

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ Тамара Дудар  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

### (ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,  
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ  
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

**Тема: «Екологічні наслідки для довкілля від використання  
фосфорної зброї»**

Виконавець: студентка групи ЕК-401Б Шеверда Таїсія Миколаївна  
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: к.ф.-м.н., доцент кафедри екології Гай Анжела Євгенівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Андріан ЯВНЮК  
(П.І.Б.)

КИЇВ 2023

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,  
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Тамара Дудар

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ**

**на виконання кваліфікаційної роботи**

**Шеверди Таїсії Миколаївни**

1. Тема роботи «Екологічні наслідки для довкілля від використання фосфорної зброї» затверджена наказом ректора від «19» 04 2023 р. №529/ст.
2. Термін виконання роботи з 29.05.2023 р. по 25.06.2023 р.
3. Вихідні дані роботи: теоретичні та аналітичні матеріали
4. Зміст пояснювальної записки: вступ, історія виникнення і використання фосфорної зброї, деградація ґрунтів як наслідок використання фосфорної зброї, пожежі як небезпечний чинник для довкілля, висновки.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Обґрунтування вибору теми	29.05.23	
2.	Складання календарного плану дипломної роботи	29.05.23	
3.	Опрацювання літературних джерел щодо екологічних наслідків від використання фосфорної зброї	31.05.23	
4.	Збір, систематизація та вивчення інформації	31.05.23	
5.	Опрацювання інформації (групування, зведення у таблиці, побудова графіків, схем)	05.06.23	
6.	Обробка та оформлення вихідних матеріалів	08.06.23	
7.	Формулювання висновків та рекомендацій	14.06.23	
8.	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно вимог діючих стандартів	14.06.23	
9.	Передзахист кваліфікаційної роботи	13.06.23	
10.	Підготовка до захисту: доповідь, презентація, ілюстративний (роздатковий) матеріал	18.06.23	
11.	Захист кваліфікаційної роботи	22.06.12	

7. Дата видачі завдання: «19» квітня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи (проекту): \_\_\_\_\_ Гай А.Є.  
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: \_\_\_\_\_ Шеверда Т.М.  
(підпис випускника) (П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Екологічні наслідки для довкілля від використання фосфорної зброї», 56 с., 18 рис., 1 табл., 25 бібліографічних посилань.

Мета роботи: на основі доступної інформації визначити екологічне навантаження на довкілля від військових дій, провести хронологічний аналіз використання фосфорних озброєнь на території України.

Об'єкт дослідження: деградація довкілля від використання фосфорної зброї.

Предмет дослідження: довкілля, військово-техногенне навантаження, фосфорна зброя, ґрунти.

Завдання роботи:

- опрацювати літературні джерела та інформаційні ресурси;
- визначити основні небезпеки для довкілля від використання білого фосфору;
- встановити обстріли фосфорною зброєю території України в хронологічному порядку;
- сформулювати висновки щодо впливу фосфорної зброї на екологічний стан довкілля.

Методи дослідження: аналіз, порівняння, синтез і систематизація; узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних; системний підхід, методи спостереження та порівняння.

Результати бакалаврської роботи рекомендується використовувати під час проведення наукових досліджень та в практичній діяльності фахівців-екологів.

ФОСФОРНА ЗБРОЯ, ПРОДУКТИ ГОРІННЯ ФОСФОРУ, ДЕГРАДАЦІЯ  
ДОВКІЛЛЯ, ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОРНОЇ ЗБРОЇ</b> .....	10
1.1 Загальна характеристика використання білого фосфору .....	10
1.2 Вплив військових дій на екологічний стан довкілля .....	13
1.3 Використання фосфорних озброєнь в Україні .....	15
1.4 Дії при ураженні білим фосфором .....	22
1.5 Висновки до розділу .....	24
<b>РОЗДІЛ 2. ДЕГРАДАЦІЯ ГРУНТІВ ЯК НАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОРНОЇ ЗБРОЇ</b> .....	27
2.1 Джерела забруднення ґрунтів .....	27
2.2 Значення фосфору та його сполук для ґрунтів і рослин .....	30
2.3 Вплив фосфорної зброї на ґрунтовий покрив .....	33
2.4 Вплив замінованих територій на якість ґрунтів .....	36
2.5 Методи і заходи відновлення якості ґрунтів .....	39
2.6 Висновки до розділу.....	41
<b>РОЗДІЛ 3. ПОЖЕЖІ ЯК НЕБЕЗПЕЧНИЙ ЧИННИК ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ</b> .....	44
3.1 Заборона використання фосфорної зброї .....	44
3.2 Пожежі в лісових екосистемах як наслідок військових дій .....	45
3.3 Наслідки від пожеж на промислових об'єктах .....	47
3.4 Висновки до розділу.....	49
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	51
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ</b>	
<b>ДЖЕРЕЛ</b> .....	54

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Під час військових дій, внаслідок вибухів різних видів озброєння, переміщення важкої військової техніки та викидів в атмосферу значної кількості небезпечних хімічних речовин збільшується воєнно-техногенне навантаження в десятки разів, що призводить до негативних змін природно-заповідних територій, повітряного, геологічного, водного середовищ, ґрунтів, рослинного і тваринного світів, які можуть бути незворотними. Всі ці негативні процеси почали відбуватися і відбуваються зараз на території України під час повномасштабного вторгнення 24 лютого 2022 року.

Під час вибухів різних видів озброєння, особливо небезпечної і забороненої міжнародними конвенціями фосфорної зброї, порушуються природні ландшафти, забруднюються продуктами горіння атмосферне повітря, ґрунти, знищується рослинність та тварини, а це проявляється у втраті біологічної різноманітності, у скороченні чисельності і зникненні окремих видів. А також відбувається небезпечний вплив на всі процеси життєдіяльності людини. Сучасні види зброї можуть призвести до екологічної катастрофи на значних територіях України.

Використання фосфорних боєприпасів підпадають під заборону Женевської конвенції та інших міжнародних протоколів, оскільки вона вважається негуманною через агресивність, високотемпературність, проникаючу та вражаючу дією. Внаслідок удару фосфорною бомбою спалахує сильна пожежа, яку важко загасити. Під час попадання на шкіру людини білий фосфор викликає важкі хімічні опіки. Попри це, різні регіони України піддавалися бомбардуванню саме фосфорною зброєю. Так, за оцінками експертів ООН, було повідомлено, що є докази застосування заборонених видів зброї на території України, серед яких і фосфорні боєприпаси.

Білий фосфор, який використовується у військових боєприпасах є samozапальною та легкозаймистою речовиною, тобто, він спалахує від контакту із киснем, тому загасити його надзвичайно складно. На повітрі білий фосфор легко окислюється, а частина хімічної енергії перетворюється у світлову. Тому можемо спостерігати світіння білого фосфору у темний час доби, а вдень він проявляється у вигляді білого диму з чітко вираженим запахом часнику.

Окрім того, що фосфорні бомби спричиняють сильні пожежі, їх дуже важко загасити, оскільки пожежа триває до тих пір, поки не вигорить увесь білий фосфор всередині бойового снаряду, або доки він не буде ізольований від контакту з киснем. Як наслідок, пожежою охоплюються значні площі, спричинюються хімічні опіки у людей і тварин та руйнується інфраструктура.

Шкідливий вплив полягає в тому, що продукти горіння білого фосфору та їх розчини, потрапляючи у ґрунти, утворюють солі, а це в свою чергу посилює міграцію фосфорних сполук із зони ураження на території, на яких бойові дії не відбувалися і не відбуваються. А як відомо, надлишок фосфатів у ґрунтах негативно впливає на розвиток флори і фауни, пригнічує всі процеси життєдіяльності та призводить до деградації ґрунтових екосистем. Особливо це небезпечно для земель, що відведені для вирощування сільськогосподарської продукції, так як може загрожувати харчовій безпеці.

Відомо, що одним із найбільших природних багатств є наявність родючих ґрунтів, а третина світових чорноземів знаходяться в межах України. В результаті проведення воєнних дій верхні, найбільш родючі, шари ґрунту страждають найбільше. Вони ж і відновлюються найповільніше: природний темп відновлення родючого шару ґрунту - один сантиметр за сто років. Фахівці прогнозують, що збитки для агропромислового комплексу України будуть дуже значними, які навіть важко підрахувати.



**Мета роботи:** на основі доступної інформації визначити екологічне навантаження на довкілля від військових дій, провести хронологічний аналіз використання фосфорних озброєнь на території України.

**Об'єкт дослідження:** деградація довкілля від використання фосфорної зброї.

**Предмет дослідження:** довкілля, військово-техногенне навантаження, фосфорна зброя, ґрунти.

**Завдання роботи:**

- опрацювати літературні джерела та інформаційні ресурси;
- визначити основні небезпеки для довкілля від використання білого фосфору;
- встановити обстріли фосфорною зброєю території України в хронологічному порядку;
- сформулювати висновки щодо впливу фосфорної зброї на екологічний стан довкілля.

**Методи дослідження:** аналіз, порівняння, синтез і систематизація; узагальнення науково-теоретичних і дослідних даних; системний підхід, методи спостереження та порівняння.

Результати бакалаврської роботи рекомендується використовувати під час проведення досліджень на територіях, що піддавалися фосфорним бомбардуванням.

**Особистий внесок випускниці:** на основі існуючих даних встановлено екологічні наслідки для довкілля, що спричинені використанням фосфорної зброї та хронологію обстрілів різних регіонів України з початку російського вторгнення цим видом озброєнь.

# РОЗДІЛ 1

## ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОРНОЇ ЗБРОЇ

### 1.1. Загальна характеристика використання білого фосфору

Фосфор надзвичайно необхідний елемент, повністю знаходиться у літосфері, бере участь у більшості процесах життєдіяльності живих організмів та у процесах біогеохімічних колообігів. Він використовується для утворення фосфорної кислоти та інших хімічних речовин, що входять до складу добрив, харчових добавок та мийних засобів. Також в незначній кількості білий фосфор використовувався у пестицидах та святкових феєрверках [16].

Останнім часом концентровані фосфорні кислоти стали надзвичайно необхідними для ведення сільського господарства та фермерства. Тому необхідність у використанні добрив спричинила рекордні рівні виробництва саме фосфатів.

Фосфор існує в трьох різних модифікаціях: білий (жовтий), червоний, чорний (рис. 1.1).

Білий фосфор - це воскоподібна речовина безбарвного (може бути жовтуватого) кольору із запахом часнику, легкозаймиста речовина від контакту з повітрям [2]. Фосфор використовують для наповнення різних видів боєприпасів, але найбільше фосфор застосовують в авіабомбах, але його також використовують для наповнення в мінах, артилерійських снарядах, реактивних снарядах і ручних гранатах.

Білий фосфор, який використовується у воєнних боєприпасах, легко займається при контакті з киснем. У вечірній час такий снаряд виявляється легше, тому що він буде яскраво світитися, нагадуючи запуск салюту. Але

вдень необхідно звертати увагу на появу білого їдкого диму та яскраві спалахи, що розлітаються під час вибуху у вигляді світових фрагментів.



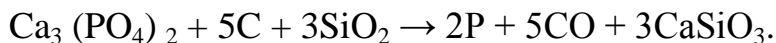
Рис. 1.1. Застосування фосфору у різних галузях

Заборонена зброя, що включає білий фосфор, швидко розповсюджує запалювальну речовину з температурою горіння понад  $800^{\circ}\text{C}$  і більше на значну територію, площа якої може досягати кількох сотень квадратних метрів. Процес горіння відбувається до того часу, поки увесь фосфорний матеріал не вигорить або поки не буде доступу кисню. Використання такої зброї може викликати особливо важкі хімічні опіки та болісні каліцтва. Лікування такого виду поранень проходить надзвичайно складно, для цього потрібно залучати спеціально підготовлений медичний персонал, який під час надання допомоги також може отримати уржанення в разі контакту із фосфором.

Така речовина як білий фосфор самозаймається під час контакту з повітрям, тому її зберігають у спеціальних інертних розчинах без доступу

кисню. Найганебнішим є те, що застосування білого фосфору дає подвійний ефект, тобто це не тільки ураження і хімічні опіки, але ще провокує виникнення сильного психологічного шоку у людей. За результатами наукових медичних досліджень, характерною рисою при застосуванні зброї, начиненою білим фосфором, є обвуглювання органічних тканин зі збереженням одягу, а у разі вдихання розжареної суміші – спостерігається випалення легень. Відстань ураження при застосуванні озброєнь з білим фосфором сягає 150 м і більше, що залежить від потужності використання напалу [3].

Білий фосфор отримують з апатитів або фосфоритів внаслідок взаємодії з коксом та кремнеземом при температурі 1600°C (рис.1.2):



А також

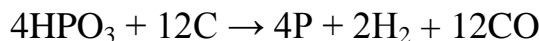


Рис.1.2 Поширення фосфору у природному середовищі

## **1.2. Вплив військових дій на екологічний стан довкілля**

Військові дії, що розпочалися з 24 лютого 2022 року на території України завдають та продовжують завдавати величезної шкоди людям, довкіллю та інфраструктурі населених пунктів. Але військові дії з використанням різних видів озброєнь завдають непоправної шкоди довкіллю і екосистемам.

Поки тривають такі бойові дії, неможливо повністю оцінити вплив воєнно-техногенного навантаження на довкілля через нестачу інформації, неможливість проведення повноцінних досліджень та визначення необхідних природоохоронних заходів забезпечення екологічної безпеки постраждалих регіонів.

Але можна сказати однозначно, що чим більше тривають військові дії, тим більше шкоди завдається довкіллю, і тим більше негативних наслідків очікується в майбутньому. Як безпосередньо бойові дії, так і дії окупаційних військ впливали і впливають на навколишнє середовище. Пересування важкої техніки, будівництво фортифікаційних споруд і бойові дії пошкоджують ґрунтовий покрив, забруднюють повітря, винищують ліси, що призводить до деградації природних і міських екосистем [19].

Під загрозою знищення перебувають близько 200 об'єктів Смарагдової мережі площею 2,9 млн га. Смарагдова мережа - це мережа природоохоронних територій, створена для збереження видів та оселищ, які потребують охорони на міжнародному рівні, особливо це стосується міграційної птахів. Усе це середовища існування для тисяч видів рослин і тварин. Ці території мають дуже важливу роль для захисту і збереження біорізноманіття, а також впливають на мікроклімат і клімат відповідних регіонів. Ареали розповсюдження рідкісних і ендемічних видів та оселищ опинилися в зоні активних бойових дій, а це загрожує їхньому існуванню, наприклад це цілинні нерозорані степи, крейдяні

схили на Донеччині, приморські оселища у південних областях, болота на півночі.

В результаті повномасштабного вторгнення російських військ і ведення воєнних дій частина лісів у Київській, Чернігівській, Сумській, Луганській, Донецькій та Херсонській областях перебуває або перебувало під надзвичайним воєнн-техногенним тиском. Оцінити збитки майну та лісовому господарству поки неможливо. В лісах, особливо в тих районах, що перебували в зоні дій або під окупацією, знаходиться використаних військових матеріалів, а також нерозірваних боєприпасів. Воронки від вибухів порушують природні екосистеми, впливають на ґрунти, знищують площі земель сільськогосподарського призначення та стають резервуарами розведення комах, які є носіями заразних захворювань людини і тварин (рис. 1.3).

Також російські війська, негативно впливаючи на довкілля, використовують деревину для будівництва фортифікаційних споруд, прокладання інфраструктури, обігріву та приготування їжі.

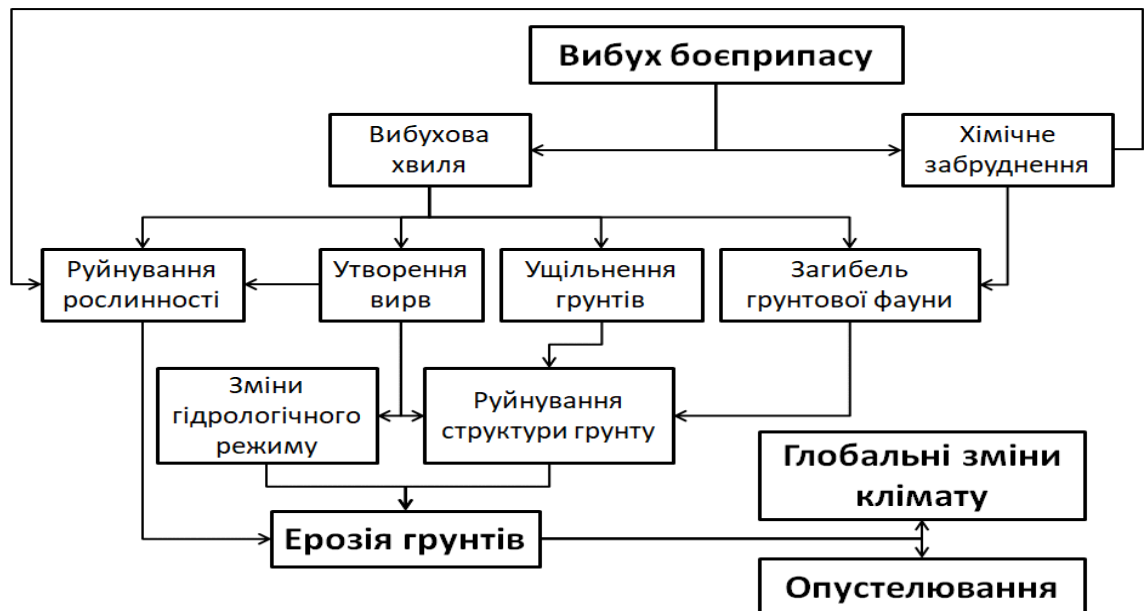


Рис. 1.3 Принципова схема наслідків від використання боєприпасів

### 1.3. Використання фосфорних озброєнь в Україні

Під час вторгнення Росії в Україну у 2022 році українська влада та міжнародні експерти неодноразово наголошували про використання фосфорних, заборонених міжнародними Конвенціями та міжнародним законодавством, озброєнь в різних регіонах України.

Фосфорні бомбардування викликають масштабні пожежі, хімічне забруднення ґрунтів та викликає у людей важкі хімічні опіки (рис. 1.4)



Рис. 1.4. Наслідки від використання фосфорних зброї

Ще на початку російської агресії, 21 березня 2022 року було звернення президента України Володимира Зеленського до міжнародної спільноти щодо застосування антигуманних фосфорних озброєнь проти мирного населення, що призвело до загибелі цивільних мешканців (рис. 1.5).





Рис. 1.5 Наслідки обстрілу Краматорська

Представниками міністерства оборони України було заявлено, що уряд постійно перевіряє інформацію щодо можливого застосування хімічної зброї, до якої зокрема відноситься і фосфорні озброєння, які використовувалися при обороні Маріуполя. Свідками було надано підтверджену інформацію, що на околицях Маріупольського металургійного заводу російський безпілотною скинув невідомий вибуховий пристрій, що потім експертами був кваліфікований як фосфорний боєприпас.

Вже пізніше, 14 травня 2022 року українська сторона зафіксувала атаку запальними та фосфорними бомбами 9М22С маріупольського металургійного комбінату «Азовсталь» (рис.1.6). Підтвердженням цього було знято відео з характерними фосфорними спалахами над територією заводу, а на території заводу в укриттях залишалися українські захисники та цивільні жителі міста.





Рис. 1.6 «Азовсталь» під атакою фосфорними боеприпасами

Наступною жахливою подією з боку окупантів – це обстріл фосфорними авіабомбами містечка Часів Яр, що отримало назву «Пожежа площею з футбольне поле».

15 березня 2023 року, під час обстрілу міста Часового Яру у Донецькій області з російських позицій летіли снаряди з білим фосфором, про що повідомляли незалежні журналісти агентства «Франс-Прес», які знаходилися в цій зоні. За твердженнями співробітників інформ агентства, два снаряди були випущені з інтервалом у п'ять хвилин незаселеною місцевістю біля міста Часів Яр. Свідки чули свистячий звук снарядів і бачили розриви боеприпасів, які випускали невеликі кульки білого фосфору. Ці кулі запалили рослинність по обидва боки дороги, площа займання - приблизно з футбольного поля. За оцінками журналістів АФР, найближчі будинки знаходилися за 200 метрів від обстріляного району.

Під час бомбардування 13 березня 2022 року у Попасної на Луганщині російські окупанти використали фосфорні боеприпаси. Офіційними представниками влади цей обстріл був названий як нищівним, руйнівним та потворною силою. За його словами, під час Другої світової нацисти називали такі боеприпаси "Brennende Zwiebel". А у 21 столітті російські військові випускають цю зброю по українських містах, завдаючи жителям неймовірних страждань (рис.1.7).



Рис. 1.7 Фосфорна атака по місту Попасна на Луганщині

Найпершого обстрілу фосфорними боеприпасами відчула на собі Київщина. Це була заборонена міжнародним законодавством фосфорна зброя. Російські війська 22 березня 2022 року обстріляли Ірпінь Київської області фосфорними боеприпасами, орієнтованою зоною ураження є ділянка Гостомель-Ірпінь (рис.1.8). Цей обстріл могли спостерігати не тільки мешканці Київщині, але і жителі столиці.



Рис. 1.8 Фосфорна атака Київщини (зона Гостомель-Ірпінь )

18 квітня 2022 року в місті Гуляйполі місцеві жителі зафіксували наслідки бомбардування фосфорними бомбами (рис.1.9). Офіційними представниками влади було підтверджено інформацію про застосування фосфорних авіабомб, що за міжнародними стандартами прирівнюється до військового злочину.



Рис.1.9 Наслідки обстрілу в місті Гуляйполе

Отже, за період повномасштабного вторгнення російського агресора, міста і селища України зазнавали неодноразових бомбардувань, заборонених низкою міжнародних Конвенцій та міжнародного законодавства загалом, фосфорних боєприпасів. Зокрема, Конвенція про конкретні види звичайної зброї (ККЗ).

Вищезазначена Конвенція складається з додаткових протоколів, підписантами якої були 125 держав планети.

Дана Конвенція включає п'ять протоколів [1]:

- Протокол I обмежує використання зброї з уламками які не можна виявити.

- Протокол II обмежує наземні міни та міни-пастки.

- ***Протокол III обмежує використання запалювальної зброї.***

- Протокол IV обмежує використання засліплювальної лазерної зброї (прийнято 13 жовтня 1995 р. у Відні).

- Протокол V встановлює зобов'язання та передовий досвід із знешкодження вибухонебезпечних пережитків війни, прийнятий 28 листопада 2003 р. у Женеві.

Навіть коли невеличка частинка білого фосфору потрапляє на тіло людини, це може призвести до болючих хімічних опіків, загибелі тварин, рослин і всього живого, тому що відбувається миттєва реакція фосфору при взаємодії із киснем. Саме тому Женевською конвенцією про захист жертв війни застосування фосфорних бомб та інших снарядів з білим фосфором поблизу та всередині населених пунктів було заборонено.

Зведена хронологічна інформація бомбардувань фосфорним озброєнням представлена в таблиці 1.1.



**Зведена хронологічна інформація щодо використання фосфорної зброї на території України**

№	Дата	Міста, селища обстріляні фосфорною зброєю
1	13 березня 2022 року	Попасна
2	21 березня 2022 року	Краматорськ
3	22 березня 2022 року	Гостомель та Ірпінь
4	4 квітня 2022 року	Дніпропетровщина
5	18 квітня 2022 року	Гуляйполе
6	27 квітня 2022 року	Авдіївка
7	28 квітня 2022 року	Маріуполь
8	14 травня 2022 року	«Азовсталь»
9	18 травня 2022 року	Авдіївка
10	29 травня 2022 року	Бахмут
11	5 червня 2022 року	Харківщина
12	23 червня 2022 року	Сумщина
13	1 липня 2022	Острів Зміїний
14	15,29 липня та 5 серпня 2022 року	Нікополь
15	5 вересня 2022 року	Степногірськ
16	23 грудня 2022 року	Херсон
17	15 березня 2023 року	Часів Яр
18	10 травня 2023 року	Запорізьке селище
9	5,7 травня 2023 року	Бахмут

#### 1.4. Дії при ураженні білим фосфором

Використання зброї з білим фосфором у воєнних цілях може мати шкідливі наслідки для людей та навколишнього середовища. Опіки, спричинені білим фосфором, є дуже болючими та можуть мати тривалий процес заживлення. Фосфор може швидко проникати крізь шкіру через його високу жиророзчинність, що ускладнює лікування цих опіків (рис. 1.10).



Рис. 1.10. Вплив білого фосфору

При потраплянні фосфору на шкіру, важливо якомога швидше зняти забруднений одяг, щоб уникнути подальших ушкоджень шкіри. В першу чергу, необхідно обробити уражену ділянку шкіри холодною водою або занурити її у воду, щоб загасити вогонь. Далі важливо усунути видимі частки фосфору за

допомогою негострого предмета або пінцета, уникаючи при цьому контакту з фосфором пальцями.

Слід сказати, що деякі фахівці рекомендують промивати опіки розчином сульфату міді або використовувати пов'язки, що пропитані таким розчином. Але, потрібно бути обережним і не зловживати розчином сульфату міді з тканинами, швидко промивши його водою або фізіологічним розчином, тому що це може спричинити отруєння міддю. Після цього потрібно накласти вологу пов'язку на опік, щоб запобігти повторному загорянню фосфору. При цьому необхідно постійно зволожувати пов'язку для утримування хімічних опіків вологою. При цьому потрібно уникати тривалого контакту з розчинами сульфату міді, оскільки це може призвести до отруєння міддю. При різних ступенях ураження фосфором можливе повторення заходів першої медичної допомоги, щоб повністю усунути причину цих опіків [12].

У випадку потрапляння фосфору до очей або інших чутливих ділянок, необхідно промити їх ретельно протягом кількох хвилин холодною водою та негайно звернутися до лікаря. Важливо пам'ятати, що надання медичної допомоги у разі опіків від білого фосфору потребує фахівця та відповідного обладнання. Найкраще звернутися до лікаря або негайно шукати медичну допомогу, щоб отримати належне лікування [13].

Довготривале вдихання фосфіну за концентрації  $10\text{мг/м}^3$  призводить до летальних випадків. Фосфор, що потрапляє в організм людини перорально викликає хімічні опіки ротової порожнини та органів шлунково-кишкового тракту. При отруєнні фосфором відчувається загальна слабкість організму, головний біль, може виникати блювота та діорея. Через 2–3 доби розвивається жовтяниця, що свідчить про важке ураження печінки. В результаті хронічного отруєння відбувається ураження кісток і кісткового мозку та відмерання

тканин. Фосфор розчинний ліпідах, тому легко проникає через шкіру (рис. 1.11)..



Рис. 1.11. Опіки в результаті ураження білим фосфором

### **1.5. Висновки до розділу**

Під час вибухів різних видів озброєння, особливо небезпечної і забороненої міжнародними конвенціями фосфорної зброї, порушуються природні ландшафти, забруднюються продуктами горіння атмосферне повітря, ґрунти, знищується рослинність та тварини, а це проявляється у втраті біологічної різноманітності, у скороченні чисельності і зникненні окремих видів.

Фосфор існує в трьох різних модифікаціях: білий (жовтий), червоний, чорний вивчення біологічного різноманіття, аналіз забруднюючих речовин та їх впливу на екосистеми [15].



Білий фосфор - це воскоподібна речовина безбарвного (може бути жовтуватого) кольору із запахом часнику, легкозаймиста речовина від контакту з повітрям. Фосфор використовують для наповнення різних видів боєприпасів, але найбільше фосфор застосовують в авіабомбах, але його також використовують для наповнення в мінах, артилерійських снарядах, реактивних снарядах і ручних гранатах.

Заборонена зброя, що включає білий фосфор, швидко розповсюджує запалювальну речовину з температурою горіння понад 800°C і більше на значну територію, площа якої може досягати кількох сотень квадратних метрів. Процес горіння відбувається до того часу, поки увесь фосфорний матеріал не вигорить або поки не буде доступу кисню.

Отже, за період повномасштабного вторгнення російського агресора, міста і селища України зазнавали неодноразових бомбардувань, заборонених низкою міжнародних Конвенцій та міжнародного законодавства загалом, фосфорних боєприпасів. Зокрема, Конвенція про конкретні види звичайної зброї (ККЗ).

Вищезазначена Конвенція складається з додаткових протоколів, підписантами якої були 125 держав планети.

Дана Конвенція включає п'ять протоколів:

- Протокол I обмежує використання зброї з уламками які не можна виявити.
- Протокол II обмежує наземні міни та міни-пастки.
- ***Протокол III обмежує використання запалювальної зброї.***
- Протокол IV обмежує використання засліплювальної лазерної зброї (прийнято 13 жовтня 1995 р. у Відні).

- Протокол V встановлює зобов'язання та передовий досвід із знешкодження вибухонебезпечних пережитків війни, прийнятий 28 листопада 2003 р. у Женеві.

## РОЗДІЛ 2

# ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ ЯК НАСЛІДОК ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОРНОЇ ЗБРОЇ

### 2.1. Джерела забруднення ґрунтів

Будь-які військові дії негативно впливають на всі складові довкілля, але в першу чергу потерпають ґрунти, які є найголовнішим природним скарбом. Проведення військових операцій, використання важкої техніки та небезпечної і забороненої зброї, призводять до руйнування родючих ґрунтів, забруднення та деградації природних ресурсів.

Дуже негативним наслідком під час проведення військових дій для ґрунтового середовища є забруднення ґрунтових екосистем в результаті розриву вибухових боєприпасів, ракет та інших бойових матеріалів. Такі речовини можуть містити шкідливі речовини, що потрапляють у ґрунтове середовище та негативно впливають на рослинний та тваринний світ, в тому числі на місцеве населення, які можуть використовувати ці землі для вирощування сільськогосподарської продукції [10].

Хоча військові дії і досі тривають, можна констатувати про значний негативний вплив військових дій на небезпечний стан ґрунтів та знижену якість їх продуктивність. Порушення ґрунтового середовища від авіабомб (вирви) та масованих артилерійських обстрілів, заміновані території (особливо в зонах зіткнення), знищена важка військова техніка, витік пально-мастильних матеріалів, випалені території від пожеж, зсуви ґрунту тощо стали небезпечними точками, що становлять про потужний вплив на стійкість ґрунтів

до забруднень. Тому деградація родючості ґрунтів спричинює важкі соціально-економічні наслідки, як і на точкових, регіональних так і на державному рівні [9].

Поверхневий родючий шар ґрунтового покриву є дуже важливою складовою довкілля, тому що виконує низку життєво важливих функцій для біосфери в цілому. А факт втрати родючості ґрунтів та їх деградація призводять до зміни екологічного балансу в природному середовищі і позбавляють рослин для нормального розвитку і взагалі для існування.

Проблема збереження і відновлення родючості деградованих ґрунтів має важливе значення для відновлення екологічного стану земельних ділянок, що найбільше постраждали від військового навантаження. Впровадження захисних і відновлюваних заходів необхідно включати до природних методів рекультивації, що сприяють відновленню властивої природної структури ґрунтів, використання відновлювальних речовин, введення мораторію на використання шкідливих агрохімікатів з метою раціонального використання земельних ресурсів[8].

Управління і контроль за станом довкілля, зокрема за станом ґрунтових екосистем, є невід'ємною складовою еколого-економічного вирішення багатьох нагальних проблем. Проблема збереження родючості ґрунтів є важливим для забезпечення якості і водних ресурсів, якості атмосферного повітря, а також для збереження біорізноманіття та забезпечення ефективності агропромислового комплексу [7].

Забезпечення охорони ґрунтів, їх природної структури і властивостей, а також впровадження сучасної системи заходів із забезпечення родючості і є важливими напрямками у збереженні біосфери, рослинного покриву та продуктивності сільського господарства.

Деградація ґрунтового покриву, що спричинено військовими діями, будуть мати небезпечні наслідки для ґрунтового середовища на довгі роки [14].

При активних бойових діях можуть виникати первинні порушення ґрунтів, що включають прямі механічні пошкодження ґрунтів, теплове забруднення, захаращення поверхні та інші фізичні пошкодження тощо.

Потім виникають вторинні порушення ґрунтів як наслідок невиконання заходів післявоєнного відновлення і можуть включати просадки, приховані підтоплення, засолення, ерозійні процеси, пірогенну деградацію, дегуміфікацію тощо.

Механічні пошкодження, такі як руйнування складу ґрунтів, можуть призвести до втрати його щільності, зменшення водопроникності та здатності утримувати вологу. Теплові забруднення, такі як пожежі, можуть призвести до зменшення вмісту органічного матеріалу в ґрунтах і як наслідок зменшення їх родючості. Захаращення відходами поверхні ґрунтів може перешкоджати процесам водообміну, вмісту газів та перерозподілу поживних речовин у ґрунтах [11].

Всі ці де градаційні процеси можуть призвести до погіршення фізико-біохімічних властивостей ґрунтів. Наприклад, знищення рослинного покриву призводить до втрати органічних речовин, що значно знижує родючість ґрунтів. Деградацію ґрунтового покриву можуть спричинити ерозійні процеси, зниження вмісту гумусу та порушення верхнього родючого шару ґрунту. Уповільнене природне зволоження та опустелювання може призвести до зменшення біорізноманіття, скорочення життєвого простору для живих організмів, а також змінити природну структуру та функціональність ландшафтів.

Зменшення біорізноманіття та порушення функцій ґрунтів можуть мати довготривалий характер і суттєво знизити їх продуктивність. Доцільно

відмітити, що відновлення ґрунтових екосистем можливе, але буде тривати певний час і залежати від складу і типу ґрунтів, типу воєнно-техногенного впливу та ландшафтних умов території. Для покращення стану ґрунтів необхідно проводити заходи повоєнного відновлення, такі як рекультивація ґрунтів, використання різних видів рослинності та виконання інших заходів для забезпечення відновлення природних властивостей ґрунтів (рис. 2.1).



Рис.2.1 Наслідки обстрілів земельних ділянок

## **2.2 Значення фосфору та його сполук для ґрунтів і рослин**

Ґрунтовий фосфор складається із двох форм: органічної (не для засвоєння рослинами) і неорганічної (для засвоєння рослинами).

Фосфор зустрічається у природному середовищі у вигляді сполук, що містяться у верхній частині літосфери або розчинені в природних водах суходолу. Рослини використовують фосфор, що знаходиться у приповерхневому шарі ґрунту, а тварини його накопичують з рослинної їжі. Після процесів відмирання рослин і тварин фосфор накопичується у ґрунтах, і

таким чином включається у природний біогеохімічний цикл кругообігу фосфору. Отже, ґрунти є джерелом всіх необхідних поживних речовин для рослин, які вони отримують через свою кореневу систему. Серед цих поживних речовин важливе значення мають фосфор, азот, калій, кальцій, магній, сірка, залізо. Фосфор у ґрунтах, як правило, присутній у формі органічних і мінеральних сполук. Дуже часто фосфор використовується як добриво для збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Використання фосфорних добрив сприяє не лише збільшенню врожайності, але й забезпечує рослини зимовою стійкістю та стійкістю до інших негативних кліматичних умов. Використання фосфорних добрив також сприяє покращенню структури ґрунтів та стимуляції розвитку ґрунтових бактерій. Проте, поряд із позитивними якостями, фосфор може мати і токсичний вплив.

Отже, використання фосфорних добрив має як позитивні, так і негативні наслідки, тому важливо правильно контролювати їх використання, враховувати необхідні потреби для росту рослин і екологічні аспекти. Зважаючи на його хімічні властивості, дійсно, фосфор може бути як корисним, так і токсичним елементом. У природних умовах, фосфор зазвичай існує у формі сполук, а не у вільному стані, та його концентрація у природному середовищі зазвичай є нижчою, ніж концентрація сполук нітрогену.

Наприклад, у природних водоймах фосфор може існувати у формі неорганічних та органічних сполук, що утворилися в результаті життєдіяльності водяних організмів або під час мінералізації їхніх решток. Концентрація фосфору в природних водах може зменшуватись через його споживання водними рослинами.

Сполуки фосфору, такі як небезпечні речовини, пестициди та наповнювачі військових боєприпасів, насправді можуть бути токсичними. Наприклад, білий фосфор є високотоксичною речовиною, а його контакт зі шкірою може

спричинювати сильні хімічні опіки та отруєння. Доцільно наголосити, що максимально допустимий вміст фосфору в повітрі виробничих приміщень встановлюється з метою захисту здоров'я працівників [18]. Використання фосфору потребує виваженого підходу, щоб уникнути шкідливих наслідків для здоров'я населення та навколишнього середовища.

Сполукам фосфору у ґрунтах притаманна низька розчинність і слабка дисоціація на іони. Фосфатні іони добре закріплюються твердою фазою ґрунту і схильні до обмеженої міграції в чорноземних ґрунтах. Швидкість дифузії сполук фосфору в ґрунтах невелика, а це уповільнює їх засвоєння рослинами і може призвести до виснаження прикореневої системи рослин.

В Україні поширені декілька деградаційних процесів, а саме - дегуміфікація і ерозія ґрунтів, і ці процеси спричинюють зменшенню вмісту рухомих форм фосфору в ґрунті [22]. Верхні родючі шари ґрунтів підпадають під деградацію найбільше, зменшуються їх потужності, а на сильно змінених землях вони можуть бути зовсім відсутніми. Цьому сприяє поєднання карбонатних речовин в орних і підорних шарах, що призводить до зменшення рухомості фосфору. Карбонати, хоча й є важливим елементом для підвищення родючості ґрунтів, але спостерігається пониження розчинності фосфатів кальцію, що негативно впливає на доступність засвоєння фосфору. Процес карбонізації в ґрунтах може призводити до зростання значень рН в еродованих ґрунтових середовищах.

Процеси зволоження також впливають на вміст рухомих форм фосфору в ґрунті. Під час пересихання частка дигідро- і гідрофосфат-іонів переходить у фосфати кальцію та магнію, а при надмірному зволоженні спостерігається перехід збільшеної кількості фосфат-іонів у відповідні розчини. У чорноземах звичайних поєднання аніонів фосфору проходить шляхом їх хімічного зв'язування із катіонами кальцію, магнію та алюмінію.



Навність органічних фосфатів у ґрунтах (нуклеїнові кислоти, фосфатиди, цукрофосфати тощо) знаходяться у недоступній формі для поглинання рослинами до тих пір, поки вони не пройдуть повну мінералізацію. Тільки маленька кількість органічного фосфору, що вивільнюється після розкладання фосфатовмісних органічних сполук редуцентами, може бути доступною для поглинання рослинами. Вміст карбонатів, деградаційні процеси в ґрунтових екосистемах, перезволоження та наявність органічних речовин у ґрунтах сприяють на засвоєння рослинами фосфору. Але найкраще засвоюються розчинні у воді дигідрофосфати ( $H_2PO_4$ ) порівняно з гідрофосфатами ( $HPO_2$ ). Такий процес пов'язують із додатковими витратами необхідної енергії для поглинання гідрофосфатів, що розчинені в слабких кислотах.

Необхідність фосфорного живлення для рослин полягає в тому, що загальні запаси фосфору в ґрунті можуть бути великими, але доступність рухомих форми для засвоєння фосфору не завжди можуть відповідати потребам рослинного біотопу. Такий процес залежить від збільшення слаборозчинних форм фосфору в ґрунті. Але існують сучасні підходи, що використовують аграрії під час вирішення проблем щодо забезпечення рослин рухомими сполуками фосфору, а саме це: обробка посівного насіння сполуками фосфору, використання ефективних фосфатмобілізуючих біологічних препаратів, внесення перед посівною водорозчинних фосфорних добрив та кореневе підживлення рослин.

Такі методи допомагають насичити рослини достатньою кількістю рухомих форм фосфору для покращення їх росту, розвитку та збільшення майбутніх врожаїв.

### **2.3 Вплив фосфорної зброї на ґрунтовий покрив**

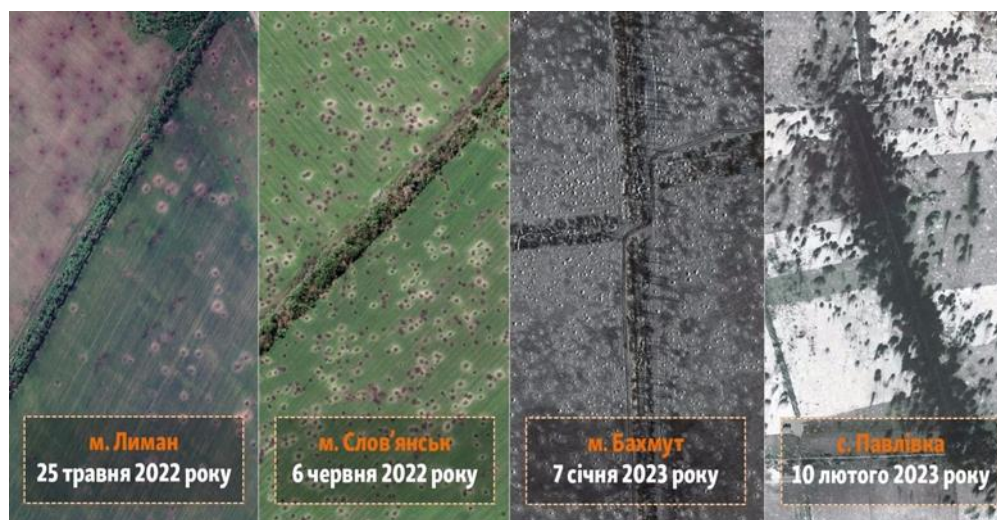
Як зазначалося вище, найбільшого шкідливого впливу на ґрунтове середовище мають розриви бойових снарядів, в тому числі і використання фосфорної зброї (рис.2.2).



Рис.2.2. Наслідки після використання фосфорних снарядів

Внаслідок воєнних дій верхні, найродючіші, шари ґрунту страждають найбільше. Вони ж і відновлюються найповільніше: природний темп відновлення родючого шару ґрунту - один сантиметр за сто років. Час на утворення чорнозему природним шляхом необхідно 10 тисяч років. А на його знищення достатньо миттєвості під час розриву боєприпаси. Фахівці застерігають, що збитки для аграрного сектору будуть дуже великими, а для екологічно безпечного довкілля навіть і важко спрогнозувати. Ґрунтові екосистеми в результаті ведення військових дій будуть забруднені довше і питаннями відновлення будуть займатися не одне покоління. Виділяють декілька найголовніших чинників завдання шкоди земельним ресурсам: це і пересування важкої військової техніки, розриви снарядів, виливи

нафтопродуктів і паливо-мастильних матеріалів, зведення захисних споруд тощо [21]. Як наслідок, від цих дій змінюється структура і склад ґрунтів, що в подальшому призводить до розвитку ерозійних процесів. Зменшення, або втрата родючості ґрунтів є очевидною, тому що найбільш родючий ґрунтовий шар знаходиться у при поверхневій зоні. Саме на цей чинник і наголошують екологи, тому що ґрунти розглядаються як унікальна екосистема. Таке ґрунтове середовище може повноцінно функціонувати лише при умові, що вся біота збережеться в історично сформованих осередках. Так наприклад, одна жменя ґрунту може містити до 8 тисяч різних живих організмів, а вони не зможуть вижити під час вибуху боєприпаси та вивернутого ґрунту (рис. 2.3).



### 2.3. Результати обстрілів у зоні бойових дій

Екологи звертають увагу на те, небезпека полягає не тільки у фізичному пошкодженні ґрунтів, але і спостерігається його хімічне ураження. Розрив будь-якого боєприпасу можна розглядати як хімічну реакцію, при якій до 100% наповнення бойового снаряду потрапляє у довкілля, причому у всі складові, але найбільше потерпають саме ґрунти. Ґрунти, разом з ґрунтовими і підземними водами, також забруднюються значною кількістю важких металів та іншими

небезпечними сполуками. В результаті окиснення вибухової речовини у атмосферне повітря та ґрунти потрапляють сірка та азот. Вважається, що саме сірка найбільше шкодить екосистемам ґрунту.

Підступність використання фосфорної зброї полягає в тому, що продукти горіння фосфору та їх розчини, потрапляючи у ґрунт, утворюють солі і підсилюють міграцію фосфорних сполук із зони ураження на території, де бойові дії не проводилися і не проводяться. Як відомо, надлишок фосфатів у ґрунтах перешкоджає нормальним процесам росту, розвитку, життєдіяльності живих організмів та призводить до деградації ґрунтових екосистем.

#### **2.4 Вплив замінованих територій на якість ґрунтів**

Використання різних видів озброєнь, в тому числі і фосфорних боеприпасів, заміновані значні площі сільськогосподарських угідь негативно впливають на посівну кампанію 2023 року, тому що ця частина земельного ресурсу непридатна до посіву різних культур. Опираючись на дані Міністерства аграрної політики та продовольства, можна сказати, що приблизно 24% земель (приблизно 7 млн. гектарів) не зможуть бути використані українськими аграріями у цьому році. У порівнянні з попереднім польовим сезоном, спостерігається значне зменшення використання сільськогосподарських земель (було доступно 28,6 млн. гектарів). Прогнозується, що на замінованих землях приблизно 2 млн. гектарів посівних площ є недоступними, а на тимчасово окупованих територіях ситуація ще більш загрозлива і складає 6 млн. гектарів, на яких необхідно буде проводити кропітку і складну перевірку після звільнення. На жаль, не має достовірних даних про посівні площі на окупованих територіях, що є негативним фактором, так як не має доступу до правдивої інформації та можливості здійснювати необхідні дослідження. Такі

сьогоденні реалії створюють складнощі для розвитку аграрного сектора та створюють загрози щодо харчової безпеки не тільки для України, а і для багатьох інших країн (рис.2.4).



Рис.2.4 Прогноз посівних площ в Україні на 2023р.

Цифри, які ви можемо побачити в джерелах масової інформації, щодо загальної площі замінованих територій в Україні, відображають серйозну проблему, з якою стикається наша країна. Згідно зі словами Президента України Володимира Зеленського, загальна площа замінованих територій становить 174 тисячі квадратних кілометрів, що удвічі більше за площу Австрії.

До початку повномасштабного вторгнення у 2022 році, Україна вже мала небезпечні заміновані. За оцінками Асоціації саперів України, на підконтрольній уряду території Донецької та Луганської областей станом на той час було близько 7 тисяч квадратних кілометрів замінованих територій, які вимагали посиленої уваги саперів. Насьогодні, з урахуванням масштабного

ведення військових дій в різних регіонах, площа, що підлягає розмінуванню, значно збільшилася.

За даними Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів, приблизно 200 тисяч квадратних кілометрів території України, що становить майже третину площі країни, потребує розмінування. Така площа замінованих українських територій відповідає площі всієї Великої Британії. Враховуючи, що конфлікт на Сході України триває з 2014 року, очевидно, що розмінування буде довготривалим процесом, і його виконання може зайняти десятки років.

Враховуючи масштаби замінованих територій, розмінування земель могло б тривати і 80 років, але встановлено пріоритети для таких процесів. В першу чергу – це основні інфраструктурні об'єкти, наступним кроком – сільськогосподарські угіддя, і вже надалі – важкодоступні території. Якщо використовувати сучасні підходи і досвід інших країн у протимінній діяльності та залучити достатню кількість коштів, то, можливо, вдасться впоратись і за 10 років. Українська влада ж обіцяє максимально пришвидшити цей процес. За попередніми даними вже було знешкоджено понад 175 тисяч боєприпасів та обстежили територію площею 67,639 гектара (рис. 2.5)





Рис.2.5 Статистика замінування

## 2.5. Методи і заходи відновлення якості ґрунтів

Хоч ґрунти мають природну властивість відновлюватися, все ж самостійне відтворення родючості відбувається впродовж тисячі років. Для пришвидшення відновлення родючого шару ґрунту та зупинки його деградації зазвичай застосовують два підходи: практики рекультивації чи консервації.

Рекультивація земель передбачає застосування різних технологій та методів для відновлення придатності забруднених або пошкоджених ділянок. Цей процес може включати в себе такі заходи, як агрофізична підготовка ґрунту, внесення органічних та мінеральних добрив, розсаджування відновлюючих культур, ерозійний контроль та інші. Вибір конкретних методів

рекультивації залежить від характеристик забруднення та цільового використання земельної ділянки [23].

Консервація ґрунту, зі свого боку, спрямована на запобігання його деградації та збереження його родючості. Це означає вживання заходів для збереження структури ґрунту, зменшення ерозії, обмеження втрати вологи та захист від забруднення хімічними речовинами. Для досягнення цих цілей можуть використовуватись такі практики, як мінімальне обробітку ґрунту, використання укритих посівів, збереження родючого покриву та інші техніки [25].

Обидва підходи, рекультивація та консервація, мають свою роль у відновленні родючості ґрунту та забезпеченні сталого використання земельних ресурсів. Вибір певного методу залежить від конкретних умов, потреб і мети відновлення ґрунту.

Для вибору оптимальної методики відновлення ґрунту дійсно важливо враховувати комплекс різних чинників і параметрів. Розглянувши всі ці аспекти, можна зробити обґрунтований вибір технології очищення, яка буде найефективнішою та найбільш придатною для конкретної земельної ділянки [24].

Основні чинники, які необхідно враховувати при виборі технології очищення, включають:

1. Здатність технології знижувати рівень забруднювальних речовин у ґрунті. Головною метою є зниження вмісту шкідливих речовин до безпечних рівнів.
2. Вартість та доступність технології. Важливо враховувати витрати на впровадження і ефективність використання обраної технології.



3. Вплив на навколишнє середовище. Необхідно оцінити, як технологія впливає на природне середовище, включаючи водні ресурси, повітря та біологічну різноманітність.

4. Тривалість процесу відновлення. Враховуючи термін відновлення родючості ґрунту, можна оцінити ефективність і продуктивність технології.

5. Громадська думка та взаємодія із зацікавленими сторонами. Важливо враховувати погляди та думки громадськості, а також співпрацювати із зацікавленими сторонами під час вибору та реалізації технології.

6. Оцінка масштабності та вартості. Варто оцінювати, наскільки широкомасштабним може бути впровадження технології та які витрати пов'язані з її застосуванням на великій площі.

При виборі методики відновлення також важливо враховувати кумулятивну оцінку рівня пошкоджень на земельній ділянці. Це дозволяє з'ясувати вплив різних видів забруднень та визначити необхідні заходи для відновлення родючості ґрунту. Комплексне оцінювання покриває широкий спектр параметрів, таких як хімічні, фізичні та біологічні характеристики ґрунту, що допомагає визначити стратегію відновлення та придатність земельної ділянки для використання.

## **2.6 Висновки до розділу**

Руйнування структури ґрунту відбувається в результаті зсуву частинок одного шару щодо іншого під дією воєнно-техногенного навантаження. Унаслідок цього ущільнення ґрунтів погіршується адаптація рослин до змін клімату, посушливих умов і нестачі вологи. Водночас ущільнений унаслідок механічного впливу ґрунт стає більш стійким до подальшого

воєнно-техногенного навантаження у в умовах постійної нестачі продуктивної вологи.

Деформації ґрунтового покриву відбуваються внаслідок формування приповерхневих та підземних фортифікаційних споруд (бліндажі, окопи, траншеї, тунелі, сховища паливно-мастильних матеріалів, сховища бойових матеріалів). Це посилює низку небезпечних геоморфологічних процесів: зсуви, заболочування, осідання ґрунту тощо. Саме тому під час побудови фортифікаційних споруд слід враховувати глибину залягання ґрунтових вод та умови ґрунтового зволоження, утворення вирв під час воєнних дій спричинене бомбардуванням.

Наслідком вибухової дії є швидке вивільнення енергії, яке утворює кругову ударну хвилю, що оточує точку удару – воронку. Після вибуху ґрунт частково видаляється, формуючи котлован. Цей тип порушення ґрунту визначено як бомбтурбація. Під час цього процесу вибухова хвиля провокує руйнування послідовності ґрунтових горизонтів, що призводить до порушення повітряно-водного режиму. Найбільші за розмірами продукти вибуху залишаються на дні вирви або переважно щільно прилягають до нього. Місця бомбтурбації стають осередками накопичення води та органічної речовини.

Потім на дні вирви або воронки вибуху формується гідрофільна рослинність, що є відмінною від типового рослинного покриву місцевості, і яка свідчить про підвищену вологість ґрунту. Якщо кратери утворено в місцях з близьким до поверхні рівнем ґрунтових вод, розвиток ґрунту та вегетація рослин сповільнюється. Під час розмінування територій руйнується гумусовий горизонт, втрачаються фізико-хімічні властивості ґрунту та відбуваються зміни гранулометричного та агрегатного стану. Зі свого боку це впливає на потенційну родючість та водоутримувальну здатність ґрунту. Встановлення мін саме собою передбачає в майбутньому турбулентність ґрунту. Детонація

забруднює ґрунт металевими фрагментами та залишками вибухової речовини. Операції з очищення від наземних мін часто складні і дорогі, тому в країнах, що розвиваються, ці наслідки можуть трактуватися як абсолютна втрата ґрунтових ресурсів.

Унаслідок бойових дій виникнення пожеж є первинним наслідком воєнно-техногенного навантаження, що провокує в подальшому процеси водної та вітрової ерозії. Зазвичай на вигорілих ділянках спостерігається винесення гумусових речовин та утворення гідрофобного шару, який обмежує проникнення води [17].

## РОЗДІЛ 3

### ПОЖЕЖІ ЯК НЕБЕЗПЕЧНИЙ ЧИННИК ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ

#### 3.1. Заборона використання фосфорної зброї

Фосфорні боєприпаси використовувалися в різних конфліктах і війнах протягом історії, включаючи Першу і Другу світові війни, Ліванську війну, а також сучасні конфлікти.

Використання фосфорної зброї є предметом міжнародного права та регулюється Конвенцією про заборону або обмеження використання певних видів зброї, що можуть спричинити непотрібне ураження або надмірні страждання (Конвенція про заборону фосфорної зброї, 1980 рік). Згідно з цією конвенцією, використання фосфорної зброї заборонено проти цивільних осіб або цивільних об'єктів у районах, де є велика концентрація цивільного населення.

Фосфорна зброя використовується зокрема для створення димових завіс або освітлювальних сигналів, але може також мати вражаючий ефект при безпосередньому контакті з людьми або об'єктами, через що може завдати надмірних страждань та пошкоджень.

Якщо виникають сумніви щодо використання фосфорної зброї або будь-якої іншої забороненої зброї, можна звернутися до міжнародних організацій, таких як Організація Об'єднаних Націй (ООН), Міжнародний Комітет Червоного Хреста (МКЧХ) або Хельсінкська група, для проведення розслідування та вжиття відповідних заходів. Використання забороненої зброї є

серйозним порушенням міжнародного гуманітарного права, і винні особи можуть бути притягнуті до відповідальності за такі дії.

Війна має серйозний негативний вплив на навколишнє середовище, включаючи забруднення ґрунтів, водних ресурсів та повітря, втрату біорізноманіття і пошкодження екосистем. Використання заборонених видів зброї, включаючи фосфорні бомби, становить серйозну загрозу для екології та здоров'я людей.

Женевська конвенція про захист жертв війни дійсно забороняє використання запалювальних боєприпасів, які доставляють повітрям, у районах зосередження цивільного населення. Це зроблено з метою запобігання надмірному стражданню та пошкодженню мирного населення та екосистем. Використання заборонених видів зброї, включаючи фосфорні боєприпаси, є злочинним порушенням міжнародного гуманітарного права. Докази використання фосфорних боєприпасів в Україні свідчать про порушення Російською Федерацією міжнародних норм і стандартів щодо ведення війни. Такі дії мають серйозні наслідки для довкілля та здоров'я людей.

Міжнародне співтовариство, включаючи Організацію Об'єднаних Націй (ООН), зобов'язане вжити заходів для зупинення використання забороненої фосфорної зброї та порушень міжнародного права. Потрібно проводити розслідування, встановлювати відповідальних осіб і притягнути до відповідальності за скоєні злочини проти людяності відповідно до міжнародного законодавства.

### **3.2. Пожежі в лісових екосистемах як наслідок військових дій**

Будь-яка неконтрольована лісова пожежа - це вплив на екологічний стан лісової екосистеми та справжнє стихійне лихо, яке руйнує екосистему,

призводить до загибелі людей і тварин. Лісові пожежі призводять до втрати біорізноманіття, знищення екосистем, забруднення повітря та страждання тварин і людей. Вогонь може швидко поширюватися в лісових масивах, особливо якщо вони не контролюються або знаходяться на території, підконтрольній ворогу. Від початку 2022 року в лісових масивах України зафіксовано пожежі на загальній площі 5,5 тис. гектарів. Цей показник перевищує аналогічний минулорічний у 96 разів. Також 56% пожеж лісових масивів в Україні викликані російською агресією [4]. Вогонь знищує все на своєму шляху гинуть тварини, комахи, цілі екосистеми, забруднюється повітря.

Використання фосфорних бомб може спричинити сильні пожежі, які є важкими для загасання. Фосфор, що горить у снаряді, може продовжувати горіти доти, поки не спалахне і не вигорить весь фосфор або не припиниться взаємодія з киснем. Це призводить до великого займання площ, що спричиняє страждання та великі збитки для природи та людей [5].

Крім того, продукти горіння фосфору можуть мати шкідливий вплив на ґрунти. Фосфорні сполуки, потрапляючи у ґрунт, можуть утворювати солі, що підсилюють міграцію фосфору та його сполук з зони бойових дій на незаражені ділянки. Це може призвести до надмірного накопичення фосфатів у ґрунтах, що шкодить росту та розвитку ґрунтових біотопів.

Усі ці фактори свідчать про необхідність запобігання використанню заборонених видів зброї та застосування заходів для контролю та загасання пожеж [6].

Крім лісів, на півночі країни, де відбувалися активні бойові дії, поширені болотні екосистеми і торфовища. Велика частина торфовищ України є осушеною, а отже - на них є сприятливі умови для виникнення торфових пожеж. Такі пожежі важко погасити і, у звичайний час, тому продовження бойових дій на території північних областей матиме важкі наслідки як для довкілля, так і для

здоров'я людей. Під час горіння торфовищ в повітря виділяються такі токсичні речовини, як оксид і діоксид вуглецю, дрібнодисперсний пил із діаметром часток 2,5 мікрони (характерно для горіння), летючо-органічні сполуки, до складу яких входить акролеїн, формальдегід. На супутникових знімках вже зафіксовані невеликі пожежі в природних територіях, зокрема і в Чорнобильській зоні (рис 3.1).

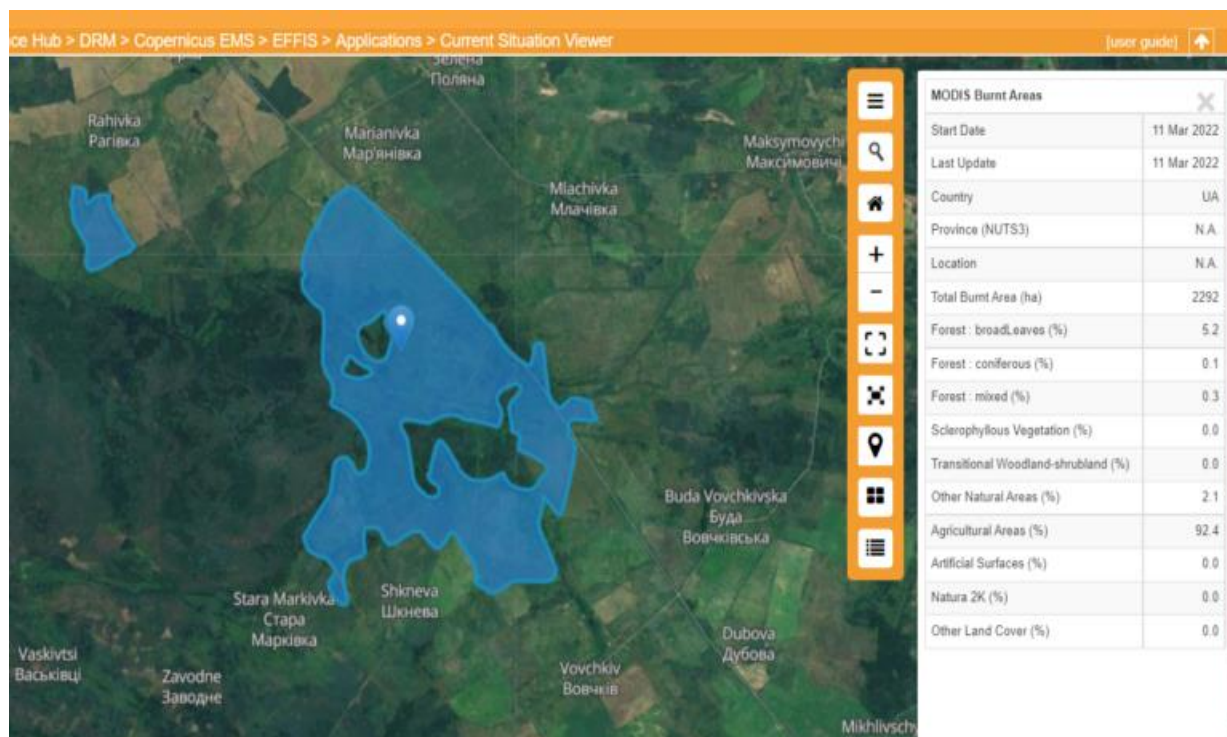


Рис. 3.1. 11 березня 2022 року внаслідок військових дій на території Чорнобильської зони було зафіксовано пожежу за допомогою Європейської інформаційної системи про лісові пожежі EFFIS.

### 3.3. Наслідки від пожеж на промислових об'єктах

Обстріли об'єктів промисловості та інфраструктури призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення повітря, ґрунту та води. Продукти горіння, які потрапляють, у повітря складаються з токсичних газів і твердих

частинок. На цих об'єктах також буде значне забруднення ґрунту та води. Там, де були проведені заходи з гасіння пожежі, забруднення можуть включати залишки протипожежної піни.

Ризики, пов'язані з пошкодженням комунікацій, підприємств та інших об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку, мають особливе значення, адже в умовах відсутності контролю й можливостей ліквідації негативних наслідків ці явища потенційно збільшують масштаби негативного впливу.

27 лютого 2022 року російські військові вразили балістичною ракетою нафтобазу у Васильківському районі Київської області. Унаслідок ракетного удару виникла пожежа. На території нафтобази поблизу села Крячки загорілися 10 цистерн по 2000 м<sup>3</sup> бензину та дизельного палива. Подібні випадки сталися в Охтирці, Луганську, Чернігові, Житомирі, Черняхіві. У березня 2022 року в селі Чайки під Києвом снаряд влучив у склад з пінополіуретаном, через що на складі та в прилеглий до нього офісній будівлі сталася пожежа (рис 3.2). Продукти горіння пінополіуретану спричиняють як отруєння тварин та людей, так і сприяють появі кислотних дощів. Небезпека кислотних дощів у тому, що вони спричиняють опіки рослин. Це призводить до зменшення біомаси у сільськогосподарських культур, а також до ослаблення диких рослин та лісових культур. Ослаблені ліси можуть швидко вражатися шкідниками, що у свою чергу сприяє зростанню кількості мертвої деревини лісу та поширенню пожеж в екосистемах.





Рис. 3.2 Пожежа на складі з пінополіуретаном в селі Чайки, Київська область, внаслідок обстрілу російськими військами. Джерело фото: ДСНС

### **3.4. Висновки до розділу**

Використання фосфорних бомб може спричинити сильні пожежі, які є важкими для загасання. Фосфор, що горить у снаряді, може продовжувати горіти доти, поки не спалахне і не вигорить весь фосфор або не припиниться взаємодія з киснем. Це призводить до великого займання площ, що спричиняє страждання та великі збитки для природи та людей.

Крім того, продукти горіння фосфору можуть мати шкідливий вплив на ґрунти. Фосфорні сполуки, потрапляючи у ґрунт, можуть утворювати солі, що підсилюють міграцію фосфору та його сполук з зони бойових дій на незаражені

ділянки. Це може призвести до надмірного накопичення фосфатів у ґрунтах, що шкодить росту та розвитку ґрунтових біотопів.

У повоєнний час і на довгі роки на території України будуть відчуватися негативні наслідки, особливо це стосується довкілля - руйнування і деградація екосистем різного рівня, забруднення ґрунтів, зменшення біорізноманіття, зміна балансу представників харчових ланцюгів тощо. Також для відбудови та відновлення країна потребуватиме значної кількості природних ресурсів, що в свою чергу буде справляти навантаження на понівечене довкілля. Також є ризик невчасне виконання Україною вже поставлених цілей щодо недопущення кліматичних змін, адже війна - це внесок у зміну клімату, а відновлення країни неминуче буде супроводжуватись значними викидами парникових газів [20]. Оскільки очікується значне хімічне забруднення ґрунтів та вод, важливо після війни подбати про ефективну систему моніторингу стану довкілля. Яка б дозволила зафіксувати реальний об'єм завданої шкоди довкіллю та дозволила вжити найефективніших заходів, щоб уникнути подальшого погіршення ситуації та щоб відновити екосистеми до безпечного стану - і для людини, і для дикої природи.

Зараз є дуже важливою активність не тільки профільних міністерств і уряду, а і залучення українських та міжнародних екологічних організацій, небайдужих громадян, суспільства загалом у збереженні та відновленні навколишнього середовища та спромогтися, щоб уся шкода довкіллю була максимально зафіксована та у подальшому компенсована агресором.

Також важливо, щоб план відновлення України включав заходи з відновлення та збереження екосистем, а до планів із відбудови населених пунктів обов'язково включати природорієнтовані рішення та природоохоронні заходи.

## ВИСНОВКИ

1. **Встановлено**, що заборонена зброя, яка включає білий фосфор, швидко розповсюджує запалювальну речовину з температурою горіння понад 800°C і більше на значну територію, площа якої може досягати кількох сотень квадратних метрів. Процес горіння відбувається до того часу, поки увесь фосфорний матеріал не вигорить або поки не буде доступу кисню. Використання такої зброї може викликати особливо важкі хімічні опіки та болісні каліцтва.

Білий фосфор - це воскоподібна речовина безбарвного (може бути жовтуватого) кольору із запахом часнику, легкозаймиста речовина від контакту з повітрям. Фосфор використовують для наповнення різних видів боєприпасів, але найбільше фосфор застосовують в авіабомбах, але його також використовують для наповнення в мінах, артилерійських снарядах, реактивних снарядах і ручних гранатах.

Використання фосфорних боєприпасів підпадають під заборону Женевської конвенції та інших міжнародних протоколів, оскільки вона вважається негуманною через агресивність, високотемпературність, проникаючу та вражаючу дією.

2. **Визначено**, що за період повномасштабного вторгнення російського агресора, міста і селища України зазнавали неодноразових бомбардувань, заборонених низкою міжнародних Конвенцій та міжнародного законодавства загалом, фосфорних боєприпасів. Зокрема, Конвенція про конкретні види звичайної зброї (ККЗ).

Підступність використання фосфорної зброї полягає в тому, що продукти горіння фосфору та їх розчини, потрапляючи у ґрунт, утворюють солі і підсилюють міграцію фосфорних сполук із зони ураження на території, де бойові дії не проводилися і не проводяться. Як відомо, надлишок фосфатів у ґрунтах перешкоджає нормальним процесам росту, розвитку, життєдіяльності живих організмів та призводить до деградації ґрунтових екосистем. Ґрунтовий фосфор складається із двох форм: органічної (не для засвоєння рослинами) і неорганічної (для засвоєння рослинами).

Наслідком від цих дій змінюється структура і склад ґрунтів, що в подальшому призводить до розвитку ерозійних процесів. Зменшення, або втрата родючості ґрунтів є очевидною, тому що найбільш родючий ґрунтовий шар знаходиться у приповерхневій зоні. Саме цей чинник характеризує ґрунти як унікальну екосистему. Таке ґрунтове середовище може повноцінно функціонувати лише при умові, що вся біота збережеться в історично сформованих осередках.

В результаті бойових дій виникнення пожежі є первинним наслідком воєнно-техногенного навантаження, що провокує в подальшому процеси водної та вітрової ерозії. Зазвичай на вигорілих ділянках спостерігається винесення гумусових речовин та утворення гідрофобного шару, який обмежує проникнення води і таким чином прискорює процеси деградації.

**3.Спрогнозовано**, що зменшення біорізноманіття та порушення функцій ґрунтів можуть мати довготривалий характер і суттєво знизити їх продуктивність. Доцільно відмітити, що відновлення ґрунтових екосистем можливе, але буде тривати певний час і залежати від складу і типу ґрунтів, типу воєнно-техногенного впливу та ландшафтних умов території.

Для покращення стану ґрунтів необхідно проводити заходи повоєнного відновлення, такі як рекультивация ґрунтів, використання різних видів

рослинності та виконання інших заходів для забезпечення відновлення природних властивостей ґрунтів.

## СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конвенція про заборону або обмеження застосування конкретних видів звичайної зброї, які можуть вважатися такими, що завдають надмірних ушкоджень або мають невибіркову дію // Верховна Рада України. URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995\\_266#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_266#Text)
2. Кушнеревич М. П., Марущенко В. В., Матикін О. В. Засоби аерозольного маскування та запалювальна зброя. Харків : Факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 2008. 248 с.
3. Писарєв С. А., Гайдабука В. Є., Сакун О. В. та ін. Радіаційний, хімічний, біологічний захист. Харків : Факультет військової підготовки Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 2016. 456 с.
4. Кузик А. Д. Динамічна модель пожежонебезпечного стану лісу на рівнині / А. Д. Кузик // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2011. – № 18. – С. 92–100
5. Кузик А. Д. Екологічні аспекти лісових пожеж / А. Д. Кузик // Проблеми екологічної безпеки та якість середовища : зб. тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції, Львів, 17–18 грудня 2010 р. – Львів : ЛДУ БЖД, 2010. – С. 7–9.
6. Кузик А. Д. Про взаємний вплив лісових пожеж та ґрунтів / А. Д. Кузик // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.4. – С. 106–110.
7. Шматько В.Г. Екологія і організація природоохоронної діяльності: навч. посібник [для студ. ВНЗ] / В.Г. Шматько, Ю.В. Нікітін. – К. : Вид-во КНТ, 2006.– 304 с.

8. Про затвердження Положення про організацію екологічної безпеки в Міністерстві оборони України та Збройних силах України: від 10.08.2015 р., № 396.–Офіц. вид.–К. : Вид-во М-ва оборони України, 2015.–16 с. – (Нормативний документ Міноборони України. Наказ).
9. Ситник Ю.І. Напрями вдосконалення природоохоронної діяльності в Збройних Силах України / Ю.І. Ситник, О.І. Лисенко, С.М. Чумаченко та ін. – К. : Вид-во ННДЦ ОТ і ВБ України, 2006. – 424 с.
10. <https://mepr.gov.ua/news/39099.html>
11. Порядок консервації земель  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0810-13#n14>
12. Бардик Ю. В. Еколого-гігієнічні та токсикологічні проблеми життєдіяльності / Ю. В. Бардик, О. О. Бобильова // Сучасні проблеми токсикології. – 2005. – № 4. – С. 33-36.
13. Вадзюк С. Н. Медико-екологічні проблеми в сучасних умовах / С. Н. Вадзюк, О. Є. Федорців // Збалансований розвиток країни – шлях до здоров'я і добробуту нації: матеріали Українського екологічного конгресу, 21 вер. 2007 р. – К.: Центр екологічної освіти та інформації, 2007. – С. 41-44.
14. Балюк С.А., Медведєв В.В., Воротинцева Л.І., Шимель В.В. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня. Вісник аграрної науки. 2017. № 8. С. 5-11.
15. <https://3sf.com.ua/ua/stati/o-protivogazah/b%D1%96lij-fosfor>
16. <https://zhitomir-online.com/ukraine/128197-scho-take-fosforna-zbroya-ta-chy-mozhna-pry-urazhenni-fosforom-pyty-moloko.html>.
17. Екологічні наслідки військових дій. Матеріали науково-практичної конференції, 17-18 квітня 2018 року. – Київ: Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, 2018. – 96 с.

18. Стищенко Т.Є., Пронюк Г.В., Сердюк Н.М., Хондак І.І. «Безпека життєдіяльності»: навч. посібник / Т.Є Стищенко, Г.В. Пронюк, Н.М. Сердюк, І.І. Хондак. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 336 с.
19. Хилько М. І. Х45 Екологічна безпека України: Навчальний посібник / М. І. Хилько. – К., 2017. – 267 с.
20. Медицина надзвичайних ситуацій : підручник / Батир Данатарович Халмурадов, Петро Борисович Волянський, Нац. авіаційний ун-т (м. Київ, Україна).– Київ : Центр учбової літератури, 2018.– 206 с.
21. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
22. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні (Коллективна монографія). С. А. Балюк, Д. О. Тімченко, М. М. Гічка, М. В. Куценко, В. І. Бураков та ін.. – Х., 2010. – 538 с.
23. Панас Р. М. Рекультивація земель : Навч. посібник. Вид., 2-ге стереотипн. / Панас Р. М. – Львів : Новий світ – 2007. – 224 с.
24. Проект закону України «Про збереження та охорону їх родючості». 2013 р.
25. Сметанін В. І. Рекультивація та облаштування порушених земель / Сметанін В. І. – М. : 2002. – 96 с.