

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

студента Міронов Ігор Вікторович

(ПІБ)

академічної групи 183М-22Н-1

(шифр)

спеціальності – 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»

(офіційна назва)

на тему «Оцінка екологічних збитків від бойових дій на територіях Запорізької області з використанням дистанційних методів»

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
роботи	Бучавий Ю.В.		
розділів:			
Теоретичного	Бучавий Ю.В.		
Дослідницького	Бучавий Ю.В.		
Технологічного	Бучавий Ю.В.		
Охорони праці	Столбченко О.В.		
Економічного	Павличенко А.В.		
Рецензент	Янкін О.Є.		
Нормоконтролер	Грунтова В.Ю.		

Дніпро
2024

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувачка кафедри ЕТЗНС

_____ Борисовська О.О.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« « _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра

студенту Міронову І. В. академічної групи 183М-22Н-1

(Прізвище, ініціали)

(група)

спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(код і назва спеціальності)

на тему «Оцінка екологічних збитків від бойових дій на територіях Запорізької області з використанням дистанційних методів» _____, затверджену

наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30.04.2024 № 389-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Проаналізувати дані про земельні ресурси України та стратегії природокористування для досягнення сталого розвитку	05.02.2024 08.04.2024
Дослідницький	Дослідити вплив військових дій на навколишнє середовище, провести систематичний огляд літератури для вивчення впливу військових конфліктів на стан ґрунтів та розглянути можливі шляхи відновлення екологічного балансу в Україні	28.02.2024 22.04.2024
Технологічний	Провести дистанційне дослідження щодо пошкодження сільськогосподарських угідь Запорізької області, що постраждали від бойових дій	10.04.2024 30.04.2024
Охорона праці	З'ясувати шкідливі фактори для дослідника під час проведення екологічних досліджень на територіях, забруднених мінами та вибухонебезпечними предметами	22.04.2024 03.05.2024
Економічний	Оцінити вплив збройної агресії на природне середовище з використанням методології оцінки збитків	01.05.2024 14.05.2024

Завдання видано _____
 (підпис керівника)

_____ (прізвище, ініціали)

Дата видачі: _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____
 (підпис) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до: 120 с., 25 рис., 16 табл., 5 додатків, 46 джерела.

Об'єкт дослідження – земельні ресурси України, що постраждали від бойових дій.

Мета роботи - оцінка еколого-економічних наслідків та збитків військового конфлікту для земельного фонду України на прикладі земельної ділянки у Запорізькій області.

Теоретичний розділ включає аналіз земельних ресурсів, екологічні аспекти їх використання та стратегії для сталого розвитку.

У дослідному розділі вивчається вплив військових дій на навколишнє середовище, стан ґрунтів та еколого-економічні наслідки військової агресії і заходи для їх врегулювання.

У технологічному розділі аналізується застосування ДЗЗ, використання ГІС у сільському господарстві, проведено геоінформаційний аналіз даних сільгоспугідь Запорізької області, що постраждали від бойових дій, також було проведено картографування змін у ґрунтовому покриві та землекористуванні.

У розділі «Охорона праці та техніка безпеки» розглядаються небезпечні умови для інженера-еколога та заходи безпеки, включаючи аналіз шкідливих чинників під час екологічних досліджень на забруднених територіях.

У розділі економіки здійснено оцінку екологічних втрат на території Запорізької області внаслідок військових дій за новою методологією компенсації збитків навколишньому середовищу.

Результати магістерської роботи рекомендується використовувати у проведенні наукових досліджень земельних ресурсів, які постраждали від військових конфліктів та для практичного використання фахівцями у сфері екології.

ГІС, ЗЕМЕЛЬНІ РЕСУРСИ, ВІЙСЬКОВИЙ КОНФЛІКТ, ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ, ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ АНАЛІЗ, ДЗЗ, ЗБИТКИ

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 СУЧАСНА СИТУАЦІЯ З ЗЕМЕЛЬНИМ ФОНДОМ В УКРАЇНІ.....	12
1.1 Земельні ресурси України.....	12
1.2 Екологічні аспекти земельного фонду України.....	17
1.3 Стратегії природокористування для сталого розвитку	21
1.4 Висновок до розділу 1	25
РОЗДІЛ 2 ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ КОНФЛІКТІВ НА СТАН ҐРУНТІВ	27
2.1 Негативний вплив військових дій на навколишнє середовище.....	27
2.2 Дослідження впливу військових конфліктів на стан ґрунтів.....	33
2.2 Заходи щодо подолання наслідків воєнних дій в Україні.....	40
2.3 Висновок до розділу 2.....	44
РОЗДІЛ 3 МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: НОВІ ПІДХОДИ ТА МОЖЛИВОСТІ	46
3.1 Використання ДЗЗ у моніторингу навколишнього середовища.....	46
3.2 Застосування геоінформаційних системи та геоінформаційних технологій в сільському господарстві	53
3.3 Геоінформаційний аналіз даних сільгоспугідь Запорізької області, що постраждали від бойових дій.....	56
3.4 Висновок до розділу 3.....	72
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ... Ошибка! Закладка не определена.	
4.1 Розгляд умов праці інженера-еколога	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Безпека при роботі за комп'ютером	Ошибка! Закладка не определена.
4.3 Пожежна безпека.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.4 Аналіз небезпечного чинника для підтвердження його впливу або відповідності нормам безпеки	Ошибка! Закладка не определена.

4.5 Безпека при екологічних дослідженнях на забруднених мінами та вибухонебезпечними предметами територіях **Ошибка! Закладка не определена.**

4.6 Висновок до розділу 4 **Ошибка! Закладка не определена.**

РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ ВТРАТ У ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ ЗГІДНО МЕТОДОЛОГІЇ КОМПЕНСАЦІЇ ЗБИТКІВ НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩУ ВНАСЛІДОК ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ **Ошибка! Закладка не определена.**

5.1 Розрахунок шкоди земельним ресурсам у Запорізькій області за методикою оцінки збитків **Ошибка! Закладка не определена.**

5.5 Оцінка екологічних наслідків викидів забруднюючих речовин в атмосферу, що виникають під час лісових пожеж у Запорізькій області .. **Ошибка! Закладка не определена.**

5.3 Висновок до розділу 5 **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВКИ 75

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 78

Додаток А **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток Б **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток В **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток Г **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток Д **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток Е **Ошибка! Закладка не определена.**

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГІС – Геоінформаційні системи;

ГІТ – Геоінформаційні технології;

ДЗЗ – Дистанційне зондування Землі;

QGIS – Quantum Geographic Information System

SNAP – Sentinel Application Platform

NDVI – Normalized Difference Vegetation Index

DEM – Digital Elevation Map

ВСТУП

У розвитку країни велику роль відіграє стан її земельного фонду. Земельні ресурси є основою економіки та забезпечують життєво важливі потреби населення. В умовах швидкого розвитку суспільства людський вплив на природні ресурси суттєво збільшується, що призводить до неповоротних процесів деградації. Споживання природних ресурсів зростає щорічно, призводячи до зниження стійкості екосистем та обмеження їх здатності до відновлення.

Україна володіє значними та якісними земельними ресурсами, але вони зазнають негативного впливу. Зокрема, загострення екологічних проблем внаслідок втрати родючості ґрунтів, ерозії, заболочування та інших деградаційних процесів. Війна також призводить до масового знищення природних ресурсів.

Аналіз впливу військових дій на земельні ресурси та екологічну безпеку стає все більш актуальним через зростання екологічних загроз, таких як забруднення ґрунту хімічними речовинами, знищення природних середовищ.

Виявлення та документування екологічних злочинів, особливо під час воєнних дій, має вирішальне значення для притягнення винних до відповідальності та компенсації завданих збитків. Використання методик оцінки збитків стає важливим кроком у реєстрації екоциду та відновленні природного середовища.

Повноцінна оцінка масштабу та рівня забруднення сільськогосподарських земель в Україні наразі неможлива через бойові дії. Проте, це не означає, що ми не можемо вживати заходів для мінімізації шкоди та планування майбутнього відновлення. Важливо вже зараз збирати дані про стан ґрунтів на пошкоджених територіях, щоб краще зрозуміти масштаби проблеми та визначити пріоритетні напрямки для подальших дій.

Використання геоінформаційних технологій для аналізу екологічних збитків внаслідок військового конфлікту є ключовим для визначення масштабів

завданої шкоди земельним ресурсам України, дозволяючи отримувати детальну інформацію про стан ґрунтів, відстежувати зміни та ідентифікувати ділянки, які потребують відновлення.

Одним із найпоширеніших завдань, що вирішуються з використанням даних ДЗЗ, - це моніторинг та аналіз різних ділянок земної поверхні і атмосфери, а також оновлення та створення карт, у тому числі тематичних. У контексті досліджень землекористування важливими етапами є класифікація, картографування та оновлення географічних карт, а також категоризація земельних ділянок.

Геоінформаційне моделювання надає можливість аналізувати різні аспекти ландшафту та екосистем, що стали наслідком бойових дій, зокрема створювати багатопарові цифрові карти, які демонструють зміни в середовищі під час війни. На основі цих досліджень можна визначити не лише масштаби екологічної шкоди, а й розробити ефективні заходи для відновлення екологічного балансу.

Об'єкт дослідження – земельні ресурси та зелені насадження Запорізькій області, що постраждали від бойових дій.

Предмет дослідження – зміни характеристик ландшафтів дослідженої території на основі багатоспектральних та радарних супутникових знімків (Запорізька область, с. Новоданилівка).

Мета роботи – оцінити еколого-економічні наслідки та збитки від бойових дій для компонентів довкілля на прикладі земельної ділянки у Запорізькій області за допомогою ГІС та дистанційних методів.

Методи дослідження – аналіз наукових джерел та літератури з обраної теми, збір та обробка даних, що були отримані шляхом дистанційного зондування Землі. Також методи обробки результатів, включаючи картометрію та геоінформаційне картографування, для детального аналізу та візуалізації даних, зонально-статистичний аналіз геопросторових даних, кореляційний аналіз.

Завдання роботи:

1. Проаналізувати дані про земельні ресурси України та стратегії

природокористування для досягнення сталого розвитку.

2. Дослідити негативний вплив військових дій на навколишнє середовище, провести систематичний огляд літератури для вивчення впливу військових конфліктів на стан ґрунтів та розглянути можливі шляхи відновлення екологічного балансу в Україні.

3. Розглянути можливості використання сучасних технологій для моніторингу навколишнього середовища, провести дистанційне дослідження щодо пошкодження сільськогосподарських угідь Запорізької області, що постраждали від бойових дій. Використати цифрові методи для створення карти, що відображає зміни у земельному покриві та землекористуванні, на основі зібраних даних.

4. З'ясувати небезпечні та шкідливі фактори для інженера-еколога під час проведення екологічних досліджень на територіях, забруднених мінами та вибухонебезпечними предметами.

5. Провести аналіз економічних наслідків військового конфлікту для екосистем, оцінити вплив збройної агресії на природне середовище з використанням методології оцінки збитків, вказати на можливі стратегії зменшення екологічної шкоди.

Вихідні дані для проведення роботи – результати практичного досвіду, отриманого під час виробничої та переддипломної практик, а також участь у студентських наукових конференціях, картографічні матеріали та супутникові зображення із відкритих джерел.

Наукова новизна отриманих результатів – використання цифрових методів геоінформаційного аналізу для обробки та картографування даних щодо пошкоджених територій у Запорізькій області. За допомогою обробки та візуалізації зображень у ГІС під час досліджень створено інтерактивну карту ушкоджених територій Запорізької області, яка дозволяє точно відобразити рівень порушених ґрунтів у регіоні та визначити пріоритетні напрямки відновлення сільськогосподарських угідь. Створення подібних програмних продуктів сприятиме раціональному плануванню та ефективній реалізації

заходів, спрямованих на відродження земельних ресурсів та екологічного балансу. Крім того, використання нової методики обробки та візуалізації зображень відображає потенціал для вдосконалення та розширення аналізу пошкодження ґрунтів у подібних дослідженнях, що сприятиме більш точній оцінці збитків та плануванню відновлювальних заходів.

Наукові положення, що виносяться на захист:

1. Уточнено характеристики розподілу вегетаційних індексів, розрахованих за даними оптичних знімків, для сільгосп ділянок які знаходяться «під паром», що дозволяє виявляти ділянки які не використовуються за призначенням внаслідок бойових дій та автоматизувати дану процедуру засобами ЕОМ.

2. Визначено пряму залежність між кількістю вирв на сільгосп ділянках від влучань артилерійських снарядів, та мапою деформацій земної поверхні, побудованої за двома радарними знімками дослідженої території, знятими у різний час, що дозволяє використовувати останні для опосередкованої оцінки впливу бойових дій на землі сільськогосподарського призначення.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати дослідження мають важливе практичне значення для регіону, оскільки надають детальну інформацію про пошкодження ґрунтів та інших екосистем постраждалих районів у Запорізькій області. Практичне значення одержаних результатів полягає в можливості їх використання для розробки та впровадження ефективних стратегій відновлення територій, постраждалих внаслідок військових дій. Результати дослідження можуть слугувати основою для розробки програм з екологічного відновлення, а також враховуватися при прийнятті рішень щодо забезпечення екологічної безпеки та стійкості природних екосистем.

Отриману карту планується опублікувати на веб-геопорталі, де вона буде доступна для перегляду. Результати обробки будуть представлені як у растровому, так і у векторному форматі, з можливістю додавання додаткових шарів з правами доступу для публікації.

Виконання дипломної роботи з моніторингу земельних ресурсів за допомогою ГІС є актуальним та перспективним завданням, яке має значний науковий та практичний потенціал. Результати дослідження можуть допомогти у вирішенні важливих проблем, пов'язаних зі збереженням земельних ресурсів та забезпеченням сталого розвитку.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи

1. Міронов І. В. Узагальнений аналіз збитків для довкілля від російсько-української війни та обґрунтування заходів з оцінки і ліквідації екологічних втрат / Міронов І. В., Бучавий Ю. В. // Тиждень студентської науки – 2024 : матеріали 79-ої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 8 – 12 квітня 2024 року). – Дніпро : НТУ «ДП», 2024. – С. 293-295.

2. Міронов І. В. Перспективи комплексного використання методів спектроскопії та комп'ютерної томографії для дослідження біологічних та фізико-хімічних процесів у структурованих ґрунтах / Міронов Ігор Вікторович, Бучавий Ю. В. // Тиждень студентської науки – 2023 : матеріали 78-ої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – С. 287-289.

3. ГІС для обліку та аналізу екологічних збитків територій Запорізької області: за матеріалами магістерської роботи URL: http://detep.info/Mironov/ECOGIS_ZP_200524/index.html

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНА СИТУАЦІЯ З ЗЕМЕЛЬНИМ ФОНДОМ В УКРАЇНІ

1.1 Земельні ресурси України

Земельний фонд України відіграє важливу роль у розвитку економіки та соціальному забезпеченні населення, адже він є ключовим ресурсом для різноманітних сфер діяльності.

Територія України пройшла крізь численні геологічні епохи та періоди трансформації, що відобразилося у формуванні її ландшафту. Цей процес був результатом різноманітних факторів, включаючи тектонічну активність, льодовикові періоди з коливаннями розміру та розміщенням льодовиків, зміни рівня моря та ерозію, спричинену дією води та повітря. Безперечно, на цей процес також вплинула людська діяльність.

Земельний фонд України, що включає усі території, поділяється на різні категорії в залежності від їхнього призначення: землі для сільськогосподарського використання, житлової та громадської забудови, природно-заповідних цілей, охорони природи та лікування, рекреації, історико-культурних цілей, промислового використання, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та інших. Розмаїття цих категорій відображається у різносторонньому їх використанні та важливій ролі в економічному розвитку країни та підтримці екосистем.

Зокрема, землі сільськогосподарського призначення об'єднують різноманітні угіддя, включаючи сільськогосподарські та несільськогосподарські території, а також площі під забудовою, заболочені та забруднені радіоактивними матеріалами сільськогосподарські території, які не використовуються для виробництва сільськогосподарської продукції, а також землі з низьким або відсутнім рівнем сільськогосподарської продуктивності.

Земельні ресурси становлять важливу складову природокористування для будь-якої країни, включаючи Україну. Їхня стратегічна роль полягає в універсальності та необхідності для різних видів господарської діяльності.

Земельні ресурси виступають територіальною базою для розміщення промислових об'єктів, інженерних споруд, та комунікацій, що використовуються в промисловості, будівництві, та транспорті. Забудовані території охоплюють промислові зони, терикони, кар'єри, шахти, водогосподарські та гідротехнічні споруди, звалища, кладовища, полігони відходів як домашніх, так і комерційних, зелені насадження загального користування та території, призначені для будівництва громадських та житлових будівель, набережні, об'єкти транспортування.

Особливе значення земельні ресурси мають для сільського та лісового господарства. Земля виступає як територіальний ресурс і одночасно є основним засобом виробництва в цих галузях. Вона є фундаментом для сільськогосподарських угідь, лісових масивів та інших природних об'єктів, які визначають успішність і стійкість сільськогосподарського виробництва та лісового господарства.

Лісові площі України мають важливе значення як для екологічного, так і для економічного розвитку країни. Загальна площа лісового фонду України становить 10,4 млн га, з яких 9,6 млн га вкриті лісовою рослинністю. Лісистість території країни становить 15,9%. Україна має більше 30 видів деревних порід.

Найбільші лісові масиви розташовані в Українських Карпатах, Поліссі, Сумській, Житомирській та Рівненській областях.

Лісові площі в Україні відіграють критично важливу роль у збереженні природного середовища, екологічному балансі та забезпеченні сталого розвитку. З лісами пов'язані низка ключових екосистемних функцій, серед яких регуляція клімату, збереження ґрунтів, біорізноманіття та забезпечення водних ресурсів.

Різноманіття лісових екосистем забезпечує важливі екологічні, економічні та соціальні функції, що робить лісовий фонд України надзвичайно важливим ресурсом для країни. Лісове господарство сприяє створенню робочих місць, виробництву деревини та інших лісових ресурсів, які використовуються в будівництві, меблевій та паперовій промисловості.

Земельні ресурси України значні. В Україні загальна площа земель складає

60,4 млн гектарів, що становить 5,7% території Європи. З цього обсягу 70%, а саме 42,4 млн гектарів, призначені для сільськогосподарського використання, понад 32 млн гектарів регулярно оброблялись до початку воєнного конфлікту (рис. 1.1) [1].



Рисунок. 1.1 – Земельні ресурси України

Для порівняння, у Польщі під сільськогосподарське виробництво використовуються площі, що вдвічі менші – 14 млн гектарів, у Німеччині – 12 млн гектарів, а в Румунії – 9 млн гектарів. Значна кількість чорноземів в Україні, що складає 28 млн гектарів, робить її світовим лідером за обсягом цього роду родючих ґрунтів.

Структура земельного фонду України:

- сільськогосподарські угіддя: 42,4 млн га (70%),
- рілля: 33,19 млн га (55%),
- багаторічні насадження: 0,9 млн га (1,5%),
- сіножаті та пасовища: 7,75 млн га (12,8%),
- ліси та інші лісовкриті площі: 10,57 млн га (17,6%),
- землі забудовані: 23,49 млн га (38,9%),
- відкриті заболочені землі (болота): 0,98 млн га (0,2%),
- радіоактивно забруднені сільгоспугіддя, вилучені з виробництва: 0,13 млн га (0,2%),
- відкриті землі без рослинності: 3,3 млн га (5,5%).

Сільськогосподарські угіддя України становлять 18,9% загальноєвропейських, а рілля – 26,9%. Висока питома вага сільськогосподарських угідь, особливо ріллі, можлива завдяки сприятливим природним умовам та поширенню чорноземів.

Така різноманітність категорій земельного фонду створює складнощі управління та вимагає комплексного підходу до збереження та раціонального використання земельних ресурсів.

Земельні ресурси України входять до списку країн із високим рівнем концентрації земель для сільського господарства. Країна потрапила в п'ятірку держав, де на 100 осіб припадає більше 50 гектарів землі. Майже 6% території європейського континенту складається з земель України. Основними відмінностями України на загальноєвропейському рівні є відмінна природна якість родючих сільськогосподарських земель, висока питома вага ріллі та

велика частка чорноземних земель.

Земельні ресурси, як засіб виробництва, мають багато особливостей, якими значно відрізняються від інших методів виробництва:

1. Земля виникла за багато тисяч років до появи людини і є частиною самої природи, а не створена людиною. Вона формується внаслідок взаємодії різних природних факторів, які розвиваються в певному регіоні, і є найважливішою частиною процесу формування.

2. Земля має обмежений розмір і не може бути розширена. Але це не означає, що її ресурси обмежені, оскільки вони можуть мати значну продуктивність. Крім того, їх не можна замінити іншими засобами виробництва.

3. Земельні ресурси відрізняються постійним місцезнаходженням та мають тісний зв'язок з природним середовищем. Таким чином, на відміну від інших методів виробництва, вони не можуть бути переміщені, а процес виробництва повинен враховувати природні та географічні умови їхнього розташування.

4. Земельні ресурси є основою для розташування всіх галузей виробництва, найважливішою складовою навколишнього середовища та виконують функцію основного ресурсу виробництва як у сільському, так і в лісовому господарстві. Вони є невід'ємною та ключовою умовою існування та функціонування суспільного виробництва, що призводить до експлуатації та використання додаткових природних ресурсів (атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, рослинного та тваринного світу).

5. Земельні ресурси, якщо їх розумно використовувати, не погіршують своїх властивостей, а покращуються та підвищують ефективність виробництва.

6. Земельні ресурси є одним із найважливіших факторів, які впливають на забезпечення стійкого розвитку країни, досягнення економічних можливостей населення та впливають на зростання економіки країни. Україна вирізняється високою якістю своїх земельних ресурсів, що робить її однією з найбагатших країн у цьому аспекті, тому держава повинна організувати підтримку ефективного використання природних ресурсів.

7. Земельні ресурси становлять основу для розвитку та ефективного використання різних галузей економіки.

Земельний фонд України є важливим національним багатством, яке відіграє ключову роль у розвитку економіки, забезпеченні продовольчої безпеки та збереженні довкілля. Дбайливе господарювання та охорона наших земельних ресурсів дуже важливі.

1.2 Екологічні аспекти земельного фонду України

Щодня зростає антропогенне навантаження на земельні ресурси нашої планети, що обумовлено зростанням населення та науково-технічним прогресом. Це призводить до зменшення площі земельних ресурсів на одну особу, що скорочуються майже на 3 відсотки, в той час як сільськогосподарські угіддя зменшуються на 7 відсотків. Переконавання, що сільськогосподарські землі необмежені, призводять до втрати значних територій сільськогосподарських ґрунтів та землі.

Згідно з природними процесами, деградація ґрунту та ґрунтового покриву відбувається в областях, де дії людей можна вважати нераціональними, екологічно неприйнятними та не відповідними природному біосферному потенціалу регіону.

Людство впродовж століть, навіть тисячоліттями, діяло дуже активно, використовуючи ґрунт, що не лише не руйнувало його, але й підвищувало його родючість або перетворювало запустілу землю на родючу. Проте, історія свідчить, що більша частина родючого ґрунту була втрачена, а людська цивілізація зазнала безповоротних збитків. Зараз обробляється лише близько 2/3 або 3/4 сучасних орних земель, проте різноманітні деградаційні процеси вже встигли призвести до щорічних неповернених втрат орних земель у всьому світі, що оцінюються у розмірі 6 – 7 млн га. Приблизно 1 млн га використовується для несільськогосподарських цілей, тоді як приблизно 5 - 6 млн га просто занедбані

через занепад і перетворюються на пустелі.

Зростання міст і розширення урбанізації призводить до захоплення земель для будівництва міст, інфраструктури та житла, що зменшує орну землю та природні ландшафти.

Інтенсивне використання добрив, пестицидів та важкої техніки в сільському господарстві шкодить ґрунту, спричиняючи його ерозію та виснаження.

Забруднення ґрунту промисловими викидами, побутовими відходами та іншими забруднювачами робить його непридатним для використання.

До деградованих земель відносяться:

— земельні ділянки, поверхня яких порушена внаслідок землетрусу, зсувів, карстоутворення, повеней, добування корисних копалин тощо;

— земельні ділянки з еродованими, перезволоженими, з підвищеною кислотністю або засоленістю, забрудненими хімічними речовинами ґрунтами та інші (Василь Черлінка, доктор біологічних наук) [2].

Використання ресурсів земельного фонду України не відповідає стандартам розумного природокористування. Нехтування природним середовищем завдає постійної шкоди ландшафтам. Не дотримуються розміри лісових насаджень, кормових угідь і ріллі. Значна розораність та наслідки діяльності людей на землі призводять до постійного порушення природного процесу ґрунтоутворення.

У 2019 році Інститут землеробства НААН розробив карту, яка відображає придатність ґрунтів для ведення органічного землеробства.

Диференціація природних зон України з урахуванням еколого-генетичної придатності для органічного виробництва була проведена в рамках науково-дослідної підпрограми «Агроекологічні аспекти відтворення родючості ґрунту в контексті органічного землеробства в агроландшафтах України» [3]. Вчені провели диференціацію природних зон України з урахуванням еколого-генетичної придатності для органічного виробництва на основі наукових досліджень.

Ґрунти були класифіковані на категорії дуже придатні, придатні, умовно придатні та мало придатні для органічного землеробства (рис. 1.2) [3].



Рисунок 1.2 – Карта придатності ґрунтів для органічного землеробства

Найбільш придатними для органічного землеробства визнані ґрунти у Харківській та Черкаській областях, а також частково в Київській, Вінницькій, Кіровоградській, Хмельницькій, Івано-Франківській та Тернопільській областях.

Деградація ґрунтів українських земель активно зростає через нераціональне використання аграріями, недооцінку небезпеки та відсутність державної підтримки для відновлення родючості ґрунтів. За даними досліджень, втрати гумусу та поживних речовин орних площ становлять 43%, переущільнення – 39%, замулювання та кіркоутворення – 38%, а також є інші проблеми, такі як водна та вітрова ерозія, забруднення пестицидами та важкими металами. Фахівці виділяють основні чинники, які призводять до цих процесів, зокрема неоптимальне використання земельних угідь, недосконалість земельної реформи та відсутність ефективного механізму виконання законодавчих актів стосовно охорони земель [4].

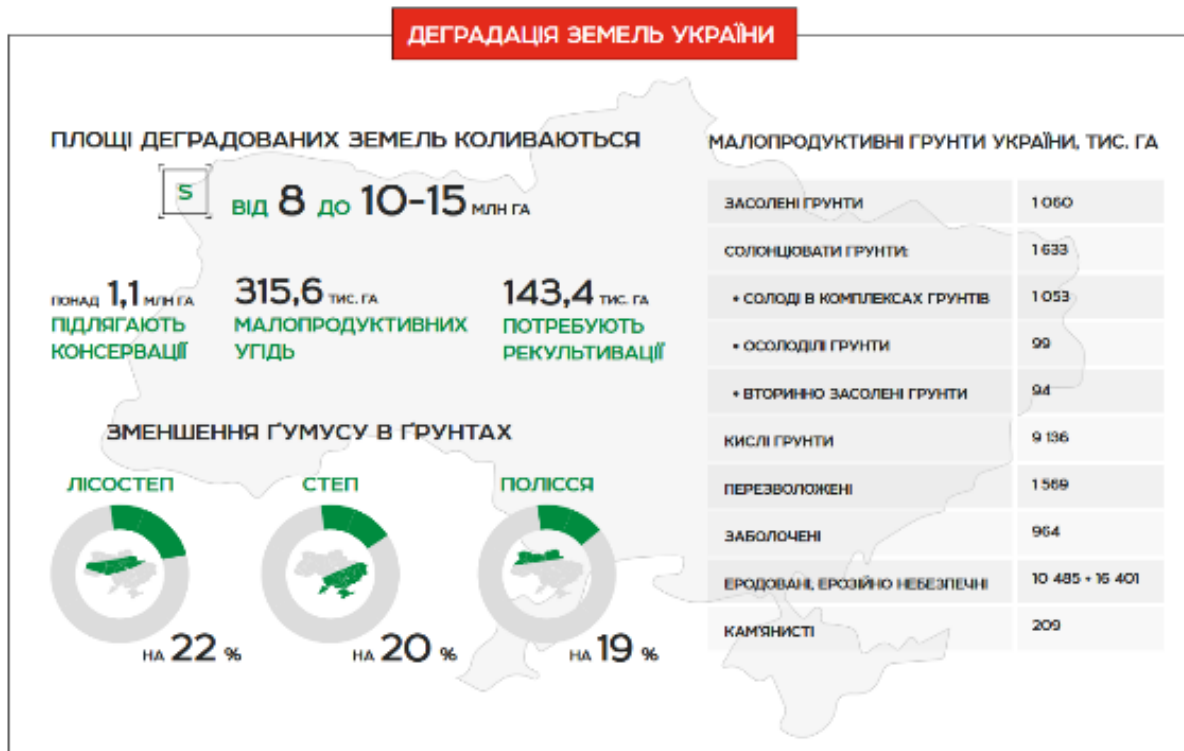


Рисунок 1.3 – Площі деградованих земель.

Площі деградованих земель коливаються від 8 до 10 - 15 млн га (рис. 1.3) [5]. Понад 1,1 млн га підлягають консервації; 315,6 тис. га - малопродуктивних угідь; 143,4 тис. га потребують рекультивації.

Зменшення гумусу в ґрунтах:

- лісостеп – на 22%,
- степ – на 20 %,
- полісся – на 19 %.

Розораність землі порушила природні процеси утворення ґрунтових покривів. Лісові ресурси піддаються різним викликам, таким як незаконні рубки, лісові пожежі, шкідники та хвороби, а також зміна клімату. Знищення лісів також погіршує стан довкілля, спричиняючи негативні наслідки для клімату, водних та повітряних ресурсів, а також великих втрат біологічного різноманіття.

Розвиток людства створює серйозні проблеми опустелювання та деградації землі, що впливає на соціальні, економічні та екологічні сфери, викликаючи голод і міграцію населення.

Згідно з оцінками економістів-екологів, щорічні втрати нашої держави від неефективного використання природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища досягають двадцять відсотків національного доходу. Покращення екологічної стійкості потребує негайного впровадження системи відновлення та захисту земель, що відповідає стандартам Європейського Союзу з охорони навколишнього середовища.

В результаті недоцільного використання природних ресурсів, суспільство повинно витратити додаткові матеріальні, технічні та людські ресурси для компенсації цих втрат. Набагато вигідніше спрямувати ці кошти на усунення причин, а не наслідків ерозії, ґрунтової деградації та виснаження, екологоекономічної кризи в сучасному аграрному секторі.

Відсутність ефективних сівозмін, недостатня захисна та агролісомеліоративна діяльність призводять до деградації ґрунтів, зменшення родючості, поширення ерозії та підвищення кислотності, що є серйозними наслідками для сільськогосподарського виробництва та екологічної стабільності.

Військові конфлікти суттєво впливають на земельні ресурси. Ці дії мають значний негативний вплив не лише на окремі природні елементи, але і на екосистеми в цілому. Наслідки забруднення землі включають розриви снарядів, що призводить до потрапляння хімічних речовин у ґрунт, витік забруднюючих матеріалів і небезпечних речовин з пошкоджених контейнерів, а також нафтопродукти та паливно-мастильні матеріали, включаючи ті, які потрапляють з розбитої військової техніки.

1.3 Стратегії природокористування для сталого розвитку

Стратегії природокористування для сталого розвитку - це комплексний підхід до використання природних ресурсів, спрямований на забезпечення потреб сучасного суспільства, не шкодячи майбутнім поколінням та природним екосистемам. Ці стратегії враховують екологічні, соціальні та економічні аспекти.

Екологічний аспект передбачає збереження біорізноманіття, відновлення та охорону ландшафтів, зменшення викидів та забруднення, а також збереження природних ресурсів.

Соціальний аспект включає забезпечення справедливого доступу до природних ресурсів для всіх верств населення, збалансоване врахування інтересів суспільства в цілому.

Економічний аспект передбачає ефективне використання природних ресурсів з метою забезпечення сталого економічного розвитку, створення нових робочих місць, підвищення конкурентоспроможності та збільшення доходів населення.

Україна, як відомо, володіє багатством біологічного різноманіття, яке має неабияке значення не лише для неї самої, але й для всієї Європи. Її екосистеми, що охоплюють 35% біорізноманіття континенту, слугують домівкою для понад 70 000 видів живих істот. Україна має різноманітні природні ландшафти, включаючи природну рослинність та окультурені області, що становлять 29% території країни. Ліси займають 16% земель України, що надає їм велике значення для екосистеми та біосфери. В Україні майже 63 000 річок, які відіграють важливу роль у забезпеченні водних ресурсів та підтримці водного різноманіття. Дніпро - одна з найбільших і найважливіших річок в Європі. Він має довжину близько 2,285 кілометрів, що робить його четвертою за довжиною річкою в Європі. На території України Дніпро має найбільшу протяжність, становлячи 981 кілометр, що робить його однією з ключових річок країни та важливим джерелом води та ресурсів для української екосистеми. Ця річка має велике значення для розвитку транспорту, енергетики та інших галузей економіки країни. На території України розташовано приблизно 11% Карпатського гірського масиву, де росте третина всіх видів рослин Європи, що свідчить про важливу роль країни у збереженні цінних природних екосистем.

Збалансоване та ефективне використання земельних ресурсів та природних екосистем є важливим для забезпечення сталого розвитку суспільства. Проблеми екологічного стану, такі як нелегальне вирубування дерев або руйнування

лісових масивів без відповідного дозволу чи контролю відповідних владних структур, лісові пожежі та забруднення ґрунтів, вимагають негайних заходів для їх вирішення.

Раціональне природокористування важливе для збереження біологічного різноманіття України та забезпечення його сталого розвитку. Раціональне природокористування є системою використання природних ресурсів, спрямованою на забезпечення потреб людства та економічних цілей, при цьому мінімізуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Воно включає в себе ряд заходів, таких як оптимізація видобутку корисних копалин, збереження та відновлення природних ресурсів, ефективне використання земельних угідь, рекультивацію та утилізацію відходів.

Метою раціонального природокористування в Україні є забезпечення сталого розвитку суспільства, збереження природи та запобігання негативним наслідкам господарської діяльності. Нераціональне природокористування, у свою чергу, призводить до виснаження ресурсів, забруднення довкілля та загрози здоров'ю людини.

Дотримання принципів раціонального природокористування є важливим для забезпечення ефективного використання природних ресурсів і збереження середовища проживання. Це передбачає впровадження екологічно орієнтованих технологій, організацію відновлення екосистем та зменшення відходів.

Основні стратегії збалансованого природокористування та охорони ґрунтів у нашій країні, спрямовані на запобігання деградації та втрати родючості, включають:

- впровадження інфраструктурних рішень, таких як протиерозійні, гідротехнічні, берегоукріплювальні та протизсувні споруди, для зменшення змиву та розмиву ґрунтів та захисту від підтоплення;

- використання науково обґрунтованих сівозмін, біологізації землеробства та новаторських методів обробки, спрямованих на підтримання та відновлення родючості ґрунту;

- заходи для запобігання деградації ґрунтового покриву в ерозійно

небезпечних областях, включаючи сільськогосподарські землі, та відновлення ресурсів на занедбаних, неефективних та техногенно забруднених територіях;

— розвиток контурного землеробства для збереження ґрунту та попередження його ерозії;

— розробка ефективних техніко-економічних схем та проєктів землеустрою для раціонального використання та охорони ґрунтів;

— створення та відновлення лісових насаджень для захисту сільськогосподарських земель від ерозії,

— використання наукових сівозмін, біологізації землеробства та інноваційних методів обробки землі для збереження та відтворення її родючості.

Раціональне природокористування передбачає оптимальне використання ресурсів з урахуванням їхньої вартості, ефективності використання та збереження. Ця стратегія також включає в себе заходи з охорони природних екосистем, відновлення деградованих земель, раціональне використання водних ресурсів та зменшення викидів та забруднення.

Основні принципи раціонального природокористування включають в себе принцип ефективності, збалансованості, відповідальності та сталого розвитку. Це означає, що використання природних ресурсів повинно бути максимально ефективним та раціональним, а також збалансованим між потребами сучасного суспільства та збереженням природи для майбутніх поколінь.

Реалізація стратегії раціонального природокористування в Україні вимагає впровадження спеціальних програм та проєктів, розвитку наукових досліджень у галузі екології та природних наук, а також впровадження сучасних технологій та практик управління природними ресурсами.

Ці стратегії базуються на принципах сталого розвитку, який передбачає збалансований підхід до використання ресурсів з урахуванням потреб сучасного та майбутніх поколінь. Основними інструментами реалізації таких стратегій є регулювання, планування, стимулювання інновацій та впровадження екологічно чистих технологій.

Успішним прикладом впровадження стратегій сталого розвитку в Україні є сертифікація лісів, під час якої було сертифіковано понад 1 мільйон гектарів лісів, що гарантує їх екологічно відповідальне управління.

Крім того, проводяться заходи зі збереження водно-болотних угідь, оскільки Україна займає лідируючі позиції в Європі за площею таких угідь.

Незважаючи на виклики, Україна має значний потенціал для розвитку сталого природокористування. Впровадження вищезазначених стратегій дозволить зберегти природні ресурси для майбутніх поколінь та забезпечити економічний та соціальний розвиток країни.

1.4 Висновок до розділу 1

Земельний фонд України охоплює всю територію країни та включає різноманітні категорії, такі як сільськогосподарські угіддя, ліси, промислові території, житлові зони, природно-заповідні території, транспортні шляхи, рекреаційні зони та інші. Зростання населення та технологічний прогрес призвели до збільшення впливу людей на земельні ресурси.

Неефективне землекористування призводить до ерозії, деградації та виснаження ґрунту, що вимагає значних витрат на компенсацію наслідків. Боротьба з причинами цих проблем була б більш вигідною.

Військові дії також впливають на землю, що може мати негативні наслідки для природи та метаболічних процесів екосистеми. Наслідки включають руйнування і забруднення ґрунту хімічними речовинами, розливи нафтопродуктів та підземне забруднення, а також пошкодження рослинного покриву та ерозію.

Проблеми екологічного стану земельного фонду України є предметом серйозної турботи суспільства, вони потребують уваги та комплексних заходів для збереження екологічної стабільності та сталого розвитку країни.

Охорона та розумне використання ґрунту є критично важливим завданням, яке стоїть перед сучасним суспільством, що безпосередньо впливає на

збереження біорізноманіття та забезпечення продовольства для всіх мешканців планети. Шляхом охорони ґрунтів та підтримки їхньої регенерації ми забезпечуємо стійкість біосфери та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Охорона ґрунтів є ключовою складовою стратегії сталого розвитку та забезпечення екологічно стійкого майбутнього для всього людства.

Раціональне природокористування, ефективне використання ресурсів та застосування інноваційних технологій сприяє збереженню навколишнього середовища та створенню сталого економічного зростання. Усі аспекти разом утворюють стратегічний підхід до збереження природних ресурсів та забезпечення довгострокової екологічної стійкості та розвитку суспільства.

РОЗДІЛ 2 ВПЛИВ ВІЙСЬКОВИХ КОНФЛІКТІВ НА СТАН ҐРУНТІВ

2.1 Негативний вплив військових дій на навколишнє середовище

Україна володіє значними та якісними земельними ресурсами, але вони зазнають негативного впливу. Зокрема, загострення екологічних проблем внаслідок втрати родючості ґрунтів, ерозії, заболочування та інших деградаційних процесів.

До всіх цих проблем приєднується й війна, яка призводить до масового знищення природних ресурсів.

Військові конфлікти можуть мати різний вплив на навколишнє середовище, залежно від їхнього характеру, тривалості та інтенсивності. Декілька найбільш типових наслідків військових дій на навколишнє середовище:

1. Забруднення довкілля від викидів військової техніки та зброї, які можуть містити небезпечні речовини, такі як важкі метали, радіоактивні матеріали, хімічні отрути та інші.

2. Пошкодження екосистем та біорізноманіття через руйнування лісів, забруднення водойм, знищення місцевої флори та фауни, інтродукцію іноземних видів під час пересування військ, транспортування військової техніки та обладнання через різні території та інші процеси.

3. Деградація ґрунтів внаслідок військових дій, ерозії, засолення, забруднення нафтою та іншими речовинами.

4. Втрата природних ресурсів через неправомірну експлуатацію та відбудову після конфліктів.

5. Зміни клімату внаслідок викидів парникових газів, спричинених знищенням великих об'єктів інфраструктури та іншими факторами.

6. Порушення екологічного балансу та здоров'я місцевого населення через забруднення повітря, води та ґрунту.

7. Збільшення вразливості перед природними катаклізмами, такими як повені, лавини, землетруси та інші, через знищення екосистем та природних

бар'єрів.

8. Порушення ґрунтів та деградація ґрунтового покриву внаслідок будівництва фортифікаційних споруд під час військових дій, що призводить до втрати родючості, ерозії та забруднення ґрунтів хімічними речовинами. Викопування траншей, окопів завдає шкоди ґрунтам кількома способами. По-перше, фізичне пошкодження. Видалення верхнього шару ґрунту, що є найродючішим, може призвести до зниження врожайності та ерозії ґрунту. Ущільнення ґрунту, яке виникає внаслідок руху важкої техніки та людей, ускладнює проникнення води та повітря, що негативно впливає на ріст рослин. Може порушуватись структура ґрунту, збільшуючи його схильність до ерозії та деградації. По-друге, зміна гідрологічного режиму – це може вплинути на напрямок стоку води, що призведе до затоплення або посухи в деяких районах. Підвищення рівня ґрунтових вод може зашкодити рослинам і спричинити засолення ґрунту. Третя причина – забруднення. Викопування траншей може призвести до забруднення ґрунту хімічними речовинами, такими як паливо, мастильні матеріали та вибухівка; також може виникнути забруднення сміттям. Шкода, завдана ґрунту викопуванням землі для окопів, може мати тривалий наслідок, і для його відновлення може знадобитися багато років.

Всі ці негативні фактори мають серйозні наслідки для природного середовища та життя людей, які проживають у зоні конфлікту.

Пожежі в лісах та на полях, забруднені ріки та ґрунт, затоплені населені пункти — це лише кілька аспектів великої екологічної катастрофи, яка сталася в Україні через російське вторгнення. За даними Державної екологічної інспекції станом на січень 2023 року завдані екологічні збитки вже перевищили 1 трильйон 743 мільярди гривень, або понад 47,6 мільярда доларів, проте це - лише оцінка і втрати можуть бути ще більшими, оскільки частина територій залишається окупованою. Названі цифри вражають, вказуючи на серйозні наслідки для екосистем та здоров'я населення (рис. 2.1) [6].



Рисунок 2.1 – Візуалізація постраждалих природних територій, внаслідок військового вторгнення за даними ГО «Українська природоохоронна група»

Руйнівний вплив війни на довкілля проявляється як під час, так і після її закінчення.

Під час першої світової війни (1914 – 1918) застосовувалась хімічна зброя, така як іприт та фосген, що забруднило ґрунти та водойми на великій території Франції та Бельгії. Хімічні речовини продовжують залишатися в ґрунті до сьогоднішнього дня і становлять загрозу для здоров'я людей та довкілля. Великі площі лісів були вирубані для будівництва окопів та бліндажів, а також для отримання дров для опалення. Це призвело до ерозії ґрунту та втрати біорізноманіття.

Атомні бомбардування Хіросіми та Нагасакі (Японія) у часи другої світової війни (1939 – 1945) спричинили негайне знищення місць бомбардувань та довгострокові екологічні наслідки. Радіоактивне забруднення залишалося в

ґрунті та воді протягом багатьох років після війни та спричинило збільшення кількості випадків раку та інших захворювань у людей.

Під час війни у В'єтнамі (1955–1975) використовувались хімічні дефоліанти, такі як Agent Orange, для знищення лісів та сільськогосподарських культур у В'єтнамі. Хімічні речовини забруднили ґрунти і водойми та спричинили серйозні проблеми зі здоров'ям у людей, включаючи вроджені дефекти та рак.

Після війни в Боснії та Герцеговині 1992–1995 років було проведено багато досліджень, щоб зрозуміти вплив конфлікту на навколишнє середовище. З 2000 року моніторинг ґрунтового покриву на території Боснії та Герцеговини проводиться регулярно. Дослідження показали, що війна завдала значної шкоди навколишньому середовищу Боснії та Герцеговини, включаючи забруднення ґрунту небезпечними речовинами. Ці речовини мають тривалий вплив на здоров'я та якість життя населення. Зокрема, використання боєприпасів, що містять збіднений уран, призводить до збільшення захворюваності на рак і вроджені захворювання серед жителів уражених районів [7].

«Зона Руж» у Франції є одним з найвідоміших прикладів масштабного забруднення ґрунту від військових дій. Під час Першої світової війни ця територія була сценою інтенсивних бойових дій, а також місцем масового випробування різноманітної зброї та хімічних речовин. В результаті таких дій ґрунт став забрудненим важкими металами, вибухонебезпечними речовинами та іншими небезпечними речовинами, що зробило землю непридатною для сільського господарства та будь-яких інших форм використання. Частково зона була очищена в подальших роках, але її відновлення та реабілітація триває й до сьогодні.

Перелічені приклади показують, що війна може мати тривалий і серйозний вплив на навколишнє середовище та природні ресурси країн, які потім стикаються з екологічними проблемами під час відновлення після конфлікту.

Сільськогосподарські поля у зоні бойових дій мають значні наслідки руйнування, вирви різного розміру, сліди важкої техніки. Проте проблеми не

обмежуються лише поверхнею. Навіть якщо фермери намагаються відновити верхній шар ґрунту, залишки палива, хімічна забрудненість можуть залишатися в ґрунті десятиліттями або навіть довше. Коли нафтопродукти проникають в ґрунт, вони руйнують його природні властивості. Водопроникність зменшується, кисень витісняється, що порушує нормальні біохімічні і мікробіологічні процеси. Це впливає на баланс води та повітря, а також на обіг живильних речовин у ґрунті. Рослини стають неспроможними отримувати необхідні поживні речовини через порушення кореневого живлення, що призводить до їхньої загибелі. Хоча плями від палива можуть зникнути з часом, наслідки такого забруднення можуть виявлятися протягом довгого часу. Вибухова хвиля викликає формування вирв, ущільнення ґрунту та знищення рослинності та фауни. Все це призводить до змін в гідролітичному режимі та руйнування структури ґрунту, що, в свою чергу, сприяє ерозії та опустелюванню.

Хімічні сполуки, що містяться у військовій зброї та вибухових речовинах, можуть бути особливо небезпечними, оскільки не розкладаються біологічно та можуть довго залишатися у середовищі, забруднюючи ґрунт і поверхневі води. Під час вибуху в атмосферу потрапляють шкідливі речовини, які потім осідають на землю у вигляді опадів. Сірка, яка є складовою частиною багатьох вибухів та боєприпасів, особливо небезпечна через її взаємодію з опадами, перетворюючись на сірчану кислоту. Ця кислота може завдати значної шкоди ґрунтам, руйнуючи верхній живий шар та екосистему. Таке забруднення може мати серйозні наслідки для рослинного та тваринного світу, а також для людей, які користуються цими територіями.

Токсичні елементи, які містяться в боєприпасах і зброї, можуть вилугуватися в ґрунт і стати серйозною загрозою для рослинного життя та екосистем. Свинець, кадмій, миш'як, ртуть є особливо небезпечними, оскільки вони можуть накопичуватися в рослинах та потрапляти в продовольчий ланцюг через споживання забруднених рослин людьми та тваринами. Цинк і нікель також можуть пригнічувати ріст рослин, що призводить до зниження врожайності та якості врожаю. Це лише деякі з небезпечних речовин, які можуть

залишатися в ґрунті протягом десятиліть, ускладнюючи ситуацію, спричиняючи серйозні наслідки для здоров'я та середовища.

Додаткові наслідки включають витікання відходів на рельєф місцевості через руйнування греблі полів і руйнування очисних або гідротехнічних споруд для фільтрації. Забруднення трупною отрутою виникає внаслідок масової загибелі як людей, так і тварин. Деградація рослинного покриву та збільшення ерозії можуть відбуватися через різноманітні фактори, такі як рух важкої техніки, будівництво фортифікаційних споруд, проведення військових операцій. Пошкодження рельєфу може бути наслідком вибухів снарядів, ракет і авіаційних бомб, які утворюють значні воронки на землі.

Нові звалища також мають опосередкований вплив на територію через розбиті військові машини, залишки ракет, снарядів тощо, а також будівельні матеріали, утворені після ліквідації завалів і руйнувань, що виникли в результаті бойових дій. Речовини, які складно утилізувати та зберігати, часто викидають, що може мати катастрофічні наслідки. Зважаючи на те, що багато речовин не розпадаються тисячі років, тоді як радіоактивні можуть лишитися активними сотні тисяч, мільйони або навіть мільярди років, стає очевидним, що військова промисловість створює міні уповільненої дії для генетики людства. Під час війни не завжди дбають про збереження ресурсів. Принцип найшвидшого, найефективнішого та максимально дешевого використання ресурсів може призвести до загрози для всього людства.

Війна в Україні суттєво пошкодила лісові масиви країни. Фахівці оцінюють, що станом на 2024 рік близько 3 мільйонів гектарів лісів постраждали від бойових дій. Серед основних проблем, що виникають у зв'язку з війною, - зростання лісових пожеж. Обстріли та бойові дії призвели до значного збільшення частоти та інтенсивності пожеж. Наприклад, лише весною 2022 року в Чорнобильській зоні відчуження та на прилеглих територіях згоріло понад 10 тисяч гектарів лісів. Гасіння пожеж стає ускладненим через мінування та бойові дії. Пряма військова діяльність також призводить до руйнування лісів. Вони використовуються як укриття для військових і для обладнання позицій та

окопів, що призводить до вирубки дерев, пошкодження ґрунту та забруднення лісових екосистем. Умови війни також сприяють незаконним рубкам, оскільки контроль за лісозаготівлею може бути обмеженим. Це призводить до додаткових втрат лісових ресурсів та шкоди довкіллю. Режим обмеженого доступу до лісів з метою безпеки, введений в багатьох регіонах, ускладнює проведення лісгосподарських заходів та наукових досліджень. Бомбардування та пожежі призводять до загибелі диких тварин, які мешкають у лісах, порушуючи екологічний баланс. В результаті втрачається велика кількість цінних лісових ресурсів, які є важливим ресурсом для економіки.

Загалом, військові конфлікти мають серйозний вплив на земельний фонд та екологічну стійкість планети, потребуючи негайної уваги та розумних рішень для збереження природних ресурсів та планетарного здоров'я.

2.2 Дослідження впливу військових конфліктів на стан ґрунтів

Наразі через обмежений доступ до інформації про ситуацію в тимчасово окупованих регіонах, складно дати остаточну оцінку загального збитку, завданого Україні військовою агресією.

Проте, маємо дані про прямі збитки, спричинені ракетними атаками, обстрілами та пожежами. Їх можна оцінити за допомогою супутникових знімків, аналізу даних з відкритих джерел та звітів влади.

За словами заступника начальника Державної екоінспекції столичного округу, Андрія Вагіна, «наразі в Україні встигають підраховувати збитки тільки від прямої шкоди військової агресії: ракетні атаки на підприємства та цивільні об'єкти, масштабні обстріли, пожежі. Ми поки попередньо оцінюємо шкоду, завдану екології. Що стосується тимчасово окупованих територій, то це можливо поки лише за допомогою супутникових знімків, але це буде розраховуватися тільки після доступу на ці території та відповідних досліджень. При належному фінансуванні ми зможемо повністю оцінити шкоду довкіллю за 10 років або навіть менше» [8].

Військові дії Росії в Україні призвели до руйнування потенційно шкідливих об'єктів, таких як нафтопереробні заводи, що відзначається серйозним екологічним впливом на ґрунти через розлив нафти та інші забруднення. В одній із перших атак Росії на Львів, яка відбулася 26 березня 2022 року, російські війська ударили ракетою по нафтопереробному заводу у місті (рис. 2.2). За даними Львівської обласної військової адміністрації, наслідком атаки стало повне зруйнування нафтобази та пошкодження ємностей з нафтопродуктами. Рятувальникам вдалося загасити пожежу, що виникла внаслідок удару. Згідно з Державною екоінспекцією, такі удари на підприємства є одними з найбільш небезпечних для довкілля в Україні. Розлита нафта проникає в ґрунт, до підземних вод, призводячи до загибелі всього живого у ґрунті.



Рисунок 2.2 – Руйнування нафтопереробного заводу у м. Львів

Співробітники екоінспекції передали журналістам фото, яке зафіксувало наслідки удару: померлі дощові хробаки, важливі для утворення гумусу та родючості ґрунту (рис. 2.3). Екологи підкреслюють, що такі збитки можуть призвести до серйозних проблем у відновленні природного середовища [8].



Рисунок 2.3 – Померлі дощові хробаки, які з’явилися на поверхні землі після розлиття нафти

Також зазначається серйозна шкода для лісів, зокрема Ізюмського лісу. Ізюмський ліс у Харківській області значно постраждав через бойові дії, і його відновлення може зайняти десятиліття (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Ізюмський ліс у Харківській області

Лісові пожежі призводять до вивільнення парникових газів, що підсилює кліматичні зміни. На Кінбурнському півострові, який окупували загарбники,

внаслідок бойових дій регулярно виникали масштабні пожежі, особливо на території заповідних об'єктів. Обгорілі ділянки видно навіть з супутника, що свідчить про серйозні порушення в екосистемі півострова.

Запорізька атомна електростанція (АЕС) у місті Енергодар також потрапила під удар у серпні минулого року, призводячи до пожежі у зеленій зоні, яка межує з територією АЕС.

Державна екологічна інспекція України на своєму офіційному сайті 13 червня 2022 року повідомила про збитки, завдані довкіллю внаслідок ракетного обстрілу острова Хортиця, які склали понад 2,4 млн гривень. Державні інспектори ДЕІ Південного округу проводили обстеження територій, що постраждали від агресії російських військ. По Хортиці вдарили, щонайменше, 10 російських ракет (рис. 2.5). Ракетні удари по Хортиці були зафіксовані у 2022, 2023 роках.



Рисунок 2.5 – Наслідки перших ракетних ударів по острову Хортиця

«Важко оцінити вплив ракетних ударів. Тому, що крім пошкоджень ґрунту і рослинності, ми не можемо стверджувати, що не відбулося забруднення компонентами ракетного палива. Ці речовини можуть проявляти свою шкоду не одразу, а лише з часом. Зараз відбувається дослідження, в тому числі – з

міжнародними партнерами, щодо наслідків забруднення території після «прильотів», – Михайло Муленко, в.о. завідувача сектором охорони природи Національного заповідника «Хортиця» [9].

Російські обстріли також призвели до численних пожеж на сільськогосподарських полях по всій Україні, що призвело до значних втрат у сільському господарстві.

Держекоінспекція зазначає, що під час бомбардувань утворюються воронки від снарядів, які забруднюють ґрунт і воду хімічними та металевими залишками. Дослідження хімічних речовин, які містяться у російських снарядах, виявляє потенційну загрозу для довкілля та здоров'я.

Російські війська використовують оборонні споруди, фортифікаційні споруди, так звані «зуби дракона» (рис. 2.6), які можуть залишитися на своїх місцях після припинення бойових дій. Ці оборонні споруди, а також заливання окопів бетоном, можуть призвести до екологічних проблем і ускладнити процес відновлення природного середовища [8].



Рисунок 2.6 – «Зуби дракона»

«Зуби дракона», хоч і здаються простою перешкодою, насправді завдають шкоди довкіллю та людям. Вони порушують природну структуру ґрунту,

роблячи його більш схильним до ерозії вітром і водою. Це може призвести до втрати родючого шару ґрунту, що негативно впливає на сільське господарство та екосистеми. Виготовлення та транспортування «зубів дракона» може призвести до забруднення ґрунту та води хімічними речовинами. Тварини можуть поранитися або загинути, натрапивши на гострі краї цих споруд. Вони можуть перешкоджати міграціям тварин, розділяючи їхні природні місця проживання. Це може призвести до зниження біорізноманіття та порушення екосистем. Такі спорудження можуть змінювати напрямок стоку води, що може призвести до затоплення або посухи в деяких районах. Після закінчення бойових дій видалення цих конструкцій може бути складним і дорогим завданням. Це може затримати відновлення природного середовища.

Внаслідок нападу Росії постраждали 20% природоохоронних територій України, що становить приблизно мільйон гектарів.

У зоні ризику опинилися 2,9 мільйонів гектарів Смарагдової мережі, яка включає території, необхідні для охорони на загальноєвропейському рівні. Ці місця відіграють важливу роль у захисті біорізноманіття та збереженні клімату, захищаючи різноманіття видів тварин та рослин [10]. Під загрозою знищення опинилися 16 Рамсарських об'єктів площею близько 600 тисяч гектарів, що мають статус водно-болотних угідь міжнародного значення. В окупації зараз залишається 8 заповідників та 10 національних природних парків, включаючи Чорноморський біосферний заповідник, біосферний заповідник «Асканія-Нова», Азово-Сиваський національний природний парк, парк «Олешківські Піски» та парк «Джарилгацький».

Приблизно 3 мільйони гектарів лісу в Україні потрапили під вплив війни, з яких понад 23 тисячі гектарів вже випалено, призводячи до великих ерозійних процесів, зокрема, вітрової ерозії та спустошування.

Руйнування лісів внаслідок війни, особливо в східних та південних областях України, може суттєво вплинути на клімат цих регіонів. Лісові пожежі також ускладнюють екологічну ситуацію: понад 30 тисяч квадратних кілометрів українських лісів опинилися під загрозою, що призводить до подвійного удару

по клімату через втрату їх здатності поглинати CO₂

Російські удари по нафтобазах та складах паливно-мастильних матеріалів призвели до згорання понад 680,6 тисяч тонн нафтопродуктів, забруднюючи повітря шкідливими речовинами. Всього викиди в атмосферне повітря вже перевищили 67 мільйонів тонн через лісові пожежі, горіння нафтопродуктів та займання промислових об'єктів.

Бойові дії також призводять до гибелі рослин та диких тварин. Заміновані території потребують розмінування площею близько 200 тисяч квадратних кілометрів, а розриви мін спричиняють забруднення ґрунтів важкими металами, роблячи їх непридатними для сільськогосподарського використання.

Міністр захисту довкілля та природних ресурсів України Руслан Стрілець відзначив, що війна в Україні має надзвичайно серйозні екологічні наслідки та впливає на спільне майбутнє [11]. Він наголосив на тому, що воєнний конфлікт не обмежується локальними межами, коли йдеться про довкілля, оскільки екосистеми не піддаються поділу штучними кордонами. Відразу з початку вторгнення фіксується шкода, завдана українському довкіллю. Вже зафіксовано 257 випадків екоциду. 2,5 мільйона гектарів природоохоронної мережі Європи зараз перебуває під загрозою знищення через російську агресію. Це стосується 160 об'єктів Смарагдової мережі та Рамсарських об'єктів водно-болотних угідь, що мають міжнародне значення. Також існує загроза для біорізноманіття, включаючи тисячі видів рослин та диких тварин, які гинуть або втікають через бойові дії.

Ракети та снаряди, запущені російською стороною, спричиняють значні викиди шкідливих речовин, що має серйозні наслідки для здоров'я та довкілля. «Розриви мін призводять до забруднення ґрунтів важкими металами – свинцем, стронцієм, титаном, кадмієм, нікелем. Це робить ґрунт небезпечним, а в деяких випадках – непридатним для подальшого сільськогосподарського використання», - зазначив Руслан Стрілець. Відновлення довкілля після війни вимагатиме десятиліть [11].

Окупанти нещадно та свідомо знищують українську природу, порушуючи

не лише права громадян, а й створюючи загрозу для всього людства. Російська екоцидна політика має серйозний вплив на довкілля та призводить до порушення основоположних прав людини на безпечне для життя і здоров'я середовище.

Збільшення викидів парникових газів також є серйозною проблемою: щодня в атмосферу потрапляє додаткові 150 мільйонів тонн таких газів, що поглиблює глобальну загрозу зміни клімату. Більше 10 тисяч ракет та дронів, запущених країною-агресором, поширюють хімічні речовини на значні відстані, забруднюючи довкілля.

Міністр Руслан Стрілець виступив перед депутатами екологічного комітету Європарламенту, де наголосив на серйозності екологічних проблем, що виникають внаслідок військових дій. За його словами, в Україні зафіксовано понад 2900 фактів шкоди довкіллю, які оцінюються у 56,7 млрд євро [12].

Під впливом російського вторгнення аграрний сектор зазнав значних труднощів. Спостерігається зменшення посівних площ, скорочення виробництва, падіння обсягів експорту та ускладнення логістики зі зростанням витрат.

Збереження довкілля в умовах війни є надзвичайно складним завданням. Проте, вживаючи рішучих заходів та залучаючи міжнародну підтримку, Україна може подолати цю проблему та зберегти своє довкілля для майбутніх поколінь.

2.2 Заходи щодо подолання наслідків воєнних дій в Україні

Війна в Україні має руйнівний вплив на довкілля, масштаби якого до кінця не оцінені. Екологічний вплив війни поширюється не лише на Україну, але й на весь світ.

Під час п'ятого засідання Робочої групи високого рівня з питань екологічних наслідків війни в Україні, яке відбулося 16 червня 2022 року, обговорювалися шляхи подолання цих наслідків та відновлення довкілля.

Робоча група представила конкретні рекомендації щодо подолання екологічних наслідків війни, які враховані в Природоохоронному договорі. Цей

документ визначає стратегічні пріоритети та стає дорожньою картою в боротьбі з негативним впливом війни на природу [13].

Андрій Костін, заступник голови Офісу Президента України, підкреслив на засіданні Робочої групи високого рівня з питань екологічних наслідків війни в Україні важливість комплексного підходу до кримінального переслідування за воєнні злочини проти довкілля. Він зазначив, що наразі в Україні розслідується 280 кримінальних проваджень щодо таких злочинів, з них 15 – за фактами екоциду [13].

Україна прагне визнати відповідальність Росії за злочини проти довкілля та народу. Здійснюється збір доказів екологічних злочинів, розрахунок збитків, та планується подання справ до міжнародних судових інстанцій з метою отримання компенсації.

Український уряд вживає кроків для захисту довкілля та відшкодування завданих збитків. Створено спеціальні робочі групи та ресурси для фіксації екологічних порушень та збору інформації. Громадські ініціативи, такі як застосунок «ЕкоСистема» та «ЕкоЗагроза», активно залучають громадян до спільної дії.

Є активні заклики до світової спільноти для визнання міжнародно-правової відповідальності Росії та вимоги компенсації за завдані збитки.

Найбільш чітке й вичерпне формулювання принципу «повного відшкодування» збитків, завданих навколишньому середовищу внаслідок військових дій, міститься в Рекомендаціях Робочої групи Програми ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) з питань відповідальності та компенсації за екологічну шкоду, заподіяну в результаті військової діяльності [14].

Виділимо деякі ключові моменти з цих рекомендацій.

Стаття 1 визначає «екологічну шкоду» як «будь-яку шкоду, заподіяну навколишньому середовищу, включаючи шкоду біологічному різноманіттю, екосистемам, природним ресурсам та якості повітря, води та ґрунту».

Стаття 3 затверджує принцип «повного відшкодування», згідно з яким винна сторона несе відповідальність за «повне відшкодування всієї шкоди,

заподіяної навколишньому середовищу».

Стаття 4 визначає методи оцінки шкоди, включаючи прямі та непрямі збитки, втрату екосистемних послуг та вартість відновлення.

Стаття 5 визначає механізми забезпечення відшкодування, включаючи переговори, медіацію, арбітраж та судові процеси.

Стаття 6 наголошує на важливості заходів для запобігання екологічній шкоді, заподіяній військовими діями.

Уряд України також активно взаємодіє з міжнародними партнерами та організаціями для підтримки вирішення екологічних проблем. Важливий акцент робиться на публічних виступах представників уряду та громадськості, що наголошують на важливості правового фронту та міжнародної підтримки в боротьбі за охорону довкілля.

Еколого-економічні наслідки війни є жахливими. Ці наслідки матимуть довгостроковий вплив на життя людей та розвиток країни. Для відновлення довкілля та економіки України після війни знадобиться багато років та значні ресурси.

Дослідження економічних та екологічних наслідків війни для території України вимагає розробки відповідної методології, що становить одне з ключових завдань сучасності. Визначення прямих економічних збитків від військового вторгнення розпочалося майже негайно. Проте, оцінка екологічних наслідків виявилася складнішою, враховуючи різноманітні методологічні труднощі та інші чинники. Організований Оперативний штаб у Державній екологічній інспекції України відіграє ключову роль у реєстрації порушень у сфері охорони навколишнього середовища. Крім того, Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України активно застосовує різноманітні методи для фіксації екозлочинів та шкоди, нанесеної окупантами українському довкіллю.

Документування та оцінка наслідків війни для навколишнього середовища вимагають врахування різноманітних викликів, зокрема аналізу великих територій, міжгалузевої співпраці та визначення екологічних збитків. Це вимагає

уваги до різних аспектів, включаючи розгляд великих територій, співпрацю між різними науковими галузями та аналіз екологічних пошкоджень. Для нормативного регулювання такого процесу уряд України затвердив Постанову «Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації» від 20.03.2022 р. № 326. Цей документ визначає 18 напрямів пошкоджень та збитків, що стали результатом воєнних дій [15].

Негайне відновлення протягом 2 - 5 років після завершення бойових дій має зосередитися на відновленні основних комунальних послуг та швидкій відбудові критично важливої інфраструктури, що допоможе людям повернутися до нормального життя та відновити економічну активність.

Довгострокова фаза відновлення є важливою. Вона має включати «зелену інфраструктуру», відновлення ґрунтів, екосистем, компенсацію збитків, завданих навколишньому середовищу, та вирішення питань зміни клімату.

За даними Офісу сталих рішень, «у США існує багато прикладів дорогого знешкодження токсичних і небезпечних відходів, які можна легко застосувати в Україні, скоригувавши їхню вартість за паритетом купівельної спроможності (ПКС), де вартість продукції та робочої сили в Україні була б нижчою, ніж у США. У США існує близько 11000 об'єктів «Суперфонду», тобто місць захоронення промислових небезпечних відходів, які впливають на здоров'я людей, що регулюються законом CERCLA від 1980 року. На сьогоднішній день на реабілітацію цих об'єктів було витрачено \$21 мільярд при середній вартості \$41 мільйон на один об'єкт. Вартість поводження з небезпечними відходами коливається від \$50 до \$130 за тонну. В Україні забруднено тисячі гектарів землі, що вимагає рекультивациі мільйонів тонн ґрунту. До моменту завершення російсько-української війни в Україні може з'явитися еквівалент 10 000 об'єктів «Суперфонду» [16].

Згідно з даними Офісу сталих рішень, в Україні існує значний потенціал для застосування економічно вигідних методів знешкодження токсичних та небезпечних відходів, запозичених з практики США. Застосування методів

знешкодження відходів, які успішно використовуються в США, з урахуванням корекції цін за паритетом купівельної спроможності, може стати економічно вигідним та екологічно ефективним рішенням для України, допоможе усунути наслідки війни та очистити забруднені території.

Ефективність застосування методів з США в Україні потребує ретельного вивчення та адаптації до місцевих умов. Необхідно також враховувати екологічні та соціальні аспекти рекультивації забруднених територій. Фінансування та координація зусиль з очищення потребуватимуть співпраці з боку уряду, міжнародних організацій та приватного сектору.

З огляду на значні масштаби забруднення та потенційні ризики для здоров'я людей, вжиття заходів щодо знешкодження токсичних та небезпечних відходів в Україні є вкрай важливим завданням.

2.3 Висновок до розділу 2

Однією з найважливіших проблем, яка турбує людство по всьому світу, є збереження ґрунтів. Вона прямо пов'язана з підтримкою та відновленням біорізноманіття і забезпеченням продовольства для всіх жителів Землі.

Наслідки військових конфліктів можуть бути тривалими та важкими для відновлення природного середовища, вони мають серйозний вплив на земельний фонд та екологічну стійкість планети, потребуючи негайної уваги та розумних рішень для збереження природних ресурсів та планетарного здоров'я. Забруднення, ерозія, фрагментація та інші наслідки військових дій суттєво порушують екологічний баланс та забезпечення продуктивності ґрунтів, що може мати серйозний вплив на сільське господарство, екологічну стійкість регіону та здоров'я мешканців. Для запобігання та мінімізації подібних наслідків необхідні комплексні заходи з оцінки, контролю та відновлення ґрунтів, а також міжнародна співпраця та координація у зусиллях з миротворчості та відновлення.

Потрібно вже зараз докласти зусиль для пом'якшення негативного впливу

конфліктів на довкілля та сприяти відновленню пошкоджених екосистем.

Важливо вживати заходів для оцінки та ліквідації екологічних втрат, спричинених війною, які включають:

- моніторинг стану ґрунту, води, лісів та інших екосистем для оцінки масштабів екологічних втрат;
- очищення ґрунту та води від забруднювачів;
- відновлення деградованих земель, лісів та інших екосистем;
- розробка та впровадження заходів щодо запобігання екологічним втратам у майбутньому.

Охорона та розумне використання ґрунту мають за мету його збереження, покращення якості та наукове використання. Комплекс заходів, спрямованих на підвищення його відтворювальної здатності та збереження біосфери, має вирішальне значення.

РОЗДІЛ 3 МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА: НОВІ ПІДХОДИ ТА МОЖЛИВОСТІ

3.1 Використання ДЗЗ у моніторингу навколишнього середовища

Застосування дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) у моніторингу навколишнього середовища - важливий інструмент, який дозволяє отримувати інформацію про зміни в екосистемах Землі без прямого контакту з об'єктом вивчення. Завдяки цій технології можна отримувати дані про стан земної поверхні, атмосфери та океанів без прямого контакту з ними.

Основним принципом ДЗЗ є використання природного або штучного випромінювання, яке відбивається або випромінюється об'єктом, який досліджується, і реєструється спеціалізованими сенсорами на супутниках або літальних апаратах.

ДЗЗ дозволяє отримувати інформацію про різноманітні аспекти навколишнього середовища, такі як рельєф місцевості, типи ґрунтів, вегетаційний покрив, стан водних ресурсів, забруднення повітря та багато іншого. Ця технологія забезпечує можливість відстежувати зміни в екосистемах на великих територіях та в різний час, що дозволяє ефективно виявляти екологічні проблеми та вживати відповідні заходи для їх вирішення.

Дистанційне зондування широко використовується в різних сферах, таких як екологічний моніторинг, агрономія, лісове господарство, геологія, метеорологія та інші. Воно дозволяє здійснювати не лише наукові дослідження, а й вирішувати практичні завдання, пов'язані з охороною довкілля та сталим розвитком.

Переваги використання ДЗЗ у моніторингу навколишнього середовища:

1) застосовується для моніторингу різноманітних аспектів навколишнього середовища, таких як:

- зміна клімату,
- знеліснення,

- забруднення,
- стихійні лиха,
- використання земель,
- зміна якості води;

2) дозволяє отримувати дані про великі території з високою роздільною здатністю, що дає можливість вивчати глобальні та регіональні тенденції;

3) завдяки повторним знімкам ДЗЗ можна відстежувати зміни в навколишньому середовищі протягом часу;

4) забезпечує об'єктивні та неупереджені дані, які не залежать від людського фактору;

5) дані ДЗЗ стають все більш доступними, що робить цю технологію цінним інструментом для досліджень та моніторингу.

Використання ДЗЗ у моніторингу навколишнього середовища:

1) відстеження втрати лісів у всьому світі, що є важливим фактором зміни клімату;

2) виявлення та відстеження забруднення повітря, води та ґрунту;

3) моніторинг стихійних лих, таких як пожежі, повені та землетруси, а також оцінка їхніх наслідків;

4) моніторинг стану водних ресурсів, таких як річки, озера та водосховища;

5) моніторинг стану посівів, виявлення шкідників та хвороб, результати якого можуть використовуватися для оптимізації сільськогосподарських практик.

Дистанційне зондування Землі може допомогти оцінити вплив військових дій на сільськогосподарські землі з різних точок зору. Розглянемо деякі приклади.

1. Оцінка пошкоджень сільськогосподарських угідь. ДЗЗ використовується для ідентифікації та картографування пошкоджених ділянок сільськогосподарських угідь, таких як кратери від вибухів, вигорілі ділянки та

забруднені території. Така інформація корисна для оцінки масштабів збитків, планування відновлення та надання гуманітарної допомоги.

2. Моніторинг зміни землекористування. ДЗЗ відслідковує зміни у землекористуванні, спричинених військовими діями, таких як перетворення орних земель на зони бойових дій. Підходи моніторингу зміни землекористування допомагають зрозуміти довгостроковий вплив війни на сільське господарство та продовольчу безпеку.

3. Виявлення забруднення. ДЗЗ застосовується для виявлення та картографування забруднення ґрунту, води та повітря, спричиненого військовими діями, наприклад, витоками палива, хімічними викидами та розривами боєприпасів. Отримана інформація дозволяє оцінити ризики для здоров'я людей та навколишнього середовища, а також для планування заходів з очищення.

4. Оцінка впливу на екосистеми. ДЗЗ використовується для оцінки впливу військових дій на екосистеми, такі як ліси, водно-болотні угіддя та природні заповідники, сприяючі збереженню біологічного різноманіття та захисту довкілля.

Техніка дистанційного зондування відкриває широкі можливості для отримання високоякісної інформації про використання земельних ресурсів у сільському господарстві. Дослідники провели аналіз даних, отриманих від космічних апаратів, і зробили такі висновки [17]:

- при класифікації земель успішно використовуються космічні методи дослідження природних ресурсів;
- близько 90% необхідних даних для повного аналізу використання сільськогосподарських земель можливо отримати за допомогою дистанційного зондування;
- приблизно 2 - 5% інформації про характер землеволодіння та призначення сільськогосподарських культур неможливо отримати методами дистанційного зондування.

Наразі проводяться роботи зі створення системи дослідження природних

ресурсів Землі з космосу, до якої включені:

- супутники для вдосконалення методів спостереження природних ресурсів з космосу;
- система телеметричних станцій для приймання інформації із супутників;
- група літаків, дронів, які проводять лазерне сканування та аерофотознімання, одночасно з виконанням знімків із супутника;
- наземні станції, включаючи автоматичні, які збирають дані про навколишнє середовище;
- центри обробки, зберігання та розподілу інформації, отриманої з різних джерел.

Дистанційне зондування Землі допомагає отримати інформацію про об'єкти на Землі без прямого контакту з ними. Це робиться за допомогою датчиків, встановлених на супутниках, літаках, дронах або інших платформах. Датчики збирають дані у вигляді електромагнітного випромінювання, яке потім обробляється та аналізується для отримання інформації про властивості об'єкта. ДЗЗ надає широкий спектр даних про земну поверхню.

ДЗЗ генерує фотографії та відео Землі з різною роздільною здатністю. Отримані зображення можуть використовуватися для візуального аналізу та класифікації земельних покривів, а також для відстеження змін у часі.

Космічні апарати виконують точні знімки для топографічного картографування та радіолокаційного вимірювання рельєфу та вологості ґрунту. Вони знімають земну поверхню вздовж заданого маршруту і передають дані на земні станції. На станціях проводиться обробка отриманої інформації, включаючи геометричну корекцію для усунення спотворень та радіометричну корекцію для компенсації атмосферних впливів та інших перешкод. Потім знімки розбиваються на ділянки заданого розміру і прив'язуються до системи координат. Вони мають високу якість зображення, що дозволяє ретельно вивчати різні деталі на земній поверхні. Крім того, такі зображення можна

використовувати для визначення площі земельних ділянок, виявлення забруднень тощо. Все це робить метод космічного фотографування дуже корисним і ефективним.

Нефотографічні методи дистанційного зондування використовують датчики для збору даних про земну поверхню. Проаналізуємо деякі поширені типи нефотографічних методів дистанційного зондування.

1. Спектральні дані. ДЗЗ вимірює спектр електромагнітного випромінювання, що відбивається від об'єкта. Отримані дані можуть використовуватися для визначення типу покриття землі, стану рослинності, вологості ґрунту та інших властивостей.

2. Радарне зондування. Такий метод використовує радіохвилі для картографування земної поверхні (рис. 3.1). Радар може проникати крізь хмари та інші погодні явища, що робить його корисним для зйомки в будь-яку погоду.



Рисунок 3.1 – Радарне зондування. Телескоп «Аресібо»

3. Лідарні дані. Лідари використовують лазерні імпульси для вимірювання відстані до об'єкта. Такі дані можуть використовуватися для створення 3D-моделей земної поверхні, а також для вимірювання висоти рослинності та рельєфу (рис. 3.2).

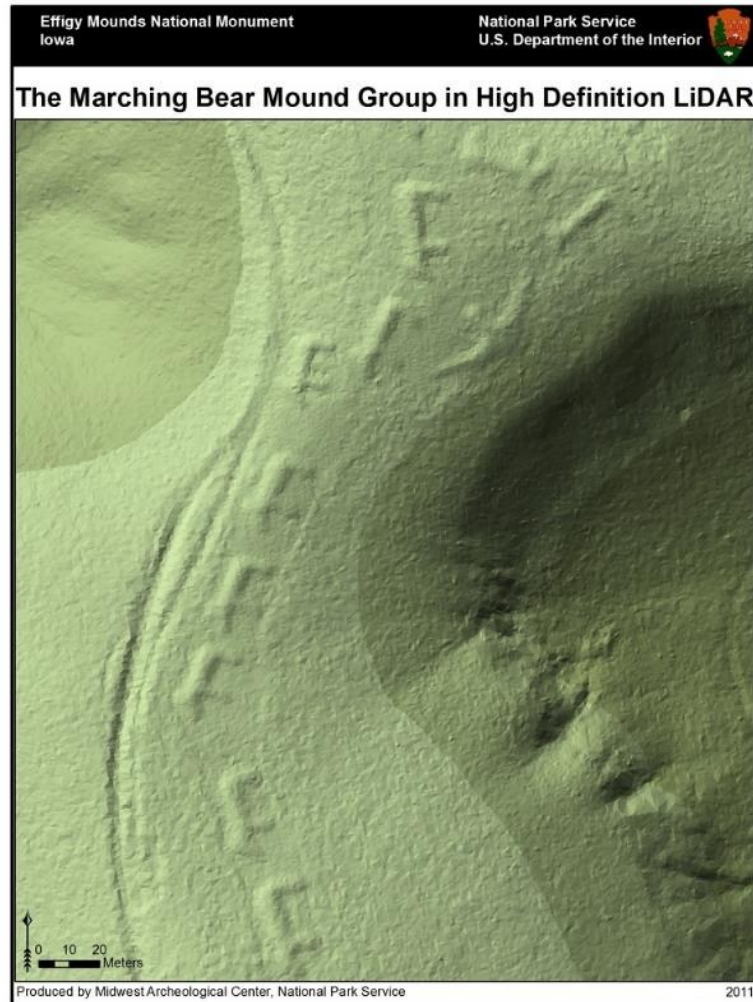


Рисунок 3.2 – Зображення курганів у формі ведмедів, що крокують, отримане за допомогою лідару, Еффіджі-Маундз

ДЗЗ відіграє важливу роль у наданні інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих рішень щодо пом'якшення наслідків військових дій для навколишнього середовища та сприяння сталому відновленню.

Дистанційне зондування Землі є прогресивною галуззю, що постійно вдосконалюється і пропонує нові можливості для моніторингу навколишнього середовища. Зростання доступності та доступності даних ДЗЗ, а також розвиток

нових методів аналізу даних роблять цю технологію ще більш цінним інструментом для розуміння та захисту нашого довкілля.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та геоінформаційні системи (ГІС) - це два потужних інструменти, які використовуються для дослідження земної поверхні. ДЗЗ використовується для отримання даних про Землю за допомогою супутників та інших дистанційних засобів. ГІС, з іншого боку, є системами обробки та аналізу геопросторових даних. Вони дозволяють інтегрувати, аналізувати та візуалізувати різноманітні географічні дані на карті, збирати, зберігати, аналізувати, візуалізувати та управляти геопросторовими даними. ГІС поєднує в собі картографічні можливості з базами даних та інструментами аналізу, що робить її потужним інструментом для роботи з геопросторовими даними. ГІС може використовуватися для створення цифрових карт, вирішення проблем землекористування, планування інфраструктурних проєктів, аналізу та прогнозування природних катастроф та багато іншого.

Разом ці два інструменти дозволяють вченим та дослідникам отримувати глибокі та детальні знання про земну поверхню, що сприяє збереженню довкілля, розвитку сільського господарства, міського планування та багатьом іншим аспектам нашого життя.

Геоінформаційні системи та геоінформаційні технології (ГІТ) останніми роками активно впроваджують у різні галузі господарства, у системи державного і корпоративного управління, в науку і освіту, адже близько 80% інформації сучасного суспільства має географічну складову (координатне прив'язування до конкретної території або до її моделі – карти). Обсяг такої інформації з кожним роком збільшується, а вимоги до її опрацювання для обґрунтування ухвалення управлінських рішень стають все більш високими. Сьогодні ефективний і оперативний аналіз такої інформації вже неможливий без використання сучасних досягнень геоінформаційних технологій. Широке використання геоінформаційних технологій для прийняття рішень у сфері управління та охорони природних ресурсів передбачене Законом України «Про національну програму інформатизації» і Постановою Кабінету Міністрів України «Про

заходи по створенню електронної інформаційної системи «Електронний уряд».

На сучасному етапі розвитку суспільства важливо ефективно використовувати інформаційні технології для збору, обробки та аналізу даних про земельні ресурси. Це дозволяє нам отримувати актуальну інформацію з високою періодичністю, що є ключовим для прийняття обґрунтованих рішень у галузі планування та використання земель. Застосування методів дистанційного зондування та ГІС є ефективним підходом до цього завдання, оскільки вони дозволяють зібрати, обробити та проаналізувати великі обсяги даних у короткі терміни.

3.2 Застосування геоінформаційних системи та геоінформаційних технологій в сільському господарстві

З розвитком технологій та доступністю даних ГІС, їхня роль у сільському господарстві буде зростати.

Геоінформаційні системи та геоінформаційні технології відіграють важливу роль в сільському господарстві, сприяючи підвищенню ефективності виробництва, оптимізації використання земельних ресурсів та забезпеченню стійкого управління агроекосистемами.

ГІС дозволяє аналізувати на картах різні аспекти землекористування, такі як типи ґрунтів, рельєф, водні ресурси та інші фактори, що впливають на вибір культур та методів вирощування. Ця можливість є важливою при плануванні оптимального розміщення сільськогосподарських угідь, визначенні потенційних зон для розвитку та оптимізації використання землі.

ГІС використовуються для візуалізації та аналізу даних про врожайність полів та рівень вологості ґрунту, допомагаючи виробникам сільгосппродукції приймати рішення щодо оптимального використання ресурсів, таких як вода та добрива, для максимізації врожаю та зменшення втрат.

Також ГІС використовуються для прогнозування різних видів ризику для сільськогосподарського виробництва, таких як посухи, затоплення та ерозія

ґрунту, що допомагає приймати запобіжні заходи та планувати дії в умовах небезпеки.

Військові дії мають руйнівний вплив на сільське господарство. Бомбардування, обстріли та інші бойові дії пошкоджують або знищують поля, сади, урожаї, худобу, сільськогосподарську техніку та інфраструктуру. Війна може призвести до дефіциту ресурсів, порушення ланцюгів постачання та підвищення цін, що негативно впливає на сільськогосподарську діяльність. Використання вибухівки, боєприпасів та іншої військової техніки призводить до забруднення ґрунту, води та повітря, роблячи сільськогосподарські угіддя непридатними для використання.

ГІТ та ГІС можуть допомогти сільгоспвиробникам та іншим зацікавленим сторонам у вирішенні цих проблем та сприяти стійкому розвитку сільського господарства під час та після воєнних дій. Використання супутникових знімків та інших геопросторових даних для оцінки масштабів пошкоджень сільськогосподарських угідь, інфраструктури та інших ресурсів буде корисним для планування відновлення, розподілу ресурсів. Виявлення та картографування забруднення ґрунту, води та повітря, спричиненого військовими діями може бути використано для оцінки ризиків для навколишнього середовища, а також для планування заходів з очищення. Використання ГІС для планування відновлення сільськогосподарської діяльності після воєнних дій включає визначення пріоритетних районів для відновлення, планування інфраструктурних проєктів, надання допомоги фермерам та залучення інвестицій. ГІС може служити інструментом для надання інформації та аналітичних інструментів для урядів, міжнародних організацій, неурядових організацій та фермерів для прийняття обґрунтованих рішень щодо відновлення та розвитку сільського господарства.

ГІС організована у вигляді шарової структури, де кожен шар представляє собою сукупність однотипних просторових об'єктів, пов'язаних з певною темою або класом на певній території. Ця структура забезпечує ефективне управління та аналіз геоданих. Об'єкти в межах одного шару мають спільні характеристики

(тип, атрибути). Кожен шар присвячений певній темі, наприклад, рельєф, ґрунти, рослинність. Об'єкти мають координати, що дозволяє їх розташувати на карті. Кожен об'єкт може мати додаткові характеристики, описані в таблиці атрибутів.

Базовий шар містить фундаментальні дані про територію, такі як рельєф, гідрографія. Тематичні шари доповнюють базовий шар, надаючи інформацію про певні аспекти, наприклад, ґрунти, землеустрій, точки відбору ґрунтових проб. Переваги шарової структури:

- можливість додавати, видаляти та змінювати шари без впливу на інші;
- комбінування та аналіз даних з різних шарів для виявлення закономірностей та прийняття рішень;
- створення тематичних карт та інших візуальних продуктів.

Приклади використання шарової структури:

- накладання ландшафтних карт на топографічні для комплексної оцінки території;
- аналіз ґрунтових карт у поєднанні з картами землекористування для оптимізації сільськогосподарських практик;
- моделювання поширення забруднень на основі гідрологічних та ґрунтових даних.

Серед основних функціональних можливостей ГІС можна виокремити:

- введення цифрових даних у комп'ютер;
- трансформація даних, включаючи перетворення картографічних проєкцій та конвертацію форматів;
- зберігання та управління даними;
- виконання картометричних операцій;
- розробка ГІС-додатків.

Для створення ґрунтових інформаційних систем або ґрунтових ГІС можуть використовуватися як растрові, так і векторні дані. Зазвичай векторні дані описують об'єкти з дискретними властивостями, такі як точки закладення ґрунтових розрізів, різноманітні лінійні об'єкти, ґрунтові контури, одиниці

землекористування тощо. Растрові дані, у свою чергу, використовуються для обробки об'єктів, які мають просторове заповнення і зазвичай є безперервними в просторі.

ГІС-моделювання включає кілька етапів.

1. Збір даних. Отримання інформації про різні аспекти бойових дій, такі як обстріли, місця вибухів, пожежі, а також дані про географічні особливості та характеристики ґрунтів, рельєфу місцевості, клімату та гідрології.

2. Створення карт. На основі зібраних даних створюються карти, які ілюструють місцезнаходження різних об'єктів та їх характеристики.

3. Застосування математичних моделей для прогнозування поширення забруднень у ґрунті з урахуванням різних факторів, таких як тип ґрунту, рельєф місцевості, погодні умови.

4. Створення карт ризиків. На основі результатів моделювання формуються карти, які вказують на території з найбільшим ризиком забруднення ґрунту та ймовірність такого забруднення.

ГІТ та ГІС постійно розвиваються, і з'являються нові технології, які змінюють спосіб роботи з геопросторовими даними. З розвитком технологій та доступністю даних ГІС буде відігравати ще більшу роль у сільському господарстві.

3.3 Геоінформаційний аналіз даних сільгоспугідь Запорізької області, що постраждали від бойових дій

Ситуація в сільськогосподарському секторі Запорізької області зараз складна через війну, що триває. Багато земель не обробляються через бойові дії, мінування, окупацію або забруднення. Інфраструктура пошкоджена, ланцюжки постачання порушені.

Сільськогосподарський сектор Запорізької області переживає надзвичайно важкі часи через воєнні події. Внаслідок бойових дій ґрунт став забрудненим хімічними речовинами, що призводить до неможливості вирощування

сільгосппродукції на деяких територіях. Великі площі земель забруднені мінами та вибухівкою, що робить їх небезпечними для обробки. Крім того, часткова окупація території російськими військами створює проблеми з доступом до земельних ресурсів та можливістю вести сільське господарство. Пошкоджені або зруйновані сховища, елеватори та сільгосптехніка ускладнюють ситуацію, оскільки інфраструктура стає непридатною для подальшого використання.

Робота з визначення оцінки збитків для довкілля від бойових дій проводилася на наступним алгоритмом, рис. 3.1



Рисунок 3.1 – Алгоритм оцінки збитків для довкілля від бойових дій на основі дистанційних методів

У дипломній роботі для аналізу і візуалізації наслідків війни в Запорізькій області використовувалось програмне забезпечення SAS.Planet, яке надає можливість отримувати, опрацьовувати супутникові знімки та картографічні дані високої роздільної здатності для подальшого використання у дослідженнях. Програма працює з популярними картографічними сервісами, такими як Google Earth, Google Maps, Bing Maps, DigitalGlobe, Yahoo! Maps та іншими.

На відміну від цих служб, завантажені за допомогою SAS.Planet карти

зберігаються на комп'ютері і їх можна переглядати навіть без підключення до Інтернету. У SAS.Planet можна вимірювати відстані, додавати користувальницькі карти та використовувати GPS-приймач для навігації. Програма доступна для різних операційних систем, включаючи Windows, Linux тощо. Вона надає можливість зберегти потрібну ділянку карти, щоб використовувати її в подальших дослідженнях або програмах, відповідно до своїх потреб.

У SAS.Planet доступна опція «Формування карти заповнення шару», яка дозволяє переглядати або завантажувати в кеш певні області на карті. Також є можливість пошуку місць за допомогою інтернет-сервісів, що дозволяє знаходити конкретні об'єкти або місця на карті. Ці функції SAS.Planet були використані під час моєї роботи.

За допомогою програми SAS.Planet було проведено геоінформаційний аналіз даних сільськогосподарських угідь Запорізької області, що постраждали від бойових дій.

Виконаний аналіз дозволив отримати знімки пошкоджених ділянок для подальшого вивчення впливу військового конфлікту.

На знімках досліджуваної прифронтової території Запорізької області, отриманих у SAS.Planet, помітні наслідки військових дій.

Бойові дії призвели до знищення рослинності та посівів, що відображається у зміні кольору ґрунту (рис. 3.3).

На знімках видно пошкоджені дороги, будівлі та інші об'єкти інфраструктури (рис. 3.3).

Пожежі, спричинені бойовими діями, залишають на ґрунті характерні сліди (рис. 3.3).

Забруднення ґрунту хімічними речовинами, паливом та мастильними матеріалами видно на зображеннях у вигляді плям різного кольору (рис. 3.3).

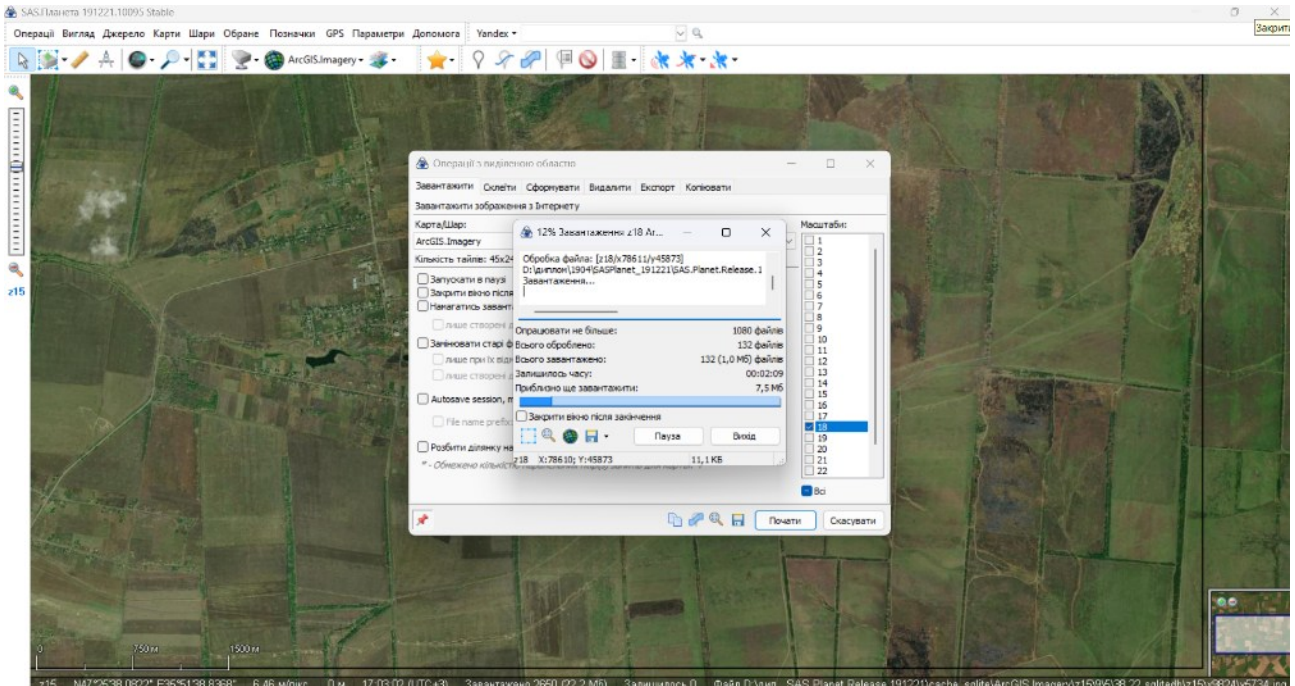


Рисунок 3.3 – Отримання та аналіз даних у SAS.Planet

Численні вирви від снарядів та іншого військового озброєння чітко спостерігаються на знімках з високою роздільною здатністю (рис. 3.4).

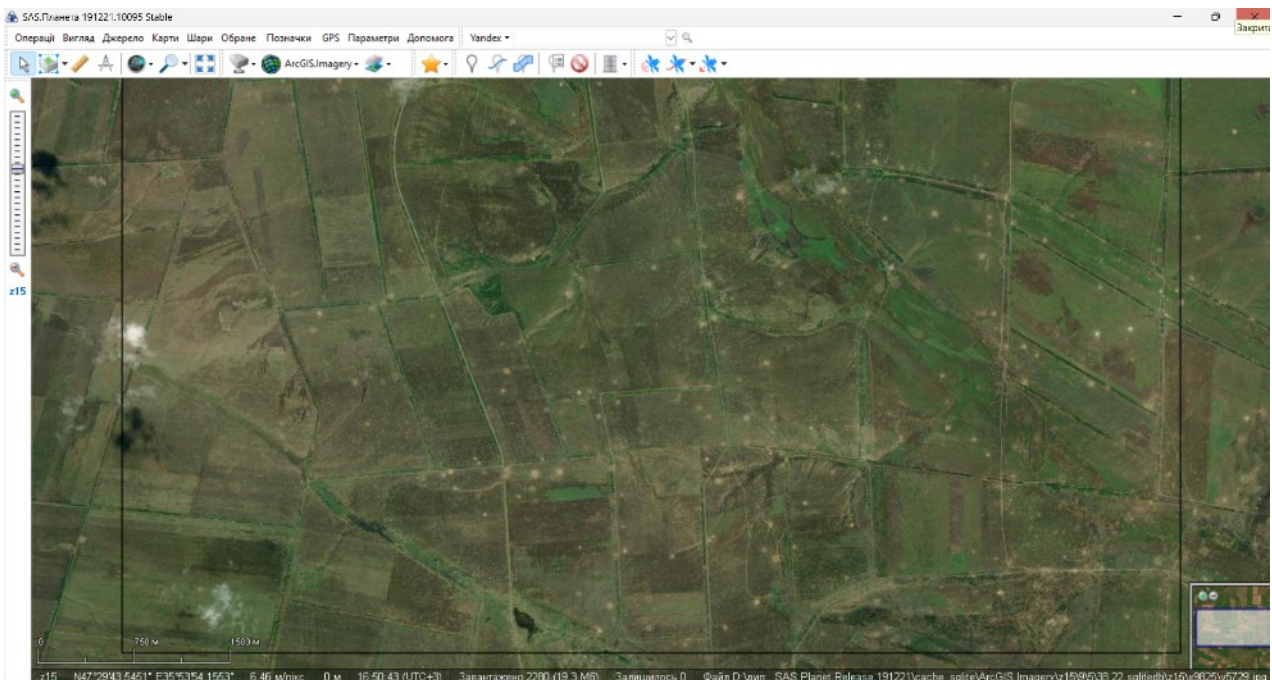


Рисунок 3.4 – Знімок території з вирвами від розривів снарядів, оброблене у програмі SAS.Planet (Запорізька область)

Порушений ґрунт внаслідок будівництва траншеї також помітно на знімках (рис. 3.5).

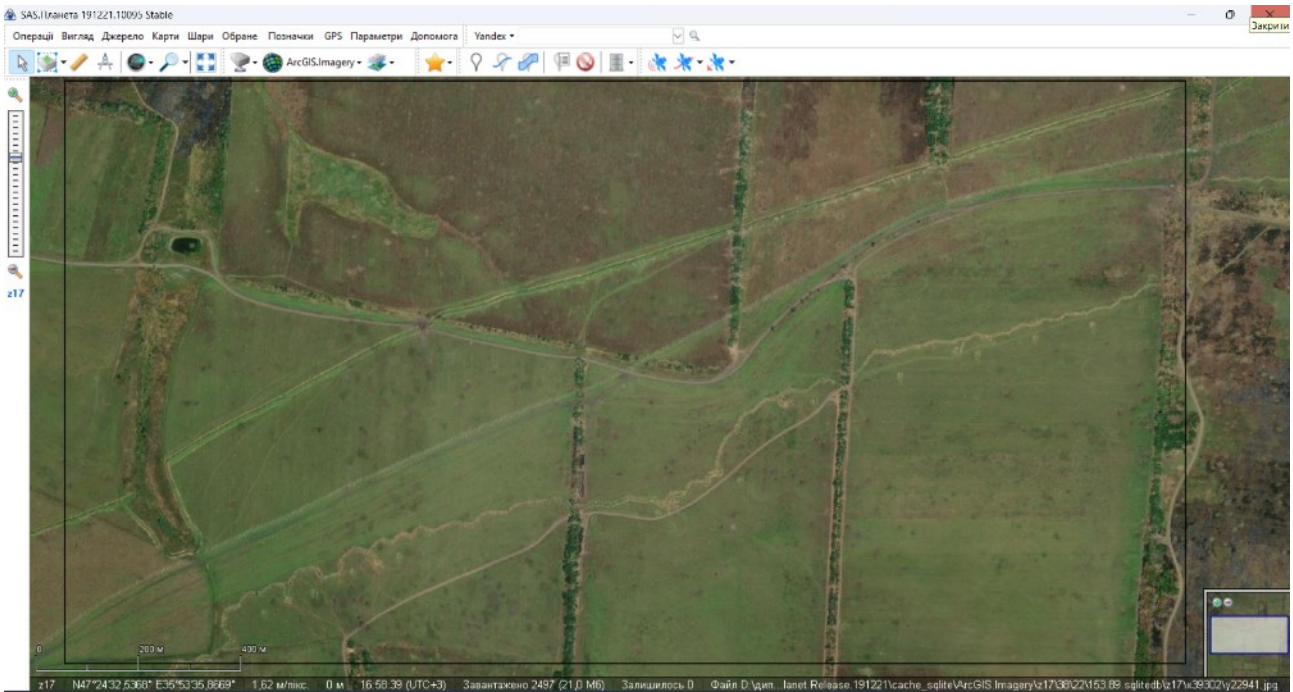


Рисунок 3.5 – Фортифікаційні споруди (Запорізька область). SAS.Planet

Укріплення «зуби дракона» теж можна побачити на отриманих знімках (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Знімок території Запорізької області, де розташовані зуби дракона, зафіксований за допомогою програми SAS.Planet

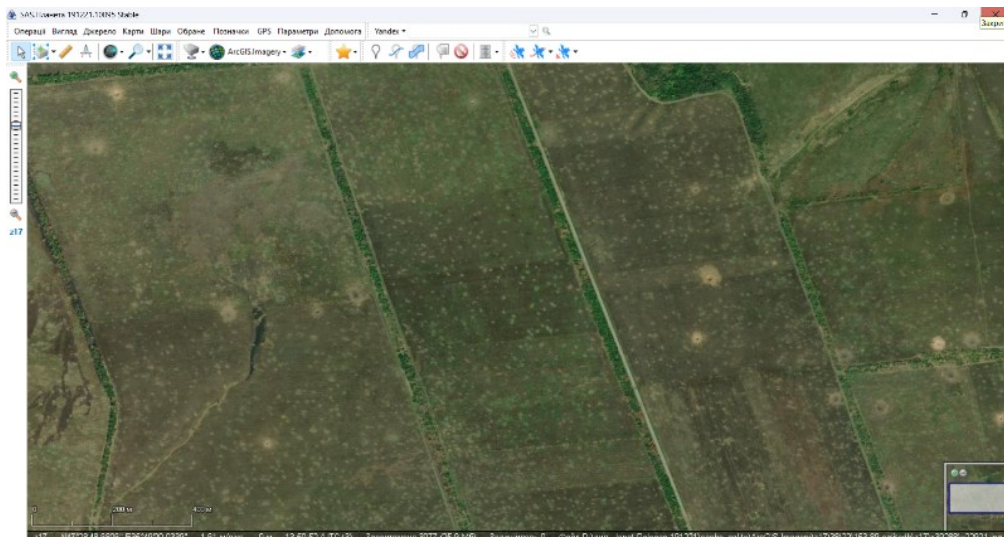
Для дослідження була обрана земельна ділянки площею 60 гектарів,

розташована у Запорізькій області на території Оріхівської територіальної громади біля села Новоданилівка (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Оріхівська ТГ Запорізької області

Під час збирання, візуалізації, аналізу та управління геопросторовими даними за допомогою програмного забезпечення SAS.Planet було завантажено знімки досліджуваної місцевості станом на квітень 2024 року (рис. 3.8).



**Рисунок 3.8 – SAS.Planet. Досліджувана земельна ділянка
Оріхівської ТГ, с. Новоданилівка Запорізької області**

На знімках видно поля, понівечені вирвами від артилерійських снарядів, авіаційних бомб та інших видів боєприпасів. Знівечені вибухами, колись родючі поля тепер непридатні для землеробства.

Для аналізу змін на вибраній ділянці за допомогою програми SAS.Planet були отримані два знімки: один за 2021 рік, а інший – за квітень 2024 року. Зображення поля можна порівняти на рисунках 3.9 та 3.10 відповідно.



Рисунок 3.9 - Знімок досліджуваної земельної ділянки. 2021 рік



**Рисунок 3.10 - Знімок досліджуваної земельної ділянки,
квітень 2024 року**

Проаналізувавши супутникові знімки земельної ділянки, розташованої у Запорізькій області на території Оріхівської територіальної громади біля села Новоданилівка до і після воєнних дій, стає очевидним, що майбутнє використання цієї земельної ділянки після війни буде затрудненим і пов'язане з потенційними небезпеками. Отримані зображення демонструють значний

масштаб руйнування внаслідок активних воєнних операцій.

Для додаткового аналізу та використання візуалізації геопросторових даних також було використано програмне забезпечення QGIS (Quantum Geographic Information System) - багатоплатформну геоінформаційну систему з широким спектром можливостей для роботи з геопросторовими даними. QGIS є ефективним та універсальним інструментом, який може використовуватися для багатьох завдань: вивчення ґрунту, води, рослинності, управління лісами, водосховищами та іншими природними ресурсами, дослідження географічних проблем.

QGIS - програмне забезпечення, яке дозволяє візуалізувати та аналізувати різні типи геопросторових даних. Програма надає можливість створювати картографічні проєкції, накладати шари даних і виконувати різноманітні операції аналізу, такі як обчислення площі та довжини об'єктів. Крім того, QGIS дозволяє зберігати скріншоти карт як зображення з геоприв'язкою.

За допомогою QGIS можна створювати картографічні композиції з різними шарами, використовуючи як растрові, так і векторні дані. Програмне забезпечення також виконує геоприв'язку зображень та формує карти, атласи з шарами сітки. Знімки діляться на сегменти однакового розміру та географічно прив'язуються до системи координат. Їхнє зображення відрізняється високою чіткістю, що дозволяє докладно досліджувати різноманітні аспекти земної поверхні.

QGIS надає можливість створювати карти для публікації в мережі Інтернет.

Серед важливих функцій у програмі QGIS для роботи з даними ДЗЗ, можна відзначити модуль напівавтоматичної класифікації (рис. 3.11). Він дозволяє створювати набір еталонних об'єктів, відомих як сигнатури, і застосовувати автоматичні методи класифікації для виділення об'єктів на зображенні за цими сигнатурами. Такий підхід дозволяє виділити потрібні об'єкти на знімку шляхом класифікації пікселів за їх характеристиками.

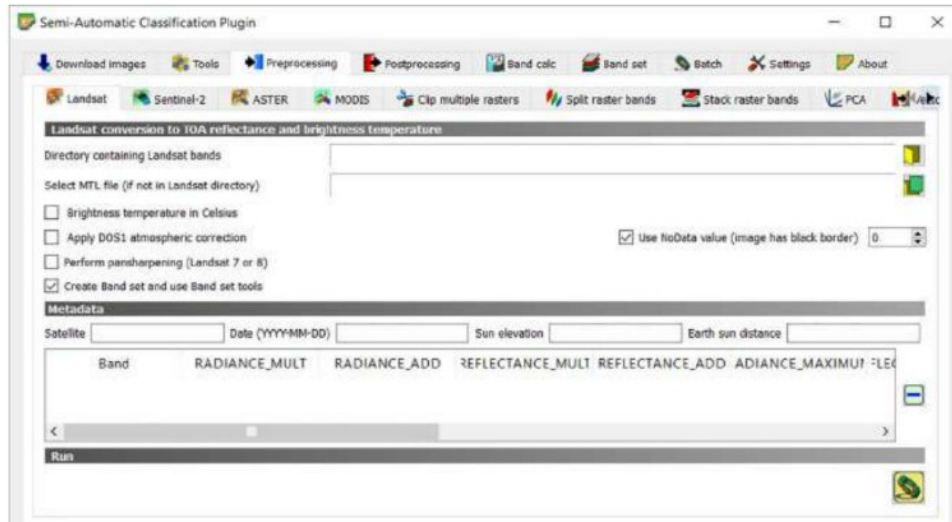


Рисунок 3.11 – QGIS. Вікно модуля для напівавтоматичної класифікації супутникових знімків

За допомогою програмного забезпечення QGIS була створена карта Запорізької області з відображенням адміністративного поділу області, додані нові атрибути та внесені корективи до існуючих об'єктів. Дані досліджуваної місцевості були експортовані з SAS.Planet, а потім оброблені в QGIS для створення растрового шару (рис. 3.12). Використовувався інструмент «Завантажити растрові дані», який дозволив додати зображення до карти. Після цього застосовувались відповідні інструменти для редагування та аналізу обраної ділянки у Запорізькій області.

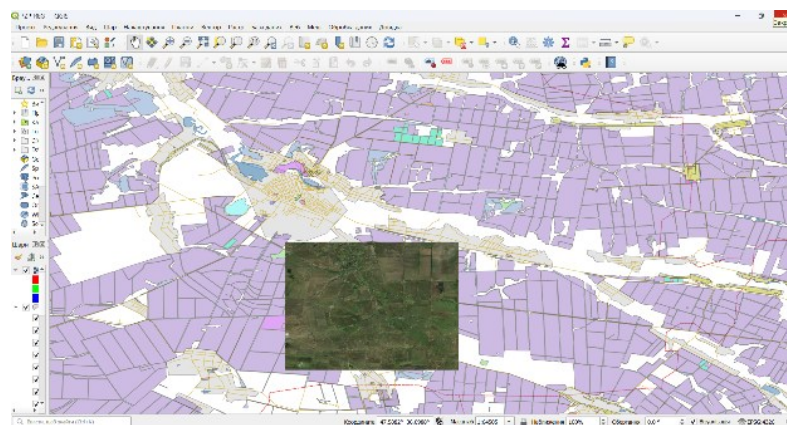


Рисунок 3.12 – QGIS. Досліджувана земельна ділянка Орхівської ТГ, с. Новоданилівка Запорізької області

Детально оброблені знімки від супутника та інформація про окопи і воєнні позиції «зуби» орків, отримані за допомогою методів відкритого джерела

розвідки на основі даних від супутника Sentinel-2.

На основі багатоспектральних аерофотознімків від супутника Sentinel-2 були побудовані цифрові мапи розподілу вегетаційних індексів за літні періоди 2021 та 2023 років. Оцінка характеристик рослинності влітку 2021 за класами нормалізованого вегетаційного індексу NDVI наведено на рис. 3.13



Рисунок 3.13 – Оцінка характеристик рослинності влітку 2021

Як бачимо на зображенні за 2021 рік можна достатньо чітко відрізнити однорідні сільгосп ділянки з щільною рослинністю, що характеризуються високим індексом фотосинтетично активної фітомаси, та ділянки на яких вже відбулися жнива для яких є притаманні «відкриті ґрунти» відповідно до класифікації поверхні за NDVI. Подекуди зустрічаються й ділянки з «паром»,

тобто землі що на той період що не використовувалися за призначенням або відновлювалися після минулорічного врожаю – вони представлені на мапі змішаними класами щільності рослин, який зазвичай є характерним для природних територій, зокрема степів та луків.

На малюнку 3.14 наведено характеристики рослинності влітку 2023 за класами нормалізованого вегетаційного індексу NDVI

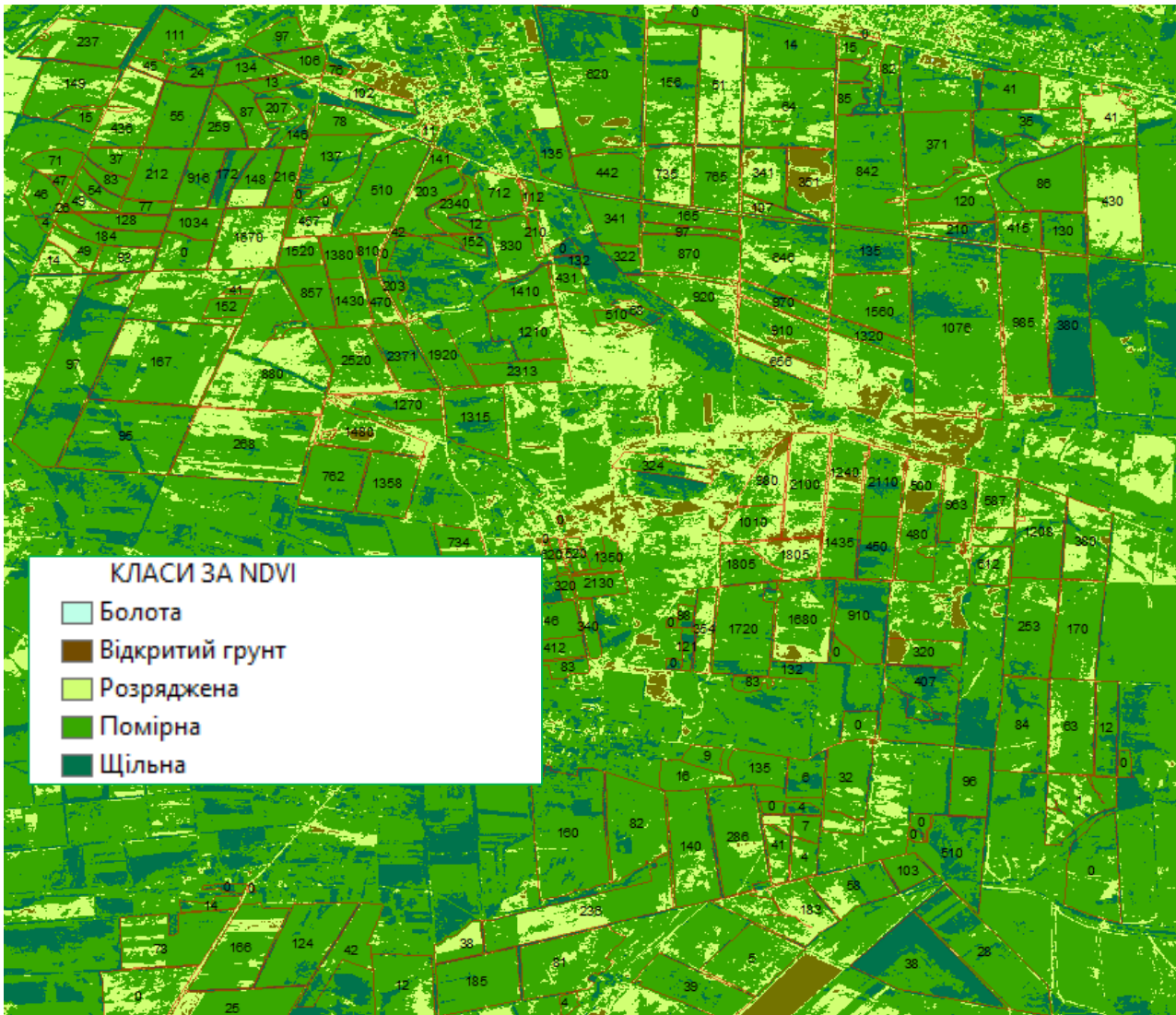


Рисунок 3.14 – Оцінка характеристик рослинності влітку 2023

Як бачимо, станом на літо 2023 р. переважна більшість сільгосп ділянок мали змішані класи щільності рослин відповідно, відповідно до класифікації поверхні за NDVI. Що вказує на те що ці ділянки хоч і мають рослинний покрив проте не використовуються за призначенням через бойові дії.

Інструменти *Tabulate Area* та *Zonal Statistic as Table*, що входять до

програми ESRI ArcGIS Desktop, дозволяють провести зонально-статистичний аналіз розподілу вегетаційних індексів на територіях сільгосп ділянок із подальшим експортом у вигляді електронних таблиць, рис. 3.15

FID	Частка площі з відкритим ґрунтом у 2021 р, %	Частка площі з розрядженою рослинністю у 2021 р, %	Частка площі з помірною рослинністю у 2021 р, %	Частка площі з щільною рослинністю у 2021 р, %	Частка площі з відкритим ґрунтом у 2023 р, %	Частка площі з розрядженою рослинністю у 2023 р, %	Частка площі з помірною рослинністю у 2023 р, %	Частка площі з щільною рослинністю у 2023 р, %
	0	46,810	2,430	0,572	50,189	0,018	2,135	75,652
1	0,270	6,731	8,127	84,873	0,000	0,096	34,366	65,538
2	0,000	0,066	24,992	74,943	0,000	1,970	95,304	2,726
3	0,000	0,000	11,730	88,270	0,026	22,655	71,487	5,832
4	97,627	1,863	0,473	0,037	0,065	42,312	57,299	0,324
5	1,067	97,875	1,058	0,000	0,010	15,317	84,566	0,108
6	96,619	2,240	1,089	0,052	0,581	4,377	89,847	5,196
7	1,602	1,878	3,433	93,087	0,000	14,070	85,922	0,008
8	61,358	38,525	0,117	0,000	0,000	6,440	92,740	0,820
9	91,480	5,945	2,383	0,193	0,000	7,726	91,673	0,602

Рисунок 3.15 – Фрагмент електронної таблиці із зональною статистикою щодо розподілу класів щільності рослин перших 10 ділянок

Отже характеристики розподілу вегетаційних індексів, розрахованих за даними оптичних знімків, для сільгосп ділянок які знаходяться «під паром», що дозволяє виявляти ділянки які не використовуються за призначенням внаслідок бойових дій та автоматизувати дану процедуру засобами ЕОМ.

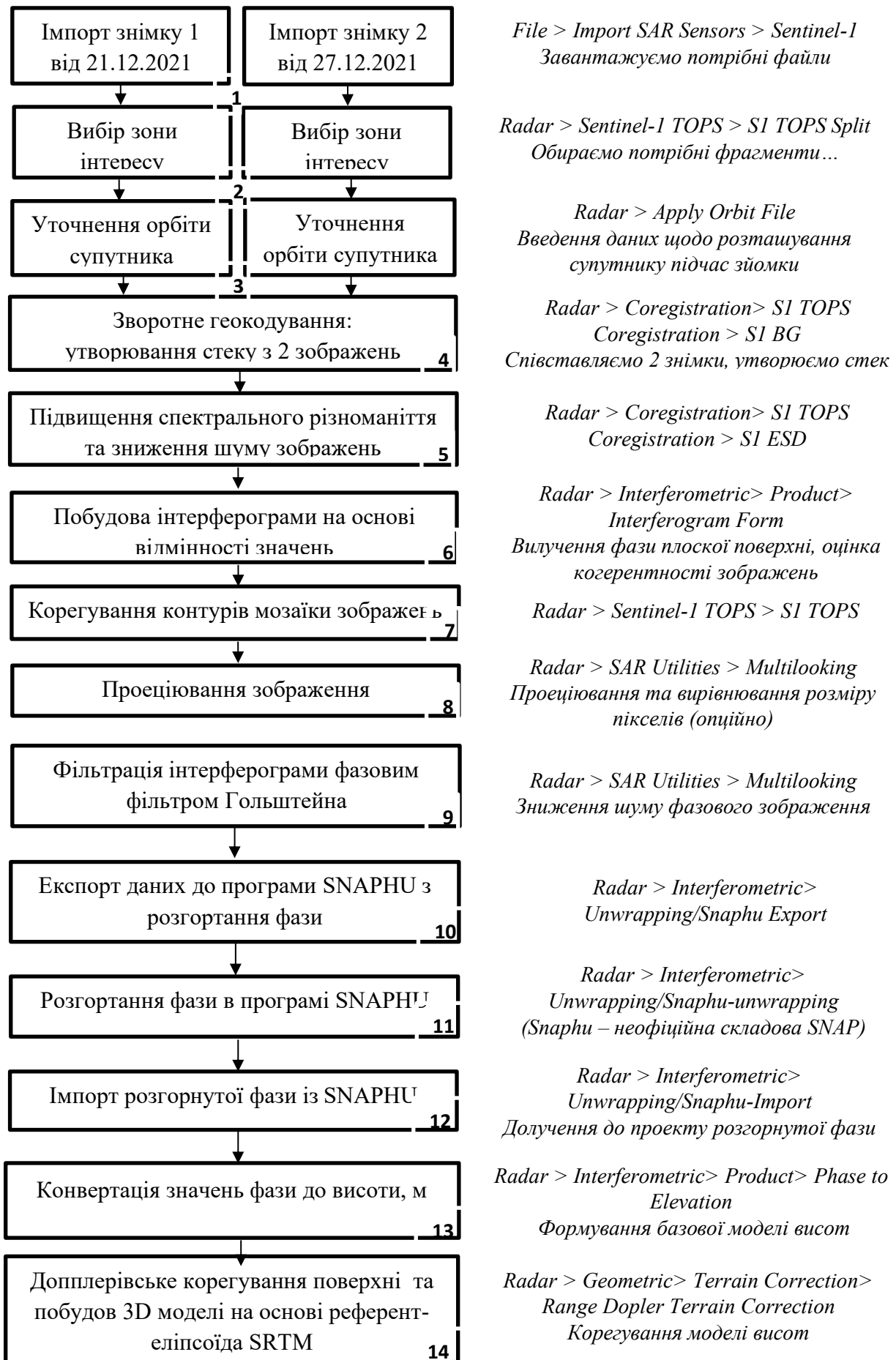
Інтенсивні артилерійські обстріли неминуче призводять до деформації земної поверхні через значну кількість вирв, різного розміру. Існує дві групи методів для знаходження площі та об'єму вирв. Перша група – контактні геодезичні дослідження, які дозволяють точно визначити параметри вирв, але їх не можливо застосувати із-за вибухонебезпечності території й великої кількості ушкоджених ділянок. Інші методи пов'язані з визначенням геометричних характеристик за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Вони дозволяють оперативно виявляти місцезнаходження вибухових вирв, але у військовий час не доступні у повному обсязі [HORELYK, S.; NECHAUSOV, A.; YANKIN, O.. Визначення геометричних характеристик вибухових вирв на землях сільськогосподарського призначення дистанційними методами. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель, [S.l.], n. 4, p. 118-128, січ.

2023. ISSN 2518-7325.]

В даній роботі окрім оптичного супутника Sentinel-2 використовувалися дані з радарного супутника Sentinel-1, що дозволили побудувати цифрову модель висот 3-D модель земної поверхні із середньою просторовою роздільною здатністю біля 10 метрів на піксель.

Дані радарної зйомки супутнику Sentinel-1 оновлюються у середньому раз на 6–12 днів для більшості території суходолу Земної кулі, включаючи територію досліджень, і є доступними у вигляді архівів на ресурсі *Copernicus Open Hub Access* за посиланням <https://scihub.copernicus.eu/>

Процедура обробки радарних даних супутнику Sentinel-1 у програмному середовищі SNAP для побудови цифрової моделі висот, наведено на рис. 3.16



На основі двох цифрових моделей висот дослідженої території, побудованих за 2022 та 2024 роки, було сформовано растр деформацій земної поверхні, який наведено на рис. 3.17

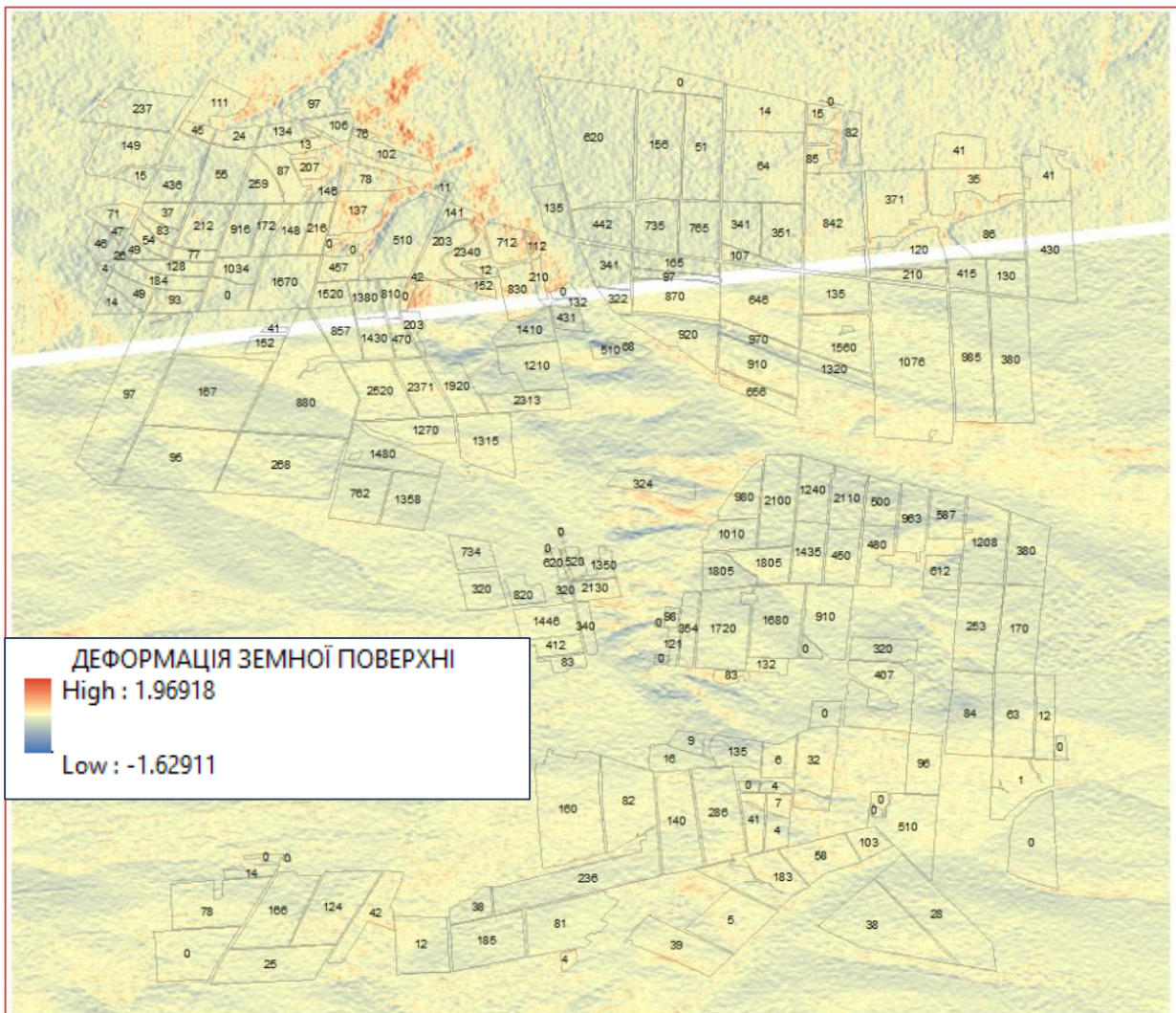


Рисунок 3.17 – Оцінка деформацій земної поверхні з 2022 до 2024 р.

Дане зображення дозволяє візуалізує зміни висоти земної поверхні тобто просідання або підвищення на дослідженій території що утворилися за 2 роки війни – з лютого 2022 до лютого 2024 року.

Для статистичного порівняння змін деформації земної поверхні на територіях сільгосп ділянок, було проведено зонально-статистичний аналіз розподілу площ за класами деформації, рис. 3.18

Номер ділянки	Вирви	Вирв на га	Макс. просідання поверхні	Макс. підвищення поверхні, м	Діапазон деформації, м	Середня деформація, м	Відхилення деформації, м	Частка площі з просіданням поверхні більше 0,5 м, %	Частка площі з просіданням поверхні від 0,2 до 0,5 м, %	Частка площі з деформацією поверхні від 0,2 до 0,2 м, %	Частка площі з підвищенням поверхні від 0,2 до 0,5 м, %	Частка площі з підвищенням поверхні більше 0,5 м, %
0	28	0,165	-0,496	0,494	0,990	-0,030	0,141	0,000	8,186	88,981	2,833	0,000
1	38	0,228	-0,494	0,486	0,980	0,009	0,137	0,000	3,779	90,691	5,530	0,000
2	103	3,383	-0,477	0,666	1,143	0,099	0,154	0,000	2,204	78,810	18,214	0,772
3	58	0,765	-0,470	0,652	1,123	0,110	0,159	0,000	1,509	75,227	22,565	0,699
4	183	1,696	-0,487	0,661	1,148	0,096	0,172	0,000	2,430	74,646	21,623	1,301
5	5	0,049	-0,331	0,657	0,988	0,095	0,150	0,000	2,434	78,057	19,220	0,288
6	39	0,404	-0,335	0,666	1,001	0,072	0,153	0,000	1,656	81,318	16,853	0,174
7	81	0,639	-0,334	0,477	0,811	0,021	0,106	0,000	0,875	97,116	2,009	0,000
8	4	0,468	0,000	0,643	0,643	0,199	0,113	0,000	0,000	60,098	38,439	1,463
9	16	0,385	-0,431	0,331	0,762	-0,058	0,112	0,000	4,860	94,457	0,683	0,000
10	9	0,441	-0,646	0,170	0,816	-0,178	0,120	0,617	35,321	64,063	0,000	0,000

Рисунок 3.18 – Фрагмент електронної таблиці із зональною статистикою щодо деформації земної поверхні для перших 10 ділянок

Варто зауважити, що окрім бойових дій на зміни деформації території з часом мають вплив і природні процеси, зокрема зсуви, підтоплення, ерозія ґрунтів тощо. Натомість рівнинна місцевість на якій розташуються досліджені сільгосп ділянки та відносно невеликий період у 2 роки між знімками, вказує що деформація поверхні зумовлена радше за все інтенсивними бойовими діями.

Для подальшої статистичної обробки отриманих показників в ході роботи показників було здійснено їх експорт до електронних таблиць у форматі *xls* для проведення кореляційного аналізу, рис. 3.19

Показники	Вирви	Вирв на га	Мін. NDVI за 2023	Макс. NDVI за 2023	Середнє NDVI 2023	Макс. просідання поверхні	Макс. підвищення земної поверхні	Середня деформація	Частка площі з відкритим ґрунтом у 2023 р, %	Частка площі з розрідженою рослинністю у 2023 р, %	Частка площі з помірною рослинністю у 2023 р, %	Частка площі з щільною рослинністю у 2023 р, %	Частка площі з просіданням поверхні більше 0,5 м, %	Частка площі з просіданням поверхні від 0,2 до 0,5 м, %	Частка площі з деформацією поверхні від -0,2 до 0,2 м, %	Частка площі з підвищенням поверхні від 0,2 до 0,5 м, %
Вирви	1,000															
Вирв на га	0,735	1,000														
Мін. NDVI за 2023	-0,368	-0,131	1,000													
Макс. NDVI за 2023	-0,139	-0,250	-0,030	1,000												
Середнє NDVI 2023	-0,158	-0,088	0,439	0,423	1,000											
Макс. просідання поверхні	-0,125	-0,020	0,174	-0,181	0,072	1,000										
Макс. підвищення земної поверхні	0,003	-0,030	-0,133	0,167	-0,008	-0,067	1,000									
Середня деформація	-0,104	-0,090	-0,032	0,015	0,043	0,344	0,627	1,000								
Частка площі з відкритим ґрунтом у 2023 р, %	0,082	0,016	-0,343	-0,044	-0,507	-0,030	-0,077	-0,095	1,000							
Частка площі з розрідженою рослинністю у 2023 р, %	0,076	-0,012	-0,425	-0,311	-0,796	-0,104	0,012	-0,049	0,234	1,000						
Частка площі з помірною рослинністю у 2023 р, %	0,011	0,098	0,356	0,000	0,866	0,060	0,039	0,064	-0,095	-0,720	1,000					
Частка площі з щільною рослинністю у 2023 р, %	-0,142	-0,134	0,444	0,409	0,660	0,054	-0,043	0,003	-0,086	-0,301	-0,403	1,000				
Частка площі з просіданням поверхні більше 0,5 м, %	-0,079	-0,004	0,187	-0,025	0,051	-0,079	-0,126	-0,539	-0,045	-0,033	0,042	-0,003	1,000			
Частка площі з просіданням поверхні від 0,2 до 0,5 м, %	-0,010	0,018	0,108	-0,028	-0,089	-0,063	-0,231	-0,768	0,084	0,061	-0,030	-0,065	0,117	1,000		
Частка площі з деформацією поверхні від -0,2 до 0,2 м, %	0,181	0,064	-0,185	0,098	0,063	0,247	-0,090	-0,112	0,021	0,007	-0,093	0,118	-0,440	-0,469	1,000	
Частка площі з підвищенням поверхні від 0,2 до 0,5 м, %	-0,173	-0,099	0,085	-0,027	0,001	0,258	0,094	0,024	-0,087	-0,050	0,129	-0,093	-0,205	-0,370	-0,530	1,000
Частка площі з підвищенням поверхні більше 0,5 м, %	-0,093	-0,026	-0,033	-0,013	0,034	0,118	0,582	0,550	-0,039	-0,013	-0,023	0,064	-0,081	-0,158	-0,465	0,513

Рисунок 3.19 – Результати кореляційного аналізу досліджених показників

Таким чином було визначено пряму залежність між кількістю вирв на сільгосп ділянках, від влучань артилерійських снарядів, та мапою деформацій земної поверхні, побудованої за двома радарними знімками середньої роздільної здатності, що дозволяє використовувати останні для опосередкованої оцінки впливу бойових дій на землі сільськогосподарського призначення.

У зв'язку зі значним об'ємом отриманих даних та їх візуалізації, вони були інтегровані у якості атрибутів до шару ГІС, що містив контури досліджених сільгосп ділянок. У поєднанні з іншими картографічними матеріалами було експортовано результати дослідження у вигляді електронної мапи у форматі Leaflet, доступної для роботи на веб-геопорталі за посиланням:

http://detep.info/Mironov/ECOGIS_ZP_200524/index.html

3.4 Висновок до розділу 3

Наслідки бойових дій для сільськогосподарських земель були проаналізовані на прикладі земельної ділянки Оріхівської територіальної громади біля села Новоданилівка у Запорізькій області. Ця громада знаходиться близько до лінії фронту та зазнає постійних обстрілів та інших бойових дій різної інтенсивності з березня 2022 року. Вивчення впливу військових дій на територію стало основою для тестування методик дослідження факторів і наслідків пошкодження земель. Геоінформаційні технології були основним методом для аналізу цієї території. ГІС використовувалися для збору та організації початкових геопросторових даних, ідентифікації структури угідь, аналізу космічних знімків, визначення та характеристики впливу на ґрунти, а також для розробки та використання моделей геообробки для оцінки наслідків бойових дій.

З урахуванням поточної ситуації збройного конфлікту на території України, картографічні дані, створені в QGIS, набувають надзвичайної важливості і стають невід'ємною складовою для розуміння та вирішення проблем, пов'язаних із конфліктом.

У програмі QGIS було створено карту, на якій відображено пошкоджені

ділянки землі у Запорізькій області, а також надано характеристики цих ділянок. Карту можна буде розмістити на веб-геопорталі, де будуть представлені результати обробки у форматах растрового та векторного зображень. Також буде можливість додавати додаткові шари, для яких буде встановлено права доступу для публікації.

Карти будуть корисним інструментом для науковців та дослідників у вивченні впливу війни на природне середовище та розробленні стратегій його відновлення. Крім того, вони використовуються для дослідження воєнних злочинів, що допомагає їх документувати.

Місцева влада може використовувати ці карти для планування відновлення пошкодженої інфраструктури та ефективного управління ресурсами для забезпечення потреб населення. Крім того, вони допомагають у захисті населення від ризиків, пов'язаних з війною. Отримані карти можна використовувати для оцінки потреб постраждалих від війни людей, визначаючи найбільш постраждалі райони та потребу в терміновій допомозі. Крім того, вони допомагають планувати доставку допомоги до постраждалих районів, враховуючи найбезпечніші маршрути та ефективні способи доставки.

Використання нових методів та можливостей дистанційного зондування Землі зробило моніторинг навколишнього середовища значно ефективнішим та більш точним інструментом для дослідження і оцінки стану довкілля. Застосування геоінформаційних систем та технологій дозволяє здійснювати комплексний аналіз різноманітних даних про навколишнє середовище, що сприяє кращому розумінню екологічних процесів та прийняттю обґрунтованих рішень щодо їх управління та захисту. Результати геоінформаційного аналізу даних сільгоспугідь Запорізької області, порушених військовими діями, свідчать про важливість використання таких інструментів для оцінки та відновлення середовища в умовах конфлікту.

Систематичне одержання космічних даних у визначений період дозволяє вивчати динаміку змін у природному середовищі, що надає можливість використання цієї інформації для побудови різноманітних моделей та аналізу їх

впливу.

Використання методів дистанційного зондування для аналізу земельних ресурсів свідчить про перспективність такого підходу. У найближчому майбутньому ці методи можуть замінити традиційні способи отримання інформації про земельні ресурси.

Дослідження в галузі цифрових методів картографування відкриває перспективи для розвитку нових інструментів та підходів у землекористуванні. Цей напрямок досліджень є важливим у контексті забезпечення екологічної стійкості та сталого розвитку нашої планети.

Такий підхід сприяє не лише зменшенню впливу негативних факторів на природне середовище, а й забезпечує більш ефективне планування територіального розвитку та збереження біорізноманіття.

ВИСНОВКИ

Аналіз та моніторинг змін в ґрунтовому покриві та землекористуванні стають ключовими завданнями у контексті забезпечення сталого розвитку та ефективного використання земельних ресурсів. В сучасному світі, де високотехнологічні методи стають все більш доступними, ГІТ і ГІС відіграють значну роль у забезпеченні необхідної інформації для аналізу змін у землекористуванні.

Використання цифрових методів ГІС для картографування змін має потенціал покращити точність та швидкість аналізу великих обсягів даних, отриманих за допомогою дистанційного зондування. Використовуватися для оцінки масштабів пошкоджень земельних ресурсів та визначення пріоритетів для відновлення. Ці методи можуть бути використані для оцінки масштабів пошкоджень земельних ресурсів та визначення пріоритетів для їх відновлення.

1. За результатами аналізу наукової літератури та попередніх досліджень стало очевидним, що використання цифрових методів і дистанційного зондування для оцінки сучасного стану земельних ресурсів є важливою та ефективною стратегією. Попередні дослідження підтверджують, що ці методи дозволяють отримувати точні та надійні дані про зміни у земельному покриві та користуванні землею.

2. Проведено збір та аналіз даних, отриманих з супутникових знімків та геопросторових даних, використовуючи геоінформаційні системи, для Запорізької області. Це дозволило отримати достовірну інформацію щодо змін у земельних ресурсах даного регіону.

3. Застосовано цифрові методи для створення ГІС-додатка у вигляді карти, що ґрунтується на інформації, зібраній за допомогою дистанційного зондування. У програмному забезпеченні QGIS розроблено карту, яка відображає земельні ділянки у Запорізькій області, що постраждали внаслідок різних факторів, зокрема від військового конфлікту. На цій карті можна бачити розмір та місцезнаходження пошкоджених ділянок, їх характеристики. Аналізуючи

отриману карту можна зробити висновок, що на території Запорізької області виявлено значну кількість пошкоджених ґрунтових покривів. Додатково до карти надано інформацію про ступінь пошкодження та інші характеристики цих ділянок у різних районах області, надаючи важливі дані для подальшого аналізу та планування відновлювальних заходів. Отриману карту планується розмістити на веб-геопорталі.

4. Результати картографування змін у земельних ресурсах є ключовими для прийняття рішень щодо природокористування та землеустрою в Запорізькій області. Отримані дані становлять основу для розроблення рекомендацій з оптимізації використання земельних ресурсів, розвитку сільського господарства, збереження природи та ефективного землеустрою. Це сприятиме сталому розвитку регіону та покращенню якості природного середовища, що є надзвичайно важливим для мешканців області. Досліджені результати також мають велике значення для влади, громадських організацій та міжнародних партнерів у прийнятті рішень щодо надання допомоги та реалізації програм відновлення. Крім того, вони є основою для розвитку політики та стратегій захисту довкілля в умовах воєнного конфлікту, спрямованих на запобігання подібним ситуаціям у майбутньому.

5. Використано відповідні методики для оцінки збитків від військових дій у Запорізькій області, зокрема, на території біля села Новоданилівка. Отримані розміри збитків свідчать про значний економічний вплив на регіон у Запорізькій області. Порівняно зі збитками у понад 22 мільйони гривень від забруднення ґрунтів свинцем та 1 687 500 гривень від засмічення земельної ділянки, розмір збитків у понад 4.7 мільярда гривень від пошкодження лісового фонду під час лісових пожеж є додатковим свідченням про значний економічний вплив військових подій. Зазначені дані можуть бути використані для обґрунтування необхідності компенсації завданої шкоди та розробки стратегій відновлення екосистеми та інфраструктури. Використання Методики для визначення розміру завданої шкоди обстрілами територіальної громади Запорізької області є показником ефективності методу у визначенні впливу військових дій на

довкілля.

Впровадження плану дій для відновлення територій, постраждалих від війни, є ключовим етапом у відродженні екосистем та інфраструктури після військового конфлікту. Він має бути спрямованим не лише на компенсацію завданої шкоди природному середовищу, а й на створення стійких, сприятливих умов для життя та розвитку місцевого населення.

Реалізація плану відновлення включає в себе низку заходів, таких як розмінування територій, відновлення рослинності та ґрунтів, очищення від сміття та забруднюючих речовин, а також залучення населення до активної участі у процесі відбудови. Ці заходи спрямовані на створення сприятливого середовища для життя та розвитку, а також на підтримку сталого розвитку та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Успішна реалізація такого плану потребує спільних зусиль уряду, громадських організацій, місцевих громад та міжнародних партнерів.

Україна вже вживає деяких кроків у цьому напрямку:

- збирає докази про злочини, скоєні проти довкілля;
- розробляє плани з відновлення довкілля;
- співпрацює з міжнародними організаціями для отримання допомоги.

Дослідження екологічних та економічних збитків, спричинених воєнним конфліктом, відіграє ключову роль у визначенні розмірів шкоди, завданої земельному фонду України. Ці дані необхідні для розробки ефективних стратегій відновлення довкілля та мінімізації негативних наслідків війни. Крім того, такі дослідження можуть сприяти підвищенню усвідомленості світової громадськості про екологічні наслідки війни. Проведення досліджень екологічних втрат є важливим кроком на шляху до відновлення довкілля України та забезпечення сталого майбутнього країни.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

4. eДорада. Земельні ресурси України. URL: <https://edorada.org/uk/articles/159>
5. Види, причини та фактори деградації земель. Антропогенні та природні причини деградації ґрунтів та боротьба з ними. URL: <https://ecolog-ua.com/news/vydy-prychyny-ta-factory-degradaciyi-zemel-antropogenni-ta-pryrodni-prychyny-degradaciyi>
6. НААН. Інститут землеробства НААН розробив детальну карту придатності ґрунтів для органічного землеробства. URL: http://naas.gov.ua/news/?ELEMENT_ID=5963
7. Деградація ґрунтів в Україні набирає обертів URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/degradacziya-gruntiv-v-ukrayini-nabyraye-obertiv/>
8. Земельний довідник України 2020. URL: <https://mailchi.mp/latifundistmedia/zemelyniy-dovidnyk-ukrainy-2020>
9. Візуалізація постраждалих природних територій, внаслідок військового вторгнення за даними ГО “Українська природоохоронна група”. URL: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>
10. Повоєнний досвід відновлення довкілля Боснії і Герцеговини. Екологія. Право. Людина. URL: <https://cutt.ly/Iw81VMch>
11. До і після. Наслідки повномасштабної війни для екології України. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/skhemy-ekolohiya-viyna/32284610.html>
12. Ракетні удари та осушення заплав: як заповідний острів Хортиця у Запоріжжі переживає війну. «Перший Запорізький». URL: <http://1news.zp.ua/raketni-udari-ta-osusheni-zaplavi-yak-zapovidnij-ostriv-horticya-u-zaporizhzhzhi-perezhiva%d1%94-vijnu/>
13. Природа та війна: як російська агресія вплинула на довкілля. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2022/11/08/infografika/suspilstvo/pryroda-ta-vijna-yak-rosijska-ahresiya-vplynula-dovkillya>

14. Бомба сповільненої дії: чому світ не може ігнорувати екологічні наслідки війни в Україні. URL: <https://life.pravda.com.ua/columns/2022/06/22/249216/>

15. Збитки довкіллю України внаслідок російської війни – безпрецедентні та глобальні. URL: <https://mepr.gov.ua/zbytky-dovkilliyu-ukrayiny-vnaslidok-rosijskoyi-vijny-bezpretsedentni-ta-globalni/>

16. Андрій Костін взяв участь у п'ятому засіданні Робочої групи високого рівня з питань екологічних наслідків війни. URL: <https://www.gp.gov.ua/ua/posts/andrii-kostin-vzyav-ucast-u-pyatomu-zasidanni-robocoyi-grupi-visokogo-rivnya-z-pitan-ekologicnix-naslidkiv-viini>

17. United Nations Environment Program, Report of the Working Group of Experts on Liability and Compensation for Environmental Damage Arising from Military Activities (May 17, 1996). URL: <https://digitallibrary.un.org/record/491458>

18. Постанова № 326 "Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF#Text>

19. Офіс сталих рішень. Як правильно рахувати екологічні збитки України від війни? URL: <https://ukraine-oss.com/articles/yak-pravylnno-rahuvaty-ekologiczni-zbytky-ukrayiny-vid-vijny/>

20. Land use classification with simulated satellite photography USDA. Agricultural information bulletin. – № 352, V. 11, 2002. 5. Хлян Я. Практичні аспекти застосування космічних методів у моніторингу навколишнього середовища // Геодезія, картографія та аерофотознімання: міжвідомчий науково-технічний збірник (Вип. 71). – Львів, 2009. – С. 78–80.

21. Запорізька обласна державна адміністрація. Офіційний сайт. Як аграрний сектор регіону переживає повномасштабну війну. URL: <http://surl.li/szmiq>

22. Закон України «Про охорону праці». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

23. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними

терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007-98. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>

24. Природне та штучне освітлення. СНіП 11-4-79. URL: https://dnaop.com/html/45036/doc-%D0%A1%D0%9D%D0%B8%D0%9F_II-4-79

25. ДБН В.2.5-56-2014 «Системи протипожежного захисту». URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3200383488549193714?doc_type=2

26. Мінна безпека. URL: <https://nmc.dsns.gov.ua/rv/navchannya-naselenya-diyam-u-nadzvichaynih-siiuaciyah/minna-bezpeka>

27. BBC News Україна. Війна у цифрах: як за останній рік змінилися Україна та українці. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/cv28871qdv8o>

28. Державна екологічна інспекція України. Щотижнева оновлена інфографіка відкриває перед нами безпрецедентну картину збитків, які приносить довкіллю агресія російської федерації. URL: <https://cutt.ly/gw81nfY7>

29. Інфографіка про сукупні втрати України від війни за інформацією Кабінету міністрів України та Світового банку. Укрінформ. Офіційний сайт. URL: <http://surl.li/tbifm>

30. Родючі землі перетворили у поле бою: як російські снаряди отруюють ґрунти Запорізької області. Перший Запорізький. URL: <http://surl.li/tbcxi>

31. Збитки екології Запорізькій області склали майже 15,5 млрд грн. Запорозька Січ. URL: <http://surl.li/tbmmq>

32. Сезон-2023: високі результати та низькі прибутки. Agroone. URL: <https://www.agroone.info/agronews/sezon-2023-vysoki-rezultaty-ta-nyzki-prybutky/>

33. Урядовий портал. Жнива-2023: В Україні зібрано понад 67 млн тонн зернових та олійних культур. Міністерство аграрної політики та продовольства України. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/zhnyva-2023-v-ukraini-zibrano-ponad-67-mln-tonn-zernovykh-ta-oliinykh-kultur>

34. Завдають шкоди екології – як військові дії засмітили Запорізьку область. URL: <https://zprz.city/news/view/zavdayut-shkodi-ekologii-yak-vijskovi-dii-zasmitili-zaporizku-oblast>

35. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Запорізькій області у 2016 році. URL: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000085/85864.pdf

36. Запорізька обласна державна адміністрація. Стратегічний аналіз соціально-економічного розвитку Запорізької області (виконано в межах розробки проєкту Стратегії регіонального розвитку Запорізької області на період до 2027 року). URL: <http://surl.li/aiazr>

37. Карта ґрунтів Запорізької області. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/obl-7.html>

38. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 167 «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>

39. Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України № 295 «Про затвердження Методики розрахунку розміру шкоди, завданої земельним ресурсам внаслідок збройної агресії Російської Федерації». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0586-22#Text>

40. ГО «Центр екологічних ініціатив «Екодія». Звіт «Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу». URL: <https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii2.pdf>

41. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Інформація щодо нормативної грошової оцінки одиниці площі ріллі в розрізі областей. URL: <http://surl.li/eqkih>

42. Дистанційний моніторинг впливу війни на ліси в Україні. ГО "Лісові ініціативи і суспільство". URL: <https://forestcom.org.ua/news-post/remote-sensing-monitoring-impact-war-forests-ukraine>

43. Лісові пожежі внаслідок російського вторгнення та перспективи повоєнного відновлення українських лісів. Аналітична записка. Кученко, Б.,

Тестов, П. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/08/Vplyv-vijny-na-lisy_21-08-2023_clean.pdf

44. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 175 «Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#n47>

45. Екологія. Право. Людина. Українське громадянське суспільство – голос глобальної екологічної безпеки. URL: <http://surl.li/suluc>

46. Основи охорони довкілля в Україні. URL: <https://www.bsmu.edu.ua/blog/4413-osnovi-ohoroni-dovkillya-v-ukraini/>

47. Національна рада з відновлення України від наслідків війни. Проект Плану відновлення України Матеріали робочої групи «Екологічна безпека». URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/environmental-safety-assembly.pdf>

48. Екологічний договір для України: Зелене майбутнє: Рекомендації щодо відповідальності та відновлення. URL: https://www.president.gov.ua/storage/j-files-storage/01/24/65/148029c127aa3b2a3fe9f482f9226118_1707492894.pdf

49. Офіційне інтернет-представництво. Офіс Президента України. Екологічний договір для України – не лише про покарання Росії за завдання шкоди довкіллю, а й про майбутнє для наступних поколінь – Андрій Єрмак. URL: <https://www.president.gov.ua/news/ekologichnij-dogovir-dlya-ukrayini-ne-lishe-pro-pokarannya-r-88889>