

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ЕКСПРЕС-ОЦІНКИ ШКОДИ ДОВКІЛЛЮ ВІД ВІЙСЬКОВОЇ АГРЕСІЇ РФ

Б. Б. Бандурян¹, В. В. Ковалевський², В. Ю. Колосков³, В. В. Литвиненко¹¹Інститут електрофізики і радіаційних технологій Національної академії наук України, Харків, Україна²Громадська організація «Національна асоціація кібербезпеки», Київ, Україна³Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

УДК 504.05/06:519.816

DOI: 10.52363/2522-1892.2023.1.1

Отримано: 21 січня 2023

Прийнято: 27 квітня 2023

Cite as: Banduryan B., Kovalevskiy V., Koloskov V., Lytvynenko V. (2023). Information and measuring tools for express assessment of environmental damage from military aggression of the russian federation. Technogenic and ecological safety, 13(1/2023), 3–10. doi: 10.52363/2522-1892.2023.1.1

Анотація

В представлений роботі вдосконалено потенційний метод оцінювання стану безпеки в напрямку оцінювання збитків екологічній системі внаслідок військової агресії. Оцінювати збитки від військової агресії РФ доцільно як суму трьох складових: вартості шкоди в наслідок руйнування сукупного потенціалу України; витрат на відновлення сукупного потенціалу до рівня прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу; складової компенсації заподіяної шкоди, яка не була виявлена на час проведення оцінки двох перших складових.

Для практичної реалізації вдосконаленого потенційного методу оцінювання збитків екологічній системі України від військової агресії РФ запропоновано використовувати в якості інструментальної бази вимірювання розподілу інфрачервоного випромінювання з застосуванням спектрометричного аналізу. Показано, що використання такого підходу дозволяє знаходити забруднюючі речовини під шаром чистого ґрунту за випромінюванням в інфрачервоному діапазоні. Це дозволяє визначити границі забруднень без взяття проб і обмежитись мінімальною кількістю проб виключно в місцях уточнень параметрів забруднень. Також вказаний метод може бути застосований для визначення потенціалу пришвидшення ерозії ґрунтів внаслідок військових дій.

Ключові слова: заподіяна шкода, військова агресія РФ, проблеми оцінки збитків, потенційний метод, поточний стан безпеки, прогнозований стан країни.

Вступ

На теперішній час триває військова агресія РФ проти України. Ефективна протидія Збройних сил України, підтримка цивілізованого світу та беззаперечна готовність українського суспільства задля перемоги над окупантом та звільнення всіх окупованих територій не залишає сумнівів в тому, що на часі є розробка процедур обґрунтування репарацій, які має відшкодувати агресор.

Однією з істотних складових заподіяної шкоди, яка буде мати тривалі наслідки є розбалансування існуючих до початку військової агресії РФ чинників стримування екологічних проблем.

Багато районів, що перебували і на тепер перебувають під окупацією РФ, ще до початку повномасштабної військової агресії РФ утримували екологічну рівновагу завдяки системі заходів на рівні підприємств, місцевої та державної влади. Потрапляння під окупацію не тільки унеможливило вжиття запобіжних заходів, але й мультиплікувало набір негативних чинників, що поставило ці регіони на межу в тому числі екологічної катастрофи. Найбільш кричущими прикладами цього є захоплення військами РФ зони Чорнобильської АЕС, Запорізької АЕС, нанесення ракетних обстрілів по Південно-Українській АЕС, що не тільки створило потенційні загрози глобального радіаційного забруднення, але й унеможливило здійснення радіаційного моніторингу через вилучення сучасної інструментальної бази та сплюндрувало один з базових безпекових принципів, який ґрунтується на

культури безпеки персоналу ядерного об'єкту. Іншим прикладом є загроза підтоплення шахт, в першу чергу тих, які використовувались як сховища відходів, та шахти «Юний комунар», де в 1979 р. було здійснено підземний ядерний вибух.

Нанесення ударів по об'єктам ядерної енергетики, системам водопостачання і водовідведення та по житловим кварталам міст безпрецедентно загострило ймовірність виникнення техногенних та екологічних аварійних ситуацій.

Внаслідок масованого застосування засобів ураження різних типів, будівництва фортифікаційних споруд, вибухів та згорання військового озброєння, техніки і накопичених боєприпасів відбувається порушення поверхневого шару ґрунтів та забруднення водних об'єктів.

Використання земель, пошкоджених внаслідок бойових дій, потребує розмінування територій, знешкодження боєприпасів та рекультивациі земель. Вже відзначаються негативні зміни в біорізноманітті, включаючи зникнення окремих видів і, як наслідок, поширення інших небезпечних видів тварин.

Окреме місце займає неконтрольоване природокористування, необґрунтоване масове використання агресором особливо екологічно небезпечних видів зброї, таких як важкі вогнетні системи, ракети важких типів, що використовують компоненти рідких ракетних палив, дії чорноморського флоту РФ, тощо. Попередні дослідження різних авторів показали наявність суттєвих за

рівнем небезпеки забруднень повітря, води та ґрунту у місцях, де відбуваються вибухи боєприпасів [1–5]. Зокрема, було встановлено наявність важких металів [6], а також вибухових речовин [7].

Нами наведено не остаточний перелік екологічних проблем, які є прямим наслідком військової агресії рф, але він окреслює масштаби витрат, необхідних для компенсації нанесеної шкоди, і визначає актуальність розробки методик кількісної оцінки розміру репарацій.

Сучасний стан вирішення проблеми оцінки збитків від військової агресії рф

Сьогодні в Україні ведеться постійна робота з визначення та обґрунтування методів оцінки збитків України від військової агресії рф. Розробляються концепції, підходи, законопроекти, покликані визначити юридичні підстави, єдині стандарти та процедури для підготовки консолідованої претензії від України, як держави, що зазнала військової агресії рф. Використовуються вже існуючі документи попереднього періоду, наприклад, Постанова КМ України від 15.02.2002 №175 «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» (зі змінами). Документ може стати базовим для відпрацювання методики оцінки збитків. Розроблені інші проекти документів, які стануть складовими юридичної бази з визначення розміру репарацій від рф за заподіяну шкоду. Так, Мінекономіки та Фонд держмайна України на початку серпня 2022 року презентували методику визначення збитків, завданих підприємствам внаслідок військової агресії рф. Існують також «Проект Плану відновлення України» Національної ради з відновлення України від наслідків війни [8] та інші проекти документів.

Постановка завдання

Оскільки цілеспрямовані удари рф нанесли безповоротні втрати екологічній системі України і їх наслідки будуть відтворюватись протягом життя наступних поколінь, повне відшкодування збитків, що зумовлені військовою агресією рф та її сателітів у вигляді разового платежу або іншої разової компенсації є принципово неможливим. Разом з тим на момент майбутніх перемовин на прийнятних для України умовах необхідно, обґрунтувати методики оцінки розміру системи репарацій, яка буде адекватно відповідати спричиненій шкоді.

Запропонований в попередніх публікаціях [9, 10] Потенційний метод відкриває загальний підхід саме до такої адекватної оцінки спричинених збитків. З огляду на це необхідно адаптувати положення, викладені в роботах [11, 12] саме до збитків екологічній системі України внаслідок військової агресії рф.

Потенційний метод

Потенційний підхід базується на тому, що екологічний стан в країні характеризується сукупністю потенціалів – кількісних характеристик, що визначають баланс загроз та компенсуючи

заходів, для підтримки умов безпеки життєдіяльності та якості життя. Сукупність потенціалів поділяється на три групи:

$S_{pos}(t)$ – позитивні (positive) потенціали, які доцільно нарощувати;

$S_{neg}(t)$ – негативні (negative) потенціали, які доцільно зменшувати;

$S_{pas}(t)$ – група з нижнім індексом «pas» (passive) – пасивні потенціали, відношення до яких не визначено.

Якщо стан безпеки країни найбільш повно виражається сукупністю значимих потенціалів, природним є оцінювати збитки від військової агресії через руйнування сукупності потенціалів, а також через витрати, які необхідні для відновлення сукупності потенціалів на рівні прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу. Більш детально можливості Потенційного методу оцінки стану безпеки країни представлено в роботах [9, 10].

Структура оцінки збитків від військової агресії

У кожен момент часу t стан країни оцінюється значеннями комплексного параметру поточного стану безпеки:

$$S(t) = S_{pos}(t) + S_{neg}(t) + S_{pas}(t).$$

Зміни комплексного параметру стану безпеки $S(t)$ відображені на схемі (рис. 1).

Початковий стан безпеки на час початку війни $R(0)=S(t=0)$ визначається значеннями $S_{pos}(0)$ і $S_{neg}(0)$. Потенціали $S_{pas}(0)$ на час $t=0$ залишаються невизначеними та не враховуються.

Стан безпеки на час закінчення війни $R(T)=S(t=T)$ визначається також виключно значеннями $S_{pos}(T)$ і $S_{neg}(T)$.

Прогнозований стан країни на час закінчення ліквідації наслідків військової агресії $R(F)=S(t=F)$ визначається оцінками перспектив розвитку країни в умовах мирного часу і фіксується значеннями $S_{pos}(F)$, $S_{neg}(F)$ і $S_{pas}(F)$. На час $t=F$ пасивні потенціали можуть приймати значимий вплив і їх урахування буде необхідне за окремою процедурою.

Заподіяна шкода (Z) буде складатись з трьох складових (на рисунку 2 формули розрахунку складових виділені червоним кольором):

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3,$$

де Z_1 – складова компенсації шкоди, заподіяної зменшенням значення комплексного параметру стану безпеки $S(t)$ за рахунок всіх видів втрат:

$$Z_1 = R(0) - R(T) = S(t=0) - S(t=T) = [S_{pos}(t=0) + S_{neg}(t=0)] - [S_{pos}(t=T) + S_{neg}(t=T)];$$

Z_2 – складова компенсації витрат, необхідних для відновлення країни за комплексним параметром стану безпеки $S(t)$ на рівень приближений до рівня прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу $S(t=F) \rightarrow S(t=0)$:

$$Z_2 = R(F) - R(T) = S(t=F) - S(t=T) = [S_{pos}(t=F) + S_{neg}(t=F)] - [S_{pos}(t=T) + S_{neg}(t=T)];$$

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ОЦІНКИ ШКОДИ ТА РЕПАРАЦІЙ. ПОТЕНЦІЙНИЙ ПІДХІД

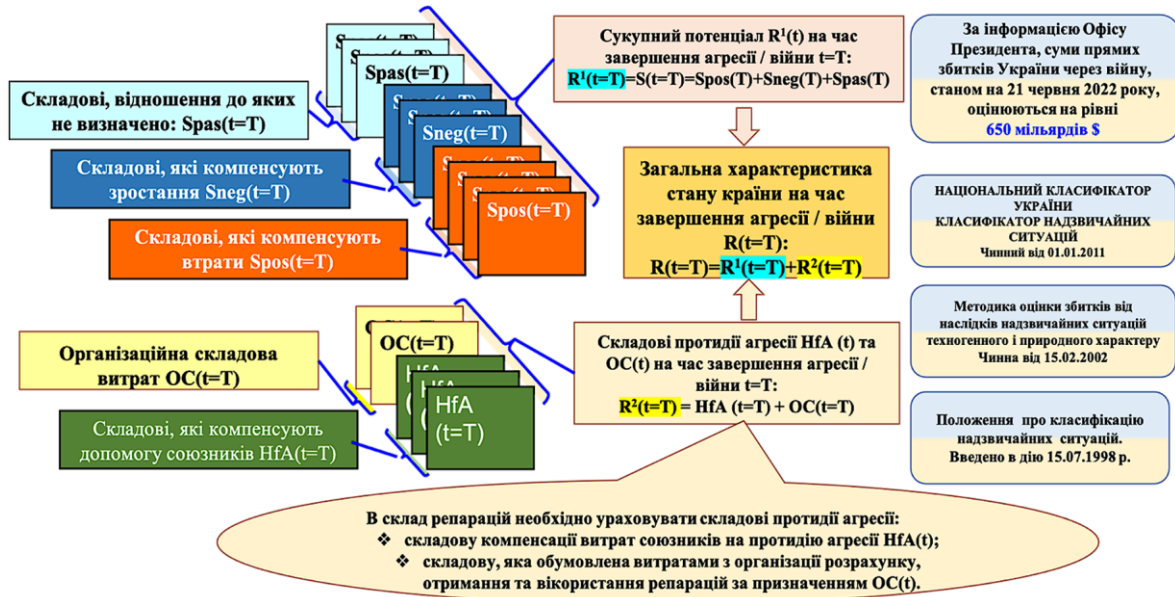


Рисунок 1 – Структурна схема оцінки комплексного стану безпеки

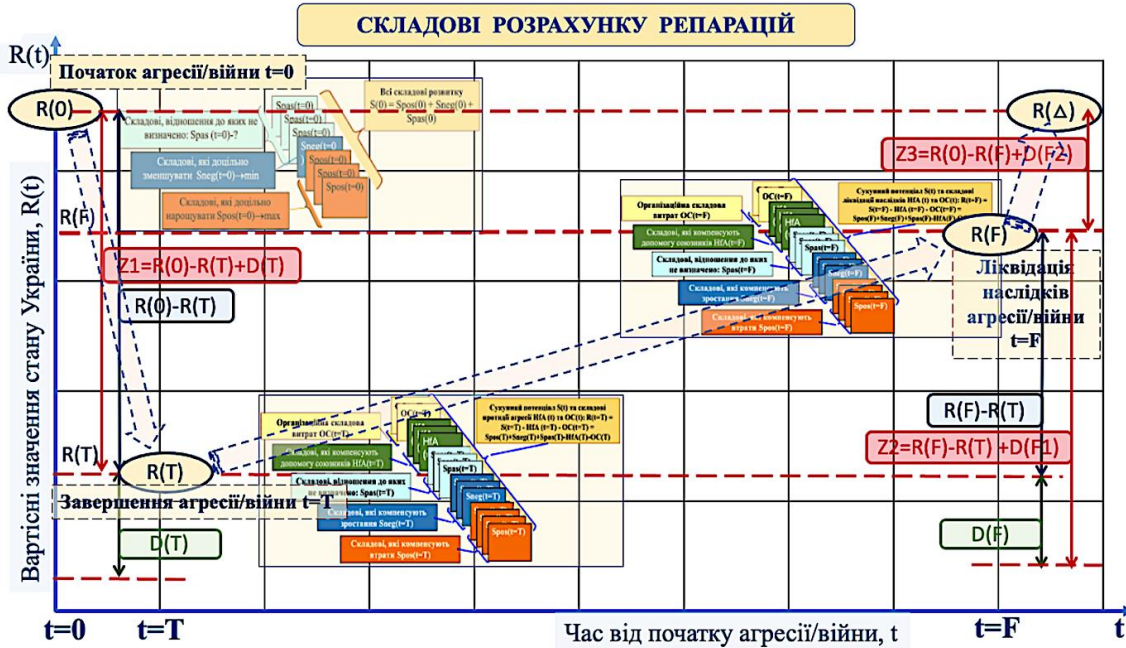


Рисунок 2 – Схема обрахунку збитків від військової агресії

$Z3$ – складова компенсації заподіяної шкоди, яка обумовлена неможливістю компенсувати всю заподіяну шкоду у зв'язку з наявністю неповоротних втрат $S(t=F) \neq S(t=0)$ та неможливістю передбачити всю заподіяну шкоду на час проведення оцінки шкоди:

$$Z3 = S(t=0) - S(t=F) = [Spos(t=0) + Sneg(t=0)] - [Spos(t=F) + Sneg(t=F)].$$

Приклади інструментальної реалізації вимірювань

Ведення військових дій в першу чергу відображається на особливостях рельєфу поверхні та рослинному покриві, що в подальшому спричиняє шкоду родючості ґрунтів, рослинному

біорізноманіттю та призводить до пришвидшеного зносу підземних комунікацій. Одним з ефективних заходів з проведення експрес-оцінки заподіяної шкоди є дистанційне зондування поверхні Землі в різних спектральних діапазонах, яке дозволяє одержати об'єктивну кількісну і якісну інформацію як про поверхневий, так і про глибинний стан і структуру ґрунтів техногенних об'єктів.

Особливістю багатоспектрального дистанційного зондування є вплив рельєфу і сполуки ґрунтів на формування картограм у видимому і інфрачервоному діапазонах. На основі аналізу факторів, зумовлених веденням військових дій, наприклад, пошкодження залізничних шляхів сполучень з наступним потраплянням шкідливих речовин у довкілля, здійснюється документування

зон прихованого враження природної сфери. Даний підхід був, в тому числі, апробований при експрес-моніторингу місць техногенних аварій [12] (див. рис. 3).

Ліквідація зовнішніх ознак аварії здатна замаскувати залишкові наслідки, що будуть впливати на довкілля у довгостроковій перспективі. Аналіз проб ґрунту в даному випадку є доцільним, але постає задача визначити та обґрунтувати найбільш репрезентативні місця забору проб. Очевидно, що забруднююча речовина знаходиться під шаром чистого ґрунту. Взяття проб з поверхні не дає можливість виявити місця забруднення, які скриті шаром чистого ґрунту (рис. 4, а). Пошук забруднень методом взяття проб за випадковим принципом з застосуванням буріння потребує великих обсягів робіт, є високовитратним, а у зв'язку з фрагментним характером забруднення не дає можливості точно оконтурювати місця забруднень (або місця забруднень великого рівня).

На рис. 4, б наведено знімок тієї ж місцевості після ліквідації аварії, який зроблено інфрачервоним сканером в інфрачервоному діапазоні. Забруднююча речовина, яка знаходиться під шаром чистого ґрунту, випромінює в інфрачервоному діапазоні у зв'язку з виділенням тепла при реагуванні з повітрям ґрунту. Місця забруднення виділяються більш яскравим кольором. В цьому прикладі метод дозволяє визначити границі забруднень без взяття проб і обмежитись мінімальною кількістю проб виключно в місцях уточнень параметрів забруднень.

Іншою задачею є оцінка потенціалу пришвидшення ерозії ґрунтів внаслідок військових дій через вибухи, рух військової техніки, облаштування військових позицій, тощо. Найбільш складною задачею є оцінка прихованих процесів. Зазвичай, у випадках застосування термографічного контролю застосовуються методи стимуляції теплового поля [13–15]

Оскільки протягом доби температура ґрунтового масиву змінюється, ми аналізуємо постійно змінюване поверхнєве температурне поле, фактично реалізуючи режим активної термографії, в якому реалізуючими факторами виступають природні потоки повітря та сонячні промені. Інформацію про наявність аномальних зон, що можуть негативно проявитись у вигляді підвищених механічних впливів на підземні споруди або зсувів, можна одержати шляхом порівняння значень зміни температури на різних ділянках поверхні досліджуваного об'єкту. Виникнення виражених температурних градієнтів на поверхні досліджуваного об'єкту в процесі охолодження або нагрівання є ознакою неоднорідності його внутрішньої будови. Різноманітний рослинний покрив, що знаходиться на поверхні схилів, також може бути причиною візуально спостережуваних температурних відмінностей. Разом з тим, коректна методологія проведення досліджень дозволяє встановити природу виникнення температурних аномалій, а їх спостереження в часі дозволяють зробити висновок про стабільність поверхні ґрунту.

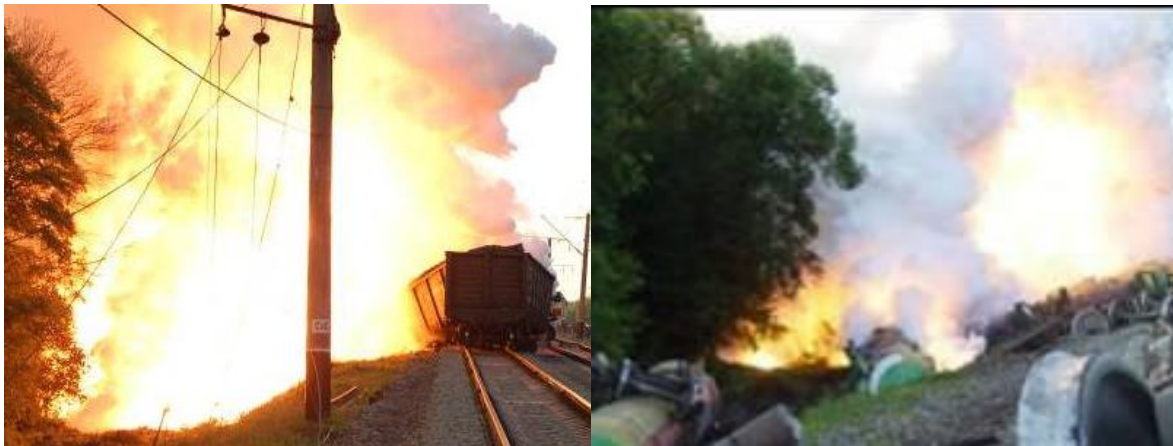


Рисунок 3 – Зона аварійного сходу з рейок цистерн з жовтим фосфором

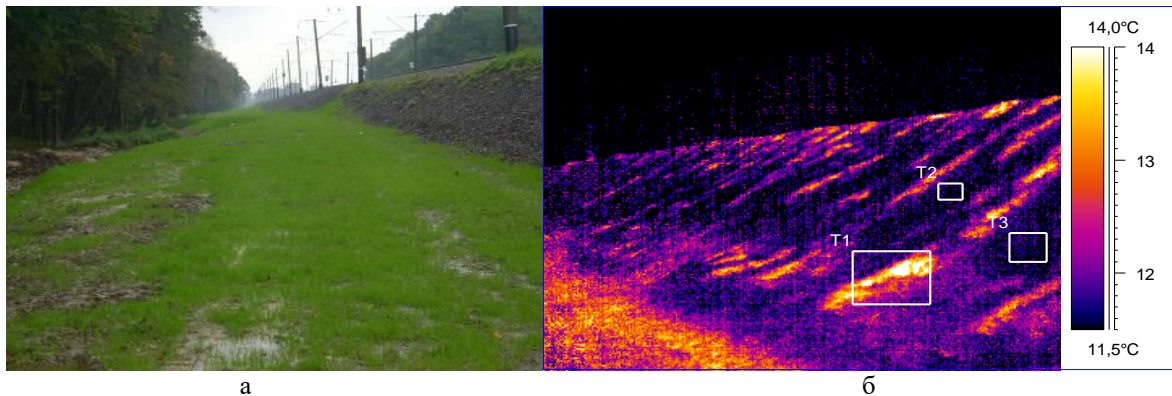


Рисунок 4 – Знімок місця аварії після усунення наслідків:
а – у оптичному діапазоні; б – у інфрачервоному діапазоні

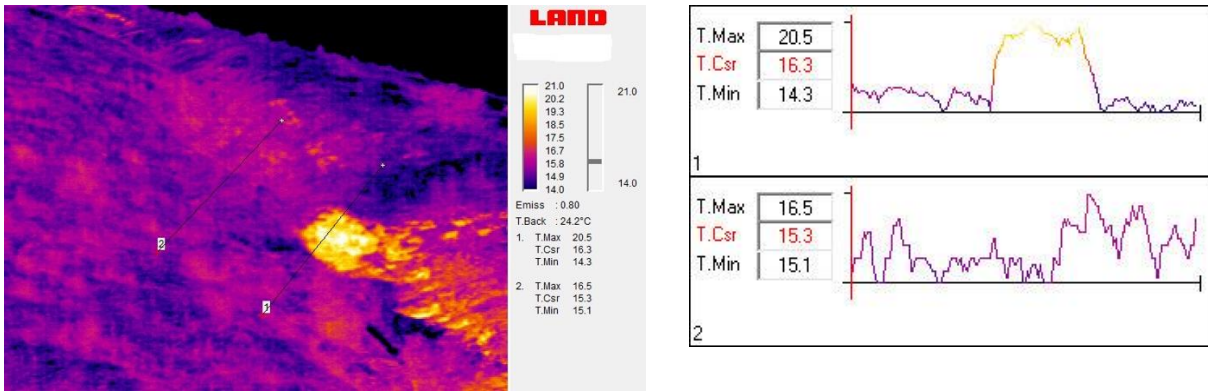


Рисунок 5 – Інфрачервоне зображення схилу з місцями ерозії та розподіл радіаційної температури вздовж профілів

Системні дослідження дають можливість встановити характер протікання процесів, що відповідальні за стійкість ґрунтових мас, ерозію та порушення рівноваги. Оскільки ерозія є довготривалим процесом, її проявлення на тепловізійному зображенні є більш очевидним через відмінність рослинного покриву, зволоженості ґрунту, орієнтації площин спостережуваної поверхні.

Як бачимо, місця переважного протікання ерозивних процесів є достатньо очевидними при візуальному огляді рис. 3, але, зважаючи на необхідність розрахунку стійкості ґрунту до зсуву, карти розподілу температурного поля на поверхні та, зокрема, температурні профілеграми (рис. 5) можуть дати додаткову інформацію при проведенні оціночних розрахунків.

Так, при застосуванні до визначення стійкості ґрунту методу круглоциліндричних поверхонь ковзання [16] необхідно передбачити координати дуги ковзання. Оскільки зсув, що спричиняється опадом, відбувається по межі поділу зволжених і незволжених ґрунтів, саме аналіз профілеграм в часі може допомогти встановити межі площини ковзання та інші розрахункові параметри, адже теплофізичні характеристики водонасичених шарів та «сухого» ґрунту будуть відрізнятися. Тобто ми можемо розглядати динаміку температурного поля на поверхні, яка буде відображати розшарування ґрунтів глибині масиву.

За даними роботи [11] рівняння рівноваги записується як умова рівності нулю моменту утримуючих сил $F_k = P \sin \alpha_k$ та зсувних сил $N_k = P \cos \alpha_k$, P – значення ваги умовного вертикального k -го відсіку ґрунту, α_k – кут між напрямком P та нормаллю до радіуса дуги ковзання.

$$\sum F_k R - \sum N_k \operatorname{tg} \varphi R - cLR = 0,$$

де R – радіус дуги ковзання, φ – кут внутрішнього тертя; c – питоме зчеплення ґрунту; L – довжина дуги ковзання.

Обрахунки поширення теплових хвиль всередині неоднорідних ґрунтових масивів здійснено

в роботі [15], а внесок у виникнення температурних градієнтів при перетині теплової хвилею поверхні поділу двох шарів визначається коефіцієнтом відбиття теплової хвилі, який залежить від значень теплоємності та теплопровідності суміжних шарів. На рис. 5 видно, що місця вздовж проміїни на схилі відрізняються більш високою температурою, таким чином даним ділянкам будуть властиві інші режими вологонасичення та випаровування, а отже, ці ділянки можна віднести до таких, що становлять потенційну загрозу локальних зсувів та інтенсивної ерозії.

У випадку проведення робіт в зоні підвищеного радіаційного фону, наприклад, в зоні Чорнобильської АЕС, Запорізької АЕС, тощо, рекомендується проводити вимірювання з застосуванням роботизованої техніки, в тому числі безпілотних літальних апаратів, та захищати металополімерними композитними матеріалами [17, 18].

Більш інформативним видається використання вимірювань розподілу інфрачервоного випромінювання з застосуванням спектрометричного аналізу. Цей напрямок наразі перебуває в стані активного розвитку. Одним з алгоритмів його реалізації є схема на рис. 6, яка більш детально описана в [19].

Висновки

1. Визначено, що адекватне визначення репарацій, як елемента оптимальної ліквідації наслідків військової агресії РФ і її сателітів проти України та сприяння створенню умов недопущення відновлення в майбутньому тенденцій, які призвели до міжнародних воєнних злочинів з боку РФ, можливе виключно за участі всіх державних та громадських структур України в межах їх компетенцій.

За організацію в масштабах країни подолання наслідків військової агресії РФ може відповідати виключно Кабінет Міністрів України та державні органи управління за їх компетенціями. Створення нового додаткового спеціалізованого центрального органу виконавчої влади в проектах документів ніяк не обґрунтовувалось і є концептуально недоцільним.

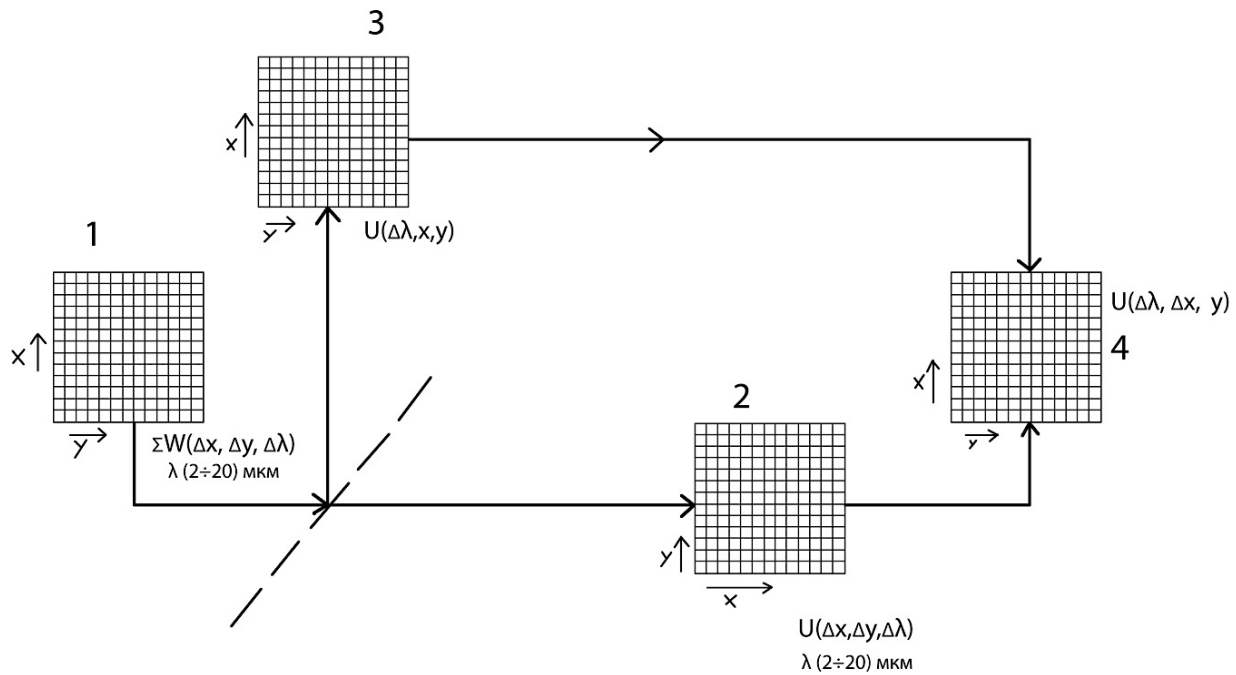


Рисунок 6 – Блок-схема спектральних вимірювань:

1 – джерело інфрачервоного випромінювання;

2 – блок реєстрації інтегрального інфрачервоного випромінювання в спектральному діапазоні $\lambda = 2 \dots 20$ мкм;

3 – блок реєстрації інтенсивності випромінювання на окремих довжинах хвиль;

4 – блок реєстрації та сумісної обробки диференціальних та інтегральних сигналів

2. Вдосконалено потенційний метод оцінювання стану безпеки в напрямку оцінювання збитків екологічній системі внаслідок військової агресії. Оцінювати збитки від військової агресії рф доцільно як суму трьох складових:

1) вартості шкоди в наслідок руйнування сукупного потенціалу України;

2) витрат на відновлення сукупного потенціалу до рівня прогнозованого розвитку країни в умовах мирного часу;

3) складової компенсації заподіяної шкоди, яка не була виявлена на час проведення оцінки двох перших складових.

3. Для практичної реалізації вдосконаленого потенційного методу оцінювання збитків екологічній системі України від військової агресії рф запропоновано використовувати в якості інструментальної бази вимірювання розподілу інфрачервоного випромінювання з застосуванням спектрометричного аналізу. Використання такого підходу дозволяє знаходити забруднюючі речовини

під шаром чистого ґрунту за випромінюванням в інфрачервоному діапазоні у зв'язку з виділенням тепла при реагуванні з повітрям ґрунту, при цьому місця забруднення виділяються більш яскравим кольором. Це дозволяє визначити границі забруднень без взяття проб і обмежитись мінімальною кількістю проб виключно в місцях уточнень параметрів забруднень. Також вказаний метод може бути застосований для визначення потенціалу пришвидшення ерозії ґрунтів внаслідок військових дій.

4. Встановлено, що робота з визначення та обґрунтування методів оцінки збитків України від військової агресії рф постійна і має значні напрацювання. Поєднання різних підходів з подоланням їх неузгодженості між собою потребує обов'язкового подальшого широкого обговорення проєктів документів з органами центральної та регіональної влади, місцевого самоврядування, представниками наукових установ, бізнесу та громадськості.

Подяка

Дослідження, що проведені в роботі, здійснено за фінансової підтримки програми державного бюджету (КПВК 6541230).

ЛІТЕРАТУРА

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Pichtel J. Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012. Art. 617236.
5. 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.

6. Vasarevicius S., Greičiūte K. Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 2004. Vol. 12(4). P. 132-137.
7. Lewis T. A., Newcombe D. A., Crawford R. L. Bioremediation of soils contaminated with explosives. *Journal of Environmental Management*. 2004. Vol. 70(4). P. 291-307.
8. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Аудиту збитків, понесених внаслідок війни». Національна рада з відновлення України від наслідків війни. VI. 2022 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf>, (дата звернення 25.09.2022 р.).
9. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д. Л. Формалізація оцінки та управління станом безпеки. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. № 9 (1/2021). С. 26-30.
10. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Цвайгов Д. Л. Критерії оцінки стану безпеки. *Техногенно-екологічна безпека*. 2021. № 10 (2/2021). С. 10-16.
11. Бандурян Б. Б., Ковалевський В. В., Інформаційна вимірювальна система оцінки стану безпеки. *Техногенно-екологічна безпека*. 2022. № 11 (1/2022). С. 3-7.
12. Аварія з фосфором у Львівській області: факти, проблеми, екологічні наслідки / Соботович Е. В. та ін. *Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища НАН та МНС України*. 2007. Вип. 14. С. 8-18.
13. Bazaleev N. I., Lytvynenko V. V. Application of active thermography for defectoscopy of technological equipment on objects of the nuclear power plants. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2019. Vol. 2019(5). P. 179-185.
14. Simulating the radiation transformations in rocks-potential media for radioactive waste disposal / Bazaleev N. I. et. al. *Physics of Particles and Nuclei Letters*. 2009. Vol. 6(5). P. 417-423.
15. Karam M. A. A Thermal wave approach for heat transfer in a nonuniform soil. *Soil Science Society Of America Journal*. 2000. Vol. 64. P. 1219-1225.
16. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко та ін. ; за ред. Л. М. Шутенка ; пер. з рос. ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 563 с.
17. Control of macroscopic characteristics of composite materials for radiation protection / Klepikov V. F. et al. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2015. № 2 (96). P. 193-196.
18. Metal containing composition materials for radiation protection / Prokhorenko E. M. et al. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2014. № 4 (92). P. 125-129.
19. Пат. 115934 Україна, G01J5/20, G01J3/28, G01N21/35, G01C11/02. Спосіб реєстрації спектра інфрачервоного проміння / Клепиков В. Ф., Литвищенко В. В., Бандурян Б. Б., Волчок О. Й., Соколенко В. І., Пахомов А. В.; (Україна), заявник та патентовласник Національний науковий центр «Харківський фізико-технічний інститут» Національної академії наук України. – № a201605738, заяв. 27.05.2016; опубл. 10.01.2018, бюл. № 1.

Banduryan B., Kovalevskiy V., Koloskov V., Lytvynenko V.

INFORMATION AND MEASURING TOOLS FOR EXPRESS ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL DAMAGE FROM MILITARY AGGRESSION OF THE RUSSIAN FEDERATION

The presented work improves the potential method of assessing the state of security in the direction of assessing damage to the ecological system as a result of military aggression. It is expedient to assess damages from the military aggression of the Russian Federation as the sum of three components: the cost of damage as a result of the destruction of Ukraine's overall potential; costs for restoring the aggregate potential to the level of the country's projected development in peacetime conditions; component of compensation for the damage caused, which was not detected at the time of the evaluation of the first two components.

For the practical implementation of the improved potential method of assessing damage to the ecological system of Ukraine from the military aggression of the Russian Federation, it is proposed to use as an instrumental basis the measurement of the distribution of infrared radiation with the use of spectrometric analysis. It is shown that the use of such an approach allows finding pollutants under a layer of clean soil by radiation in the infrared range. This allows you to determine the limits of pollution without taking samples and to limit yourself to the minimum number of samples exclusively in the places of clarification of pollution parameters. The specified method can also be used to determine the potential for accelerating soil erosion as a result of military operations.

Key words: damage caused, military aggression of the Russian Federation, problems of damage assessment, potential method, current security situation, projected state of the country.

REFERENCES

1. Gorecki, S., Nessler, F., Hube, D., Mullot, J., Vasseur, P., Marchioni, E., Camel, V., Noël, L., Le, B. B., Guérin, T., Feidt, C., Archer, X., Mahe, A., & Rivière, G. (2017). 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. *Science of the Total Environment*, 599-600, 314-323.
2. Lima, D., Bezerra, M., Neves, E., & Moreira, F. (2011). Impact of ammunition and military explosives on human health and the environment. *Reviews on Environmental Health*, 26(2), 101-110.
3. Olson, K., & Tharp, M. (2020). 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*, 75(2), 33A-37A.
4. Pichtel, J. (2012). Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 617236.
5. Ryu, H., Han, J., Jung, J. W., Bae, B., & Nam, K. (2007). Human health risk assessment of explosives and heavy metals at a military gunnery range. *Environmental Geochemistry and Health*, 29(4), 259-269.
6. Vasarevicius, S., & Greičiūte, K. (2004). Investigation of soil pollution with heavy metals in Lithuanian military grounds. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 12(4), 132-137.
7. Lewis, T. A., Newcombe, D. A., & Crawford, R. L. (2004). Bioremediation of soils contaminated with explosives. *Journal of Environmental Management*, 70(4), 291-307.
8. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Аудиту збитків, понесених внаслідок війни». Національна рада з відновлення України від наслідків війни [Project of the Recovery Plan of Ukraine. Materials of the working group "Audit of losses incurred as a result of the war". The National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War]. (2022). <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/audit-of-war-damage.pdf> (access date: 25.09.2022). [in Ukrainian].
9. Banduryan, B., Kovalevskiy, V., & Tsvaigov, D. (2021). Formalizacija ocinky ta upravlinnja stanom bezpeky [Formalization of safety assessment and management]. *Technogenic and ecological safety*, 9 (1/2021), 26-30. [in Ukrainian].
10. Banduryan, B., Kovalevskiy, V., & Tsvaigov, D. (2021). Kryterii' ocinky stanom bezpeky [Criteria of safety condition assessment], *Technogenic and ecological safety*, 10 (2/2021), 10-16. [in Ukrainian].

11. Banduryan, B., & Kovalevskyj, V. (2022). Informacijna vymirjuval'na systema ocinky stanu bezpeky [Information measuring system for safety state assessment], *Technogenic and Ecological Safety*, 11 (1/2022), 3–7. [in Ukrainian].
12. Sobotovych, E. V., Lysychenko, G. V., Zabulonov, Ju. L., Kovalevskyj, V. V., Bondarenko, M. G., & Slipchenko, B. V. (2007). Avarija z fosforom u L'vivs'kij oblasti: fakty, problemy, ekologichni naslidky [Phosphorus accident near Lviv region: facts, problems, environmental findings]. *Tehnogenno-ekologichna bezpeka ta cyvil'nyj zahyst*, 14, 8–18. [in Ukrainian].
13. Bazaleev, N. I., & Lytvynenko, V. V. (2019). Application of active thermography for defectoscopy of technological equipment on objects of the nuclear power plants. *Problems of Atomic Science and Technology*, 2019(5), 179–185.
14. Bazaleev, N. I., Banduryan, B. B., Ivankina, T. I., Klepikov, V. F., Lytvynenko, V. V., Lonin, Yu. F., Nikitin, A. N., Ponomarev, A. G., Robuk, V. N., Uvarov, V. V., & Uvarov, V. T. (2009). Simulating the radiation transformations in rocks-potential media for radioactive waste disposal. *Physics of Particles and Nuclei Letters*, 6(5), 417–423.
15. Karam, M. A. (2000). A Thermal wave approach for heat transfer in a nonuniform soil. *Soil Science Society Of America Journal*. 64, 1219–1225.
16. Shutenko, L. M., Rud', O. G., Kichajeva, O. V., Samorodov, O. V., & Gavryljuk, O. V. (2017). *Mehanika g'runtiv, osnovy ta fundamenty : pidruchnyk [Soil mechanics, foundations and foundations: a textbook]* / ed. Shutenko, L. M. Kharkiv : KhNUMG named after O. M. Beketov, 563. [in Ukrainian].
17. Klepikov, V. F., Prokhorenko, E. M., Lytvynenko, V. V., Zakharchenko, A. A., & Hazhmuradov, M. A. (2015). Control of macroscopic characteristics of composite materials for radiation protection. *Problems of Atomic Science and Technology*, 2(96), 193–196.
18. Prokhorenko, E. M., Klepikov, V. F., Lytvynenko, V. V., Zakharchenko, A. A., & Hazhmuradov, M. A. (2014). Metal containing composition materials for radiation protection. *Problems of Atomic Science and Technology*, 4(92), 125–129. [in Ukrainian].
19. *Sposib rejestracij' infrachervonogo vyprominjuvannja [Method of registration of infrared radiation]* (UA Patent 115934). (10.01.2018). UA Patent. [in Ukrainian].