливає на вибір найкращої технології для подальшої детальної стратегії. На кожному відповідному рівні деталізації цей підхід слід застосовувати до кожного з досліджуваних варіантів управління РАВ. Це має бути спрямоване на встановлення чітких зв'язків між характеристиками та обсягами РАВ, пропонованими технологіями та пов'язаними з ними ризиками, безпекою та

механізмами управління витратами. У зв'язку з цим запропонована ієрархічна структура, а також концептуальна модель системи безпечного поводження з РАВ дозволяє формувати подальші дії та відповідно розвивати технологічні процеси, логікою яких є основні критерії екологічної безпеки та мінімальних ризиків для населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Yeremenko S., Sydorenko V., Mishchenko I., Mezentseva I. Application of Cause-And-Effect Relationships on Support Strategic Decision-Making in Radioactive Waste Management in Ukraine. *Trends in Ecological and Indoor Environmental Engineering*. 2024. 2(2). 6–10. DOI: 10.62622/TEIEE.024.2.2.06-10.

УДК 628.3:662.23

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД У ЦУКРОВІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ЯК ФАКТОР ЕКОЛОГОРІЄНТОВАНОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

*П. П. Скороход, О. М. Маєвська, к.б.н.
Національний лісотехнічний університет України*

Цукрова промисловість України є важливою складовою харчової галузі України. В процесі перероблення цукровмісної сировини (цукрових буряків або меншою мірою цукрової тростини) отримується цукор-пісок та цукор-рафінад. Значна частина виробленої продукції експортується. У 2022-2023 роках український імпорт цукру збільшився у понад 10 разів і за підсумками 2023 року сягнув 506 тис. тонн, принісши чистий прибуток у 390 млн \$. Прогнозується, що виробництво цукру становитиме орієнтовно 1,55 мільйона тонн у сезоні 2024/25, адже існує стійкий попит на цю продукцію у країнах ЄС [1, 2]. Попри повномасштабну війну в Україні функціонує значна кількість підприємств з перероблення цукровмісної сировини. Частина потужностей є частково втраченою через небезпеку вирощування цукрових буряків на замінових полях або неможливість роботи підприємств у зоні бойових дій чи поблизу них. Важливими факторами роботи підприємств цукрової галузі в умовах війни є економне використання природних ресурсів через постійно зростаючу її вартість та складність безперебійного забезпечення підприємств енергією через ймовірні відключення електроенергії чи зменшення її подачі для промислового сектору. Однією з можливостей вирішення проблеми енергозабезпечення є використання альтернативних джерел відновлювальної енергетики, таких як отримання енергії з залишкової вторинної біомаси чи природних джерел, зокрема сонячної чи вітрової енергетики.

У нашій роботі зосереджена увага на оптимізації використання водних ресурсів у цукровій галузі, адже збільшення масштабів виробництва цукру спричиняє більшу потребу у використанні води і через це посиленні впливу на довкілля. Виробництво цукру характеризується не тільки значними обсягами водозабору води, але й формуванням великих об'ємів складних щодо якісного та кількісного складу стічних вод, тому необхідним є ефективне управління стічними водами завдяки можливості впровадження сучасних технологій водоочищення та водокористування. Інтеграція біологічних, хімічних і фізичних методів очищення стічних вод дає змогу отримати очищені стічні води такої якості, що вони можуть безпечно бути повернуті у природні водні об'єкти, не несучи ніякої небезпеки для водних екосистем та гідробіонтів, які їх населяють. Існує інша можливість використання очищених стічних вод як технічних, зворотньо повернутих у технологічні цикли підприємства за умови налагодженої замкнутої системи водокористування на ньому. Такою сучасною

методологією, що підвищує ефективність очищення стічних вод на цукропереробних підприємствах є водний пінч-аналіз (water pinch analysis). Визначальним моментом цієї технології є визначення потоків води, що можуть повторно використовуватись в технологічних етапах виробництва, для яких якість води є прийнятною. Таким чином, можна досягнути мінімізації споживання прісної води шляхом виявлення можливостей повторного використання та перероблення стічних вод.

Методологія починається з комплексного оцінювання фізико-хімічних параметрів стічної води, враховуючи такі дані як рН, хімічне споживання кисню, біохімічне споживання кисню, загальна кількість розчинених твердих речовин і концентрація завислих твердих речовин. Основним аспектом методології водного пінчу є розробка точного водного балансу для цукрового виробництва. При цьому ідентифікуються всі потоки стічних вод (джерела) і точки використання води (стоки), з фокусом на їхні відповідні витрати і концентрації забруднюючих речовин. Після встановлення чіткого водного балансу, необхідно розрахувати максимальне навантаження забруднюючих речовин для кожного джерела та стоку [3]. Також проводиться розрахунок співвідношення масообмінних та безмасообмінних процесів у технологічних операціях для забезпечення ефективнішого очищення від забруднюючих речовин [4].

Для ефективніших розрахунків мінімальних потреб у воді застосовуються різноманітні графічні інструменти або методи автоматизованого проектування з використанням таких програмних засобів як MATLAB або PYTHON [5]. Розроблене і спеціалізоване програмне забезпечення, зокрема Water Pinch™, яке застосовується для автоматизації розрахунків і полегшення аналізу чутливості, що дає змогу ефективніше проводити розрахунки чи експериментувати з різними пороговими значеннями забруднюючих речовин, а також парами «джерело-стічна вода» для досягнення найкращої конфігурації водоочищення. Цей процес дозволяє зменшити потреби підприємств у використанні прісної води та поповненні її запасів свіжою водою, демонструючи ефективність аналізу водозаборів у досягненні сталого управління водними ресурсами [3].

Невід'ємною частиною методології є включення регенераційних установок для обробки потоків із високим вмістом забруднень перед повторним використанням. Після регенерації оброблені потоки повторно оцінюються на сумісність зі стоками з меншим допуском, що розширює діапазон варіантів переробки в мережі. Вибіркове використання регенерації допомагає контролювати витрати на очищення, зосереджуючись лише на потоках, які потребують додаткового очищення [3].

Цукрова галузь характеризується значними обсягами стічних вод, що утворюються на різних етапах технологічного виробництва цукру, містять забруднення різного походження і становлять небезпеку для навколишнього середовища. Розроблення та впровадження ефективних методів очищення стічних вод, адаптованих до сучасних вимог ефективного управління стічними водами є критично важливим підходом до підвищення екологічної безпеки в цій галузі. Комплексна стратегія щодо водокористування та водоочищення у цукровій промисловості не тільки мінімізує її вплив на довкілля, але й робить внесок у практику сталого управління водними ресурсами. Однією з ефективних методологій, які приводять до оптимізації використання водних ресурсів, є технологія водного пінч-аналізу. Вона характеризується зменшенням споживання прісної води, зниженням потреби у постійному поповненні запасів свіжої води, мінімізацією утворення об'ємів стічних вод та забруднюючих речовин у них.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коротинський О. В. Чи буде Україна з цукром? *Цукрова галузь : вісник*. 2023. № 1 (54). С. 3–6.

2. Цукрова промисловість ЄС хоче більше імпорту з України, на відміну від фермерів. Європейська правда. 2024. URL: // <https://www.eurointegration.com.ua/news/2024/01/16/7177563/> (дата звернення: 08.11.2024).

3. Poddar P., Sahu O. Quality and management of wastewater in sugar industry. *Applied Water Science*. 2015. №7. DOI:10.1007/s13201-015-0264-4.

4. Ensinas, A.V.; Nebra, S.A.; Lozano, M.A.; Serra, L.M. Analysis of process steam demand reduction and electricity generation in sugar and ethanol production from sugarcane. *Energy Convers. Manag.* 2007. 48. P. 2978–2987. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.06.038>

5. Nemati-Amirkolahi K., Romdhana H., Lameloise M.-L., Pinch Methods for Efficient Use of Water in Food Industry: A Survey Review. *Sustainability*. 2019. 11. 4492. <https://doi.org/10.3390/su11164492>.

УДК 631.485

ПОТЕНЦІЙНИЙ ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

*В. М. Скробала, к.с.-г.н., доцент, О. С. Дулиба
Національний лісотехнічний університет України*

Війна росії проти України стала причиною тривалої деградації ґрунтового та рослинного покриву в зоні бойових дій. Надмірне ущільнення ґрунту внаслідок пересування колісної та гусеничної військової техніки, вплив високих температур вибухів боєприпасів, випалювання рослинності, знищення верхнього найбільш родючого шару, забруднення важкими металами – це неповний перелік негативних наслідків воєнних дій на ґрунтовий покрив. Мета наших досліджень – оцінка потенційного впливу воєнних дій на інтенсивність ерозійних процесів.

У зв'язку із недостатньою вивченістю природи ерозійних процесів для прогнозування їх інтенсивності широко використовуються емпіричні залежності. До найпростіших емпіричних формул, отриманих в результаті статистичної обробки матеріалів спостережень на стокових площадках в США, відноситься рівняння ґрунтової ерозії В.Х.Вишмайєра і Д.Д.Сміта [1-5]. Це рівняння має вигляд:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P,$$

де А – втрати ґрунту, т/(га×рік); R – фактор ерозійної здатності дощів; K – фактор ерозійної піддатливості ґрунтів; L – фактор довжини схилів; S – фактор крутості схилу; C – фактор рослинності; P – фактор ефективності протиерозійних заходів.

Фактор ерозійної піддатливості ґрунтів K, який характеризує кількісний змив ґрунту з еталонної ділянки внаслідок дощу, ерозійний індекс якого складає одиницю (Заславский, 1983). Величину цього фактору визначали за модифікованою номограмою на основі трьох показників (рис.) : а) вміст дрібнопіщаної і пилуватої фракцій ґрунту; б) вміст піщаної фракції; в) вміст гумусу (Заславский, 1983). На рисунку відображено хід визначення фактора ерозійної піддатливості ґрунтів для вмісту фракції дрібного піску і пилу 65 %, вмісту піску 5 % і вмісту гумусу 2.3 %. На вісі ординат знаходимо точку 65 % і від неї паралельно осі абсцис ведемо лінію до перетину з пучком кривих вмісту піску до лінії 5 %. Від точки перетину проводимо перпендикуляр до кривої вмісту гумусу 2.3 %, після чого ведемо лінію паралельно осі абсцис до шкали, на якій нанесені значення фактора K₁ (ерозійна піддатливість ґрунтів за даними механічного складу ґрунтів та вмісту гумусу). Отримуємо значення K₁=2.3 т/га.

У першу чергу за допомогою номограми можна оцінити потенційні втрати ґрунту внаслідок зменшення вмісту гумусу. Так, для вказаного прикладу гранулометричного складу ґрунту, при вмісті гумусу 5 % ерозійна піддатливість ґрунтів K₁ становитиме 1.3 т/га, при 4 %

– $K_1=1.7$ т/га, при 3 % – $K_1=2.0$ т/га, при 2 % – $K_1=2.3$ т/га, при 1 % – $K_1=2.7$ т/га, при 0 % – $K_1=3.1$ т/га. Таким чином, тільки за рахунок знищення гумусового горизонту потенційна інтенсивність ерозійних процесів зростає в 1.5-2 рази.

Негативний вплив руйнування рослинного покриву характеризує фактор рослинності C . Коефіцієнт C на посівах багаторічних трав приймає значення 0.003, на посівах озимої пшениці – 0.05, при вирощуванні кукурудзи – 0.2. Якщо річний змив ґрунту в розрахунках для чорного пару становив 100 т/га, то під посівами багаторічних трав він зменшиться до 0.3 т/га, під пшеницею 5 т/га, під кукурудзою 20 т/га (Заславский, 1983).

Під час бойових дій неможливо здійснювати протиерозійні заходи. Їх ефективність характеризує коефіцієнт P . При влаштуванні стокотримуючих борозен в міжряддях багаторічних насаджень (виноградники, фруктові сади) $P=0.06$; при мульчуванні стерневими залишками жита $P=0.07$; при влаштуванні валів-терас і валів-каналів для зменшення довжини схилу $P=0.1-0.16$ залежно від крутості схилу 2-18 %.

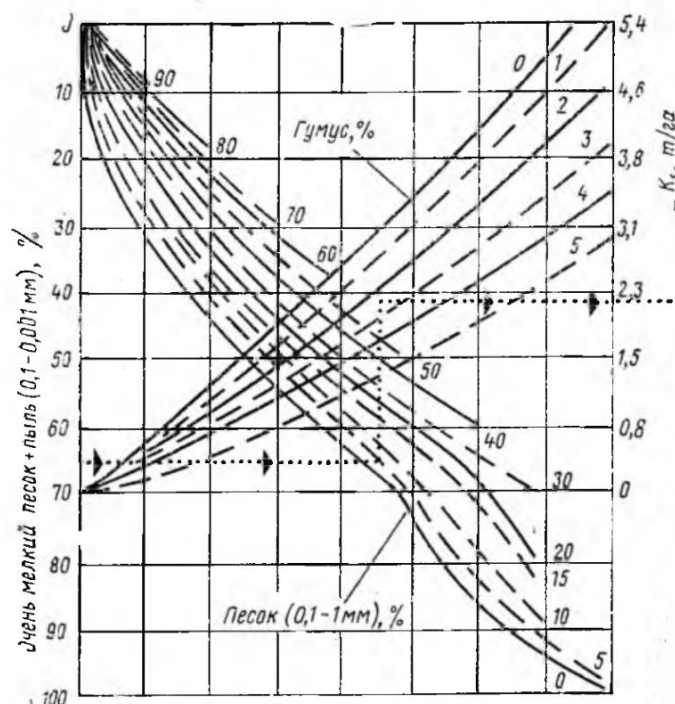


Рисунок 1 – Номограма для визначення ерозійної піддатливості ґрунтів

Таким чином, зменшення вмісту гумусу у ґрунті та руйнування рослинного покриву внаслідок воєнних дій мають істотний вплив на зростання потенційної інтенсивності ерозійних процесів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Король П.П., Мендель В.П. Аналіз та класифікація моделей площинного змиву ґрунту. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Серія "Технічні науки"*. 2012. Випуск 1 (57). С. 155-164.
2. Rousseva S. Parameterization of the hydrologic characteristics of Bulgarian soils. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology*. 2001. 36 (6). P. 48-50.
3. Saptari A.Y., Supriadi A., Wikantika K., Darmawan S. Remote Sensing Analysis In RUSLE Erosion Estimation. *Indonesian Journal of Geospatial*. 2015. Vol. 4 No.1. Hal 34-45.
4. Vopravil J., Janecek M., Tipl M. Revised Soil Erodibility K-factor for Soils in the Czech Republic. *Soil & Water Res*. 2007. 2. (1). P. 1-9.
5. Wischmeier W. H., Johnson C.B., Cross B.V. A soil erodibility nomograph for farmland and construction sites. *J. Soil Water Conserv*. 1971. 26. P. 189-193.

ВИКЛИКИ СЬОГОДЕННЯ В УПРАВЛІННІ ВІДХОДАМИ

*В. М. Сторожук, к.т.н, доцент, Б. Я. Кишинецький, д.т.н., професор,
О. М. Маєвська к.т.н., доцент, О. Б. Ференц., к.т.н, доцент,
І. А. Соколовський, к.т.н., доцент
Національний лісотехнічний університет України*

Внаслідок господарської діяльності людини виникає одна із найбільш гострих цивілізаційних проблем, а саме – проблема захисту навколишнього середовища від негативного впливу відходів.

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля) утворення відходів характеризується суттєвим зростанням, зокрема, за 2016, 2017, 2018, 2019 і 2020 роки утворено відходів, відповідно: 295,9; 366,1; 352,3; 441,5 і 462,4 млн. тонн.

Згідно інформації Державної служби статистики України, з утворених у 2020 році в Україні відходів, 85% – це відходи видобувної промисловості, 11% переробної промисловості та 1,3% побутових відходів, решта – відходи інших джерел. Небезпечних відходів в країні утворено 532,0 тис. тонн. Утворення відходів на одну особу в Україні оцінюється в 11,1 тонн, що більш як вдвічі перевищує показник країн ЄС (4,8 тонн). Обсяг імпорту відходів становив 2,7 тис. тонн (в т.ч. 1,5 тис. тонн небезпечних відходів), а експорту відходів – 257,8 тис. тонн (в т.ч. 0,1 тис. тонн небезпечних відходів) [1].

Загальною тенденцією для України, на відміну від європейських держав, є низький рівень відновлення побутових відходів та високий показник їх видалення на об'єкти накопичення відходів. Переважна маса побутових відходів складається на стихійних сміттєвих звалищах або на не належно організованих полігонах твердих побутових відходів. Такі об'єкти накопичення відходів справляють негативний вплив на навколишнє природне середовище, виникають несанкціоновані звалища, не вирішуються проблеми управління небезпечними відходами [2].

Чинна практика управління відходами є неефективною та призводить до негативного впливу на навколишнє природне середовище. Середній показник відновлення відходів в період 2010-2020 рр. становив 30%, спалювання – 0,3%, решта відходів піддавалась операціям видалення або тимчасового зберігання. Станом на 2020 рік загальний обсяг накопичених відходів у спеціально відведених місцях та об'єктах становив 15635,26 млн. т.

Серед численних викликів, які виникли внаслідок широкомасштабної російської збройної агресії проти України, є різке збільшення обсягів відходів, що утворилися в результаті руйнування об'єктів інфраструктури та виробничих потужностей підприємств.

За інформацією Міндовкілля України у 2022 році об'єм відходів руйнувань склав 10-12 млн. тонн, що відповідає кількості твердих побутових відходів, які утворюються в Україні за один рік, а на березень 2024 року ці обсяги зросли до понад 600 тисяч тонн [3].

Суттєво зростають обсяги утворення специфічних відходів, таких як пошкоджені та покинуті транспортні засоби й обладнання, уламки снарядів, відходи руйнування будівель та споруд, побутові та медичні відходи; певна частина з них є небезпечними. Виникла гостра проблема оброблення та використання цих відходів, які продовжують утворюватись щодня в значних обсягах.

Управління відходами в регіонах ускладнюється внаслідок руйнування інфраструктури, прибуття внутрішньо переміщених осіб, спаду економічної активності. За даними Міністерства розвитку громад та територій України станом на 01.06.2022 року уже було знищено та пошкоджено 5% всіх наявних сміттєзбиральних автомобілів, 17% всіх біогазових установок, 9% сортувальних ліній. Прямі збитки сфери управління відходами становили 95,36 млн. доларів, орієнтовна вартість вивезення будівельного сміття/завалів становила 320,70 млн.

доларів, а втрата прибутків підприємствами з перероблення відходів – 11,9 млн. доларів. Причому, зазначені підрахунки було виконано лише щодо окремих регіонів, але це дає змогу оцінити загальний масштаб потенційних збитків на всій території України.

Гострота зазначених питань стосується як в цілому України, так і окремих регіонів – через значні обсяги утворення і накопичення відходів та недосконалу систему управління у цій сфері.

З метою усунення існуючих диспропорцій в управлінні відходами, наближення національного законодавства до законодавства ЄС у 2023 році набув чинності рамковий Закон України «Про управління відходами» (далі – Закон) [4], який започаткував реформування системи управління відходами в Україні. Для сприяння реалізації положень Закону в країні здійснюється розширення нормативно-правової бази та вводиться в дію ціла низка відповідних нормативно-правових актів.

Проте ще залишаються певні прогалини у сфері управління відходами, зокрема, прогалини політики та нормативно-правового забезпечення, інституційні прогалини, прогалини, пов'язані із застосуванням політичних інструментів і фінансових механізмів [1].

Наявність ще не вирішених питань зумовлена як об'єктивними, так і суб'єктивними причинами, серед яких, перш за все – руйнівний вплив на всі сфери суспільного життя російсько-української війни, а також намагання органів виконавчої влади пришвидшити адаптування національної системи управління відходами до європейської.

З метою вдосконалення системи управління відходами в Україні слід зазначити такі пріоритетні цілі [1]: удосконалення та наближення національного законодавства до вимог європейського на виконання положень Угоди про Асоціацію між Україною та ЄС у сфері управління відходами; впровадження економічних інструментів для удосконалення управління відходами; вдосконалення інституційної структури сфери управління відходами та зміцнення кадрового потенціалу у сфері управління відходами; реформування системи інформаційного забезпечення сфери управління відходами; забезпечення розбудови та модернізації інфраструктури управління відходами; підвищення обізнаності населення щодо управління відходами.

На даному етапі розвитку суспільства питання управління відходами поряд з іншими екологічними проблемами посідають одне з чільних місць щодо забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку країни. Їх успішне вирішення можливе за умови систематичної та інтенсивної роботи з боку органів державного управління, науковців та громадськості, оскільки пов'язане з необхідністю узгодження комплексу екологічних, економічних та соціальних завдань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Проект Національного плану управління відходами України до 2033 року: Повідомлення про оприлюднення проекту Національного плану управління відходами до 2033 року та Звіту про стратегічну екологічну оцінку. URL: <https://mepr.gov.ua/povidomlennya-pro-oprylyudnennya-proyektu-natsionalnogo-planu-upravlinnya-vidhodamy-do-2033-roku-ta-zvitu-pro-strategichnu-ekologichnu-otsinku/> (дата звернення: 15.11.2024).

2. Технології захисту навколишнього середовища. Поводження з відходами: підручн. / В.М. Сторожук та ін.; М-во освіти і науки. Нац. лісотехн. ун-т України. К.: Видавничий дім "Професіонал", 2023. 354 с.

3. Масєвська О.М., Кшивецький Б.Я., Сторожук В.М. Фактори впливу на екологічну безпеку регіонів України в умовах війни // Інформаційні технології у сфері захисту довкілля : колективна монографія / за заг. ред. Масєвського В., Приймака В., Ткачука Р. // за матеріалами Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 16-17 травня 2024 р.). Львів : ННБК «АТБ», 2024. Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/itep-2024>. С.81-87.

4. Про управління відходами: Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX. Дата оновлення 29.06.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 15.11.2024).

УДК 504.064.3

АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕНOSTІ ҐРУНТІВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

І. В. Тимченко¹, к.т.н., доцент, Д. О. Крисінська², к.т.н., доцент

¹Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

²Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Військові дії на території України мають серйозні екологічні наслідки, зокрема значне забруднення агроландшафтів та сільських поселень. Одна з найбільших проблем — залишки та уламки бомб, ракет і снарядів, що забруднюють ці території. Це забруднення матиме довготривалий вплив, і його подолання вимагатиме чималих зусиль та ресурсів. Забрудненими стають не лише місця безпосередніх вибухів, але й навколишні території через розсіювання токсичних речовин у повітрі, які осідають на ґрунт. До складу таких забруднювачів входять важкі метали, як-от хром, миш'як, мідь, нікель, цинк, кадмій, свинець, селен, барій тощо.

Забруднення ґрунтів залишками боєприпасів має свої особливості: токсичні метали та їх сплави потрапляють у ґрунт у формі чистих металів або їхніх оксидів, які зазнали впливу високих температур під час вибухів. У такому вигляді ці речовини є досить стійкими до звичайних процесів, що відбуваються в ґрунті. Однак, з часом, під впливом абіотичних факторів, таких як температура, вологість, кислотність, а також діяльності ґрунтових мікроорганізмів (біотичних факторів), ці метали можуть поступово переходити у більш рухомі та небезпечні форми, можуть накопичуватися в харчових ланцюгах, оскільки після перетворення в рухомі форми вони можуть поглинатися рослинами, а згодом — тваринами та людьми. Це створює додаткові ризики для здоров'я населення, особливо у сільських регіонах, де аграрне виробництво залежить від якості ґрунтів. Окрім того, забруднення ґрунтів може впливати на водні ресурси: токсичні елементи можуть вимиватися до підземних вод, що призводить до забруднення джерел питної води. Цей процес може тривати десятиліттями, що ускладнює його контроль і потребує комплексних довготривалих програм з реабілітації територій та моніторингу стану довкілля.

Для зменшення токсичного впливу металів потрібно якомога раніше оцінити рівні їх вмісту у ґрунтовій компоненті агроландшафтів, щоб розробити систему заходів їх деконтамінації та створення умов для відновлення нормального екологічного стану всіх компонентів агроландшафтів.

Метою роботи є дослідження вмісту токсичних елементів в ґрунтах прифронтових територій Миколаївської області та міста Миколаєва для подальшої розробки заходів з фіторе mediaції.

В рамках першого етапу дослідження, у вересні 2023 року було відібрано зразки ґрунту на території Первомайської громади Миколаївської області (с. Партизанське, с. Благодатне), які до листопада 2023 року були зоною активних бойових дій, а с. Благодатне тимчасово окуповане. Зразки відібрано на глибині 30 см, комбінованою пробою в місцях щільних обстрілів та “умовно чистому” ґрунті, результати аналізу масової частки кадмію (рухомі форми) наведено на рис. 1. За результатами видно, що масові частки не перевищують гранично допустимі значення, але перевищують фонові значення.

Другий етап дослідження, 1 грудня 2023 року включав відбір проб в точках моніторингу с. Партизанське, село Лимани та Лупареве Галицинівської громади. Аналіз проб включав

дослідження валових форм, рухомих форм токсичних елементів, а також комплексний аналіз валового вмісту хімічних елементів.

Результати аналізу наведено на рис. 2. На території обох громад зафіксовані значні перевищення вмісту сірки та фосфору, при цьому на територіях нерозмінованих полів (вирва, поле після обстрілу) вміст фосфору перевищував в 10 та більше ніж 20 разів гранично допустиму концентрацію (рис. 2а), а вміст сірки в майже 2 та 2,5 разів більше гранично допустимих значень (рис. 2б). Велике занепокоєння викликає значний вміст арсену в усіх зразках (рис. 2в), який значно перевищує гранично-допустимі концентрації. Перевищення концентрацій арсену фіксується і на інших ділянках, зокрема в м. Миколаєві, неподалік від місць обстрілів, в інших громадах, які зазнають обстрілів.

Результати також свідчать про значні перевищення валового вмісту марганцю та барію в вирві на території сільськогосподарських земель, валовий вміст селену 0,5 мг/кг, що наближається до ГДК (0,6 мг/кг).

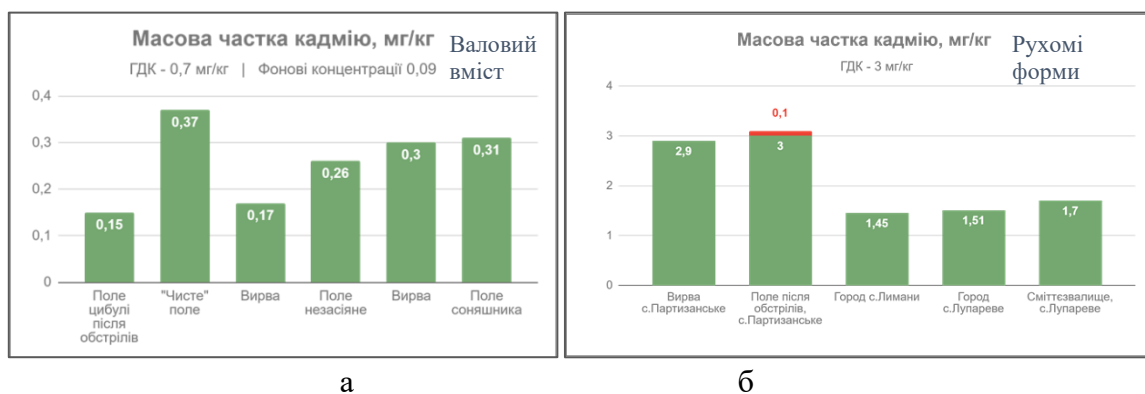


Рисунок 1 – Результати аналізів зразків забруднених ґрунтів: а – кадмій валовий вміст, б – кадмій, рухомі форми

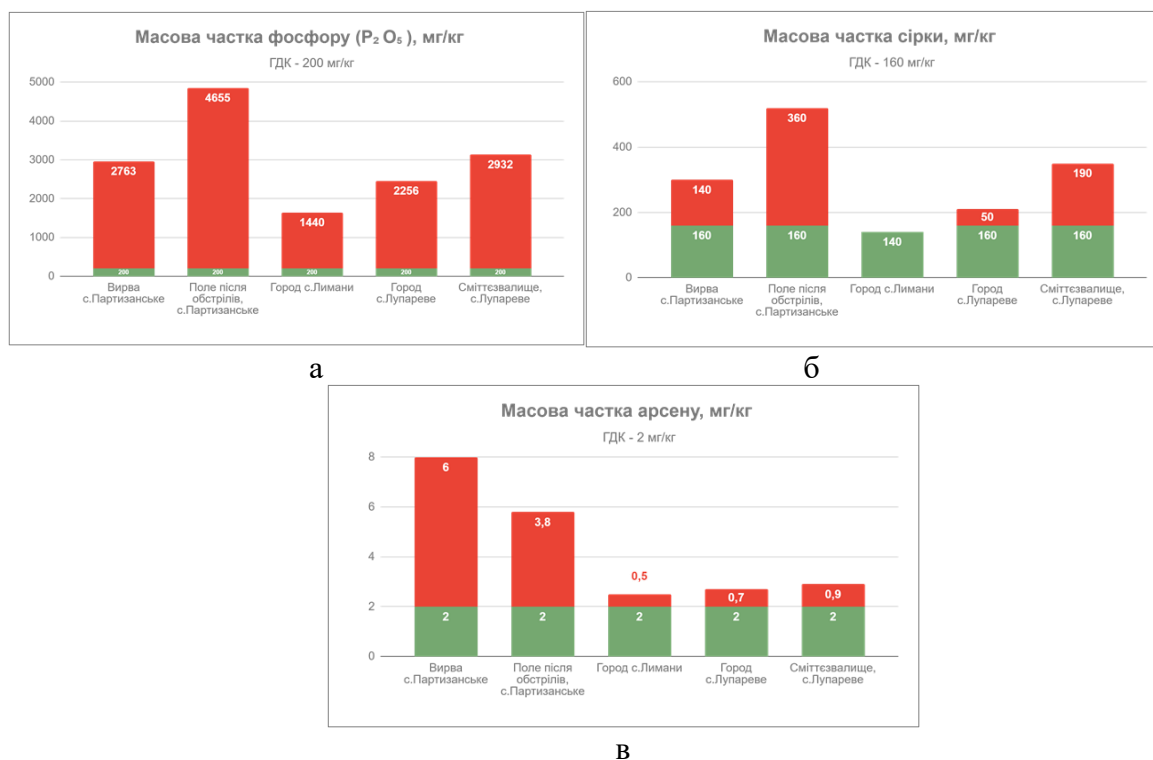


Рисунок 2 – Результати аналізів зразків забруднених ґрунтів (валовий вміст): а – фосфор, б – сірка, в - арсен

Згідно аналізу рухомі форми токсичних елементів не перевищують допустимі норми, а, отже, ризику акумуляції їх небезпечних концентрацій рослинами на сьогодні немає. Але ситуація може змінитися в довгостроковому прогнозі. Тому, крім оцінки рівнів забрудненості сільськогосподарської продукції у різних регіонах Миколаївської області важкими металами, подальший моніторинг повинен також включати дослідження впливу біологічних особливостей культур на здатність накопичувати метали із ґрунту, а також розробку заходів фіторе mediaції ґрунтів.

УДК 502/504:556.3

ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГІДРОГРАФІЧНІЙ МЕРЕЖІ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ

*О. С. Тиндик¹, В. В. Попович¹, д. т. н., професор,
Н. Я. Коваль¹, доктор філософії, В. М. Скробала², к.с.-г.н., доцент*

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Національний лісотехнічний університет України

Якість води в ріках і водоймах гірничопромислового району упродовж сезону великою мірою залежить від поверхневого стоку з території міст, промислових територій та аграрних ландшафтів, а також від відстані до імовірного джерела забруднень [1, 2]. Враховуючи цей чинник, підібрано 5 об'єктів досліджень.

Рівень хімічного забруднення води рік і водойм важкими металами у межах Червоноградського гірничопромислового району упродовж сезону характеризується істотною неоднорідністю. Основна роль у погіршенні екологічного стану водних об'єктів пов'язана із зростанням концентрації Mn, Ni, Cd, Pb, у порівнянні з гранично допустимою концентрацією [3]. Найвищий рівень забруднення упродовж всього сезону спостережень спостерігався у водоймах біля підніжжя терикону шахти "Межирічанська" поблизу міста Червоноград. Серед річкових об'єктів найгірший стан води за рівнем забруднення важкими металами встановлено у р. Рата (с. Сілець), яка перебуває у зоні впливу підприємств гірничо-видобувного комплексу. Максимальним перевищенням вмісту важких металів у воді у сезонній динаміці на всіх об'єктах характеризувався квітневий варіант водних об'єктів.

Сполуки кадмію токсичні навіть невеликих концентраціях, його відносять до II класу небезпеки. Істотне перевищення гранично допустимої концентрації кадмію у воді (у 14-23 рази) спостерігалось на ділянках № 1 і № 2 (водойми, які розташовані біля підніжжя терикону, що належить до ВП Шахта "Межирічанська", поблизу м. Червоноград).

Цинк – важкий метал III класу небезпеки. В умовах підвищеної вологості характерна висока міграція цинку у ґрунті, що створює передумови його потрапляння у водойми та ріки з поверхневим і підземним стоком. Перевищення гранично-допустимої концентрації цинку в 1.6-2.2 рази спостерігалось тільки на ділянках № 1 і № 2 в листопаді 2022 року. Мідь – хімічний елемент, який належить до важких металів III класу небезпеки. Має слабку фітотоксичність, проте є дуже токсичною для людського організму. За надлишкового надходження до організму людей і тварин виявляє канцерогенну дію та має токсичний вплив на серце, кров та інші органи. На жодній ділянці вміст міді у воді не перевищував гранично допустимої концентрації.

Нікель належить до хімічних елементів III класу небезпеки. Потрапляючи на шкіру і в органи дихання, може викликати гострі і хронічні отруєння. Дуже високий рівень концентрації нікелю в воді спостерігався в квітні 2023 року на ділянках № 1 і № 2 (водойми, які розташовані біля підніжжя терикону шахти "Межирічанська", поблизу м. Червоноград). Марганець

належить до хімічних речовин III класу небезпеки. Він впливає на органолептичні показники води, зокрема, на забарвлення. Його гранично допустима концентрація у воді становить 0.1 мг/л. Аномально високі концентрації марганцю у воді спостерігалися у квітні 2023 року на ділянках № 1 і № 2 (водойми, які розташовані біля підніжжя терикону шахти “Межирічанська”, поблизу м. Червоноград).

Аналіз залежності між концентраціями хімічних елементів вказує на наявність тісного зв'язку між багатьма параметрами. На основі подібності хімічних елементів щодо їх розподілу у воді виділено такі їх асоціації (групи): I – Cu, Zn – на всіх водних об'єктах; II – Cu, Zn, Sr – у ріках басейну Західного Бугу; III – Ni, Mn – у водоймах біля підніжжя терикону; IV – Ni, Mn, Co – у ріках басейну Західного Бугу.

Тому, важливо здійснювати моніторинг впливу небезпечних чинників, що виникають внаслідок інтенсивного використання гірничопромислового комплексу, на довкілля, зокрема водні ресурси, задля запобігання забрудненню та впливу важких металів на здоров'я населення [4]. Варто приділити особливу увагу дослідженню природної і антропогенної фітомеліорації на териконах як необхідній складовій відновлення девастрованих ландшафтів [5, 6].

ЛІТЕРАТУРА

1. Khilchevskiy V. K., Zabokrytska M. R. Features of normative assessment of water quality of water bodies for recreational purposes in Ukraine. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. 2022. No. 1(63). P. 40–53. URL: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.4>.
2. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В. Б. та ін.]; за ред. проф. В.М. Боголюбова. Вид. 2-ге, переробл. і доповн. Київ: НУБіПУ, 2018. 435 с. URL: <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ed68685c-b9d9-4dca-a2fe-3e60d7897ab3/content>
3. Юрасов, С. М., Сафранов, Т. А., Чугай, А. В. (2011). Оцінка якості природних вод: Навчальний посібник. Одеса : Вид-во «Одеський державний екологічний університет», 164 с. <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/872>
4. Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ та наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації : дисертація. 2017. URL: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/29557>.
5. Попович В. В. Фітомеліорація згасаючих териконів Львівсько-Волинського вугільного басейну. Монографія / В. В. Попович. Львів : ЛДУБЖД, 2014. 174 с. <https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/3600>
6. Popovich V. V. Phytomeliorative recovery in reduction of multi-element anomalies' influence of devastated landscapes. *Biological Bulletin of Bogdan Chmelnytskyi Melitopol State Pedagogical University*. 2016. Vol. 6, no. 01. P. 94–114. URL: <https://doi.org/10.15421/201606>.

ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ СОРБЕНІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

*І. С. Федів, доктор філософії, К. В. Степова, к.т.н., доцент,
Конанець Р.М., доктор філософії*

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Стічні води від приватних домогосподарств, а також багатьох промислових і сільськогосподарських підприємств містять значні концентрації амонію та фосфатів. Незважаючи на те, що азот і фосфор є важливими поживними речовинами для рослин і мікроорганізмів, їх надлишок може негативно впливати на водні екосистеми, спричиняючи явища евтрофікації [1]. Це погіршує функціонування водозабірних споруд та рибних господарств, знижує гідравлічні параметри потоку, а інтенсивне цвітіння води призводить до дефіциту розчиненого кисню.

Наразі існують різні методи для видалення азоту та фосфору зі стічних вод, включаючи біологічні методи, хімічне осадження [2], мембранні технології, електроліз, іонний обмін та адсорбцію [3]. Проте, біологічні методи часто не забезпечують необхідного рівня видалення сполук азоту та фосфору, а фізико-хімічні методи, хоча й ефективні, є затратними та вимагають утилізації осаду, що утворюється під час обробки [4]. З усіх методів, адсорбція є перспективним підходом для видалення азоту і фосфору з навколишнього середовища. Останнім часом набувають популярності різні адсорбенти, такі як цеоліти, активоване вугілля, оксиди металів тощо. Особливу увагу привертають матеріали, здатні ефективно очищати стоки з низькими концентраціями забруднень та залишати мінімальні рівні залишкових речовин у воді. Синтез пористих матеріалів є перспективним через їх широке застосування у водоочищенні.

Через недостатнє очищення стічних вод спостерігається погіршення якості води у поверхневих та підземних джерелах, головним чином через постійне забруднення антропогенними речовинами (поверхнево-активними речовинами, органічними сполуками та біогенними елементами). За останні роки значно зросла концентрація фосфатів у побутових стічних водах через активне використання мийних засобів [5]. Фосфати, разом зі сполуками азоту, спричиняють евтрофікацію водойм, погіршуючи їх фізико-біологічний стан, кисневий режим і органолептичні характеристики.

В Україні є великі запаси природних цеолітів, що оцінюються мільйонами тонн. Їхні властивості, такі як висока ефективність та доступна вартість у порівнянні з синтетичними адсорбентами, роблять їх затребуваними. Цеоліти мають розвинену поверхню і специфічну пористу структуру, що дозволяє використовувати їх як селективні адсорбенти. Окрім цеолітів, значний потенціал має глауконіт — мінерал із високою іонообмінною здатністю та розвиненою пористістю. Він ефективно видаляє як органічні, так і неорганічні забруднення, включаючи фосфати та іони важких металів, завдяки своїм сорбційним властивостям. Глауконіт також характеризується доступністю, екологічністю та можливістю термічної та хімічної активації, що підвищує його ефективність у системах очищення води. Цеоліти і глауконіт також відзначаються високою термічною стійкістю та легкістю модифікування [6,7]. Тому важливо вивчати теоретичні та практичні аспекти застосування цих природних сорбентів, зокрема їх сорбційну здатність та можливості її підвищення шляхом модифікації.

Результати дослідження динаміки адсорбції поглинання амонію показали, що криві виходу NH_4^+ для природного та опроміненого клиноптилоліту показують більш швидке насичення (приблизно через трохи більше години), порівняно з металомодифікованими та опроміненими зразками, для яких насичення досягається приблизно через 4 години. Ефективність поглинання у природного та опроміненого клиноптилоліту залишалася на

високому рівні, а у металомодифікованих зразків вона була ще вищою. Водночас ефективність очищення на зразках, модифікованих залізом та міддю, досягала майже повного поглинання. Щодо фосфатів (PO_4^{3-}), природні, термічно оброблені та опромінені зразки досягали насичення вже протягом години, хоча їх ефективність трохи знижувалася. Проте зразки, модифіковані залізом та міддю, не досягли насичення навіть через 4 години, демонструючи при цьому стабільно високий рівень очищення. Отже, модифіковані залізом та міддю зразки є більш перспективними для використання в системах доочищення води [8].

Найкраще поглинання фосфатів в динамічних умовах показав природний глауконіт та зразок, оброблений мікрохвильовим випромінюванням, з досить високою ефективністю після години поглинання. Щодо амонію, найшвидше його видалення протягом першої години продемонстрували природний і термічно оброблений глауконіт. Однак у тривалішому періоді тільки термічно оброблений сорбент зберігав високу ефективність очищення навіть після трьох годин. Це свідчить про те, що термічна обробка глауконіту значно покращує його здатність видаляти амоній з води [9].

Надлишок азоту та фосфору у стічних водах від домогосподарств і підприємств спричиняє евтрофікацію та погіршення якості води. Серед методів очищення, адсорбція є найбільш перспективною через ефективність і економічність. Природні адсорбенти, такі як цеоліти та глауконіт, показують високу ефективність у видаленні амонію та фосфатів, особливо після модифікації. Подальші дослідження мають зосередитися на підвищенні сорбційної здатності цих матеріалів для покращення систем очищення води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Liu J., Feng Y., Zhang Y., Liang N., Wu H., Liu F. Allometric releases of nitrogen and phosphorus from sediments mediated by bacteria determines water eutrophication in coastal river basins of Bohai Bay. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. Vol. 235. P. 113426. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2022.113426.
2. Zhang L., Huang X., Fu G., Zhang Z. Aerobic electrotrophic denitrification coupled with biologically induced phosphate precipitation for nitrogen and phosphorus removal from high-salinity wastewater: Performance, mechanism, and microbial community. *Bioresource Technology*. 2023. Vol. 372. P. 128696. DOI: 10.1016/j.biortech.2023.128696.
3. Mitrogiannis D., Psychoyou M., Baziotis I., Inglezakis V. J., Koukoulas N., Tsoukalas N., Palles D., Kamitsos E., Oikonomou G., Markou G. Removal of phosphate from aqueous solutions by adsorption onto $\text{Ca}(\text{OH})_2$ treated natural clinoptilolite. *Chemical Engineering Journal*. 2017. Vol. 320. P. 510–522. DOI: 10.1016/j.cej.2017.03.063.
4. Запольський А. К., Мішкова-Клименко Н. А., Астрелін І. М. та ін. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод : підруч. Київ : Лібра, 2000. 552 с.
5. Carrillo V., Castillo R., Magrí A., Holzapfel E. Vidal G. Phosphorus recovery from domestic wastewater: A review of the institutional framework. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 351. P. 119812. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.119812.
6. Tomeckova V., Reha'kova M., Mojzi'sova G., Magura J., Wadsten T., Zelena'kova' K. Modified natural clinoptilolite with quercetin and quercetin dihydrate and the study of their anticancer activity. *Microporous Mesoporous Mater.* 2012. Vol. 147. № 1. P. 59–67. DOI: 10.1016/j.micromeso.2011.05.031.
7. Singla R., Alex T. C., Kumar R. On mechanical activation of glauconite: Physicochemical changes, alterations in cation exchange capacity and mechanisms. *Powder Technology*. 2020. Vol. 360. P. 337–351. DOI: 10.1016/j.powtec.2019.10.035
8. Adsorption of Ammonium Ions and Phosphates on Natural and Modified Clinoptilolite: Isotherm and Breakthrough Curve Measurements / K. Stepova et al. *Water*. 2023. Vol. 15, no. 10. P. 1933. DOI: 10.3390/w15101933.

9. Removal of eutrophication agents from wastewater using glauconite-based sorbents / K. Stepova et al. *Desalination and Water Treatment*. 2024. Vol. 317. P. 100181. DOI: 10.1016/j.dwt.2024.100181

УДК 504.436

ЕКОЛОГІЧНА ЯКІСТЬ ПРИРОДНИХ ВОД З ДЖЕРЕЛ М. ВИННИКИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У. В. Хром'як¹, к.т.н., В. А. Хром'як²

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

Слід відзначити, що на даний час значна кількість хворіб людини пов'язана з незадовільною якістю питної води і порушенням санітарно-гігієнічних норм водопостачання. Споживання неякісної питної води (біля 2,0 л на добу) суттєво погіршує здоров'я людини, зумовлюючи виникнення великої кількості різноманітних хворіб людини.

Питна вода та її якість суттєво впливають на велику кількість фізіологічних та біохімічних процесів, що відбуваються в організмі людини, на стан здоров'я. Віруси і бактерії у воді призводять до спалахів епідемій, інфекційних захворювань, а токсичні речовини – до масових отруєнь [1, 2].

Самопочуття та здоров'я людини безпосередньо залежить від чистого повітря, збалансованого харчування та якісної питної води. Організм людини має отримувати достатню кількість якісної питної води, оскільки вода виконує ряд важливих функцій: безпосередньо бере участь у перенесенні кисню та поживних речовин в клітини організму, є універсальним розчинником, виконує функцію каталізатора різних хімічних процесів, які відбуваються в організмі, тканини органів насичує корисними мінералами та мікроелементами, сприяє виведенню токсинів та підвищує захисні сили організму, підтримує водний баланс та тамує спрагу [2].

На даний час не існує єдиного показника, який характеризував би весь комплекс характеристик води, оцінка якості води ведеться на основі системи показників [1]. Показники якості води поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та бактеріологічні.

Для дослідження якості води вибрані природні джерела м. Винники Львівської області.

Винники – місто у складі Львівської міської територіальної громади, Львівського району, Львівської області. Площа міста – 6,67 км². Населення 15723 чоловік. Місто розташоване на схід від Львова (6 км).

З кожним роком кількість населення м. Винники збільшується, збільшується рекреаційне навантаження на природні води. Тому так важливо контролювати екологічну ситуацію у водних ресурсах. Безпечна для споживання питна вода повинна відповідати критеріям якості національних та міжнародних нормативних документів. Питна вода в Україні за бактеріологічними, органолептичними показниками та вмістом хімічних речовин регламентується вимогами ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості, ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Для дослідження взято проби води з двох природних джерел м. Винники, які знаходяться на вулиці Богдана Хмельницького (біля рекреаційного комплексу "Emily Hotel") (позначимо I) і на вулиці Мирона Кипріяна (позначимо II). Відстань між цими джерелами становить 2,8 км.

Визначення показників проводили за стандартизованими методиками. Запах визначали за ДСТУ EN 1420-1:2004, забарвленість – за ДСТУ ISO 7887:2003, каламутність – за ДСТУ ISO 7027:2003, водневий показник (рН) – за ДСТУ 4077-2001, загальна лужність – за ДСТУ ISO 9963-1:2007, нітрати – за ДСТУ ISO 15923- 1:2018.

На місці відбору проб проводився аналіз органолептичних показників, до яких належить запах, а також загальний вигляд проби (характерний колір, каламутність, осад), прозорість. Дані показники визначались для звичайної води, для замороженої і кип'яченої.

При заморожуванні або кип'ятінні води запах води не змінюється. З досліджуваних даних слід відзначити, що проба води з джерела І має у 3 рази виразніший запах ніж вода з джерела ІІ.

Наступний показник, який було проаналізовано, це смак і присмак води з природних джерел. Присмак і смак води можна покращити кип'ятінням води. Після заморожування води нічого не змінилося. Отже, неприємний смак і присмак дають ті речовини, які випадають в осад при кип'ятінні, тому що в замороженій і звичайній воді ніякого осаду не утворювалося.

Також було проаналізовано водневий показник (рН) джерельної води. В першому і другому джерелі рН збільшується при кип'ятінні, тому що вода випаровується. В тій воді, яка лишилася, концентрація солей, які дають лужне середовище, збільшилося (Na_2S , KF , K_3PO_4 , Na_2CO_3 , KCN , KClO). рН води з джерела І після замерзання не змінилося. У воді з джерела ІІ після замерзання рН збільшилося на 0,32. Це відбулося тому, що ця вода містить більшу кількість солей, що створюють лужне середовище і які зменшують температуру плавлення льоду. Відповідно, частина води, яка має найбільший вміст цих речовин, замерзне в останню чергу, а розморозиться першою. Отже, в тій воді, яка розморозиться спочатку, буде найбільша концентрація речовин, які створюють лужне середовище.

В місті Винники місцеве населення займається сільським господарством, тому також було цікавим дослідити вміст нітратів у джерельній воді. Вміст нітратів перевищений суттєво. Найнижчим є у воді, що не піддавалася замороженню чи кип'ятінню. При кип'ятінні частина води випаровується, зменшуючи вміст води. Відповідно, вміст нітратів збільшується. У замороженій воді нітрати залишаються у тій частині води, яка замерзла останньою, а розмерзлася першою. Тож вміст нітратів у ній є найбільшим.

При аналізі вищевказаних даних слід відзначити, що у зразку води з джерела І після кип'ятіння нітратів є більше, ніж після замерзання. У зразку води ІІ – навпаки. Це можна пояснити тим, що у цій воді міститься більша кількість речовин, які зменшують температуру плавлення льоду. Тому та вода, що розмерзається першою, містить більше цих солей.

Вживання води питної, яка містить понад нормовану кількість нітратів, у окремих випадках може призвести до захворювання, яке називається водно-нітратна метгемоглобінемія. Дане захворювання обумовлене значним підвищенням вмісту метгемоглобіну в крові, який утворюється внаслідок токсичної дії нітратів на гемоглобін, що призводить до кисневого голодування тканин (гіпоксії). Групи підвищеного ризику становлять немовлята віком до 1 року, які перебувають на штучному вигодовуванні (це можливе коли суміш для дітей готуються на воді з високою концентрацією нітратів). Також чутливі до нітратів особи похилого віку, хворі на анемію, та люди, які страждають захворюваннями дихальної та серцево-судинної системи [3, 4].

Внаслідок проведених досліджень було встановлено, що вода з даних джерел, непридатна до використання для питних потреб. Як показали результати досліджень, у всіх пробах є значне перевищення вмісту нітратів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Климчик О.М. Урбоекологія: навчально-методичний посібник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. 208 с.
2. Степова К.В., Мусій К.П., Думас І.З. Оцінка якості води у природних джерелах м. Львова. *Вісник ЛДУБЖД*. №20. 2019. С. 106-109.

3. Лісняк А.А., Кулик М.І. Оцінка якості питної води з природних джерел у межах міста Харкова. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». № 27. 2022. С. 20-31.

4. Некос А.Н. Максимов О.М., Шевчик К.В. Екологічна якість природних вод з міських джерел м. Харкова. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. Вип.31. С. 96-103.

УДК 635*928:712*252

ФЛОРА ТА ФАУНА НА ТЕРИТОРІЇ ПІСКІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГІПСУ

*І. В. Шукель, к.с.-г.н., доцент, Я. В. Генік, д.с.-г.н., професор,
С. Б. Марутяк, к.с.-г.н., доцент, М. М. Фітак
Національний лісотехнічний університет України*

Актуальність розроблюваної теми обумовлюється впливом на біологічне різноманіття техногенного середовища кар'єрів з сухою виїмкою. Пісківське родовище гіпсу розташовується в Львівському районі Львівської області в 2,0 км на південний-схід від м. Щирець і розробляється ПрАТ «Миколаївцемент» з 1948 року для забезпечення підприємства гіпсовим камінням.

Територія відноситься до Подільської височини і представлена своєю найбільш підвищеною та розчленованою Розтоцько-Опільською підобластю та знаходиться, зокрема, в межах двох геоморфологічних районів: Стільсько-Бібрського Опілля та Городоцько-Щирецької рівнини. У геоморфологічному відношенні територія родовища входить до складу Волино-Подільської провінції, що орографічне відповідає Подільській та Волинській височинам, що розмежовані рівниною Малого Полісся. Район Подільського нагір'я з горбистим рельєфом і абсолютними висотами до 340 м. Клімат району помірно-континентальний, характеризується м'якою зимою тривалою вологою весною нежарким літом і теплою сухою восени. Для території характерно низький атмосферний тиск і велика вологість повітря. Характеризується широколистяними буково-дубовими лісами і переважно сірими підзолистими ґрунтами.

Основною водною артерією є річка Щирка (Щерек), яка протікає на віддалі близько 0,86 км на захід від родовища. В безпосередній близькості від північної частини родовища, на відстані близько 0,56 км, протікає р. Прерва, ліва притока Щирки.

Західна та центральна частини родовища зайняті кар'єром, центральна частина – внутрішніми відвалами розкривних порід, східна частина – непридатними для сільського господарства землями й частково зеленими насадженнями. З півночі, заходу та півдня родовище обмежене схилами узвишся, зі сходу охоронною зоною ЛЕП.

Польові дослідження видів фауни та флори, їх угруповань та взаємозв'язків між ними на території, що зазнає впливу під час провадження планованої діяльності по здійсненню видобування гіпсового каменю на Пісківському родовищі гіпсу ПрАТ «Миколаївцемент» виконано на основі польових геоботанічних та зоологічних досліджень. Зокрема, геоботанічні описи були проведені на семи типах умов місцезростання: відвали розкривних порід висотою до 4 метрів, узбіччя доріг, терасований схил крутизною до 35 градусів, терасований схил крутизною понад 35 градусів, переліг, дубові і соснові насадження, включаючи узлісся.

Під час проведення польових досліджень видів фауни та їх угруповань і взаємозв'язків між ними на території, що зазнає впливу під час провадження планованої діяльності по здійсненню не було ідентифіковано охоронюваних видів тварин та їх угруповань. На території дослідження з копитних було ідентифіковано сліди перебування сарни європейської (дика коза, козуля – *Capreolus capreolus* (Linnaeus, 1758)) за їх лежбищами та послідом.

За результатами польових досліджень встановлено, що на ухилах та відкосах навколо відпрацьованих частин родовища та на ділянках самозаростання в місцях, де вже закінчена виробітка родовища, у грабово-дубових та дубово-соснових зелених насадженнях на території Щирецької ОТГ Пісківського родовища гіпсів спонтанна флора представлена 218 видами вищих рослин.

У спонтанній флорі території дослідження панують представники Дводольних, які представлені 174 (79,82%) видами, 129 (80,12%) родами та 50 (78,13%) родинами. Однодольні представлені 32 (14,68%) видами, 21 (13,04%) родами та 4 (6,25%) родинами. Спонтанна флора Пісківського родовища представлена у більшості трав'янистими рослинами – 172 таксони, або 78,90 %.

Структура флороценотипів флори території дослідження вказує на панування лісо-чагарникового (126 таксонів, або 57,80%), лучно-степового (41 таксон, або 18,81%) та агро-рудерального (24 таксони, або 11,01%) флороценотипів.

Структура трофоморф флори території дослідження вказує на відносно багаті умови кар'єру. Рослини репрезентують, як бідні (оліготрофи та мезо-оліготрофи – 15 таксонів, або 6,88 %), відносно бідні (олігомезотрофи, мезотрофи та евмезотрофи – 114 таксонів, або 52,29 %) та відносно багаті (мезоевтрофи, евтрофи та мегаевтрофи – 88 од., або 40,37 %) та багаті (мегатрофи – 1 таксон, 0,46 %) умови.

Розподіл гідроморф флори території дослідження ідентифікує свіжі за вологістю умови. Рослини репрезентують як сухі (евксерофіти, ксерофіти, мезо-ксерофіти – 37 таксонів, або 16,97%), свіжі (ксеромезофіти, мезофіти, гігромезофіт – 175 таксонів, або 80,28 %) та вологі (мезо-гігрофіти, гігрофіти – 6 од., або 2,75%) умови.

Структура геліоморф флори території дослідження вказує на відкриті простори території планованої діяльності. Рослини репрезентують в основному освітлені (геліофіти, сциогеліофіти – 183 таксони, або 93,94%), відносно освітлені (геліосциофіти – 8 таксонів, або 3,67%) та відносно затінені (сциофіти – 27 таксонів, або 12,39%) умови росту рослин.

Більшість видів рослинного покриву території дослідження поширення діаспор флори є ті, які поширюються за допомогою вітру – 85 таксонів. Це характерно для панування відкритих просторів кар'єру Пісківського родовища гіпсів.

Визначено, що більшість видів рослинного покриву родовища з народногосподарським використанням є лікувальні – 186 таксонів.

Окрім того, у флорі родовища визначено харчові – 77 таксонів, медоносні – 67 таксонів, декоративні – 62, бур'янів – 59 таксонів та кормові – 49 таксонів.

Серед визначених видів флори території планованої діяльності не визначено видів, які потребують охорони на будь-якому рівні. У спонтанній флорі родовища зростає значна частка привнесених видів – 78 таксонів або 35,78 %, що представлені адвентами,

За результатами літературного пошуку та польових досліджень на території провадження планової діяльності на Пісківському родовищі гіпсів ПрАТ «Миколаївцемент» не встановлено рідкісних рослинних угруповань, що згадуються в Зеленій книзі України.

Територія Пісківського родовища гіпсів є потужним джерелом синантропних видів рослин для оточуючих рослинних угруповань. Серед синантропів визначена значна частка апофітів та адвентів. Окрім того, ідентифіковано сезонні локалітети ефемерофітів, кенофітів, трапляються інвазійні види.

Визначена при польових обстеженнях флора та фауна повністю відповідає техногенним екологічним умовам родовища гіпсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шукель І. В., Соколов С. О., Кузярін О. Т., Тиманська О. Б. Спонтанна флора кар'єру з сухою виїмкою та роль сміттєзвалища у його біорізноманіття (на прикладі кар'єру ПАФ «Дністер» у Львівській області. Екологістика : теорія і практика управління сміттєзвалищами. Варшава : Головна школа пожежної служби, 2021.С. 117-130.

2. Екофлора України. В 6 т. / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Фітосоціоцентр. 2000 —2010.
3. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха. Київ: Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
4. Mosyakin S. L. Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine a nomenclatural checklist. Kyiv, 1999. 234 p.
5. Попович В. В. Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.11. С. 119-128.

УДК 502

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ВИКЛИКИ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

С. В. Шутяк

Національний лісотехнічний університет України

Відходи невід'ємна частина життєдіяльності людини і в побутовій, і економічній сферах. Належне управління відходами, розуміння їхніх властивостей та вміле використання – це запорука безпечного та здорового довкілля. Щороку в ЄС утворюється 2,1 мільярда тонн відходів, а в Україні 0,5 млрд. тонн.¹ Після запровадження нової статистичної форми у 2023 року, яка вилучила з обрахунку відходи, що можуть повторно використовуватися, даних ще не має. Кількість відходів і способи поводження з ними дуже різняться в різних країнах ЄС. В Україні різниця у поводженні з відходами відчутна на рівні регіонів. Спостерігається тенденція до збільшення обсягів переробки та зменшення обсягів захоронення відходів у тилових областях та загострення питань поводження з відходами у прифронтових областях України. Збільшення кількості відходів руйнації, що зумовлює пошук нових формулювань, проте будівельні відходи були притаманні і довоєнній Україні. Сортувати відходи та належно ними управляти – стає ознакою прогресивності – що варто відмітити та заохочувати.

Тема відходів супроводжується певним інформаційним шумом зумовленим не впевненістю щодо здатності державних органів влади здійснити належний контроль за дотриманням всіх нормативних документів у сфері поводження з відходами. Зокрема, мова про гарантування екологічної безпеки під час використання технологій із спалювання відходів, переробки небезпечних відходів та поводження із шламонакопичувачами та хвостосховищами.

Щоб зменшити кількість відходів та їхній вплив на навколишнє середовище, Україна, уздогін країн ЄС, прийняла амбітні цілі щодо переробки та захоронення відходів, а також працює над запровадженням розширеної відповідальності виробника, зокрема, щодо відходів упаковки. Мета - сприяти переходу до більш сталої моделі, відомої як циркулярна економіка.

Беручи приклад із ЄС – де існує Рамкова директива про відходи, Україна прийняла Закон України «Про управління відходами». Закон набрав чинності у липні 2023 року. Закон змінив 30 документів, зумовив прийняття 16, відсилає до 8, визнає нечинними 3. Закон вже зазнавав змін 3 документів, та має відсилань з 29 документів. Є підставою та втрати чинності 3 та ввів нову редакцію для 30 документів. Проте, чи достатньої такої сухої статистики, щоб зрозуміти рівень впровадження управління відходами?

¹ Округлено відповідно до статистичних даних України в Україні є https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2018/ns/uv_zaklass/arch_uv_zaklass_u.htm 462373504,0

Закон України “Про управління відходами” визначив правові, організаційні, економічні засади діяльності щодо запобігання утворенню, зменшення обсягів утворення відходів, зниження негативних наслідків від діяльності з управління відходами, сприяння підготовці відходів до повторного використання, рециклінгу і відновленню з метою запобігання їх негативному впливу на здоров’я людей та навколишнє природне середовище.

Рамковий закон у сфері відходів закріпив на законодавчому рівні ієрархію управління відходами як основу впровадження реформи відходів центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями з метою (у порядку пріоритетності):

1) запобігання утворенню відходів; 2) підготовки відходів до повторного використання; 3) рециклінгу; 4) відновлення відходів (у тому числі виробництва енергії); 5) видалення відходів.

Нововведенням також стало поняття щодо розширеної відповідальності виробника, що встановлюється законом щодо виробників продукції, у результаті споживання/використання якої утворюються відходи упаковки, електричного та електронного обладнання, батарей і акумуляторів, транспортних засобів, знятих з експлуатації, мастил (олив), шин, текстилю тощо, та запроваджується, у тому числі шляхом створення систем розширеної відповідальності виробника відповідно до вимог та порядку, визначених законом.

Закон визначає суб’єктів у сфері управління відходами - це громадяни України, іноземці та особи без громадянства, суб’єкти господарювання незалежно від форми власності, діяльність яких призводить до утворення відходів, а також суб’єкти господарювання у сфері управління відходами. Окремо, визначає уповноважені органи виконавчої влади у сфері запобігання утворенню та управління відходами - це Кабінет Міністрів України, центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища (Міндовкілля), центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері управління відходами (Міндовкілля), центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері житлово-комунального господарства (Мінреінтеграції), центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів (ДЕІ), центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони здоров’я (МОЗ), Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, інші органи виконавчої влади у межах повноважень, визначених законом. Окремо визначено повноваження органів місцевого самоврядування в Україні.

До повноважень сільських, селищних, міських рад у сфері управління відходами належить:

- 1) участь у реалізації державної політики у сфері управління відходами;
- 2) участь у розробленні та реалізації регіональних планів управління відходами;
- 3) затвердження місцевих планів управління відходами;
- 4) вирішення питань щодо розміщення на території відповідних територіальних громад об’єктів оброблення відходів;
- 5) створення пунктів роздільного збирання побутових відходів.

Проте не до кінця зрозуміло, що робити органу місцевого самоврядування в межах території якого знаходиться хвостосховище чи шламонакопичувач? Завод вже діючий по обробці небезпечних відходів? Тобто рішення про територіальне розміщення приймати не доводиться, бо таке вже розміщене? Чи достатньо повноважень в органу місцевого самоврядування?

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про управління відходами» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
2. Waste law URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-law_en
3. Березовський, П. П., Шутяк, С. В., Ященко, Г. А., Костюніна, Ю. О., & Березовська, Н. І. (). Аналіз стану державного регулювання у сфері охорони навколишнього природного середовища за різними напрямками, здійснений в межах підготовки національної доповіді про стан навколишнього середовища в Україні у 2023 році. Ефективність державного управління, 2024. 1(78/79). 39–45. <https://doi.org/10.36930/507806>
4. Шутяк, С. В., Взаємозалежність принципів верховенства права та належного врядування на прикладі управління об'єктами тваринного світу 2023: XXIII Міжнародна науково-практична конференція "Екологія. Людина. Суспільство" <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.289131>

УДК 504, 630:631.4

**ВПЛИВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ, СПРИЧИНЕНИХ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ,
НА СТАН ҐРУНТУ**

*А. О. Щесняк, П. В. Босак, к.т.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Лісові масиви – це складні екосистеми, які об'єднують різноманітну рослинність, включаючи дерева і чагарники, з іншими важливими структурними елементами, такими як тварини, мікроорганізми та ґрунти. Взаємодія між цими компонентами створює унікальне середовище, яке відіграє ключову роль у підтримці глобального екологічного балансу. Серед усіх екосистем, які зазнають шкоди під час військових дій, лісові екосистеми є особливо вразливими через свою складність та багатофункціональність. Вони не лише є осередками біорізноманіття та природними регуляторами клімату, але й виконують критично важливі функції захисту ґрунтів від ерозії та забезпечення чистоти водних ресурсів.

Під час війни лісові екосистеми зазнають негативного впливу. Безпосередній вплив на ліси здійснюють вибухи різноманітних боєприпасів, включаючи ракети та міни, а також політ куль та осколків. Значної шкоди завдає падіння підбитих літальних апаратів та ракет, що часто призводить до локальних пожеж та руйнувань. Вибухи та займання військової техніки, спричинені влучанням снарядів або наїздом на міни, також становлять серйозну загрозу для лісових масивів. Крім того, військові дії часто супроводжуються навмисними підпалами сухоостою та лісових насаджень, що може призвести до масштабних лісових пожеж. Пересування важкої військової техніки руйнує ґрунтовий покрив та підлісок, порушуючи природні процеси в екосистемі [8].

Серед численних видів впливу військових дій на довкілля особливе місце посідають лісові пожежі (рис. 1), оскільки вони чинять довгостроковий і комплексний вплив на довкілля. Слід зазначити, що пожежі, які виникають під час війни, є особливим чинником серед військових впливів на довкілля. Пожежі є як наслідком військових дій, так і тактичним заходом військ, що застосовується навмисно [5].



Рисунок 1 – Ліс після пожеж в зоні ЧАЕС [5]

Лісові пожежі можуть впливати на багато фізичних, хімічних, мінералогічних і біологічних властивостей ґрунтів. Ці впливи часто мають комплексний характер і можуть призвести до значних змін у загальній структурі та функціонуванні лісової екосистеми. Інтенсивність і тривалість пожежі, тип лісу та вихідний стан ґрунту визначають ступінь і характер цих змін [1].

Під впливом чинників пожежі родючий шар ґрунту зазнає пошкоджень. Знищуються рослини, їхні кореневі системи, а також редуценти – бактерії та мікроміцети. Водночас підвищується вміст мінералів у ґрунті, що сприяє переходу немісцевої рослинності. Відомо також, що ґрунти мають непрямий вплив на пожежонебезпеку, який виражається у створенні сприятливих умов для виникнення та поширення лісових пожеж. Родючість ґрунту позитивно впливає на накопичення ґрунтової біомаси. Ґрунтова біомаса є добрим паливом у сухих умовах і легко запалюється, що створює сприятливий ґрунт для поширення лісових пожеж. Унаслідок лісових пожеж ґрунти забруднюються важкими металами та іншими хімічними речовинами, що призводить до погіршення екологічної обстановки. Тому дослідження впливу лісових пожеж на вміст важких металів у ґрунті має велике значення. Ступінь забруднення ґрунту важкими металами також залежить від породного та вікового складу лісу. Забруднення важкими металами негативно позначається на активності ґрунтових ферментів і знижує мікробіом ґрунту [2-7].

Життєздатність мікроорганізмів знижується зі збільшенням рівня забруднення важкими металами. Сьогодні важкі метали вже є другими за небезпекою забруднювачами після пестицидів, значно випереджаючи такі відомі забруднювачі, як вуглекислий газ і сірка. Потрапляючи в ґрунт, метали можуть вступати у взаємодію через фізичні, хімічні, фізико-хімічні, фізико-хімічні, біохімічні та інші процеси, що призводить до їхнього накопичення, вивільнення, переходу між фазами та потрапляння в рослини і тварин. У результаті важкі метали призводять до зниження продуктивності та врожайності, руйнують клітинні структури рослин, порушують нормальне функціонування екосистем і негативно впливають на здоров'я населення [6].

Зміни у складі ґрунту після пожежі потребують окремого розгляду. Головною особливістю є зниження кислотності ґрунту, що пов'язано зі зменшенням вмісту органічного вуглецю в ґрунті. Зміни фізико-хімічного складу ґрунту можна спостерігати протягом 20-25 років після пожежі. Їх повне відновлення (тобто збільшення концентрації зольних елементів і розчинних речовин) відбувається приблизно через 56 років після пожежі. Важливо зазначити, що пожежа також має значний вплив на фізичні властивості ґрунту. Високі температури спричиняють руйнування ґрунтових агрегатів, що призводить до зміни структури ґрунту. Унаслідок цього погіршується проникність і аерація ґрунту, підвищується ризик ерозії та знижується родючість. Крім того, утворення водовідштовхувального шару на поверхні ґрунту

внаслідок пожежі ще більше ускладнює процес відновлення рослинності та природного балансу екосистеми. Ці фактори, поряд із хімічними змінами, визначають довгострокові наслідки пожежі для ґрунтового середовища та його здатності підтримувати рослинність [4].

Заходи з відновлення та рекультивації ґрунтів після лісових пожеж є критично важливими для відновлення екосистеми та запобігання подальшій деградації ландшафту. Проаналізувавши дослідження науковців [2-8], можна виділити заходи такі пріоритетні заходи:

- протиерозійні заходи є першочерговими, оскільки після пожежі ґрунт стає особливо вразливим до ерозії. Створення мульчуючого покриву з обгорілих решток дерев допомагає захистити поверхню ґрунту від прямого впливу дощу та вітру. Встановлення протиерозійних бар'єрів з повалених стовбурів дерев на схилах сповільнює поверхневий стік води та затримує ґрунтові частинки.

- відновлення родючості ґрунту є наступним важливим кроком. Внесення органічних добрив компенсує втрати органічної речовини, спричинені пожежею. Застосування біочару (біовугілля) не лише покращує структуру ґрунту та його здатність утримувати вологу, але й сприяє секвестрації вуглецю. Використання спеціальних мікробіологічних препаратів допомагає відновити ґрунтову мікрофлору, яка відіграє ключову роль у колообігу поживних речовин. Посів бобових рослин є ефективним методом природного збагачення ґрунту азотом.

- лісовідновлення має довгострокове значення для стабілізації ґрунту та відновлення екосистеми в цілому. Початковим кроком є оцінка потенціалу природного поновлення лісу та сприяння цьому процесу там, де це можливо. У випадках, коли природне відновлення є недостатнім, проводиться штучне лісовідновлення з використанням пожежостійких видів дерев та чагарників. Створення змішаних лісових насаджень підвищує стійкість екосистеми до майбутніх пожеж та інших стресових факторів. Важливо проводити поступову реінтродукцію лісової рослинності, щоб зменшити стрес на ґрунт та дати йому час для відновлення.

Отже, лісові пожежі, особливо ті, що спричинені військовими діями, мають глибокий і довготривалий вплив на ґрунтові екосистеми. Вони призводять до значних змін у фізичних, хімічних та біологічних властивостях ґрунту, включаючи зниження кислотності, руйнування ґрунтових агрегатів та забруднення важкими металами. Негативні наслідки пожеж можуть зберігатися протягом десятиліть, впливаючи на родючість ґрунту, його здатність утримувати вологу та підтримувати різноманіття мікроорганізмів. Відновлення пошкоджених ґрунтів вимагає комплексного підходу, що включає протиерозійні заходи, відновлення родючості та лісовідновлення. Особливу увагу слід приділяти створенню стійких, змішаних лісових насаджень, які краще протистоять майбутнім пожежам та іншим стресовим факторам. Хоча повне відновлення ґрунту може тривати понад півстоліття, своєчасне та правильне впровадження відновлювальних заходів здатне значно прискорити цей процес та покращити загальний стан лісових екосистем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Certini, G. Effects of fire on properties of forest soils: a review. *Oecologia*. 2005. . 143. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1788-8>
2. Popovych, V. V., Henyk, Y., Gapalo, A., Bosak, P., Popovych, N. (2022). Specific Activity of Radionuclides in Soils Disturbed by Forest Fires. *Journal of Ecological Engineering*, 23(6), 265-270. <https://doi.org/10.12911/22998993/148191>
3. Бех Х.О., Бовсунівська Т.М., Хом'як І.В. Відновлення трав'яного покриву лісових насаджень після дії пірогенного фактора // Матеріали II всеукраїнської науково-практичної конференції «Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку». Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 95-97.

4. Босак П. Аналіз впливу низових лісових пожеж на довкілля. Problems of Emergency Situations : Міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 20 трав. 2021 р. Харків, 2021. С. 258–259
5. Василюк О., Коломицев Г., Пархоменко В. Ліси у вогнях війни. Втрачено понад 1000 квадратних кілометрів. Ukraine War Environmental Consequences Work Group. URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/flames-of-war-how-ukraine-lost-over-1000-square-kilometers-of-forest/>
6. Євтушенко Н. С., Слівна Д. Ю. Екологічні проблеми забруднення ґрунту важкими металами. Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішенняв контексті євроінтеграції України : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет- конф., Харків, 02–03 листоп. 2023 р. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023.С. 22-24
7. Забруднення ґрунтів внаслідок лісових пожеж / О. Рибалова та ін. Perspectives of world science and education : The 6 th International scientific and practical conference, Osaka, 26–28 лют. 2020 р. Japan, 2020. С. 711–718
8. Кузик А., Товарянський В. Вплив воєнних дій на лісові екосистеми України та їх післявоєнне відновлення. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2023. Т. 27. С. 16–22. URL: <https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.02>

СЕКЦІЯ 2 ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

УДК 342.951

ЕКОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ДЕРЖАВИ В КОНТЕКСТІ ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

*О. М. Ботнаренко, к.ю.н., доцент
Харківський національний університет внутрішніх справ*

Відповідно до п. 12 ч. 1 ст. 1 Закону України «Про протимінну діяльність в Україні», протимінна діяльність – заходи, що проводяться з метою забезпечення національної безпеки та спрямовані на зменшення соціального, економічного та екологічного впливу вибухонебезпечних предметів на життя та діяльність населення [1].

Основними цілями протимінної діяльності в Україні відповідно до ч. 1 ст. 3 зазначеного вище Закону є зменшення ризиків, які можуть виникати внаслідок підриву вибухонебезпечних предметів, до безпечного для життя і здоров'я населення рівня, що дасть змогу використовувати природні ресурси очищених від вибухонебезпечних предметів територій у господарських цілях; мінімізація та відвернення загроз настання нещасних випадків від несанкціонованого поводження з вибухонебезпечними предметами; зниження соціальної напруженості серед населення, яке проживає на територіях або поблизу територій, забруднених вибухонебезпечними предметами; збереження і забезпечення відтворення унікальних екосистем у межах територій, забруднених вибухонебезпечними предметами, без залучення додаткових інвестицій [1].

Ключовим суб'єктом протимінної діяльності є держава, від імені якої діють її органи, і саме від держави залежить побудова адміністративно-правової системи регулювання відносин у вказаній галузі. Вважаємо логічним висвітлення ролі держави у галузі протимінної діяльності через призму функцій держави.

На нашу думку, екологічна функція є однією з ключових функцій держави в розрізі протимінної діяльності.

Екологічна функція держави є надзвичайно важливою для розвитку як національної, так і світової економіки, фінансів, соціальної структури, політики та культури, особливо в умовах глобалізації, що з часом все більше набирає обертів. Глобалізація веде до інтенсивного розширення та поглиблення взаємодії між країнами в економічній сфері, що робить екологічні питання ще більш актуальними. Відповідальне управління природними ресурсами та охорона навколишнього середовища стають необхідними для забезпечення стійкого розвитку, збереження біорізноманіття та зменшення негативних впливів на клімат. У свою чергу, мінна засміченість, що є прямим наслідком будь-якої війни, несе суттєву загрозу не лише населенню певних територій, а має негативний вплив на життєдіяльність світової спільноти в цілому.

Уповноважений Верховної Ради України з прав людини Дмитро Лубінець зазначає, що «Майже 10 років безперервного знищення наших природних багатств, масштаби якого збільшились після 24 лютого 2022 року. Наслідки російської збройної агресії для екологічної безпеки України вже зараз можна назвати катастрофічними.

Завдані окупантами збитки довкіллю Міністерство довкілля та природних ресурсів України наразі оцінює в 2 108 млрд гривень. Такі дані станом на 11 жовтня 2023 року. З них збитки від забруднення повітря – 1 078,7 млрд гривень, ґрунтів і землі – 984,4 млрд гривень, води – 60,7 млрд гривень. За півтора року війни Державна екологічна інспекція зареєструвала понад 2500 звернень щодо російських злочинів проти довкілля. І це далеко не остаточні цифри.

Повномасштабна війна перетворила нашу державу на одну з найбільш замінованих країн світу. 174 тис. кв. км – майже третина території України – небезпечні для життя. Якщо провести аналогію з іншими країнами, це половина площі Німеччини або чотири Естонії» [2].

Цілком погоджуємося з думкою академіка А. П. Гетьмана, який зазначає, що екологічна функція держави є винятково важливою як для національного, так і світового розвитку економіки, фінансів, соціальної структури, політики, культури, особливо в умовах глобалізації як процесу інтенсивного розширення і поглиблення контактів, зв'язків, взаємодії різних країн в економічній, політичній, культурній та інших сферах [3, с. 149].

Мінна засміченість є глобальною екологічною проблемою, що виходить за межі окремих країн і регіонів впливаючи на всю планету. Її наслідки для екології мають масштабний характер і включають кілька ключових аспектів:

- міни і вибухонебезпечні залишки війни завдають шкоди екосистемам, руйнуючи місця проживання видів і знищуючи флору та фауну. Зменшення біорізноманіття в постраждалих регіонах має кумулятивний ефект, який впливає на глобальну екосистему. Втрата навіть окремих видів або екосистем може порушити харчові ланцюги і природні процеси, які взаємопов'язані на світовому рівні;

- токсичні речовини, що вивільняються під час вибухів мін, забруднюють ґрунти та водні ресурси, що можуть поширюватися далеко за межі конкретної території. Через глобальні гідрологічні цикли ці забруднення можуть впливати на великі регіони, впливаючи на якість води та ґрунтів, що важливо для здоров'я людей, тварин і рослин по всьому світу;

- знищення лісів, лук і інших природних зон через мінну засміченість впливає на глобальні кліматичні процеси. Ліси відіграють ключову роль у поглинанні вуглекислого газу і регулюванні клімату. Їх втрата сприяє підвищенню рівня парникових газів в атмосфері, що призводить до глобального потепління і зміни клімату;

- мінна засміченість ускладнює реалізацію міжнародних природоохоронних ініціатив, таких як захист біорізноманіття, збереження лісів і водних ресурсів. Забруднені мінами території стають недоступними для природоохоронних програм, що ускладнює зусилля зі збереження природних середовищ і видів на глобальному рівні;

- мінна засміченість впливає на сільськогосподарські землі, що зменшує можливості для виробництва продовольства. Це може спричинити дефіцит продовольства не тільки на локальному, але й на глобальному рівні, оскільки зменшення доступних сільськогосподарських земель впливає на загальну продовольчу безпеку в усьому світі.

За даними досліджень ООН, у 2024 році понад 14,6 мільйона людей – приголомшливих 40 відсотків від загального населення України – потребують певної гуманітарної допомоги, а 2,2 мільйона біженців потребують допомоги в сусідніх країнах. За два роки після повномасштабного вторгнення росії в Україну понад 14 мільйонів людей, майже третина населення України, покинули свої домівки. Сім'ї були розділені, діти залишилися без дому, а громади зруйновані. Близько 3,7 мільйона людей залишаються переміщеними особами в Україні, а майже 6,5 мільйонів є біженцями по всьому світу. Понад 4,5 мільйона повернулися додому на сьогоднішній день або з-за кордону, або з переміщення всередині країни [4].

Таким чином, мінна засміченість є глобальною екологічною проблемою та загрозою національній безпеці України, яка для її подолання вимагає негайних і скоординованих зусиль на міжнародному рівні. Її вплив на екосистеми, клімат, біорізноманіття і природні ресурси є серйозною загрозою для планетарного екологічного балансу, і вирішення цієї проблеми є важливим завданням для всього світу. Мінна засміченість не є локальною проблемою — вона має далекосяжні наслідки, що впливають на безпеку, економіку, екологію та міжнародні відносини в глобальному масштабі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про протимінну діяльність в Україні Закон України від 06.12.2018 № 2642-VIII : станом на 01 січня 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2642-19#Text> (дата звернення: 07.10.2024). – Назва з екрана.

2. Лубинець Д. Довкілля – мовчазна жертва війни: як російська армія вчиняє екологічні злочини й порушує права людини.// LB.ua. – 26 жовтня 2023 року. URL:

https://lb.ua/blog/dmytro_lubnets/

581276_dovkillya_movchazna

_zhertva_viyeni_yak.html#:~:text=Завдані%20окупантами%20збитки%20довкілля%20Міністерство,-%2060,7%20млрд%20гривень

3. Гетьман А.П. Екологічна функція держави в сучасних глобалізаційних процесах / А. П. Гетьман // Проблеми законності : зб. наук. пр. Харків, 2015. Вип. 128. С. 145–153.

4. Мільйони отримали допомогу, ще мільйони все ще потребують два роки війни в Україні // UN International Organization for Migration. 22 лютого 2024 року. URL: <https://www.iom.int/news/millions-assisted-millions-more-still-need-two-years-ukraine-war-says-iom>.

UDC 349.6

ENVIRONMENTAL PRESERVATION IN WARTIME: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR ATTRACTING FOREIGN INVESTMENTS INTO UKRAINE

*A. A. Buriak, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor
National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»*

The post-war renovation of Ukraine represents a multi-dimensional process encompassing not only the physical reconstruction of destroyed buildings but also the restoration of natural resources and ecological balance. This process primarily includes the rebuilding of residential structures, industrial enterprises, infrastructure facilities, and other critical assets that were damaged or entirely destroyed due to hostilities. Beyond the reconstruction of physical structures, a crucial task is the reclamation of land that has degraded due to combat activities, landmines, and other anthropogenic impacts. This involves soil decontamination, biodiversity restoration, and ecosystem rebuilding. An essential aspect of this process is improving the environmental state of affected territories, addressing water resource contamination, reforestation, and implementing modern ecological technologies to promote the country's sustainable development.

The realization of large-scale renovation projects necessitates significant foreign investment. In this context, it is crucial to establish favorable conditions for investors, including transparent governance mechanisms, capital protection guarantees, tax benefits, and other incentives. Investments will not only fund reconstruction efforts but will also contribute to economic modernization [1], the adoption of advanced technologies, and job creation, which are prerequisites for Ukraine's long-term development and recovery.

Key factors in Ukraine's recovery will include a strong, growing, and dynamic private sector and an economy capable of creating jobs, increasing exports, and generating tax revenues. It is essential to enhance the competitiveness of Ukrainian businesses, protect and expand the energy sector, and strengthen democratic institutions that ensure the rule of law and transparency – critical components for attracting investment [2]. The primary goal is not only to support the country during the crisis but also to facilitate the realization of its significant economic potential. This involves creating a favorable environment for investment, which will serve as the foundation for sustainable economic growth, integration into global markets, and strengthening Ukraine's economic resilience.

According to data from the State Statistics Service of Ukraine, the volume of foreign investments in Ukraine in 2023 remains lower compared to the pre-war year of 2021; however, it shows significant growth relative to the figures from 2022. According to the National Bank of Ukraine, in 2023, investors injected \$4.25 billion into the country's economy, which is four times higher than the previous year's level (\$1.15 billion). These changes indicate the promising economic environment in Ukraine for the development of foreign businesses, despite the high risks associated with the ongoing war. These two years have confirmed that the presence of military conflict is not an

absolute barrier to attracting investments, and Ukraine is not solely a high-risk zone [3]. The examples of investors who are already investing in the Ukrainian economy during wartime demonstrate the potential for successful project implementation and stimulate the involvement of potential investors.

According to expert calculations, the combined share of 20 large private enterprises and five state-owned companies in the total volume of investments in Ukraine exceeds 40%. This concentration indicates a limited number of large and medium-sized businesses that possess sufficient resources and capabilities for investment. It is also important to note that a portion of the capital investments of these companies is a forced measure aimed at restoring facilities damaged as a result of military operations. In general, Ukrainian businesses lack access to expanded bank credit and foreign capital. This was emphasized by participants of the Kyiv Investment Day Forum, who highlighted the urgent need for financial mechanisms that would support Ukrainian enterprises in the face of wartime and post-war challenges.

In 2024, Ukraine presented ready investment cases at the International Conference on Reconstruction held in Berlin. The event showcased both promising investment projects and specific mechanisms and tools designed to support investors planning to make capital investments in Ukraine.

Among the investment incentives highlighted were exemptions for residents of industrial parks from customs duties on manufacturing equipment and VAT on imports, as well as corporate tax exemptions for up to 10 years. Furthermore, local authorities may provide additional tax benefits related to local taxes and fees. For investment projects with investments exceeding 12 million euros, there is a compensation mechanism from the government of up to 30% of the capital investment. An additional significant component is the Ukraine Facility – Ukraine Investment Framework program, aimed at attracting up to 40 billion euros in state and private investments. Moreover, the program includes the implementation of comprehensive reforms, which cover over 150 indicators of global changes, including areas such as strengthening state institutions, continuing corporate reform, privatization, and improving public administration [4]. These measures will create favorable conditions for investment and ensure the country's sustainable economic development.

Ukraine demonstrates its readiness to actively cooperate with potential investors by offering access to prepared ideas and investment projects. This enables investors, even in the current wartime conditions, to conduct preliminary analysis, perform detailed calculations, undertake research, and carry out technical development without significant risks. Such an approach helps save time in the future, which is especially valuable during the post-war reconstruction process. Investors who begin planning in advance will gain competitive advantages, including the ability to start project implementation sooner. In several economic sectors, investing during the war may become a strategic decision for foreign investors. As experts note, some Ukrainian companies are already actively investing in development and expanding their market presence, which will eventually make it difficult for competitors to catch up. Therefore, timely engagement in Ukrainian markets may become the key to long-term success, as delaying investment decisions could lead to missed opportunities.

In conclusion, Ukraine's post-war recovery is a multifaceted process that requires significant foreign investment for both physical reconstruction and environmental restoration. The government is actively creating favorable conditions for investors through tax incentives, transparent governance, and comprehensive reform programs. Despite the ongoing conflict, the economic environment remains promising, with increased foreign investments in 2023 signaling confidence in Ukraine's long-term recovery potential. By strategically planning investments now, both local and foreign businesses can capitalize on competitive advantages and contribute to Ukraine's sustainable economic growth and resilience.

REFERENCES

1. Буряк А.А. Інвестиційне співробітництво між Україною та ЄС у промисловості: регіональний розріз. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: «Економіка і менеджмент»*. 2017. № 25. С. 30 – 33. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PoltNTU/1662>.

2. Levchenko I. War as an Influencing Factor on the Logistics Management Processes of Foreign Economic Activity of Enterprises. *Review of Economics and Finance*. Vol. 21. P. 661-668. URL: <http://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/13174>.

2. Буряк А.А., Кудряшова Д.О., Сторожук Л.М. Стратегія розвитку digital-економіки в Україні: національна візія та виклики глобалізації. *Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти*: монографія. Суми: Сумський державний університет. 2023. С. 239 – 248. URL: <https://reposit.nupp.edu.ua/handle/PolNTU/14589>.

3. Буряк А. А. Наукові підходи до розуміння економічної сутності категорії «прямі іноземні інвестиції» на регіональному рівні. *Інвестиції: практика та досвід*. 2014. № 12. С. 107 – 111. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/12_2014/24.pdf.

УДК 630.1+581.6+581.524+(477.63)

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ РЕГІОНУ ЧЕРЕЗ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОЕКТИ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ГУРІВСЬКОГО ЛІСОВОГО МАСИВУ

*Г. П. Гаврилюк¹, М. О. Квітко¹, І. Посмітна²
¹Дніпровський національний університет ім. О. Гончара
²Криворізький державний педагогічний університет*

Сучасні тенденції напрямів розвитку наукових дискусій з проблем раціонального природокористування сходяться до реалізації парадигми відновлення природного потенціалу регіону. Цей процес пов'язаний із покращенням оптимальних умов фізіології дерев для планування землекористування та природоохоронної діяльності. Слід також зазначити, що досвід європейських країн на національному, регіональному та місцевому рівнях вирішує питання, пов'язані з дослідженням відновлення лісових екосистем та штучних деревних насаджень з інтродукціями, а також можливим стихійним заростанням адвентивних видів. Надходження в організм живих організмів можуть надходити через водний режим пилове забруднення або через поверхню листової пластини [1-3]. У лісовому та садово-парковому господарстві Дніпропетровської області протягом багатьох років успішно проводилося вивчення механізмів адаптації штучно інтродукованих видів деревних рослин, використовуючи наукові основи відомих геоботанічних шкіл розробляються агротехнічні та селекційні методи з урахуванням абіотичних та біотичних особливостей мезо- та мікрорельєфу певної території для покращення виконання рекомендацій. Розглядаючи розподіл лісорослинних умов в підзоні степової зони можна констатувати, що стан частини деревної рослинності залежить від місцезостапування. Ключові ділянки деревних насаджень с. Гурівки мають час закладання 1850-1851 рр.. Координати ділянки: 48° 07' 43'' N 33° 05' 25'' E. Лісовий масив характеризується приволодільно-балочним типом ландшафту; за геоморфологічною характеристикою - заплавної ліс. За геохімічною оцінкою насаджень мають трансупераквальні позиції. Тип ґрунту: лучночорноземний. Гранулометричний склад: суглинисті ґрунти, не засолені. За трофністю охарактеризується грудкуватою структурою. За рівнем зволоженості можна віднести до вологих. Абсолютний вік насаджень: 175 р., відносний вік - стиглі, за походженням: природно-насіenneві.

Метою даної роботи було розглянути стан деревних насаджень різного походження с. Гурівки як одного з ключових чинників аналізу стійкого розвитку деревної рослинності в межах Степової зони України.

Об'єкти та методи дослідження. Нами упродовж 2014 – 2024 рр. досліджено природні та штучні деревні насадження деревних насаджень с. Гурівка, які репрезентують основні

різновиди деревно-чагарникових насаджень, зокрема природно-заповідні лісові угруповання, штучні лісові насадження промислово-виробничого призначення та спонтанні природні ділянки самозаростання. Деревні екосистеми Гурівського лісу знаходяться на відстані близько 50 кілометрів від джерел техногенного забруднення і розташовані на межі Криворізького залізничного басейну у заплаві р. Бокова і відзначаються відмінностями у рельєфі. Під час дослідження було використано картографічні матеріали Інтернет-ресурсів GoogleMaps та lk.ukrforest.com. для оцінки вірогідного впливу факторів середовища на деревні угруповання [2]. Використовуючи показники кількості видів, а також дендрометричні характеристики провести аналіз життєвості деревних видів.

Степова зона України займає досить велику територію Криворізького регіону і межує на півночі з лісостеповою зоною. Зона степів поділяється на підзони байрачностепову (або північностепову), середньостепову та південностепову (або підзону дуже сухого степу). У їх флористиці складу, домінуючими видами є *Quercus robur* L., *Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L. Природний походження екосистеми Гурівського лісу зумовило наявність повної цілісної вертикальної конструкції. Яруси чагарників і трав підліску. Видовий склад встановлювався маршрутним методом та методом трансект. Площадки розташовані в природних умовах, в заплаві р.Бокова, Долинського р-ну, Кіровоградської обл.. До видового різноманіття входять наступні види: *Pinus sylvestris* (L.), *Larix decidua* Mill., *Picea abies* (L.) H.Karst, *Abies alba* Mill., *Quercus robur* L., *Quercus rubra* L., *Fagus sylvatica* L., *Acer pseudoplatanus* L., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus excelsior* L., *Acer negundo* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditsia triacanthos* L., *Populus tremula* L., *Alnus incana* L., *Populus nigra* L., *Salix* sp., *Alnus glutinosa* L. Gaerth., *Tilia cordata* L., *Juglans regia* L.. Серед трав'янистих покритонасінних рослин найбільш придатним флористичним матеріалом виявилися однодольні рослини, оскільки вони мають насіння з міцними покривами. Крім того, природний відбір забезпечив однодольні рослини розміщенням бруньок відновлювання і кінцевих пагонів близько до поверхні землі, що дозволяє переносити несприятливі зимові умови. Значна частина однодольних зимує у вигляді насіння.

Отже, стан штучної лісової екосистеми залежить від тенденцій розвитку та комплексу соціально-екологічних, а також економічних проблем лісового господарства України. Це зумовлює необхідність реформування системи ведення лісового господарства. Okремо треба відмітити роль природно степової території краю, а також степової рослинності і степових ландшафтів у екосистемах Криворіжжя. Деревні екосистеми Гурівського лісу є типовою для заплавної лісової України. Природні лісові екосистеми Гурівського лісу розташовані в екологічно чистій зоні. Ці екосистеми мають природне походження і мають вік 110-160 років. Вивчення місцевих особливостей пристосувань деревно-чагарникової рослинності до навколишнього середовища дозволить досягти значного економічного ефекту за рахунок створення нових шляхів інтродукції видів і форм деревних порід різного призначення. Перспективним і актуальним є створення лісонасінневої бази деревних порід на генетико-селекційній основі, що забезпечить значне підвищення не тільки продуктивності, а й біологічної стійкості штучних деревних насаджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kvitko M.O., Savosko V.M., Lykholat Y.V., Holubiev M.I., Hrygoruk I.P., Lykholat O.A., Kofan I.M., Chuvasova N.O., Yevtushenko E.O., Lykholat T.Y., Marenkov O.M., Ovchinnikova Y.Y. Assessment of the ecological hybrid threat to industrial area in connection with the vital state of artificial woody plantations in Kryvyi Rih District (Ukraine) // [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science Volume 1049](https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/1049/1) Published online: 05 July 2022. <https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/1049/1>
2. Lykholat T. Y., Lykholat O. A., Marenkov O. M., Kvitko M. O., Panfilova H. L., Savosko V. N., Belic Y. V., Vyshnikina O. V. and Lykholat Y. V. [Proteolytic processes in organism of different age rats exposed to xenoestrogens](#) // Materials of XIV International Conference on

Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2022) Kryvyi Rih, Ukraine, May 18-20, Journal of Physics: Conference Series, Volume 2288, 22 June 2022. doi:10.1088/1742-6596/2288/1/012013 <https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/2288/1>

3. Lykholat T. Y., Lykholat O. A., Marenkov O. M., Kvitko M. O., Panfilova H. L., Savosko V. N., Belic Y. V., Vyshnikina O. V. and Lykholat Y. V. [Proteolytic processes in organism of different age rats exposed to xenoestrogens](#) // Materials of XIV International Conference on Mathematics, Science and Technology Education (ICon-MaSTEd 2022) Kryvyi Rih, Ukraine, May 18-20, Journal of Physics: Conference Series, Volume 2288, 22 June 2022. doi:10.1088/1742-6596/2288/1/012013 <https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/2288/1>

УДК 502.51-049.5

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГО-РАДІАЦІЙНОГО МІОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ: УРОКИ ВІЙНИ

К. В. Григор'єв

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Російська агресія проти України загострила ряд питань, пов'язаних з вдосконаленням еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря. Це пов'язано з підвищенням ризиків радіоекологічних аварій, загрози зміни радіаційної ситуації, потрапляння радіонуклідів в атмосферне повітря внаслідок постійних обстрілів з боку рф ракетами та безпілотниками територій поблизу АЕС [1-3, 5, 6].

Нами велися моніторингові дослідження за вмістом хімічних поллютантів (три точки спостережень) та рівнем потужності ефективної дози атмосферного повітря (дві точки спостережень), вмістом радіонуклідних поллютантів у м. Миколаєві. Екологічний моніторинг атмосферного повітря вівся за допомогою станцій індикативних вимірювань (за рівнем PM₁₀, PM_{2,5}, CH₂O), а також гамма-спектрометрії проб атмосферних випадіннь.

Отримано результати щодо:

- високих значень концентрацій у повітрі дрібнодисперсного пилу PM₁₀ (до 0,09 мг/м³), концентрацій формальдегіду (до 0,06 мг/м³), діоксиду азоту (до 0,05 мг/м³),
- високих значень індексів якості повітря для міста Миколаєва з високим темпом до зростання (свідчить про високі ризики високого забруднення повітря);
- співвідношень між вимірюваннями формальдегіду на стаціонарних постах спостережень та за станціями індикативних вимірювань.

Ми працюємо над проектом «Євромоніторинг стану атмосферного повітря у населених пунктах вздовж автотранспортних магістралей Миколаївщини (Smart EcoMykolaivRegion)». Це проект спрямований на розгортання станцій індикативних вимірювань показників атмосферного повітря у населених пунктах, які розташовані вздовж транспортних магістралей Миколаївщини. Це дозволить кожному мешканцю: 1) в постійному онлайн режимі (на смартфонах, комп'ютерах) отримувати інформацію про рівні діоксиду азоту, чадного газу, формальдегіду, дрібнодисперсних частинок PM₁₀ і PM_{2,5}, гамма-фону (в окремих пунктах) в атмосферному повітрі населених пунктів; 2) спостерігати про стан атмосферного повітря в населеному пункті на європейській карті моніторингу атмосферного повітря eco-city.org.ua. Це дозволить громадам і місцевому самоврядуванню населених пунктів, через які проходять вантажний транспорт, виробляти політику обмеження впливу викидів автотранспорту та/або відшкодування завданої шкоди (наприклад, через введення екологічного податку на проїзд тощо).

Відносно радіаційного моніторингу, то діючий радіаційний моніторинг атмосферного повітря в Україні здійснюється, в основному, з використанням дозиметричних станцій – які дозволяють вимірювати потужність ефективної дози випромінювання у повітрі, мЗв/год; станцій індикативних вимірювань типу SaveDnipro (вимірювання ефективної дози випромінювання у повітрі, мЗв/год).

Результати спостережень за потужністю ефективної дози у м. Миколаєві за двома точками спостережень свідчили, що середнє значення потужності ефективної дози у м. Миколаєві у 2023 р. становило $0,12 \pm 0,02$ мкЗв/год. Сумарна бета-активність атмосферних випадіннь у м. Миколаєві складала, в середньому, $12,7 \pm 3,1$ Бк/(місяць* m^2). Вміст ^{137}Cs у цих випадіннях складав, у середньому, $1,2 \pm 0,3$ Бк/(місяць* m^2). За даними постійного радіаційного моніторингу атмосферних випадіннь у м. Миколаєві [4] загальна бета-активність атмосферних випадіннь у 1990–2000 рр. варіювала у межах 11 – 25 Бк/(місяць* m^2), а вміст ^{137}Cs не перевищував $2,2$ Бк/(місяць* m^2). З матеріалів оцінки нульового фону навколо ПАЕС [7] маємо, що сумарна бета-активність атмосферного повітря у м. Южноукраїнськ, м. Вознесенськ дорівнювала $0,200 - 0,700$ Бк/л, вміст ^{137}Cs не перевищував $2,5$ мБк/л, вміст ^{90}Sr не перевищував $2,0$ мБк/л.

Під час пересування в атмосферному просторі України радіоактивної хмари з рутенієм-106 у вересні 2017 р. (через аварійне його витікання на російському підприємстві з перероблення ядерного палива «Маяк»), у пробах атмосферного повітря та атмосферних випадіннь реєструвався ^{106}Ru у підвищених кількостях. Рутеній-106 є бета-радіоактивним. Тому присутність його в атмосферному повітрі не буде призводити до підвищення рівня потужності ефективної/експозиційної дози, за показниками чого, як показано вище, здійснюється радіаційний контроль стану атмосферного повітря.

Таким чином, під час військових дій, коли підвищується ризик виникнення аварійних ситуацій через обстріли ракетами та безпілотниками з боку РФ, на нашу думку, бажано розширити радіаційний моніторинг атмосферного повітря з постійним вимірюванням не тільки потужності ефективної/експозиційної дози, а й радіометрією проб атмосферних випадіннь та, при можливості – радіометрією проб атмосферного повітря.

Ми працюємо над проектом «Підвищення інформативності радіаційного моніторингу атмосферного повітря за станціями індикативних вимірювань». Базова основа - датчики індикативних вимірювань потужності ефективної дози (мЗв/год). Доповнюються калібруванням за гама лініями радіоїод. Доповнюються автоматичним пробовідбірником атмосферного повітря. Це дозволить оперативно приймати управлінські рішення щодо йодної профілактики населення; мати інформацію щодо вмісту радіоактивних речовин в атмосферному повітрі й оцінювати реальну загрозу.

ЛІТЕРАТУРА

1. "Dirty bomb" at ZNPP. Екологічна безпека: Проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції 15-16 вересня 2022 р. /УКРНДІЕП, 2022, 92-99. URL: <http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/konfer2022.pdf>.
2. Вітько В.І., Карташов В.В., Хабарова Г.В. Оцінка транскордонного впливу викидів радіонуклідів АЕС України при нормальних та аварійних умовах експлуатації. Зб. наукових праць Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. УКРНДІЕП; ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2020. Вип. 42. 92-98.
3. Вітько, В., Хабарова Г. Радіаційний вплив АЕС України та Європи на кордоні /Екологічна безпека: Проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVII Міжнародної науково-практичної конференції 13-17 вересня 2021 р. УКРНДІЕП, 2021. 85-93.
4. Вміст радіонуклідів в об'єктах зовнішнього середовища на території Миколаївської області: Звіт НДЛ "Ларані". Миколаїв, 2001. № 59/2. 22 с.
5. Новосолов, Г., Масько, М. Про радіаційний вплив Запорізької та Южно-Української АЕС на довкілля. Nuclear Power and the Environment № 2 (14) 2019. 58-70

6. Про можливі наслідки ядерної аварії на Запорізькій АЕС. Екологічна безпека: Проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції 14-15 вересня 2023 р. /УКРНДІЕП.–ПП «Стиль-Іздат», 2023. 85-91. URL: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/Prezentac/Prezent_Vitko2023.pdf

7. Радіаційна обстановка навколо Південноукраїнської атомної електростанції у передпусковий період (зняття нульового фону): Звіт НДР. К., 1980. 147 с.

УДК 502.3/7

ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ

Л. В. Глоговський, доктор філософії

Львівський національний університет природокористування

Війни завжди були джерелом руйнувань, які впливають не лише на суспільство та економіку, але й на довкілля. Російсько-українська війна, розпочата у 2014 році та повномасштабне вторгнення у 2022 році, є наочним прикладом катастрофічного впливу військових дій на природу. Аналізуючи цю війну та інші військові конфлікти, можна побачити, що наслідки для екосистем, клімату та біорізноманіття можуть бути досить довготривалими, а в деяких випадках незворотними.

Одним із найочевидніших наслідків війни є знищення природних ландшафтів. Обстріли, бомбардування та використання важкої техніки ведуть до деградації ґрунтів, руйнування лісів, степів та інших природних зон. За даними Державного агентства лісових ресурсів України станом на серпень 2024 року, 728.9 тисяч гектарів лісів зазнали безпосереднього впливу війни, повністю знищеними вважаються 893.9 гектарів [1].

Відновленню будь-яких природних територій має передувати їхнє розмінування, оскільки безпека людей має бути на першому місці. Слід врахувати, що ліси стоять у третій, останній черзі на розмінування після населених пунктів та сільськогосподарських земель, що суттєво сповільнює їхнє очищення від вибухонебезпечних об'єктів. В таких умовах можна сподіватися на природне відновлення лісів, коли частина територій залишається недоступною для ведення лісового господарства на тривалий час, як у Чорнобильській зоні. Суттєвим недоліком такого виду господарювання є те що без нагляду лісу не матимуть того складу та продуктивності, на які сподівається лісова галузь[2].

У зоні активних бойових дій в Україні, таких як Донецька, Луганська, Херсонська, Київська та Запорізька області, значні площі землі стали непридатними для сільського господарства через забруднення, вирви від вибухів та міни. Бойові дії спричинили масштабну трансформацію ландшафтів: вирви від снарядів змінюють рельєф, пошкоджуючи родючий шар ґрунту, а міни та нерозірвані боєприпаси створюють небезпеку для людей і тварин, унеможливаючи використання земель у найближчому майбутньому.

Забруднення токсичними речовинами, які виділяються під час вибухів та горіння, проникає в ґрунт і порушує його природну структуру. У багатьох місцях зафіксовано підвищення концентрацій важких металів, таких як свинець і кадмій, що створює довготривалі ризики для здоров'я людей і функціонування екосистем. Через це сільськогосподарські угіддя, які колись забезпечували продовольством місцеві громади, тепер потребують дорогого та тривалого процесу рекультивациі.

Окрім цього, внаслідок руйнування інфраструктури меліорації й іригації, велика частина орних земель піддається ерозії, а посіви на таких територіях часто гинуть. У степових і лісостепових регіонах, де процес природного відновлення гальмується через забруднення

хімічними речовинами. У багатьох випадках відновлення таких земель потребуватиме десятиліть, значних фінансових ресурсів та застосування передових технологій.

Водні ресурси також страждають від бойових дій що призводять до довготривалих екологічних проблем. Руйнування дамб, водосховищ, інфраструктури водопостачання та каналізації викликає забруднення водойм, зміну їхнього хімічного складу та гідрологічного режиму. Ці процеси порушують природний баланс екосистем, впливаючи на рослини, тварин і людей, які залежать від водних ресурсів.

Яскравим прикладом стала катастрофа через підрив Каховської ГЕС у 2023 році, яка спричинила затоплення великих територій, змінила русло Дніпра та призвела до знищення унікальних природних комплексів. Унаслідок цього, сотні видів риб, птахів та інших водних організмів втратили свої середовища існування. Забруднення води нафтою, хімічними речовинами та органічними сполуками зробило її непридатною для споживання та використання в сільському господарстві, що посилює гуманітарну кризу в постраждалих регіонах. Крім того, підрив водосховища спричинив деградацію прилеглих земель через підняття рівня ґрунтових вод або, навпаки, дефіцит води в інших регіонах, які раніше отримували її з цих джерел. Втручання у гідрологічний цикл спричинило загрозу для мільйонів людей, які залежать від цих водних ресурсів, і сприяло деградації екосистем нижньої течії Дніпра.

Бойові дії супроводжуються значними викидами в атмосферу, що мають руйнівний вплив як на навколишнє середовище, так і на здоров'я людей. Під час обстрілів і вибухів горять нафтобази, склади боєприпасів, промислові об'єкти та ліси, утворюючи токсичні гази. До атмосфери потрапляють великі обсяги вуглекислого газу (CO₂), оксидів сірки (SO_x) і азоту (NO_x), а також частинки сажі й інші небезпечні речовини. Ці сполуки не лише погіршують якість повітря, а й накопичуються у ґрунті і водоймах, забруднюючи їх.

Особливо небезпечними є дрібнодисперсні частинки, що утворюються під час горіння, адже вони здатні проникати глибоко в дихальні шляхи людини, викликаючи респіраторні захворювання, алергії, а також серцево-судинні проблеми. Оксиди сірки та азоту, взаємодіючи з атмосферною вологою, утворюють кислотні дощі, які руйнують будівлі, знищують лісові екосистеми та знижують родючість ґрунтів.

Військові дії мають катастрофічний вплив на флору і фауну. У зонах бойових дій знищуються природні місця проживання багатьох видів тварин і рослин. Шум, вибухи та переміщення військової техніки змушують тварин залишати свої звичні території, що призводить до скорочення популяцій. Для деяких рідкісних видів це може стати фатальним. В Україні, яка має багатий біорізноманітний потенціал, війна особливо сильно впливає на заповідні території. Зокрема, національні парки, такі як «Меотиди», «Асканія-Нова» та «Азово-Сиваський», зазнали значних пошкоджень. На цих територіях фіксують скорочення популяцій птахів, порушення водно-болотних угідь та знищення рослинного покриву.

Екологічне відновлення після війни є тривалим і складним процесом. В Україні вже створено ініціативи, спрямовані на ліквідацію наслідків, як-от розмінування територій, очищення водойм та ревіталізацію природних зон. Однак для повного відновлення потрібно не лише технічне втручання, а й міжнародна підтримка, зокрема фінансування та доступ до сучасних технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державне агентство лісових ресурсів України. Офіційний веб-портал. URL: <https://forest.gov.ua/>
2. Лісовідновлення в Україні у військовий і післявоєнний час – Ukraine War Environmental Consequences Work Group. Ukraine War Environmental Consequences Work Group – Seeking solutions through information sharing about the environmental impacts of the war. UWEC Work Group. URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/reforestation-in-ukraine-during-and-after-wartime>.

ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО ПРАВА В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ

*О. П. Грищенко, Ковальчук О.І., доктор філософії
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Екологічне право є складним і багатогранним поняттям, що охоплює широкий спектр прав, закріплених у статті 9 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища». Екологічне право – самостійна галузь права, що поєднує сукупність еколого-правових норм, які регулюють суспільні екологічні відносини з метою охорони життя та здоров'я громадян, захисту їх екологічних прав і свобод раціонального природокористування і забезпечення якості довкілля в інтересах сьогодення і майбутніх поколінь. Крім того, екологічні права передбачають можливість доступу до інформації про стан довкілля, що є основоположним для обґрунтованого прийняття рішень на всіх рівнях управління. Вони також передбачають відповідальність держави та юридичних осіб за заподіяну шкоду навколишньому середовищу.

У зв'язку з нагальною необхідністю вирішення екологічних проблем у 2024 році в Україні мають ухвалити ключові законопроекти щодо захисту клімату та навколишнього середовища, а також втілення в життя сміттевої реформи. Законопроект "Про систему торгівлі квотами на викиди парникових газів", який дозволить запустити ринок торгівлі квотами на викиди принаймні у пілотному режимі у 2025 році. Запуск цієї системи є однією з євроінтеграційних вимог, адже стосується зменшення викидів вуглецю в атмосферу, а отже боротьби зі зміною клімату. Окрім того, допоможе українським імпортерам уникнути вуглецевого імпорту, який компанії почнуть сплачувати з 2026 року.

Законопроект №10061 (№№ 10061-1, 10061-2) "Про упаковку та відходи упаковки", який регламентує поняття розширеної відповідальності виробника (РВВ). Ця система перекладає зобов'язання щодо управління відходами, коли товар втрачає споживчі властивості та переходить у категорію відходу, з державного сектору на виробників. Законопроект є важливою умовою для реалізації сміттевої реформи.

Законопроект №6004-д "Про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля" ("Про промислове забруднення"), який передбачає модернізацію всіх промислових установок протягом 12 років. Так строк введення законопроекту в дію сягатиме одного року, запровадження норм найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) – 4 роки, а модернізація всіх підприємств має завершитися за 7 років.

Екологічне право в Україні відіграє важливу роль у забезпеченні розвитку та охорони навколишнього середовища. Статистичні дані свідчать, що за останні роки рівень забруднення в Україні залишається на високому рівні. Наприклад, відповідно до звітів, близько 60% українських міст перевищують гранично допустимі норми забруднюючих речовин у повітрі. Кількість вуглецю в атмосфері наразі перевищує рівень 400 частин на мільйон (ppm), що є найвищим рівнем за останні 800 000 років. За даними Організації Об'єднаних Націй, кількість відходів у світі збільшується з кожним роком і складає більше 2 мільярдів тонн щорічно. За даними Всесвітнього банку, близько 90% населення світу живе у місцях з високим рівнем забруднення повітря. Кількість лісів у світі скорочується щороку. За даними ФАО (Організація Об'єднаних Націй з питань харчування та сільського господарства), ми втрачаємо близько 10 мільйонів гектарів лісів щорічно. Близько 1 мільйона видів тварин і рослин можуть зникнути в результаті зміни клімату вже до 2050 року, за даними Міжнародного союзу охорони природи. Кількість пластику в океанах зростає з кожним роком. За даними Пластикового круговороту, в океанах зараз перебуває близько 150 мільйонів тонн пластику. Але екологічна статистика в

Україні часто є неповною або застарілою, що ускладнює аналіз тенденцій і формування адекватної екологічної політики.

Найбільшою екологічною проблемою в Україні зараз є російсько-Українська війна. Вона призводить не лише до людських жертв і матеріальних збитків, але й залишає значний слід на природному середовищі. У таких умовах ведення екологічної політики стає надзвичайно важливим завданням забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів. Війна в Україні – це екологічна катастрофа в глобальному масштабі, довкілля не знає кордонів, а циркуляція повітря, води та міграція видів поширюють вплив війни по всьому світу, тому важливо забезпечити ефективне подолання екологічних наслідків війни та справді зелене відновлення. Одним із найбільших наслідків війни для довкілля є забруднення водних джерел, знищення лісів та забруднення ґрунтів через обстріли, вибухи та неправомірні виливи нафтопродуктів та інших шкідливих речовин.

Серед найбільших екологічних наслідків війни можна виділити:

- Забруднення водних ресурсів. Внаслідок обстрілів, вибухів та неправильних виливів нафтопродуктів і інших небезпечних речовин відбувається забруднення водойм, що негативно впливає на якість питної води та екологічний стан водних екосистем.
- Забруднення повітря. Промислові викиди, транспорт та теплові електростанції сприяють забрудненню повітря в містах, що створює серйозні проблеми для здоров'я населення та екосистем.
- Збереження біорізноманіття. Несанкціонована рубка лісів і нестабільний стан екологічних угідь загрожують біорізноманіттю.

Також відповідно до статті 72 Закону України «Про охорону навколишнього середовища» іноземці та особи без громадянства, іноземні юридичні особи зобов'язані на території України повинні додержуватись вимог цього Закону, інших законодавчих актів у галузі охорони навколишнього природного середовища та несуть відповідальність за їх порушення відповідно до законодавства України.

Отже, Кожен з нас несе відповідальність за стан довкілля. Дотримання екологічного права – це не просто виконання формальних вимог, а свідомий вибір на користь збереження природи. Відповідальне ставлення до навколишнього середовища – це інвестиція в наше майбутнє. Ігнорування екологічного права може призвести до катастрофічних наслідків: зміни клімату, забруднення довкілля, вичерпання природних ресурсів. Тому дотримання екологічних норм є не лише правом, а й обов'язком кожного.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковальчук, М.В. Проблеми правового регулювання охорони атмосферного повітря в Україні. *Вісник Львівського університету. Серія правознавство*. 2020. № 45. С. 123-135.
2. Андрусенко, Л.М., Козирєв, В.М. Екологічне право України: Підручник. Київ: Юрінком Інтер, 2021. 520 с.
3. Петренко, О. І. Екологічне право України: Навчальний посібник. Київ: Юрінком Інтер, 2018. 456 с.
4. Корнійчук, В.І. Адміністративне право України: Підручник. Книга 2. Київ: Юрінком Інтер, 2019. 380 с.
5. Онищенко, О.В. Правові аспекти управління відходами в Україні. *Екологічне право*. 2022. № 2. С. 35-42. doi: 10.15407/epravo2022.02.035
6. Коваль, І.П. Екологічні злочини: сучасні тенденції та проблеми кримінального переслідування. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Юридичні науки*. 2021. № 117. С. 115-122
7. Петренко, О.І. Правове регулювання відповідальності за екологічні правопорушення в Україні: Дис. ... канд. юрид. наук: 03.00.08 – екологічне право. Київ, 2018. 200 с.

ЕКОЗАГРОЗА: ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПОВІТРЯ ТА СВОЄЧАСНОГО ІНФОРМУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРО РИЗИКИ

*М. І. Гурей, Я. О. Адаменко, д.т.н., професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Зростаюча кількість екологічних загроз, зокрема забруднення повітря, води, ґрунту та негативний вплив антропогенних чинників на довкілля, зумовлює потребу у створенні систем, що дозволяють оперативно відстежувати зміни навколишнього середовища. Платформа "Екозагроза" була створена як відповідь на ці виклики, ставлячи за мету забезпечення населення актуальною інформацією про екологічні ризики в реальному часі. Вона орієнтована на моніторинг та попередження про зміни у стані навколишнього середовища, що можуть мати небезпечні наслідки для здоров'я людей і екосистемах[1].

Платформа "Екозагроза" об'єднує сучасні технології — Інтернет речей (IoT), аналітику великих даних та геоінформаційні системи (ГІС) — для забезпечення максимально точного моніторингу навколишнього середовища. Завдяки мережі датчиків, встановлених на території України, платформа може у реальному часі отримувати дані про рівень забруднення повітря, якість води, радіаційний фон та інші параметри.

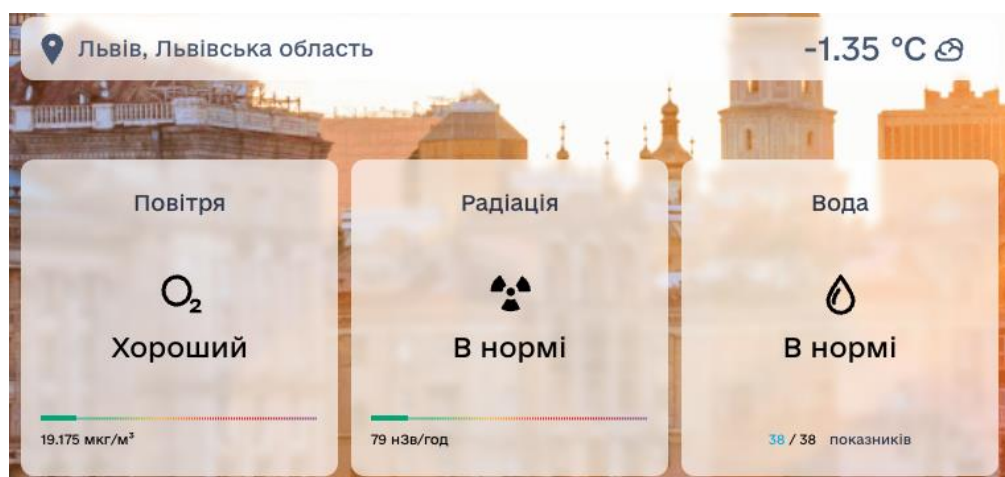


Рисунок 1 – Інтерфейс платформи з інформацією про стан довкілля в м. Львів

Сенсори, що встановлені в місцях потенційно високого ризику, збирають дані про різні показники довкілля. Наприклад, вони можуть фіксувати рівень оксидів азоту (NO_x), вуглекислого газу (CO₂), твердих частинок (PM_{2.5}, PM₁₀), температури, вологості тощо. Платформа об'єднує ці дані, що надходять від різних джерел, і аналізує їх для визначення тенденцій, а також для побудови карти екологічних ризиків на рівні регіону чи навіть окремої локації.

ГІС дозволяє інтегрувати зібрані дані з територіальною інформацією, забезпечуючи відображення даних про забруднення у вигляді інтерактивних карт. На таких картах вказані показники якості повітря, рівень забруднення води та інші важливі параметри у конкретних регіонах. Завдяки цьому користувачі можуть отримувати інформацію про стан довкілля у своєму районі, що дозволяє людям приймати обґрунтовані рішення щодо своєї поведінки (наприклад, обмеження часу на свіжому повітрі при високих рівнях забруднення).

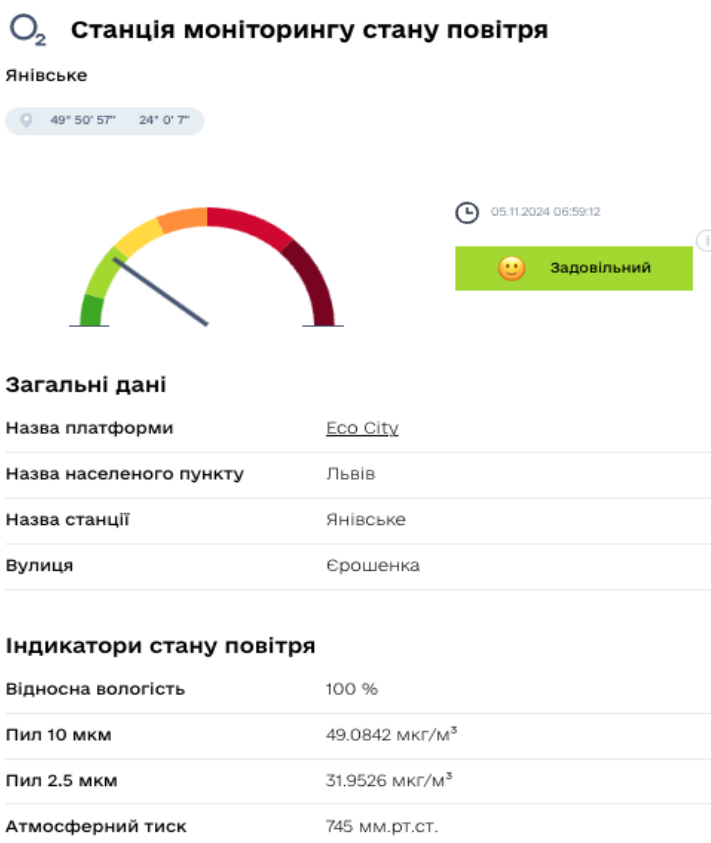


Рисунок 2 – Дані зі станції моніторингу стану повітря у м. Львів

Платформа забезпечує ефективну систему оповіщення громадян про загрози для довкілля. Завдяки зручному інтерфейсу, користувачі можуть отримувати сповіщення про зміни в стані навколишнього середовища через мобільний додаток, сайт чи інші канали комунікації. Це дозволяє вчасно вживати необхідних заходів — уникати забруднених зон, обмежувати активність на відкритому повітрі тощо [2].

Також платформа забезпечує можливість громадянам оперативно сповіщати про факти заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок надзвичайних ситуацій, подій, та війни. Платформа систематизує та переводить в електронну форму інформації про зафіксовані факти заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу внаслідок війни[3].

Проект "Екозагроза" демонструє, як сучасні ІТ-технології можуть бути застосовані для розв'язання екологічних проблем. Поєднання IoT, великих даних та ГІС створює потужну платформу для моніторингу стану навколишнього середовища, забезпечуючи населення актуальною інформацією про ризики в реальному часі. Це сприяє підвищенню екологічної обізнаності, своєчасному виявленню загроз та прийняттю превентивних заходів, що є важливим кроком до збереження здоров'я людей і екологічної безпеки країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. ЕкоЗагроза. Офіційний вебресурс Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://ecozagroza.gov.ua/> (дата звернення: 05.11.2024).
2. Державна служба України з питань надзвичайних ситуацій. Офіційні звіти та дані про екологічні загрози. URL: <https://dsns.gov.ua> (дата звернення: 05.11.2024).
3. Закон України «Про Єдину екологічну платформу “ЕкоСистема”». Верховна Рада України, 1991. Дата оновлення: 2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1065-2021> (дата звернення: 05.11.2024).

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

В. В. Добровольська

Державний торговельно-економічний університет

Повномасштабне вторгнення росії до України з 24 лютого вже завдало та продовжує завдавати величезної шкоди людям та інфраструктурі населених пунктів, де тривають бойові дії. Але війна впливає і на довкілля.

Зараз навіть 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. Проте точно зрозуміло: чим довше триває війна, тим більше шкоди вона завдасть довкіллю, і тим більше наслідків ми матимемо в майбутньому.

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, за попередніми підрахунками, станом на 2 серпня 2024 року збитки заповідному фонду та біорізноманіттю України від війни становлять орієнтовно понад 600 млрд грн. У зону вторгнення військ російської федерації потрапили понад 1970 територій та об'єктів природно-заповідного фонду, які безпосередньо постраждали від варварських дій агресора. Війна в Україні має значний негативний вплив на природний ландшафт та оселища, призводячи до масштабних руйнувань екосистем, втрати біорізноманіття та забруднення довкілля. Внаслідок бойових дій та обстрілів знищено великі площі лісів і степових екосистем. Лісові пожежі, які виникають під час обстрілів або вибухів, знищують природні ландшафти та місця існування багатьох видів тварин. Наприклад, у Харківській та Луганській областях через бойові дії постраждало багато лісів, зокрема рідкісні соснові ліси. Річки, озера та водосховища забруднюються паливом, хімічними речовинами та важкими металами з техніки, а також уламками боєприпасів. Наприклад, обстріли дамб та водосховищ призводять до затоплення навколишніх територій, що порушує водні екосистеми та негативно впливає на рибні ресурси. Великі площі земель, у тому числі природоохоронні території, заміновані. Це ускладнює доступ для екологів і фермерів та загрожує тваринам. Наприклад, у Херсонській області заміновано багато ділянок степів, що перешкоджає природній міграції тварин. ерез обстріли та вибухи боєприпасів у ґрунти та повітря потрапляють важкі метали й токсичні речовини, що отруюють землю, ускладнюючи відновлення сільськогосподарських земель. Наприклад, у Донецькій області значні площі ґрунтів забруднені в результаті тривалих обстрілів.

Під загрозою знищення перебувають близько 200 територій Смарагдової мережі площею 2,9 млн га. Смарагдова мережа — це мережа природоохоронних територій, створена задля збереження видів та оселищ, які потребують охорони на загальноєвропейському рівні, але розташовані в країнах, які не є членами ЄС. Усе це середовища існування для тисяч видів рослин і тварин. Ці території мають важливу роль для захисту біорізноманіття та збереження клімату. Ареали деяких рідкісних і ендемічних видів і оселищ опинилися в зоні активних бойових дій, що загрожує їхньому існуванню, наприклад це цілинні нерозорані степи, крейдяні схили на Донеччині, приморські оселища у південних областях, болота на півночі. Через руйнування оселищ, забруднення середовища, міни й обстріли багато видів тварин змушені мігрувати або стикаються з ризиком зникнення. Наприклад, махаон — один з найбільших метеликів України, що потребує стабільного природного середовища для розмноження. Війна порушує його природні місця існування, зокрема степи та луки, що ускладнює його виживання. Зростає незаконний вилов тварин, яких потім продають на чорному ринку. Це часто стосується червонокнижних видів, які мають комерційну цінність, таких як орлани-білохвости, соколи або рідкісні рептилії. Багато тварин безпосередньо гине від вибухів, осколків та пожеж. Великі ссавці, як-от олені й лисиці, а також дрібніші тварини, як зайці та

гризуни, часто стають жертвами обстрілів на відкритих територіях. Також тварини дуже чутливі до звуків і вібрацій. Постійні звуки вибухів викликають у них страх і стрес, що може впливати на поведінку, репродукцію та здоров'я. Наприклад, багато диких тварин стає агресивнішими або, навпаки, відмовляється від звичних місць існування, уникаючи небезпечних зон. Але навіть у таких складних ситуаціях та в зоні бойових дій потрібен моніторинг. Для видів, які страждають від обстрілів, можна організувати тимчасові притулки в більш безпечних регіонах. Це допоможе зберегти популяції видів, що знаходяться під загрозою. Навіть під час війни варто інформувати населення про значення охорони природи й важливість дотримання правил збереження рідкісних видів.

Хімічне забруднення від обстрілів та ракет унаслідок війни в Україні є серйозною проблемою для навколишнього середовища. У результаті використання зброї важкі метали, токсичні хімікати та інші небезпечні речовини потрапляють у ґрунт, воду та повітря, спричиняючи серйозні екологічні наслідки. Вибухи снарядів та ракет часто залишають у ґрунті та воді такі важкі метали, як свинець, кадмій, мідь і цинк. Наприклад, у зоні обстрілів Донецької та Луганської областей рівень важких металів у ґрунті та водоймах суттєво перевищує норму, що шкодить не тільки місцевій флорі та фауні, але й несе загрозу для здоров'я людей. При згорянні озброєння і техніки утворюються діоксини — токсичні органічні сполуки, що довго зберігаються в навколишньому середовищі та накопичуються в організмах живих істот. Це особливо небезпечно для районів біля промислових підприємств, де діоксини можуть швидко поширюватись і впливати на місцеве населення. Також під час обстрілів промислових об'єктів, таких як хімічні заводи, нафтопереробні комплекси та водоочисні станції, у довкілля викидаються хімічні речовини, такі як аміак, хлор, нітрати та сульфати. Наприклад, обстріли біля Северодонецька спричинили витіки токсичних речовин з місцевого хімічного заводу, що забруднило місцеві водойми. Навіть у стані війни ми повинні вживати заходи збереження природи та хоча б підтримувати її задовільний стан. Регулярне тестування повітря, води та ґрунтів у постраждалих регіонах дозволяє виявляти рівень забруднення та розробляти відповідні заходи. Важливо розширити мережу моніторингових станцій та використовувати мобільні лабораторії для швидкої оцінки стану довкілля. Застосування методів фітореMediaції (використання рослин для очищення ґрунтів) та хімічних сорбентів (речовин, що поглинають токсини) може зменшити рівень забруднення. Це дозволить поступово знижувати концентрацію шкідливих речовин у довкіллі та допоможе відновити екосистеми. Для захисту важливих екосистем і відновлення їх функцій варто створювати природоохоронні зони на постраждалих територіях, які б регулювали діяльність людини та сприяли природній реабілітації екосистем, але наразі це питання доволі складне для більшості регіонів. Також співпраця з міжнародними екологічними організаціями може допомогти залучити ресурси та технології для відновлення забруднених територій, а також отримати експертну допомогу з питань очищення та відновлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. «Довкілля України під час війни: як допомогти природі саме зараз?» URL: <https://uniqa.ua/blog/dovkillya-ukraini-pid-chas-viyni-yak-dopomogti-prirodi-same-zaraz/>
2. «Як обстріли та бої впливають на наше довкілля». О. Панченко. URL: <https://www.village.com.ua/village/city/eco/326103-yak-strazhdae-ekologiya-cherez-obstrili>
3. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/zbytky-zapovidnomu-fondu-ta-bioriznomanittyu-ukrayiny-vid-viyny- stanovlyat-oriyentovno-ponad-600-mlrd-grn-vzhe-zaraz-potribno-napratsovuvaty-kroky-po-jogo-vidnovlennyu/>
4. Сім нагальних кроків для захисту довкілля в умовах війни та успішної євроінтеграції. URL: <https://www.wwf.org/?6491816/seven-steps>
5. Червона книга України. «Махаон». URL: <https://redbook-ua.org/item/papilio-machaon-linnaeus/>

6. «Природа та війна: як військове вторгнення росії впливає на довкілля України». URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>

УДК 342.9

ВІДХОДИ ВІЙНИ – УПРАВЛІННЯ ТА МІНІМІЗАЦІЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ

*В. В. Дочинець¹, В. В. Ляшевич¹, Т. І. Шуплат¹, к.с.-г.н.,
О. Telak², kpt. dr hab. (UFU)*

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Akademia Pożarnicza (Республіка Польща)

Невід’ємним і трагічним наслідком російсько-Української війни є масштабні руйнування природних екосистем, поранення та загибель населення різних вікових категорій, втрата біорізноманіття, масштабне руйнування інфраструктурних об’єктів як житлового, так і соціального і промислового характеру. Причому це нажаль має місце практично щодобово.

В результаті виникають масштабні руйнування, значна кількість та різноманіття відходів, які на ряду з твердими побутовими і промисловими відходами, залучають у міграційний кругообіг речовини різних концентрацій та різного ступеня небезпеки. Відповідно суттєво понижується рівень екологічної безпеки у прифронтових та де окупованих районах та далеко від “театру бойових дій”, адже жоден регіон України не може бути в повній мірі захищеним від злочинних дій країни агресори, в яких спостерігаються численні прояви терористичної діяльності та порушення міжнародних конвенцій.

Відходи війни в Україні вже набули таких масштабів, яких на Європейському континенті не існувало з часів Другої світової війни.

Під відходами війни, розуміють залишки об’єктів інфраструктури, житлових будинків, навчальних закладів різного рівня, закладів системи охорони здоров’я та ін. Тобто до уваги беруться саме будівельні матеріали: цегла, цемент, шифер, глина. Але через проблему з визначенням морфології матеріалів, їх важко сортувати. До нього відносяться також матеріали, які виникають внаслідок демонтажу споруд та ті, які повністю або частково втратили свої споживчі властивості та не можуть у подальшому використовуватись за місцем їх утворення чи виявлення. Крім того у місцях влучання часто азбестопохідні матеріали, які мають високий ризик токсичності [3, 5].

Даний тип відходів, теж потребує врегулювання і напрацювання механізмів подальшого управління ними. Для цього 27 вересня 2022 р. Кабінет Міністрів України прийняв постанову № 1073, якою затвердив Порядок поводження з відходами, що утворились у зв’язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків [4].

На даний час це базовий нормативно-правовий акт, який регулює питання поводження з відходами, утвореними внаслідок воєнних дій.

Даний Порядок визначає механізм поводження з відходами, що утворились у зв’язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд, об’єктів незавершеного будівництва, об’єктів благоустрою внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків, з метою запобігання та зменшення негативного впливу таких відходів на навколишнє природне середовище та здоров’я людини. Цей новий вид відходів, який ще не знайшов свого визначення в рамковому Законі України “Про управління відходами” (від 20 червня 2022 р.) [2].

Даний вид відходів за своїм характером дещо схожий до відходів будівництва та знесення, поняття якого міститься в рамковому Законі України “Про управління відходами”, але виділений в іншу категорію через особливий характер свого утворення.

На відміну від відходів будівництва та знесення, утворення яких має переважно контрольований характер, відходи від руйнувань утворюються абсолютно безконтрольно, а їх вміст становлять найрізноманітніші предмети та матеріали, такі як: цегла, залізобетон, кераміка, бітум, смола, ізоляційні та азбестовмісні матеріали, ґрунт, деревина, скло та пластмаси, папір, текстиль, побутові відходи і навіть змішані компоненти, що містять небезпечні речовини. Тому порядок поводження з такими відходами також повинен бути особливим.

Процедура поводження з відходами від руйнувань запроваджується на територіях, на яких відсутні або завершені активні фази бойових дій, є тимчасовою та значно спрощеною, порівняно з поводженням з іншими видами відходів та спрямована на виконання відновлювальних робіт з ліквідації наслідків збройної агресії та бойових дій під час воєнного стану та у відбудовний період протягом 90 календарних днів після його припинення або скасування.

Відповідальними за виявлення та облік відходів від руйнувань, а також організацію поводження з такими відходами є органи місцевого самоврядування.

Відповідно до прописаного Порядку, поводження з відходами від руйнувань не потребує дозволу на здійснення операцій у сфері поводження з відходами відповідно до Закону України “Про відходи” та не підлягає оцінці впливу на довкілля відповідно до абзацу другого частини першої статті 3 Закону України “Про оцінку впливу на довкілля”, а операції з управління відходами від руйнувань включають такі важливі етапи [4]. :

1) первинне розчищення територій (збирання відходів від руйнувань, зокрема за можливості – сортування окремих компонентів відходів від руйнувань);

2) перевезення (транспортування) відходів від руйнувань від місця їх утворення до об'єктів поводження з відходами або місць тимчасового зберігання;

3) остаточне (після виконання робіт з демонтажу пошкоджених (зруйнованих) об'єктів) розчищення та прибирання територій (у разі потреби);

4) зберігання відходів від руйнувань на місцях тимчасового зберігання або на інших об'єктах поводження з відходами (до їх утилізації чи видалення);

5) оброблення (перероблення) відходів від руйнувань та/або їх знешкодження (у разі потреби);

б) утилізація відходів від руйнувань (використання відходів як вторинних матеріальних чи енергетичних ресурсів);

7) видалення відходів від руйнувань, включаючи їх захоронення.

Розчищення територій від залишків руйнувань здійснюється після виконання комплексу підготовчих заходів у складі невідкладних робіт з ліквідації наслідків збройної агресії, пов'язаних із пошкодженням (руйнуванням) інфраструктурних об'єктів, відповідно до пунктів 5 та 8 Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії російської федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 473.

В умовах дії на території України правового режиму воєнного стану відповідно до Закону України “Про правовий режим воєнного стану” та протягом 90 календарних днів після його припинення чи скасування Київською військовою (Київською міською) та обласними військовими (державними) адміністраціями у разі утворення на відповідній території (територіях) відходів від руйнувань в обсягах, що перевищують потужність наявних об'єктів поводження з відходами, або за відсутності таких об'єктів на відповідних територіях приймається рішення про розміщення місць тимчасового зберігання.

За технічної можливості під час розчищення територій слід організувати сортування або роздільне збирання відходів від руйнувань безпосередньо на місці їх утворення.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

Незважаючи на те, що діяльність з організації місць тимчасового зберігання відходів від руйнувань не підлягає оцінці впливу на довкілля, все ж Порядком передбачені вимоги, які забезпечують їхню екологічну та пожежну безпеку, охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання і відтворення природних ресурсів, а також визначають необхідну санітарно-захисну зону.

У затвердженому Порядку (п. 26-28) регламентуються вимоги щодо місць тимчасового їх зберігання [4]:

1. Наявність або влаштування твердої та рівної основи (покриття), зокрема з бетону, асфальту чи ущільненого ґрунту, покритого шаром геомембрани завтовшки не менше ніж 1,5 міліметра, захищеної від механічних пошкоджень шаром завтовшки не менше 0,5 метра;

2. Організованого відведення води, що утворюється внаслідок випадання атмосферних опадів (у разі потреби);

3. Огородженого периметра (у разі потреби);

4. Забезпечення освітлення території (у разі потреби);

5. Облаштованого в'їзду та під'їзних доріг, що забезпечують безперешкодний проїзд транспортних засобів.

Важливим є створення санітарно-захисної зони для таких об'єктів наступної протяжності:

– 2 кілометри – від об'єктів водного фонду;

– 500 метрів – від житлової та громадської забудови, об'єктів соціальної інфраструктури;

– 200 метрів – від сільськогосподарських угідь, доріг загального користування та залізничних шляхів загальної мережі;

– 50 метрів – від лісів.

З міркувань соціальної безпеки, на місцях тимчасового зберігання відходів від руйнувань забороняється їх змішування, а також не допускається розміщення інших видів відходів. Під час організації місць тимчасового зберігання уповноваженим органам слід передбачити відповідну організацію території, зокрема передбачити ділянки, призначені для тимчасового зберігання, сортування, оброблення (перероблення), тимчасового зберігання отриманої вторинної сировини.

Відходи від руйнувань після сортування можуть бути використані як вторинні матеріальні чи енергетичні ресурси. Органи місцевого самоврядування зобов'язані використовувати такі відходи (після їх оброблення (перероблення) – у разі потреби) під час реалізації проєктів будівництва, щодо яких вони є замовником будівництва, та сприяти використанню відходів від руйнувань іншими замовниками будівництва.

Оскільки тривають постійні бойові дії та терористичні акти, влаштовані рф на території України, то складно говорити про точну кількість зруйнованих або частково пошкоджених об'єктів інфраструктури, об'єму відходів, але за даними за статистичними даними Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, у 2024 році в Україні утворилося всього 223237,3 тонн відходів від руйнувань. Якщо говорити в розрізі по областях, то в Дніпропетровській області утворилося 587,9 тонн відходів від руйнувань, в Донецькій – 4429,7 тонн, в Житомирській – 8,0 тонн, в Запорізькій – 5343 тонн, в Івано-Франківській – 1,6 тонн, в Київській – 189229,4 тонн, в Кіровоградській – 14,6 тонн, у Львівській – 2015,8 тонн, в місті Києві – 1078,1 тонн, в Миколаївській – 6010,3 тонн, в Одеській – 1902,2 тонн, в Рівненській 82,03 тонн, в Сумській – 726,0 тонн, в Тернопільській – 10,2 тонн, в Харківській – 1123,5 тонн, в Хмельницькій – 1362,1 тонн, Черкаській – 2612,9 тонн, Чернігівській – 6700,0 тонн. Чернівецька область подала інформацію про кількість утворених відходів у об'ємі 36092,6 м³ [1].

В основному такий облік здійснюється на місцях тимчасового зберігання відходів руйнації. Відтак, та частина відходів, яка залишається на місцях їхнього утворення, не облікована і не відображена в офіційній статистиці. Згідно наданої інформації в Запорізькій громаді утворилося 2844,3 тонн, в Дніпровській – 110 тисяч тонн (ред. мабуть мало бути 110

тонн), у Львівській – 1200 тонн, у Сумській – 284, 59 тонн, в Одеській громаді утворилося 12 284,5 тонн відходів руйнації, в Хмельницькій – 776 тонн.

Крім того специфічність даного типу відходів вимагає наступного:

1. Ведення належного обліку. При чому варто окремо вести облік відходів, вивезених в місця тимчасового зберігання, і окремо оцінювати обсяги відходів, які зберігаються в місцях їхнього утворення, що надасть краще розуміння масштабів проблеми та можливість планування необхідних ресурсів на їх вирішення.

2. Визначення пріоритетів. Зокрема сортувати відходи варто саме на місці їхнього утворення (під час первинного розчищення території, демонтажу чи остаточного розчищення території) адже саме тоді можна найбільш якісно відсортувати утворені компоненти відходів для їх безпечного зберігання та повторного використання.

3. Розробити програми поводження з такими відходами та передбачити їх фінансування, залучення коштів країн-партнерів, репарацій, стягнутих з рф. Відходи від руйнувань не можуть зберігатися в місцях тимчасового зберігання необмежений час. Ми не повинні чекати закінчення війни. З часом окремі компоненти відходів можуть втрачати свою ресурсну цінність і ставати непридатними до повторного використання, зважаючи на умови, в яких вони зберігаються – переважно в змішаному вигляді на полігонах під відкритим небом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Екологія, право, людина – 2024. URL: <https://epl.org.ua/environment/vidhody-rujnatsiyi-oglyad-sytuatsiyi-uchernigivskij-ta-harkivskij-oblastyah/>

2. Закон України “Про управління відходами”, від 20 червня 2022 року № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#n802>

3. Куди в Україні дівають відходи руйнації та що з цим сміттям буде далі. 10.02.2023. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/574064-kudi-v-ukraini-divayut-vidkhodi-ruynatsii-ta-shcho-z-tsim-smittyam-bude-dali>

4. Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв’язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України. Постанова Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text>

5. Токарчук Д.М. Особливості утворення і поводження з відходами під час воєнних дій: досвід України. Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики. 2022. № 2 (60). С. 109–122. DOI: 10.37128/2411-4413-2022-2-8 С. URL: <http://efm.vsau.org/storage/articles/November2022/0uaZiCxfSag8ca4nOS9y.pdf>

УДК 504.75.05: 504.056: 355.018: 353 (477. 83)

ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК М. ЛЬВОВА ПІД ЧАС ВІЙНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ

К. В. Єрмілов, Н. С. Калашник, д-р. наук з держ. упр, професор,

Н. Є. Горбенко, к.с.-г.н., доцент

Національний лісотехнічний університет України

Будь-яке місто є особливою неповторною багатокомпонентною системою. Тому вивчення особливостей екологічної і відповідної управлінської складової є важливою та актуальною для міст України, зокрема і м. Львова. Доцільність дослідження даної проблематики на даний момент містить особливості військового стану, введеного в Україні з

лютого 2022 р. та пов'язані із цим зміни у життєдіяльності суспільства.

Об'єктом дослідження були публічно-управлінські процеси, діяльність органів влади щодо вирішення наявних та потенційних проблем екосистеми м. Львова, а саме суспільно-середовищні проблеми взаємодії, що виникли після початку війни і потребують вивчення та розв'язання через управлінські рішення. Визначення екологічних проблем війни та їх вплив на розвиток м. Львова, можливі управлінські шляхи їх вирішення становили предмет дослідження.

Після 24 лютого 2022 р. вплив військових дій на екологію м. Львова та прилеглих територій, що складають Львівську ОТГ, суб'єктивно можна назвати незначним у порівнянні із зоною активних бойових дій та прилеглих до лінії зіткнення регіонів. Для визначення певних дій та рішень необхідна систематизація усього різноманіття подій (іншими словами, індикаторів, чинників), характерних для умов військового стану. Скрупульозна фіксація подій у сучасному інформатизованому середовищі дозволяє класифікувати їх усі на певні категорії. Так, на наш погляд, слід розділяти усі епізоди на події прямого та непрямого військового екологічного впливу (дії), що можна представити у вигляді схеми (рис.1). На рис.1 представлені 2 основні блоки екологічних чинників, у роз'яснюючих блоках до них представлено узагальнюючі поняття із проблемними питаннями, що характерні для м. Львова у період після 24 лютого 2022 р.

Вирішення питань екології м. Львова у період війни представлено у схематичній формі на рис.2. Шляхи вирішення проблем представлені у вигляді схеми-моделі із 3 блоків-етапів, виділених штриховою лінією.

Окрім реалізації ПЗЗМ - План заходів зеленого міста - (вирішення константних проблем), основними пропозиціями щодо вирішення проблем військового часу у м. Львові є наступні заходи, що проілюстровані та закладені у схемі на рис. 2.

1. Віднесення проблемних питань до запропонованої класифікації проблем військового часу (рис.1), її доповнення. Виконання пропозиції дасть можливість визначити пріоритетність вирішення проблеми, віднесення її до компетенції певних органів управління, узгодження із оптимальним (з найбільшою сумою компенсації) порядком подання до Реєстру збитків.

2. Організація збору інформації по кожному окремому факту заподіяння шкоди для подання до Реєстру збитків (організація відділу в Департаменті екології та природних ресурсів Львівської обласної військової (державної) адміністрації, організація відділу по зверненнях громадян та організацій у Львівській міській раді щодо відшкодувань збитків (екологічна складова – одна із частин), закладення витрат на дані роботи). Конкретний випадок по екологічній складовій шкоди військового часу слід фіксувати, а саме проводити опис та попередню оцінку для занесення до Реєстру збитків, завданих агресією Російської Федерації проти України. Слід організувати спеціальну допомогу із задіянням спеціалістів екологів, біологів та ін., а також щодо юридичної підтримки, зокрема спеціалістами із екологічного права та інших спеціалістів.

3. Розробка подання до Реєстру збитків заявки щодо матеріальних витрат юридичних та фізичних осіб або Львівської міської ради на організаційні та оціночні роботи з кожним випадком заподіяння шкоди, у тому числі екологічної. Кожний випадок заподіяння шкоди має кілька складових, в тому числі екологічну. Організація подання до Реєстру є вартісною, викликаною війною процедурою, отже також потребує відшкодування як збиток. За можливості слід організувати подачу заявки як закладену частину або як заявку від місцевих органів управління.

4. Організація збору інформації по певному типу проблем для включення в оновлений ПЗЗМ (пропозиція щодо створення нового відділу в Департаменті екології та природних ресурсів Львівської обласної військової (державної) адміністрації). Збір інформації передбачає зміни у ПЗЗМ з врахуванням графіків запланованих робіт та включення нових.

5. Внесення змін та доповнень у закони України щодо екологічних питань. Слід ініціювати внесення змін та доповнень через їх ухвалення Верховною Радою, а також відповідальні Центральні органи влади.



Рисунок 1 – Чинники впливу війни у м. Львові на екологію та викликані ними проблемні питання

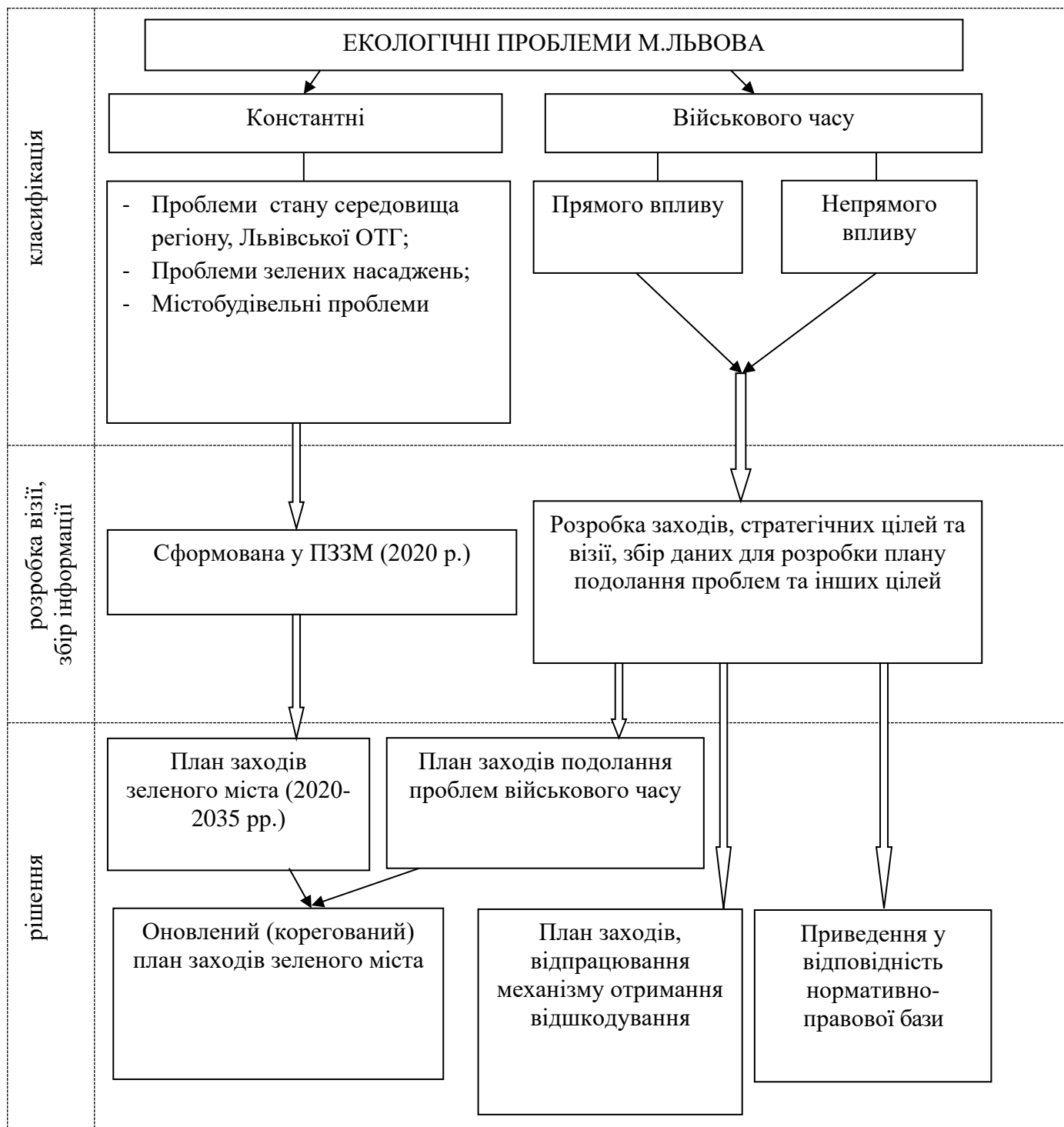


Рисунок 2 – Шляхи вирішення екологічних проблем м. Львова у період війни

ЛІТЕРАТУРА

1. План заходів Зеленого міста. Львів 2020 – 2035 рр. Січень 2020 р. URL: https://ebrdgreencities.com/assets/Uploads/PDF/Lviv-GCAP-Final-UKR-merged_May-2020.pdf

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА КІЛЬКІСТЬ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

*О. В. Ільїнський, к.б.н., доцент, В. В. Малихін
Національний університет цивільного захисту України*

Наслідки військових дій на довкілля нерідко бувають незворотними і мають довгостроковий вплив на екосистеми та біорізноманіття. Внаслідок вторгнення російських військ 24.02.2022 року в Україну багато регіонів постраждали від вибухів артилерії, ракетних обстрілів, руйнування інфраструктурних об'єктів, промислових підприємств, житлових будинків та унікальних природних територій. Особливо великих зазнало лісове господарство України в степовій та лісостеповій зонах та в північних регіонах України, де відбувалися бойові дії.

Один із основних аспектів впливу військових дій на лісові території - це лісові пожежі, які виникають внаслідок вибухів. Вони не тільки призводять до великих втрат лісових ресурсів, але й сприяють знищенню екосистем та втраті біорізноманіття. Лісові пожежі є істотною загрозою для тих територій, які опинились під окупацією або під впливом активних бойових дій.

В дослідженні було проаналізовано сезонну динаміку лісових пожеж в Київській та Харківській областях за 2020 та 2023-24 роки для визначення основних факторів, що впливають на кількість пожеж. За даними Державного агентства лісових ресурсів України [1] площа вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок станом на 2011 рік у Київській області становила 624,1 тис. га (22,2 % суші) і у Харківській області – 378,3 тис. га (12,8 % суші).

Згідно даних Держлісагентства [2] на території Київської та Харківської областей у 2020 році, до повномасштабного вторгнення РФ і ведення бойових дій на території області, відбулося 1184 та 1128 випадків пожеж – тобто, приблизно однакова кількість. У 2023 році, за відсутності бойових дій у Київській області і невеликій інтенсивності боїв у Харківській – 428 та 509 пожеж відповідно. у той же час, з початком активних бойових дій на території Харківщини у 2024 році кількість пожеж в цій області різко збільшилася (рис. 1) - 202 у Київській та 875 у Харківській.

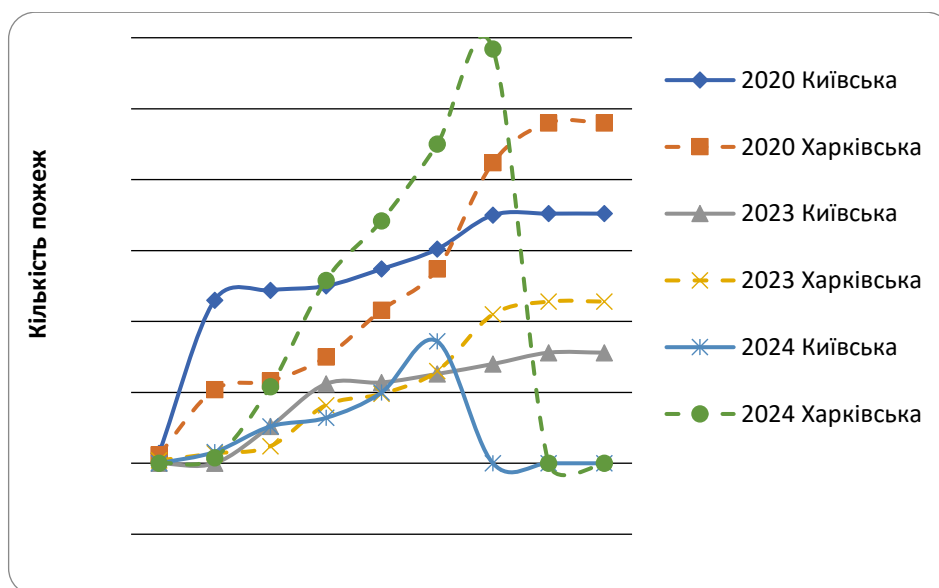


Рисунок 1 – Динаміка пожеж у 2020, 2023 та 2024 роках в Київській та Харківській обл.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

Слід зауважити, що дані за 2024 рік є неповними, але тенденція швидкого зростання кількості пожеж в Харківській області прямо корелює з напруженістю воєнних дій. Навіть на ділянках, далеких від лінії прямих бойових дій, випадків пожеж було значно більше, що ймовірно, пов'язано з умисними підпалами. Слід також згадати масштабні пожежі наприкінці літа у зоні відчуження Чорнобильської АС (22 у серпні 2024 року проти 2 у серпні 2020 року).

Літо 2024 року було аномально спекотним та посушливим, що сприяло розповсюдженню лісових пожеж, незалежно від причин їх виникнення.

Таким чином, із наведених вище даних можна зробити висновок, що на кількість пожеж впливає як кліматичний, так і фактор воєнних дій

З огляду на збільшення кількості лісових пожеж, особливо у 2022 та 2024 роках через бойові дії та неправильне використання лісових ресурсів, стає нагальним вдосконалення заходів захисту та управління лісовими екосистемами в Україні, зокрема:

- безпека під час бойових дій. З урахуванням досвіду 2022 року, важливо розробляти та впроваджувати ефективні плани захисту лісових насаджень в умовах військового конфлікту. Це може включати створення евакуаційних маршрутів, організацію тимчасових пунктів для захисту деревостану від вогню та інші заходи;

- моніторинг лісових пожеж. Розвиток сучасних систем моніторингу лісових пожеж, використовуючи супутникові дані та технології штучного інтелекту. Це дозволить оперативно виявляти та ліквідувати пожежі, а також визначати їхні причини;

- сприяння освіті та обізнаності. Розробка та впровадження освітніх програм, спрямованих на підвищення обізнаності громадян щодо небезпеки лісових пожеж та необхідності дотримання правил поведінки в лісі;

- грошова оцінка лісових ресурсів. Використання методів економічної оцінки, запропонованих у наукових працях, для розробки ефективних стратегій використання та охорони лісових ресурсів. Важливо враховувати як матеріальні, так і нематеріальні (корисні властивості) аспекти лісу;

- створення запасів для ліквідації наслідків пожеж. Забезпечення належних резервів матеріалів та обладнання для швидкого реагування на лісові пожежі. Це включає в себе наявність водовозів, літаків для поливання, а також навчання екіпажів для ефективного ліквідації пожеж;

- співпраця на міжнародному рівні. Участь в міжнародних програмах та ініціативах, спрямованих на обмін досвідом та ресурсами для боротьби з лісовими пожежами та їх наслідками.

Ці заходи, якщо вони будуть ретельно розроблені та ефективно впроваджені, можуть сприяти збереженню та сталому використанню лісових ресурсів в Україні, а також зменшенню ризику виникнення лісових пожеж та їхніх наслідків. Подальше вивчення природного капіталу лісових ландшафтів в рамках концепції екосистемних послуг відкриває можливості для комплексного підходу до оцінки стану лісових ресурсів та прогнозування їх збереження та раціонального використання. Одним із ключових аспектів є врахування різноманітних функцій, які лісові екосистеми виконують для суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальна характеристика лісів України. Державне агентство лісових ресурсів України
URL: <https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini>

2. Лист від Державного агентства лісових ресурсів України №08-07/5807-24 від 11.10.2024 року.

3. Лист від Державного агентства України з управління зоною відчуження №02-3465/2.2-24 від 09.10.2024 року.

УДК 351.86

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

*А. А. Карпов, М. В. Кустов, д.т.н., професор
Національний університет цивільного захисту України*

Нові виклики для України, що пов'язані із активними військовими діями на її території в тому числі, обумовлені забрудненням значної території держави вибухонебезпечними предметами (ВНП). Територія, що потребує очищення від ВНП, охоплює понад 185 тис. км² [1]. Дороги та населені пункти розмінюються, але їх повне очищення займає багато часу. Аналіз досвіду використання ВНП у регіональних конфліктах і збройних конфліктах показує, що застосування наземних мін має такі особливості: замість довгих мінних полів зазвичай встановлюються невеликі групи мін або окремі міни, групи мін або окремі міни часто встановлюються без документування. У таких випадках очищення від ВНП вимагає знань і проведення аналізу технічних компонентів ВНП та хімічних властивостей ВР. Також потрібно звернути увагу, що активним мінуванням займалися не лише Збройні Сили України, але й військові підрозділи ворога. Особливу небезпеку представляє те, що при цьому використовувались ВНП з різними конструкційними особливостями, включаючи саморобні [2]. Це призведе до неможливості повернення евакуйованого населення до своїх домівок на визволених територіях, неможливості відновлення роботи промислового та сільськогосподарського комплексів.

Останні науково-технічні розробки в оборонній промисловості призвели до збільшення різноманітності і летальності зброї. Мінна зброя має одну з найдавніших історій. Багато століть тому людство вперше почало використовувати енергію вибуху. Незважаючи на технологічний прогрес, досягнутий західними військовими у сфері розмінування та знешкодження ВНП у ХХІ столітті, більшість операцій з гуманітарного розмінування базуються на технологіях середини ХХ століття [3]. Найбільшого розповсюдження на сьогодні набув метод магнітної ідентифікації ВНП [4]. Цей метод використовують усі без винятку піротехнічні команди. Метод простий в технічній реалізації та має високі показники ефективності. Однак крім явних переваг, він має два суттєві недоліки: мала дистанція ефективної дії та орієнтація на металеві конструкційні елементи. Дистанція ефективної дії менше 0,5 метрів призводить до низьких темпів обстеження територій великої площі. Поширення використання ВНП безоболонкового типу чи без металевих конструкційних елементів практично зводить нанівець всі можливості методу магнітної ідентифікації. Тому останніми роками поширилися інші методи виявлення неметалевих ВНП. Перш за все, до неселективних методів розмінування можна віднести роботизовані комплекси механічного впливу на ґрунт [5]. Внаслідок жорсткого механічного впливу при використанні таких роботизованих комплексів відбувається підриг ВНП будь-якої конструкції. Однак такий метод також має ряд недоліків, основними з яких є низький темп розмінування, неможливість роботи по поверхні в обмежених умовах [6], неможливість виявлення та знешкодження ВНП глибокого закладання.

Цього недоліку можна позбавитись шляхом використання методу дистанційної деактивації ВНП опроміненням електромагнітними хвилями, який запропоновано в роботі [7]. Використання такого методу дозволить дистанційно підригати або деактивувати ВНП, які не містять металевих конструкційних елементів, та які знаходяться в полі опромінення без необхідності визначення їх місця розташування. Однак, питання проникнення та розповсюдження електромагнітних хвиль у тілі ВНП досліджується. Побудована електродинамічна модель дифракції електромагнітних хвиль при проходженні крізь багат шарову структуру вибухонебезпечного предмету шляхом розв'язання рівнянь Максвелла

з відповідними граничними умовами, встановлено ступінь ослаблення енергії електромагнітних хвиль у товщі вибухової речовини за допомогою визначення коефіцієнтів відбивання та проходження електромагнітного випромінювання НВЧ діапазону крізь вибухонебезпечний предмет, отримано рівняння для визначення еквівалентного хвильового опору вибухонебезпечного предмету. [2].

Електромагнітні методи розмінування відіграють важливу роль у гарантуванні безпеки персоналу та є перспективним напрямом досліджень [8]. Незважаючи на наявні обмеження, вони продовжують удосконалюватися, і в найближчому майбутньому можна очікувати на появу нових, ще більш ефективних рішень.

Основні напрямки досліджень електромагнітних методів виявлення ВР мають бути направлені на створення більш чутливих і вибіркових датчиків, здатних розрізняти об'єкти різної форми і розміру [9]. Розробка алгоритмів для ефективного опрацювання сигналів, отриманих з датчиків, і виділення корисної інформації на тлі перешкод є особливо складним питанням.

Таким чином вирішення математичної моделі процесу взаємодії електромагнітної хвилі з поверхнею реальної ВР наблизить вирішення проблеми виявлення й знешкодження вибухонебезпечних предметів, що підвищить спроможність підрозділів, їх швидкодню, ефективність та найголовніше – збереження життя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Карпов А.А., Кустов М.В., Аналіз матеріалів вибухонебезпечних предметів: матеріали круглого столу (вебінару) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків». Харків: НУЦЗУ, 2023. 253 с.
2. Кустов М.В., Кулаков О.В., Карпов А.А., Басманов О.Є., Михайловська Ю.В. Модель дифракції електромагнітних хвиль на вибухонебезпечних предметах. Проблеми надзвичайних ситуацій: Науковий журнал, Харків: НУЦЗ України. 2023. № 2 (38). С. 39-52.
3. Prem M., Purroy M.E., Vargas J.F. Landmines: the Local Effects of Demining. *TSE Working Paper*. 2022. 1305. 108 Available at: https://publications.utcapitole.fr/id/eprint/44388/1/wp_tse_1305.pdf
4. Williams D.P., Myers V., Silvious M.S. Mine Classification With Imbalanced Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2009. 6. 3. 528–532. doi: 10.1109/LGRS.2009.2021964
5. Shimoi N., Takita Y. Remote mine sensing technology using a mobile wheeled robot RAT-1. *ICCAS 2010*. 2010. 622–626. doi: 10.1109/ICCAS.2010.5669836
6. Yoo L.S., Lee J.H., Lee Y.K., Jung S.K., Choi Y.. Application of a drone magnetometer system to military mine detection in the demilitarized zone. *Sensors*. 2021. 21(9). 3175. doi: 10.3390/s21093175
7. Kustov M., Karpov A. Sensitivity of explosive materials to the action of electromagnetic fields. *Problems of emergency situations*. 2023. 1(37). 4–17. doi:10.52363/2524-0226-2023-37-1
8. Krivtsun V., Naniivska L. Factors affecting the demining process. *Social Development and Security*. 2023. 13(5). 38-44. Doi: 10.33445/sds.2023.13.5.5.
9. Lee J.S., Yu J. D. Non-destructive method for evaluating grouted ratio of soil nail using electromagnetic wave. *Journal of Nondestructive Evaluation*. 2019. 38. 1-15. Doi: 10.1007/s10921-019-0582-9.

УДК 504.064:504.062.4

ВПЛИВ ВІЙНИ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РОСЛИННОГО ПОКРИВУ БРОННИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА

К. А. Король¹, доктор філософії, О. А. Чушак², І. А. Кінчеші³

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

²Хіміко-радіометрична лабораторія аварійно рятувальної частини аварійно рятувального загону спеціального призначення ГУ ДСНС України у Львівській області

³ІСЗЗІ КПІ ім. Ігоря Сікорського

Зростання кількості сміттєзвалищ в Україні, включаючи такі об'єкти, як Бронницьке сміттєзвалище, значно ускладнює екологічну ситуацію в регіонах. Ці території є джерелами токсичних речовин, які забруднюють ґрунт, підземні води та атмосферу. У контексті військових дій в Україні значно ускладнюється екологічний стан багатьох територій, включаючи Бронницьке сміттєзвалище. Зростання обсягів відходів, руйнування інфраструктури для управління ними, а також можливість потрапляння небезпечних речовин у довкілля внаслідок бойових дій підкреслюють актуальність використання фітомеліорації як засобу екологічного відновлення.

З огляду на недостатню ефективність сучасних систем управління відходами, зростаючі ризики, пов'язані із забрудненням, та додаткові виклики, спричинені війною, актуальним є пошук інноваційних методів екологічної реабілітації. Одним із перспективних напрямків є фітомеліорація — використання рослин для очищення та відновлення екосистем, які зазнали негативного впливу антропогенних факторів та наслідків воєнних дій.

Сміттєзвалища, особливо в умовах України, залишаються найпоширенішим методом утилізації відходів, попри численні екологічні ризики, які вони спричиняють. Застарілі та неефективні захисні бар'єри, недосконала система роздільного збору сміття та відсутність належного моніторингу ситуації призводять до забруднення підземних вод і ґрунтів токсичними речовинами, зокрема важкими металами. Це може спричинити серйозні наслідки для здоров'я населення і стану довкілля. Військові дії додатково посилюють ці ризики через знищення інфраструктури та збільшення кількості відходів, що ускладнює контроль і управління територіями.

Сучасні дослідження свідчать про те, що фітомеліорація може стати ефективним методом відновлення екосистем у зоні техногенного та військового забруднення. Рослинний покрив на території Бронницького сміттєзвалища зазнає впливу як традиційних екологічних факторів, так і наслідків війни. Це може знижувати фітомеліоративний потенціал та ускладнювати природне відновлення території через забруднення важкими металами, підвищення рівня токсичних речовин і механічне руйнування ділянок.

На основі проведених досліджень у Бронницькому сміттєзвалищі було визначено концентрації важких металів, таких як свинець (Pb), цинк (Zn), кадмій (Cd), мідь (Cu) та кобальт (Co), у кореневих системах різних видів рослин. Було виявлено значне перевищення допустимих концентрацій свинцю та кадмію у багатьох пробах, що свідчить про високий рівень забруднення території. Найвищі концентрації важких металів зафіксовано на східній та центральній частинах сміттєзвалища, де вплив бойових дій міг додатково посилити забруднення.

Результати фітомеліоративної оцінки показали, що ділянка 4 (південний схід) має найвищий коефіцієнт фітомеліоративної ефективності (К_{ФМ}), що свідчить про значний потенціал для екологічного покращення. У ході дослідження було визначено різні типи рослинних угруповань, серед яких силваценози, фруктові та рудеральні угруповання. Силваценози відіграють важливу роль у регулюванні мікроклімату та очищенні повітря, а рудеральні рослини сприяють очищенню ґрунту від забруднювачів.

Дослідження підтвердило значний фітомеліоративний потенціал рослинного покриття на території Бронницького сміттєзвалища. Військові дії можуть додатково впливати на стан території та знижувати ефективність фітомеліорації, що потребує адаптації заходів відновлення. Для покращення екологічного стану рекомендується розширити використання рослин, здатних до акумуляції важких металів, а також впроваджувати комплексні заходи з управління відходами.

Це може включати:

1. Введення спеціально підібраних видів рослин, здатних до фітомеліорації, з урахуванням локальних умов та наслідків бойових дій.
2. Зменшення частки рудеральних угруповань та збільшення площ лісових насаджень, які є більш ефективними у регулюванні мікроклімату.
3. Проведення моніторингу фітомеліоративної ефективності рослин для оптимізації екологічного впливу та контролю за рівнем забруднення важкими металами.
4. Розробка адаптивних програм з фітомеліорації для територій, що постраждали внаслідок війни, з метою відновлення екосистем та зниження рівня токсичних речовин у ґрунті та воді.

ЛІТЕРАТУРА

1. Adamcova D., Radziemska M., et al. Environmental assessment of the effects of a municipal landfill on the content and distribution of heavy metals in *Tanacetum vulgare* L. *Chemosphere*. 2017. 185. P. 1011–1018.
2. Nersesyanyan A., Mišík M., Cherkas A., et al. Use of micronucleus experiments for the detection of human cancer risks: a brief overview. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society. Medical Sciences*. 2021. 65(2). <https://doi.org/10.25040/ntsh2021.02.05>
3. Oziegbe, O., Oluduro, A.O., et al. Assessment of heavy metal bioremediation potential of bacterial isolates from landfill soils. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2021.
4. Kucheryavyi V. P. *Phytomelioration: a textbook*. Lviv: Svit Publishing House. 2003.
5. Vaverková M. D., Radziemska M. *Land Degradation & Development* (John Wiley & Sons, Ltd). 2018. 29(10). P. 3674-3680.

УДК 629.3/656.2:504.5

ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ (НА ПРИКЛАДІ М. ГОРОДОК ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

І. М. Кочмар, Х. В. Левинська

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Транспортна галузь є однією з ключових галузей економіки України, адже вона забезпечує внутрішні та зовнішні перевезення вантажів і пасажирів, а також сприяє розвитку інших галузей економіки [1]. Війна росії проти України підкреслила надзвичайну важливість транспортного комплексу для нашої економіки та суспільства, адже з початком повномасштабного вторгнення повністю припинилось повітряне сполучення, а також були заблоковані морські порти. Таким чином війна в Україні сильно вплинула на міжнародні перевезення, здійснювати котрі стало можливим лише автомобільним транспортом та залізницею через пункти пропуску [2].

У зв'язку з цим досить гостро стоїть проблеми забруднення довкілля від транспортної інфраструктури, особливо в прикордонних в областях, на автомобільні та залізничні шляхи

яких значно збільшилося транспортне навантаження. Серед областей Західного регіону України найвищим рівнем розвитку транспортної мережі характеризується Львівська область [3,4]. Автомобільні шляхи міжнародного значення чинять значний вплив на якість та стан навколишнього середовища, та нерідко проходять через міста та інші населені пункти. Автошлях М 11 – це автомобільний шлях міжнародного значення, який проходить територією Львівської області. Починається у м. Львові, проходить через м. Городок, м. Мостиська і закінчується на пропускному пункті Шегині, на території Польщі продовжується як автошлях 28, що прямує на м. Перемишль [5].

Транспорт являється одним з головних джерел забруднення довкілля, його техногенний вплив на екосистеми полягає у: забрудненні атмосфери, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори; споживанні природних ресурсів – атмосферного повітря, нафтопродуктів і природного газу (які є паливом для ДВЗ), води для систем охолодження ДВЗ, земельних ресурсів, відчужених під будівництво автомобільних доріг, залізниць та інших об'єктів транспортної інфраструктури; виділенні теплової енергії в навколишнє середовище під час роботи тягових двигунів і установок, в яких спалюють паливо; створенні високих рівнів шуму і вібрації та ін. [5-8].

Близько 75% металів, що містяться в бензині виділяються у вигляді галогенних з'єднань разом з відпрацьованими газами, тому небезпечними площами, забрудненими важкими металами є площі, в безпосередній близькості до трас [9]. Забруднення ґрунтів залізничним транспортом визначається кількістю сухих та рідких викидів під час руху потягу на один км шляху, також відбувається забруднення ґрунту металевою стружкою та пилом того вантажу, який перевозиться. Важкі метали здатні накопичуватися в ґрунтах, передусім у їх верхньому гумусовому горизонті, й досить повільно виводяться шляхом вилугування, поглинання кореневою системою рослин, за рахунок ерозії та дефляції. Саме тому дослідження ґрунтів на забруднення важкими металами в межах транспортних шляхів із значним навантаженням є важливим та актуальним завданням.

В межах м. Городок найбільшого впливу з боку транспорту зазнають: митний пост «Городок» (вул. Львівська, 659А), об'їзна дорога (автошлях М-11) та залізничний вокзал Городок-Львівський. Для дослідження ґрунтового зразки відбирали із глибини біотично активного, гумусо-аккумулятивного горизонту (0-20 см) методом конверту. Для вимірювання вмісту важких металів зразки ґрунту готували для аналізу згідно з ДСТУ ISO 11464:2007. Вимірювання проводили за допомогою рентгенофлуоресцентного аналізу за допомогою аналізатора Elvax Light SDD. Результати отриманих лабораторних досліджень екологічного стану ґрунтів м. Городок представлені на рис. 1.

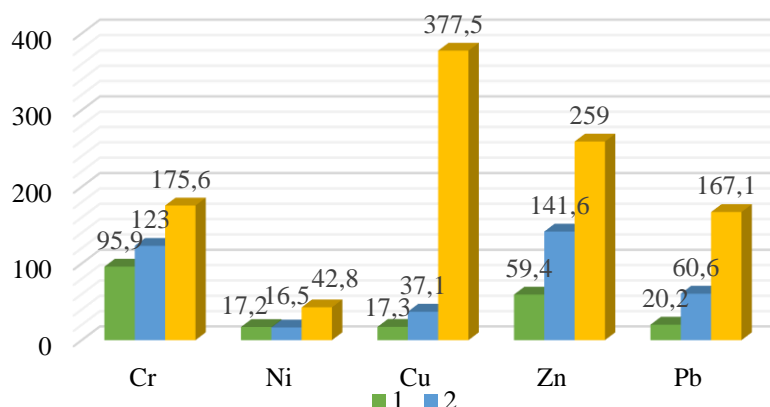


Рисунок 1 – Вміст важких металів у ґрунтах м. Городок, мг/кг: 1 – митний пост «Городок» (вул. Львівська, 659А); 2 – об'їзна дорога, автошлях (М-11); 3 – залізничний вокзал Городок-Львівський

Згідно з отриманими результатами найменш забрудненими ґрунтами являються ґрунти відібрані біля митного посту «Городок», а найбільш – біля залізничного вокзалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шевченко Р. Б., Іващенко Т. О. Стагнація транспортної галузі України як результат системних соціальних потрясінь. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*. 2024. 11. <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-11-03-07>
2. Харун О., Грицина Л. Вплив війни на міжнародні транспортні перевезення України. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*. 2023. 324 (6). С. 267–272. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2023-324-6-45>
3. Притула Х. М., Максименко А. О., Калат Я. Я., Кирик І. М. Розвиток логістично-транспортної інфраструктури прикордонних областей Західного регіону України в умовах поглиблення інтеграції до Європейського Союзу. *Регіональна економіка*. 2023. №2 (108). С. 60–71. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2023-2-6>
4. Борсук Ю. Критична інфраструктура Західного регіону України в умовах війни: суспільно-географічне дослідження. *Реалії, проблеми та перспективи розвитку географії, екології, туризму та сфери гостинності в Україні: матеріали XXIV Всеукраїнської студентсько-аспірантської наукової конференції (м. Львів, 8–9 червня 2023 року)*. Львів, 2023. С. 52–55.
5. Левинська Х., Кочмар І. Шумове навантаження м. Городок Львівської області. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Збірник наукових праць Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, курсантів та студентів*. Львів: ЛДУ БЖД, 2024. С. 808–812.
6. Кузик А. Д., Думас І. З., Олійник О. Т. Забруднення атмосферного повітря автомобільним транспортом на в'їздах до м. Львова. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2024. № 29. С. 12–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.29.2024.02>
7. Самарська А. В., Зеленько Ю. В. Оцінка впливу залізничного транспорту на накопичення важких металів у ґрунтах. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2018. № 4 (76). С. 25–35.
8. Поліщук О. І., Антоняк Г. Л. Вплив транспортного навантаження на елементний склад ґрунту у приміській зоні м. Львова. *Екологічні науки*. 2021. №5(38). С. 81–86.
9. Ванчура Р. Б. Експериментальні дослідження вмісту важких металів в охоронних зонах автомагістралей. *Геодез., картогр. і аерофотознімання*. 2011. Вип. 75. С. 110–114.

УДК 519.85

ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ МІГРАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ПІД ЧАС ВІЙНИ

*М. І. Кусій, к.пед.н., доцент, О. М. Івацішин
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

У наш час міграція стає все більш масовою, а отже, й вплив людської діяльності на довкілля змінюється в географічному просторі. Збільшення кількості населення в певних регіонах призводить до зростання попиту на природні ресурси, що стимулює їхнє виснаження та спричиняє негативний екологічний вплив. Міграційні процеси змінюють структуру ресурсо-споживання, призводячи до інтенсифікації забруднення, зниження біорізноманіття та деградації природних ландшафтів. Наприклад, зростання міського населення сприяє

збільшенню викидів парникових газів, що негативно позначається на глобальних кліматичних змінах. У загальному значенні міграція тісно пов'язана з глобальними економічними, соціальними, політичними й технологічними перетвореннями, які визначаються основними політичними та соціально-економічними пріоритетами. Ці трансформації дедалі більше впливають на суспільне життя у контексті глибшого проникнення глобалізації в ринок праці, приватну, соціальну та духовну сфери. На жаль, війна в Україні, окупація частини територій російськими військами викликала цілу хвилю внутрішньо переміщених українців та зовнішніх мігрантів, частина з яких отримала статус біженців у Європі. Як відомо, міграційні процеси мають значний вплив на соціально-економічний розвиток та різні аспекти функціонування суспільства. “Понад 10 мільйонів українців (це 25 % населення) покинули свої домівки, у тому числі 7,4 мільйона є індивідуальними біженцями з України, зафіксованими по всій Європі” [1].

Одним з потужних інструментів для аналізу і управління міграційними потоками є математичне моделювання. Воно дозволяє визначити складні механізми, що впливають на переміщення населення, передбачити їх слідки та розробити ефективні стратегії впливу [2].

Основні аспекти використання цього підходу включають:

1. Моделювання причин міграції (економічні фактори: врахування рівнів доходу, доступ до ресурсів і можливості між регіонами; соціальні фактори: аналізується вплив війни, кліматичних змін, соціальних мереж мігрантів; політика держави: включаються обмеження, закони про імміграцію, квоти та умови надання притулку).

2. Прогнозування міграційних потоків (детерміновані моделі: базуються на точних вхідних даних і передбачають лінійні сценарії; стохастичні моделі: враховують ймовірнісні характеристики).

3. Оптимізація логістики та управління (розробляються алгоритми для ефективного розміщення мігрантів, забезпечення ресурсами та інтеграції в нових умовах; моделі використовують для оцінки навантаження на інфраструктуру, економіку та соціальну сферу приймаючих країн).

4. Симуляція політичних сценаріїв (оцінка ефективності політики: наприклад, введення візових обмежень або розширення квот; визначення наслідків для країн, що залишаються без населення (brain drain), та для приймаючих країн (інтеграційні виклики)).

5. Вплив кліматичних змін (моделювання "кліматичних мігрантів", які викликані переселенням через зміни в середовищі проживання; аналіз регіонів ризику для створення планів попередження міграційних криз).

6. Застосування технологій (машинне навчання для обробки великих даних міграційної статистики; геопросторний аналіз: картографування потоків мігрантів для виявлення ключових коридорів; інструменти Big Data для моніторингу реальних міграційних процесів (наприклад, на основі даних соціальних мереж чи мобільності)).

Складемо математичну модель аналізу міграційних потоків, враховуючи фактор війни в Україні. Спрогнозуємо потоки міграції з трьох регіонів України в два регіони прийому, враховуючи: ризик у регіонах виїзду (інтенсивність бойових дій), безпеку регіонів прийому, відстань між регіонами, спроможність (по кількості) прийомних регіонів .

1. Нехай маємо 3 регіони виїзду:

Регіон 1: 10 мільйонів людей, ризик 2,5.

Регіон 2: 8 мільйонів людей, ризик 3,0.

Регіон 3: 5 мільйонів людей, ризик 4,0.

2. Регіони прийому:

Польща (регіон А): безпека 0,9, спроможність 6 мільйонів осіб.

Німеччина (регіон Б): безпека 0,8, спроможність 7 мільйонів осіб.

3. Відстань між регіонами S_{ij} :

З/До	Польща (регіон А)	Німеччина (регіон В)
Регіон 1	800 км	1500 км
Регіон 2	1000 км	2000 км
Регіон 3	1200 км	2500 км

4. Вартість транспортування: $C_{ij} = S_{ij} \cdot 0,1$ (умовні одиниці на людину).

Позначимо x_{ij} кількість людей, які переміщуються з регіону i до регіону прийому j

Складемо функцію мети, завданням якої є мінімізація загальних витрат на переміщення мігрантів, які розраховуються за формулою:

$$F = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \frac{C_{ij} \cdot x_{ij}}{P_i \cdot B_j},$$

де P_i - ризик у регіоні виїзду i ; ризик регіону, особливо в контексті військових дій чи інших небезпек, є показником, який враховує сукупність таких факторів: інтенсивність бойових дій, руйнування, втрата, доступ до послуг, ймовірність загострення.

B_j - безпека у регіоні прийому j .

Маємо наступні обмеження :

1. Сума потоків мігрантів із кожного регіону виїзду не перевищує його населення:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{12} \leq 10\,000\,000 \\ x_{21} + x_{22} \leq 8\,000\,000 \\ x_{31} + x_{32} \leq 5\,000\,000 \end{cases}$$

2. Приймні регіони не можуть прийняти більше, ніж їхня спроможність:

$$\begin{cases} x_{11} + x_{21} + x_{31} \leq 6\,000\,000 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} \leq 7\,000\,000 \end{cases}, x_{ij} \geq 0$$

Розв'язавши чисельно задачу за допомогою Python, отримаємо:

1. Оптимальний розподіл мігрантів між регіонами прийому Польщі та Німеччини.

2. Результат для забезпечення мінімальних витрат на переміщення з урахуванням ризиків і безпеки.

3. Можливість реалізувати управлінські рішення щодо інтеграції мігрантів у приймаючі країни, не перевищуючи доступні ресурси.

Враховуючи вищезазначене, можемо зробити висновок, що математичне моделювання є вагомим чинником для аналізу, прогнозування та управління міграційними потоками, що дозволяє ухвалювати більш обґрунтовані та стратегічні рішення. Це зменшує соціальне та економічне навантаження і забезпечує стабільність у приймаючих країнах.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.О. Сімахова, д.е.н., доц., проф. І.О. Церковний, магістрант. Міграційні процеси в Україні в умовах війни: соціальний аспект. URL: [https://doi.org/10.26642/jen-2022-4\(102\)-60-64](https://doi.org/10.26642/jen-2022-4(102)-60-64)

2. Тацій Р.М., Стасюк М.Ф., Пазен О.Ю. Елементи математичного моделювання та прикладної математики: Львів : ЛДУ БЖД, 2021. 182 с.

3. Меньшикова О.В., Чмир О.Ю., Карабин О.О. Дослідження операцій : навчальний посібник. Львів : ЛДУ БЖД, 2019. 196 с.

4. Аверкина М. Ф., Криницька Т. М. Моделювання міграційних процесів України. Регіональна економіка та управління, 2022. № 1 (35). С. 8-12.

5. Офіційний веб-сайт Державної міграційної служби України. URL: <https://dmsu.gov.ua/> (дата звернення 15.08.2022).

УДК 355.1:504.05

ПРОБЛЕМИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

І. Муха, І. П. Кравець, к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сучасних умовах війни актуальність збереження навколишнього середовища значно зростає, оскільки конфлікти часто призводять до серйозних і тривалих екологічних наслідків, що впливають як на окремі регіони, так і на планету в цілому. Війна не тільки призводить до негайного спустошення природних ресурсів та екосистем, але й створює умови, які сприяють постійній деградації. Ця деградація спричинена відсутністю ефективних природоохоронних заходів, зупинкою забруднюючих виробництв, економічною та соціальною нестабільністю, що перешкоджає зусиллям з відновлення.

Військові конфлікти безпосередньо призводять до забруднення повітря, води та ґрунту, а також до руйнування природних середовищ існування. Розгортання військової техніки, вибухівки та хімічної або біологічної зброї масового знищення, може мати тривалі наслідки для навколишнього середовища. Наприклад, внаслідок вибухів може статися деградація земель, знищення рослин і тварин, забруднення ґрунту токсичними речовинами та важкими металами [1].

Сучасні технології, як-от використання важкої артилерії, авіаудари та ракетні системи, призводять до неминучого забруднення навколишнього середовища. Одним з найгірших, є забруднення водних ресурсів. Вибухи завдають серйозної шкоди екосистемам: від повного знищення ландшафтів до проникнення небезпечних речовин у ґрунти та водоймища. Руйнування водопостачальних систем внаслідок військових дій призводять до забрудненням річок, озер і підземних вод. Витоки пального, хімічних речовин та залишки боєприпасів становлять не менш серйозну загрозу для водних екосистем і здоров'я населення. Сучасна військова техніка з важкими металами і токсичними компонентами, такими як свинець, кадмій і азбест, може викликати тривалі забруднення, які важко усунути в процесі відновлення.

У воєнний час важливо створювати інноваційні стратегії захисту навколишнього середовища, які узгоджують військові вимоги з екологічними стандартами. Для вирішення екологічних проблем під час війни важливе значення має глобальне та міждисциплінарне співробітництво. Міжнародні зусилля, спрямовані на захист природних ресурсів, навіть під час збройних конфліктів, мають неабияке значення. Це включає в себе заборону на певні типи зброї, що завдає шкоди екосистемам, і програми, спрямовані на відновлення ландшафтів і екосистем після конфліктів в цілому. Створення міжнародних рамок для оцінки екологічних наслідків конфлікту має вирішальне значення разом із створенням стратегій для швидкого відновлення природних ресурсів після припинення військових дій. Крім того, сприяння екологічній освіті та обізнаності серед громадян у часи кризи є життєво необхідними складовими для збереження природних ресурсів [2].

Після припинення бойових дій залишки військової техніки, артилерійські снаряди та мінні поля ще довгий час будуть становити небезпеку та забруднювати довкілля. Природні ресурси внаслідок цих факторів війни зазнають значної шкоди, а екосистеми можуть бути зруйновані. Тому, після завершення війни одним із найбільш складних завдань є відновлення довкілля в постраждалих регіонах. Це включає відновлення зруйнованих екосистем, очищення

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

забруднених територій, повернення біорізноманіття та відновлення пошкоджених видів рослин і тварин. Для ефективного відновлення потрібні не лише фінансові ресурси, але й спеціальні технології та знання в галузі екології. У поствоєнних зонах важливою стає екологічна реконструкція, що охоплює створення нових природних середовищ, збереження існуючих природних зон, відновлення ландшафтів і розвиток сталого землекористування. Стратегії адаптації до змін клімату повинні бути переглянуті й адаптовані до нових реалій, адже кліматичні зміни можуть ускладнити екологічну ситуацію в період після війни [3].

Проблеми екологічної безпеки потребують інтегрованого підходу, поєднуючи військові зусилля з громадськими. Це сприяє не лише відновленню екосистем, але й зміцненню соціальної та економічної стабільності в країнах, що переживають постконфліктний період.

На тлі зростання екологічних загроз, які виникають під час військових дій, міжнародна спільнота активно розробляє і реалізує різні ініціативи з метою захисту довкілля в умовах конфлікту. Один з таких механізмів – це міжнародні угоди і протоколи, що обмежують використання зброї, здатної завдати значної шкоди екології. Наприклад, Конвенція про заборону застосування касетних боєприпасів, які можуть привести до екологічних катастроф. Національні уряди повинні також приймати заходи для зменшення негативного впливу війни на довкілля. Це включає створення екологічних стандартів для ведення бойових дій та механізмів для швидкого відновлення природних ресурсів після завершення конфлікту. Важливим аспектом є вдосконалення правового регулювання в галузі екологічної безпеки у військових умовах, зокрема розширення стандартів екологічної оцінки впливу на довкілля під час збройних конфліктів [4].

Збереження довкілля під час війни є однією з найскладніших і водночас ключових задач, що вимагає об'єднання військових, екологічних, соціальних та економічних зусиль. Щоб зменшити негативний вплив на природу, міжнародна спільнота має активно працювати над розробкою і впровадженням відповідних угод, які допоможуть мінімізувати екологічні збитки у зонах конфліктів. Після завершення бойових дій важливо зосередитися на відновленні екосистем і навчанні громадян, що дозволить не тільки відновити природні ресурси, а й забезпечити стійкий розвиток у поствоєнних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Николаєв А., Стефурак Д. Вплив та наслідки російського військового вторгнення до України на екологію. Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування: матеріали III науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Україна, м. Ужгород, 7-9 грудня 2022 р.). Ужгород: ПП Данило С.І., 2022. С. 47-51.
2. Лісова Н.О. Вплив військових дій в Україні на екологічний стан території. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. 2017. № 2 (вип. 43). С. 165-173.
3. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. К.: ВАІТЕ, 2017. 88 с.
4. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII : станом на 10 лип. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>.

УДК 712.27:14.140.141:63.630:631.4:631.5: 502.3/7(504)

ПРИРОДНИЧА ПЛАТФОРМА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

*В. П. Оліферчук, д-р. біол. н., доцент, О. Р. Олейнюк-Пухняк, к.с.-г.н., доцент
Національний лісотехнічний університет України*

Україна у стані війни уже рівно 10 років, а точніше 3925 днів станом на час написання даних тез. Сьогодення України є переломним і буремним, з цим думаємо, ніхто не буде сперечатись. Вже пішов третій рік широкомасштабного вторгнення нашого сусіда і 10-й війни боротьби з росією. Так, у кожній статті потрібно вказувати часові рамки і причини, бо це є нашу хронологією та історією.

Ми вчилися жити з війною ще з 2014 р, але зараз це було несамоовито важко все усвідомити і осягти, що такі події можуть трапитись в центрі Європи у цифрову еру високих технологій. Що можуть летіти ракети і бомби з літаків, що стирають з лица нашої землі цілі населені пункти від малих, до величезних стотисячних міст, таких як Маріуполь, Бахмут, Покровськ, Мар'їнка та багато інших чи кошмарити міста мільйони України, що недалеко від кордону навіженої росії. Чого вартий підрив дамби і знищення Каховського Водосховища. Біосферний заповідник Асканія Нова під окупацією – є факти вивозу унікальних тварин на територію агресора росію. Запорізьська атомна електростанція під постійною загрозою у руках терористів окупантів.

До чого такий зрозумілий вступ, а для того аби чітко усвідомити, пам'ятати, вибороти та перемогти і ніколи більше не допустити.

Нам потрібно вже на випередження думати про Повоєнне відновлення України. Багато говориться про відбудову, про формування нових архітектурних концепцій, пошук новітніх містобудівельних рішень, але мало говориться про Природниче підґрунтя, про ландшафтоутворюючі складові нового чи новітнього саме українського ландшафту. [1]

Групою українських вчених та науковців був продуманий алгоритм дій для конструктивної роботи у Повоєнному відновленні нашої країни.

Природнича Платформа Повоєнного Відновлення України це майданчик, алгоритм, конструктив, ресурс та засіб для дій у відбудові та відродженні нашої держави.

Перелік питань, що підняла війна є безмежним і щодня з'являються нові пункти у цьому переліку. Отже ця Платформа є живою структурою, що і спонукало до узагальнення всіх процесів у Природничу платформу.

Все, що зараз відбувається з нашою країною є руйнівним процесом у просторовому розумінні. Простір це як філософсько-психологічне поняття, так і фізичне, в якому відбуваються процеси від смертельних уражень до випалених земель.

В чому суть Платформи Повоєнного Відновлення України?

1. Майданчик для комплексної співпраці спеціалістів у різних галузях.
2. Простір для наукових обстежень та досліджень зруйнованих територій
3. Моніторинг процесів та подій у різних галузях
4. Робота у ОТГ
5. Формування онлайн платформи
6. Формування фізичної організації робіт у напрямі повоєнного відновлення держави.

Як працюватиме платформа? Зображено на рис.1. Ця платформа має утворити мережу спеціалістів вітчизняних, в першу чергу, по всій країні. На блок схемі зображена взаємодія історичних подій з майбутнім. Зображені вузли (кола) – є структурними сетами, що взаємодіють між собою і створюють систему Повоєнного відновлення України.

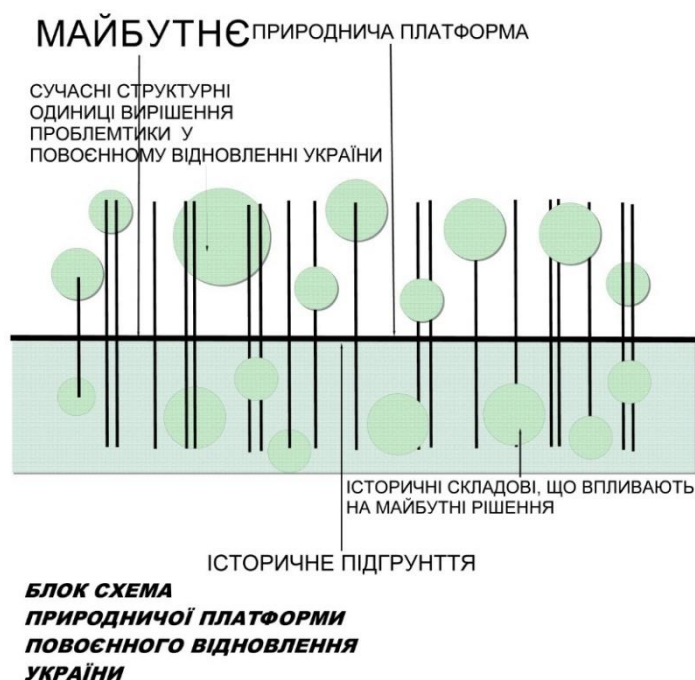


Рисунок 1 – Блок схема структури природничої платформи
Повоєнного відновлення України

Ця блок схема є структурною передумовою створення «Ай Ті» платформи та телефонного додатку для максимально спрощеної роботи та доступності всім верствам населення. Які проблеми може вирішувати і пропонувати оптимальні обґрунтовані проекти Природнича платформа?

1. Повоєнне відновлення лісів
2. Відновлення лісосмуг
3. Реєстр зруйнованих та знищених пам'яток природи
4. Реєстр зруйнованих палацових комплексів
5. Сакральна архітектура
6. Відновлення містобудівельної інфраструктури.
7. Оновлення ландшафтної канви зруйнованих міст
8. Агрландшафти
9. Фермерство нові виклики та завдання
10. Відновлення земельних ресурсів
11. Ревіталізація ґрунтів
12. Мережа реабілітаційних центрів у різних регіонах України: планування, філософія, структура.
13. Лікувальні заклади
14. Формування науково-практичного лекторіуму
15. Відновлення навчальних та наукових закладів
16. Перепрофілювання бізнесу, економічні чинники
17. Ландшафтний менеджмент ...
18. Ущільнення населення на Заході України
19. Військова справа: військові у кріплення у лісових умовах, та формування стабільних вогневих точок
20. Проблеми фауни у військових діях, лісові пожежі
21. Створення садів та парків для ментального відновлення, терапевтичні сади
22. Дослідження ґрунтів у зруйнованих містах та між населених територіях

23. Відродження та будівництво нового формату промисловості
 24. Альтернативні джерела інженерних комунікацій
 25. Водоносні шари ґрунту та обстеження акваторій.
 26. Моніторинг змін у процесах формування флори та фауни у прифронтових містах та ареалах
 27. Моніторинг зміни міграційних шляхів перелітних птахів
 28. Моніторинг структурних змін біорізноманіття
 29. Внесення змін у проектні рішення у садово-паркових об'єктах згідно зміни кута зору сприйняття простору відповідно до інклюзивності.
 30. Доступність всіх благ для всіх верств населення у сьогоденній та повоєнній Україні. Цей перелік незмінно доповнюється різними напрямками, що є актуальними тут і зараз.
- Важливо зрозуміти структуру внутрішньої взаємодії мешканців України та зовнішньої допомоги у Повоєнному відновленні нашої держави для як найшвидшого відродження та старту нового розвитку і врешті успішної новітньої історії нашої України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Олейнюк-Пухняк О. Сучасні виклики у ландшафтному проектуванні садів України. *Ландшафт і архітектура*. 2024. № 1. С. 25-27.

УДК 352.07

ЗМІНИ В СИСТЕМІ ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ВНАСЛІДОК І В УМОВАХ ВІЙНИ – ФАКТИЧНІ І НЕОБХІДНІ: ПРИКЛАД ІЗ СУМЩИНОЮ

Л. В. Осипенко

Луганський національний університет імені Тараса Шевченка

Повномасштабне вторгнення росії в Україну 2022 року і подальша війна, що триває дотепер, катастрофічно вплинули на довкілля, особливо на найцінніші території та об'єкти природної спадщини: національні парки, заповідники, території Смарагдової мережі, Рамсарські угіддя та ін. З огляду на важливість збереження природи та розширення природно-заповідних територій важливо проаналізувати сучасний стан, зміни та перспективи збереження і розвитку таких територій, зокрема в районах що потерпають внаслідок воєнних дій. Мета цього огляду – розглянути фактичні та необхідні зміни в системі природно-заповідного фонду в умовах війни на прикладі Сумської області.

Природно-заповідний фонд (ПЗФ) Сумської області, згідно з даними екологічного паспорту цієї області, станом на 01.01.2024 включає 319 об'єктів загальною площею 179,3 тис. га, що складає 7,53 % від площі області. Мережа ПЗФ сформована з 19 об'єктів загальнодержавного значення площею 50,5 тис. га, що складає 28,2 % від площі ПЗФ області, та 300 об'єктів місцевого значення площею 128,8 тис. га, що складає 71,8 % від заповіданої площі [2]. На території області розташовані два національних природних парки — Гетьманський та Деснянсько-Старогутський, а також природний заповідник «Михайлівська цілина» та один з найбільших в Україні регіональних ландшафтних парків — Сеймський (98,9 тис. га).

Згідно з Державною стратегією регіонального розвитку на 2021–2027 роки, частка територій та об'єктів ПЗФ до 2027 р. має зрости щонайменше до 15 % площі області. Рух до реалізації цієї стратегії перервала війна. Сумська область як прикордонна територія однією з перших почала зазнавати наслідків воєнних дій, що торкнулося й територій та об'єктів ПЗФ,

які розташовані поблизу державного кордону, в т. ч. обох національних природних парків. Вплив активних воєнних дій триває до цього часу.

У 2023 р. науковцями проведено оцінку впливу військових дій на ПЗФ України в межах зон окупації та бойових дій. В зону впливу на території України потрапили 1947 територій та об'єктів ПЗФ загальною площею близько 1,8 млн. га, розташовані в межах 10 адміністративних областей. На території Сумської обл. в зону вторгнення потрапило 155,6 тис. га заповідних земель та 242 об'єкти, а в зону бойових дій — 54 об'єкти загальною площею 115,2 тис. га [1]. Це складає величезні втрати — відповідно 86,8 % та 64,3 % від загальної площі ПЗФ області та 75,8 % та 16,9 % від кількості заповідних об'єктів. Вплив воєнних дій не обмежується існуючими територіями ПЗФ, а зачіпає й проєктовані для заповідання території, передусім в рамках Смарагдової мережі та Рамсарських угідь.

Воєнні дії призводять не тільки до прямого впливу, як-от пошкодження ґрунтів, забруднення вод, втрати біоти, але й до опосередкованого, який має значний вплив на майбутнє екомережі Сумщини. Внаслідок повномасштабного вторгнення в області зменшили або й зовсім припинили проведення моніторингу стану біоти, польових досліджень, необхідних для оцінки перспективних для заповідання територій та подання відповідних клопотань. Створення нових об'єктів ПЗФ вимагає значної праці науковців та безпеки при проведенні польових досліджень, що за нинішніх умов нездійсненно. Також, на практиці, недоступні сучасні засоби для проведення польових досліджень, такі як використання дронів, оскільки для цього потрібен дозвіл військової адміністрації, який видається у виняткових випадках, коли авіаційна діяльність здійснюється в інтересах держави та Збройних Сил України. В інших випадках польоти безпілотних цивільних повітряних суден заборонені. Авторка зверталася за таким дозволом навесні 2024 р., проте отримала відмову.

На Сумщині, тим не менш, в умовах війни створюють нові об'єкти ПЗФ. Так, рішенням сесії Сумської облради від 2.10.2024 оголошено нові заказники та пам'ятки природи: ландшафтний заказник місцевого значення «Богомоли» (площа 59,0 га) на території Лебединської міської ради; гідрологічний заказник місцевого значення «Пампурівка» (площа 22,6 га) на території Конотопської міської ради, ентомологічний заказник місцевого значення «Урочище Сонцевиків» (площа 5,7 га) та ботанічну пам'ятку природи «Дуби біля озера Чеха» (площа 2,0 га) на території міста Суми, геологічну пам'ятку природи «Михайлівська» (площа 5,1 га) на території Лебединської міської ради, гідрологічну пам'ятку природи «Токарівське джерело» (площа 5,6 га) на території Бездрицької сільської ради [4]. Загалом площа нових заповідних територій склала 100,0 га. варто зауважити, що питання заповідання вимагає часу, інколи тривалого, як-от це було з ентомологічним заказником місцевого значення «Урочище Сонцевиків», клопотання про створення якого чекало розгляду понад 4 роки.

Стосовно збитків, завданих довкіллю воєнними діями, за даними держекоінспекції України, їхній обсяг (за період від 24.02.2022 до 8.04.2024) склав 2,91 млрд. грн. З них збитки від засмічення земель — 836,7 млн. грн., від забруднення повітря — 227,0 млн. грн., від засмічення/забруднення вод — 1,83 млрд. грн., від пошкодження лісів — 5,45 млн. грн. Збитки на територіях ПЗФ оцінені як 6,12 млн. грн [6]. Таке невелике число пов'язано з тим, що через постійні обстріли та мінування територій задокументувати значну кількість фактів для розрахунку збитків у фахівців інспекції немає можливості, тому й повною мірою оцінити вплив війни на ПЗФ неможливо.

Одним із чинників, що може впливати на обрахунки шкоди для ПЗФ є проблема з винесенням в натуру меж ПЗФ, тобто встановленням меж земельної ділянки на місцевості та їх закріплення межовими знаками. Тому при оцінці впливу воєнних дій на довкілля може бути недооцінка збитків, якщо не буде встановлено, що це ділянки ПЗФ. Важливо залучати фахівців екологічної інспекції на всі випадки обстрілів для оцінки і обрахунку шкоди довкіллю [3].

Для збереження цінних природних територій в умовах війни важливо вже зараз на тих територіях, де це можливо, проводити дослідження для обґрунтування створення нових територій ПЗФ. Для Сумської області такою є територія Роменського району, який не межує з

РФ і найменше постраждав від наслідків війни. З важливих задач варто відзначити, що в цьому районі давно має бути створено національний природний парк “Верхньосульський”, Указ про що підписано Президентом України ще 2008 року.

Також зараз з’явився спрощений механізм створення заповідних об’єктів, таких як охоронні зони для збереження біорізноманіття в лісах та охоронні зони для збереження об’єктів Червоної книги України [5], що важливо використовувати за нинішніх умов.

Підсумовуючи викладені матеріали, треба зазначити, що збереження і розширення природно-заповідного фонду Сумської області є важливим завданням, яке не можна відкладати. Важливо продовжувати роботу над створенням нових об’єктів та захистом біорізноманіття і в умовах війни. Розширення площі заповідних територій, встановлення меж вже існуючих вже існуючих допоможе зберегти унікальні екосистеми регіону та сприятиме розвитку екомережі. В перспективі, за умови припинення воєнних дій на території області необхідно забезпечити безпеку територій та їх ревізію з метою виявлення територій що потребують охорони та можуть бути включені до складу ПЗФ.

Державним органам і громадам також необхідно забезпечувати належне дотримання режиму використання та охорони існуючих природно-заповідних територій. Для досягнення цього потрібна підтримка та зусилля як з боку держави, так і місцевих громад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клімов О.В. та ін. Вплив військового вторгнення російської федерації на природно-заповідний фонд України. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення* : XIX Міжнар. науково-практ. конф., м. Харків, 14–15 верес. 2023 р. 2023. С. 231–233.

2. Екологічний паспорт Сумської області. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (вебсайт)*. 2024. с. 83 URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoring/ekologichni-pasporty> (дата звернення: 30.10.2024).

3. Миколаєнко Ю. І. Встановлення меж територій природно-заповідного фонду шляхом співфінансування робіт, як один із дієвих способів збереження об’єктів природно-заповідного фонду. *Функціонування об’єктів природно-заповідного фонду України в умовах воєнного стану*. Київ, 2024. С. 43-44

4. На Сумщині – 6 нових об’єктів природно-заповідного фонду. *Сумські Дебати*. URL: <https://debaty.sumy.ua/news/na-sumshhini-6-novih-ob-yektiv-prirodno-zapovidnogo-fondu>. 2024.

5. Про затвердження Порядку створення охоронних зон для збереження біорізноманіття у лісах та Порядку створення охоронних зон для збереження об’єктів Червоної книги України. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/499-2023-п#Text> (дата звернення: 30.10.2024)

6. Росія продовжує нищити довкілля Сумщини. *Державна екологічна інспекція у Сумській області (вебсайт)*. 2024. URL: <https://deisumy.gov.ua/?p=5837> (дата звернення: 30.10.2024)

УДК 315.819 – 414.7:231

ВИЩІ ВОДЯНІ РОСЛИНИ У ФОРМУВАННІ РАДІАЦІЙНОЇ ЄМНОСТІ ВОДОЙМ

*В. Остапенко, О. Макарова, Л. Григор'єва, д.б.н., професор
Чорноморський національний університет імені Петра Могили*

Вищі водяні рослини володіють здатністю видаляти з води забруднюючі речовини: біогенні елементи (азот, фосфор, калій, кальцій, магній, марганець, сірку), важкі метали

(кадмій, мідь, свинець, цинк), феноли, сульфати, нафтопродукти, синтетичні поверхневоактивні речовини (СПАР) та радіоактивні речовини. При очистці стічних вод використовують такі види вищих водних рослин (ВВР), як комиш, очерет озерний, рогоз вузьколистий і широколистий, рдест гребінчастий і курчавий, спіродела багатокорінева, елодея, водний гіацинт (ейхорнія), касатик жовтий, сусак, стрілолист звичайний, гречиха земноводна, резуха морська, уруть, хара, ірис та інші [1, 5].

Радіоємність $A^i(\text{Бк})$ – це фундаментальна властивість екосистеми водосховища, яка визначає ту граничну кількість радіонуклідів (Бк), яку може стабільно утримувати біота цієї екосистеми, без шкоди (зміни) своїх основних функцій (зростання, приріст біомаси біоти і кондиціонування середовища існування). Фактор радіоємності F^i – визначає частку радіонуклідів, яка утримана біотичною і абіотичною компонентами екосистеми водосховища [4]. Експериментальні дослідження здійснено для водосховищ: (Олександрівське, Таборівське, Трикратьське) [2,3]

Наша робота спрямована на виділення рослин, які здатні накопичувати та утримувати радіоактивні речовини у водоймах. Накопичувальну здатність вивчали для радіонуклідів (^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{90}Sr , ^{54}Mn , $^{108\text{m}}\text{Ag}$, $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{57}Co , ^{60}Co) водоростями C_{algae}^i (Бк/кг) з води водосховища C_{water}^i (Бк/л). При розрахунках коефіцієнтів накопичення радіонуклідів водною біотою користувалися формулою:

$$k_{\text{algae}}^i = \frac{C_{\text{algae}}^i \left(\frac{\text{Бк}}{\text{кг}} \right)}{C_{\text{water}}^i \left(\frac{\text{Бк}}{\text{л}} \right)},$$

де k_{algae}^i – коефіцієнт накопичення радіонукліду i водною біотою з води водойми, $\frac{\text{Бк/кг}}{\text{Бк/л}}$; C_{algae}^i – питома активність радіонукліду i у водною біотою водойми, $\left(\frac{\text{Бк}}{\text{кг}} \right)$; $C_{\text{water}}^i \left(\frac{\text{Бк}}{\text{л}} \right)$ – питома активність радіонукліду i у воді водойми, $\left(\frac{\text{Бк}}{\text{л}} \right)$.

Ці результати виступили вхідними параметрами при обчисленні радіоємності $A^i(\text{Бк})$ і фактора радіоємності водної біоти водойми F_{algae}^i відповідно за формулами:

$$A^i = C_{\text{water}}^i \times S \times (H + k_{\text{bottom}}^i \times h + k_{\text{algae}}^i \times P \times H),$$

$$F_{\text{algae}}^i = \frac{P \times k_{\text{algae}}^i \times H}{(H + P \times k_{\text{algae}}^i \times H)},$$

де S – площа поверхні водойми, м^2 ; H – глибина водойми, м ; h – товщина ефективного шару донних відкладень (шару, в якому накопичуються радіонукліди, прийнято $h=0,1 \text{ м}$); P – вміст біоти в одиниці об'ємі води, г/м^3 (значення P прийнято за результатами визначення для кожної водойми).

Результати розрахованої величини радіаційної ємності технологічних водойм ЮУ АЕС за радіонуклідами, які АЕС скидає у поверхневі водойми (^{58}Co , ^{60}Co , ^{54}Mn , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{59}Fe , ^{131}I , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{51}Cr , ^{90}Sr), різнилися між ставком-охолоджувачем і третім ставком біоочищення ЮУ АЕС на два-три порядки значень, інтервал значень склав $n \times 10^8 - n \times 10^{11}$ Бк. Це обумовлено різницею об'ємів водойм і різницею коефіцієнтів накопичення радіонуклідів компонентами екосистеми водойм (більш високі коефіцієнти накопичення зареєстровано для ставка біоочищення ОС ПКК ЮУ АЕС). Між поверхневими водосховищами (Олександрівське, Таборівське, Трикратьське) різниця у величині радіаційної ємності (інтервал значень $n \times 10^9 - n \times 10^{16}$) обумовлена різницею лише об'ємів водосховищ.

Результати розрахунку факторів радіоємності окремих складових екосистеми водойм свідчили, що для усіх радіонуклідів величина факторів радіоємності біотичної складової F_{algae}^i

водойми, вищі за відповідні значення факторів радіємності донних відкладень F_{bottom}^i . Це підкреслює факт провідної ролі водяної біоти щодо утримання радіоактивності всередині екосистеми. Особливої уваги заслуговують результати розрахунку факторів радіємності F_{bottom}^i , F_{algae}^i для ставка-охолоджувача ЮУ АЕС: низькими виявилися фактори радіємності F_{bottom}^i майже для всіх радіонуклідів. Це свідчить про те, що донні відкладення цієї водойми не характеризуються високою здатністю до утримання радіонуклідів.

Фактори радіємності різнилися за водоймами: найменші величини (0,68–0,71) визначалися для ставка-охолоджувача. Для іншої технологічної водойми – III ставка біоочищення ОС ПКК ЮУ АЕС – фактор радіємності був достатньо високим (0,89–0,97). Для інших водойм фактори радіємності були на достатньо високому рівні (0,89–0,98), що свідчить про добру здатність екосистеми цих водойм утримувати радіонукліди, накопичувати і концентрувати в біомасі радіонукліди, що потрапили до неї, без помітних наслідків для самої екосистеми. Невеликі значення фактора радіємності для ставка-охолоджувача ЮУ АЕС, при чому для усіх радіонуклідів, можуть вказувати, що екосистема цієї водойми не характеризується високою надійністю, і тому потрібно проводити заходи для підвищення радіємності водойми. Це, в першу чергу, полягає у налагодженні більшої врожайності водяної біоти у цьому ставку, а також у підборі саме тих водяних рослин, які характеризуються більш високими коефіцієнтами накопичення радіонуклідів, і будуть виступати біологічними дезактиваторами водойм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Nosokova Yasuschi, Miyoshi Eiich, Fukukawa Keita. Характеристика процесу очищення прибережних вод очеретяними заростями. *Rept. Part and Harbour. Res. Inat.* 2011. № 11. 206–257.
2. Григор'єва Л.І., Алексєєва А.О. Радіаційна ємність технологічних водойм АЕС. *Наукові праці. Серія «Техногенна безпека»*. 2019. Т. 328. Вип. 316. С. 78–82.
3. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Алексєєва А.О. Радіоекологічна безпека прісноводних водоймищ – джерел живлення зрошувальних систем. *Екологічні науки*. 2019. № 4(27). С. 145–149.
4. Кутлахмедов Ю.О. Дорога до теоретичної радіоекології. Київ : Фитосоціоцентр, 2015. 360 с.
5. Тимофєєва С.С. Біотехнологія знешкодження стічних вод. *Хімія і технологія води*. 2015. Т.17, № 5. С. 525-532.

УДК 614.841

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ

А. В. Пасєка, Н.О. Штангрет, к.т.н.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

В сучасному світі безпілотні літальні апарати стають все більш популярними у різних галузях. Ці автономні системи вже успішно застосовуються для моніторингу земної поверхні, пожеж, дослідження навколишнього середовища, пошуку та рятування людей, а також для військових цілей. Безпілотний літальний апарат – це літальний апарат без екіпажу на борту. БПЛА можуть мати різний ступінь автономності – від керованих дистанційно до повністю автоматичних, а також відрізнятися за конструкцією, призначенням, тощо.

Важливий напрямок застосування дронів – це пожежна безпека. Швидке виявлення і локалізація вогнищ загоряння – найважливіше завдання екстрених служб. Безпілотна авіація успішно застосовується пожежниками і рятувальниками в усьому світі для виконання таких задач: оперативний пошук і локалізація вогнищ загоряння за допомогою тепловізора; контроль обстановки та координація дій пожежних рятувальників; планування безпечних маршрутів для переміщення пожежних та аварійно-рятувальної техніки; пошук і порятунків, координація дій, спрямованих на допомогу постраждалим; патрулювання лісів з метою профілактики виникнення пожеж і подальшого поширення вогню, якщо пожежа вже почалася; визначення оцінки шкоди лісовим ресурсам після пожеж.

Під час виникнення пожежі, ключовим моментом гасіння є вибір вирішального напрямку оперативних дій. Для прийняття такого рішення необхідно мати якомога більше інформації про пожежу та об'єкт пожежі. Але у зв'язку з великими площами об'єктів, складністю та розміщенням, людині, яка приїхала на пожежу, складно оцінити масштаби події та прийняти якнайшвидше правильне рішення.

Наразі головним завданням квадрокоптерів на пожежі є розвідка з повітря. Після прибуття на пожежу, фахівець у найкоротші терміни запускає квадрокоптер і починає збирати інформацію про пожежу, а саме:

- знаходження постраждалих на території об'єкта пожежі;
- місця знаходження людей, яким загрожує небезпека від вогню і вторинних факторів;
- визначення осередків загоряння;
- загроза поширення пожежі на інші будівлі та споруди;
- зручні місця підходу і під'їзду до місць горіння та евакуації.

Існують завдання пожежно-рятувальних служб, які без квадрокоптера складно виконати. До них належать:

- розвідка важкодоступної території під час надзвичайних ситуацій;
- здійснення пошуку і виявлення туристів, які загубилися в гірській місцевості;
- використання квадрокоптерів як ретрансляторів зв'язку на пожежах із великою площею;
- у разі встановлення спеціальних освітлювальних приладів на квадрокоптер, здійснювати освітлення місця роботи пожежних підрозділів;
- моніторинг річок, озер і прибережних морських вод на предмет знаходження потоплюючих і суден, що зазнають лиха.

Додатково можливе застосування квадрокоптерів для доставки невеликих вантажів у важко доступні місця під час надзвичайних ситуацій. Прикладом такого застосування квадрокоптера було на пожежі нафтопереробного заводу. Квадрокоптер був застосований для доставки засобів зв'язку пожежникам відсіченим вогнем, у яких вже розрядилися акумулятори на переносних радіостанціях.

Основне перспективне використання БПЛА в пожежогасінні – це лісові пожежі. До гасіння загорянь іноді залучають пожежну авіацію, але сам по собі захід на місце скиду вогнегасячих речовин дуже небезпечний. Дим, що здіймається від загоряння, дезорієнтує пілота, до того ж апарат повинен максимально наблизитися до вогню для скидання вогнегасячих речовини.

Переваги використання безпілотників у гасінні лісових пожеж:

- порівняно дешевший моніторинг території;
- точне визначення координат вогнища;
- зниження ризику людських втрат серед особового складу;
- можливість оперативної ліквідації вогню.

Враховуючи це, застосування квадрокоптерів може стати цінним доповненням до існуючих методів профілактики та гасіння пожеж. Одним із найважливіших завдань при цьому є швидке і точне виявлення вогню на великих територіях. Це потребує використання спеціальних методів автоматичного аналізу зображень для ідентифікації пожежі та оцінки її масштабу.

Метод виявлення вогню на зображенні – це процес автоматичного аналізу зображень для виявлення областей, де можливо відбувається пожежа. Ці методи використовуються в різних галузях, включаючи пожежну безпеку, лісове господарство та ін.

Розглянемо стадії пожежі :

- початкова фаза (поява диму);
- фаза зростання (поява полум'я);
- фаза повного зростання (стійке полум'я, яке поширюється, що супроводжується великими клубами диму сіро-чорного кольору);
- фаза загасання (зменшення об'ємів полум'я і диму);
- кінцева фаза (завершення пожежі).

Існує кілька методів виявлення вогню на зображенні, серед яких:

- порогова обробка – метод заснований на використанні порогового значення, за якого всі пікселі з яскравістю, вищою за поріг, вважаються полум'ям ;
- алгоритми машинного навчання – метод використовує навчену модель для визначення полум'я на зображенні;
- аналіз кольору – метод заснований на використанні колірної інформації для визначення полум'я. Полум'я має характерний червоний, жовтий і помаранчевий колір, який може бути виявлений на зображенні. Однак, він також може бути ненадійним, оскільки колірна інформація може бути змінена іншими факторами;
- аналіз руху – метод заснований на виявленні руху в зображенні. Полум'я створює рух у навколишній області, який можна виявити за допомогою аналізу оптичного потоку. Однак, він може бути ненадійним у статичних ситуаціях.

Ці методи можуть використовуватись окремо або в комбінації, щоб досягти більш точного виявлення вогню на зображенні. Кожен із перелічених методів має свої переваги та недоліки, і вибір їх залежить від конкретного завдання виявлення вогню.

Висновок: використання дронів для моніторингу та боротьби з лісовими пожежами значно підвищує ефективність реагування та управління цими природними катастрофами. Оперативне отримання інформації про місцезнаходження пожеж, їхню інтенсивність та динаміку поширення є критично важливим для організації заходів із їхньої локалізації та гасіння. Дрони дозволяють не лише зменшити час реагування на пожежу, але й підвищити точність дій рятувальників, оскільки вони можуть фіксувати найдрібніші зміни в інтенсивності вогню, що дає змогу скоригувати заходи з його контролю. Крім того, дрони забезпечують високий рівень безпеки для рятувальників, які можуть отримувати всю необхідну інформацію про пожежу, залишаючись поза небезпечною зоною. У майбутній перспективі, дронами буде забезпечено кожен пожежно-рятувальний підрозділ, що допоможе врятувати більше людей і зберегти життя рятувальників від зайвого ризику.

ЛІТЕРАТУРА

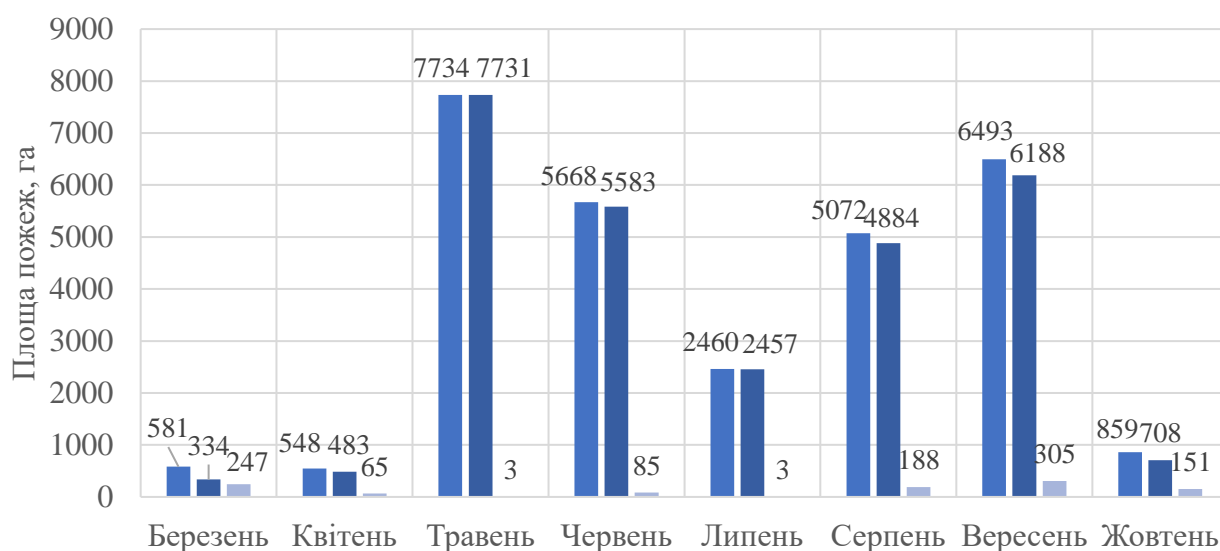
1. Теорія і практика застосування безпілотних літальних апаратів (дронів). Київ : ЛІТЕРА, 2023. 126 с. (978-966-370-793-8).
2. Федосєєва Н. А. Перспективні галузі застосування безпілотних літальних апаратів. 2019. С. 26–29.
3. Бережний А. О. Методи та інформаційна технологія автоматизованого планування маршрутів польотів безпілотних літальних апаратів для підвищення ефективності пошуку об'єктів : дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Бережний А. О. Харків, 2020. 192 с.
4. Іваненко Ю. В., Ляшенко О. С., Філімончук Т. В. Огляд методів керування безпілотними літальними апаратами. Системи управління, навігації та зв'язку. 2023. С. 26–30.
5. Аполлонов Д.В., Бібікова К.І., Шибасєв В.М., Єфімова І.Є. Формування алгоритмів системи автоматичного управління перетворюваного безпілотного літального апарату. Праці МАІ. 2022. № 122. DOI:10.34759/trd2022-122-23.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ, ЗУМОВЛЕНИХ БОЙОВИМИ ДІЯМИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ, НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

А. А. Ренкас, к.т.н., доцент

Управління освіти, науки та спорту ДСНС України

Воєнні дії на території України докорінно змінили стан справ із пожежами в екосистемах, зокрема, у лісах. У мирний час основними причинами пожеж у лісах були необережне поводження із вогнем та порушення правил пожежної безпеки у лісах. Сьогодні значна частка пожеж у лісах спричинена бойовими діями, артилерійським та ракетними обстрілами тощо. Загальна кількість пожеж та їх площі відповідно значно зросли. Якщо подивитись на діаграму, видно, що більш ніж 95 % усіх пожеж у лісах виникають у прифронтовій зоні, а саме в зоні до 30 км перед лінією фронту та 30 км за нею. Статистика цих пожеж наведена на рис. 1.



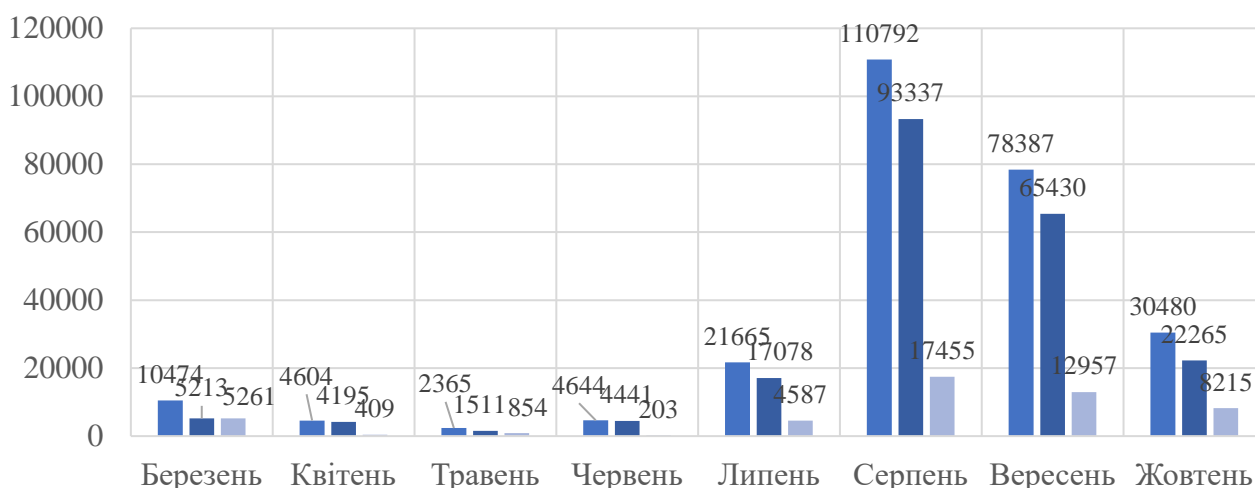
■ Загальна площа пожеж ■ Пожежі в прифронтовій зоні ■ Пожежі на решті території України

Рисунок 1 – Розподіл пожеж у лісах за місяцями та територіями

Як бачимо, переважаюча кількість пожеж виникають саме унаслідок бойових дій у 30-кілометровій зоні вздовж лінії фронту. Аналогічна ситуація із пожежами на сільськогосподарських угіддях. Проте співвідношення між пожежами у прифронтовій зоні та за 30-кілометровою відміткою є меншим і становить 81 % (рис. 2).

Гасіння таких пожеж ускладнюється рядом чинників :

- велика площа покинутих земель;
- обмеження можливості здійснення профілактичних заходів;
- обмеження можливості гасіння пожеж через забруднення мінами та нерозірваними боєприпасами;
- виникнення багатьох осередків пожеж у результаті артилерійських обстрілів, зокрема при використанні касетних боєприпасів.



■ Загальна площа пожеж ■ Пожежі в прифронтовій зоні ■ Пожежі на решті території України

Рисунок 2 – Розподіл пожеж на сільськогосподарських угіддях за місяцями та територіями

Щодо впливу на біоту [1], то необхідно зазначити, що лісові пожежі призводять до загибелі усього живого на даній ділянці, значних викидів вуглецю, погіршення якісного складу повітря та значних витрат на гасіння. Також пожежі в екосистемах призводять до зміни якісного складу ґрунтів [2].

Найдієвішим шляхом боротьби з пожежами в екосистемах є своєчасне та оперативне реагування на них. Тому нами окреслено основні шляхи методів підвищення оперативності:

- Швидке виявлення пожежі шляхом здійснення безперервного моніторингу у пожежонебезпечний період;
- Швидкий доїзд пожежно-рятувальної техніки до місця виклику;
- Оптимізація розміщення підрозділів пожежної охорони;
- Забезпечення надійності протипожежної техніки;
- Забезпечення високої ефективності гасіння лісових пожеж;
- Гарантування безпеки пожежних та протипожежної техніки.

Протипожежна техніка, що застосовується для гасіння пожеж в екосистемах в умовах воєнних дій повинна підлягати модернізації. Пожежні автомобілі для гасіння лісових пожеж в прифронтовій зоні можливо використовувати тільки за умови оснащення їх додатковими системами моніторингу та дистанційного виявлення вибухонебезпечних предметів. Проблема застосування пожежних машин на гусеничному шасі може бути вирішена шляхом додаткового бронювання їх корпусу та ходової частини. Таким чином виникає необхідність у створенні та впровадженні новітніх технічних рішень у сфері проектування протипожежної техніки для ліквідації пожеж в екосистемах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Milosevic, Lidija Tihomir, et al. Identification of Fire Hazards Due to Landfill Gas Generation and Emission. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2018. 27.1. <https://doi.org/10.15244/pjoes/75160>
2. Holden, Sandra R. and Kathleen K. Treseder. A Meta-Analysis of Soil Microbial Biomass Responses to Forest Disturbances. *Frontiers in Microbiology*. 2013 4. DOI: 10.3389/fmicb.2013.00163.
3. Regional Eastern Europe Fire Monitoring Center. Landscape Fire Monitoring and Advisories. Режим доступу: <https://nubip.edu.ua/en/node/9087/2>

ВИЗНАЧЕННЯ ЗБИТКІВ ЗАПОДІЯНИХ ПОТРАПЛЯННЯМ НАФТОПРОДУКТІВ У ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ

*Т. Л. Ричак, Л. М. Архипова, д.т. н., професор
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

У Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року визначено більше 30 завдань для досягнення амбітних цілей підвищення рівня екологічної безпеки та зменшення впливу та наслідків зміни клімату. І на першому етапі реалізації Стратегії передбачається здійснення оцінки ризиків (можливість прояву негативних наслідків впливу на щось цінне з певним ступенем невизначеності з урахуванням різноманітності цінностей) та вразливості (схильність до негативного впливу; включаючи чутливість або сприйнятливості до шкоди та відсутність здатності впоратися та адаптуватися) важливих соціально - економічних секторів і природних складових [1]. Серед зазначених секторів - енергетика та серед природних складових - водні ресурси. Саме вони тісно пов'язані у нашому дослідженні. Виконання покладеного завдання вкрай ускладнилося в умовах збройної агресії Російської Федерації проти України. Під час воєнних дій довкілля зазнає значних негативних впливів, інколи безповоротних. На жовтень 2024, за даними Екодії, маса сторонніх предметів, матеріалів, відходів та/або інших речовин, що потрапили у водні об'єкти за час повномасштабного вторгнення складає 37280704 кг, а заподіяна шкода водним об'єктам в Україні складає 8,99 млрд. грн. [2]. Скиди у водні об'єкти нафтопродуктів, продуктів горіння, залишків токсичних вибухових речовин, ракетного пального, затопленням техніки та боскомплектів тощо, складає значну частку забруднення вод є джерелом хімічного забруднення пролонгованої дії, а усунення шкідливих наслідків може тривати роками [3]. При потрапленні нафтопродуктів у водні екосистеми відбувається концентрація важких металів. А осадження нафтопродуктів у донні відклади пізніше може давати вторинне забруднення.

В результаті одного з ракетних ударів весною 2024 р., що спричинив розлив нафтопродуктів у водоймі-охолоджувачі Бурштинської ТЕС, відбулося значне потраплення забруднюючих речовин у поверхневі води, донні відклади, і в першу чергу це - нафтопродукти. Ці високотоксичні забруднюючі речовини у воді, як правило, поширюються в емульгованому стані, у вигляді поверхневої плівки, розчиненій формі і сорбованої завислими речовинами. Кількісне співвідношення форм нафти у воді постійно змінюється і визначається механізмом надходження, а не складом і властивостями нафтових вуглеводнів, гідродинамічним режимом, рівнем і характером фонові забрудненості водного об'єкту. Нами проведено інструментально-лабораторні дослідження вмісту нафтопродуктів у поверхневих водах [4]. Нафтопродукти, які з уламками ракети потрапили у водосховище, засмітили значну видиму площу водного дзеркала. Нами досліджені кілька нафтових плям, що в результаті процесів вітрового хвилювання утворилися по периметру водосховища. Зосередимося на одній із них, з найвищою концентрацією нафти на поверхні води та її емульгованому стані у товщі води. Площа досліджуваної нафтової плями складає до 0,5 км² водного дзеркала водойми.

Проведено розрахунок розмірів збитків, заподіяних Бурштинському водосховищу внаслідок потраплення ракетного палива за Методикою аварійного або самовільного скиду забруднюючих речовин [5]:

$$Z = K_c \times K_{кат} \times K_p \times K_3 \times [(M_{i1} \times Y_{i1}) + (M_{i2} \times Y_{i2}) + \dots + (M_{im} \times Y_{im})] \quad (1),$$

де $K_c = 1,5$ коефіцієнт, що враховує збільшення шкоди водній екосистемі при самовільному, чи аварійному скиді;

$K_{кат}$ коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта;

K_p регіональний коефіцієнт дефіцитності водних ресурсів поверхневих вод;

$\kappa_3 = 1,5$	коефіцієнт ураженості водної екосистеми;
μ	кількість забруднюючих речовин у зворотних водах;
M_i	маса наднормативного скиду i -тої забруднюючої речовини у водний об'єкт зі зворотними водами, т;
Y_i	визначається за формулою [5].

Для розрахунку збитків були використані отримані результати досліджень вмісту забруднюючих речовин у Бурштинській водоймі після ракетної атаки [4], індекс-інфляції за 2023 р. [6] та проіндексований питомий економічний збиток від забруднення водних ресурсів (γ) у 2023 році, що становить 3076,16 грн/т [7]. В результаті розрахунків отримано збитків від потрапляння нафтопродуктів під час ракетного обстрілу у квітні 2024р на найбільш забрудненій акваторії водойми на площі 0,5 км² на суму 27267,87 грн. Під час польових досліджень нами встановлені ще чотири менш забруднених за концентрацією та менших за площею акваторій, що були забруднені нафтопродуктами.

Варто зауважити, що при визнанні особливої природоохоронної цінності екосистеми, яка зазнала шкоди в результаті забруднення, засмічення, отримані збитки збільшуються у 1,5 разів [5]. Бурштинське водосховище є частиною Галицького національного природного парку. З 2019 року водойма отримала природоохоронний статус «Рамсарські угіддя» міжнародного значення. На акваторії водойми мешкають до сотні різних видів птахів, з яких 19 видів занесені до Червоної Книги України, а під час весняної міграції тут може знаходитись до 22, 3 тис. особин [8]. Через особливості теплового режиму водойми, в сприятливих умовах екосистеми проживає чимало різних видів риби: карась, товстолоб, білий амур, сом, лящ, плотва, окунь, судак, щука.

Наша увага зосереджена лише на видимі, гострі наслідки воєнних дій: забруднення, збитки, зміна функціонування еко- та аквасистем. Збитки довгострокових наслідків поки невідомі. Звичайно, вони будуть набагато значущими. І працюючи над завданнями Стратегії екологічної безпеки, наслідки та збитки воєнних дій для усіх природних складових мають бути враховані.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні рекомендації для здійснення оцінки ризиків та вразливості соціально-економічних секторів та природних складових до зміни клімату/Міндовкілля. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0386926-23> (дата звернення: 14.10.2024).

2. ЕкоЗагроза. Міндовкілля: вебсайт. URL: <https://ecozagroza.gov.ua> (дата звернення 12.10.2024)

3. Бондар О.І., Гандзюра В.П., Матвієнко М.Г. Вплив воєнних дій та їх наслідків на довкілля України. *Екологічні науки*. 2024. № 1(52), Том 1. С.9-15.

4. Ричак Т. Л., Архипова Л.М. Особливості самоочищення вод Бурштинської водойми – охолоджувача. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*. зб. матеріалів доп.учасн. 8-ого Між. конгрес. Львів, 2024 р.

5. Методика розрахунку розмірів відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів/ М-во охорони навколишнього природного середовища України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0767-09#Text> (дата звернення: 14.10.2024)

6. Індекс інфляції. Мінфін: веб-сайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/inflation/2023/> (дата звернення 15.10.2024)

7. Державний нагляд (контроль). *Державна регуляторна служба України*: веб-сайт. URL: <https://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2023/08/4700.pdf> (дата звернення 15.10.2024)

8. Природні умови та ресурси парку. *Галицький національний природний парк*: веб-сайт. URL: <https://www.halychpark.if.ua> (дата звернення 17.10.2024)

ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТА СТІЙКІСТЬ У ЧАСИ ВІЙНИ

А. Г. Садова

Сумський національний аграрний університет

Ця робота досліджує складний вплив військових дій на навколишнє середовище, зокрема негативні наслідки для природних ресурсів, екосистем та здоров'я населення. Війна спричиняє масштабне забруднення повітря, ґрунту та води, а також руйнування біорізноманіття через вибухи та пошкодження інфраструктури. У дослідженні розглядаються виклики, пов'язані з екологічним моніторингом та захистом природи під час військових конфліктів, а також можливі заходи для збереження довкілля. Робота підкреслює важливість підтримки громадських ініціатив та застосування новітніх технологій для моніторингу стану довкілля.

Війна є одним з найбільш руйнівних факторів для довкілля, адже вона призводить до значних змін у природному середовищі, руйнації інфраструктури та використання ресурсів. У контексті війни, увага суспільства часто зосереджена на безпеці та виживанні, що відсуває екологічні питання на другий план. Однак, навіть у таких складних умовах важливо розглядати шляхи збереження довкілля, оскільки це має довгострокові наслідки для здоров'я людей та стійкості природних екосистем.

Збереження довкілля – це відповідальність, яка лежить на кожному з нас, незалежно від віку, місця проживання чи роду занять. Екологічні проблеми впливають на якість нашого життя і здоров'я, а також на майбутні покоління. Навіть невеликі дії в масштабі однієї людини можуть створити великий ефект, якщо вони стають частиною колективних зусиль. Усвідомлення того, що кожна дія має значення, сприяє формуванню відповідального ставлення до природи та довкілля в цілому.

Турбота про довкілля – це шлях до сталого розвитку і гармонійного співіснування з природою, де кожен із нас відіграє важливу роль.

Війна в Україні, яка розпочалася в 2014 році і загострилася у 2022 році, спричинила не лише людські жертви та руйнування інфраструктури, але й мала серйозні наслідки. Військові дії, включно з бомбардуваннями, артилерійськими обстрілами та використанням важкої техніки, спричинили значні екологічні проблеми, серед яких забруднення повітря, водних ресурсів, ґрунтів, а також руйнування природних екосистем.

Вибухи та пожежі, що супроводжують військові дії, виділяють в атмосферу велику кількість токсичних речовин, включаючи важкі метали, радіонукліди та хімічні сполуки. Це спричиняє погіршення якості повітря та має негативний вплив на здоров'я населення. Забруднені ґрунти стають непридатними для сільськогосподарського використання, що загрожує продовольчій безпеці.

Лісові пожежі та знищення зелених насаджень через обстріли мають руйнівний вплив на флору та фауну України. Втрата біорізноманіття призводить до довгострокових наслідків для екологічної рівноваги. Особливо постраждали заповідні території та національні парки, які є домівкою для багатьох видів, що знаходяться під загрозою зникнення.

Бомбардування промислових об'єктів і критичної інфраструктури часто призводять до витоків хімічних речовин у річки та підземні води. Це стає причиною забруднення водних шляхів, що негативно впливає на місцеву фауну та може загрозувати постачанню питної води для населення. Наприклад, аварії на підприємствах чи руйнування каналізаційних систем викликають потрапляння небезпечних речовин у водойми.

Збройні конфлікти зачіпають різні сфери життя, адже спричинені масштабні екологічні збитки, наслідки після яких будуть відчуватися протягом багатьох років матимуть вагомий вплив ще й на суспільство та державу. Розберемо основні аспекти впливу війни та супутні проблеми.

1. Вплив війни на екологію

Війна має комплексний негативний вплив на довкілля. Бойові дії призводять до руйнування лісів, забруднення водних ресурсів та ґрунтів, винищення біорізноманіття, а також до погіршення якості повітря через вибухи, пожежі та застосування токсичних речовин. В Україні, зокрема, війна значно ускладнила ситуацію, адже військові дії руйнують заповідні зони, лісові масиви, а також ведуть до забруднення сільськогосподарських угідь.

Бомбардування та артилерійські удари залишають по собі забруднення у вигляді важких металів та інших токсичних речовин. Такі речовини потрапляють у ґрунт і водні шари, що загрожує не тільки флорі та фауні, а й здоров'ю людей. Наприклад, випадки розливу пального та нафтопродуктів унаслідок атаки на інфраструктурні об'єкти спричиняють забруднення підземних вод.

2. Виклики у збереженні довкілля під час війни

Збереження довкілля під час війни стає значно складнішим завданням через обмеженість ресурсів та пріоритетів держави. Персонал, який зазвичай займається моніторингом екологічного стану та впровадженням заходів із захисту природи, часто переорієнтовується на інші завдання, пов'язані із забезпеченням безпеки. Крім того, війна ускладнює доступ до екологічно важливих територій, що робить неможливим контроль за їхнім станом.

3. Екологічні ініціативи під час військових дій

Незважаючи на всі труднощі, існують певні заходи, які можна впроваджувати навіть у складних умовах війни. До них належать:

Розробка стратегій швидкого реагування: Запровадження протоколів екстреної допомоги природі, як-то ліквідація наслідків розливу небезпечних речовин або відновлення пошкоджених лісів та річок після бойових дій.

Підтримка громадських ініціатив: Волонтерські групи можуть організовувати прибирання, висаджування дерев, а також заходи з екологічної просвіти навіть у безпечних зонах.

Використання новітніх технологій: Дрони та дистанційний моніторинг дають змогу слідкувати за екологічною ситуацією, фіксуючи забруднення та руйнування природних територій.

4. Відновлення довкілля після закінчення війни

Після завершення війни важливо швидко перейти до відновлювальних заходів. Це включає очищення від залишків боєприпасів, відновлення лісів, повторне заселення флори та фауни, а також проведення аналізів ґрунту та води для визначення рівня забруднення і планування подальших дій. Необхідно також створити нові законодавчі акти, які забезпечать підтримку збереження довкілля та компенсацію збитків.

Збереження довкілля під час війни є не лише питанням екології, а й життєво важливою умовою для майбутнього країни та її населення. Підтримка ініціатив із захисту природи, як з боку держави, так і з боку громадянського суспільства, є ключовим фактором для збереження природного середовища у ці важкі часи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Магура Н. Л. Біологія навколишнього середовища. "Громада", 2001.
2. Білявський Г. О., Фурдуй Р. С. Основи екологічних знань. Либідь, 1997.
3. Білявський Г. О. Основи екології : [навч. посіб.] / Г. О. Білявський. К.: Либідь, 2006. 408 с.

ЕКОЛОГО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

А. І. Харчук, А. А. Харчук

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Безпека людини і стан природного середовища є одними з найважливіших характеристик якості життя, науково-технічного та економічного розвитку держави. Забезпечення національної безпеки зазвичай пов'язане із захистом держави від внутрішніх і зовнішніх змін, викликаних незаконним застосуванням сили. Водночас йдеться про усунення загроз громадському порядку, добробуту та здоров'ю населення, сталому функціонуванню національної економіки.

Донедавна загроза природному середовищу існування суспільства не розглядалася як частина військової загрози, спрямованої на ослаблення економіки та отримання доступу до корисних копалин за допомогою сили.

В останні десятиліття з'явилися нові загрози національній безпеці. Ми говоримо про екологічні загрози невійськового характеру, які не передбачають розгляду традиційного аспекту насильницького захоплення однією країною природних ресурсів іншою [1-3].

Загрози національній екологічній безпеці можуть бути зловмисними та невовимими. У першому випадку мова йде про екологічну атаку або навмисне зміна навколишнього середовища з метою заподіяння максимальної шкоди. У зв'язку з цим за участю військових експертів розробляються відповідні міжнародно-правові норми. Друге стосується якісно нових дій (або загроз дій) внаслідок транскордонних, регіональних та глобальних екологічних проблем, міжнародної економічної діяльності, збройної агресії РФ, що завдає шкоди навколишньому середовищу, масштабних аварій та стихійних лих з транскордонними наслідками [3-4].

Забезпечення екологічної безпеки в разі зовнішньої екологічної атаки зазвичай розглядається в рамках військової складової національної безпеки. Опубліковано багато робіт, присвячених екологічному впливу військової діяльності не тільки під час військової агресії, але і в мирний час (виробництво зброї, випробування зброї тощо). Однак в останні роки, у зв'язку з переходом до скорочення озброєнь, виникла якісно нова проблема – забезпечення екологічної безпеки перетворення [5-6].

Одним із принципів формування доктрин національної безпеки є їх кореляція. Оскільки вони формуються на виконання положень Концепції національної безпеки, то є елементом їх ієрархічної системи нормативно-правих актів, що регулюють суспільні відносини в цій сфері.

Отже, такі доктрини повинні не лише комплексно відображати проблеми забезпечення національної безпеки у конкретній сфері, а й мати пряме співвідношення одна з одною. Наприклад, Доктрина воєнної безпеки має враховувати положення «Доктрини екологічної безпеки» і тому подібне [2-6].

Тобто кожна Доктрина має розглядатись як складовий елемент системи правових актів, що регулюють суспільні відносини у сфері забезпечення національної безпеки. Що стосується окремих сфер діяльності суспільства і держави то вона може здійснюватися у відповідності документів, які затверджені Президентом України постановами Кабінету Міністрів України.

В сучасних умовах, російської агресії проти нашої країни, серед правових заходів забезпечення екологічної безпеки на передній план висовуються охоронно-відновлювальні заходи спрямовані на локалізацію проявів екологічної небезпеки, здійснення ліквідаційних робіт, визначення правового режиму території, відповідно до рівня екологічного ризику, встановлення статусу осіб, які потерпіли від наслідків екологічної небезпеки [2, 7].

Визнання екологічної безпеки неодмінним атрибутом суспільного розвитку вимагає фундаментальної зміни зобов'язань і цінностей сучасної цивілізації, а також бачення з екологічної точки зору.

Важливу роль в цьому аспекті відіграють спеціально уповноважені органи, які реалізують певні функції у сфері забезпечення екологічної безпеки, зокрема органи і підрозділи ДСНС в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України : Кодекс України від 02.10.2012 № 5403-VI : станом на 21 верес. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text>
2. Макаренко Н. А., Макаренко О. Ю. Правове забезпечення екологічної безпеки в умовах воєнного стану. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2024. Т. 2, № 82. С. 201–209. URL: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.82.2.32>
3. Наказ №73 від 01.03.2022 р. «Про створення оперативного штабу для фіксації, упорядкування інформації та формування єдиного реєстру збитків заподіяних довкіллю внаслідок вторгнення російської федерації на територію України». *Державна екологічна інспекція України*. URL: <https://www.dei.gov.ua/post/2243>.
4. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
5. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII : станом на 30 жовт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
6. Харчук А. І., Купчак М. Я. Правове регулювання екологічного управління в Україні: Техногенна безпека: теорія, практика, інновації: збірник тез II Міжнародної наук.-практ. конф. Львів. 2011 р. С. 27.
7. Харчук А. І., Купчак М. Я. Основи екологічного права. Львів: ЛДУ БЖД, 2016. 214 с.

UDK 615.849 – 614.7:613

THE TASK OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF ELECTROMAGNETIC LOAD DURING MILITARY ACTIONS IN UKRAINE

*D. Chernenko, L. Grygoriieva, Doctor of Biological Sciences, Professor
P. Mohyla Black Sea National University*

The environmental monitoring program in Ukraine is a necessary step to address the potential environmental and health risks associated with electromagnetic pollution during modern warfare. That this program may face significant challenges in collecting accurate and comprehensive data, given the ongoing conflict and the difficulty of accessing some areas. Furthermore, there may be limitations to the effectiveness of this program, particularly if military forces do not fully cooperate with the monitoring efforts. Nonetheless, the program will help to raise awareness about the importance of monitoring and mitigating the environmental impacts of warfare, and it will serve as a model for similar efforts in other conflict zones around the world. The findings of the environmental monitoring program in Ukraine could have broader implications for the international community's approach to military technologies and their environmental impact. The data collected by the program could be used to inform policies and regulations aimed at reducing the environmental footprint of military activities and encouraging the development of more sustainable technologies.

Electromagnetic pollution during warfare is an often-overlooked aspect of modern conflict. As technology has advanced, so too has the range and intensity of electromagnetic radiation emitted by military equipment. This radiation can have harmful effects on both the environment and human health, making the monitoring of electromagnetic pollution an important aspect of ecology during wartime. The sources of electromagnetic radiation during warfare are many and varied [1] (Fig.1). They include radar systems, communication equipment, and even the detonation of explosive devices. These sources emit electromagnetic radiation at various frequencies and power levels and can have both short and long-term effects on the environment. One of the most well-known examples of the harmful effects of electromagnetic radiation on the environment is the use of depleted uranium (DU) in armor-piercing ammunition. DU emits ionizing radiation, which can have serious environmental and health impacts. DU is also toxic and can contaminate the environment, leading to long-term health effects for both humans and wildlife. Another example of the harmful effects of electromagnetic radiation is the use of high-powered microwave weapons. These weapons emit radiation that can cause burns and other physical injuries and can also interfere with electronic equipment. The use of high-powered microwave weapons can also disrupt the migration patterns of birds and other wildlife, leading to long-term ecological impacts.

To monitor the levels of electromagnetic pollution during the ongoing warfare in Ukraine, and analyze the data to identify potential health and environmental risks, as well as any impact on electronic equipment such key steps are needed:

- Identify and select suitable sites for the installation of monitoring stations.
- Establish a network of electromagnetic pollution monitoring stations across Ukraine (Fig.1).
- Continuously monitor and record the levels of electromagnetic radiation in the selected areas of Ukraine during the warfare.
- Analyze the collected data and identify any potential health and environmental risks associated with electromagnetic pollution.
- Identify any impact of electromagnetic pollution on electronic equipment.
- Disseminate the findings to relevant stakeholders and the public.



Figure 1 – Planned network of electromagnetic pollution monitoring stations

The collected data will be analyzed by the team of scientists to identify any potential health and environmental risks associated with electromagnetic pollution, and any impact on electronic equipment. The findings of the research project will be disseminated to relevant stakeholders and the public through various channels such as reports, publications, and presentations.

Electromagnetic pollution refers to the presence of electromagnetic fields (EMFs) in the environment. In areas where there is war or military conflict, the use of military-grade EMF-emitting equipment can significantly increase the level of electromagnetic pollution. One of the most effective ways to reduce the impact of electromagnetic pollution is to minimize exposure. This can be done by avoiding unnecessary exposure to EMFs, such as limiting the use of wireless devices, avoiding proximity to high-power transmission lines, and limiting exposure to electromagnetic fields. Grounding refers to the process of connecting a conductive object to the earth. This can help to reduce the impact of EMFs by providing a path for the EMFs to discharge into the ground. Grounding can be done in a variety of ways, such as using grounding mats, grounding rods, and grounding wires. Education and awareness are important strategies for mitigating the impact of electromagnetic pollution. By educating people about the dangers of EMFs and how to reduce exposure, we can help reduce the impact of electromagnetic pollution. By minimizing exposure, using shielding and grounding, using EMF-reducing devices, and promoting education and awareness, we can help reduce the impact of electromagnetic pollution and protect human health and the environment.

Environmental monitoring of electromagnetic pollution during warfare in Ukraine is an essential aspect of modern warfare. By establishing an automated network of EM sensors and collecting and analyzing data, it becomes possible to develop effective strategies for mitigating the impact of electromagnetic pollution on the environment and human health. There are several strategies are presented in this article to reduce the impact of electromagnetic pollution. It is also very important to highlight the awareness of this problem to relevant stakeholders and the public.

REFERENCES

1. The International Institute for Strategic Studies. URL: <https://www.iiss.org/> (date of access: 18.03.2023).
2. Dumanskyi V. Y., Koziarin I. P., Ivakhno O. P. Electromagnetic fields as an eco-hygienic problem of our time. *Environment & health*. 2021. Vol. 100 (3). P. 44–48. URL: <http://www.dovkilyzdorov.kiev.ua/env/100-0044.pdf> (date of access: 18.10.2022).
3. Foundation the ways of radio electronic warfare devices development / S. Kalantaievska et al. *Advanced information systems*. 2019. Vol. 3, no. 2. P. 80–85. URL: <http://ais.khpi.edu.ua/article/view/2522-9052.2019.2.14/172535> (date of access: 16.08.2022).
4. Radio links and deliberate jamming. *Communications, radar and electronic warfare*. Chichester, UK, 2010. P. 95–100. URL: <https://doi.org/10.1002/9780470977170.ch6> (date of access: 15.09.2022).
5. Taufik I., Prakoso L. Y., Risman H. Total war strategy with passive radar operation. *International journal of research and innovation in social science*. 2021. Vol. 05, no. 05. P. 244–249. URL: <http://www.rsisinternational.org/journals/ijriss/Digital-Library/volume-5-issue-5/244-249.pdf> (date of access: 16.08.2022).
6. Determina que Portugal ratifique e implemente o STANAG 3968 AE (ED.03) "NATO glossary of air electrical and electromagnetic terminology": Despacho no. 6679/2004. *Diário da república II série*. 2004. 2 April.
7. Measurements C. o. P. E. Precision electromagnetic measurements (CPEM), 2002 conference. Ieee, 2002.

ВІЙСЬКОВА АГРЕСІЯ РФ ЯК ЗАГРОЗА ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ УКРАЇНИ

*Т. А. Шевчук, к.ю.н., доцент, Ю. М. Титаренко
Харківський національний університет внутрішніх справ*

Екологічна безпека являється важливим складником національної безпеки України. Відповідно до статті 16 Конституції України забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи – катастрофи планетарного масштабу, збереження генофонду Українського народу є обов'язком держави [1]. Статтею 50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» передбачено, що екологічна безпека – це стан навколишнього середовища, при якому запобігається погіршення екологічної ситуації та виникнення небезпеки для здоров'я людини [2].

Сучасна екологічна ситуація в Україні фактично є кризовою саме через активні воєнні дії та пов'язаний із цим негативний, згубний вплив на природне середовище. Внаслідок збройної агресії рф суттєва шкода завдається земельному фонду України, атмосферному повітрю, водними ресурсам, надрам, лісу, об'єктам природно заповідного фонду.

Наразі Міндовкілля України фіксує та документує факти забруднення та інших злочинів проти навколишнього середовища задля притягнення росії до відповідальності через міжнародний суд ООН. [3, с. 143].

За рік війни Оперативним штабом з фіксації екозлочинів було зафіксовано 2200 випадків нанесення шкоди довкіллю внаслідок військових дій. Головна небезпека пов'язана з ризиком забруднення навколишнього середовища через: пошкодження ядерних установок, загрози ядерній та радіаційній безпеці; пошкодження промислових підприємств та інфраструктури внаслідок обстрілів та влучання боєприпасів; аварійне припинення роботи підприємств внаслідок відключення від енергопостачання, водопостачання та газопостачання; порушення технологічних процесів на виробництві; ведення військових дій; пожежі внаслідок влучання боєприпасів [4, с. 219].

Буквально з перших днів війни слідчі органи фіксують обстріли промислових та енергетичних об'єктів України: підлив Каховської ГЕС наслідком чого є її руйнація та знищення екосистеми Каховського водосховища, окупація об'єктів Чорнобильської АЕС російськими військами та технікою, окупація Запорізької АЕС як реальна загроза екологічної катастрофи світового масштабу, обстріл нафтового складу в Охтирці, ракетне влучання по Харківському фізико-технічному інституту, як пряма загроза ядерної катастрофи, мінування росією вод Чорного та Азовського морів, забруднення їх ракетним та іншими видами палива, як реальна небезпека для всього «підводного світу», використання російськими суднами гідролокаторів на підводних та надводних човнах, які створюють потужні звуки, і, як наслідок, – масова загибель дельфінів у Чорному морі, це все – лише поодинокі випадки із маси злочинів, які вчиняються агресором під час війни та несуть безпосередню загрозу як екологічній безпеці, так і миру, безпеці людства та міжнародному правопорядку.

Зважаючи на безчисленну кількість ракет, що впали на українські землі, а також невідому кількість нерозірваних боєприпасів, можна спрогнозувати потенційну небезпеку протягом багатьох десятиліть. Під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук: чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), водяна пара (H₂O), бурий газ (NO), закис азоту (N₂O), діоксид азоту (NO₂), формальдегід (CH₂O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N₂), а також велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, дернина, конструкції. Наслідками вибухів є зміна клімату, кислотні дощі, які змінюють рН ґрунту та викликають опіки рослин, забруднення вод, в результаті

потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на тварин, і на людей. У менших масштабах (але з більшою різноманітністю впливів) джерелом забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій [5].

Найнебезпечнішими із загроз беззаперечно є ядерні ризики. Низка міжнародно-правових актів забороняє застосування ядерної зброї, зокрема: Віденська конвенція про цивільну відповідальність за ядерну шкоду; Конвенція про охорону всесвітньої культурної і природної спадщини; Конвенція про заборону військового чи будь-якого іншого ворожого використання засобів впливу на природне середовище; Конвенція про фізичний захист ядерного матеріалу; Віденська конвенція про охорону озонового шару; Конвенція про допомогу у випадку ядерної аварії чи радіаційної аварійної ситуації; Конвенція про боротьбу з незаконними актами, спрямованими проти безпеки морського судноплавства; Конвенція про оцінку впливу на навколишнє природне середовище у транскордонному контексті; Конвенція про заборону розробки, виробництва, накопичення і застосування хімічної зброї та про її знищення; Конвенція про ядерну безпеку тощо.

Однак, тверезо оцінюючи безпрецедентну жорстокість російської армії, використання найпотужнішого арсеналу зброї та звірства, які вчиняються нею на території України, нажалі виключати застосування ядерної зброї не можна. Російським аналітичним центром «Левада-центр» в період із 20 по 27 червня 2024 року було проведено опитування за репрезентативною всеросійською вибіркою міського і сільського населення обсягом 1627 осіб у віці від 18 років і старше у 137 населених пунктах рф щодо можливості застосування ядерної зброї. Результати опитування свідчать про те, що більше третини росіян схвалили б ядерний удар по Україні. Згідно з цим опитуванням, 10% респондентів «однозначно» підтримують використання ядерної зброї у війні, ще 24% вважають це «скоріше доцільним».

Така підтримка – це рекордний показник з початку повномасштабного російського вторгнення в Україну. Частка прихильників ядерної ескалації збільшилася на 5 процентних пунктів за останній рік [6].

Зважаючи на те, що найбільша атомна електростанція в Європі, Запорізька АЕС, вже понад 2 роки перебуває під російською окупацією, це означає постійний ризик ядерної катастрофи [7].

Повномасштабне вторгнення рф являє собою суттєву загрозу для екологічної безпеки України, як елементу національної безпеки у внутрішньодержавному та міжнародному її вимірах.

Політика росії – це політика «випаленої землі» з усіма жахливими наслідками цих процесів. Збройна агресія спричиняє деградацію та руйнування навколишнього середовища, впливаючи на природне благополуччя, життя та здоров'я людей. Навколишнє середовище беззаперечно є однією із жертв збройного конфлікту, факти свідчать про страшний стрес, якого воно зазнає. Шкода завдається атмосферному повітрю, надрам, лісу, природно-заповідному фонду, флорі та фауні, а також земельним і водним ресурсам, і захист цих об'єктів є обов'язком держави і суспільства на шляху до запобігання серйозним гуманітарним наслідкам.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр> (дата звернення: 24.10.2024).
2. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 24.10.2024).
3. Інноваційні основи відновлення та розвитку країн після збройних конфліктів: інноваційний вимір: колективна монографія / за ред. д.е.н. Омеляненка В. А. Суми: Інститут стратегій інноваційного розвитку і трансферу знань. 2022. 280 с.

ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

4. Пантелєєва Н. Екологічна шкода та екологічні злочини проти довкілля, спричинені пошкодженням промислових об'єктів під час війни в Україні. Конструктивна географія і геоекологія. Наукові записки. №1. 2023. С. 217-225

5. Екодія. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України. 01.04.2022 р. URL : https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html?gad_source=1&gclid=CjwKCAjwrcKxBhBMEiwAIVF8rBM9GXhuMsJqa3smn7KqcsC8ZaCV_x_e63vAevAOIG1n_GxGbZ4AgRoC-SMQAvD_BwE (дата звернення: 19.10.2024)

6. Опитування: 34% росіян схвалюють ядерний удар по Україні, 77% – підтримують дії армії РФ 05.07.2024 р. Радіо свобода. URL : <https://www.radiosvoboda.org/a/news-opytuvannya-rosiya-yaderna-zbroya/33022297.html> (дата звернення: 27.10.2024).

7. ПОГЛЯД: Злочини проти довкілля – злочини проти майбутнього. 25.04.2024 р. KYIVPOST URL : <https://www.kyivpost.com/uk/opinion/31678> (дата звернення: 20.10.2024).

УДК 614.7

ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

К. О. Шека

Національний авіаційний університет

Актуальність теми: Військові конфлікти створюють серйозні загрози для природних ресурсів, особливо води, яка є стратегічно важливим та вразливим ресурсом. Забруднення та обмеження доступу до питної води в зоні бойових дій стає критичним для місцевого населення, екосистем, а також гуманітарних організацій.

Мета роботи: Дослідження та визначення найбільш ефективних заходів для збереження і відновлення водних ресурсів у кризових ситуаціях, спричинених військовими конфліктами.

Завдання: Описати основні фактори впливу, визначити методи моніторингу та очищення, розглянути міжнародний досвід і можливі законодавчі зміни.

Аналіз впливу військових дій на водні ресурси

Забруднення води:

Джерела забруднення: Обстріли, руйнування військової техніки, витік хімічних речовин, нафтопродуктів, важких металів. Використання вибухових речовин, які можуть отруїти водоносні горизонти і поверхневі води.

Наслідки для екосистем: Зниження якості води призводить до гибелі риб та водної флори і фауни, що ускладнює екологічну ситуацію навіть після завершення військових дій.

Пошкодження водної інфраструктури:

Інфраструктура водопостачання: Знищення водогонів, насосних станцій, очисних споруд. Це порушує доступ до чистої води для цивільного населення.

Каналізаційні системи: Руйнування систем водовідведення призводить до потрапляння відходів у водойми, що ускладнює відновлення водних ресурсів.

Знищення екосистем:

Річки, озера, водосховища: Бойові дії часто впливають на природні водоймища, змінюючи екологічний баланс. Міни та боєприпаси можуть залишатися у воді роками, становлячи небезпеку для довкілля та людей.

Сучасні методи збереження та захисту водних ресурсів у військових умовах

Екологічний моніторинг:

Інструменти моніторингу: Використання дистанційного зондування, мобільних лабораторій, сенсорів для виявлення хімічних і біологічних забруднень.

Системи раннього попередження: Налаштування систем для фіксації змін якості води та швидкого реагування на забруднення.

Очищення води в надзвичайних ситуаціях:

Мобільні очисні установки: Використання установок, які можуть працювати в умовах дефіциту ресурсів. Вони ефективно видаляють забруднення та забезпечують доступ до питної води.

Методи хімічної і біологічної очистки: Адсорбція, коагуляція, ультрафільтрація, дезінфекція, а також використання водоростей для природного очищення.

Роль міжнародних організацій та гуманітарних місій:

Забезпечення доступу до води: Організації, як-от Червоний Хрест, надають технічну підтримку та фінансування для відновлення водної інфраструктури в зоні конфлікту.

Співпраця з місцевою владою: Гуманітарні місії надають інструкції та допомогу в моніторингу водних ресурсів і організації заходів із їх захисту.

Впровадження законодавчих та організаційних заходів

Законодавче регулювання:

Міжнародне право: Міжнародне гуманітарне право забороняє навмисне знищення природних ресурсів під час війни. Необхідно посилити законодавчі механізми для захисту води.

Екологічне законодавство: Національні закони мають бути адаптовані для швидкої реакції на екологічні загрози під час конфліктів, включаючи захист водних ресурсів.

Організація локальних ініціатив:

Громадські програми з відновлення: Створення програм із залученням місцевих громад для відновлення забруднених джерел води.

Просвітницька діяльність: Підвищення обізнаності населення про збереження води, навіть у кризових умовах.

Залучення міжнародного досвіду:

Успішні приклади: Використання досвіду країн, що пережили подібні кризи, для створення стійких і ефективних систем очищення та захисту водних ресурсів.

У ході дослідження виявлено основні екологічні загрози для водних ресурсів під час війни, сучасні методи їх захисту та необхідні законодавчі зміни.

Рекомендації:

Посилення міжнародного співробітництва для захисту водних ресурсів.

Впровадження мобільних очисних технологій у зоні бойових дій.

Розробка рекомендацій для держав щодо захисту водних об'єктів під час військових дій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новіков В. В., Шишкін М. П. Військові дії та їх вплив на навколишнє середовище: питання екологічної безпеки. *Екологічна безпека*. 2019. № 3. С. 45–52.
2. Шишкін М. П., Новіков В. В., Іванова С. Г. Аналіз впливу військових дій на водні ресурси. *Вісник екології та здоров'я*. 2021. № 2. С. 17–26.
3. Волкова О. П., Смирнов А. В. Методи очищення води в умовах надзвичайних ситуацій. *Науковий вісник екології*. 2020. № 1. С. 23–30.
4. Соколова Н. М., Коваленко Ю. О. Міжнародне право і захист природних ресурсів у зонах військових конфліктів. *Журнал права і безпеки*. 2018. № 4. С. 65–72.
5. Організація Об'єднаних Націй. Конвенція про захист навколишнього середовища у зонах збройного конфлікту. ООН, Програма з довкілля (UNEP). 2016. URL: <https://www.un.org/uk/protection-environment> (дата звернення: 10.10.2024).
6. Романенко В. Д., Білаш І. А. Забезпечення екологічної безпеки водних ресурсів в умовах кризи. *Вода та водні ресурси*. 2022. № 1. С. 12–19.
7. Кухаренко М. Г., Ярова І. Л. Технології очищення води для гуманітарних місій. *Журнал гуманітарної екології*. 2019. № 6. С. 39–47.

8. ООН-ВООЗ. Забруднення води та його вплив на здоров'я в умовах збройних конфліктів: доповідь. Всесвітня організація охорони здоров'я. 2021. URL: <https://www.who.int/water-quality/conflict-zones> (дата звернення: 10.10.2024).

УДК 341.322.5

ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ

О. Є. Шубний, Ю. О. Суржик

Лозівська філія Харківського автомобільно-дорожнього фахового коледжу

Наразі довкілля переживає потрійну кризу: зміна клімату, забруднення та втрата біорізноманіття в глобальному масштабі, а війна ще більше загострює цю кризу. Екологічні проблеми стали особливо гострими в останні роки, але руйнування довкілля під час збройних конфліктів таке ж давнє явище, як і сама війна. Збройні конфлікти останніх десятиліть супроводжувалися забрудненням водних джерел, видобутком природних ресурсів для фінансування війни, а також застосуванням певних засобів і методів ведення війни, таких як тактика «випаленої землі», які мали руйнівні наслідки для довкілля.

Попередні дослідження впливу війни на довкілля в Україні показали, що майбутні покоління українців та їхніх сусідів будуть жити з «токсичною спадщиною» нинішньої війни.

В результаті вторгнення Росії в Україну в лютому 2022 року багато областей України були пошкоджені. Серед них – аварії на атомних електростанціях, нафтосховищах, нафтопереробних заводах, бурових платформах, газових об'єктах, розподільчих трубопроводах та інших об'єктах енергетичної інфраструктури, шахтах, промислових об'єктах та сільськогосподарських підприємствах. Все це призвело до забруднення повітря, підземних і поверхневих вод.

Інфраструктура водопостачання, включаючи насосні станції, очисні споруди та каналізаційні колектори, зазнала значних пошкоджень. Експерти повідомляють про токсичні викиди в результаті вибухів на сільськогосподарських складах і заводах з виробництва добрив та азотної кислоти. Також надходять повідомлення про напади на великі тваринницькі ферми, що призводять до загибелі худоби. Було пошкоджено багато промислових об'єктів, складів і заводів, у деяких випадках вони містили токсичні речовини - від розчинників до аміаку і пластмас.

У багатьох міських районах також виникла проблема знесення зруйнованих будинків, в уламках яких іноді можна знайти токсичні речовини, такі як азбест.

Супутникові знімки свідчать про значне збільшення кількості пожеж у заповідниках, природоохоронних зонах і лісах. Велика кількість військових відходів, в тому числі знищеної військової техніки, була захоронена по всій країні.

Сьогодні науково-технічний прогрес у сфері збору даних під час збройних конфліктів дозволив отримати більше знань про величезну шкоду, завдану війною довкіллю. Міжнародна спільнота тепер краще розуміє, як невидимі атаки на міські райони і супутні пошкодження об'єктів і обладнання, в тому числі небезпечних військ, можуть призвести до забруднення води, повітря і ґрунту. Наслідки війни, такі як переміщення населення і виснаження природних ресурсів, також можуть прискорити деградацію довкілля. Ми починаємо замислюватися над тим, як промислова і військова діяльність, збільшення наземного, повітряного і морського транспорту, а також викиди різних частинок у навколишнє середовище внаслідок використання боєприпасів у збройних конфліктах спричиняють вивільнення величезної кількості парникових газів і роблять значний внесок у збільшення вуглецевого сліду людства. Усі елементи довкілля тісно взаємопов'язані, тому зміни в одному

або декількох з них мають прямий або опосередкований вплив на інші елементи довкілля. Як правило, різні явища, спричинені людською діяльністю, такі як вирубка лісів, зростання населення та забруднення, спричиняють значні зміни в навколишньому середовищі. Тому екологічні наслідки війни, незалежно від того, очевидні вони чи ні, можуть бути фактором загострення глобальної кризи в різних аспектах. Ще до початку повномасштабної війни в лютому 2022 року було відомо, що Донбас перебуває на межі екологічної катастрофи через забруднення повітря, ґрунту та води, спричинене масовими вибухами боєприпасів і затопленням промислових підприємств. Ще до початку конфлікту регіон вважався одним з найбільш забруднених у світі, оскільки тут майже 200 років інтенсивно видобували вугілля, працювали великі металургійні та хімічні заводи, а токсичні відходи цих виробництв накопичувалися на ґрунті.

Забруднення ґрунту, повітря і води, руйнування екосистем, випалювання лісів, загибель тварин - це прямі наслідки війни в Україні для довкілля. Все це спричинено, головним чином, величезною кількістю військового озброєння, яке використовується в бойових діях - танки, літаки, військові кораблі – які завдали непоправної шкоди, в тому числі і навколишньому середовищу.

Навіть якщо не існує прецедентів застосування традиційної зброї, а не так званих «брудних бомб» або тактичної ядерної зброї, використання різних видів зброї завжди означає, перш за все, забруднення ґрунту, яке залишається на десятиліття.

Крім того, є й інші наслідки війни для довкілля, такі як руйнування інфраструктури, житла, енергетичних об'єктів та водопостачання. Для будь-якого міста руйнування системи водопостачання – це не лише пряма проблема втрати питної води. Існує також непряма проблема хімічного забруднення. Для підготовки та очищення використаної води потрібно багато хімікатів. Якщо вся ця система водопідготовки, тобто об'єктів водопостачання, зруйнована, хімікати потрапляють у воду і ґрунт.

Пряма екологічна шкода від війни включає обстріли енергетичної інфраструктури. Обстріли теплових електростанцій шкодять навколишньому середовищу. Забруднюються ґрунти, на яких стоять ТЕЦ зі специфічними джерелами - вугіллям і газом. Це потрапляння дрібнодисперсного пилу, частинок і хімічних елементів у воду, в тому числі в підземні води. Як правило, після руйнування такі станції припиняють свою роботу і тому не мають довгострокового впливу на навколишнє середовище, але населення все одно страждає від цього.

Війна в Україні та потенційно найнебезпечніша екологічна руйнація в глобальному масштабі - це ризик, пов'язаний з руйнуванням атомних та гідроелектростанцій. Якщо говорити про загрози, то атомні електростанції є первинною загрозою, а гідроелектростанції – вторинною загрозою, яка, можливо, поділяє перше місце за потенціалом прямої шкоди, в тому числі життю і здоров'ю людей.

Чи є сенс боротися з наслідками війни зараз?

Екологічні проблеми настільки важливі для сучасного світу, що інтерес до них є глобальним.

Але чи є сенс боротися з руйнуванням довкілля в Україні, поки не закінчиться війна? Це залежить від ситуації та конкретної місцевості. Наприклад, у північній та східній частинах України, тобто вздовж кордону з Росією та Білоруссю, де багато водно-болотних угідь, частина зруйнованої інфраструктури поки що не потребує відновлення, оскільки не можна виключати подальших вторгнень. Однак інфраструктура великих міст, наприклад, водо-та енергопостачання, зараз є життєво важливим елементом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України/Відомості Верховної Ради України, 1996, № 30, ст. 141.
2. Андрейцев В.І. Екологічне право: Курс лекцій: навч. посіб. для юрид. фак. вузів. Київ: Вентурі, 1996. 207 с.

3. Антонюк У.В. Захист екологічних прав в Україні в умовах військової агресії. Право та державне управління. 2022. № 3. С. 42–47. URL :<https://doi.org/10.32840/pdu.2022.3>.

4. Екологічне законодавство в умовах воєнного стану – як зберегти природу та діяльність бізнесу? 25.03.2022. URL:<https://eba.com.ua/ekologichne-zakonodavstvo-v-umovahvovennogo-stanu-yak-zberegty-prirodu-ta-diyalnist-biznesu/>.

5. Краснова М.В., Краснова Ю.А. Реалізація та захист екологічних прав громадян: теоретико-правові аспекти: наукове видання. Київ: ФОРМ Ямчинський О.В., 2021. 148 с.

УДК 502

ДОВКІЛЛЄВЕ, ВЕТЕРИНАРНЕ ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНЕ ПРАВО: ВАЖЛИВІ НЮАНСИ ДЛЯ НАЛЕЖНОГО ЗАХИСТУ ДОМАШНІХ, СВІЙСЬКИХ ТА ДИКИХ ТВАРИН. ВИКЛИКИ ДЛЯ УПРАВЛІНЦІВ У ВОЄННИЙ ЧАС

С. В. Шутяк

Національний лісотехнічний університет України

Україна визнає зобов'язання щодо охорони життя і здоров'я людей та тварин, запобігання поширенню на територію держави небезпечних інфекційних захворювань, вчасного реагування на спалахи небезпечних інфекційних хвороб.

Розв'язання проблеми забезпечення належного рівня біологічної безпеки та біологічного захисту в Україні потребує міжсекторального співробітництва та поетапного створення єдиної системи біологічної безпеки та біологічного захисту за принципом “єдине здоров'я” і неможливе без залучення значних інтелектуальних і фінансових ресурсів, впровадження ефективних управлінських рішень і підтримки з боку держави, територіальних громад та міжнародної спільноти. Що у свою чергу вимагає узгодження кількох галузей права, які регулюють питання біологічної безпеки: довілляве, ветеринарне та санітарно-гігієнічне право. Саме узгоджене та одночасне їх використання дозволяє досягати біологічної безпеки.

Міжсекторальний підхід - єдине здоров'я – застосовується до розроблення та виконання програм, реалізації державної політики, актів законодавства та проведення наукових досліджень, в рамках яких взаємодіють кілька секторів, таких як медицина, медицина праці, ветеринарна медицина, безпечність продуктів харчування та охорона довкілля з метою забезпечення захисту здоров'я та санітарно-епідемічного благополуччя населення і досягнення кращих результатів у сфері громадського здоров'я.

Розглянемо дієвість єдиного здоров'я у питанні утилізації інфікованих трупів свиней африканською чумою. Це питання регулюється кількома нормативними актами.

Збудник АЧС - вірус, що містить ДНК, належить до родини *Asfarviridae* роду *Asfivirus*. Віріони - сферичної форми діаметром 175-215 нм. Вірус стійкий до широкого діапазону температур і рН середовища: гине при температурі 60 °С протягом 30 хв.; у трупах свиней зберігається до десяти тижнів, у м'ясі від хворих тварин - до 155 діб, копченій шинці - до 6 місяців, у ґрунті та гною - до 3 місяців, у солонині - до 1 року; заморожування консервує вірус. Вірус африканської чуми свиней не становить прямої небезпеки для людини. Проте спосіб утилізації мертвих тварин – спалювання – може мати вплив на людину через зміни у стані довкілля. Також є економічний вплив на вирішення цього питання.

Відповідно до Закону України «Про управління відходами» свині, що померли на африканську чуму є небезпечними відходами на які поширюється законодавство по управління відходами. Адже, трупи інфікованих тварин є побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною до яких застосовуються операції спалювання, захоронення.

Управління окремими видами відходів, що утворилися внаслідок виникнення надзвичайної ситуації техногенного, природного або воєнного характеру, здійснюється відповідно до порядку, затвердженого Кабінетом Міністрів України. Чинними є два накази МінАПК: 1) Інструкції з профілактики та боротьби з африканською чумою свиней (2017 року), яка дозволяє спалення та закопування решток хворих тварин на земельних ділянках. Що суперечить Правилам облаштування і утримання діючих (існуючих) худобомогильників та біотермічних ям для захоронення трупів тварин у населених пунктах України (2008 року), які вказуються, що улаштування нових худобомогильників та біотермічних ям для захоронення трупів тварин у населених пунктах України забороняється з часу набуття чинності цих Правил.

Порядок поводження з побічними продуктами тваринного походження, що належать до категорій I-III (2023), який визначає, що оператор ринку, що проводять діяльність, пов'язану з захороненням побічних продуктів тваринного походження, а також в управлінні яких перебувають потужності (об'єкти) з перетворення на біогаз чи компост, зі спалення, зі спільного спалення здійснюють свою діяльність за умови наявності дозволу на здійснення операцій з оброблення відходів, а в разі здійснення операцій з побічними продуктами тваринного походження, які класифіковані суб'єктом господарювання відповідно до Національного переліку відходів і Порядку класифікації відходів, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2023 року № 1102, як небезпечні відходи - ліцензії на здійснення господарської діяльності з управління небезпечними відходами. Не потребує отримання ліцензії на здійснення комплексу операцій з управління небезпечними відходами аварійно-рятувальне формування, пов'язане з ліквідацією надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Виникає управлінське питання. Державна надзвичайна протиепізоотична комісія (ДНПК) - постійно діючий орган при Кабінеті Міністрів України, обласній, районній, міській державних адміністраціях, який здійснює оперативний контроль, керівництво і координацію діяльності органів виконавчої влади, підприємств, установ і організацій, фізичних осіб щодо запобігання спалахам особливо небезпечних хвороб тварин, масовим отруєнням тварин та їх ліквідації. ДНПК відповідальна за створення для умиртвіння тварин груп, до складу яких включають представників господарства та органів, визначених ДНПК. Станом на сьогодні сюди мали б включати оператори з ліцензіями на здійснення господарської діяльності з управління небезпечними відходами та дозволами на оброблення відходів.

Спалення туш тварин, труп тварин та отриманих в господарстві продукцію свинарства, ймовірно контаміновані матеріали, речовини та відходи визначається у визначеному рішенні ДНПК місці. Чи може це бути просто виділення земельна ділянка? З огляду на заборону створення нових скотомогильників та біотермічних ям – швидше за все сучасне законодавство вимагає інших підходів.

Як видно із вище наведеного питання утилізації трупів свиней що померли на АЧС вимагає системного підходу та застосування різноманітного законодавства. 26 жовтня 2023 р. відбулося засідання спільного круглого столу Комітету з питань екологічної політики та природокористування спільно і Комітету з питань аграрної та земельної політики на тему: «Проблемні питання ветеринарно-санітарного благополуччя населення та захисту довкілля: утилізація трупів тварин, у тому числі загиблих внаслідок надзвичайної ситуації чи у разі спалаху інфекційних хвороб». На жаль висновки цього круглого столу вказують про відсутність взаємодії та співпраці за принципом «єдиного здоров'я» що свідчить про необхідність напрацювання відповідних рішень, адже оператори ринку (юридичні особи, фізичні особи - підприємці) у разі порушення законодавства про побічні продукти тваринного походження несе відповідальність за утилізацію чи видалення побічних продуктів тваринного походження та продуктів оброблення, переробки побічних продуктів тваринного походження у спосіб, що суперечить вимогам Закону близько 100 тис. грн. що в разі менше вартості утилізації туш тварин на спеціалізованих установках. Оскільки штрафи за такі правопорушення наповнюють державний бюджет варто думати про залучення державної підтримки суб'єктів господарювання у частині належного оформлення місця утилізації.

Закон України «Про ветеринарну медицину» наділяє ветеринарних інспекторів, які здійснюють державний ветеринарно-санітарний нагляд, мають право, широкими повноваженнями як у частині прийняття рішень у частині утилізації трупів свиней хворих на АЧС так і нагляду за дотриманням законодавства. Збіг в одній особі різних функцій не сприяє вирішенню цього питання. Більше того, штатний розгляд посадових осіб Держпродспоживслужби говорить не про ветеринарного інспектора, а про державного інспектора – ветеринарного лікаря, що вносить певну плутанину у правозастосування.

Під час спалаху хвороби тварин за заявою державного ветеринарного інспектора або офіційного ветеринарного лікаря органи внутрішніх справ надають їм допомогу у виконанні заходів щодо обмеження та запровадження заборони на обіг тварин, інших товарів і переміщення людей в межах інфікованої зони та у здійсненні інших карантинних заходів, визначених цим Законом. Доречним було б надати поліції повноваження щодо фіксування

Станом на сьогодні передбачений законом обмін інформацією про випадки захворювання на інфекційні хвороби, спільні для тварин і людей (зооантропонозні інфекції), між органами та закладами ветеринарної медицини і закладами охорони здоров'я, що має здійснюватися за принципом "єдине здоров'я" потребує удосконалення та розвитку, що є критично важливою умовою набуття Україною статусу членства у ЄС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України База даних «Законодавство України»/ВР України. URL:<http://zacon2.rada.gov.ua/laws/show> (дата звернення: 17.11.2024)
2. Стратегії забезпечення біологічної безпеки та біологічного захисту за принципом "єдине здоров'я" на період до 2025 року та затвердження плану заходів щодо її реалізації від 27.11.2019 База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1416-2019-%D1%80#Text> (дата звернення: 17.11.2024)
3. Стенограма спільного засідання круглого столу Комітету з питань аграрної та земельної політики і Комітету з питань екологічної політики та природокористування на тему: "Проблемні питання ветеринарно-санітарного благополуччя населення та захисту довкілля: утилізація трупів тварин, у тому числі загиблих внаслідок надзвичайної ситуації чи у разі спалаху інфекційних хвороб" База даних ВР України. URL: https://komagropolit.rada.gov.ua/documents/zasid_krstol/75057.html дата звернення 17.11.2024)
4. Закон України «Про ветеринарну медицину» База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2498-12#Text> (дата звернення: 17.11.2024)
5. Закон України «Про управління відходами» База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 17.11.2024)
6. Про побічні продукти тваринного походження, не призначені для споживання людиною База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287-19#n84> (дата звернення: 17.11.2024)
7. Березовський, П. П., Шутяк, С. В., Яценко, Г. А., Костюніна, Ю. О., Березовська, Н. І. (). Аналіз стану державного регулювання у сфері охорони навколишнього природного середовища за різними напрямками, здійснений в межах підготовки національної доповіді про стан навколишнього середовища в Україні у 2023 році. Ефективність державного управління. 2024. 1(78/79). 39–45. <https://doi.org/10.36930/507806>
8. Шутяк, С. В., Взаємозалежність принципів верховенства права та належного врядування на прикладі управління об'єктами тваринного світу 2023: XXIII Міжнародна науково-практична конференція "Екологія. Людина. Суспільство" <https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2023.289131>

ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Л. Ю. Ясногор

Державний торговельно-економічний університет

З 2014 року триває жорстока та руйнівна війна, яку розпочала російська федерація проти України. Метою цієї війни є встановлення тотального контролю над Україною або її знищення як незалежної держави. 24 лютого 2022 року розпочався новий етап війни — повномасштабний наступ російських військ, що охопив усі кордони України. Війна не тільки змінила життя мільйонів людей, але й спричинила катастрофічні наслідки для природного середовища України. Сьогодні злочини проти довкілля потребують такої ж уваги, як і злочини проти людства, і вони мають бути вивчені, засуджені та відшкодовані.

Протягом усього часу повномасштабної війни екосистеми України зазнали численних руйнувань. Основними регіонами, що постраждали, є Запорізька, Дніпропетровська, Миколаївська та Харківська області. Військові дії спричинили значне хімічне забруднення ґрунтів, водних ресурсів і атмосферного повітря, що матиме довгострокові наслідки для екологічної стабільності регіону. Одним з основних джерел забруднення стали місця масового застосування боєприпасів. Унаслідок обстрілів та вибухів промислових підприємств і критичної інфраструктури відбулися численні техногенні катастрофи, що особливо небезпечно для промислово розвинених регіонів, де розташовані підприємства енергетичного, хімічного та переробного секторів.

Україна є однією з найбільших аграрних країн світу. Сільськогосподарські угіддя займають 70,5% загальної площі країни, з них 57% – орні землі. Війна значно вплинула на сільське господарство, зокрема через механічне пошкодження полів, хімічне та біологічне забруднення ґрунтів. Величезна кількість вибухових пристроїв, залишки військової техніки та важкі метали є тривалими джерелами забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

Активне застосування російськими військами різних видів ракет — від реактивних систем залпового вогню до крилатих ракет дальньої дії — призводить до викидів значної кількості токсичних речовин у повітря та ґрунти. Рідке ракетне паливо є надзвичайно небезпечним, його випаровування можуть бути смертельними для людей та шкідливими для природного середовища. Великі площі орних земель були зруйновані через обстріли, створення воронки від снарядів, забруднення вибухонебезпечними залишками війни, такими як міни і нерозірвані боєприпаси. Наприклад, на територіях Донбасу і Харківської області через бойові дії були пошкоджені сотні тисяч гектарів родючих ґрунтів. На великих площах сільськогосподарських угідь залишається загроза мін. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, близько 30% територій України є замінованими або забрудненими вибухонебезпечними предметами. Це робить значні площі сільськогосподарських земель непридатними для використання, що впливає на загальний врожай і безпеку аграрних робітників.

Весняні місяці, коли війна продовжувалася, є критичними для дикої природи — час розмноження багатьох видів тварин. Шумове забруднення, руйнування середовищ існування та забруднення екосистем залишками військової техніки створюють несприятливі умови для відновлення популяцій.

Бойові дії також сприяють руйнуванню біорізноманіття: великі території, раніше придатні для життя диких тварин, перетворилися на поля боїв, які важко відновити. Забруднення важкими металами та токсичними елементами загрожує знищенням екосистем на багато десятиліть вперед. Бойові дії призвели до масових руйнувань об'єктів водопостачання та водовідведення в багатьох містах і селах. Зруйновані водоканали, очисні споруди та

трубопроводи стали основним джерелом забруднення водних ресурсів. Під час облоги та активних бойових дій у Маріуполі були зруйновані системи водопостачання і водовідведення. Каналізаційні стоки без очистки потрапляли в річки і ґрунтові води, що спричинило загрозу епідемії через забруднення питної води та навколишнього середовища. Після руйнування інфраструктури велика кількість населення залишалася без доступу до чистої води, а системи очищення не могли працювати належним чином. Під час бойових дій на сході України значна частина промислових об'єктів і водоочисних споруд на річці Сіверський Донець, яка є ключовим джерелом води для Луганської, Донецької і Харківської областей, була пошкоджена. Унаслідок цього в річку потрапили токсичні хімічні речовини, зокрема нафтові продукти та важкі метали. Забруднення води стало причиною скорочення рибних запасів, загибелі водної фауни та забруднення питної води для населення. Внаслідок руйнувань об'єктів навколо Каховського водосховища були пошкоджені промислові об'єкти і скинуто в воду значні обсяги токсичних речовин. Крім того, під час бойових дій зруйновані склади з хімікатами, а нафтові продукти потрапили у водосховище, що стало загрозою для екологічної безпеки всього регіону. Під час обстрілів Авдіївки в Донецькій області, що мали місце в 2022 році, був пошкоджений коксохімічний завод, який містив великі обсяги небезпечних хімічних речовин, включаючи феноли та бензол. Ці речовини потрапили у воду і ґрунт, що спричинило забруднення водних ресурсів у регіоні, включаючи ґрунтові води, які використовуються для сільськогосподарських і побутових потреб.

Під час війни в Україні було розроблено і впроваджено різноманітні заходи для збереження довкілля. Ці заходи спрямовані на мінімізацію шкоди екосистемам, захист природних ресурсів і боротьбу з наслідками військових дій. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України веде систематичний моніторинг і підрахунок збитків, завданих природі внаслідок бойових дій. Наприклад, зафіксовано випадки руйнування промислових об'єктів, пошкодження лісів, річок і заповідних зон. Зібрана інформація використовуватиметься для пред'явлення вимог до компенсації шкоди від російської агресії через міжнародні суди та фонди. Державна служба України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) розпочала масштабні операції з розмінування природних зон, полів і лісів, щоб запобігти пожежам та забрудненню довкілля вибуховими речовинами. Наприклад, у звільнених районах Київської області після бойових дій були розміновані тисячі гектарів лісу та сільськогосподарських земель. Після руйнувань інфраструктури, зокрема енергетичних об'єктів, Україна робить ставку на "зелені" технології під час відновлення енергетичної системи. Україна планує використовувати відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергетика, для відновлення енергетичної системи країни. Так, після руйнувань у південних областях планується розвивати проекти з відновлення сонячних електростанцій, що дозволить скоротити викиди парникових газів. Незважаючи на війну, в Україні проводяться кампанії з екологічної освіти для підвищення обізнаності населення щодо важливості захисту довкілля навіть у воєнний час. Ряд громадських організацій та урядових структур проводять кампанії з інформування громадян про необхідність захисту довкілля. Вони включають в себе тренінги для волонтерів з екологічної безпеки, заходи з очищення природних територій та ініціативи щодо відновлення лісів. Збереження довкілля під час війни в Україні є складним, але надзвичайно важливим завданням. Програми моніторингу, розмінування, захисту заповідних зон та очищення забруднених територій — це лише деякі з заходів, що допомагають мінімізувати екологічні збитки від війни. Важливим аспектом також є залучення міжнародної спільноти до процесу екологічного відновлення України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Збитки довкіллю від війни. URL: <https://mepr.gov.ua/topics/novyny/zbytky-dovkillyu-vid-vijny/>
2. Електронне науково-популярне видання. «Україна, шкода довкіллю, екологічні наслідки війни». Ангурець О., Хазан П., Колесникова К., Куц М., Чернохова М., Гавранек М.

URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf>

3. Підрив Каховської ГЕС. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/pidryv-kakhovska-hes-evakuatsiya-zahroza-zaes/32446581.html>

4. Майбутнє «зеленої енергетики» в Україні. Софія Драч. URL: https://biz.ligazakon.net/analytics/224285_maybutn-zeleno-energetiki-v-ukran

5. Спалах холери в Маріуполі. URL: <https://suspilne.media/donbas/240544-u-mariupoli-cerez-problemi-z-vodou-mozlivij-spalah-holeri-vooz/>

СЕКЦІЯ 3

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

УДК 614.841

ВИКОРИСТАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ

*Г. В. Альфавіцька, В.-П. О. Пархоменко, к. т. н, доцент, Р. В. Пархоменко, к. т. н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Роботизовані системи стають невід'ємною частиною сучасних технологій у сфері безпеки, зокрема в боротьбі з пожежами у небезпечних зонах. У місцях, де ризик для життя людини є надто високим (наприклад, під час пожеж на хімічних заводах, нафтобазах чи в зонах радіаційного забруднення), роботи можуть замінити рятувальників і виконати складні завдання з гасіння вогню. Завдяки своїм можливостям долати високі температури, пересуватися у важкодоступних місцях та працювати в умовах обмеженої видимості, роботизовані системи значно підвищують ефективність і безпечність пожежогасіння. Їх використання також дозволяє мінімізувати шкоду для навколишнього середовища та зберегти цінні ресурси. Таким чином, розвиток і вдосконалення робототехніки в галузі пожежної безпеки відкриває нові можливості для забезпечення безпеки як рятувальників, так і цивільного населення.

Сучасні досягнення в сфері штучного інтелекту та робототехніки відкривають нові можливості для підвищення безпеки в різних галузях. Одним із важливих проривів стало створення роботизованих систем для боротьби з пожежами та порятунку людей у небезпечних ситуаціях.

Роботи здатні витримувати високі температури, задимлення і вплив води. Вони оснащені механізмами самовідновлення. Ці машини можуть безперешкодно проникати в зони, недоступні або небезпечні для людей. Пожежні роботи можуть досліджувати замкнуті простори, виявляти потенційні загоряння або небезпечні гази та допомагати в розробці найбільш ефективних тактик гасіння пожежі.

Magirus Wolf R1

Робот тактичного реагування, який дозволяє рятувальним службам залишатися поза небезпечною зоною. Повністю електричний привід у поєднанні з гусеничною системою руху безшумно переміщує Wolf R1 по найскладніших поверхнях, дозволяючи йому діяти майже в будь-яких умовах. А ще він оснащений роботизованою рукою. Wolf R1 має 4 статичні направлені камери, 2 рухомі камери для нормальної і теплової передачі зображення, баштову камеру з кутом огляду 360 градусів зі звичайним і тепловим зображенням, 6 яскравих світлодіодних прожекторів (може збільшуватися до 12 штук), додаткове потужне світлодіодне навколишнє освітлення. Ця потужна машина також може подавати до 2000 літрів води на хвилину під час пожежогасіння, розпорошуючи її на 65 метрів перед собою. Щоб утриматися на місці, вона використовує спеціальні кігті для безпечної стійки.

Роботом можна керувати за допомогою пульта дистанційного керування з радіусом дії до 150 метрів або з автомобіля-носія через спеціальну мережу Magirus TacticNet з радіусом дії до 2500 метрів.

Alpha Wolf R1

Довжина робота складає 1,5 метра, ширина - 1,2 метра, а висота - 1,3 метра. Робот оснащений насосом на 2000 л/хв та лафетним стволом. Це дозволяє подавати воду на 65 метрів, а піну на 45 метрів. Платформа робота має тягове зусилля 4 тонни. Оператор робота здійснює контроль за допомогою дистанційного пульта.

Робот має 4 камери, а також може оснащуватися тепловізором і камерою кругового огляду. Щоб у процесі пожежогасіння оператор міг бачити, що відбувається довкола, робот Wolf R1 має систему очищення камер за допомогою стисненого повітря. У рух техніку наводять два електромотори на 7,5 кВт, а живлять їх літій-іонні батареї на 8,8 кВт * год.

Керування роботизованими системами

Керування пожежними роботами здійснюється за допомогою дистанційного пульта або комп'ютерної платформи, що дозволяє операторам залишатися на безпечній відстані. У таких роботах використовуються кілька технологій для точного контролю й автономного функціонування в складних умовах:

Дистанційне керування. За допомогою спеціальних пультів або планшетів оператори можуть віддалено направляти робота, задавати маршрути або виконувати певні команди, такі як розпилення води чи піни на вогнище загоряння.

Автономна навігація. Багато роботів обладнані системами GPS і LiDAR, що дозволяють їм створювати тривимірні карти місцевості, розпізнавати перешкоди й самостійно обирати безпечні маршрути. Інерційні навігаційні системи допомагають утримувати напрямок руху навіть за відсутності сигналу GPS (наприклад, усередині приміщень).

Сенсори і датчики. Теплові камери, газоаналізатори та датчики диму дозволяють роботам виявляти джерела загоряння й оцінювати рівень небезпеки навколо них. Це допомагає роботам автоматично налаштувати свої дії – зупинитися, рухатися в інший бік або активувати системи пожежогасіння.

Інтелектуальні алгоритми. Деякі роботи мають вбудовані алгоритми штучного інтелекту, які дають їм можливість самостійно приймати рішення в екстрених ситуаціях, наприклад, оцінювати, з якого боку краще наблизитися до вогню або які матеріали гасити в першу чергу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нові технології для рятувальників: роботи - пожежники на варті безпеки. URL: https://greenvision.ua/ua/blog/Novi-tekhnologiyi-dlya-ryatuvalnykh-roboty-pozhezhnyky-na-varti-bezpeky?srsid=AfmBOorFfmbjlyJd6zwtLtzuyq2Qa3Y5ag4uUKd5lMEVf_n4ZgkASAn
2. Олександр Гайдамашко Робот Magirus допоміг гасити пожежу, що виникла на місці російського удару в Одеській області (24 березня 2024 року). 24 канал, новини. URL: https://24tv.ua/tech/ua/robota-magirus-wolf-r1-privlekli-k-tusheniju-pozhara-v-odesskoj-oblasti-tehno_n2520181/amp
3. У ДСНС показали унікального робота для пожежогасіння (07 квітня 2024 року). ТОНЕТО, новини. URL: <https://www.ukr.net/news/details/technologies/96714393.html>
4. Лазаренко О.В., Пархоменко В.-П.О., Сукач Р.Ю., Білоножко Б.В., Кусковець А.С. Конструктивні особливості та небезпека автомобілів на водневому паливі. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*, ЛДУ БЖД. 2020. № 37. С. 52-57.
5. Лазаренко О.В., Пархоменко В.-П.О., Шкарапута О.В. Розроблення моделей ліквідації надзвичайних ситуацій на транспортних засобах з альтернативними видами пального. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*, ЛДУ БЖД. 2021. № 38. С. 4-11.
6. Лазаренко О.В., Пархоменко В.-П.О., Мухін В.В. Особливості використання пожежного тепловізора в умовах проведення пошуково-рятувальних робіт. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*, ЛДУ БЖД. 2023. № 41. С. 87-93.
7. Пархоменко В.-П.О., Лазаренко О.В., Сукач Р.Ю. Аналіз обладнання для гасіння електромобілів та розробка рекомендацій з їх гасіння. *Пожежна безпека: зб. наук. праць*, ЛДУ БЖД. 2023. № 42. С. 74-84.

ВПЛИВ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА НЕБЕЗПЕКА ЇХНЬОГО ПОШИРЕННЯ НА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТАХ В УМОВАХ ВІЙНИ

*Г. О. Боровицька, В. Б. Лоїк, к.т.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Війна – це не лише фізичне руйнування міст і інфраструктури, це ще й екологічна катастрофа, що зачіпає навколишнє середовище, здоров'я людей і майбутнє покоління. Одним із найнебезпечніших аспектів війни є можливість поширення радіоактивних матеріалів, що може мати катастрофічні наслідки для всього живого. Пошкодження ядерних об'єктів, забруднення територій радіоактивними речовинами на зруйнованих об'єктах — це реальна загроза, яка вимагає серйозної уваги та відповідних заходів безпеки.

Хімічні, біологічні та радіоактивні речовини, становлять серйозну загрозу життю і здоров'ю людей і можуть стати причиною забруднення навколишнього середовища. Запобігання цим загрозам і ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій є обов'язком екстрених служб і відомств нашої держави. Передбачення виникнення і розвитку інциденту пов'язаного із радіаційними, хімічними і біологічними загрозами та ліквідація наслідків такої небезпечної події є дуже дорогим, складним і спеціалізованим процесом, який вимагає від персоналу екстрених служб постійної готовності до протидії таким загрозам та підтримання високого рівня професійної компетентності.

Хімічна та ядерна зброя – це зброя масового ураження, дія якої ґрунтується на токсичних властивостях деяких хімічних речовин. Отруйні речовини, які складають основу хімічної зброї, здатні уражати людей і тварин на великих площах, проникати в споруди, заражати місцевість і водойми. В першу чергу, проникаючи через органи дихання, шкірний покрив або шлунково-кишковий тракт, отруйні речовини уражають організм людини. Радіоактивна речовина в організмі поширюється не рівномірно, а накопичується в тканинах і органах, до яких окремі ізотопи мають особливу спорідненість:

- йод накопичується в щитовидній залозі;
- залізо – в еритроцитах;
- кальцій і стронцій – в кістках.

В результаті поглинений радіоактивний матеріал не розподіляється по всьому тілу, а концентрується в невеликій масі/обсязі тканини або органу-мішені, багаторазово збільшуючи кількість іонізуючого випромінювання, що поглинається в цих частинах тіла, і, отже, значно збільшує радіаційне ураження органів-мішеней. Найчастіше хімічна зброя застосовується у рідинно-краплинному стані у вигляді газу, пару, туману або аерозолі. Засобами доставки отруйних речовин можуть бути ракети, авіабомби, артилерійські снаряди і міни, хімічні фугаси, а також виливні авіаційні прилади.

Особливу небезпеку створює ймовірність поширення радіоактивних матеріалів через територіальні конфлікти. Технології, що дозволяють створювати «брудні бомби» (радіоактивні пристрої, що можуть бути використані для забруднення великих площ), є відносно простими для виготовлення, і це відкриває нові горизонти для агресивних дій. Поширення таких технологій, особливо у зонах військових конфліктів, створює величезну загрозу для мирних жителів, а також для стабільності в регіоні і світі загалом. Тим більше, що в умовах війни контроль над радіоактивними матеріалами може бути ослаблений, а їхнє транспортування або зберігання в неналежних умовах може призвести до випадкових аварій і ще більш серйозних катастроф.

Атомні електростанції, склади ядерних відходів або військові об'єкти, що зберігають ядерні матеріали, можуть стати мішенями для атак. Наприклад, у разі вибуху або руйнування таких об'єктів, радіоактивні речовини можуть потрапити в атмосферу і забруднити величезні

території, викликаючи "ядерну зиму", де замість здорового середовища розвиваються опромінення і екологічні катастрофи. Це відбувається, коли радіоактивні частки потрапляють в повітря і розносяться на великі відстані, осідаючи на землі або потрапляючи у водні джерела.

Щоб розв'язати проблему розповсюдження радіоактивних матеріалів у воєнний час, необхідно організувати чіткі заходи безпеки на національному та міжнародному рівнях. Необхідно розробити стратегії, що забезпечують належний контроль безпеки радіоактивних матеріалів, проведення регулярних інспекцій і своєчасну нейтралізацію наслідків аварій на ядерних об'єктах. Міжнародне співробітництво також важливе, оскільки радіоактивне забруднення поза межами кордону може зачепити країни, які перебувають далеко від зони конфлікту. У разі застосування таких матеріалів, їхнє поширення може спричинити не тільки локальні катастрофи, але й мати глобальні наслідки для здоров'я людей і стану навколишнього середовища. Тому важливо створювати ефективні механізми попередження, контролю та реагування на можливі аварії, а також не допустити розповсюдження технологій, що можуть призвести до використання радіоактивних матеріалів у війнах.

Тільки шляхом співпраці між державами, а також через ефективне використання технологій моніторингу і збереження радіаційної безпеки, можна запобігти серйозним наслідкам, що можуть загрожувати не тільки сучасному поколінню, а й майбутнім.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лоїк В.Б., Ратушний Р.Т., Синельников О.Д., Яковчук Р.С., Довгановський М.О., Тарнавський А.Б. Радіаційний, хімічний та біологічний захист Частина 2. Радіаційний захист: навчальний посібник. Львів: ЛДУБЖД, 2022. 576 с.
2. Хімічна безпека, Довідник рятувальника / Довганський М., Долбіков Г., Яковенко Т., Куш-Батюк Н., Батюк Р. К.: Ваїте, 2018.135с.
3. Збірник довідкової інформації для підготовки занять «Реагування на радіаційні загрози». Київ : Ваїте, 2021. 80 с.
4. Збірник довідкової інформації для підготовки занять «Реагування на хімічні загрози». Київ : Ваїте, 2021. 88 с.

УДК 504.5:681.3

ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

А. Є. Великий, В. С. Ружин

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Внаслідок бойових дій та регулярних обстрілів щодня збільшується кількість пошкоджених та зруйнованих будівель та споруд. За попередніми даними обласних військових адміністрацій, станом на кінець 2023 року, загальна кількість зруйнованих або пошкоджених об'єктів житлового фонду становить близько 250 тис., щонайменше 1284 заклади охорони здоров'я, 3,8 тис. освітніх закладів, 160 об'єктів соціального захисту населення, 348 релігійних об'єктів, 1804 об'єкт культури, 157 готелів/ресторанів, 343 об'єкти спорту, 164 об'єкти туризму. Зазнали руйнувань щонайменше 426 великих та середніх приватних підприємств, а також державних підприємств, плюс десятки тисяч малих приватних. Ймовірно, справжня цифра є більшою, оскільки не про всі підприємства є інформація, особливо якщо йдеться про тимчасово окуповані території. З початку бойових дій в Україні були пошкоджені 19 аеропортів і цивільних аеродромів та щонайменше 126

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

залізничних вокзалів і станцій. Відповідно до публічних заяв прем'єр-міністра України та Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури від початку повномасштабного вторгнення було уражено всі підконтрольні Україні теплові електростанції, гідроелектростанції, а також 18 теплоелектроцентралей. Від 24 лютого 2022 року було пошкоджено чи повністю зруйновано 32 нафтобази а також паливо, що зберігалось на них. Найбільш постраждалими є області України, в яких безпосередньо велись бойові дії: Донецька, Харківська, Луганська, Миколаївська, Запорізька, Київська та Чернігівська області. Фінальна оцінка обсягу пошкоджень та руйнувань можлива лише після завершення бойових дій на території України [1].

Подані статистичні дані демонструють значне збільшення рівня загроз для держави, що потребує пропорційного підвищення можливості ефективного реагування на них. Розв'язання таких проблем неможливе без впровадження новітніх технологій в повсякденну роботу органів та підрозділів служби цивільного захисту, зокрема використання безпілотних авіаційних комплексів.

Безпілотний авіаційний комплекс (безпілотна авіаційна система) (далі - БпАК) - безпілотне повітряне судно пов'язані з ним пункти дистанційного пілотування, необхідні лінії керування і контролю та інші елементи, вказані в затвердженому проекті типу БпАК. БпАК може включати декілька БпЛА.

Безпілотний літальний апарат (далі - БпЛА) - ПС, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою пункту дистанційного пілотування, що розташований поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою [2].

Використання БпАК у сфері цивільного захисту доцільно в ситуаціях, де неможливо або економічно не вигідно застосовувати авіацію та інші наявні сили і засоби, зокрема для:

- розвідку районів, зон, ділянок, об'єктів проведення робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;

- визначення та локалізацію зони надзвичайної ситуації;

- виявлення та позначення районів, які зазнали радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження (крім районів бойових дій);

- прогнозування зони можливого поширення надзвичайної ситуації та масштабів можливих наслідків;

- пошук постраждалих,

- роботи з евакуації або відселення постраждалих;

- здійснення у межах повноважень, визначених законом, заходів протиміної діяльності;

- санітарну обробку населення та спеціальну обробку одягу, техніки, обладнання, засобів захисту, будівель, споруд і територій, які зазнали радіоактивного, хімічного забруднення чи біологічного зараження;

- запровадження обмежувальних заходів, обсервації та карантину;

- при забезпечення громадського порядку в зоні надзвичайної ситуації;

- відновлення роботи пошкоджених об'єктів життєзабезпечення населення, транспорту і зв'язку;

- проведення інших робіт та заходів залежно від характеру та виду надзвичайної ситуації [3].

Ось приклад використання БпАК для проведення розвідки будівлі під час моніторингу наслідків ракетного обстрілу (рис.1).

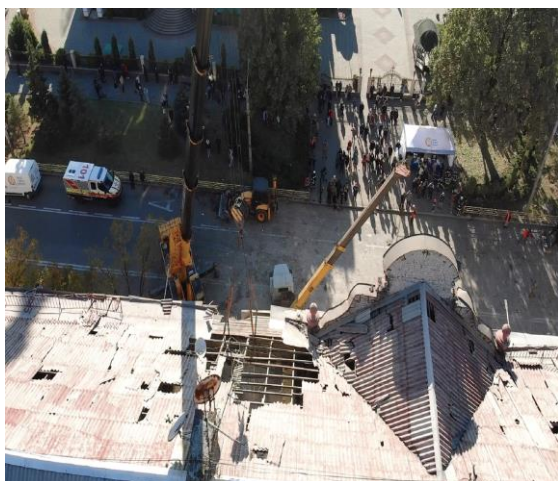


Рисунок 1 – Фото з БпЛА під час проведення моніторингу зруйнованої будівлі під час ракетного обстрілу

За допомогою БпЛА, з тепловізійною камерою, рятувальникам вдалось швидко провести розвідку, оцінити серйозність руйнування будівлі, знайти та врятувати людину.

Безпілотні системи відіграють критичну роль у забезпеченні техногенної безпеки зруйнованих об'єктів в тому числі і внаслідок бойових дій. Завдяки їхнім унікальним можливостям збору даних, моніторингу та проведення рятувальних операцій, такі технології допомагають мінімізувати ризики техногенних катастроф, забезпечують безпеку рятувальників та сприяють оперативному реагуванню на надзвичайні ситуації різного характеру.

ЛІТЕРАТУРА

1. KSE foundation. Київська школа економіки. URL: <https://foundation.kse.ua/reports/>.
2. Наказ МОУ України від 08.12.2016 р. №661 «Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України».
3. Кодекс цивільного захисту України: Закон України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI.

УДК 504.5:681.3

ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІКИ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ НА ТОРФОПОЛЯХ

А.Є. Великий, В.С. Ружин

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Торф'яні пожежі становлять велику загрозу для екологічної та економічної безпеки України. Через особливості торфовищ вогонь на них швидко поширюється, проникає глибоко в ґрунт і виділяє велику кількість диму та токсичних речовин. Дуже часто при пізньому виявленні такої пожежі існує загроза її поширення на великі площі. Це ускладнює гасіння пожеж, особливо в умовах віддаленості від джерел водопостачання та складнощів доступу до цієї території. Одним з найдієвіших методів здійснення моніторингу пожеж торфовищ є використання безпілотних літальних апаратів.

Безпілотний літальний апарат (далі - БпЛА) – повітряне судно, керування польотом якого і контроль за яким здійснюються дистанційно за допомогою пункту дистанційного

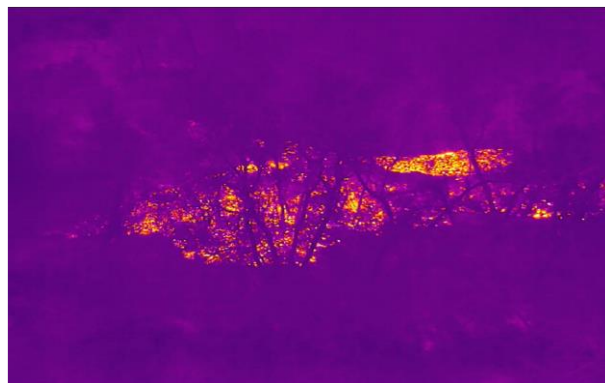
ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

пілотування, що розташований поза повітряним судном, або повітряне судно, що здійснює політ автономно за відповідною програмою [1].

Застосування БПЛА для моніторингу торфовищ дозволяє охоплювати великі площі, вчасно і точно виявляючи осередки загорання. Підрозділи ДСНС України використовують дрони мультироторного типу, які забезпечують регулярний збір даних про місцеві ділянки підвищеної температури, що свідчить про підземні осередки тління та дозволяє виявляти пожежу ще на ранніх етапах. Даний результат досягається завдяки використанні тепловізійних камер (інфрачервоних сенсорів), які дозволяють виміряти температуру поверхні ґрунту та виявляти локальні осередки нагрівання, які можуть свідчити про можливість підземного горіння або про зони з недостатньою вологістю. Тепловізійна зйомка дозволяє ідентифікувати ділянки, де температура відхиляється від норми, яка часто є ознакою небезпеки (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. а) Зображення із звичайної камери; б) Зображення з тепловізійної камери

Наслідки торф'яних пожеж можуть бути вкрай небезпечними, зокрема через викиди продуктів горіння та забруднення повітря. Гасіння таких пожеж ускладнюють наступні фактори:

- важкодоступність до місця пожежі;
- велика відстань до джерела водопостачання;
- значна площа торфовищ.

Ці фактори змушують пожежно-рятувальні підрозділи залучати велику кількість техніки та особового складу, що тягне за собою суттєві матеріальні витрати для держави та підвищене використання людського ресурсу. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є використання наземної роботизованої техніки, яка зможе доставляти до місця пожежі необхідне обладнання та проводити гасіння у важкодоступних місцях дистанційно, тим самим не наражаючи рятувальників на небезпеку.

В 2019 році в Токіо фірма Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (МНІ) провела відкриту демонстрацію двох роботів які повинні працювати в парі - Water Cannon, який може подавати вогнегасну речовину та Nose Extension Robot – який слугує як доставщик пожежних рукавів на відстань до 300 м [2].

Німецька фірма «Alpha Robotics Germany GmbH & Co. KG», активно займається розробкою наземних роботів, основне призначення яких - пожежогасіння. Зараз створено прототип Wolf R1 та Magirus Wolf R1 – тактичні роботи для гасіння пожеж (рис.2) [3].

Станом на сьогодні в Україні немає широкого застосування наземної роботизованої техніки, яка призначена для гасіння торфових пожеж, проте існує багато виробників, які створюють універсальні платформи, що можуть бути оснащені необхідним устаткуванням під ті чи інші потреби.



а)



б)

Рис. 2. а) Робот Wolf R1; б) Робот Magirus Wolf R1

Беручи до уваги швидкість розвитку безпілотних систем та роботизованої техніки в Україні, слід зазначити, що БПЛА вже набагато спростили та пришвидшили роботу пов'язану з моніторингом та виявленням пожеж в екосистемах, а впровадження наземної робототехніки для участі в гасінні пожеж зменшує ризик для рятувальників.

Тому, в умовах сьогодення, слід приділити більшу уваги до розвитку БПЛА та наземної роботизованої техніки в Україні, так як вони мають широкий спектр застосування, а їх практичне значення має масштабні перспективи для ДСНС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наказ МОУ України від 08.12.2016 р. №661 «Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України»;
2. MHI Develops Autonomous "Water Cannon Robot" and "Nose Extension Robot" for Use in Firefighting [Електронний ресурс]. Mitsubishi heavy industries. Режим доступу: <https://www.mhi.com/news/190325.html>;
3. Alpha Robotics [Електронний ресурс]. Alpha Robotics. Режим доступу: <https://www.alpha-robotics.de/en/about-us/>.

УДК 631.4

МІЛІТАРНО-ТЕХНОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОДИЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМНИХ ГРУНТІВ

*О. О. Гаврюшенко, к.с.-г.н., доцент, Ю. І. Ткаліч, д.с.-г.н., професор, Є. Ю. Ткаліч
Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Чорноземи – це один з найцінніших типів ґрунтів, який забезпечує високий рівень родючості і є основою для ефективного сільського господарства. В Україні, як і в багатьох інших країнах, чорноземи займають важливе місце в аграрному виробництві. Однак останнім часом на ці ґрунти значно впливають не лише природні фактори, а й мілітарно-техногенні, зокрема через збройні конфлікти та техногенні катастрофи. Цей процес має негативний вплив на властивості ґрунтів, що призводить до їх деградації, втрати родючості і зменшення їх продуктивності [5]. Мілітарно-техногенна трансформація чорноземів, на жаль, є невідворотним наслідком ведення війни. Бої, артилерійські обстріли та використання техніки, призводять до значного порушення ґрунтової структури. При цьому на ґрунті утворюються

глибокі вирви, а значна кількість органічних речовин і мінералів пошкоджується або переходить у вигляд нерозчинних сполук, що ускладнює їх доступність для рослин.

Одним із найбільших факторів, що погіршують стан чорноземів у зонах бойових дій, є забруднення ґрунтів різними токсичними елементами та хімічними речовинами, такими як важкі метали, хімічні відходи від боєприпасів та інші техногенні забруднювачі. Наприклад, залишки вибухових речовин, осколки металів та уламки боєприпасів можуть довготривало залишатися в ґрунті, погіршуючи його якість і впливаючи на екосистеми, що на ньому існують. Не менш важливою є зміна фізичних властивостей ґрунтів. Техніка, яка активно використовується в зонах конфліктів, змінює не лише поверхню ґрунтів, але й їх структуру. Ґрунти можуть втрачати свою природну пористість, що зменшує їх водо- та повітропроникність [3]. Це в свою чергу призводить до погіршення водного режиму, сприяючи випаровуванню вологи та зниженню рівня родючості. Але важливо зазначити, що не тільки бойові дії, а й інші техногенні процеси, як-то промислове виробництво, зокрема видобуток корисних копалин або сільське господарство, можуть негативно впливати на чорноземи [1]. Однак у випадку мілітарних конфліктів наслідки більш катастрофічні і тривають довший час, навіть після завершення бойових дій.

Мілітарно-техногенна трансформація елементів родючості чорноземних ґрунтів характеризує процес змін у ґрунтових екосистемах, спричинений військовими діями та техногенним впливом. Визначення джерел, які спричиняють забруднення ґрунтів, є першим і важливим етапом оцінки. Це можуть бути військові полігони, території, де відбувалися бойові дії, зони зберігання військової техніки та боєприпасів. Визначаються також шляхи потрапляння забруднювачів у ґрунт, як-от прямі (вибухи, розливи нафтопродуктів) та непрямі (атмосферні опади, перенос пилу) [3, 5].

Розпорошення хімічних речовин, вибухи, механічне пошкодження, а також інші форми антропогенної діяльності можуть значно впливати на фізико-хімічні властивості, структуру і загальний стан родючості. Тому вивчення процесів, що супроводжують ці трансформації, має ключове значення для розуміння довгострокових наслідків і розробки стратегій для відновлення та збереження якості ґрунтів у таких умовах.

Предметом наших досліджень були агрочорноземи Бахмутського району Донецької області та Широківської громади Криворізького району Дніпропетровської області за різного мілітарного впливу. Ґрунти Бахмутського району відмічалися більш потужним гумусовим профілем (чорноземи звичайні середньогумусні) з умістом гумусу – 4,27 % за сільськогосподарського використання (агрохімічне дослідження 2020 р.). За мілітарного впливу, а саме, застосування важкої артилерії калібру 152 мм, призвело до масштабної руйнації ґрунтового профілю та генетичних горизонтів.

Дослідження показали, що уміст гумусу становив – 0,65 %, легкогідролізований азот – 14,02 мг/кг, нітратний – 2,51 мг/кг. Рухомий фосфор був на рівні 9,27 мг/кг, а обмінний калій – 121,06. За агрогенного впливу уміст біофільних речовин становив: по фосфору – 14,46 мг/кг, а калій – 241,67. Зазнав змін і рівень $pH_{\text{водн}}$ (8,44), а при сільськогосподарському використанні до військових дій – 7,16, що вказує на підвищення лужності реакції ґрунтового середовища. Збільшився також і уміст рухомої сірки до 82 мг/кг (за середнього вмісту від 6 до 9 мг/кг), що засвідчує наявність сірчаних сполук у боєприпасах. Крім того, встановлено підвищення загального умісту сполук арсену – 11,41 мг/кг за ГДК – 2,0.

Все це підтверджує застосування осколково-фугасного боєприпасу ОФ-45 і вибухової речовини А-ІХ-2, спорядження бойової частини 7 кг 650 г, повна маса 43 кг 560 г.

Едафічною особливістю Широківської громади Криворізького району є те, що в цій локації сформувалися чорноземи південні малогуmusні за середнього умісту гумусу 3,25 – 3,37 %. За мілітарного впливу, а саме порушення ґрунтового покриву ракетами серії 9М22 «Град», масою бойової частини 6 кг 400 г з підривною МРВ, відбулися певні зміни за елементами родючості таких ґрунтів. Встановлено, що уміст гумусу коливався у межах від 2,92 до 3,11 %. Уміст азотистих сполук був на рівні 5,42 мг/кг – амонійний азот, а легкогідролізований азот вказував на 68,12 мг/кг, нітратний – 15,22. Рухомий фосфор – 16,10, а сполуки калію – 380

мг/кг. Рівень рН становив 7,05, що відповідає нейтральному статусу. Наявність важких металів (Kd, As, Ni, Hg, Pb, Cr) не перевищувала норм ГДК [2, 4].

В цілому, на нашу думку, мілітарний вплив у вигляді поодиноких розривів та частки нездетонованих ракет не призвів до тотальної руйнації унікальності едафічного середовища, але, в подальшому слід враховувати певні наслідки для екології та сільського господарства, бо наявність залишків боеприпасів на полях може обмежувати доступ до земель для обробітку, адже є ризик для життя працівників і техніки.

В умовах мілітарно-техногенної трансформації елементів родючості чорноземних ґрунтів спостерігається значне погіршення якості ґрунту. Наслідки впливу військової діяльності на ґрунти включають забруднення важкими металами, хімічними сполуками та зниження біологічної активності. Отже, необхідні заходи для реабілітації та відновлення родючості, зокрема зменшення антропогенного тиску та впровадження технологій для очищення й оздоровлення чорноземів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Mytsyk, Oleksandr, Oleksandr Havryushenko, Oleksandr Tsyliuryk, Sergey Shevchenko, Oleksandr Hulenko, Mikhail Shevchenko, and Kateryna Derevenets-Shevchenko. "Reclamation of Derelict Mine Land by Simply Growing Crops." *International Journal of Environmental Studies* 81, no. 1 (2024): 230–238. doi:10.1080/00207233.2024.2330283.

2. On the approval of standards for maximum permissible concentrations of hazardous substances in soils, as well as the list of such substances. Resolution of the CMU dated December 15, 2021 №. 1325. Kyiv, <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1325-2021-%D0%BF#Text>.

3. Вплив війни росії проти України на стан українських ґрунтів. Науково-методичні рекомендації. Результати аналізу / О. Голубцов, Л. Сорокіна, А. Сплодитель, С. Чумаченко – Київ: ГО "ЦЕІ «Екодія», 2023. 155 с.

4. Baliuk, S., Yatsuk, I., 2019, Methodology of agrochemical certification of agricultural lands: *Regulatory document*. 2nd ed., supplement. К., 108 p. (Ukrainian).

5. Методичні рекомендації щодо відновлення земель сільськогосподарського призначення, порушених внаслідок воєнних дій / В.Ф. Камінський, М.А. Ткаченко, Л.П. Коломієць та інші. Київ: ННЦ «ІАЕ», 2023. 84 с.

УДК 351.862:614.8

БЕЗПЕКА ПОВОДЖЕННЯ З ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТАХ ПІД ЧАС ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ РОСІЇ В УКРАЇНУ

В. О. Груздова¹, Ю. В. Колошко²

¹Всеукраїнська екологічна Ліга, ²Національний університет цивільного захисту України

З повномасштабним вторгненням росії в Україну зросла кількість руйнувань інфраструктури, житлових та промислових об'єктів, що спричинило значне поширення вибухонебезпечних речовин (ВНВ) на територіях, де вони раніше не знаходились. У цих умовах питання безпеки поводження з ВНВ стає надзвичайно актуальним [1]. Особливо важливим є забезпечення належного рівня підготовки як цивільного населення, так і фахівців, що проводять розмінування, знешкодження та дослідження таких об'єктів.

Зруйновані об'єкти внаслідок бойових дій часто містять широкий спектр ВНВ, які становлять небезпеку для населення і рятувальників [2]:

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

• Боеприпаси та міни: Залишки снарядів, мін, гранат і інших військових боеприпасів, які можуть бути активовані при контакті.

• Хімічні речовини: На промислових об'єктах можуть залишатися речовини, що при невірному поводженні або під впливом високих температур вибухають або становлять небезпеку.

• Саморобні вибухові пристрої (СВД): Використання СВД під час вторгнення зростає, що підвищує ризик для цивільних і рятувальників.

Безпека під час роботи з ВНВ є критичною через наступні ризики [3]:

• Непередбачуваність обстановки: Руйнування об'єктів призводять до того, що ВНВ можуть перебувати у нестабільному стані, що ускладнює їх ідентифікацію та знешкодження.

• Відсутність системи попереджень: На багатьох об'єктах відсутні попереджувальні знаки про потенційні ВНВ, що створює додаткові загрози.

• Недостатня підготовка населення: Багато цивільних не мають базових знань про безпечне поводження з ВНВ, що може призвести до трагічних випадків під час розмінування або під час знахідки боеприпасів.

Для мінімізації ризиків під час роботи з ВНВ важливим є дотримання основних принципів безпеки [3]:

• Ідентифікація загроз: Кожен об'єкт, що піддається обстеженню, повинен бути оглянутий фахівцями, які мають досвід роботи з ВНВ, для визначення потенційної небезпеки.

• Використання захисного обладнання: Залучені фахівці мають бути забезпечені відповідним захисним спорядженням, що дозволяє мінімізувати ризики при роботі в небезпечних умовах.

• Планування операцій: Розмінування та інші операції на зруйнованих об'єктах мають проводитися за чітко визначеним планом із врахуванням усіх ризиків, зокрема для уникнення детонації.

Міжнародні країни, які мали досвід бойових дій на своїй території, створили методики поводження з ВНВ, які можна адаптувати в Україні [4]:

• Залучення міжнародних фахівців: Багато міжнародних організацій, таких як ООН і Червоний Хрест, мають досвід у подоланні наслідків військових дій і можуть надати технічну допомогу та консультації для підвищення безпеки.

• Впровадження навчальних програм: Наприклад, у Боснії та Герцеговині після збройних конфліктів були розроблені навчальні програми з мінної безпеки для населення, які можуть бути адаптовані в українських школах і навчальних закладах.

Для забезпечення безпеки в умовах наявності ВНВ на зруйнованих об'єктах в Україні необхідно [5]:

• Створення національної бази даних ВНВ: Систематичний облік виявлених ВНВ, їх розташування, статус і необхідні заходи для безпечного знешкодження.

• Поширення знань серед населення: Запуск інформаційних кампаній, які роз'яснюють правила безпечного поводження з підозрілими предметами і дії в разі виявлення ВНВ.

• Навчання та підготовка фахівців: Підвищення рівня підготовки спеціалістів із розмінування і поводження з ВНВ за міжнародними стандартами, включаючи регулярні навчання і тренінги.

Отже, військові дії в Україні створили нові виклики для національної безпеки, зокрема у сфері поводження з вибухонебезпечними речовинами. Запровадження ефективних заходів щодо виявлення, ідентифікації та знешкодження ВНВ на зруйнованих об'єктах є нагальним завданням для збереження життя населення та забезпечення стабільності в постконфліктний період.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бевзюк І.М., Криворучко М.О. Організація безпечного поводження з вибухонебезпечними матеріалами в умовах сучасних викликів. *Науковий вісник Національного університету цивільного захисту України*. 2020. 32(1). С. 15–24. DOI: 10.52332/2522-1892.

2. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Методичні рекомендації щодо знешкодження вибухонебезпечних предметів: Основи і методика. Київ: ДСНС України. 2022.
3. Сейфулін С.І., та Лазаренко Ю.В. Оцінка та мінімізація ризиків при поводженні з вибухонебезпечними речовинами на територіях зруйнованих об'єктів. *Вісник технічної безпеки України*. 2023. 21(4). С. 88–96.
4. Козак В.В., та Черняк А.Г. Досвід міжнародної співпраці у сфері поводження з вибухонебезпечними предметами. Збірник наукових праць Національної академії Служби безпеки України. 2023. 28(2). С. 74–83.
5. Шевченко В.А. Безпека цивільного населення під час конфліктів: аналіз методик та стратегій захисту. *Актуальні проблеми державного управління*. 2023. 11(2). С. 22–31.

УДК 614.8.084

АНАЛІЗ ВІДЧИЗНЯНОГО ТА ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗАХИЩЕНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

*Р. Климась, к.т.н., А. Михайлова, к.т.н., ст. дослідник, Б. Ковалишин
Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

Проблематика забезпечення стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури (далі - ОКІ), нормативно-правове, методичне врегулювання цього питання обумовлені посиленням загроз природного, техногенного, терористичного, воєнного та інформаційного характеру. Регулярні атаки ворога на об'єкти критичної інфраструктури, можуть спровокувати реалізацію небезпечних сценаріїв техногенних аварій і катастроф, спричинити загрозу для життя і здоров'я людей, які проживають на прилеглий території. Використання об'єктів життєзабезпечення у якості зброї для морально-психологічного терору українців спонукають до проведення відповідних наукових досліджень з метою створення державної системи захисту критичної інфраструктури.

На даний момент в Україні розробляються законодавчі, нормативно-правові акти, аналітичні довідки, наукові праці тощо забезпечення алгоритму оцінювання стану захищеності ОКІ. На важливість цього процесу вказує активність запровадження систем захисту критичної інфраструктури у США та країнах-членах ЄС. Зважаючи на пріоритетність для національних інтересів України в інтеграції нашої держави в євроатлантичний безпековий простір, завдання побудови державної системи захисту критичної інфраструктури є актуальним завданням.

Базовими кроками на шляху до побудови системи захисту ОКІ було прийняття Постанови «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури» [1] та Закону України «Про критичну інфраструктуру» [2]. У [1] затверджено: Порядок віднесення об'єктів до критичної інфраструктури; перелік секторів критичної інфраструктури; Методику категоризації об'єктів критичної інфраструктури. Робота [2] визначає правові та організаційні засади створення і функціонування національної системи захисту критичної інфраструктури. Таким чином, з прийняттям зазначених вище нормативних документів на сьогодні узаконено: понятійний апарат системи критичної інфраструктури; засади державної політики у сфері захисту КІ; завдання державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури, а також критерії для віднесення об'єктів до КІ тощо.

Велика Британія розпочала визначати і захищати свою критичну інфраструктуру однією з перших у Європі. Так, в 1999 році у цій країні було створено Координаційний центр з безпеки національної інфраструктури, який до 2016 року входив до складу Міністерства внутрішніх справ, та згодом припинив існування [43-44].

В 2016 році було утворено Національний центр кібербезпеки. Національна інфраструктура Великої Британії – це засоби, системи, сайти, інформація, люди, мережі та процеси, необхідні для функціонування країни, від яких залежить повсякденне життя. Вона також включає в себе деякі функції, сайти та організації, які, хоча і не є критичними для забезпечення основних послуг, але потребують захисту у зв'язку з потенційною небезпекою для громадськості.

Всього виділяють 13 національних секторів інфраструктури Великобританії: хімічна галузь, промисловість, цивільні ядерні комунікації, оборона, надзвичайні служби, енергетика, фінанси, продовольство, уряд, охорона здоров'я, космос, транспорт та вода. Нормативно-правова база Великобританії у захисті критичної інфраструктури орієнтується, перш за все, на протидію тероризму і порушенню кіберпростору. Свою політику держава узагальнює в Стратегії національної безпеки, а також у таких нормативних актах: «Антитерористична стратегія» (CONTEST – Counter terrorism strategy), «Програма стійкості критичної інфраструктури» (CIRP – Critical Infrastructure Resilience Programme) і «Стратегія щодо захисту кіберпростору» (Cyber Security Strategy). Кожних чотири роки, починаючи з 2010 року, Урядом розробляється «План національної інфраструктури» (National Infrastructure Plan) що враховує основні потенційні загрози [3].

З 2003 року активізувалися дослідження з безпеки на міждержавному рівні у рамках програм ЄС «European industrial potential in the field of security research» та «European Security Research Programme (ESRP)». З 2007 року у багатьох європейських країнах з метою підготовки заходів на випадок війни чи надзвичайних ситуацій розпочалась робота над ініціативою «Research for Secure Europe» («Дослідження для безпеки Європи»). З 2004 року на рівні ЄС та Європейської комісії розпочато створення проекту захисту критичної інфраструктури «European Programme for Critical Infrastructure Protection» («ЕРСІР»), в якому приділено увагу захисту від терористичних загроз. У 2005 році Комісія прийняла «Зелену книгу» із захисту критичної інфраструктури (ЕРСІР), основним завданням якої було сформулювати на політичному та безпосередньо на рівні виконавців загальну позицію та заходи із захисту критичної інфраструктури в країнах-членах ЄС/

У роботі [4] автори відзначають, що в ЄС виділяються значні кошти на проведення науково-дослідних проектів з тематики захисту критичної інфраструктури, зокрема наводиться інформація про виконання понад сотні науково-дослідних проектів на загальну суму в 45 млн євро. Загрози для об'єктів критичної інфраструктури в ЄС оцінюються із застосуванням різноманітних методик та прикладного програмного забезпечення, в основі яких лежить загальна методологія оцінки ризиків, причому ключовою особливістю оцінки ризиків для об'єктів критичної інфраструктури є врахування численних взаємозв'язків та залежностей. Елементи всередині критичної інфраструктури, у свою чергу, також можуть бути впорядковані за значимістю. Наприклад, у Швейцарії найвище значення надано двом підсекторам енергетики (постачання газу та електроенергії), банківським установам, інформаційним технологіям і телекомунікаціям, залізничному транспорту та автомобільним шляхам, а також мережі постачання питної води.

Таким чином, за результатами проведеного аналізу вітчизняного та міжнародного досвіду забезпечення стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури визначено, що натеper концепцію захисту об'єктів критичної інфраструктури імплементовано не лише в загальноєвропейському законодавстві, а й в національних законодавствах окремих країн-членів ЄС. Це дозволяє ефективно реагувати аварійним підрозділам та місцевим органам на раптові загрози та прогнозувати заходи, щодо попередження майбутніх небезпечних впливів. Таким чином, досвід розвинених країн, котрі вже мають законодавче поле щодо захисту об'єктів критичної інфраструктури, вартий уваги і його доцільно імплементувати в національній нормативній базі України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-%D0%BF#Text>. 08.11.2024 р.
2. Закон України від 16 листопада 2021 р. № 1882-IX. Про критичну інфраструктуру. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>. 08.11.2024 р.
3. Hazard Definition & Review of Classification. Technical Report // United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR) and International Science Council (ISC) [Технічний звіт]. 2021. 123 с.
4. Prevention, Preparedness and Response to Natural and Man-made Disasters in Eastern Partnership Countries (PPRD East 3). URL: <https://www.pprdeast3.eu/>. 08.11.2024 р.

УДК 614.8

ОЦІНКА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ: ВИКЛИКИ ТА ПІДХОДИ ДО МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ

О. І. Лукашук

Луцький національний технічний університет

Забезпечення техногенної безпеки зруйнованих об'єктів у зонах активних бойових дій є критично важливим завданням сьогодення, що набуває все більшої актуальності у зв'язку зі значними ризиками для здоров'я населення, навколишнього середовища та інфраструктури. Масштабні руйнування інфраструктури, особливо промислових, енергетичних об'єктів та об'єктів водопостачання становлять високий рівень техногенних загроз, які потребують швидкого і комплексного реагування [5].

Мета роботи полягає у створенні ефективного методики оцінки ризиків для зруйнованих об'єктів різних типів, що дозволяє оперативно визначати основні загрози та планувати заходи для їх мінімізації. У процесі розробки методики були враховані міжнародні рекомендації з техногенної безпеки, принципи управління кризовими ситуаціями та досвід попередніх інцидентів на критичній інфраструктурі [6].

Методологічною основою є структурований підхід до класифікації типів об'єктів за рівнем небезпеки та специфікою можливих техногенних загроз. В основі методики також лежать практичні методи моніторингу стану об'єктів, що забезпечують виявлення потенційних загроз в режимі реального часу [1].

Зведемо в таблицю (табл. 1), класифікацію типів об'єктів за специфікою можливих техногенних загроз, згідно [3,7]. Це дозволить оцінювати специфічні техногенні ризики для кожного з них.

Запропонована класифікація дає змогу швидко визначити основні загрози та встановити пріоритетні заходи для кожного типу об'єкта: від ідентифікації об'єкта і первинної оцінки його пошкоджень до вибору методів моніторингу та впровадження заходів реагування. Така методика забезпечує системний підхід до оцінки техногенної небезпеки.

Зокрема, вона охоплює ідентифікацію об'єкта з визначенням його категорії та аналізом потенційних загроз для довкілля і населення; первинну оцінку пошкоджень, що дає змогу оперативно встановити масштаби руйнувань і можливі додаткові ризики; аналіз загроз для кожного типу об'єкта, зокрема виділення основних ризиків, таких як витоки хімікатів, вибухи чи обвали; а також визначення пріоритетності ризиків із фокусом на найбільш критичних загрозах, що потребують невідкладного реагування.

Таблиця 1 – Класифікація типів об'єктів за специфікою можливих техногенних загроз [3,7]

Тип об'єкта	Приклади об'єктів	Специфічні техногенні ризики
Промислові об'єкти	Заводи, склади, хімічні підприємства	Викиди токсичних речовин, можливі пожежі та вибухи
Енергетичні об'єкти	АЕС, ТЕС	Радіаційне забруднення, поширення інших шкідливих речовин
Об'єкти водопостачання	Системи водопостачання	Забруднення джерел води, що критично впливає на доступ до безпечної питної води
Житлові райони та соціальна інфраструктура	Будівлі, громадські споруди	Ризик обвалів, забруднення, що потребує санітарної обробки

Розроблено кілька методик моніторингу зруйнованих об'єктів, що дозволяють відстежувати рівень техногенних ризиків у режимі реального часу [4]. До них відносяться: сенсорний моніторинг для швидкої ідентифікації концентрації небезпечних речовин у повітрі та воді; супутниковий моніторинг для контролю змін рельєфу території, що може свідчити про додаткові руйнування; лабораторний моніторинг для більш детальної оцінки забруднення, зокрема радіаційного фону та складу хімічних речовин [1].

Міндовкілья, Держводагентство, Держгеонадра, ДСНС та їх територіальні органи (у разі їх утворення) здійснюють оперативне управління інформацією, одержаною на всіх рівнях функціонування системи моніторингу [7]. На основі отриманих даних розроблено рекомендації для зменшення техногенних ризиків. Включені заходи для мінімізації викидів небезпечних речовин, відновлення інфраструктури з акцентом на безпечне видалення залишків шкідливих речовин та екологічну реабілітацію територій. Рекомендовано включити мобілізацію спеціалізованих бригад для знешкодження особливо небезпечних об'єктів, а також провести роботи з відновлення санітарних умов у житлових районах [2].

До основних заходів з реагування належать: ізоляція небезпечних зон, дезактивація, евакуація та встановлення санітарних зон навколо місць руйнувань [1].

Отже, зруйновані внаслідок бойових дій об'єкти представляють значний ризик техногенних катастроф, які можуть мати тривалий вплив на здоров'я людей та стан навколишнього середовища. Визначені ключові загрози для різних типів об'єктів дозволяють систематизувати заходи для їх мінімізації [6].

Класифікація зруйнованих об'єктів за ступенем небезпеки дозволяє планувати ресурси та оперативно реагувати на найбільш критичні загрози. Тому виникає необхідність впровадження структурованих методів моніторингу, які дозволять своєчасно ідентифікувати зміни у рівні техногенних ризиків і забезпечать ефективне управління кризовими ситуаціями.

З практичної точки зору, наведена методика, як пропонується в роботі [4] забезпечує комплексний підхід до управління техногенними ризиками та може бути інтегрована у національні стандарти безпеки з урахуванням міжнародного досвіду. Отримані результати можуть бути застосовані для розробки стратегій реагування на надзвичайні ситуації, а також для підготовки спеціалістів, які відповідають за техногенну безпеку в умовах збройних конфліктів. [7]. Але додатково слід внести уточнення щодо адаптації методики до специфічних умов конкретних регіонів, щоб забезпечити ще вищу точність і ефективність оцінки ризиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамов Ю.О., Тютюник В. В., Шевченко Р.І. Державна система моніторингу і попередження надзвичайних ситуацій . Харків. Вид-во УЦЗУ, 2008. 113 с. URL: <https://doi.org/10.32689/2618-0065-2018-1/1-67-78> (дата звернення 10.11.2024)
2. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 р. № 5403-VI. URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show> (дата звернення 10.11.2024)

3. Майстро, С.В. Специфіка формування системи державного управління природно-техногенною безпекою. НВДУ. 2019. 67-78.
4. Абрамов Ю. О., Грінченко Є. М., Кіроцькі О. Ю. Моніторинг надзвичайних ситуацій. та ін. Харків. Вид-во АЦЗУ, 2005. 530 с.
5. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проєкт «Росія заплатить». Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на 1 вересня 2022 року. 2022. URL: <https://damaged.in.ua/damage-assessment> (дата звернення 10.11.2024)
6. Постанова КМУ від 15 лютого 2002 р. № 175 «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/175-2002-%D0%BF#Text> (дата звернення 10.11.2024)
7. Чугай А.В. Моніторинг довкілля (стану природних середовищ) : конспект лекцій. Одеса. Одеський державний екологічний університет. 2022. 156 с. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/10517/1/Chuhay_AV_Monytoring_KL_2022.pdf (дата звернення 10.11.2024)

УДК 504.5:628.543:546.76

ПРОБЛЕМАТИКА ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ХРОМУ (VI) В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ

С. С. Порошенко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Хром (VI) є надзвичайно токсичною і канцерогенною речовиною, що завдає значної шкоди як здоров'ю людини, так і довкіллю. Він здатний накопичуватися в організмі та спричиняти важкі хронічні захворювання, включно з онкологічними. У зонах бойових дій, де промислові об'єкти, обладнання та інфраструктура часто зазнають руйнування, вивільнення хрому (VI) у довкілля стає серйозною екологічною проблемою. Забруднені водні ресурси несуть небезпеку для населення та екосистеми, тому очищення стічних вод від хрому (VI) стає критично важливим завданням [1].

Основною проблемою очищення стічних вод, що містять хром (VI), є обмеженість доступу до традиційних технологій у зонах конфлікту. Хром (VI) є високостабільною формою металу у водних середовищах, що ускладнює його видалення. Найпоширенішим методом для зниження токсичності хрому (VI) є його хімічне відновлення до хрому (III), менш токсичної форми. Однак цей процес потребує використання хімічних реагентів, таких як сульфіти або залізо (II), які перетворюють хром у розчині, знижуючи його здатність до взаємодії з живими організмами.

Крім того, хімічне відновлення супроводжується утворенням твердих осадів, які потребують подальшої утилізації. У воєнних умовах забезпечення безперебійного постачання реагентів, необхідного обладнання та засобів для утилізації твердих відходів є складним завданням, що робить традиційні підходи менш ефективними. Забруднені зони часто залишаються недоступними для проведення очищення через небезпеку та ризики для життя працівників, а також через пошкодження інфраструктури, яка забезпечувала очищення вод у мирний час. Через ці фактори ефективне очищення вод від хрому (VI) в умовах бойових дій потребує адаптивних методів, які можуть бути застосовані в нестабільних і обмежених умовах [2].

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

У зв'язку з проблемами, що виникають при традиційному хімічному відновленні, дослідники зосереджують увагу на альтернативних методах очищення вод від хрому (VI), які є більш придатними для використання в умовах обмежених ресурсів.

Біологічна ремедіація є одним із перспективних підходів для знешкодження хрому (VI). Цей метод використовує певні види мікроорганізмів, які здатні поглинати хром або відновлювати його до менш токсичного стану. Біоремедіація є привабливою, оскільки для її реалізації не потрібно великих обсягів хімічних реагентів та енергії, що робить її придатною для застосування в мобільних системах очищення, які можна оперативно розгортати у районах з підвищеним ризиком техногенного забруднення. Наприклад, деякі види бактерій та грибів демонструють здатність активно відновлювати хром (VI) до хрому (III), забезпечуючи його зниження в концентраціях у водних системах [3].

Ще одним перспективним підходом є використання сорбентів на основі нанотехнологій. Наноматеріали мають велику площу поверхні і високу реакційну здатність, що дозволяє їм ефективно поглинати важкі метали, включно з хромом (VI). Сорбційні матеріали на основі графену, оксидів металів та інших наноструктурованих сполук демонструють високу здатність до зв'язування та видалення хрому, що дозволяє використовувати їх у компактних мобільних системах. Вони не вимагають значної кількості реагентів або енергії, а їхня ефективність залишається стабільною навіть при коливаннях температури та рН, що є особливо актуальним для зон бойових дій. Завдяки простоті експлуатації та високій ефективності ці матеріали можуть бути швидко адаптовані до умов з обмеженими ресурсами, забезпечуючи очищення водних ресурсів у критичних ситуаціях [4].

Очищення стічних вод від хрому (VI) у зонах конфлікту є актуальною екологічною проблемою через високу токсичність цієї речовини та обмеженість традиційних методів обробки. Біологічна ремедіація та сорбційні матеріали на основі нанотехнологій є перспективними альтернативами, що можуть ефективно працювати у складних умовах, зокрема в мобільних системах. Впровадження цих технологій допоможе забезпечити захист екосистем та здоров'я населення в умовах підвищеної техногенної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Смирнов П. О., Карпов А. Г. Очищення вод від важких металів в умовах екологічної кризи. Київ: Техніка, 2022. 320 с.
2. Захаров В. М., Коваленко С. І. Проблематика очищення стічних вод від токсичних речовин у зоні конфлікту. *Екологічна безпека*. 2023. № 4. С. 47–55.
3. Jackson R. Bioremediation of Hexavalent Chromium in Contaminated Sites: A Review. *Journal of Environmental Science*. 2022. Vol. 115, No. 3. P. 203–210.
4. Kumar S., Singh M. Nanotechnology-Based Sorbents for Heavy Metal Removal from Wastewater. *Environmental Nanotechnology*. 2021. Vol. 17, No. 1. P. 75–82.

УДК 614.841.41

ОБҐРУНТУВАННЯ МОДИФІКОВАНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ В ТРАНСФОРМАТОРІ, ЗАХИЩЕНОГО ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

*В. Ніжник, д.т.н., професор, Я. Балло, к.т.н, старший дослідник,
В. Михайлов, д.п.н., професор, Р. Пальчиков*

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту

В умовах російської агресії трансформаторне обладнання стало однією із пріоритетних цілей дистанційного бомбардування. Пожежі трансформаторів супроводжуються

перегріванням мастила до температури більше 250 °С, що використовується в якості охолоджувача, руйнуванням корпусу трансформатора, аварійним розливом мастила із трансформатора та його горінням. З метою захисту трансформаторного обладнання від порушення функціонування їх розміщення можливе в захищених конструкціях. В таких умовах витікання киплячого трансформаторного мастила та його загоряння сприяє подальшому розвитку пожежі та веде до її поширення на всю поверхню захисної конструкції, в якій встановлено трансформаторне обладнання.

Завдяки широкому розмаїттю використовуваних матеріалів і конструкційних рішень сучасні залізобетонні конструкції мають різну стійкість до вогню. Тому вкрай важливого значення набувають методи оцінки поведінки залізобетонних конструкцій в умовах впливу вогню. Зазначене зумовлює необхідність встановлення вимог до вогнестійкості огорожувальних будівельних конструкцій такої захисної споруди.

Поведінку залізобетонних будівельних конструкцій під час дії на них високих температур оцінюють експериментальними і розрахунковими методами [1; 2]. Але експериментальний метод ґрунтується на проведенні вогневих випробувань залізобетонних конструкцій у випробувальних лабораторіях. Його виконують із стандартизованим комплексом вимог до випробувальних установок, контрольно-виміральної апаратури, зразків конструкцій, послідовності виконання процедур випробувань та прикінцевого оброблення їхніх результатів тощо [3; 4]. Дослідження свідчать, що на достовірність випробувань при застосуванні експериментального методу впливають ряд факторів: обмеження на габаритні розміри зразків конструкцій у випробувальних установках; опорна система силових вузлів установок не реалізує діючі навантаження і умови закріплення зразків; при поширенні результатів на реальні конструкції не враховується можливість похибки тощо. Таким чином, при оцінці поведінки залізобетонних конструкцій в умовах впливу високих температур, доцільно використовувати розрахунок, який надає гнучкість при врахуванні граничних умов для залізобетонних елементів будівельних конструкцій [5; 6].

Вуглеводневий температурний режим відноситься до більш жорстких режимів, ніж стандартний температурний режим. Даний температурний режим необхідно використовувати при визначенні класу та межі вогнестійкості будівельних конструкцій, які застосовуються на об'єктах енергетичної промисловості. Температура випробування таких конструкцій має вищі значення режиму, ніж при випробуванні будь-яких інших типів конструкцій, які використовуються у громадському секторі будівництва, а також для їх облицювальних матеріалів.

Під час визначення умов розрахункового сценарію пожежі враховуються: об'ємно-планувальні рішення; теплофізичні характеристики будівельних матеріалів конструкцій і розміщеного обладнання; вид, кількість і розміщення інших горючих речовин і матеріалів; тип системи автоматичного пожежогасіння та протидимного захисту. Вибір розрахункового сценарію проводиться із міркувань, при яких очікуються найгірші наслідки щодо подальшого розвитку пожежі. При цьому слід також врахувати: початковий осередок виникнення пожежі; можливу динаміку розвитку пожежі; алгоритм спрацювання та активації системи протипожежного захисту. В даному випадку прийнято, що пожежа виникає в приміщенні із найбільшою пожежною навантагою та найменшим за об'ємом.

Для оцінки класу вогнестійкості огорожувальних будівельних захисних конструкцій, в яких улаштовано трансформатори із урахуванням впливу на них температурного режиму вуглеводневої пожежі, вимогами чинними нормативними документами передбачено досить жорсткий режим теплового впливу. Це особливо актуально з огляду на врахування фактичної наявності закритого простору з обмеженим потоком свіжого повітря (окисника екзотермічної реакції горіння). Обґрунтовано набір математичних моделей, що дозволяє обґрунтувати температурний режим пожежі на трансформаторі, який встановлено у захисній конструкції, зокрема таких як газо-гідродинамічна модель з урахуванням найбільш значущих факторів поширення пожежі. Обґрунтовано модифікований вуглеводневий температурний режим

пожежі під час горіння трансформатора, який розташований у захисній конструкції та який можна визначити через емпіричну залежність зміни температури в часі. Клас вогнестійкості огорожувальних будівельних захисних конструкцій, в яких встановлюються трансформатори, має становити не менше ніж REI 45.

Отримані результати базуються лише на теоретичних дослідженнях. Залежність від початкових умов вказує на те, що параметричний підхід потребує розвитку досліджень стосовно забезпечення його ефективності та надійності в різних умовах експлуатації. В подальших наукових дослідженнях доцільним є проведення перевірки розробленої моделі та підтвердження адекватності отриманих результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федченко С.М., Гартель А. Аналіз методів оцінювання поведінки залізобетонних конструкцій в умовах впливу високих температур. Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених. *Всеукр. наук.-практ. конф. курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів). ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗУ*. 16. трав. 2014 р. Харків, 2024. С. 161–163.

2. Liu C., Yang M., Wang P., Li K., Gao X., Miao, J. Experimental and analytical study on post-fire residual flexural behavior of corroded reinforced concrete beams after various cooling methods. *Engineering Structures*. 2024. 316. 118577.

3. ДСТУ Б В.1.1-4-98* Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Пожежна безпека. К.: Укрархбудінформ, 2005.

4. Nizhnyk V., Mykhailov V., Nikulin O., Tsvirkun S., Kostyrka O., Melnyk V., ... Perehin A.. Research of parameters of security rooms'enclosure structures in residential apartment buildings. *AD ALTA: Journal of interdisciplinary research*. 2023. № 2. P. 152–159.

5. Wang F., Liu F., Yang H., Peng K., Wang X.. Experimental and numerical investigations of post-fire behaviour of circular steel tube confined steel-reinforced concrete columns under eccentric loading. *Journal of Building Engineering*. 2024. 95. 110345.

6. Zhang C., Sun G., Wang G., Xiao S. The performance analysis of the reinforced concrete frame structure under actual fire conditions based on the multi-scale model. *Results in Engineering*. 2024. 102402.

7. Nizhnyk V., Skorobahatko T., Mykhailov V., Ballo Y., Sereda D., Kovalyshyn B., ... Otrosh V. Current state of research and normative framework assessment of fire alarm systems regarding suitability for operation. *AD ALTA: Journal of interdisciplinary research*. 2024. № 1. P. 245–248.

УДК 614.8.084

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗАХИЩЕНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

В. Ніжник¹, д.т.н., професор, Я. Балло¹, к.т.н, старший дослідник, Н. Тур²

¹ *Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту*

² *Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Захист об'єктів критичної інфраструктури (далі - ОКІ) є вкрай важливим завданням, оскільки він забезпечує основу для сталого функціонування держави, суспільства та економіки. Критична інфраструктура охоплює життєво важливі об'єкти і системи, такі як енергетика, транспорт, комунальне господарство, охорона здоров'я, фінансовий сектор, інформаційно-комунікаційні технології та національну безпеку.

Оцінка стану захищеності критичної інфраструктури є невід'ємною складовою захисту ОКІ та передбачає аналіз різних аспектів їх безпеки та вразливості з метою забезпечення

надійного функціонування в умовах потенційних загроз, в тому числі загроз від пожеж та надзвичайних ситуацій техногенного характеру [1]. Це складний процес, який включає оцінку фізичних, інженерних, організаційних і технологічних елементів інфраструктури. Ось основні складові оцінки захищеності ОКІ, за якими проводиться така оцінка передбачає ідентифікацію критичних елементів, аналіз потенційних ризиків, оцінку фактичного стану, потенціал фізичної безпеки та оцінку можливості відновлюваності.

Наявність комплексної оцінки захисту ОКІ дозволяє визначити, недоліки в організації захисту об'єкту, а також дати обґрунтовані пропозиції щодо необхідних покращень (усунення порушень), потенційних ресурсів та заходів які слід передбачити [3].

Стан захищеності ОКІ можна визначити, як сукупність чинників, які забезпечують захист, стійкість, умови для обмеження впливів прогресуючих негативних наслідків та здатність функціонувати в умовах дестабілізуючих чинників. Система безпеки кожного ОКІ є цілком індивідуальна. Її повнота та дієвість залежать від існуючої в державі законодавчої бази, від обсягу матеріально-технічних та фінансових ресурсів, виділених керівниками підприємств, від розуміння кожним з працівників важливості забезпечення безпеки об'єкту, а також від досвіду роботи керівників служб безпеки підприємств.

На сьогоднішній день однією із передових методик оцінки вразливості є застосування CARVER Target Analysis and Vulnerability Assessment Methodology - методологія аналізу цілей і оцінки вразливості. CARVER — це система, яка використовує спеціальні процедури як якісного, так і кількісного характеру для інтерпретації та визначення ймовірності атаки противника на критично важливі активи та/або ключові ресурси [4]. Слід відзначити, що оцінка CARVER аналізу може базуватися на будь-якій шкалі оцінювання, але зазвичай коливається від найнижчої значущості 1 до найвищої відносної оцінки, яку спеціаліст вважатиме за необхідне виставити. Присвоюючи числові значення кожному з критеріїв для секторів пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту, фахівцями визначається оцінка, яка допомагає визначити пріоритетність наявних активів та потенційних вразливостей. Це дозволить раціонально керувати розподілом наявних ресурсів і ефективно використовувати людський потенціал для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Дана система підрахунку балів є важливою для розробки стратегічного оборонного плану, гарантуючи, що найважливіші активи отримають найвищий рівень захисту.

Загальна методологія проведення такої оцінки захищеності ОКІ включає кілька ключових етапів:

- ідентифікація ОКІ в частині його функціонального призначення для розуміння типу нормативної бази, яка до нього застосовується;
- виявлення недоліків (порушень), щодо базових вимог пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту на критичних елементах, які забезпечують функціонування ОКІ;
- оцінка вразливостей, їх взаємозв'язки з основними показниками безпеки та потенційні наслідки;
- формулювання висновків щодо фактичного стану захищеності ОКІ та рекомендацій щодо його покращення.

Наступними етапами для підвищення захисту ОКІ можуть бути розробка плану усунення недоліків для зниження ризиків, сама процедура усунення та регулярний контроль за станом безпеки об'єкту, оцінка змін у рівні загроз або вразливостей.

Якщо виявлені невідповідності (порушення) в частині забезпечення виконання вимог діючих НД та нормативно-правових актів з питань ПБ, ТБ, ЦЗ (індивідуальної концепції протипожежного захисту ОКІ) були усунуті суб'єктом господарювання у продовж першого етапу оцінювання та збору інформації щодо об'єкту, але не більше 3-х діб з дня їх виявлення, то вони ідентифікуються як несуттєві та не враховуються під час проведення оцінки стану захищеності об'єктів критичної інфраструктури.

Слід відзначити, що важливим етапом оцінювання стану захищеності ОКІ є аналіз залежностей впливу виявлених недоліків та визначення рівня критичності і вразливості ОКІ в

частині «Пожежної та техногенної безпеки» та «Цивільного захисту». Даний етап оцінки слід проводити в разі виявлення невиконання вимог чинних НД та нормативно-правових актів (індивідуальної концепції протипожежного захисту) з визначених питань безпеки. Після чого будується матриця взаємозв'язків та визначається бал критичності та вразливості об'єкту, виставляються експертні оцінки щодо взаємозв'язків виявлених порушень, які виявлені та їх вплив відносно основних вимог. В разі, якщо відносний загальний показник стану захищеності ОКІ за переліком визначених вимог щодо забезпечення «Пожежної та техногенної безпеки» та «Цивільного захисту» склав до 10% йому присвоюється оцінка стану захищеності «Обмежено забезпечує», а якщо більше 10% йому присвоюється оцінка стану захищеності «Не забезпечує».

Таким чином, на основі діючих нормативно-правових актів України та зарубіжного досвіду, обґрунтовано та систематизовано базові критерії для можливості реалізації проведення оцінювання стану захищеності ОКІ із врахуванням їх функціонального призначення та галузі діяльності. Оцінено рівні стану основних складових ОКІ, за яких зберігається їх можливість забезпечують захист для персоналу, стійкість до зовнішніх загроз, умови для обмеження впливів прогресуючих негативних наслідків та здатність функціонувати в умовах зовнішніх дестабілізуючих чинників. Розроблено загальну методологію процедури оцінки стану захищеності ОКІ, яка дозволяє ідентифікувати ризики, ступінь вразливості та потенційні загрози, що можуть вплинути на функціонування критично важливих систем ОКІ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 4 серпня 2023 р. № 818. Деякі питання паспортизації об'єктів критичної інфраструктури [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/818-2023-%D0%BF#Text> (08.11.2024 р.)
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури [Електронний ресурс] / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-%D0%BF#Text> (08.11.2024 р.)
3. Захист критичної інфраструктури: проблеми та перспективи впровадження в Україні. Аналітична доповідь. Бірюков Д. С., Кондратов С. І. [Електронний ресурс] / Національний інститут стратегічних досліджень. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2012-09/zah_ynfrastr-b98c0.pdf (08.11.2024 р.)
4. Labaj L., Bencie L. The CARVER target analysis and vulnerability assessment methodology: A practical guide to evaluating security vulnerabilities. Security Management International/SMI Media., 2018. p. 188.

УДК 614.844

ПОЖЕЖНА ТА АВАРІЙНО РАТУВАЛЬНА ТЕХНІКА ДЛЯ ГАСІННЯ НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИН ТА ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

Ю. Е. Павлюк, к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Під час будівництва, експлуатації та капітального ремонту свердловини в наслідок різних чинників трапляються складні техногенні аварії – відкриті нафтогазові фонтани. Вони потребують для ліквідації великих матеріальних витрат та надлюдських зусиль. Ці аварії здійснюють масштабний негативний вплив на всі складові навколишнього природного середовища, несуть загрозу сільськогосподарським угіддям та населеним пунктам, які розташовані поблизу аварії. У даній роботі розглянуто застосування спеціалізованого

обладнання для скорочення термінів ліквідації пожеж відкритого фонтану та зменшення негативного впливу на довкілля.

Гасіння пожеж нафтогазових фонтанів є складною надзвичайною ситуацією техногенного характеру, ліквідація якої пов'язана зі значними фінансовими витратами, залученням великої кількості пожежної техніки та особового складу. Відкриті газові фонтани за потужністю поділяються на:

- невеликі з дебітом менш 0,5 млн. м³/добу газу та менш 100 т нафти;
- середні з дебітом (0,5÷1,0) млн. м³/добу газу та (100÷300) т нафти;
- потужні з дебітом (1,0÷10,0) млн. м³/добу газу та (300÷1000) т нафти;
- великої потужності з дебітом більше 10 млн. м³/добу газу та більше 1000 т нафти.

Практика показує, що частота аварій і пожеж на нафтогазових свердловинах становить у середньому 0,12 випадків на 100 свердловин. Для гасіння пожеж нафтогазових фонтанів розроблено не менше десяти різних методів.

Велика кількість сучасних способів гасіння зумовлена, з одного боку, винятковою складністю технічної проблеми, багатофакторністю і розмаїтістю конкретних ситуацій на таких пожежах, а з іншого боку — обмеженою ефективністю кожного із цих способів. У залежності від типу нафтових та газових фонтанів наведено основні методи гасіння пожеж:

— накачування води у свердловину або закриття засувки превентора та противикидного устаткування;

- використання струменів автомобілів газоводяного гасіння;
- імпульсна подача порошку спеціальними установками;
- застосування водяних струменів з лафетних стволів;
- детонація заряду вибухівки;
- вихоропорошковий спосіб;
- вогнегасний порошок із залученням пожежних автомобілів;
- комбінований спосіб.

В Україні та у країнах зарубіжжя для гасіння пожеж відкритих нафтогазових фонтанів найчастіше застосовуються лафетні стволи (гідромонітори), автомобілі газоводяного гасіння (АГВГ), пневматичні порошкові полум'яподавлювачі (ППП).

Лафетні стволи застосовуються для гасіння газових, газоконденсатних і нафтових фонтанів невеликої потужності, оскільки мають встановлюватися на відстані близько 15 м, що в умовах сильного теплового випромінювання палаючого фонтану з великим дебітом неприпустимо. Для гасіння потужніших фонтанів (середньої потужності), коли використовується значна кількість лафетних стволів, подачу водяних струменів здійснюють у два яруси. Струмені води, що подаються з лафетних стволів, скеровуються на гирло свердловини до основи потоку фонтану. Після цього водяні струмені синхронно піднімають угору вздовж стовпу полум'я до повного його відриву від свердловини. Автомобілі газоводяного гасіння АГВГ-100 і АГВГ-150 застосовуються для гасіння пожеж усіх видів фонтанів, але найчастіше для гасіння потужних фонтанів. Газоводяні струмені, створювані цими установками, — це інертна суміш відпрацьованих газів турбореактивного двигуна й розпиленої води, концентрація кисню в якій не більше 14%. У залежності від відстані до сопла вміст кисню збільшується і на робочій відстані 12—15 м становить 17—18%. Експериментально встановлено, що газоводяний струмінь має високий охолоджувальний ефект, наприклад: подача 60 л/с води (АГВГ-100) протягом 5 хв. знижує температуру фонтанних арматур з 950...100—150 °С. Ефективність гасіння залежить від частки води в струмені та має оптимальне значення при подачі 55—60 л/с. Пневматичні порошкові полум'яподавлювачі ППП-200 застосовуються для гасіння пожеж фонтанів великої потужності. Гасіння пожежі відбувається завдяки впливу на палаючий факел розпиленого порошку, викид якого зумовлений енергією стисненого повітря. У зоні горіння фонтану протягом короткого часу (1-2 с) за допомогою імпульсного заряду створюється вогнегасна концентрація порошку шляхом спрямованого залпового викиду. Подібний принцип

реалізується і в установках на базі танкових шасі Т-62: Імпульс-1, Імпульс-2, Імпульс-3, а також Імпульс-Шторм. Машини мають 50 стволів (Імпульс-1 - 40 стволів), до кожного з них заряджається по 30 кг порошку. Установа Імпульс-Шторм здатна подати до вогнища пожежі за 4 секунди 1,5 тонни вогнегасного порошку. Основною відмінністю цієї установки є потужний удар на осередок пожежі вогнегасними ефектами, що досягаються використанням спеціальних порошкових сумішей. У світовій практиці найбільшого поширення отримали методи ліквідації відкритих нафтових і газових фонтанів з попереднім гасінням полум'я й подальшою ліквідацією фонтануючої свердловини як об'єкта видобутку. Варто зазначити, що у всіх перерахованих способів є спільний недолік — невелика дальність подачі вогнегасної речовини, що неприпустимо в умовах високого теплового випромінювання газового факелу. Таким чином, для гасіння пожеж газових фонтанів найперспективнішою є розробка пристроїв, здатних забезпечувати подачу вогнегасних сумішей з відстаней, безпечних для особового складу за умов теплового випромінювання.

В даній роботі розглянуто один із найбільш розповсюджених способів – гасіння за допомогою автомобілів газководяного гасіння.

У переліку основних пожежних автомобілів цільового застосування автомобілі газководяного гасіння (АГВГ «АГВТ») займають особливе місце. Це обумовлено як областю їх застосування, так і специфікою механізму гасіння пожеж.

Згідно ДСТУ-2273 автомобіль газководяного гасіння – це автомобіль комбінованого гасіння, призначений для подавання водних вогнегасних речовин з використанням газового струменя.

Основою агрегату АГВГ є турбореактивний двигун (ТРД). Здатність двигунів такого типу створювати потужний направлений потік газів, які володіють великою кінетичною енергією, знайшла застосування в установках для гасіння пожеж нафтових та газових фонтанів. При згорянні пального турбіна створює потік відпрацьованих газів з пониженою вмістимістю кисню. В газовий потік за допомогою стаціонарно-встановлених лафетних стволів подається вода. Якщо в струмінь відпрацьованих газів ввести воду, то в результаті дії енергії газового потоку виникає подрібнення її до дрібнодисперсного струменя. При цьому знижується температура газового потоку та підвищується його вогнегасна ефективність. Саме газководяний потік являється вогнегасним засобом. Висока швидкість викиду відпрацьованих газів обумовлює гідродинамічний відрив полум'я. Механізм гасіння газководяним потоком заснований на зниженні температури в зоні горіння, а також розбавленні горючих парів і газів інертними.

Пожежні автомобілі газководяного гасіння призначені для гасіння пожеж газових та нафтових фонтанів за допомогою подачі на палаючий фонтан потужного струменя газководяної суміші. Автомобілі використовуються в комплексі з пожежними насосними станціями (автоцистернами), які забезпечують подачу води до АГВГ, забираючи воду із вододжерел.

АГВГ представляють собою шасі вантажного автомобіля, на платформі якого встановлюють авіаційну турбіну.

Вперше АГВГ був застосований в 1967 році, при успішному гасінні пожежі нафтового фонтану з дебітом 6000 т/добу. З того часу гасіння нафтових і газових фонтанів здійснюється в переважно із залученням АГВГ.

Для раціонального гасіння пожеж АГВГ повинен відповідати наступним вимогам:

- базове шасі високої прохідності та підвищеної вантажопідйомності;
- велика тяга ТРД із видачею великої кількості відпрацьованих газів;
- регулювання напрямку вогнегасного струменя у вертикальній та горизонтальній площинах;
- забезпечення дистанційного керування напрямом вогнегасного струменя;
- укомплектування пристроями забезпечування стійкості автомобіля при його роботі.

Окрім серійного автомобіля АГВГ-100 в підрозділах ДСНС України знаходяться в експлуатації автомобілі газководяного гасіння, виготовлені в пожежних загонах або частинах технічної служби.

Ці автомобілі відрізняються від серійного типами і марками турбореактивних двигунів. На деяких встановлюються по два турбореактивні двигуни, що значно підвищує їх тактичні можливості

У світовій практиці найбільшого поширення отримали методи ліквідації відкритих нафтових і газових фонтанів з попереднім гасінням полум'я й подальшою ліквідацією фонтануючої свердловини як об'єкта видобутку. Варто зазначити, що у всіх перерахованих способів є спільний недолік — невелика дальність подачі вогнегасної речовини, що неприпустимо в умовах високого теплового випромінювання газового факелу. Таким чином, для гасіння пожеж газових фонтанів найперспективнішою є розробка пристроїв, здатних забезпечувати подачу вогнегасних сумішей з відстаней, безпечних для особового складу за умов теплового випромінювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дії підрозділів ДСНС України в умовах воєнного стану : Навчальний посібник / Мирослав КОВАЛЬ, Сергій КРУК, Дмитро БОНДАР, Володимир ДЕМЧУК, Дмитро ЧАЛИЙ, Віталій ГРИНЬКО та ін. Львів : ЛДУБЖД, 2023. 308с.
2. Руденко Д.В., Попович В.В. Пожежні автомобілі цільового призначення. Навчальний посібник. Львів. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2019. 194 с.
3. Ларін О.М., Баркалов В.Г., Виноградов С.А., Калиновський А.Я., Семків О.М. Пожежні машини: навч. посіб. Х.: НУЦЗУ, КП "Міська друкарня", 2016. с. 279.
4. Продукція протипожежного, рятувального та спеціального призначення "Пожмашина" URL: www.pkpm.com.ua

УДК 699.8

ЗАХИСТ ПРАЦІВНИКІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

М. О. Попчук, М. З. Лаврівський

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У зв'язку з повномасштабною військовою агресією російської федерації проти України, військові дії ворогом спрямовані на об'єкти, які є життєво важливими для нормального функціонування країни. Питання забезпечення безпеки для населення набуває все більшого значення для сучасного суспільства, на тлі постійного технологічного розвитку та систематичних обстрілів і руйнувань об'єктів критичної інфраструктури, що призводить до перебоїв у наданні базових послуг населенню.

Об'єкти критичної інфраструктури - об'єкти інфраструктури, системи, їх частини та їх сукупність, які є важливими для економіки, національної безпеки та оборони, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим національним інтересам.[1]

Одним із важливих завдань є удосконалення захисту працівників стратегічних об'єктів, проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт у разі ракетних обстрілів даних об'єктів, а також надзвичайних ситуацій, пов'язаних із пошуками потерпілих під завалами. Захист населення, що працює на особливо важливих об'єктах є ключовим фактором забезпечення національної безпеки та добробуту громадян. Покращення захисту саме для цієї категорії населення є обґрунтованим, тому що ризик обстрілу таких об'єктів є достатньо високим.

Варто взяти до уваги саме об'єкти критичної енергетичної інфраструктури, через те що наслідки їх руйнування та пошкодження є найбільш помітними для цивільного населення. Зі

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

сторони безпекових питань, у відкритому доступі немає статистики критично важливих об'єктів, проте можемо проаналізувати ситуацію, яка склалася в нашій державі: створення та реалізація графіків аварійних та превентивних відключень електроенергії. До того ж, у вільному доступі є численні звіти, в рамках яких оцінені прямі збитки – шкода, завдана фізичній інфраструктурі України внаслідок війни.

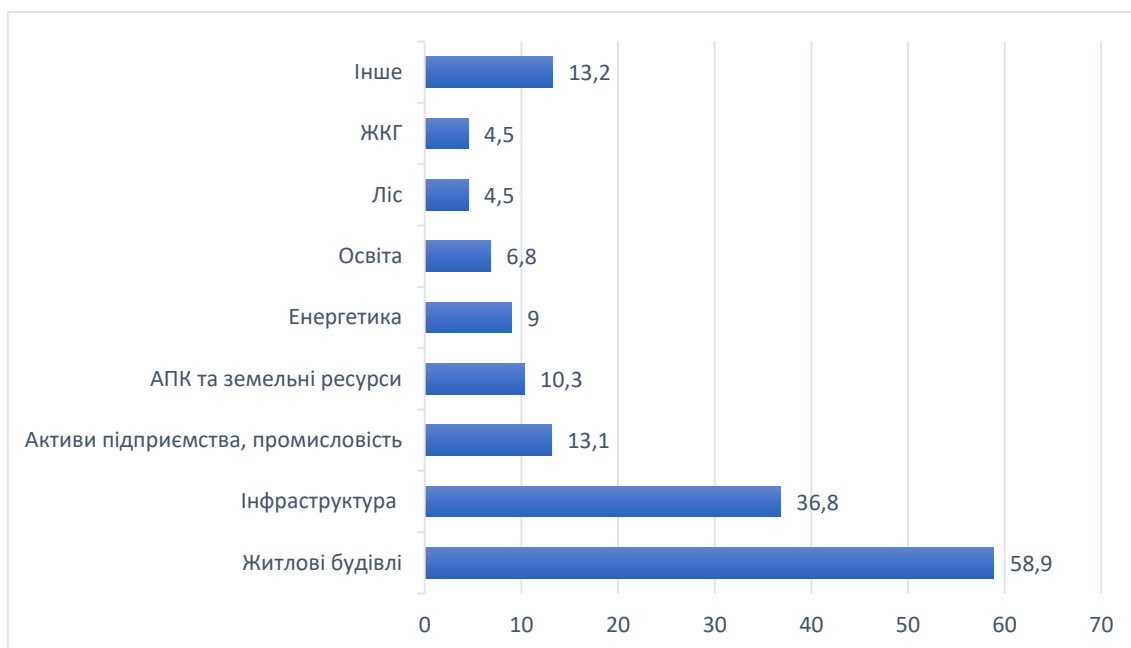


Рисунок 1 – Прямі збитки від руйнувань та пошкоджень за секторами, \$ млрд

Щодня російська федерація здійснює ракетні обстріли по містах нашої держави, через що страждають різні сфери. Київська школа економіки розробила звіт щодо прямих збитків від руйнувань та пошкоджень за секторами. Наведені дані вкотре доводять, що інфраструктура, а також енергетика з початку повномасштабного вторгнення зазнає чимало збитків. [2]

Вирішенням проблеми, щодо захисту працівників об'єктів, критично важливих для нормального функціонування нашого населення, може бути облаштування укриття. Проект Resq Pods розробив рішення для розв'язання проблемного питання щодо захисту працівників критичної інфраструктури та енергетичної галузі, які не мають можливості залишати свої робочі місця під час обстрілів та ракетних небезпек. Рятувальна капсула («подс») — це конструкція з подвійною металеву оболонкою, яка всередині наповнена спеціальним полімером та надає здатність витримати обвал багатоповерхової будівлі, отримати надійний захист та можливість дочекатися порятунку людині всередині.

Капсула розміром 75×75 см, висотою 220 см та вагою в 400 кг, розроблена з урахуванням архітектурних особливостей будівель і пристосована для розміщення всередині житлових і нежитлових приміщень. Також продуктивний дизайн капсули розроблений з урахуванням фізіологічних особливостей людини та забезпечення базових людських потреб.

Всередині пристрою розташовані:

1. Система вентиляції. У капсулі розміщено вентиляційні отвори та два фільтри, які здійснюють повітрообмін та очищення повітря від диму, пилу й інших чинників, що можуть становити загрозу для дихання людини.

2. Автоматизована система для аналізу рівня вуглекислого газу та диму, яка при кризовій ситуації автоматично вмикає систему вентиляції. Компанія використовує технічні рішення Ajax.

3. Біпери (датчики) для сигналізування рятувальникам місцеперебування капсули.

4. Радіостанція для зв'язку з рятувальними службами та пошуковими бригадами.

5. Запаси їжі та води для підтримки життєдіяльності людини. [3]

Ця капсула пройшла випробування: падіння з двоповерхової будівлі, серію вибухів потужністю 40 кг у тротиловому еквіваленті та перевірку високими температурами. Попри успішні результати експериментів технології вдосконалюються.

Ще однією компанією, яка пропонує свої послуги на ринку України є «БУНКЕР-ОК». Компанія займається реалізацією укриттів, що прийшли випробування на полігоні, та на відміну від рятувальної капсули призначені для групи осіб.

Розглядаючи це питання слід не забувати й про іншу частину населення нашої держави, яка потребує захисту в сьогоденних реаліях. Запропоновані варіанти вирішення проблеми, варто застосувати у всіх можливих напрямках, проте почати саме з працівників об'єктів критичної інфраструктури є аргументованим рішенням, так як переважно на цей сектор спрямована агресія держави-терориста. Також, у разі виникнення надзвичайної ситуації, спричиненої військовою агресією, дані рішення допоможуть рятувальникам під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт пов'язаних з пошуком потерпілих під завалами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про критичну інфраструктуру». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>
2. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf.
3. Офіційна сторінка компанії ResqPods. URL: <https://resqPods.com/>
4. Національна рада з відновлення України від наслідків війни Проект Плану відновлення України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf>

УДК 502/504:628.4:692

ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА ВІДХОДІВ ВІД РУЙНУВАНЬ ЯК НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

*Т. К. Скиба, Попович В. В., д.т.н., професор
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Однією з найбільших екологічних проблем людства є техногенно небезпечний вплив компонентів сміттєзвалищ на атмосферне повітря, водні об'єкти та ґрунти [1, 2]. Проблема відходів для України є однією з головних, що потребує якісних та швидких рішень та реформ. Нове законодавство у сфері поводження з відходами містить комплекс норм та заходів, які є основою для покрокового покращення стану даної галузі. Також необхідною складовою є система штрафних санкції за неправильне поводження з відходами, як показує закордонний досвід. В Україні функціонує понад 6000 звалищ із загальною площею понад 9 тис. га, з яких 22% не відповідають стандартам екологічної безпеки [3].

Повноцінна реалізація необхідних заходів у повному обсязі неможлива на даний момент у зв'язку із повномасштабним вторгненням росії на територію України. Серед ключових екологічних проблем, викликаних бойовими діями, важливо зосередити увагу на питаннях відходів (рис.1.). Накопичення відходів та відсутність їх утилізації можуть призвести не лише до екологічних криз, але й до захворювань населення і навіть до епідемій.

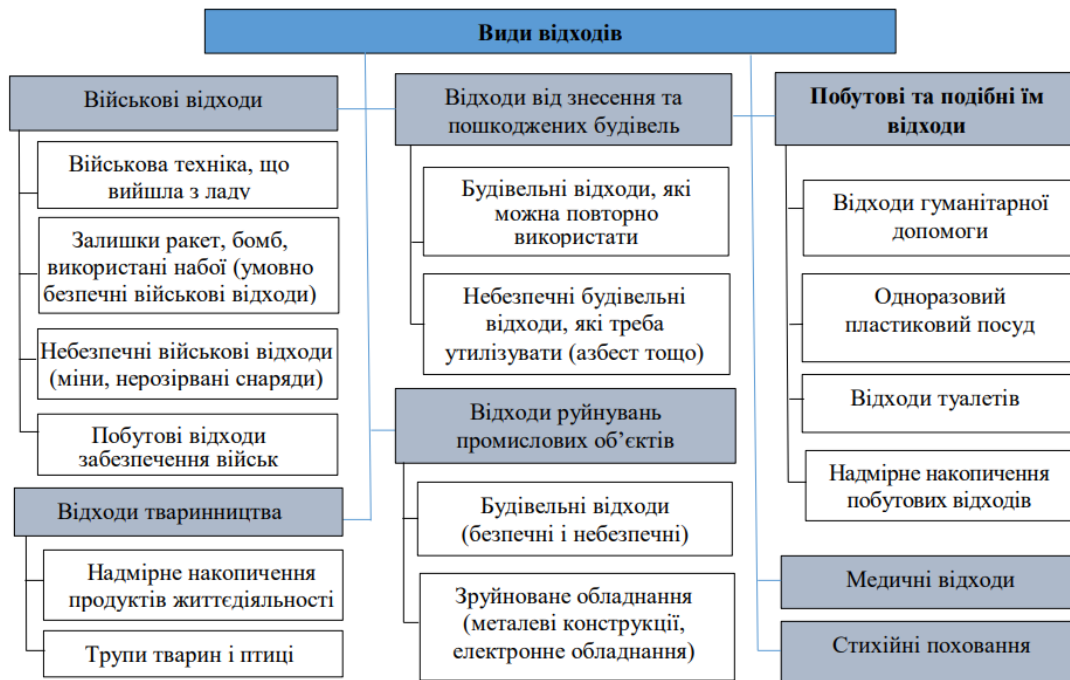


Рисунок 1 – Види відходів, що масово утворюються внаслідок воєнних дій на території України [4]

У законодавстві чітко визначено поняття відходів від руйнувань, зокрема це частини (уламки) пошкоджених (зруйнованих) об'єктів, а також матеріали, предмети, які були всередині або поряд з такими об'єктами у момент пошкодження (руйнування) та/або виконання робіт з демонтажу та які повністю або частково втратили свої споживчі властивості та не можуть у подальшому використовуватись за місцем їх утворення чи виявлення. Для їх розміщення мають бути створені та обладнані місця тимчасового зберігання [5].

Російська військова агресія на території України спричинила руйнування або часткове пошкодження житлових будівель та інших об'єктів як військової, промислової (енергетичні об'єкти, нафтобази, заводи, фабрики) так і цивільної інфраструктури (супермаркети, ресторани, залізничні й автовокзали тощо). Масштаби цих руйнувань настільки великі, що багато з пошкоджених об'єктів не підлягають відновленню.

За даними Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України, станом на квітень 2024 року в Україні утворилося всього біля 223,23 тис. тонн відходів від руйнувань (рис. 2). Також в Київській – 189229,4 тонн, Чернівецька область подала інформацію про кількість утворених відходів у об'ємі 36092,6 метрів кубічних, по Вінницькій, Волинській, Закарпатській, Луганській, Полтавській, Херсонській областях інформація була відсутня [6]. Проте варто наголосити, що значна територія є окупованою, замінованою або без доступу чи можливості фіксації наслідків руйнувань.

Аналізуючи широкий спектр утворених відходів руйнації, бачимо, що вони можуть бути небезпечними для населення та довкілля не лише у нинішній час, але й у майбутньому. Існує значний ризик через швидке поширення канцерогенних, токсичних або радіоактивних речовин внаслідок пожеж чи влучання ракет або розриву боєприпасів на території промислових підприємств, нафтобаз, підстанцій, заводів, медичних закладів та інших установ. Це спричиняє забруднення ґрунтового покриву та сільськогосподарських угідь, повітря, водних та лісових екосистем, знищення рослинного та тваринного світу. Враховуючи те, що бойові дії тривають уже значний період, постійно зростає кількість викидів у довкілля та утворених відходів, то даний вплив безпосередньо може змінювати клімат.

Майданчиків тимчасового зберігання утворених від руйнувань відходів недостатньо, особливо у прифронтових та у Київській областях. Тому інколи відходи лишаються на місцях, де вони утворилися, або вивозяться на полігони побутових відходів. Найбільший відсоток

відходів від руйнувань складають будівельні відходи. Вони потребують якісного сортування та утилізації. Перероблення будівельних відходів у всьому світі є досить прибутковою галуззю, тому має високі показники у більшості країн Європи. Перспективні шляхи утилізації відходів, наприклад бетону, вже досліджуються науковцями [7].

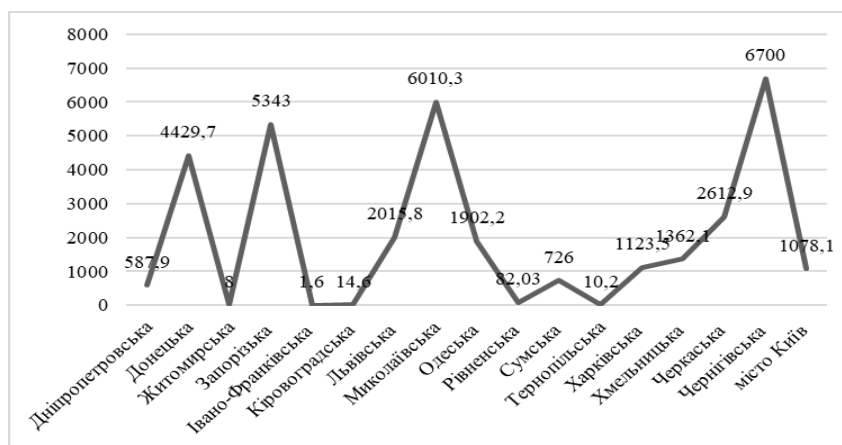


Рисунок 2 – Кількість утворених відходів внаслідок руйнувань в Україні станом на квітень 2024 року [6]

Наслідки війни руйнівні впливають на всі сфери життя, змушуючи шукати шляхи для запобігання та зменшення шкоди від відходів, що виникли через пошкодження будівель, споруд і промислових об'єктів внаслідок бойових дій. Ефективні методи збирання та утилізації таких відходів, використання міжнародного досвіду та інвестицій допоможе запобігти небезпечним наслідкам подальшого впливу на довкілля та здоров'я населення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ecological Successions of Urban Landfills of the Western Forest Steppe of Ukraine / V. Popovych et al. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2024. Vol. 25, no. 7. P. 225–233. URL: <https://doi.org/10.12912/27197050/188601>.
2. Dose rate of the landfills of North-West Podillya (Ukraine) / T. Skyba et al. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Proceedings SGEM 2020*. 2020. URL: <https://doi.org/10.5593/sgem2020/5.1/s20.033>.
3. Floristic and ecological structure of the landfill vegetation in the Western Forest Steppe of Ukraine / V. V. Popovych et al. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024. No. 4. P. 99–105. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/099>.
4. Tokarchuk D. Features of waste formation and its management during the hostilities: the experience of Ukraine. *"Economy. Finances. Management: topical issues of science and practical activity"*. 2022. No. 2(60). P. 109–122. URL: <https://doi.org/10.37128/2411-4413-2022-2-8>.
5. Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України : Постанова Каб. Міністрів України від 27.09.2022 № 1073: станом на 29 серп. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-п#Text>.
6. Стан поводження з відходами від руйнувань в Україні станом на квітень 2024 року – Екологія Право Людина. *Екологія Право Людина*. URL: <https://epl.org.ua/announces/stan-povodzhennya-z-vidhodamy-vid-rujnuvan-v-ukrayini-stanom-na-kviten-2024-roku/>.

7. Palii O. Environmental aspects of utilization of destruction waste in Ukraine: using recycled material for sustainable construction. *Ecological Sciences*. 2024. Vol. 1, no. 1 (52). P. 84–88. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.12>.

УДК 614.835

ПРОФІЛАКТИКА ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

*Н. О. Ференц, к.т.н., доцент, О. Ю. Пазен, к.т.н.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Об'єкти нафтогазового комплексу характеризуються високою вибухопожежною небезпекою. Статистичні дані про пожежі у резервуарних парках свідчать про слабку стійкість резервуарів до вибухів і теплового впливу пожежі, що у 30 % випадків призводить до порушення цілісності або до руйнування. Це спричиняє прогресуючий розвиток пожеж – розлив рідин, виникнення нових осередків горіння, вибухів, що значно збільшує тривалість гасіння, а іноді і взагалі не дає можливість вести боротьбу з вогнем.

Мета роботи – аналіз нормативних вимог щодо зберігання ЛЗР та ГР на об'єктах нафтогазового комплексу.

В умовах війни внаслідок ракетно-артилерійського обстрілу нафтобаз та складів паливо-мастильних матеріалів виникають руйнування та пошкодження значної кількості резервуарів, споруд і технологічних комунікацій, що супроводжується масштабними пожежами. Під час пожеж в резервуарних парках спостерігається: руйнування резервуарів внаслідок пожежі, розлив та розповсюдження нафтопродуктів на значну площу, у тому числі через відсутність в окремих випадках обвалування резервуарних парків; вилив нафтопродуктів з резервуарів внаслідок прогрівання та спінювання; викид з резервуарів темних нафтопродуктів внаслідок прогрівання; утворення в пошкоджених резервуарах зон, що ускладнюють подачу вогнегасних речовин унаслідок обвалення покрівлі; щільне теплове випромінювання від резервуара, що горить, потужні конвективні потоки продуктів горіння та зміна їх напрямків залежно від метеорологічних умов; швидкий розвиток пожежі та поширення вогню технологічними лотками, каналізаційними та іншими системами; пошкодження резервуарів внаслідок розльоту уламків ракет і витікання з них нафтопродуктів.

Розливи нафти і нафтопродуктів належать до найбільш небезпечних за наслідками аваріями у резервуарних парках нафти і нафтопродуктів. Від площі розлитої рідини залежить кількість пари, яка випарується з розливу, і бере участь у вибуху, а також кількість сил та засобів, що залучаються до гасіння пожежі.

В методиці розрахунку висоти обвалування [1] вказано, що вільний від забудови об'єм обвалованої території, який утворюється між внутрішніми відкосами обвалування, повинен прийняти розрахунковий об'єм рідини, яка розлилась, що дорівнює одному найбільшому по об'єму резервуару в групі. Однак, під час ракетних обстрілів руйнується не лише один з резервуарів і нафтопродукти можуть розтікатися за межі резервуарного парку та створювати загрозу поширення пожеж на сусідні об'єкти і населені пункти. Трагічною була пожежа у Немишлянському районі Харкова 9 лютого 2024 року, коли російські безпілотники влучили по нафтобазі, внаслідок влучання стався витік пального, через що спалахнула пожежа, у якій згоріло семеро людей і щонайменше 15 будинків.

Навіть у мирний час при гасінні складів нафтопродуктів гинуть люди. Пожежа на нафтобазі у Васильківському районі Київської області, спричинена вибухом і подальшим займанням нафтопродуктів почалася 8 червня 2015 року і тривала 8 днів, внаслідок пожежі на нафтобазі загинуло шестеро осіб, із них четверо – пожежники, 18 осіб травмовано Причиною

загибелі були вибухи резервуарів. Для резервуарів на вказаній нафтобазі не передбачено стаціонарних установок охолодження.

Згідно з [1] стаціонарною установкою охолодженням слід обладнати: наземні резервуари зі стаціонарною покрівлею або понтоном об'ємом 5000 м³ і більше та резервуари з плаваючою покрівлею об'ємом 50000 м³ і більше. Однак, наявність стаціонарних установок охолодження на резервуарах з об'ємом меншим за вказані могла б врятувати життя пожежників.

В оцінці вибухопожежонебезпеки технологічних процесів: ймовірнісний і детермінований. Ймовірнісний підхід базується на розрахунку можливості досягнення певного рівня вибухопожежонебезпеки об'єкта. Прикладом такого підходу є положення ДСТУ 8828-2019 [2], у якому, на підставі заданого рівня вибухопожежонебезпеки регламентується рівень пожежної безпеки об'єкта, тобто рівень систем запобігання пожежі і протипожежного захисту, що у сукупності повинні виключати вплив на людей небезпечних чинників пожежі. Можливість впливу зазначених чинників не повинна перевищувати нормативну, що дорівнює 10^{-6} в рік у розрахунку на кожну людину, можливість виникнення пожежі також не повинна перевищувати 10^{-6} в рік в одиничному виробі. Оскільки, вибухопожежонебезпека будь-якого об'єкта визначається вибухопожежонебезпекою його складових частин (технологічних апаратів, установок, приміщень) дана система оцінки не знайшла застосування в практиці визначення рівня безпеки об'єкта через «громізdkість».

Детермінований метод базується на певній кількісній диференціації приміщень і будівель на категорії [3]. У ДСТУ Б В.1.1-36:2016 вказано [3], що кількість речовин, що потрапили до приміщення і можуть утворювати вибухонебезпечні газо- або пароповітряні суміші, визначають за умови, що відбувається розрахункова аварія одного з апаратів. Однак, в реальних умовах руйнування одного апарата спричиняє прогресуючий розвиток пожежі. Таким чином, розрахункова аварія одного з апаратів не відповідає реальним подіям.

Вимоги до протипожежного проектування підприємств, будівель та споруд нафтопереробної і нафтохімічної промисловості було викладено у НАПБ Б В 07.003-88/112 (ВУПП-88). Проте, вказаний документ скасований згідно з розпорядженням Кабінету міністрів України від 18.12.2017р. №1022 і на даний час новий документ відсутній.

Будівельні норми і правила (СНіП 2.09.02-85*) [4], які чинними є в Україні, видані ще у 1985 році і потребують оновлення.

Наказом від 28.12.2022 № 285 Державним підприємством «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» прийнято як національний стандарт ДСТУ EN 61882:2022 (EN 61882:2016, IDT; ІЕС 618821:2016, IDT) «Дослідження безпеки та працездатності (дослідження HAZOP) - посібник із застосування» [5], згідно з яким здійснюється оцінювання безпеки виробничого об'єкта в країнах ЄС і який чинний в Україні від 31.12.2023р.

Таким чином, аналіз нормативних вимог щодо зберігання ЛЗР та ГР на об'єктах нафтогазового комплексу свідчить про недосконалість нормативно-технічної бази та необхідність впровадження вимог стандартів ЄС.

ЛІТЕРАТУРА

1. ВБН В.2.2-58.1-94. Проектування складів нафти та нафтопродуктів з тиском насичених парів не вище 93,3 кПа. [Чинний з 18.03.1994]. Київ: 1994. 196 с. (Інформація та документація).
2. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення [Чинний з 01.01.2020]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с. (Інформація та документація)
3. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою.[Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 31 с. (Інформація та документація).

4. Виробничі будівлі : СНіП 2.09.02–85*. [Чинний з 01.04.2005]. Київ: Держбуд України, 2005. 17 с. (Інформація та документація)

5. ДСТУ EN 61882:2022 (EN 61882:2016, IDT; IEC 61882:2016, IDT) Дослідження небезпеки та працездатності (дослідження HAZOP) - посібник із застосування. [Чинний від 2023-12-31]. Київ, 2023. 62 с. (Інформація та документація).

УДК 614.835

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ ТЕПЛОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ПОЖЕЖІ РОЗЛИТОЇ ОЛИВИ НА ТЕС

Н. О. Ференц, к.т.н., доцент

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Виробниками електроенергії в Україні є атомні, теплові, гідроелектростанції, альтернативні джерела – сонячні і вітрові електростанції. За даними Міністерства енергетики, на початок 2022 року в об'єднаній енергетичній системі України було вироблено 156,5 млрд кВт-год електроенергії.

Загальна структура генерації електричної енергії мала такий вигляд: атомні електростанції – понад 55%, ТЕС та ТЕЦ – 29,3%, ГЕС та ГАЕС – 6,7%, частка відновлюваної енергетики (сонячні, вітрові, біостанції) склала понад 8%. До війни в об'єднаній енергосистемі України функціонували: 4 атомні електростанції, 15 ТЕС, 43 ТЕЦ, 8 великих гідроелектростанцій та 3 ГАЕС [1].

Від початку повномасштабної війни росія продовжує ледь не щодня обстрілювати Україну з повітря. Десятки, а іноді, й сотні ракет і дронів-камікадзе летять по ТЕС, ТЕЦ, підстанціях, спричиняючи пожежі та вибухи. Внаслідок обстрілу об'єктів енергетики руйнуються системи охолодження електроустаткування, системи пожежогасіння, протипожежного водопостачання та пожежної техніки.

Під час пожежі на ТЕС спостерігається руйнування обладнання з оливою – трубопроводів, баків, трансформаторів. Олива, який нагріта до температури 120° С швидко розтікається цехом, її пара може займатися від полум'я форсунок або від потрапляння на нагріте обладнання. Незахищені металеві колони будинків та каркас котельних агрегатів піддаються деформації впродовж 10...12 хв.

У машинних залах розвиток пожеж зумовлений значною висотою, великою площею покриттів, наявністю великої кількості оливи у системах змащування та регулювання турбогенераторів. Під час пошкодження оливопроводів систем змащування може зайнятися олива, що знаходилось під високим тиском, створивши потужний палаючий факел.

При короткому замиканні в результаті дії електричної дуги на трансформаторну оливу можливе утворення горючих газів, що призводить до вибухів та руйнування трансформатора, розтікання палаючої оливи по площі обвалування; полум'я може проникати у приміщення розподільчого пристрою та кабельні тунелі, складати загрозу сусіднім установкам і трансформаторам.

При горінні розливої горючої рідини основним вражаючим чинником (крім безпосереднього впливу продуктів горіння) є тепловий вплив полум'я на людей, об'єкти і матеріали впродовж ефективного часу експозиції.

Інтенсивність теплового випромінювання для пожежі розливу горючої рідини, ефективний діаметр розливу, висоту полум'я обчислювали згідно з ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [2].

Результати розрахунку показників вражаючої дії теплового випромінювання при пожежі розлитої оливи приведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика вражаючої дії теплового випромінювання при пожежі розлитої оливи

Найменування обладнання, у якому знаходиться трансформаторна олива	Площа розливу оливи, F, м ²	Питома масова швидкість вигорання оливи, m, кг / (м ² .с)	Ступінь ураження					Висота полум'я, H, м	Ефективний діаметр розливу, d, м
			Без негативних наслідків впродовж тривалого часу	Без негативних наслідків для людини в брезентовому одязі	Нестерпна біль, 30 с		Займання деревини при 15 хвилинах опромінення		
					Опіки I – II ст.	Нестерпна біль, 5 с			
			Інтенсивність теплового випромінювання, кВт/м ²						
			1,4	4,2	7,0	10,5	12,9		
Радіус ураження при тепловому випромінюванні, м									
Баки	894,0	0,04	55,90	36,20	28,92	24,05	21,91	31,49	33,74
Трубопровід насоса	26,67	0,04	12,44	7,60	5,84	4,66	4,15	9,29	5,83
Приймальний бак	3,33	0,04	5,14	3,03	2,26	1,76	1,54	4,51	2,06
Трансформатор зв'язку	60,00	0,04	17,52	10,88	8,45	6,81	6,09	12,32	8,74

Для аварії, яка спричинена повною або частковою розгерметизацією баку з оливою силових трансформаторів розрахований час витікання рідини з піддона τ (с) в підземний аварійний резервуар при таких початкових даних: об'єм трансформаторної оливи в баку трансформатора № 1 – 32,2 м³; об'єм трансформаторної оливи в баку трансформатора № 2 – 34,2 м³; площа піддона 60 м²; діаметр зливного отвору 0,1 м; місткість аварійного резервуара 60 т. Розрахунковий час витікання рідини з піддона трансформатора № 1 становить 35,8 хв, з піддона трансформатора № 2 – 36,3 хв.

Таким чином, для зменшення масштабів аварії, зокрема, запобігання втрати стійкості металоконструкцій при розливанні трансформаторної оливи на майданчики обслуговування і її займанні необхідно звести до мінімуму тривалість її витікання, площу розливу оливи трансформаторної і тривалість її горіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Особливості вітчизняного виробництва електроенергії: <https://www.ueex.com.ua/presscenter/news/osoblivosti-vitchiznyanogo-virobnitstva-elektroenergi/>. (дата звернення: 15.11.2024).

2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 2017-01-01]. Київ, 2016. 31 с. (Інформація та документація).

УДК 504.056

КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ХВОСТОСХОВИЩ НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ДОНЕЦЬКОЇ ТА ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ

*О. В. Фомічова, к.х.н., доцент, А. В. Хорошилов
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

Зумисні злочини росіян проти довілля України мають катастрофічні наслідки планетарного масштабу. Військові дії на Донбасі в східному регіоні України спричинили порушення роботи багатьох промислових підприємств, які є джерелами виявленої небезпеки для довілля. Однією із загроз високого ризику є **хвостосховища**, де зберігаються рідкі промислові відходи. Хвостосховище як окремий вид гідротехнічної споруди є одним з основних джерел небезпеки притаманних потенційно небезпечним об'єктам, які при певних умовах можуть спричинити виникнення надзвичайних ситуацій із наслідками різного масштабу для людей та довілля. Основні чинники небезпеки, які можуть бути спричинені внутрішніми та зовнішніми факторами наведені на рисунку 1.

За результатами проведеної ідентифікації на території Донецької та Луганської областей налічується 200 хвостосховищ, які вміщують 939 млн. тонн промислових відходів; із них – 75 об'єктів знаходяться на території, не підконтрольній уряду України [1]. На території Лисичансько-Рубіжансько-Северодонецького промислового вузла розташовано щонайменше три небезпечні об'єкти – накопичувачі заводу «Рубіжанський краситель», відстійники високомінералізованих відходів виробництва кальцинованої соди Лисичанського содового заводу та відстійники ПрАТ «Северодонецьке об'єднання «Азот». Попри те, що перші два підприємства вже багато років не працювали, належної рекультивациі території не було. Ще до початку повномасштабного вторгнення повідомлялося про перетікання неочищених каналізаційних стоків територією заводу «Рубіжанський краситель», про зростання жорсткості і мінералізації підземних вод [2]. Не вдалося знайти дані про те, в якому стані ці об'єкти після бойових дій, чи не відбулися пошкодження їх споруд.

Очисні споруди КП «Рубіжанське ВУВКГ» скидали неочищені та недоочищені води (2,075 млн м³ за 2021 рік), в 2021 році було виявлено факти скидання стоків з перевищенням нормативів ГДК забруднюючих речовин, в 2021 році проводилася перевірка підприємства щодо імовірності зливання неочищених стоків на територію заводу «Краситель», з якої вони потрапляли в Сіверський Донець. Повідомлялося про пошкодження споруд Рубіжанського ВУВКГ під час боїв, хоча детальна інформація відсутня. Рубіжанський хімічний завод НВП «Зоря» виготовляв асортимент пестицидів та інших засобів захисту рослин з потужністю до 6 млн.тн концентратів на рік. На базі підприємства функціонували цех з переробки сирого бензолу, цех виробництва азотної кислоти та концентрування сірчаної, виробництво карбамідформальдегідних та фенолформальдегідних смол і виробів з полімерів. Обсяг скидів очисних споруд заводу за 2021 рік складав 0,645 тис.м³.

Територіальне розташування хвостосховищ в зоні постійних обстрілів об'єктивно унеможливує здійснення належного контролю за станом без фактичної допомоги з боку Збройних сил України, штабу ООС, СЦКК, ДСНС України та СММ ОБСЄ. Проведення робіт в цій зоні можливе тільки після узгодження дотримання режиму припинення вогню як з боку Збройних сил України, так і зі сторони збройних формувань російської федерації.

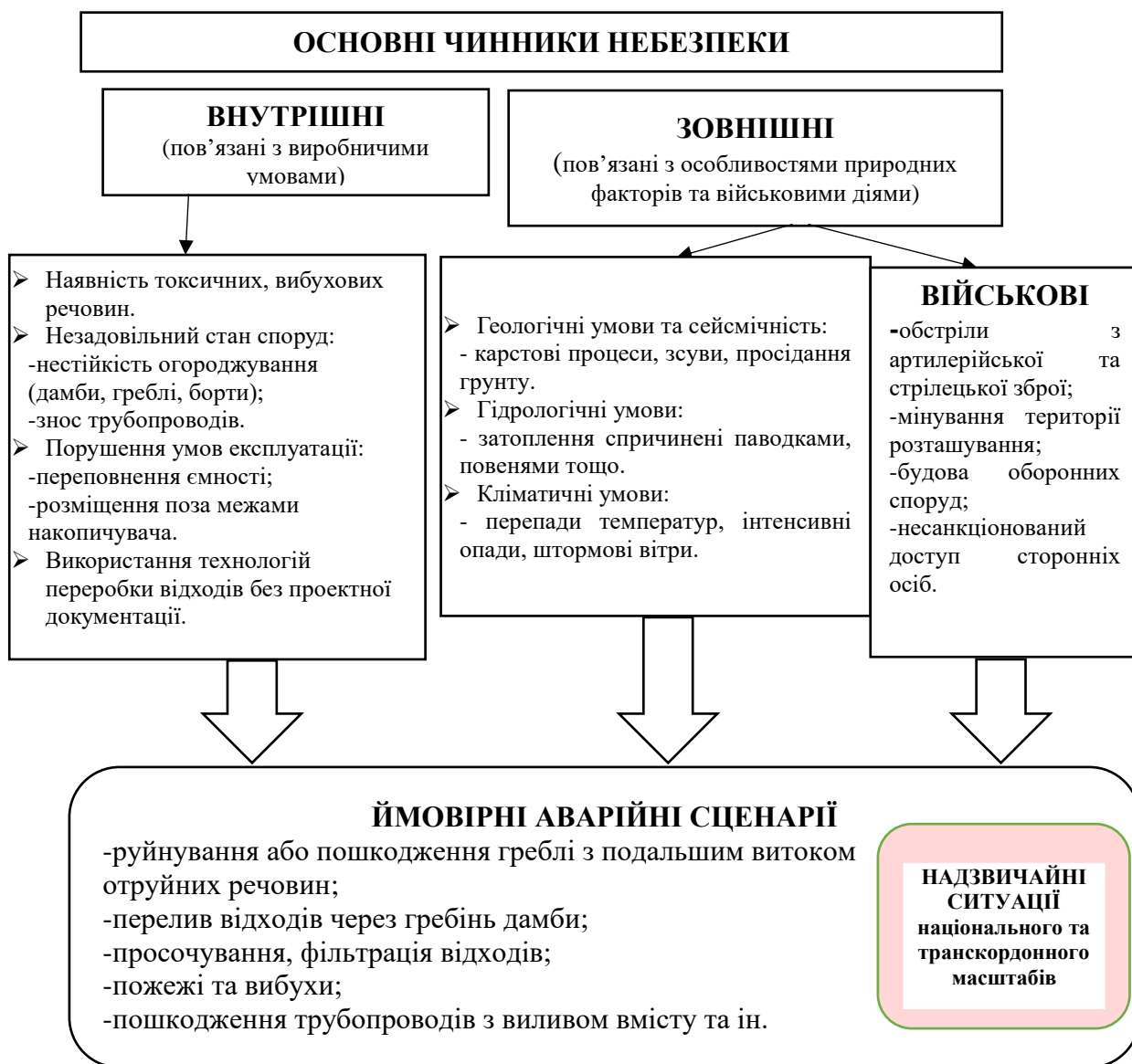


Рисунок 1 – Основні чинники небезпеки хвостосховищ

Затримка оперативного доступу та невиконання своєчасних ремонтних робіт на об'єктах накопичення відходів виробництв підвищує загрозу виникнення НС із катастрофічними наслідками для довкілля (рисунок 2).

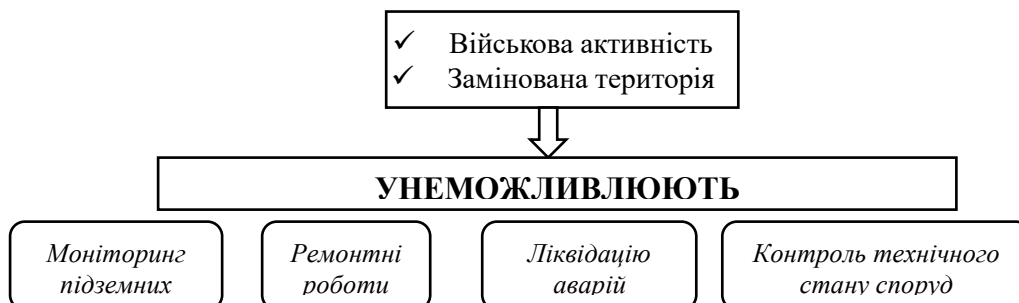


Рисунок 2 – Проблематика безпеки хвостосховищ в зоні бойових дій

Питання безпеки хвостосховищ, які перебувають в зоні бойових дій або у тимчасовій окупації, оточенні (блокуванні) потребують державної та міжнародної підтримки, а саме:

ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

- створення міжвідомчої робочої групи за участі представників центральних та міжнародних організацій задля вирішення як оперативних питань безпеки;
- розмінування територій та ділянок для облаштування мережі спостережних свердловин в районі накопичувача задля моніторингу якості підземних вод;

Наявність зовнішніх та внутрішніх чинників небезпеки хвостосховищ вказує на їхній можливий аварійний вплив на масиви вод, а низький рівень готовності до НС на таких об'єктах може призвести до розповсюдження забруднюючих речовин через гідрографічну мережу і, як наслідок, до посилення негативного впливу від національного до транскордонного масштабів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Луганській області у 2021 році. Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/40245.html>
2. Рибалова О., Артем'єв С., Бригада О., Ільїнський О. Дослідження впливу бойових дій стан поверхневих вод на території Донбасу. International independent scientific journal, №55, 2023. С. 3-10.

УДК 351.81

ПЕРСПЕКТИВИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

*Р. С. Яковчук, д.т.н., доцент, А. Б. Тарнавський, к.т.н., доцент,
В. В. Карабин, д.т.н., професор
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

В Україні розташовано сотні техногенних об'єктів вразливих до пошкоджень, особливо в умовах ведення воєнних дій. Серед них варто виокремити 4 атомних електростанції, понад 100 теплоелектростанцій, теплоелектроцентралей, гідроелектростанцій, 13 великих морських портів, понад 200 великих хімічних заводів тощо. Більшість з цих наведених об'єктів відносять до об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ). Захист ОКІ важливий для забезпечення національної безпеки, стабільного функціонування держави, захисту життя та здоров'я громадян, екологічної безпеки, а також підтримки економічної та соціальної стійкості країни у випадку виникнення надзвичайних ситуацій, техногенних катастроф або воєнних дій. Руйнування або пошкодження ОКІ може спричинити низку важких наслідків для системи цивільного захисту, екологічної чи економічної безпеки держави [1-2].

У 2021 році прийнято Закон України “Про критичну інфраструктуру”, який визначає правові та організаційні засади функціонування системи критичної інфраструктури, встановлює основні принципи захисту критичної інфраструктури, включаючи оцінку ризиків, реагування на загрози та міжвідомчу координацію, запроваджує класифікацію об'єктів критичної інфраструктури за категоріями: енергетика, транспорт, зв'язок, охорона здоров'я тощо, передбачає створення реєстру об'єктів критичної інфраструктури та механізми державного контролю за їхньою безпекою. Термін “безпека критичної інфраструктури” у законі визначається як стан захищеності критичної інфраструктури, за якого забезпечуються функціональність, безперервність роботи, відновлюваність, цілісність і стійкість критичної інфраструктури. Стаття 5 закону “Мета та завдання державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури” серед завдань формування і реалізації державної політики у сфері захисту критичної інфраструктури визначає завдання щодо підготовки, перепідготовки, підвищення кваліфікації, тренування працівників національної системи захисту критичної інфраструктури [3]. Відтак, підготовка фахівців захисту критичної інфраструктури є актуальним завданням державного рівня.

Нещодавно затверджений Національний план з безпеки та стійкості критичної інфраструктури України [4] поставив пряме завдання проаналізувати необхідність відображення питань щодо захисту, безпеки та стійкості критичної інфраструктури в освітньому процесі закладів вищої освіти. У цьому документі актуалізовано необхідність створення системи освіти, підготовки та перепідготовки кадрів у сферах захисту, безпеки та стійкості критичної інфраструктури. При цьому основна увага приділена наявним організаційним та інституційним можливостям для одержання формальної вищої і професійної освіти. В рамках процесу формальної вищої освіти освіта надається закладам вищої освіти відповідно до акредитованих освітніх програм. На кожному рівні вищої освіти здобувач вищої освіти повинен виконати вимоги освітньої програми, що спрямовані на досягнення певного рівня кваліфікації та сукупності компетентностей.

На даний час Україна вже зробила кроки для запуску системи навчання фахівців із захисту ОКІ – розроблено проєкт Концепції розвитку системи підготовки фахівців з питань захисту критичної інфраструктури. Метою Концепції є створення національної системи підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців у сфері захисту критичної інфраструктури для забезпечення потреб країни у відповідних фахівцях та підвищення рівня обізнаності, зокрема просвітницької діяльності серед усіх верств населення.

Львівським державним університетом безпеки життєдіяльності розроблено проєкти освітньо-практичних програм “Безпека та захист критичної інфраструктури” за першим (бакалавр) і другим (магістр) рівнями вищої освіти. Метою освітніх програм “Безпека та стійкість критичної інфраструктури” є підготовка висококваліфікованих фахівців, здатних забезпечувати безпеку та стійкість критичної інфраструктури шляхом аналізу, оцінки ризиків, розробки заходів захисту та ефективного реагування на відповідні загрози. Програми спрямовані на формування у здобувачів компетентностей для оцінки вразливостей інфраструктури, розробки стратегій захисту від фізичних, кібернетичних, природних і техногенних загроз, а також вміння керувати системами управління безпекою в умовах кризи. Ці програми враховують актуальні виклики у сфері безпеки, сучасні технології та підходи до управління критичною інфраструктурою, а також інтегрують національні та міжнародні стандарти для забезпечення максимальної ефективності вітчизняних об’єктів інфраструктури.

Підготовку фахівців за освітніми програмами “Безпека та стійкість критичної інфраструктури” доцільно здійснювати в межах спеціальності 263 “Цивільна безпека” через її безпосередню спрямованість на формування навичок та знань, необхідних для забезпечення захисту критично важливих об’єктів, систем та процесів у суспільстві. Зокрема, цивільна безпека покликана забезпечувати безперервність і стійкість функціонування суспільно важливих систем у разі надзвичайних ситуацій, техногенних катастроф чи терористичних загроз. Здобувачі за спеціальністю 263 “Цивільна безпека” вивчають широкий спектр загроз – від природних катастроф до техногенних аварій. Така широка основа необхідна для роботи з критичною інфраструктурою, яка зазнає впливу багатьох типів ризиків, що потребують різних заходів захисту. Компетенції, що формуються у фахівців із цивільної безпеки відповідають стандартам цивільної безпеки та управління критичною інфраструктурою, які застосовуються на міжнародному рівні (ISO, стандарти НАТО тощо). Це дає змогу готувати спеціалістів, здатних не лише досягати національних вимог, а й впроваджувати кращі міжнародні практики та забезпечувати співпрацю на міждержавному рівні.

Таким чином, забезпечення захисту та стійкості критичної інфраструктури України вимагає комплексного підходу, що включає розвиток національної системи підготовки фахівців, впровадження сучасних освітніх програм і стандартів, а також інтеграцію міжнародного досвіду для ефективного реагування на сучасні виклики і загрози у цій сфері. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності зробив перший крок у цьому напрямі, розробивши проєкти освітніх програм “Безпека та захист критичної інфраструктури”.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kuzyk A., Karabyn V., Shuryhin V., Sushko Y., Stepova K., Karabyn O. The River System Pollutant Migration in the Context of the Sudden One-Time Discharge with Consideration of the Bottom Sediments Influence (Case of Benzene Migration in the Stryi River, Ukraine). *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(1). 46-54. <https://doi.org/10.12912/27197050/154909>.
2. Kochmar I., Karabyn V. Water Extracts from Waste Rocks of the Coal Industry of Chervonograd Mining Area (Ukraine): Problems of Environmental Safety and Civil Protection. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. 24(1). 247-255. <https://doi.org/10.12912/27197050/155209>.
3. Про критичну інфраструктуру: Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX (із змінами). Інтернет джерело. Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text>.
4. Національний план захисту та забезпечення безпеки та стійкості критичної інфраструктури: затв. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 19.09.2023 № 825-р. Інтернет джерело. Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/825-2023-%D1%80#Text>.

СЕКЦІЯ 4

ІТ-ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 681.32:351.78

РОЛЬ ДРОНІВ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ І ПЛАНУВАННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ

*Н. Є. Бурак, к.т.н., доцент, В. С. Яковчук, д.т.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Надзвичайні ситуації, такі як природні катастрофи та техногенні аварії, є серйозними викликами для суспільства, які загрожують життю людей, здоров'ю та екологічній безпеці. Ефективне реагування на такі кризові ситуації вимагає не лише швидкого збору інформації, а й глибокого аналізу даних, що можуть суттєво вплинути на результати рятувальних операцій та реагування. У цьому контексті дрони (безпілотні апарати всебічного призначення) та технології штучного інтелекту (ШІ) набувають великої ефективності, адже вони дозволяють оперативно отримувати та обробляти інформацію з важкодоступних або небезпечних територій. Дрони, оснащені сучасними сенсорами, здатні збирати різноманітні дані в реальному часі, а ШІ забезпечує їх аналітику, виявляючи патерни та потенційні ризики. Дане дослідження фокусується на ролі дронів та ШІ у процесах аналізу ризиків і планування реагування на надзвичайні ситуації, акцентуючи на їхній здатності значно підвищити ефективність управлінських рішень та зменшити загрози для населення, підкреслюючи необхідність інтеграції інноваційних технологій у системи реагування на кризи.

Дрон, або безпілотний апарат, — це інноваційний пристрій, що функціонує в автономному або дистанційно керованому режимі без участі людини на борту. Це поняття охоплює не лише літальні апарати, але й наземні та морські дрони, які виконують широкий спектр завдань, від збору даних до виконання складних операцій у важкодоступних або небезпечних зонах. Оснащені сучасними сенсорами, камерами та системами навігації, дрони здатні оперативно аналізувати інформацію, адаптуватися до змін у навколишньому середовищі та виконувати місії з високою точністю. Унікальність дронів полягає в їхній здатності інтегруватися з технологіями штучного інтелекту, що дозволяє не лише автоматизувати рутинні завдання, але й забезпечувати інтелектуальне прогнозування та адаптацію в реальному часі. Це робить їх незамінними у багатьох галузях, від рятувальних операцій і екологічного моніторингу до агрономії та логістики, суттєво підвищуючи ефективність та безпеку процесів.

Функціонал дронів значною мірою залежить від їхнього оснащення, яке може бути як вбудованим, так і зовнішнім. Зовнішні елементи, такі як сенсори і камери, кріпляться до дронів, що дозволяє адаптувати їх до конкретних завдань. Наприклад, дрони можуть оснащуватися тепловізорами для моніторингу диких тварин або пошуку зниклих осіб. У гірничій справі використовуються магнітні датчики для виявлення корисних копалин. Ця гнучкість у модернізації робить дрони важливими інструментами в управлінні надзвичайними ситуаціями та інших сферах[1].

Стаття "Using Drone Swarms to Monitor and Combat Future Wildfires" обговорює перспективи використання роїв дронів для моніторингу та боротьби з лісовими пожежами. Однією з ключових переваг роїв є їхня здатність працювати в координації, що дозволяє ефективно покривати великі території та оперативно реагувати на загрози. Дрони можуть здійснювати моніторинг в реальному часі, збираючи дані про температуру, вологість та інші фактори, що сприяють розвитку пожеж.

У поєднанні зі штучним інтелектом (ШІ) ці технології набувають ще більшої потужності. ШІ може аналізувати зібрані дані, виявляючи патерни та аномалії, які вказують на потенційні ризики загоряння (Рис. 1). Це дозволяє дронам не лише виявляти пожежі на ранніх стадіях, але

й прогнозувати їх розвиток, що критично важливо для запобігання великим масштабам лісових пожеж. ШІ також може оптимізувати маршрути польотів дронів, забезпечуючи максимальне охоплення території.

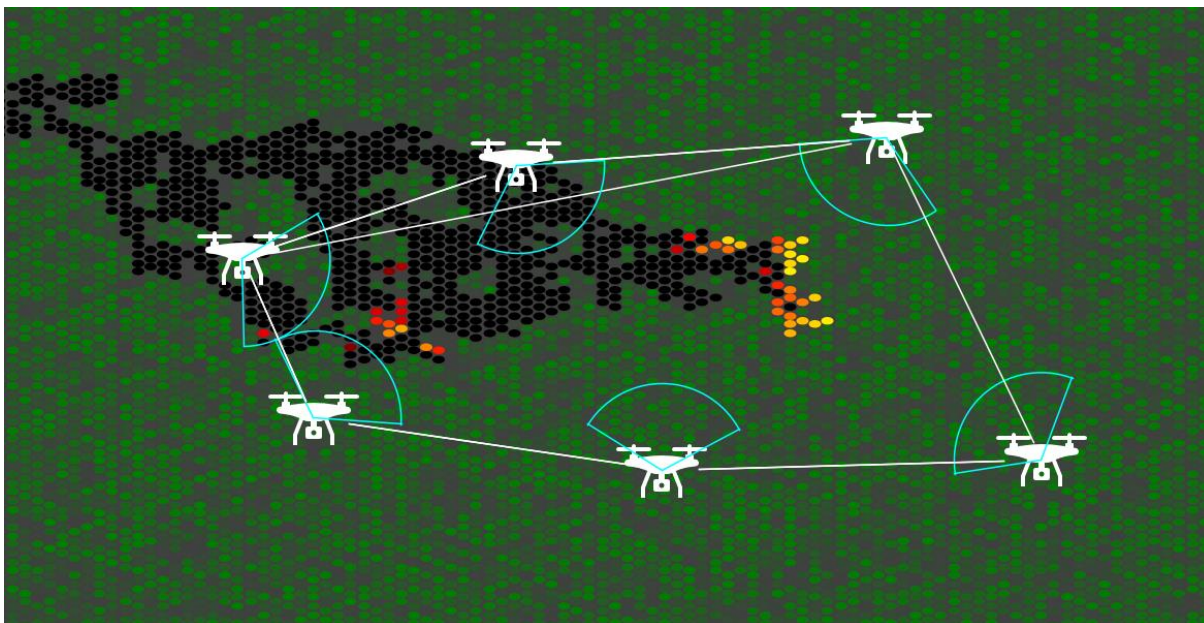


Рисунок 1 – Моніторинг пожежі у лісовому масиві роєм дронів, аналіз та передача інформації

Крім того, рої дронів можуть застосовуватися для запуску спеціальних вогняних боєприпасів для контрольованого спалювання рослинності, що допомагає зменшити ризики великих лісових пожеж. Завдяки автономному управлінню та можливостям, які надає ШІ, дрони можуть виконувати складні завдання, такі як аналіз змін у навколишньому середовищі та прогнозування можливих вогневих спалахів. Це підходить як проактивний метод, який дозволяє підвищити ефективність боротьби з пожежами, зменшуючи їхнє поширення та вплив на екосистеми. У результаті, технологія роїв дронів у поєднанні з штучним інтелектом має потенціал значно поліпшити стратегії управління ризиками та реагування на лісові пожежі в майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дрони: сфери застосування зараз і в майбутньому. Brain-блог. URL: https://brain.com.ua/ukr/brain_guide/Droni-sferi-zastosuvannya-zaraz-maybutnomu/ ?srsltid=AfmBOood-4Dh_jrWGEKhlrgrUABgDMRRIVHp3Q5cmqMaOvwySww8rRDO.
2. Using drone swarms to monitor and combat future wildfires – FCAI. FCAI. URL: <https://fcai.fi/news/2022/8/15/using-drone-swarms-to-monitor-and-combat-future-wildfires>.

УДК 504.064:656.078

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Р. В. Мосійченко, Н. Г. Лук'янчук, к.с.-г.н., доцент
Національний лісотехнічний університет України*

В умовах воєнного стану в Україні стрімко зросла потреба у забезпеченні безпечного і безперебійного функціонування залізничного транспорту. Вже у перші дні повномасштабного вторгнення РФ головним шляхом порятунку для тисяч українців стала Укрзалізниця – евакуаційні потяги вивозили людей, незважаючи на обстріли й небезпеку ракетних ударів [1].

Дотепер Укрзалізниця залишається рятівним джерелом постачання військової допомоги від країн ЄС, хоча перевезення вантажів військового призначення є постійним об'єктом ворожих обстрілів. Удари по українській транспортній інфраструктурі та військових складських об'єктах суттєво підвищують ризики для екологічної безпеки довкілля [2, 3]. Як тепер відомо, під час вибухів та роботи військової техніки у ґрунт потрапляє велика кількість токсичних вибухових речовин та важкі метали (ртуть, миш'як, свинець, залізо, мідь, хром), перевищення вмісту яких фіксують у 10-20 разів. Якщо ці речовини не перевести в недоступну форму та не вилучити з ґрунту, вони потрапляють у підземні водоносні горизонти. Також при обстрілах відбувається не лише хімічне ураження ґрунту, а й фізичний вплив – тепловий удар і розрив ґрунту, при якому руйнується біологічна складова ґрунту, мікробіота, гумус та речовини, що відповідають за біологічну активність ґрунту. Навіть ті території, над якими літали ракети, також зазнали шкоди – залишки ракетного палива осідають на ґрунтовий покрив та рослини [1].

Залізницею також перевозять небезпечні вантажі, які внаслідок притаманних їм властивостей та за наявності певних факторів можуть під час перевезення спричинити вибух, пожежу, пошкодження технічних засобів, пристроїв, споруд та інших об'єктів, заподіяти матеріальні збитки та шкоду довкіллю, а також призвести до загибелі, травмування, отруєння людей чи тварин [4]. Для забезпечення безпекового контролю та запобігання злочинів на транспорті, у тому числі й пасажирському, з метою недопущення перевезення громадянами вибухонебезпечних та інших недозволених для перевезення речовин чи зброї без відповідного дозволу, Укрзалізниця запровадила додаткову систему технічної та відомчої воєнізованої охорони [5].

Окрім збройних обстрілів, стали поширеними інформаційні негативні впливи на об'єкти критичної інфраструктури залізниці. Все частіше з'являються нові загрози для інформаційної безпеки, а також виявляються нові вразливості в програмному забезпеченні, що можуть бути використані зловмисниками для атак на системи компаній. Загрози для безпеки даних можуть мати різні форми та походження: це можуть бути зловмисники, які намагаються отримати несанкціонований доступ до даних, віруси та шкідливі програми, що можуть призвести до втрати даних та порушення їх конфіденційності. Без сумніву, безпека на транспорті залежить від сучасної інформаційної комунікації, тому однією з ключових проблем є кіберзахист об'єктів критичної інфраструктури залізниці. Інформаційно-телекомунікаційні засоби, що забезпечують захищену інформаційну взаємодію із зовнішніми інформаційними системами можуть бути наступні: бортові засоби, що встановлюються на рухомі об'єкти (засоби дистанційного моніторингу, виміру, тощо); засоби, що встановлюються на стаціонарні об'єкти інфраструктури (засоби дистанційного моніторингу, виміру, тощо); дистанційно керовані виконавчі та індикаційні пристрої (прилади, вузли та агрегати); сервери для обробки та зберігання інформації; ситуаційні, диспетчерські та оперативні центри; засоби забезпечення зв'язку – Інтернет, мережа GSM/GPRS, GSM-R, VSAT, супутниковий зв'язок [6]. У зв'язку з

цим важливо проводити регулярні дослідження інцидентів інформаційної безпеки та вчасно реагувати на виявлені проблеми. Управління інформаційною безпекою передбачає здійснення управління ризиками інформаційної безпеки, формулювання та оновлення політики інформаційної системи, процедур, стандартів, інструкцій, основ, класифікації інформації, організації безпеки та навчання базових знань інформаційної безпеки персоналу.

Метою нашої роботи також було дослідження інцидентів інформаційної безпеки та розробка програмного забезпечення для автоматизації механізму визначення ризиків ІБ компанії. У процесі розробки програмного забезпечення було використано сучасні технології та інструменти програмування, зокрема мову програмування Python та базу даних Django для збереження інформації про виявлені вразливості та потенційні загрози. Оцінка ступеня ризику здійснюється через непрямі показники. Ми використовуємо такі критерії порівняння (метрики):

- можливість джерела ($K1$)_{*i*} – визначає ступінь доступності для використання фактора (вразливість) у випадку антропогенних джерел, або віддаленість від фактора (уразливість) для техногенних джерел.

- готовність джерела ($K2$)_{*i*}, що визначається як рівень кваліфікації джерела загрози для вжиття дій у випадку антропогенних джерел або наявність необхідних умов у випадку як техногенних, так і природних джерел.

- фатальність ($K3$)_{*i*}, що визначає тяжкість наслідків реалізації погрози, які можуть бути непереборними.

Розробка програмного забезпечення для автоматизації механізму визначення ризиків може значно полегшити процес виявлення та усунення вразливостей у системі безпеки компанії. Розроблене програмне забезпечення буде протестовано в подальшому на реальних даних компанії з метою перевірки його ефективності та точності визначення ризиків для Укрзалізниці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зміна тенденції: чому росіяни почали масовано обстрілювати залізничну інфраструктуру. URL: <https://texty.org.ua/fragments/112331/zmina-tendenciyi-chomu-rosiyany-rochaly-masovano-obstrilyuvaty-zaliznychnu-infrastrukturu/> (дата звернення: 09.11.2024).

2. Босак П.В., Лук'янчук Н.Г., Попович В.В. Чинники впливу залізничного транспорту на екологічну безпеку довкілля. *Наук.-практ. журнал Екологічні науки*, 2022, № 3(42). Загальні проблеми екологічної безпеки навколишнього середовища. с. 205-210 <https://doi.org/10.32846/23069716/2022.eco.3-42.34>

3. Хатнюк Ю.А. Поняття та суть екологічної безпеки у діяльності залізничного транспорту України. *Вісник Чернівецького факультету Національного університету «Одеська юридична академія»*. 2015. № 1. с. 210–218. URL: <http://dspace.lvduvs.edu.ua/handle/1234567890/2945?mode=full> (дата звернення: 09.11.2024).

4. Про перевезення небезпечних вантажів: Закон України від 6 квітня 2000 року № 1644-III: із змін., внес. Законом № 1054-IX від 03.12.2020. Законодавство України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text> (дата звернення: 09.11.2024).

5. «Навіть проліт ракет впливає на врожай.» Як війна руйнує українські ґрунти. URL: <https://visitukraine.today/uk/blog/2722/railway-security-marshals-what-kind-of-secret-guards-are-they-and-what-will-they-do-on-trains-and-at-train-stations#xto-taki-taje> (дата звернення: 09.11.2024).

6. Лахно В.А., Грабарев А.В. Підвищення кібербезпеки транспорту в умовах деструктивного впливу на інформаційно-комунікаційні системи URL: <https://media.neliti.com/media/publications/306568-improving-the-transport-cyber-security-ufd8e44a0.pdf> (дата звернення: 09.11.2024).

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРОГНОЗУВАННІ ПРИРОДНИХ КАТАСТРОФ: АЛГОРИТМИ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ

О. О. Смотр, к.т.н., доц., Х. В. Мечус

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

У сучасному світі, де швидкість змін і технологічний прогрес досягають небувалих масштабів, штучний інтелект (ШІ) стає ключовим інструментом у багатьох сферах нашого життя. Особливо важливою є його роль у прогнозуванні природних катастроф, що може значно знизити ризики та втрати, пов'язані з такими подіями. Завдяки алгоритмам машинного навчання та аналізу великих обсягів даних, ШІ здатний ідентифікувати патерни, передбачати можливі загрози і своєчасно інформувати про них населення та органи влади.

Штучний інтелект активно застосовується не лише в прогнозуванні стихійних лих, але й у багатьох інших сферах. Наприклад, у медицині ШІ допомагає діагностувати хвороби на ранніх стадіях, у фінансовому секторі — виявляти шахрайство, а в транспорті — оптимізувати маршрути і зменшувати затори. Також він використовується у сільському господарстві для моніторингу врожаю і прогнозування погодних умов, що суттєво підвищує ефективність виробництва [1].

У цьому контексті розгляд алгоритмів ШІ, їх застосування для прогнозування природних катастроф і оцінка їх ефективності стають надзвичайно актуальними. Розуміння цих технологій відкриває нові горизонти для зменшення наслідків катастроф і підвищення рівня підготовленості суспільства до викликів, які ставить природа.

Наприклад, у 2020 році дослідження, проведене в Каліфорнійському університеті, показало, що алгоритми машинного навчання можуть передбачати землетруси з точністю до 80% за допомогою аналізу історичних даних і сейсмічних хвиль. Інше дослідження, проведене у 2021 році в рамках міжнародного проекту, виявило, що моделі ШІ можуть ефективно прогнозувати інтенсивність ураганів, використовуючи дані про температуру води в океані і атмосферний тиск. Ці інновації демонструють, як штучний інтелект може стати важливим інструментом для зменшення людських втрат і матеріальних збитків під час природних катастроф.

Штучний інтелект використовує кілька основних алгоритмів для прогнозування природних катастроф:

- *Регресійні моделі.* Допомагають прогнозувати значення, такі як кількість опадів, на основі історичних даних. Ці моделі прості у використанні і підходять для лінійних зв'язків.

- *Деревоподібні моделі (Decision Trees).* Формують рішення на основі умовних правил, дозволяючи детально аналізувати ризики, наприклад, землетрусів. Вони прості для інтерпретації, але можуть бути схильні до перенавчання.

- *Нейронні мережі.* Імітують роботу мозку та добре виявляють складні патерни у великих даних, наприклад, аналізуючи супутникові зображення. Хоча вони точні, їх використання потребує значних ресурсів.

- *Алгоритми кластеризації.* Групує дані для виявлення регіонів з підвищеним ризиком катастроф. Це корисно для ідентифікації зон з частими ураганями.

- *Глибоке навчання (Deep Learning).* Поєднує нейронні мережі з великими обсягами даних, досягаючи високої точності, наприклад, у прогнозуванні траєкторій ураганів.

Ефективність цих алгоритмів залежить від якості даних. Наприклад, моделі, навчені на тривалих історичних даних, показують вищу точність. Комбінування різних алгоритмів у рамках ансамблевого навчання може також суттєво підвищити точність прогнозів. Загалом, застосування ШІ у прогнозуванні катастроф допомагає зменшити ризики та наслідки, підтверджуючи свою ефективність у системах управління ризиками.

Штучний інтелект відіграє ключову роль у прогнозуванні природних катастроф, пропонуючи потужні алгоритми, які дозволяють своєчасно виявляти загрози та зменшувати їх негативний вплив. Використання різноманітних методів, таких як регресійні моделі, нейронні мережі та ансамблеве навчання, дає можливість досягати високої точності прогнозів, що є критично важливим для управління ризиками.[2]

Дослідження показують, що інтеграція даних з різних джерел, а також комбінування кількох алгоритмів, суттєво підвищують ефективність систем прогнозування. Це особливо важливо в умовах зміни клімату, коли частота і інтенсивність природних катастроф зростають.

Отже, впровадження штучного інтелекту в системи раннього попередження і реагування на катастрофи не лише підвищує готовність суспільства, але й рятує життя. Подальші дослідження і розробки в цій галузі можуть суттєво поліпшити адаптацію до викликів, що постають перед людством у контексті природних небезпек.

ЛІТЕРАТУРА

1. Як AI впливає на довкілля. Електронний ресурс. URL: <https://ecoaction.org.ua/iak-ai-vplyvaie-na-dovkillia.html>.
2. Божинський С., Синявський О. Підстанції майбутнього: інноваційні технології та перспективи розвитку. *Молодий вчений*. 2023. 8 (120). С. 1-4. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-8-120-1>.

УДК 004.8 : 004.9 : 519.68 : 351.78

ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ОТРИМАННИХ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКО-ОРІЄНТОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ

*О. Р. Стасьо, Н. Є. Бурак, к.т.н., доцент
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Визначення та класифікація неструктурованих даних у контексті надзвичайних ситуацій.

Неструктуровані дані в контексті надзвичайних ситуацій включають широкий спектр інформації, яка не має попередньо визначеної моделі або формату. Це можуть бути текстові повідомлення, зображення, відео, дані з соціальних мереж, а також інформація з датчиків та інших технологічних пристроїв. У надзвичайних ситуаціях, таких як природні катастрофи, терористичні атаки або техногенні аварії, ці дані можуть надавати важливу інформацію про події, їх масштаби та потенційні загрози для населення.

Класифікація неструктурованих даних дозволяє ефективніше їх аналізувати та використовувати для прийняття рішень. Вона може включати визначення джерела даних, їх типу, часу створення, а також вмісту і контексту. Наприклад, аналіз текстових повідомлень з соціальних мереж може допомогти ідентифікувати місцезнаходження осередків надзвичайних ситуацій, тоді як аналіз зображень з дронів може надати інформацію про ступінь знищення інфраструктури. Така класифікація є ключовою для оптимізації процесів збору, обробки та аналізу даних, що, в свою чергу, сприяє підвищенню безпеко-орієнтованих показників.

Методи збору та аналізу неструктурованих даних.

Для збору та аналізу неструктурованих даних, отриманих з різних джерел, використовуються наступні методи, які дозволяють ефективно обробляти інформацію та підвищувати безпеко-орієнтовані показники у сфері надзвичайних ситуацій:

1. **Машинне навчання:** Цей метод дозволяє системам вчитися з даних без явного програмування. Алгоритми машинного навчання можуть автоматично виявляти

закономірності та тенденції в неструктурованих даних, що допомагає у швидкому виявленні потенційних загроз або аномалій.

2. **Штучний інтелект (AI):** Штучний інтелект використовує складні алгоритми для аналізу та інтерпретації даних, що дозволяє системам не тільки реагувати на поточні події, але й прогнозувати майбутні надзвичайні ситуації. AI може аналізувати великі обсяги даних з різних джерел, забезпечуючи більш точні та оперативні рішення.

3. **Біг-дата аналітика:** Цей метод включає обробку великих обсягів даних, які часто змінюються та оновлюються. Біг-дата аналітика дозволяє об'єднувати та аналізувати інформацію з різноманітних джерел, таких як соціальні медіа, новинні сайти та сенсорні дані, що сприяє більш глибокому розумінню ситуації та кращому реагуванню на надзвичайні події.

4. **Текстовий аналіз (Text Mining):** Цей метод використовується для аналізу текстових даних з соціальних мереж, електронних листів та інших текстових джерел. Текстовий аналіз допомагає виявляти ключові слова, теми та емоційні забарвлення, що можуть вказувати на надзвичайні події або зміни в громадській думці, що є важливим для оперативного реагування на кризи.

Переваги використання неструктурованих даних для підвищення безпеки.

Використання цих методів для збору та аналізу неструктурованих даних надає ряд переваг, які можуть значно підвищити ефективність реагування на надзвичайні ситуації та забезпечити більшу безпеку.

1. **Швидке реагування:** Використання алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту для аналізу неструктурованих даних дозволяє системам швидко ідентифікувати критичні сигнали про надзвичайні події. Це може включати виявлення аномалій у соціальних медіа, повідомленнях або зображеннях, що дозволяє оперативно реагувати на потенційні загрози.

2. **Точність прогнозування:** Завдяки глибокому аналізу великих обсягів даних, системи можуть краще прогнозувати потенційні ризики та надзвичайні ситуації. Це допомагає організаціям підготуватися та мінімізувати можливі наслідки, забезпечуючи більшу безпеку для населення.

3. **Адаптивність:** Системи, які використовують неструктуровані дані, можуть бути більш адаптивними до змін у середовищі. Вони можуть автоматично оновлювати свої алгоритми та методи аналізу в залежності від поточних потреб та нових типів даних, що з'являються під час кризових ситуацій.

4. **Глобальне охоплення:** Неструктуровані дані часто походять з різних джерел та географічних регіонів, що дозволяє системам отримувати більш повне уявлення про глобальні події. Це забезпечує можливість моніторингу та реагування на надзвичайні ситуації в різних частинах світу, підвищуючи загальну безпеку.

Виклики та обмеження при опрацюванні неструктурованих даних.

Окрім переваг, існують також виклики та обмеження, з якими зустрічаються фахівці при опрацюванні неструктурованих даних у контексті надзвичайних ситуацій.

1. **Забезпечення конфіденційності:** Одним з основних викликів є забезпечення конфіденційності та захисту особистих даних. Неструктуровані дані часто містять чутливу інформацію, яка може бути використана неналежним чином. Це вимагає розробки та впровадження строгих протоколів безпеки та політик конфіденційності.

2. **Обробка великих обсягів інформації:** Інший виклик полягає в необхідності обробки величезних обсягів даних, що може перевантажувати системи зберігання та обробки даних. Це вимагає значних обчислювальних ресурсів та ефективних алгоритмів для швидкої та точної обробки інформації.

3. **Інтеграція різних джерел даних:** Інтеграція та синхронізація даних з різних джерел може бути складною через різноманітність форматів та стандартів. Це створює труднощі для аналітичних систем у визначенні взаємозв'язків між даними, що може вплинути на точність та своєчасність аналізу.

4. **Залежність від технологій:** Висока залежність від технологічних рішень також є викликом, оскільки будь-які технічні збої або відмови можуть серйозно вплинути на процеси моніторингу та реагування на надзвичайні ситуації. Це вимагає створення надійних та стійких систем, здатних витримувати потенційні технічні проблеми.

Перспективи розвитку та можливі напрямки вдосконалення системи опрацювання даних для підвищення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Перспективи розвитку систем опрацювання неструктурованих даних для підвищення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій включають в себе інтеграцію новітніх технологій та підходів. Одним із ключових напрямків є розробка та впровадження більш продвинутих алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту, які можуть ефективніше аналізувати великі обсяги даних з різноманітних джерел. Це дозволить не тільки швидше ідентифікувати потенційні загрози, але й точніше прогнозувати можливі наслідки надзвичайних подій. Крім того, важливим аспектом є розробка систем, здатних адаптуватися до змінних умов та нових типів даних, що з'являються внаслідок технологічного прогресу та змін у соціальному середовищі.

Ще одним напрямком вдосконалення є створення уніфікованих стандартів для інтеграції та обміну даними між різними організаціями та установами, що займаються реагуванням на надзвичайні ситуації. Це сприятиме більш ефективному та оперативному обміну інформацією, зниженню часу на прийняття рішень та підвищенню загальної координації дій. Також важливим є використання хмарних технологій для зберігання та обробки даних, що забезпечить більшу масштабованість та доступність систем у критичних ситуаціях. Ці напрямки розвитку відкривають нові можливості для підвищення ефективності систем безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Chen M., Mao S., Liu Y. Big Data: A Survey. Mobile Networks and Applications. 2018. Vol. 19, No. 2. P. 171-209.
2. Hashem I. A. T., Yaqoob I., Anuar N. B., Mokhtar S., Gani A., Ullah Khan S. The rise of big data on cloud computing: Review and open research issues. Information Systems. 2019. Vol. 47. P. 98-115.
3. Liu Y., Wang Z., Orgun M. A. A survey of context-aware mobile recommendations. International Journal of Information Management. 2020. Vol. 37, No. 1. P. 75-83.
4. Kitchin R. The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and Their Consequences. London: Sage Publications, 2018.
5. Meier P. Digital Humanitarians: How Big Data Is Changing the Face of Humanitarian Response. Boca Raton: CRC Press, 2018.

УДК 004.8:502.3:504.75

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ

*Б. Ю. Філіпчук, Р. Л. Ткачук, д.т.н., професор
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Воєнні дії завдають значної шкоди довкіллю, що призводить до непоправимих екологічних наслідків а іноді і до катастроф. Традиційні методи моніторингу стану довкілля в умовах конфліктів часто є неефективними через небезпеку для персоналу та спроможності забезпечити доступ до постраждалих територій. Використання штучного інтелекту (ШІ) для

аналізу екологічної ситуації під час війни відкриває нові можливості для швидкого і точного виявлення екологічних проблем.

Застосування штучного інтелекту для моніторингу довкілля має кілька ключових переваг. По-перше, штучний інтелект здатний швидко обробляти дані і виявляти екологічні загрози в реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на проблеми, такі як пожежі, забруднення хімічними речовинами, витоки нафти та руйнування природних територій. Зокрема, за допомогою супутникових знімків взятих з доступних ресурсів (Google Earth Engine, NASA EarthData та інших) ШІ можна відстежувати зміну зеленого покриву та виявляти зони пошкодження лісів і сільськогосподарських угідь [1]. По-друге, моделі машинного навчання можуть прогнозувати подальший розвиток екологічних катастроф, що дає можливість краще спланувати заходи для ліквідації наслідків воєнних дій та відновлення зруйнованих екосистем. Такі прогнози можуть бути корисними для передбачення майбутніх екологічних ризиків [2]. По-третє, такі технології зменшують ризики для людей, оскільки дозволяють відстежувати екологічні зміни дистанційно, відпадає потреба відправляти експертів у небезпечні зони, що значно забезпечує безпеку екологічного моніторингу в умовах конфліктів. Крім того, автоматизація процесів значно прискорює час отримання результатів і дозволяє ефективніше використовувати обмежені ресурси [3].

Ефективним методом використання ШІ для моніторингу довкілля під час війни є аналіз супутникових даних для автоматичного виявлення пожеж у лісах, уражених російськими окупаційними військами в Україні, що дає можливість швидко і точно оцінити реальні екологічні збитки та попередити про подальші загрози. Така система працює наступним чином (рис. 1): 1) збір даних: система отримує супутникові знімки певної території за різні періоди часу; 2) обробка зображень за допомогою алгоритмів машинного навчання аналізуємо ці зображення, виділяючи області з різною рослинністю, визначаючи індекси вегетації та порівнюючи їх зміни в часі; 3) виявлення аномалій: система виявляє області, де відбулися значні зміни зеленого покриву, наприклад, зменшення площі лісів або пожовтіння рослинності; 4) класифікація причин змін: за допомогою ШІ додатково класифікуємо причини цих змін, наприклад, обстріли, пожежі, вирубка лісів або посуха; 5) візуалізація результатів: результати аналізу відображаються у вигляді інтерактивних карт, що дозволяє легко оцінити масштаби пошкоджень і їх динаміку [4].

Застосування штучного інтелекту в контексті російсько-української війни має суттєве значення для моніторингу та збереження довкілля, оскільки такий інструмент дає можливість виявляти лісові пожежі на ранніх стадіях розвитку та оперативно їх локалізувати. Системи на основі ШІ також здатні відстежувати темпи вирубки лісів, виявляти незаконні вирубки, які часто розглядаються окупаційними військами, та оцінювати їхній вплив на біорізноманіття та клімат. Використання таких систем дозволяє проводити моніторинг відновлення екосистем, оцінюючи ефективність заходів з реабілітації території після екологічних катастроф завданих через бойові дії. Завдяки точному аналізу отримуваних даних можна розробити стратегії для покращення екологічного стану на звільнених територіях [5, 6].

Опрацювання емпіричних даних моніторингу довкілля дає можливість отримувати реальну картину про екологічні зміни, як в близькій так і в далекій перспективі, що є в край важливим для міжнародної спільноти та гуманітарних організацій. Застосування таких технологій забезпечує ефективну координацію зусиль як на національному так і на міжнародному рівнях для захисту довкілля під час війни. У післявоєнний час ця система стане ще більш актуальною, оскільки такий підхід дозволить проводити моніторинг відновлення екосистем, прогнозувати екологічні ризики та реалізовувати стратегії сталого розвитку, що сприятиме швидшому відновленню країни [7–9].

Використання штучного інтелекту в моніторингу довкілля під час війни мають велике значення та значні переваги для ефективності та оперативності реагування на екологічні загрози (рис. 2).



Рисунок 1 – Блок схема системи аналізу змін навколишнього середовища

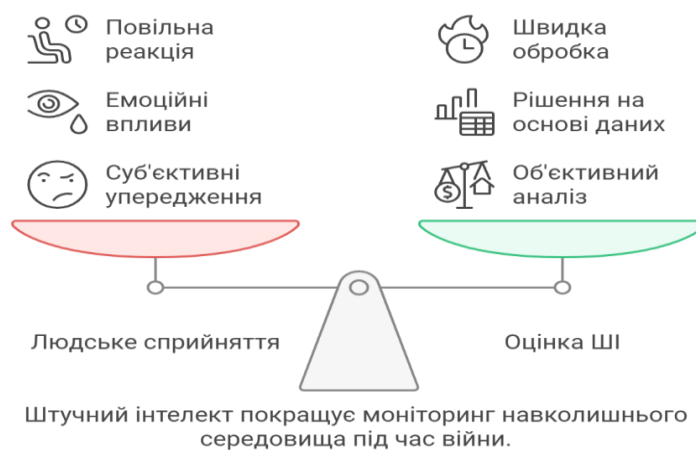


Рисунок 2 – Перевага застосування інструментів ШІ в екологічному моніторингу над іншими методами виявлення, опрацювання та оцінювання даних у яких присутній людський фактор

По-перше, це об'єктивність оцінювання, як одна з ключових переваг використання штучного інтелекту на відміну від людського сприйняття, яке може перебувати під впливом суб'єктивних факторів (упередженість, емоційність, страх, ...). Як результат, це дозволяє мінімізувати вплив суб'єктивності на оцінку масштабів руйнувань, що особливо важливо в умовах війни, коли необхідно реально оцінити оперативну обстановку. По-друге, швидкість, штучний інтелект здатний швидко обробляти великий обсяг даних, що робить його незамінним інструментом для моніторингу динамічних процесів в умовах війни, коли екологічні умови можуть змінюватися за лічені години, швидкість аналізу даних стає критично важливою. Штучний інтелект дозволяє отримувати миттєві результати, що забезпечують оперативність реагування, яка може зменшити масштаби руйнувань. По-третє, точність, сучасні алгоритми машинного навчання забезпечують високу точність виявлення змін. Завдяки цьому штучний інтелект може точно ідентифікувати зони, які зазнали зміни через пожежі чи інші негативні фактори впливу, що дозволяє оперативно реагувати на різноманітні виклики. Важливо зазначити що штучний інтелект стає більш доступнішим, що є і ще однією суттєвою перевагою для моніторингу стану довкілля. Відкриті платформи, такі як Google Earth Engine або Sentinel Hub [10], надають користувачам можливість безкоштовно отримувати та обробляти супутникові знімки, що робить цей метод доступним для широкого кола користувачів, включаючи державні організації, наукові установи, екологів та активістів.

Це сприяє більшій обізнаності про екологічні проблеми, їх висвітлення та як наслідок залучення громадськості до їх вирішення.

Отже, штучний інтелект є потужним інструментом для моніторингу довкілля під час збройних конфліктів, забезпечуючи оперативний аналіз екологічних руйнувань та документування військових злочинів. Його можливість дистанційно моніторити довкілля, робить його незамінним у плануванні відновлення екосистеми. Дані, отримані за його допомогою, не тільки можуть фіксувати та задокументувати злочинні впливи загарбників, але й сприяти прогнозуванню та запобіганню майбутнім екологічним катастрофам, що є вкрай важливо для сталого розвитку в післявоєнний період. Таким чином, інтеграція штучного інтелекту в екологічний моніторинг відкриває нові можливості для збереження довкілля та покращення якості життя.

ЛІТЕРАТУРА

1. ШІ та екологія: роль технології у врятуванні планети. URL: <https://mediacom.com.ua/shi-ta-ekologiya-yak-texnologiya-mozhe-vryatuvati-planetu/> (дата звернення: 01.10.2024).
2. Аналіз супутникових знімків для моніторингу довкілля. URL: <https://eos.com/uk/blog/analiz-suputnykovykh-znimkiv-dlia-monitorynhu-dovkillia/> (дата звернення: 01.10.2024).
3. Використання геопросторового штучного інтелекту для збереження лісів. URL: <https://systemnet.com.ua/vikoristannya-geoprostorovogo-shtuchnogo-intelektu-dlya-zberezhennya-lisiv/>.
4. Роль штучного інтелекту в прогнозуванні та управлінні катастрофами – нові можливості та перспективи. URL: <https://mediacom.com.ua/rol-shtuchnogo-intelektu-v-prognozuvanni-ta-upravlinni-katastrofami-novi-mozhливosti-ta-perspektivi/> (дата звернення: 01.10.2024).
5. Artificial intelligence for environmental security: national, international, human and ecological perspectives. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343522001026> (дата звернення: 02.10.2024).
6. Information-resource and cognitive concept of threat's influence identification on technogenic system based on the cause and category diagrams integration. L Sikora, N Lysa, I Dronyuk, O Fedevych, R Tkachuk, R Talanchuk. CEUR Workshop Proceedings, 398-416
7. Military Applications of Data Analytics. New York : Auerbach Publications, 2018. 218 с.
8. Information and laser technologies for data flow selection and their cognitive interpretation in automated control systems. B.V. Durnyak, B.V. Durniak, L.S. Sikora, N.K. Lysa, R.L. Tkachuk, B.I. Yavorsky. Lviv: Ukrainian Academy of Printing
9. Когнітивні моделі формування стратегій оперативного управління інтегрованими ієрархічними структурами в умовах ризиків і конфліктів: Монографія. Б.В. Дурняк, Л.С. Сікора, М.С. Антоник, Р.Л. Ткачук. Львів: Українська академія друкарства, 2013. 449 с.
10. An Overview of Platforms for Big Earth Observation Data Management and Analysis. MDPI. URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/12/8/1253> (дата звернення: 01.10.2024).

ЗМІСТ

Секція 1. ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

<i>Алексєєнкова М.В., Стрижак Л.І.</i> ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ДЛЯ РОДОВИЩ КАМ'ЯНОЇ СОЛІ ВНАЛІДОК ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ	3
<i>Барабан К.І.</i> ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ТЕРИКОНІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ДОВКІЛЛЯ	5
<i>Бик Е.І., Бурак Н.Є.</i> ВИКОРИСТАННЯ ДРОНІВ ДЛЯ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ	9
<i>Бобик Д. В.</i> СИСТЕМА БІОБЕЗПЕКИ ПІД ЧАС УТИЛІЗАЦІЇ ТУШ ТВАРИН, ЩО ЗАГИНУЛИ ВІД АЧС ЯК ЕЛЕМЕНТ ЕКОЛОГІЧНОЇ ПОЛІТИКИ	10
<i>Верхола С.О., Гоцій Н.Д.</i> ВПЛИВ МЕРТВОЇ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ НА ПОСИЛЕННЯ ЕФЕКТУ МІСЬКОГО "ОСТРОВА ТЕПЛА"	11
<i>Гринчишин Н.М.</i> ПОГЛИБЛЕННЯ КРИЗИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ В УМОВАХ ВІЙНИ	13
<i>Гринчишин Н.М., Смолій Н.Я., Звір Г.І.</i> ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ВИКОРИСТАННЯ ПОЖЕЖНОЇ ПІНИ В ВІЙСЬКОВІЙ ПІДГОТОВЦІ	15
<i>Демчина Р.О., Маєвська О.М., Гнатув Ю.Р.</i> АНАЛІЗ СТІЧНИХ ВОД НА ВМІСТ ДЕЯКИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН У Р. ЗУБРА ТА ҐРУНТОВИХ ВОДАХ ДЖЕРЕЛ М. ЛЬВОВА	18
<i>Дідовець Ю.Ю., Макаров Є.О.</i> ОЦІНКА РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ МІСЦЬ ЗНЕШКОДЖЕННЯ ТА ЗНИЩЕННЯ БОЄПРИПАСІВ	20
<i>Кендзьора Н. З., Гоцій Н. Д., Янишин Б.М.</i> ІНСТРУМЕНТИ i-Tree В ОЦІНЮВАННІ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ СТАРОВІКОВИХ ДЕРЕВ	22
<i>Кендзьора Н. З.</i> ДЕРЕВА В ОЗЕЛЕНЕННІ МІСТА В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН	24
<i>Кирилів Б.В., Архипова Л.М.</i> ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВІЙНИ В УКРАЇНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ СТРАТЕГІЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	26
<i>Кирилів Я.Б., Калужняк І.І., Литовченко А.О.</i> ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ТА ГАСІННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ В УМОВАХ ВІЙНИ	28
<i>Коваленко С.А., Пономаренко Р.В., Третьяков О.В.</i> РОЛЬ ЛІВИХ ПРИТОК ДНІПРА У РЕАЛІЗАЦІЇ БАСЕЙНОВОГО ПРИНЦИПУ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ	30
<i>Коваль В.В., Мальований М.С., Попович В.В.</i> ЛАНДШАФТНІ ПОЖЕЖІ В УМОВАХ ВІЙНИ: ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ	32
<i>Ковтун Д.Є.</i> МОДИФІКАЦІЯ ІОННОГО ОБМІНУ ПРИ ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЇ ПРИРОДНИХ ВОД, ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ	34
<i>Колосков В.Ю.</i> МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЙ, ЩО ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ	36
<i>Копилов В. В., Попович В. В.</i> ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ РІКИ СТИР: НАСЛІДКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ	38
<i>Кочмар І.М., Карабин В.В., Карабин О.О.</i> МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО КІЛЬКІСНОГО ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МІГРАЦІЇ МЕТАЛІВ У ТОВЩІ ПОРОДНОГО ВІДВАЛУ ЦЗФ «ЧЕРВОНОГРАДСЬКА»	39
<i>Кравець І.П., Коцур К.Н.</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ	41
<i>Крамарець В.О., Мацях І.П.</i> ІНВАЗІЙНІ ВИДИ КОМАХ: ЗАГРОЗИ ЛІСАМ І САДОВО-ПАРКОВИМ НАСАДЖЕННЯМ УКРАЇНИ	43

<i>Krasnov V.A., Kondratenko O.M.</i> PORTABLE TEST BENCH FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE WORKING CHARACTERISTICS OF EXECUTIVE ELEMENTS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGIES AGAINST THE INFLUENCE OF POWER PLANTS WITH RECIPROCATING ICE	45
<i>Кривенко О. В., Кривенко Г. М.</i> ЗМЕНШЕННЯ ВПЛИВУ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН ПІД ЧАС ЇХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	47
<i>Кузик А.Д., Бойчук Б.Я., Король К.А., Дирда Р.О.</i> ДИНАМІКА ЯКОСТІ ВОДИ В РІЧКАХ УКРАЇНИ ПОБЛИЗУ ЗОНИ БОЙОВИХ ДІЙ ТА В ТИЛУ	49
<i>Кусій М.І., Чіпчик І.М.</i> ОПТИМІЗАЦІЯ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІЙСЬКОВИХ ВІДХОДІВ МЕТОДОМ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ	51
<i>Левченко І.В.</i> ЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ НА ПОЛТАВЩИНІ: РЕАЛІЇ СЬОГОДЕННЯ	54
<i>Линник Д. О., Грицуляк Г. М.</i> АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	56
<i>Лисак Н.М., Слепужніков Є.Д., Скородумова О.Б.</i> СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ЗАХИСТУ ТА ПРОТИДІЇ РОЗПОВСЮДЖЕННЮ КОМПОНЕНТІВ РАКЕТНОГО ПАЛИВА В УМОВАХ ВІЙНИ	58
<i>Лисий Н.Р., Гелеш А.Б., Попович В.В.</i> ГАЗИФІКАЦІЇ ВУГЛЕВМІСНИХ ВІДХОДІВ	60
<i>Литвин Н.А., Гуряк В.І.</i> ЕКОЛОГІЧНА ЦІНА ВІЙНИ	62
<i>Лопушанська М. Р., Іванов Є. А., Якименко Г. М., Циганок Л. В., Лопушанська Ю. Р., Башинська Ю. І., Вижева А. М., Доманський А. С.</i> ВПЛИВ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА БДЖІЛ МЕДОНОСНИХ	64
<i>Мацак А.О., Рибалова О.В.</i> НЕБЕЗПЕКА ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ	66
<i>Мельніков М.</i> ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА IDS UKRAINE	68
<i>Михальчук О.</i> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАБРУДНЕННЯ ГЕОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ВИТОКУ НАФТОПРОДУКТІВ	70
<i>Мурашук А.І., Король К.А.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТА ВИКЛИКИ ВІДБУДОВИ	72
<i>Оксенюк К.І.</i> ІНТЕГРАЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В ЛОГІСТИКУ	73
<i>Попик О.О., Петровська М.А.</i> ОРГАНІЧНЕ ВИРОБНИЦТВО ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВІЙНИ	75
<i>Рихва В.В., Тарнавський А.Б.</i> ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ДОНЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ	77
<i>Різун Е. М., Хосцький П. Б.</i> ФЕРМОВЕ І ВОЛЬЄРНЕ РОЗВЕДЕННЯ МІИСЛИВСЬКИХ ТВАРИН – ПРОДОВОЛЬЧА БЕЗПЕКА КРАЇНИ	79
<i>Савченко С.А., Погрібний О.О., Гулевець В.В.</i> ОЦІНКА РУБОК ЛІСУ НА ТЕРИТОРІЇ ВЕРХОВИНСЬКОГО ЛІСОВОГО ГОСПОДАРСТВА ЗА ПЕРІОД 2018-2024 РОКІВ ШЛЯХОМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЛІСОКОРИСТУВАННЯ	81
<i>Семенченко О.О., Безпальченко В.М.</i> ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ УНАСЛІДОК РОСІЙСЬКОЇ ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ АКТУАЛЬНА ПРОБЛЕМА СУЧАСНОСТІ	83
<i>Сивицький В.С.</i> ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ: АКТУАЛЬНІСТЬ І ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ УВАГИ	85
<i>Сидоренко В.Л., Єременко С.А., Вамболь С.О.</i> СИСТЕМА БЕЗПЕЧНОГО ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УМОВАХ ВІЙНИ	87

<i>Скороход П.П., Маєвська О.М.</i> СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД У ЦУКРОВІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ ЯК ФАКТОР ЕКОЛОГОРІЄНТОВАНОЇ ЕКОНОМІКИ ТА ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	89
<i>Скробала В.М., Дулиба О.С.</i> ПОТЕНЦІЙНИЙ ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ	91
<i>Сторожук В.М., Кишівецький Б.Я., Маєвська О.М., Ференц О.Б., Соколовський І.А.</i> ВИКЛИКИ СЬОГОДЕННЯ В УПРАВЛІННІ ВІДХОДАМИ	93
<i>Тимченко І.В., Крисінська Д.О.</i> АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕНОСТІ ҐРУНТІВ МИКОЛАЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ	95
<i>Тиндик О.С., Попович В.В., Коваль Н.Я., Скробала В.М.</i> ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГІДРОГРАФІЧНІЙ МЕРЕЖІ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОГО РАЙОНУ	97
<i>Федів І.С., Степова К.В., Конанець Р.М.</i> ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ СОРБЕНІВ У ТЕХНОЛОГІЯХ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД	99
<i>Хром'як У.В., Хром'як В.А.</i> ЕКОЛОГІЧНА ЯКІСТЬ ПРИРОДНИХ ВОД З ДЖЕРЕЛ М. ВИННИКИ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	101
<i>Шукель І. В., Генік Я.В., Марутяк С.Б., Фітак М.М.</i> ФЛОРА ТА ФАУНА НА ТЕРИТОРІЇ ПІСКІВСЬКОГО РОДОВИЩА ГІПСУ	103
<i>Шутяк С.В.</i> НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ ВИКЛИКИ У СФЕРІ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ	105
<i>Щесняк А. О., Босак П. В.</i> ВПЛИВ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ, СПРИЧИНЕНИХ ВІЙСЬКОВИМИ ДІЯМИ, НА СТАН ҐРУНТУ	107

Секція 2. ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ

<i>Ботнарєнко О.М.</i> ЕКОЛОГІЧНА ФУНКЦІЯ ДЕРЖАВИ В КОНТЕКСТІ ПРОТИМІННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	11
<i>Buriak A.A.</i> ENVIRONMENTAL PRESERVATION IN WARTIME: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR ATTRACTING FOREIGN INVESTMENTS INTO UKRAINE	113
<i>Гаврилюк Г.П., Квітко М.О., Посмітна І.</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ РЕГІОНУ ЧЕРЕЗ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОЕКТИ ДЕРЕВНИХ НАСАДЖЕНЬ НА ПРИКЛАДІ ГУРІВСЬКОГО ЛІСОВОГО МАСИВУ	115
<i>Григор'єв К.В.</i> МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕКОЛОГО-РАДІАЦІЙНОГО МІОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ: УРОКИ ВІЙНИ	117
<i>Глоговський Л.В.</i> ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ	119
<i>Грищенко О.П., Ковальчук О.І.</i> ПРАВОВІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГІЧНОГО ПРАВА В УМОВАХ СЬОГОДЕННЯ	121
<i>Гурей М.І., Адаменко Я.О.</i> ЕКОЗАГРОЗА: ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ ПОВІТРЯ ТА СВОЄЧАСНОГО ІНФОРМУВАННЯ НАСЕЛЕННЯ ПРО РИЗИКИ	123
<i>Добровольська В.В.</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ	125
<i>Дочинець В.В., Іляшевич В.В., Шуплат Т.І., Телак О.</i> ВІДХОДИ ВІЙНИ – УПРАВЛІННЯ ТА МІНІМІЗАЦІЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ	127
<i>Єрмілов К.В., Калашник Н.С., Горбенко Н.Є.</i> ЕКОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК М. ЛЬВОВА ПІД ЧАС ВІЙНИ: ПРОБЛЕМИ ТА ВИКЛИКИ	130
<i>Ільїнський О.В., Малихін В.В.</i> АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА КІЛЬКІСТЬ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ	134
<i>Карпов А.А., Кустов М.В.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО ФОНДУ ЗАМІНОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ	136
<i>Король К.А., Чушак О.А., Кінчеші І.А.</i> ВПЛИВ ВІЙНИ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РОСЛИННОГО ПОКРИВУ БРОННИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА	138

<i>Кочмар І.М., Левинська Х.В.</i> ВПЛИВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ В УМОВАХ ВІЙНИ (НА ПРИКЛАДІ М. ГОРОДОК ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)	139
<i>Кусій М.І., Іващишин О.М.</i> ОСНОВНІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ МІГРАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ПІД ЧАС ВІЙНИ	141
<i>Муха І., Кравець І.</i> ПРОБЛЕМИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ	144
<i>Оліферчук В.П., Олейнюк-Пухняк О.Р.</i> ПРИРОДНИЧА ПЛАТФОРМА ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ	146
<i>Осипенко Л.В.</i> ЗМІНИ В СИСТЕМІ ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ ВНАСЛІДОК І В УМОВАХ ВІЙНИ – ФАКТИЧНІ І НЕОБХІДНІ: ПРИКЛАД ІЗ СУМЩИНОЮ	148
<i>Остапенко В., Макарова О., Григор'єва Л.</i> ВИЩІ ВОДЯНІ РОСЛИНИ У ФОРМУВАННІ РАДІАЦІЙНОЇ ЄМНОСТІ ВОДОЙМ	150
<i>Пасєка А.В., Штангрет Н.О.</i> ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ПІД ЧАС МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖ	152
<i>Ренкас А. А.</i> АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОЖЕЖ В ЕКОСИСТЕМАХ, ЗУМОВЛЕНИХ БОЙОВИМИ ДІЯМИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ, НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	155
<i>Ричак Т.Л., Архипова Л.М.</i> ВИЗНАЧЕННЯ ЗБИТКІВ ЗАПОДІЯНИХ ПОТРАПЛЯННЯМ НАФТОПРОДУКТІВ У ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ	157
<i>Садова А.Г.</i> ЕКОЛОГІЧНІ ВИКЛИКИ ТА СТІЙКІСТЬ У ЧАСИ ВІЙНИ	159
<i>Харчук А.І., Харчук А.А.</i> ЕКОЛОГО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ	161
<i>Chernenko D., Grygorieva L., Mohyla P.</i> THE TASK OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF ELECTROMAGNETIC LOAD DURING MILITARY ACTIONS IN UKRAINE	162
<i>Шевчук Т.А., Титаренко Ю.М.</i> ВІЙСЬКОВА АГРЕСІЯ РФ ЯК ЗАГРОЗА ЕКОЛОГІЧНІЙ БЕЗПЕЦІ УКРАЇНИ	165
<i>Шека К.О.</i> ЗБЕРЕЖЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ	167
<i>Шубний О.Є., Суржик Ю.О.</i> ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОГО КОНФЛІКТУ	169
<i>Шутяк С.В.</i> ДОВКІЛЛЄВЕ, ВЕТЕРИНАРНЕ ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНЕ ПРАВО: ВАЖЛИВІ НЮАНСИ ДЛЯ НАЛЕЖНОГО ЗАХИСТУ ДОМАШНІХ, СВІЙСЬКИХ ТА ДИКИХ ТВАРИН. ВИКЛИКИ ДЛЯ УПРАВЛІНЦІВ У ВОЄННИЙ ЧАС	171
<i>Ясногор Л.Ю.</i> ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ТА МЕТОДИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ДОВКІЛЛЯ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВІЙНИ	174

Секція 3. ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ

<i>Альфавіцька Г.В., Пархоменко В.-П.О., Пархоменко Р.В.</i> ВИКОРИСТАННЯ РОБОТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ У НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОНАХ	177
<i>Боровицька Г.О., Лоїк В.Б.</i> ВПЛИВ РАДІОАКТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА НЕБЕЗПЕКА ЇХНЬОГО ПОШИРЕННЯ НА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТАХ В УМОВАХ ВІЙНИ	179
<i>Великий А.Є., Ружин В.С.</i> ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ	180

<i>Великий А.Є., Ружин В.С.</i> ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ТА НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІКИ ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ НА ТОРФОПОЛЯХ	182
<i>Гаврюшенко О.О., Ткаліч Ю.І., Ткаліч Є.Ю.</i> МІЛІТАРНО-ТЕХНОГЕННА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМНИХ ҐРУНТІВ	184
<i>Груздова В.О., Колошко Ю.В.</i> БЕЗПЕКА ПОВОДЖЕННЯ З ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТАХ ПІД ЧАС ПОВНОМАСШТАБНОГО ВТОРГНЕННЯ РОСІЇ В УКРАЇНУ	186
<i>Климаць Р., Михайлова А., Ковалишин Б.</i> АНАЛІЗ ВІДЧИЗНЯНОГО ТА ЗАРУБІЖНОГО ДОСВІДУ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗАХИЩЕНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	188
<i>Лукашук О.І.</i> ОЦІНКА ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ВНАСЛІДОК БОЙОВИХ ДІЙ: ВИКЛИКИ ТА ПІДХОДИ ДО МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ	190
<i>Порошенко С.С.</i> ПРОБЛЕМАТИКА ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ВІД ХРОМУ (VI) В УМОВАХ ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ ЗРУЙНОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ	192
<i>Ніжник В., Балло Я., Михайлов В., Пальчиков Р.</i> ОБҐРУНТУВАННЯ МОДИФІКОВАНОГО ВУГЛЕВОДНЕВОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ПОЖЕЖІ В ТРАНСФОРМАТОРІ, ЗАХИЩЕНОГО ОГОРОДЖУВАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ	193
<i>Ніжник В., Балло Я., Тур Н.</i> МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ЗАХИЩЕНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	195
<i>Павлюк Ю.Е.</i> ПОЖЕЖНА ТА АВАРІЙНО РАТУВАЛЬНА ТЕХНІКА ДЛЯ ГАСІННЯ НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИН ТА ОБ'ЄКТІВ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ	197
<i>Попчук М.О., Лаврівський М.З.</i> ЗАХИСТ ПРАЦІВНИКІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ПІД ЧАС ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ	200
<i>Скиба Т.К., Попович В.В.</i> ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА ВІДХОДІВ ВІД РУЙНУВАНЬ ЯК НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ	202
<i>Ференц Н.О., Пазен О.Ю.</i> ПРОФІЛАКТИКА ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ	205
<i>Ференц Н.О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЇ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ПОЖЕЖІ РОЗЛИТОЇ ОЛИВИ НА ТЕС	207
<i>Фомічова О.В., Хорошилов А.В.</i> КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ХВОСТОСХОВИЩ НА ТИМЧАСОВО ОКУПОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ ДОНЕЦЬКОЇ ТА ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ	209
<i>Яковчук Р. С., Тарнавський А. Б., Карабин В.В.</i> ПЕРСПЕКТИВИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ ЗАХИСТУ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ	211

Секція 4. ІТ-ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ЦИВІЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

<i>Бурак Н.Є., Яковчук В.С.</i> РОЛЬ ДРОНІВ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ РИЗИКІВ І ПЛАНУВАННЯ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ	214
<i>Мосійченко Р.В., Лук'янчук Н.Г.</i> ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	216
<i>Смотр О.О., Мечус Х.В.</i> ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ У ПРОГНОЗУВАННІ ПРИРОДНИХ КАТАСТРОФ: АЛГОРИТМИ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНІСТЬ	218

Стасьо О.Р., Бурак Н.Є. ОПРАЦЮВАННЯ ДАННИХ ОТРИМАННИХ З РІЗНИХ ДЖЕРЕЛ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКО-ОРІЄНТОВАНИХ ПОКАЗНИКІВ	219
Філіпчук Б.Ю., Ткачук Р.Л. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ	221