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 Кибальна Ірина Володимирівна
(ПІБ)

академічної групи 183м-22-1
(шифр)

спеціальності – 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – «Технології захисту навколишнього середовища»
(офіційна назва)

на тему «Дослідження наслідків бойових дій на землях сільськогосподарського призначення методами дистанційного зондування»
(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	Рябчій В.В.		
Нормоконтролер	Ґрунтова В.Ю.		

Дніпро
2023

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

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачка кафедри ЕТЗНС
_____ Борисовська О.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)
« » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи магістра

студентці Кибальній І.В. **академічної групи** 183м-22-1
(Прізвище, ініціали) (група)
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
(код і назва спеціальності)
на тему «Дослідження наслідків бойових дій на землях сільськогосподарського призначення методами дистанційного зондування», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 17.10.2023 № 1265-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Охарактеризувати узагальнений вплив військових дій на компоненти довкілля, зокрема грунти	09.09.2023 03.11.2023
Дослідницький	Проаналізувати сучасні підходи щодо можливостей аналізу наслідків військових дій та методик з оцінки збитків для довкілля на основі дистанційних методів	30.09.2023 24.11.2022
Технологічний	Оцінити наслідки від військових дій методами дистанційного зондування для земель на території Апостоловської ОТГ	11.11.2023 30.11.2023
Охорона праці	Обґрунтувати заходи щодо безпеки працівників підчас польових досліджень на землях сільськогосподарського призначення що зазнали впливу від бойових дій	20.11.2023 05.12.2023
Економічний	Провести аналіз збитків від втрати врожаю для територій на землях сільськогосподарського призначення, що зазнали впливу від бойових дій	01.12.2023 15.12.2023

Завдання видано _____ _____
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: _____
Дата подання до екзаменаційної комісії _____

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

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 110 с., 20 рис., 11 табл., 5 додатків, 47 джерел.

Об'єкт дослідження – зміни рослинного покриву на територіях орних земель під впливом бойових дій.

Мета роботи – обґрунтування методичних підходів з експрес-оцінки наслідків від бойових дій на землях сільськогосподарського призначення.

У теоретичному розділі розглянуто узагальнений вплив військових дій на компоненти довкілля та негативних наслідків для ґрунтів.

У дослідному розділі проаналізовано методики та технології з моніторингу земель сільськогосподарського призначення.

У технологічному проведено оцінку наслідків від військових дій методами дистанційного зондування для земель на території Апостолівської ОТГ.

У розділі «охорона праці та техніка безпеки» обґрунтовано заходи безпеки працівників підчас польових досліджень на землях сільськогосподарського призначення що зазнали впливу від бойових дій.

В економічному розділі проведено аналіз збитків від втрати врожаю для територій на землях сільськогосподарського призначення, що зазнали впливу від бойових дій.

БПЛА, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ, СІЛЬГОСПУГІДДЯ, ЗЕМЕЛЬНІ ДІЛЯНКИ, ОТГ, ГІС, ВЕГЕТАЦІЙНІ ІНДЕКСИ, ЗЕМЕЛЬНИЙ КАДАСТР

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1 ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ 10
1.1 Огляд впливу військової діяльності на довкілля 10
1.2 Оцінка впливу світових військових конфліктів на стан навколишнього середовища 16
1.3 Висновок до розділу 1 19
РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ 21
2.1 Методи використання сучасних технологій в сільському господарстві 21
2.2 Використання ГІС-технологій в сільському господарстві 29
2.2 Проблеми та перспективи сучасних технологій у сфері сільського землекористування 34
2.3 Дослідження рослинності на основі вегетаційних індексів 37
Висновок до розділу 2 43
РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ УШКОДЖЕНЬ ВІД БОЙОВИХ ДІЙ ДЛЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 45
3.1 Технології збору даних за допомогою сучасних систем дистанційного зондування 45
3.2 Обробка зображень дистанційного зондування Землі 49
3.3 Методи обробки даних дистанційного зондування про стан ґрунтів 55
3.4 Апробація технології оцінювання ушкоджень від бойових дій для земель Дніпропетровської області 59
Висновок до розділу 3 63
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ...**Ошибка! Закладка не определена.**

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних чинників працівника ..**Ошибка! Закладка не определена.**

4.2 Аналіз умов праці при застосуванні ГІС технологій ...**Ошибка! Закладка не определена.**

4.3 Перевірочний розрахунок для одного з небезпечних чинників .....**Ошибка! Закладка не определена.**

4.4 Пожежна безпека.....**Ошибка! Закладка не определена.**

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

5 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ РОБІТ З ОЦІНКИ ТА ВІДНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ.....**Ошибка! Закладка не определена.**

5.1 Аналіз збитків від втрати врожаю на землях сільськогосподарського призначення, що зазнали впливу бойових дій.....**Ошибка! Закладка не определена.**

5.2 Розрахунок розміру шкоди від забруднення мазутом земель транспорту .....**Ошибка! Закладка не определена.**

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

ВИСНОВКИ 65

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 67

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

ДЗЗ – Дистанційне зондування Землі;

ГІС – Геоінформаційні системи;

NDVI – Нормалізований диференційований вегетаційний індекс;

SWIR1 – short-wave infrared;

NIR – near infrared region

ВСТУП

З початком повномасштабного вторгнення військ Російської Федерації на територію України, коли на значних територіях нашої держави ведуться інтенсивні бойові дії, шкода, що завдається земельним ресурсам нашої держави, є дуже значною.

Відповідно до ст. 14 Конституції України «земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави» [1]. Забруднення земель, які є простором для людської діяльності та важливим ресурсом для сільськогосподарського виробництва, має негативний вплив як на виробничі процеси, так і на загальні умови проживання людей. Це призводить до виникнення проблем у виробничому секторі, погіршення життєвого середовища, зменшення рекреаційного потенціалу території та негативного впливу на здоров'я населення.

За оцінкою Державної екологічної інспекції, станом на 6 листопада 2023 року внаслідок військової агресії 18,0 млн. $м^2$ – земель засмічено залишками знищених об'єктів та боєприпасів, та 594,5 тис. $м^2$ –ґрунтів забруднено небезпечними речовинами [2].

Часто недооцінюється вплив воєнних дій на ґрунтове середовище у порівнянні з втратами людських життів та пошкодженням інфраструктури. Проте погіршення якісних характеристик ґрунту має тривалий ефект, який суттєво понижує його продуктивні функції. Воєнні дії викликають ряд механічних, фізичних та хімічних впливів на ґрунтовий покрив. Такі впливи призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми і призводять до погіршення фізико-геохімічних властивостей [3].

Питання чіткої просторової фіксації порушень природних комплексів та їх складових стає надзвичайно актуальним. Наслідки подій, таких як потрапляння снарядів та ракет, пожежі внаслідок обстрілів, та інше, мають безпосередні наслідки для порушення ландшафтів і спричиняють хімічне забруднення навколишнього середовища.

У сучасних умовах складно, а в деяких регіонах навіть неможливо провести інвентаризацію та налаштувати систему моніторингу порушень за допомогою традиційних польових методів. Проте значну частину цієї роботи можна виконати з використанням вільних космічних знімків та геоінформаційних технологій. Мова стосується лише початкового етапу робіт - фіксації та класифікації наслідків бойових дій, тоді як подальші етапи вимагатимуть традиційних польових та лабораторних досліджень.

Моделювання просторової ситуації пошкодження природних угідь, представлене у вигляді бази геоданих та цифрових карт, може допомогти вирішити ряд невідкладних питань, пов'язаних як з прямим ризиком для життя мешканців постраждалих районів, так і з віддаленими екологічними впливами на їх стан здоров’я.

Створення карт, на яких будуть зафіксовані вирви, що утворились внаслідок бомботурбації дозволять знизити ризик для мешканців даної території. Отже, поєднання можливостей дистанційного зондування та геоінформаційних технологій дозволить класифікувати постраждалі території за ступенем ймовірнісної вибухової небезпеки [4].

Більшість територій, що зазнали пошкоджень, є сільськогосподарськими угіддями, що зумовлює бажання фермерів ефективно використовувати їх, збільшуючи тим самим ризик нещасних випадків. Створена карта визначатиме зони, які потребують перевірки саперами в першу чергу.

У зв’язку з чим виникає необхідність в розробки оперативних та ефективних методик з оцінки наслідків бойових дій на землях сільськогосподарського призначення на основі методів дистанційного зондування.

Мета роботи – обґрунтування методичних підходів з експрес-оцінки наслідків від бойових дій на землях сільськогосподарського призначення.

Об'єкт дослідження – зміни рослинного покриву на територіях орних земель під впливом бойових дій.

Для цього були поставлені наступні завдання:

1. Охарактеризувати узагальнений вплив військових дій на компоненти довкілля та негативній наслідки для родючості ґрунтів.

2. Проаналізувати методи оцінки стану земель сільськогосподарського призначення на основі технологій дистанційного зондування.

3. Апробувати методику з оцінки збитків від бойових дій на досліджених територіях.

4. Обґрунтувати заходи безпеки працівників підчас польових досліджень на землях сільськогосподарського призначення що зазнали впливу бойових дій.

5. В економічному розділі проведено аналіз збитків від втрати врожаю на землях сільськогосподарського призначення, що зазнали впливу бойових дій.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи

1. Кибальна І.В. Визначення пошкоджень родючого шару ґрунту через бойові дії в Дніпропетровській області за допомогою дистанційних методів. Землеустрій і топографічна діяльність в умовах війни та післявоєнного відновлення : зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. студ. конф. (м. Київ., 8-10 березня 2023 р.). К.: Вид. центр НУБІП, 2023. С. 54 – 56.

2. Кибальна І. В. Визначення підходів до збитків родючості сільськогосподарських угідь внаслідок бойових дій методами дистанційного зондування / Кибальна Ірина Володимирівна, Рябчій В. В. // Тиждень студентської науки – 2023 : матеріали 78-ої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – С. 277-279.

3. Кибальна І. В. Підходи визначення збитків родючості сільськогосподарських угідь внаслідок бойових дій методами дистанційного зондування / Кибальна Ірина Володимирівна, 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. 277-279.

РОЗДІЛ 1 ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ НА КОМПОНЕНТИ ДОВКІЛЛЯ

1.1 Огляд впливу військової діяльності на довкілля

Військова діяльність є однією з основних причин екологічних проблем у світі. Ґрунтовий покрив є важливим компонентом екосистеми. Він забезпечує рослини поживними речовинами і водою, а також допомагає регулювати клімат. Війни порушують ці процеси, що може призвести до деградації ґрунтів і інших екологічних проблем.

Знищення ґрунтово-рослинного покриву є найбільш очевидним. Це може бути цілеспрямованим завданням шкоди для досягнення конкретної військової мети, наприклад, спалювання полів і садів або руйнування джунглів для виявлення укриттів противника. Випадкові прямі руйнування виникають через цілеспрямовані дії з іншою тактикою, наприклад, риття окопів і бомбардування шляхів постачання. Наслідки, які залишаються менш очевидними під час воєнних дій, можуть мати тривалий вплив на ґрунтове середовище. Зазвичай найскладніше передбачити непрямий вплив. Втрата буферності ґрунту, засолення тощо є прикладами непрямого впливу на ґрунт [5].

В процесі виконання кожного вогневого завдання відбувається забруднення ґрунту залишками боєприпасів та продуктами вибуху (рис.1.1). Характер поширення цих забруднень та їх вплив на природне середовище в значній мірі залежать від швидкості хімічних перетворень вибухових матеріалів та маси вибухових речовин у снаряді.

Можна виділити три типи вибухових процесів:

1. Процес горіння відбувається з незначною швидкістю - від сантиметра до декількох метрів на секунду - і, як правило, не супроводжується значними механічними діями при відкритому доступі повітря.

2. Вибух протікає з великою швидкістю - декілька тисяч метрів на секунду. Це характеризується різким стрибком тиску в точці вибуху та ударом

газів на оточуюче середовище, що викликає сильну деформацію предметів та оточення на короткій відстані.

Рисунок 1.1 – Ушкодження ґрунтів від артилерійських обстрілів

3. Детонація - це вибух, що поширюється з постійною і максимальною можливою швидкістю для конкретної вибухової речовини. Цей процес досягає максимальної руйнівної сили вибуху з відповідною трансформацією середовища. Таким чином, трансформація середовища в момент вибуху снарядів є одним з факторів вогневого ураження, який може впливати на процеси поширення забруднення [5].

Під час вибухів та горіння порохів та вибухових речовин виникає значна кількість газів, які містять такі речовини, як азот, сажа, вуглеводні, свинець, двоокис марганцю та інші. До 30% цих газів розсіюються в повітрі, тоді як більша частина, зокрема важкі фракції та важкі метали, осідає на ґрунті. Завдяки наявності до 15% водяних парів у продуктах вибуху, іони важких металів та дрібнодисперсні речовини можуть проникати у ґрунт у вигляді водяних розчинів.

Аналіз хімічного складу вибухових речовин, які використовуються для

створення сучасних боєприпасів під час проведення бойових стрільб, вказує на те, що результатом горіння, вибуху та детонації є утворення різноманітних похідних продуктів. Більшість з цих продуктів є або токсичними, або представляють собою небезпечні забруднювачі.

Під час проведення бойових стрільб основним джерелом забруднення є продукти вибуху, що утворюються внаслідок розриву снарядів. В результаті відбувається деформація ґрунту в усіх напрямках, що викликає розповсюдження ударної хвилі. Тому, вже на глибині до 2 м на території проведення стрільб, порушується однорідність ґрунту, і відбувається утворення тріщин, які розділяють пористі блоки [5].

Велика частина вибухових речовин, які використовуються для створення бойових зарядів, представляє собою органічні сполуки. Ці речовини складаються з елементів вуглецю (C), водню (H), кисню (O) та азоту (N), а також інших компонентів. Зазвичай ці компоненти є токсичними, і під час вибухового перетворення утворюються стійкі продукти.

Так, в залежності від типу вибухових речовин, умов їх використання та інших факторів, у продуктах вибуху можуть присутні інші речовини. Наприклад, оксиди азоту (NO, NO_2, N_2O_3), пари ртуті, свинцю і т.д. Причиною утворення цих речовин є відхилення кисневого балансу від нульового. При негативному кисневому балансі утворюється більше оксиду вуглецю (CO), а при позитивному - оксиду азоту (NO).

Токсичні гази можуть виникати в результаті хімічної взаємодії продуктів вибуху з навколишнім природним середовищем, таким як атмосферне повітря. У цьому процесі вуглекислий газ (CO_2) може бути відновлений до отруйного оксиду вуглецю (CO). Оксид вуглецю, відомий як чадний газ, виникає в умовах неповного згоряння речовин, що містять вуглець. Гази, що утворюються під час вибуху різних речовин, такі як димний порох, тринітротолуол, мелініт та пікринова кислота, містять великі концентрації оксиду вуглецю (CO).

Оксид вуглецю (CO) і оксиди азоту (NO, NO_2) є отрутою для крові. Діоксид сірки (SO_2) може викликати подразнення дихальних шляхів і

спричиняти спазми бронхів. Сірководень (H_2S) є потужною нервовою отрутою, яка може призводити до смерті внаслідок зупинки дихання.

Загальний висновок з поданих даних полягає в тому, що більшість забруднювачів, що виникають внаслідок бойової діяльності, є газоподібними або твердими дрібнодисперсними речовинами, і багато з них представляють серйозні небезпеки для здоров'я і навколишнього середовища [5].

Під час бойових дій використовуються бойові машини, які оснащені переважно дизельними двигунами. При спалюванні дизельного пального утворюється близько 200 різних забруднюючих речовин, загальний обсяг яких досягає приблизно 2,6 кг на кожен пройдений 1 км. Серед основних забруднюючих речовин виділяються нафтопродукти, важкі метали та ароматичні з'єднання.

Ураховуючи, що моторесурс бронетехніки складає понад 4000 л на рік, одна така машина може викидати приблизно 6,3 кг свинцю, 180 кг оксиду азоту та 140 кг оксиду вуглеводнів за рік експлуатації. Ці дані вказують на значний внесок бойової техніки у забруднення атмосфери різноманітними шкідливими речовинами під час її експлуатації.

Територія, де ведуться бойові дії, є обмеженим регіоном, на якому відбуваються активні воєнні операції із здійсненням впливу на всі компоненти ландшафту через чинники воєнно-техногенного навантаження. Військові об'єкти включають рухомі (зброя та військова техніка) або стаціонарні (позиційні райони) джерела забруднення, від яких забруднення потрапляє до компонентів ландшафту, зокрема в ґрунти.

Під час реєстрації екологічних даних військовий об'єкт розглядається як відкрита ієрархічна військово-технічна система, що має воєнно-техногенні чинники впливу на ґрунтове середовище. Транспортна мережа, яка включає автомобільні і залізничні шляхи, польові дороги та інші елементи шляхів руху бронетехніки, може "блокувати" поверхню екосистем. Це може впливати на шляхи міграції тварин і сприяти фрагментації біоценозів, що може призвести до зниження стійкості біогеоценозів і погіршення якості ґрунтів [5].

З початку 24 лютого 2022 року в Україні тривають повномасштабні воєнні дії, що супроводжуються порушеннями ґрунтового покриву. Ці порушення викликають різноманітні механічні, фізичні та хімічні впливи на ґрунтовий покрив. Вони призводять до руйнування структури та функцій ґрунтової екосистеми та спричиняють погіршення фізико-геохімічних характеристик ґрунту.

Варіації порушень відзначаються різними характеристиками в залежності від типу та характеру бойових дій, а також впливу на рельєф поверхні, ґрунти (включаючи воронки від вибухів та сліди від руху військової техніки), захисні споруди (такі як окопи, бліндажі, вогневі точки, протитанкові споруди тощо), забруднення верхніх шарів ґрунтового покриву від продуктів бойової діяльності, а також блокування поверхні залишками військової техніки, захисними спорудами, осколками тощо.

Негативні наслідки включають знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання, що різко зменшує біологічні популяції та види. Втрата біорізноманіття поглиблюється через зміни в структурі та функціях ландшафтів [5].

Механічний вплив при воєнно-техногенному навантаженні полягає в механічній деформації ґрунтового покриву під час руху колісної та гусеничної військової техніки, активного руху військ, будівництва споруд на поверхні та вглибині, бомбардування, розмінування територій та створення оборонної інфраструктури. Механічний вплив часто супроводжується хімічним забрудненням ґрунтів, що призводить до довготривалого виведення земель із експлуатації та встановлення заборон на їхнє використання.

Хімічний вплив воєнних заходів призводить до зміни природних параметрів ґрунтового покриву через використання зброї та військової техніки, що призводить до утворення забруднюючих речовин. Довготривала військова діяльність може створювати локальні воєнно-техногенні геохімічні аномалії з різним спектром токсичних речовин, що може призвести до встановлення невизначених термінів заборони на використання земель.

Серед речовин, що утворюють хімічне забруднення воєнно-техногенного походження, можна виділити такі категорії: палива транспортних засобів, мастильні матеріали, сольвенти, відходи гальванічного виробництва, залишки вибухових речовин, дезактиваційні речовини, важкі метали та їхні сполуки, а також радіоактивні речовини. Важливою категорією є вибухонебезпечні матеріали, які також можуть вносити значний внесок у формування хімічного забруднення [5].

Фізичний вплив воєнних заходів визначається змінами фізичних властивостей ґрунтового покриву внаслідок використання систем зброї та військової техніки.

Вібраційний вплив характеризується низькими частотами коливань і передачею їх через тверді предмети, що стикаються з працюючими механізмами. Цей вплив пов'язаний із генерацією енергетичних імпульсів під час бойової підготовки, таких як вибухи боєприпасів та стрільба з різних систем зброї. Ці імпульси можуть бути одноразовими, викликаними вибухами, або періодичними, такими як шум і вібрація від роботи військової техніки.

Джерелами вібрації на військовому полігоні можуть бути військова автомобільна та бронетехніка, а також дизельні, газодинамічні та вентиляційні установки різного призначення. Передача вібрації у ґрунт може призводити до його ущільнення, витіснення води, змін мікрорельєфу, а також утворення порожнин.

Радіоактивний вплив виникає внаслідок збільшення вмісту радіоактивних речовин через застосування боєприпасів із збідненим ураном та джерел іонізуючого випромінювання.

Тепловий вплив виникає через локальне підвищення температури від викидів нагрітого повітря, порохових газів, газоподібних продуктів вибухового перетворення боєприпасів та вихлопних газів. Цей вплив негативно впливає на ґрунтовий покрив, порушуючи термічний та водний режим, а також змінюючи його гранулометричний та агрегатний склад [5].

Екологічні наслідки військових дій також включають шкоду, яка

заподіяна здоров'ю людей внаслідок контакту з небезпечними речовинами. Наприклад, вдихання газів, що викидаються під час горіння нафтових родовищ або пилу урану, може спричинити розвиток астми та, можливо, рак легенів.

Можна класифікувати негативні наслідки військових дій на екологію та навколишнє середовище:

1. Забруднення ґрунту та води.
2. Зміна біогеохімічного балансу територій.
3. Руйнування гідротехнічних, електричних та газових споруд.
4. Знищення лісів та господарських угідь.
5. Знищення природи та фауни заповідних територій.
6. Нанесення шкоди здоров’ю людини.

Наслідки військових дій мають непередбачувані екологічні наслідки і відчутні протягом багатьох років після завершення військових подій.

1.2 Оцінка впливу світових військових конфліктів на стан навколишнього середовища

На початку XX століття військові конфлікти не викликали значущого впливу на навколишнє середовище та екологію загалом. Тому питання взаємозв'язку між військовими діями та екологічним впливом залишалося малодослідженим та неактуальним протягом тривалого періоду [6].

З розвитком суспільства війни стали вдосконаленими у використанні сучасної зброї, що призвело до формування наукового напряму «війна і екологія». Кожна війна завдає серйозної шкоди екології території, де ведуться бойові дії. Військові конфлікти породжують різноманітні негативні екологічні наслідки.

Мінування територій, залишки техніки, хімічні речовини, продукти горіння та високотоксичне паливо суттєво обмежують зони господарського використання та завдають непоправної шкоди природному середовищу, в якому проживає людина. Воронки, утворені внаслідок вибухів, призводять до ерозії та

формування боліт. Це явище не лише виключає великі території з господарського використання, але й перетворює їх у резервуари, сприяючи розмноженню комах – переносників заразних захворювань для людини і тварин [6].

Під час Першої світової війни найбільші втрати ґрунтовим ресурсам були завдані в Франції. У ході битви на Соммі в 1918 році сільські території були повністю знищені. Траншеї прокладались через сільськогосподарські землі, що призвело до деградації ґрунтів. Більше 100 тис. га сільськогосподарських угідь були настільки пошкоджені, що вирішено було вилучити їх з експлуатації та залісити для відновлення [5].

Однією з найбільш руйнівних і, можливо, тривалих наслідків Другої світової війни для навколишнього середовища стало ядерне бомбардування Хіросіми та Нагасакі в Японії. У серпні 1945 року були скинуті дві ядерні бомби з різницею всього в три дні. Поза безпосереднім збитком від радіаційного забруднення виникли додаткові втрати внаслідок масових пожеж, "чорного дощу", який випадав протягом кількох днів, забруднення ґрунтових та водних ресурсів, а також знищенням рослинного та тваринного світу. Пожежі були супроводжені сильними дощами, які змивали велику частину вже розрідженого ґрунту внаслідок відсутності рослин.

Під час воєнних дій термін «випалена земля» отримав нове значення в Азії, зокрема під час війни у В’єтнамі. Однією з найбільш відомих операцій уряду США зі знищення рослинного покриву та деградації ґрунтів стала так звана операція «Рука ранчо». Під час цієї операції було використано 75% від загальної кількості використаних гербіцидів, спрямованих на ліси Південного В’єтнаму.

Території, які піддавались повторним обприскуванням, виявили більший відсоток знищеної рослинності порівняно з тими, які обприскані лише один раз. Мангрові ліси, зокрема, були суттєво пошкоджені, призводячи до ерозії та поступового руйнування берегової лінії. Оцінки дослідників свідчать, що понад 120 тис. га мангрових лісів було знищено внаслідок використання дефоліантів

під час війни у В’єтнамі, що призвело до серйозної шкоди екосистемі країни. Навіть сьогодні практично 20% припливних та 30% прибережних мангрових заростей залишаються невідновленими [5].

Воронки, залишені в результаті бомбардувань, продовжують існувати по всьому В’єтнаму й сьогодні. У ряді досліджень, проведених Артуром Вестінгом в період з 1969 по 1973 роки, було обчислено, що в Південно-Східній Азії сталося понад 30 мільйонів вибухів, кожен з яких призвів до утворення кратерів. Ці кратери, із середнім діаметром приблизно 10 м і відсутністю верхнього шару ґрунту, викликали деградацію значної частини ландшафту В’єтнаму.

Багато з цих кратерів й дотепер наповнені водою, що призводить до проблем з дренажем і утворенням середовищ для розвитку хвороботворних організмів. Це ускладнює або унеможливлює обробку цих земель.

Війна в Перській затоці в 1991 році стала одним з найостанніших прикладів прямих екологічних збитків, спричинених воєнними діями. У спробі зупинити вторгнення союзників, були ліквідовані заводи з опріснення води, що призвело до руйнування економік Кувейту та Саудівської Аравії.

Детонатори, розміщені заздалегідь в стратегічно важливих місцях, зруйнували приблизно 1 250 нафтових свердловин і залишили близько 600 свердловин горіти. Останню пожежу вдалося припинити лише через дев'ять місяців після її початку. Дим від палаючої нафти містив поліциклічні ароматичні вуглеводні та залишки важких металів (нікель, хром, ванадій), які могли викликати онкологічні захворювання у населення.

Крім того, дим включав діоксид сірки та оксиди азоту, які можуть накопичуватися в атмосфері та випадати у вигляді кислотних дощів. Це призвело до загрози забруднення водопостачання і погіршило умови сільського господарства через нестійкість піщаних ґрунтів до кислоти [5].

Найгірший випадок неспрацьованих боєприпасів відбувається на армійському полігоні Джефферсон у штаті Індіана. З 1941 року Джефферсон використовується як полігон для випробувань боєприпасів, і протягом

наступних п'ятдесяти років тут було випробувано приблизно 23 мільйони боєприпасів. За офіційними оцінками, на сьогоднішній день 1,5 мільйона цих випробувальних снарядів залишаються нерозірваними, засмічуючи понад 20 тис. га території полігону. Згідно деяким відомостям, боєприпаси заглиблені на глибину 7м під землею.

Треба також враховувати, що військові постійно випробовують нову зброю. Однак процес очищення токсичних речовин був ускладнений більш ретельною політикою зберігання та утилізації цих речовин, особливо в контексті випробувань боєприпасів [5].

Конфлікт у Косові у 1999 році призвів до додаткових екологічних проблем. За звітами, сербські сили отруювали колодязі та, ймовірно, використовували тактику випаленої землі, щоб змусити косовських албанців залишити свої домівки. 78-денна кампанія бомбардувань НАТО спричинила серйозні пошкодження певним областям, зокрема навколо нафтопереробного заводу, нафтохімічного комплексу та заводу з виробництва добрив у місті Панчево, а також на промислових об'єктах в Панчево та Новому Саду.

Знову ж таки, питання використання уранових боєприпасів стало актуальним, а напади на об'єкти цивільної інфраструктури, такі як очисні споруди, за повідомленнями, спричинили екологічні збитки не лише в Югославії, а й на території нижче по Дунаю в Румунії та Болгарії.

1.3 Висновок до розділу 1

1. Військова діяльність є однією з основних причин екологічних проблем у світі. Під час вибухів та горіння порохів та вибухових речовин виникає значна кількість газів, які містять такі речовини, як азот, сажа, вуглеводні, свинець, двоокис марганцю та інші.

Більшість забруднювачів, що виникають внаслідок бойової діяльності, є газоподібними або твердими дрібнодисперсними речовинами, і багато з них представляють серйозні небезпеки для здоров'я і навколишнього середовища

2. Територія, де ведуться бойові дії, є обмеженим регіоном, на якому відбуваються активні воєнні операції із здійсненням впливу на всі компоненти ландшафту через чинники воєнно-техногенного навантаження. Негативні наслідки включають знищення рослинності, порушення ґрунтового покриву, дефіцит природного зволоження та опустелювання, що різко зменшує біологічні популяції та види. Втрата біорізноманіття поглиблюється через зміни в структурі та функціях ландшафтів.

3. Кожна війна завдає серйозної шкоди екології території, де ведуться бойові дії. Військові конфлікти породжують різноманітні негативні екологічні наслідки.

4. Воронки, утворені внаслідок вибухів, призводять до ерозії та формування боліт. Це явище не лише виключає великі території з господарського використання, але й перетворює їх у резервуари, сприяючи розмноженню комах – переносників заразних захворювань для людини і тварин.

РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙОГО ЗОНДУВАННЯ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

2.1 Методи використання сучасних технологій в сільському господарстві

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - це метод отримання інформації про об'єкти або процеси без прямого фізичного контакту з ними [7]. У сучасному розумінні цього процесу використовується аналіз випромінювання, яке надходить від Землі, незалежно від того, чи є це випромінювання природним чи створеним штучно. Цей аналіз охоплює широкий спектр від ультрафіолетового до радіохвильового спектрів.

Завдяки прогресу в геодезичних та картографічних знаннях тепер можна точно визначати місцезнаходження космічного знімку на поверхні Землі. Без наземних геодезичних спостережень, географічних проекцій та координат було б неможливо ефективно використовувати космічні знімки як джерело геоданих.

Використання аерофотозйомки розпочалося практично відразу після винайдення фотографічного методу. Фелікс Турнашон, відомий також як Надар, став першим, хто здійснив аерознімок, фотографуючи селище під Парижем з повітряної кулі на висоті 80 метрів.

Починаючи з кінця XIX століття, з розвитком методів фотографування, з'явилося багато експериментаторів, які прикріплювали камери до безпілотних літальних апаратів [7].

У 1909 році були здійснені перші аерознімки з літаків, а аерофотозйомка під час Першої світової війни використовувалась для військової розвідки. Між Першою та Другою світовими війнами були розроблені методи її цивільного використання, зокрема в картографії, геології, сільському та лісовому господарстві. Перша фотографія з космосу була зроблена з борту ракети V-2 24 жовтня 1946 року.

Кольорову інфрачервону плівку спочатку розробили передусім для військових цілей, проте у 1950-х роках її почали використовувати для складання карт рослинності. Також у цей період були створені візуальні радари високого розрізнення.

Перші багато спектральні зображення Землі з космосу були отримані з борту пілотованого літального апарата «Аполлон-6». Незважаючи на наявність безпілотних супутників для дистанційного зондування, сучасна ера дистанційного зондування з космосу в режимі моніторингу почалася у червні 1972 року із запуску ERTS - Технологічного супутника для вивчення земних ресурсів, що був розроблений Національним управлінням з аеронавтики і дослідження космічного простору (NASA) США. Супутник ERTS пізніше отримав назву Landsat-1, і програма Landsat успішно функціонує і донині [7].

На сьогоднішній день існує велика кількість супутників, обладнаних різноманітними інструментами для дистанційного зондування, які слідкують за поверхнею Землі. Наприклад, місія CORONA, походження якої пов'язане з секретною програмою військової розвідки, продовжує свою діяльність і використовує передові супутники Keyhole. З іншого боку, Landsat є програмою відкритих ресурсів Землі, яка також активно використовується завдяки вдосконаленим програмам супутникового моніторингу.

Вимоги до параметрів космічної інформації, які виникають у різних галузях науки, промисловості та сільського господарства, свідчать про те, що для вирішення багатьох тематичних завдань дистанційного зондування потрібні матеріали космічної зйомки з просторовою розрізненістю до 5,0 метрів. Більшість завдань вимагає використання даних дистанційного зондування з розрізненістю менше 15 метрів. Роздільна здатність матеріалів космічних зйомок має великий вплив на економічну ефективність їх використання.

Так, геоінформаційні технології та геоінформаційні системи (ГІС) виявляють широке застосування в різних галузях та сферах діяльності. Зокрема, вони використовуються у кадастрових системах для ефективного управління земельним, лісовим та нерухомим майном. Також ГІС важливі в

містобудуванні, муніципальному управлінні, проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів.

Геоінформаційні технології знаходять застосування в геологічних дослідженнях, управлінні сільським, лісовим та водним господарством, вивченні та прогнозуванні погоди, охороні здоров'я, природокористуванні та екологічному моніторингу. Також вони широко використовуються в сферах торгівлі, маркетингу, демографії, дослідженні трудових ресурсів, плануванні, прогнозуванні, обороні, безпеці та надзвичайних ситуаціях, а також у політиці, державному управлінні, туризмі, освіті та науці [8].

Використання ГІС-технологій дозволяє ефективно збирати, зберігати та аналізувати просторову інформацію, забезпечуючи швидку ідентифікацію необхідних даних та їх зручне візуальне відображення.

Сучасні геоінформаційні технології взаємодіють із потужною системою отримання та подачі географічної інформації, базуючись на даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу, літаків та інших літальних апаратів. Цей підхід дозволяє отримувати точну та різноманітну інформацію, забезпечуючи легкий та доступний підхід до неї. З використанням десятків орбітальних систем можна отримувати високоточні космічні знімки будь-якої частини планети.

Існують архіви та банки даних цифрових знімків, що охоплюють значну територію Землі, і доступні для користувачів через Інтернет. Користувачі мають можливість шукати, замовляти та отримувати знімки, а також проводити зйомки обраної території за власним вибором. Багато з цих архівів пропонують різноманітні програмні засоби для обробки та аналізу фотографій з космосу, що дозволяє користувачам використовувати ці дані для різних цілей, таких як дослідження, моніторинг середовища, агропромисловість, та інші [8].

Copernicus – це програма спостереження Землі в рамках космічної програми Європейського Союзу (рис. 2.1), яка вивчає нашу планету та її довкілля. Вона пропонує інформаційні послуги, які базуються на даних супутникового спостереження Землі та наземних (не космічних) даних [9].

Рисунок 2.1 – Copernicus Access Hub: база аерофотознімків

Програмою керує Європейська Комісія. Вона реалізується у партнерстві з державами-членами, Європейським космічним агентством (ESA), Європейською організацією з експлуатації метеорологічних супутників (EUMETSAT), Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF), агенціями ЄС та Mercator Océan.

Величезні обсяги глобальних даних із супутників та наземних, повітряних і морських вимірювальних систем надають інформацію, яка допомагає постачальникам послуг, органам державної влади та іншим міжнародним організаціям. Надані інформаційні послуги є безкоштовними і відкриті для користувачів.

Система «Copernicus» була спеціально розроблена, щоб задовольнити потреби користувачів. Засновані на супутникових та наземних спостереженнях, сервіси «Copernicus» надають дані в режимі, близькому до реального часу, на глобальному рівні, які також можуть бути використані для місцевих та регіональних потреб, щоб допомогти нам краще зрозуміти нашу планету та раціонально використовувати навколишнє середовище, в якому ми живемо [9].

Обслуговування системи «Copernicus» здійснюється за допомогою спеціальних супутників (сімейства Sentinel) та допоміжних місій (існуючі комерційні та державні супутники). Після запуску Sentinel-1A у 2014 році

Європейський Союз розпочав процес розміщення на орбіті ще майже 20 супутників до 2030 року. Програма також збирає інформацію з систем на місцях, таких як наземні станції, які передають дані, отримані за допомогою безлічі датчиків на землі, в морі або в повітрі.

Сервіси «Copernicus» перетворюють безліч супутникових та наземних даних на інформацію з доданою цінністю, обробляючи та аналізуючи дані. Набори даних, що зберігаються роками і десятиліттями, стають доступними для пошуку, забезпечуючи таким чином моніторинг змін, досліджуються закономірності і застосовуються для створення кращих прогнозів, наприклад, океану і атмосфери. На основі знімків створюються карти, визначаються особливості та аномалії, а також витягується статистична інформація [9].

Інформація, яку надають сервіси може бути використана цільовими користувачами для широкого спектру застосувань у різних галузях. Це управління міськими територіями, сталий розвиток та охорона природи, регіональне та місцеве планування, сільське, лісове та рибне господарство, охорона здоров'я, цивільний захист, інфраструктура, транспорт та мобільність, а також туризм.

Наразі Європейське космічне агентство розробляє 10 місій в рамках програми Sentinel. Кожна з цих місій базується на використанні двох супутників.

Sentinel-1 надає можливість проведення спостережень як удень, так і вночі, незалежно від погодних умов, використовуючи радіолокаційні дані. Перший супутник Sentinel-1A був успішно виведений на орбіту в 2014 році, а другий - Sentinel-1B - 25 квітня 2016 року [10].

Sentinel-2 надає високо роздільні оптичні знімки для системного вивчення суші. Перший супутник Sentinel-2 почав свою ефективну роботу 23 червня 2015 року.

Sentinel-3 відповідає за системний контроль океану та глобальний моніторинг Землі. Перший супутник Sentinel-3A був виведений на орбіту 16 січня 2016 року.

Sentinel-4 виведений на орбіту у 2023 році. Цей супутник забезпечує дані для системного контролю атмосфери та взаємодіє з супутником третього покоління Meteosat.

Sentinel-5 Precursor включає в себе апаратну частину датчиків, які також використовуються в системі Sentinel 5. Цей супутник був запущений 13 жовтня 2017 року з основною метою уникнення відсутності даних у період між завершенням місії ENVISAT у 2012 році та запуском Sentinel-5 у 2021 році, зокрема щодо атмосферного спостереження, особливо SCIAMACHY.

Sentinel-5 постачає дані для системного контролю атмосфери. Він був виведений на орбіту одночасно з космічним апаратом post-EUMETSAT Polar System (EPS) і розпочав свою роботу з 2021 року.

Sentinel-6 призначений для підтримки високоточних місій альтиметрії, що включає вимірювання висоти над рівнем моря, подібно до місії супутника Jason-3. Запуск Sentinel-6A відбувся в листопаді 2020 року.

Sentinel-7 – це місія Carbonsat (вимірювання вмісту Карбону).

Sentinel-8 – це термічна інфрачервона місія.

Sentinel-9 – це інфрачервона місія вимірювань льоду і снігу.

Sentinel-10 – це гіперспектральна місія [10].

Sentinel-2 проводить зйомку в 12 спектральних каналах, при цьому канали RGB і NIR мають просторову роздільну здатність на рівні 10 метрів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Характеристики каналів супутнику Sentinel-2

Канали Sentinel-2	Центральна довжина хвилі [мікрометри]	Роздільна здатність [метри]
Канал 1 – Аерозолі	0,443	60
Канал 2 – Синій	0,490	10
Канал 3 – Зелений	0,560	10
Канал 4 – Червоний	0,665	10
Канал 5 – Інфра червоний	0,705	20
Канал 6 – Інфра червоний	0,740	20

Закінчення табл. 2.1

Канал 7 – Інфра червоний	0,783	20
Канал 8 – NIR	0,842	10
Канал 8A – Червоний	0,865	20
Канал 9 – Водяна пара	0,945	60
Канал 10 – SWIR – Пір'їсті хмари	1,375	60
Канал 11 – SWIR1	1,610	20
Канал 12 – SWIR2	2,190	20

Сучасні ГІС широко використовуються в таких областях:

1. Геодезія та картографія: ГІС застосовуються для обробки результатів польових вимірювань, зберігання та оновлення картографічної інформації, а також для підготовки до друку та видання карт.

2. Навігаційні системи та системи моніторингу транспорту: можливості ГІС з відображення великих обсягів різноманітних картографічних даних дозволяють в реальному часі відстежувати місцезнаходження та рух транспортних засобів.

3. Муніципальні системи: ГІС використовуються для зберігання різноманітної просторової інформації та пов'язаних з об'єктами документів, таких як плани території, земельно-кадастрова інформація, дані про об'єкти нерухомості, комунікації, а також креслення, дозволи, рішення та інші документи.

4. Моніторинг навколишнього природного середовища: фахівці у цій галузі використовують ГІС для зберігання та аналізу значних обсягів просторової інформації, що робить їх ключовими у сфері моніторингу навколишнього середовища.

5. Військова справа: геодезія та картографія завжди були невід'ємною частиною військових операцій, і сьогодні ГІС використовуються як для розробки військово-топографічних карт, так і для прийняття рішень в сфері

військової стратегії [11].

Останні роки свідчать про значні трансформації у галузі сільського господарства завдяки впровадженню інформаційних технологій. Ці новаторські рішення змінюють підхід до обробки сільськогосподарських культур і управління полями, роблячи їх більш вигідними, ефективними, безпечними та доступними для фермерів [12].

П'ять ключових інновацій у цій галузі, які завдяки своїм перевагам отримали визнання серед фермерів, включають:

- ГІС технології та GPS у сільському господарстві;
- Використання супутникових знімків;
- Використання дронів та інших аерофотознімки;
- Застосування інформаційних технологій для потреб сільського господарства та отримання онлайн-даних;
- Об'єднання різних наборів даних.

Сучасні сільськогосподарські ферми користуються численними перевагами, які виникають внаслідок постійного розвитку інформаційних технологій у галузі. Ці переваги включають:

1. Ефективне використання ресурсів: використання інформаційних технологій дозволяє фермам зменшити споживання води, поживних речовин і добрив, що призводить до більш ефективного та екологічно чистого сільського господарства.

2. Охорона навколишнього середовища: сучасні технології сприяють зменшенню негативного впливу на природні екосистеми, а також зниженню ризику забруднення хімічними речовинами ґрунтових вод і річок.

3. Підвищення ефективності: інформаційні технології дозволяють оптимізувати управління фермами, що призводить до підвищення продуктивності та зниження витрат.

4. Економія коштів: використання передових технологій сприяє зниженню витрат на сільськогосподарські операції, роблячи сільське господарство більш прибутковим [12].

2.2 Використання ГІС-технологій в сільському господарстві

Геоінформаційні технології (ГІС) відіграють ключову роль у розвитку точного сільського господарства, надаючи фермерам інструменти для створення карт, які не лише відображають поточний стан, але й прогнозують майбутні зміни в показниках, таких як опади, температура, врожайність і стан рослин (рис.2.2).

Рисунок 2.2 – Геоінформаційні технології в сільському господарстві

ГІС також включають застосунки на основі GPS, які сприяють оптимізації внесення добрив та пестицидів у сільському господарстві. Фермери можуть точно визначити ділянки для обробки, що призводить до ефективної економії грошей, зусиль і часу [12].

Додатково, використання супутників і дронів для збору даних про рослинність, ґрунтові умови, погоду та рельєф з висоти пташиного польоту є ще однією значущою перевагою. Ці дані покращують точність управлінських рішень у сільському господарстві, сприяючи підвищенню продуктивності та зниженню витрат.

Супутники. Використання супутникових даних для прогнозування врожайності та моніторингу полів у режимі реального часу стає більш доступним завдяки новітнім технологіям в сільському господарстві. Сучасні датчики здатні надавати зображення у різних спектральних діапазонах, що дозволяє використовувати різноманітні спектральні індекси (рис. 2.3).

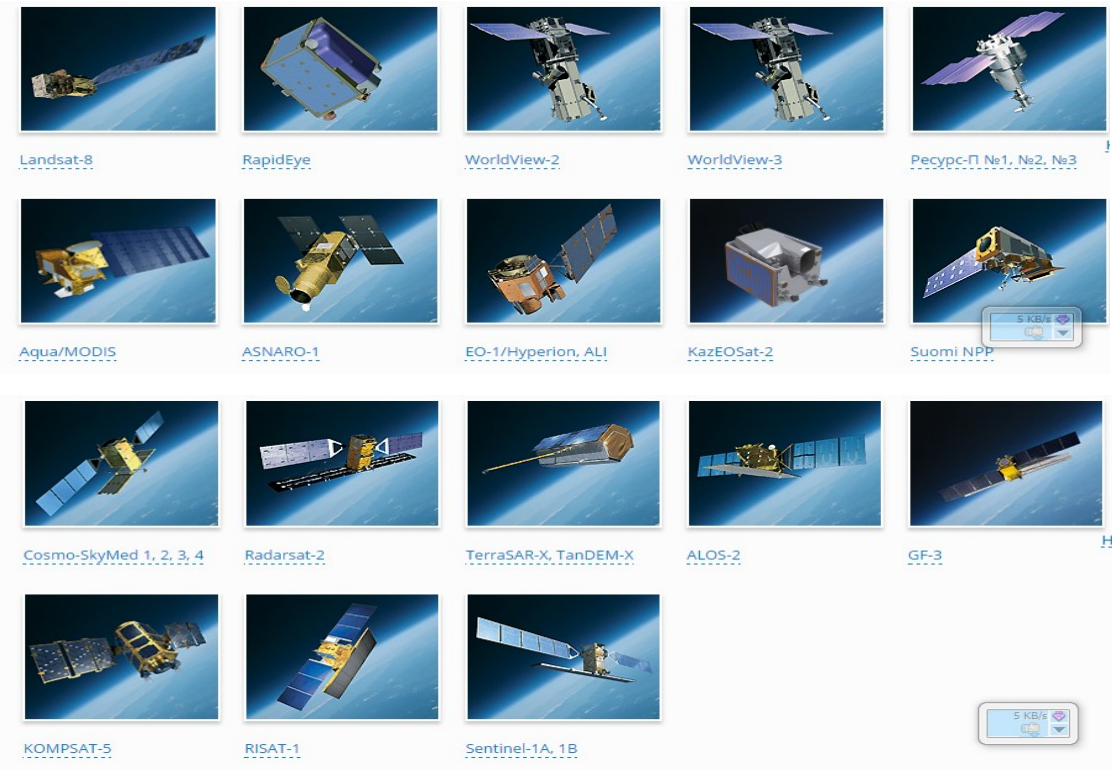

Рисунок 2.3 – Популярні радарні та оптичні супутники

Один із таких індексів, Нормалізований диференційований вегетаційний індекс (NDVI) - допомагає визначити стан рослинності, виявляти ознаки зів'ялих рослин та отримувати загальну інформацію про стан рослин. Інший важливий індекс - Індекс вмісту хлорофілу в покривах (CCCI) - є корисним для оптимізації внесення поживних речовин у сільському господарстві. До них також можна віднести Нормалізований індекс RedEdge (NDRE), який допомагає визначити вміст азоту в рослинах, і Модифікований ґрунтово-корегований вегетаційний індекс (MSAVI), розроблений для мінімізації впливу ґрунтового фону на оцінку стану рослин на ранніх стадіях їх розвитку. Це лише декілька прикладів індексів, які допомагають зрозуміти стан та потреби сільськогосподарських культур [12].

Дрони. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві, такі як дрони, відкривають для фермерів можливість отримувати високоточні дані щодо біомаси врожаю, висоти рослин, наявності бур'янів і рівня насиченості вологою на конкретних ділянках поля. Порівняно з супутниковими технологіями, дрони забезпечують більш якісну та точну інформацію з вищою роздільною здатністю (рис. 2.4).

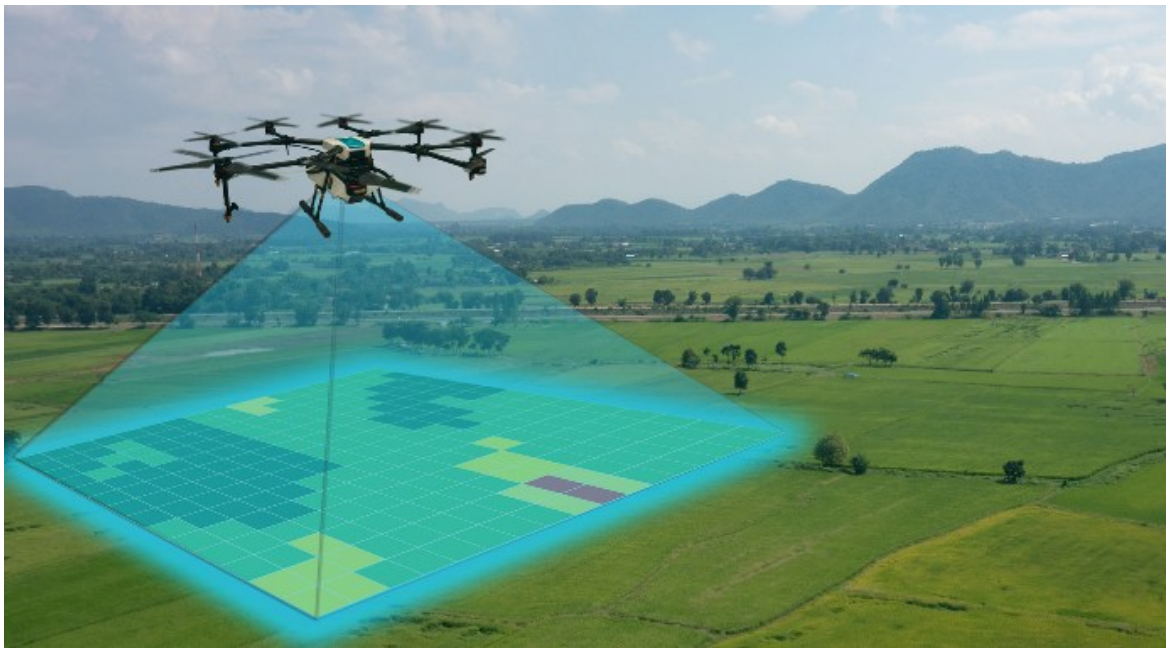

Рисунок 2.4 – Дрони з автопілотом

Дрони дозволяють надавати цінну інформацію швидше, оскільки вони працюють безпосередньо на місцях в сільському господарстві. Особливо важливою є їхня роль у виявленні шкідників, оскільки застосування інсектицидів може бути спрямоване лише на конкретні зони за допомогою безпілотних технологій, сприяючи тим самим зниженню негативного впливу на навколишнє середовище та ризику отруєння хімічними речовинами [12].

Незважаючи на простоту використання та здатність збирати великі обсяги даних, використання дронів може бути вартісною. Дрони не завжди ефективні для картографування або моніторингу великих територій, і, тому, рекомендується комбінувати їх використання з супутниковим моніторингом для подальшої перевірки конкретних зон на карті.

Онлайн-платформи. EOSDA Crop Monitoring - це цифрова платформа, яка використовує супутниковий моніторинг для полегшення процесу прийняття рішень фермерами в галузі сільського господарства (рис. 2.5).

Рисунок 2.5 – Онлайн-дані для точного сільського господарства

Основні функції цієї платформи включають:

1. Моніторинг врожаю. Використання Нормалізованого диференційованого вегетаційного індексу (NDVI) для стеження за станом врожаю в сільському господарстві. NDVI вказує на кількість хлорофілу в рослинах і надає інформацію про їхнє здоров'я. Вищі значення NDVI свідчать про більш здорову рослинність.

2. Застосунок Scouting. Ця програма, доступна для мобільних і настільних пристроїв, використовує цифрові карти полів. Фермери можуть надавати завдання розвідникам, які перевіряють стан полів, активність шкідників, боротьбу з бур'янами та роблять записи в програмі.

3. Аналітика погоди. Аналіз погодних даних у поєднанні з даними про стан рослин з супутникових знімків допомагає фермерам раціонально використовувати полив і запобігати заморожуванню або перегріву рослин.

4. Заснування на супутникових знімках. Основна перевага EOSDA Crop Monitoring полягає в використанні супутникових знімків. Це дозволяє

оперативно аналізувати умови сільського господарства, приймати рішення щодо вирощування певних культур і ефективно планувати наступний сезон [12].

Поєднання та обробка даних. У платформі EOSDA Crop Monitoring іноді необхідно об'єднувати різні набори даних для отримання корисної інформації про поля [6]. Наприклад, користувач може порівнювати продуктивність свого поля з середньою продуктивністю у своєму районі, використовуючи порівняння даних, отриманих з усіх полів у районі, зокрема за індексом рослинності NDVI. У найближчому майбутньому платформа планує розширити можливості порівнянь, додаючи нові індекси (рис. 2.6)

Рисунок 2.6 – Поєднання просторових даних

Крім того, вона дозволяє аналізувати дані про погоду, включаючи такі варіанти:

- «Вимерзання рослин»: повідомляє про низькі температури, які можуть загрожувати озимим культурам.
- «Загроза заморозків» виділяє дні з температурою нижче -6°C для оцінки можливих збитків від заморозків.
- «Загроза засухи» показник днів з температурою вище +30°C для оцінки можливого теплового стресу.

Платформа також дозволяє відстежувати опади та температуру, що надає фермерам важливу інформацію для управління сільськогосподарськими ділянками.

2.2 Проблеми та перспективи сучасних технологій у сфері сільського землекористування

Безпілотні засоби, зокрема дрони, стали найбільш поширеною технологією в українських господарствах. Вони використовуються як автономні пристрої для збору даних та стали необхідною частиною інтегрованих систем, що базуються на сучасних інформаційних технологіях, хмарних рішеннях та обробці великих обсягів даних. Безпілотна сільськогосподарська техніка дозволяє ефективно обробляти поля, використовуючи дані супутникової навігації. Автономні ферми та точне землеробство вже стали реальністю для сільськогосподарського сектора України [13].

Технологічні та цифрові трансформації суттєво впливають на різні аспекти суспільства, бізнесу та інших сфер життя. Наслідки цих трансформацій можна узагальнити за трьома основними категоріями (табл. 2.2)

Таблиця 2.2 – Впровадження технологічних та цифрових змін

Ефективність та доходи	Витрати	Працівники
Розширення обсягів продажів та підвищення прибутковості	Витрати на придбання технологічних рішень та погашення процентної ставки за кредитами	Мінімізація впливу людського фактору на виробничі процеси та прийняття рішень
Підвищення продуктивності	Збільшення витрат на забезпечення кібербезпеки.	Спрощення фізичної праці до повної заміни людської праці
Забезпечення постійного нагляду та управління	Витрати на подальше навчання персоналу.	Модифікація функціоналу працівників

Закінчення табл. 2.2

технологічними процесами та витратами.		
Оптимізація бізнес-процесів та поява нових моделей бізнесу		Зміна переліку потрібних кваліфікацій та попит на працівників/спеціалістів із цифровими навичками
Покращення ефективності роботи як підприємства в цілому, так і його працівників		Виникнення, зміна або перетворення професій/кваліфікацій/посад
Мінімізація фінансових та податкових обтяжень шляхом скорочення персоналу		
Використання екологічно чистих технологій та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище		

Впровадження технологій розглядається як чинник, спрямований на забезпечення прибутковості та зменшення ризиків за рахунок зниження впливу людського фактору на виробничі процеси. За думкою експертів, такий підхід може призвести до часткового звільнення працівників, особливо в тих підприємствах, які прагнуть до повної автоматизації.

У зв'язку з інфраструктурою, впровадження стандарту мобільного зв'язку 5G розглядається як ключовий елемент в оцифрування процесів у сільському

господарстві. На сьогоднішній день відсутність стійкого забезпечення передачі даних з віддалених місць у віддалених регіонах вважається фактором, що уповільнює впровадження інновацій [13].

Технології відкривають можливість «вивільнити» людину від важкої фізичної праці та неприємних обов'язків, перетворюючи більшість працівників у операторів, які взаємодіють з складними системами та машинами. Навіть при наявності певного обсягу ручної праці, збільшуються вимоги до рівня володіння цифровими навичками та умінь працювати в команді з технічними системами.

Отримання оперативної та достовірної інформації про стан ґрунтів, угідь і посівів на регіональному та загальнодержавному рівні має вирішальне значення для ефективного управління сільськогосподарським виробництвом. Це включає оцінку якості агротехнічних заходів, контроль несприятливих погодних умов, фітосанітарного стану та антропогенних впливів. Сучасні технології сільськогосподарського виробництва базуються на різноманітній за спектром, часом і детальністю геопросторовій інформації, отриманій за допомогою дистанційних знімальних пристроїв (ДЗЗ) [14].

Щоб ефективно використовувати методи ДЗЗ для вирішення різноманітних завдань, важливо добре розуміти їхні особливості та характеристики. Методи ДЗЗ, як і всі інші методи отримання інформації, мають обмеження та переваги. Крім того, існує певна ступінь точності, яка є важливою для кожного методу [15].

Переваги методів ДЗЗ включають наступне:

- інформація збирається без втручання в об’єкт дослідження;
- велика оглядовість (здатність одночасно отримувати інформацію з великих площ) методів ДЗЗ дозволяє виявляти та досліджувати явища та процеси, які неможливо спостерігати з невеликої відстані;
- сенсори, які використовуються в системах ДЗЗ, здатні реєструвати електромагнітне випромінювання (ЕМВ) у різних діапазонах спектра, включаючи радіо, мікрохвильовий, інфрачервоний і видимий. Це значно

підвищує інформативність сенсорів і розширює діапазон задач, які можна вирішити.

Окрім вищезазначених функцій ДЗЗ, управління земельними ресурсами та інвентаризація сільськогосподарських угідь є важливими сферами їх використання. Особливо це стосується використання авіаційних методів ДЗЗ та супутникової зйомки на місцевості з високою просторовою розрізненістю для створення тематичних планів і карт різного масштабу [15].

Незважаючи на потенційні переваги, використання супутникових технологій у сільському господарстві має деякі проблеми:

- вплив погодних умов, такі як хмарність, опади можуть створювати перешкоди в момент проходження супутника;
- обмежена просторова та спектральна розрізненість: для точного аналізу деякі види сільськогосподарських угідь можуть вимагати високої роздільної здатності та чутливості до спектральних характеристик (визначення типу ґрунту, ідентифікація шкідливих організмів на індивідуальному рівні) [14].

2.3 Дослідження рослинності на основі вегетаційних індексів

Збір та аналіз даних про сільськогосподарські поля стає можливим завдяки використанню геоінформаційних систем (ГІС) у сільському господарстві. Інформацію для ГІС отримують з різних джерел, включаючи прилади та техніку, розташовані безпосередньо на полях, а також із застосуванням дронів та супутників в атмосфері. Це надає можливість оперативного отримання та обробки важливих даних для оптимізації сільськогосподарських процесів [15].

Геоінформаційні системи виступають як засіб для створення інтерактивних карт з багатьма шарами, що дозволяє візуалізації складної інформації та проводити просторовий аналіз. У сільському господарстві ГІС-технології використовуються для збору, систематизації та аналізу даних про

поля, а також для віддаленого моніторингу стану сільськогосподарських культур. Ефективне впровадження ГІС-технологій в сільське господарство залежить від використання сучасних систем та обладнання, таких як GPS, а також моніторингу посівів за допомогою супутників та дронів.

Візуалізація даних, отриманих за допомогою ГІС-технологій в сільському господарстві, дозволяє виявляти тенденції та закономірності у розвитку рослин, вчасно виявляти зміни та вирішувати проблеми.

Технології ГІС для моніторингу сільськогосподарських полів включають у себе як апаратне, так і програмне забезпечення. До апаратного можуть належати різні пристрої: ноутбук, комп'ютер чи дрони та супутники. Програмне забезпечення використовується для створення карт, які відображають місцеположення та загальний стан сільськогосподарських культур, характеристики рельєфу, тип ґрунту, використовувані види добрив і інші параметри [15].

Розглянемо, як саме здійснюється збір індформації геоінформаційних систем в аграрному секторі.

1. Дистанційне зондування. Процес сканування поверхні Землі з літака чи супутника. Зображення середньої роздільної здатності найкраще надає супутник Landsat-8, який обертається навколо планети кожні 16 днів. Цей супутник працює з дев'ятьма діапазонами видимого світла та тепловим інфрачервоним випромінюванням (TIR), яке не видно для людського ока. Знімки Landsat-8 використовуються для ведення моніторингу стану сільськогосподарських полів, виявлення нашестя шкідників, визначення вмісту поживних речовин, вологовмісту та інших параметрів [15].

2. Технології GPS. Інтеграція GPS та ГІС-технологій у сільському господарстві дозволяє отримувати дані в реальному часі, враховуючи географічні координати. Це означає, що сільгоспвиробники можуть підвищити ефективність використання ресурсів, використовуючи спеціалізоване обладнання для точного визначення областей, які вимагають конкретної обробки на конкретному сільськогосподарському підприємстві. Використання

GPS та ГІС для картографування полів дозволяє проводити аналіз сортів сільськогосподарських культур, визначати висоту рельєфу, межі полів, ефективність систем зрошення та інші параметри. З використанням GPS-датчиків на сівалках, комбайнах та системах зрошення можна проводити аналіз різних показників стану посівів у режимі реального часу. Це включає в себе вимірювання вмісту хлорофілу та вологи з точним вказанням конкретної ділянки поля [15].

Програмне забезпечення для відстеження стану полів за допомогою геоінформаційних систем різниться в залежності від конкретних завдань. Деякі інструменти відображають різновиди сільськогосподарських культур, тоді як інші фіксують рівень вологості ґрунту. Загалом, завдяки різноманіттю можливостей ГІС-технологій, сільське господарство будь-якого типу може досягти високого рівня ефективності.

Платформа EOSDA Crop Monitoring є відмінним прикладом використання ГІС-технологій у сільському господарстві. Універсальна цифрова платформа включає в себе історичні дані щодо продуктивності полів, аналітику на основі вегетаційних індексів та точні прогнози погоди на 14 днів [15]. Отримана інформація дозволяє провести оцінку врожайності конкретної сільськогосподарської культури, здійснити аналіз ефективності використання добрив і розробити стратегії для довгострокового планування виробництва та розвитку сільськогосподарських підприємств.

ГІС-технології дозволяють створювати детальні карти вегетації та продуктивності полів, що сприяє оптимізації управлінських рішень в сільському господарстві. За допомогою ГІС-інструментів в агрономії можна оцінювати стан рослинності на всьому полі або на конкретній ділянці. Отримана за допомогою ГІС-технологій інформація використовується для коригування внесення насіння, поживних речовин, гербіцидів та добрив.

Ручна перевірка є повільним та трудомістким методом контролю за станом посівів на великих площах. Дистанційне зондування та ГІС-технології в сільському господарстві допомагають вирішити цю проблему.

ГІС-технології в сфері точного сільського господарства дозволяють ідентифікувати конкретні рослини на полі, які вимагають особливої уваги. Наприклад, за допомогою датчиків на супутниках та літаках можна моніторити температуру сільськогосподарських культур. Високі значення цих показників, ймовірно, вказують на наявність захворювань, атаки шкідників або дефіциту води для рослин [15].

Використання методів обробки даних дистанційного зондування (ДЗЗ) для створення карт сільськогосподарського землекористування дозволяє не лише аналізувати межі різних класів земельної поверхні, але і проводити оперативний тематичний моніторинг стану сільськогосподарських культур, а також оновлювати метадані просторових об'єктів [16].

Багато технологічних рішень для аналізу параметрів рослинного покриву на основі космічних знімків у різних зонах спектру ґрунтуються на розрахунку вегетаційних індексів. Ці індекси є формалізованими виразами, де в якості змінних використовуються яскраві характеристики каналів. Розрахунок більшості цих індексів базується на властивостях відбивної здатності рослин у червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах спектру. Зі збільшенням фітомаси в межах пікселя значення яскравості зростають у ближньому інфрачервоному діапазоні та зменшуються у червоному.

Для моніторингу посівів сільськогосподарських культур використовується один із найпоширеніших вегетаційних індексів – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), який був вперше запропонований у 1973 році J.W. Rouse, R.H. Haas, J.A. Schell, DW. Deering. Значення цього індексу коливаються в інтервалі від -1 до 1. Чим вище розрахункове значення, тим більше фітомаса, яку можна виявити в межах конкретного пікселя. У роботі використовується традиційна формула (2.1) для його обчислення.

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red), \qquad (2.1)$$

де *NIR* - відображення в ближній інфрачервоній області спектра;

RED – відображення у червоній області спектра [17].

Листкова поверхня практично прозора для сонячного випромінювання в

видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Пройшовши через поверхневий шар листка, промені потрапляють у багатошарову м'яку частину листка, де взаємодія з тканинами включає в себе вбирання сонячної енергії, її перетворення та селективне відбиття [18].

Спектральні характеристики багатьох рослин зазнають змін протягом періоду вегетації внаслідок різноманітних факторів, таких як зміни у формі, розмірах та товщині листків, зміни в структурі листка, зміна концентрації пігментів та, в кінцевому підсумку, забрудненість листя.

Спектральні відмінності у характеристиках рослин можуть виявлятися як виразними, так і менш помітними протягом різних сезонів року. У зв'язку з цим виникла потреба вивчення спектральної яскравості рослинних об'єктів протягом всіх сезонів, природних фенофаз, що включає в себе природну динаміку життєдіяльності рослин від їх виникнення та проростання у вигляді сходів до відмирання, руйнування і розкладу [18].

Відповідно до формули, щільність рослинного покриву (NDVI) у конкретний момент зображення визначається як різниця між інтенсивністю відбитого світла в інфрачервоному та червоному спектральних зонах, поділеною на їхню суму. Обчислення NDVI базується на двох найбільш стабільних областях (незалежно від інших факторів) спектральної кривої відбиття судинних рослин. Максимальне поглиблення сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин відбувається в червоному спектрі (0,6 - 0,7 мкм), тоді як область максимального відбиття структур клітин розташована в інфрачервоному спектрі (0,7 - 1,0 мкм). Інакше кажучи, велика фотосинтетична активність, зазвичай пов'язана з густою рослинністю, призводить до меншого відображення в червоному спектрі і більшого в інфрачервоному. Взаємозв'язок цих показників дозволяє чітко відокремити рослини від інших природних об'єктів. Використання не лише коефіцієнта, але й нормалізованої різниці між максимальним і мінімальним відбиттям підвищує точність вимірювань та зменшує вплив таких факторів, як різниця в освітленні зображення, помутніння, дим, поглиблення випромінювання атмосферою тощо [19].

NDVI можна розрахувати із зображень високої, середньої або низької роздільної здатності, використовуючи спектральні канали у червоному діапазоні (0,55 - 0,75 мкм) та інфрачервоному (0,75 - 1,0 мкм). Алгоритм обчислення NDVI є інтегрованим практично з усіма поточними пакетами програмного забезпечення для обробки даних дистанційного зондування [20].

Щоб відобразити індекс NDVI, який знаходиться в межах від -1,0 до +1,0, використовується стандартизована неперервна дискретизована шкала (рис. 2.7).

Рисунок 2.7 – Дискретизована шкала NDVI

Завдяки відмінностям у відображенні в різних частинах червоного та інфрачервоного спектрів природні об'єкти, які не пов'язані з рослинністю, виявляють стале значення NDVI, яке може бути використане для визначення даного параметра. У таблиці 2.3 представлена шкала NDVI, з якої можна взяти до уваги, що кожне конкретне значення NDVI відповідає різним об'єктам на поверхні землі [21].

Таблиця 2.3 –Шкала значень NDVI

Значення NDVI	Тип поверхні (характеристика рослинності)
<0	Вода та штучні матеріали (рослинність відсутня)
0 – 0,3	Відкриті Ґрунти (рослинність відсутня)
0,3 – 0,5	Розряджена рослинність
0,5 – 0,6	Нормальна рослинність
0,6 – 0,7	Рясна рослинність
>0,7	Густа рослинність

Дані дистанційного зондування надають можливість виявляти та картографувати різноманітні сільськогосподарські використання земель, такі як

поля для обробітку, трав'яні насадження, посіви зернових, просапних і технічних культур. Також можна визначити види посівних культур, пасовища, перелоги та інші елементи. За допомогою цих матеріалів можна встановити площі земель, які використовуються під різні типи сільськогосподарських угідь, культури або для специфічних цілей.

Використання високо роздільної апаратури в різних підзонах видимого та інфрачервоного спектру електромагнітного випромінювання дозволяє не лише визначати площі, під якими вирощуються різні сільськогосподарські культури, але й оцінювати їхній стан на різних фазах розвитку. Можливість відстеження динаміки біомаси, виявлення захворювань, пошкоджень від шкідників, а також контроль за водним режимом у посушливих умовах, потенційне виснаження поживних елементів, рівень забур'яненості і ведення агротехнічних заходів у комплексі дозволяє вирішувати завдання прогнозування врожайності відповідних культур [18].

Висновок до розділу 2

1. Використання ГІС-технологій дозволяє ефективно збирати, зберігати та аналізувати просторову інформацію, забезпечуючи швидку ідентифікацію необхідних даних та їх зручне візуальне відображення. Сучасні геоінформаційні технології взаємодіють із потужною системою отримання та подачі географічної інформації, базуючись на даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу, літаків та інших літальних апаратів.

2. Сервіси «Copernicus» перетворюють безліч супутникових та наземних даних на інформацію з доданою цінністю, обробляючи та аналізуючи дані. Набори даних, що зберігаються роками і десятиліттями, стають доступними для пошуку, забезпечуючи таким чином моніторинг змін, досліджуються закономірності і застосовуються для створення кращих прогнозів, наприклад, океану і атмосфери. На основі знімків створюються

карти, визначаються особливості та аномалії, а також витягується статистична інформація.

3. П'ять ключових інновацій у галузі сільського господарства, які завдяки своїм перевагам отримали визнання серед фермерів, включають:

- ГІС технології та GPS у сільському господарстві;
- Використання супутникових знімків;
- Використання дронів та інших аерофотознімки;
- Застосування інформаційних технологій для потреб сільського господарства та отримання онлайн-даних;
- Об'єднання різних наборів даних.

4. ГІС-технології дозволяють створювати детальні карти вегетації та продуктивності полів, що сприяє оптимізації управлінських рішень в сільському господарстві. За допомогою ГІС-інструментів в агрономії можна оцінювати стан рослинності на всьому полі або на конкретній ділянці. Отримана за допомогою ГІС-технологій інформація використовується для коригування внесення насіння, поживних речовин, гербіцидів та добрив.

РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ УШКОДЖЕНЬ ВІД БОЙОВИХ ДІЙ ДЛЯ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

3.1 Технології збору даних за допомогою сучасних систем дистанційного зондування

Для формування часової та просторово-розподіленої бази даних про стан досліджених земель ми пропонуємо використовувати системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) використовують електромагнітне випромінювання для створення зображень поверхні планети. В результаті проведеного літературного пошуку визначено, що сьогодні існує широкий спектр таких систем, які відрізняються за спектральним діапазоном випромінювання, типом приймача і методом зондування, зокрема:

- Фотографічні та фототелевізійні системи;
- Скануючі системи в видимому та інфрачервоному діапазоні (телевізійні оптико-механічні та оптико-електронні, скануючі радіометри та багатоспектральні сканери);
- Телевізійні оптичні системи;
- Радіолокаційні системи бічного огляду (РЛСБО);
- Скануючі системи у невидимому ближньому інфрачервоному діапазоні (НВЧ).

Більш глибока та складна обробка знімків дозволяє розпізнавати малорозмірні об’єкти та явища, які неможливо виявити на знімках, зроблених у конкретному спектральному діапазоні. Важливою особливістю таких знімків є те, що вони є растровими вже на етапі фіксації. Це означає, що вони складаються з окремих точок, які мають свої координати та колірний код. Актуальною є обробка кількох одночасних знімків, зроблених на різних довжинах хвиль та з різним просторовим розрізненням. Це дозволяє створювати єдине штучне зображення із покращеними інформаційними

характеристиками порівняно з початковими фотографіями.

Результатом такої обробки є підвищена інформативність синтезованого зображення. Це сприяє подальшому тематичному аналізу, тобто розпізнаванню та класифікації об’єктів та явищ на знімках [22].

В таблиці 3.1 подані класифікації знімків по просторовій роздільній здатності

Таблиця 3.1 – Класифікація знімків по просторовій роздільній здатності

Знімки	Роздільна здатність, м
знімки дуже низької роздільної здатності	10 000 – 100 000 м
знімки низької роздільної здатності	300 – 1 000 м
знімки середньої роздільної здатності	50 – 200 м
знімки високої роздільної здатності	• відносно високої 20 – 40 м • високої 10 – 20 м • дуже високої 1 – 10 м • знімки надвисокої роздільної здатності 0,3 – 0,9 м

Дистанційна оцінка територій, пошкоджених унаслідок бойових дій, може здійснюватися за допомогою супутників і БПЛА (табл. 3.2). Супутники можуть отримувати зображення у видимому та інфрачервоному діапазонах, а БПЛА можуть отримувати зображення з більш високою роздільною здатністю. Вибір конкретного обладнання залежить від конкретних завдань оцінки [23].

За результатами аналізу сучасних систем для дистанційного зондування було визначено, що для вирішення завдань з дослідження наслідків для ґрунтів від влучання артилерійських снарядів на рівні селищних ОТГ або адміністративних районів найбільш доцільно використовувати супутники середньої та високої роздільної здатності, а на локальному рівні – БПЛА середнього радіусу дії – тобто до 5–10 км. Характеристики та сфера використання такого устаткування наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики та сфера використання устаткування для дистанційної оцінки ушкоджень сільськогосподарських угідь внаслідок бойових дій

Назва супутнику	Загальні характеристики устаткування	Специфіка використання, переваги (+) та недоліки(-)
Landsat-8	8 оптичних каналів з роздільною здатністю 30 м, 2 теплових канали	Термальна зйомка поверхні та оцінка наслідків від пожеж Загальнодоступний ресурс з актуальними даними (+) Низька роздільна здатність каналів (-)
EO-1 ALI	9 оптичних каналів з роздільною здатністю 30 м та радіометричною 16 біт	Аналіз ретроспективних вегетаційних показників рослин (архів з 2001-2017 р) Загальнодоступний ресурс (+) Низька роздільна здатність каналів (-)
EO-1 Hyperion	220 оптичних каналів з шириною 10 μm та роздільною здатністю 30 м, що покривають діапазон 0.4 - 2.5 μm	Класифікація територій за високоточним спектральним профілем земної поверхні Загальнодоступний ресурс (+) Низька роздільна здатність каналів та площа охоплення зображень(-)
Sentinel-1	Роздільна здатність до 10 м в режимі *Interferometric Wide Swath*, середня періодичність зйомки 3-4 доби, добра точність при визначенні висот	Побудова ЦМР місцевості; моніторинг зсувів; класифікація земної поверхні за діелектричною проникністю Загальнодоступний ресурс з актуальними даними та ПЗ (+)
Sentinel-2	Інфрачервоні канали з роздільною здатністю до 10 м., власне ПЗ SNAP із модулем атмосферної корекції та біофізичним процесором	Оцінка і класифікація культур за біофізичними показниками, розрахунок вегетаційних індексів для прогнозу врожаю Загальнодоступний ресурс з актуальними даними та ПЗ (+) Середня роздільна здатність (-)

WordView, Iconos	Комерційні багато спектральні супутники	Висока роздільна здатність каналів (+) Висока вартість зображень на замовлення (-)
TerraSAR-X	Комерційні радарні супутники	Пошук вирв за геометричними властивостями Побудова деталізованої мапи рельєфу (+) Висока вартість зображень на замовлення (-)
БПЛА з багато спектральною камерою	GPS-навігація, управління “від першої особи” (FPV), система стабілізації камери, автономна маршрутна навігація.	Оперативна зйомка та гнучкість використання БПЛА за вибором місця та часу (+) Висока роздільна здатність каналів (+) Відсутність впливу погодних умов на якість зображень (+) Суттєві капітальні витрати на обладнання: БПЛА з мультиспектральною камерою (-) Складність обробки вихідних даних: геометрична корекція, топографічна прив’язка (-)

Кожен із наведених складових системи дистанційного зондування має свої обмеження та специфічні характеристики та знайде своє застосування для оцінки змін стану земель, наприклад зображення з БПЛА можуть мати більш високу роздільну здатність, проте такі зображення потребують прив’язки до системи координат та геометричної трансформації. Гіперспектральні зображення з *EO-1 Hyperion* хоч і мають середню просторову роздільну здатність, проте дозволяють визначати не лише присутність рослин а ще ідентифікувати їх вид або культуру та оцінювати їх біофізичні показники. Подібний симбіоз устаткування суттєво розширює можливості дослідження наслідків бойових дій для сільськогосподарських земель.

3.2 Обробка зображень дистанційного зондування Землі

Первинні зображення потребують певних корегувань та подальшої обробки для дешифрування даних й використання в ГІС разом з іншими вхідними даними. Розглянемо основні процеси при роботі з із зображеннями.

Корекція зображень визначається як процес відновлення графічних даних з метою досягнення максимально точного відображення поверхні Землі. Основним завданням у цьому процесі є усунення широкого спектру випадкових, системних та систематичних спотворень, що виникають внаслідок впливу атмосфери, кривизни Землі, та руху обладнання відносно її поверхні під час зйомки. Ці спотворення пов'язані із фізичними характеристиками використовуваних сенсорів та каналів зв'язку [24].

Для усунення цих викривлень із врахуванням їхньої особливості застосовується корекція кількох типів:

- радіаційна;
- радіометрична;
- геометрична;
- калібрування.

Радіаційне відновлення, пов'язане з коригуванням кількості електромагнітної енергії, яку кожен сенсор приймає. Це необхідно через нерівномірний пропуск атмосферою випромінювання різних частин спектрального діапазону.

Радіометрична корекція спрямована на зменшення спотворень, які виникають через властивості сенсорів та пристроїв передачі та прийому даних, що включає в себе системні спотворення.

Геометрична корекція або трансформація зображень призначена для зниження спотворень, що виникають внаслідок кривизни та обертання Землі, а також кута нахилу орбіти супутника до площини екватора. На початковому етапі цей тип корекції може бути автоматизованим на основі інформації про

параметри орбіти супутника. Більш точна трансформація та прив'язка зображення до визначеної координатної сітки зазвичай виконуються за допомогою інтерактивно визначених опорних точок. У процесі трансформації відбувається перерахунок значень пікселів на нову сітку растру, що може призводити до зміни форми об'єктів на зображенні. Рамка зображення, яка спочатку мала прямокутну форму, може перетворитися в паралелепіпед або більш складну форму із криволінійними границями. Зазвичай для представлення та обробки матеріалів різних видів зйомок або різних часових моментів однієї території застосовується проекція, яка називається ортопланом. Під час геометричної корекції фотографічних зображень високої роздільної здатності активно вирівнюються спотворення, спричинені рельєфом місцевості.

Калібрування включає в себе процес перетворення безрозмірних даних, отриманих від сенсорів окремих спектральних зон, в дійсні нормалізовані значення відбитої або випромінюваної енергії [24].

Попередня обробка зображень має на меті модифікацію даних з метою поліпшення зорового сприйняття зображення або його перетворення в форму, що більше підходить для подальшого візуального чи комп'ютерного аналізу. Залежно від організації обробки даних, операції цієї групи можна класифікувати на кілька типів.

До першого типу відносяться модифікації значень кожного окремого пікселя, які, як правило, здійснюються за допомогою табличного методу представлення перетворюючої функції, відомої як таблиця перекодування. Різні форми лінійного та нелінійного контрастування, спрямовані на поліпшення візуального сприйняття зображень, є типовими прикладами перетворень даних цього типу.

Другий тип включає локальні операції, характеризовані тим, що кожен елемент зображення модифікується за допомогою значень його сусідніх пікселів в обмеженій (локальній) області. Типовими прикладами таких перетворень є операції фільтрації зображень. Згладжуючі або низькочастотні фільтри дозволяють зменшити шум та видалити малі деталі, що призводить до

отримання більш однорідних областей зображення, підходящих для подальшої обробки з метою виявлення конкретних об’єктів. Високочастотні фільтри призначені для виділення або підкреслення різниць у значеннях пікселів, що корисно при пошуку меж об’єктів на зображенні та виявленні різних структур, які можуть виявлятися у формі зміщення або різкого переходу значень елементів зображення.

До групи операцій перетворення геометричних характеристик зображень відносяться:

- монтування зображень із окремих фотографій або їх фрагментів;
- вирізання потрібного фрагменту;
- компресія зображення або його розтяг;
- трансформація зображення в яку-небудь картографічну проекцію.

Третій вид операцій спрямований на створення різноманітних кольорових композицій, оптимальних для візуального сприйняття. Ця група перетворень дозволяє отримувати кольорові зображення у віртуальних умовних та псевдокольорах, що є одним із методів обробки багатомірних зображень [24].

Класифікація. Класифікація - це процес тематичної обробки, який забезпечує автоматизований поділ зображення на однорідні за певним критерієм області, відомі як класи об’єктів. Результатом цього процесу є тематична карта, яка відображає розподіл різних класів на зображенні. Оскільки зазвичай ця процедура спрямована на виділення семантично інтерпретованих класів об’єктів, класифікацію можна розглядати як процедуру автоматизованого дешифрування даних дистанційного зондування [25].

Процедура класифікації в основному включає в себе статистичний аналіз різних характеристик зображення, таких як просторові, спектральні або часові параметри.

До простіших корисних просторових характеристик відносяться: текстура, контекст, форма та структурні співвідношення.

Під часовими характеристиками розуміють сезонні зміни земної поверхні, особливо у рослинності, які можуть слугувати їхніми індикаторами. Однак

вважається, що основна інформація про природу об’єктів на земній поверхні міститься у їх спектральних характеристиках. Тому більшість відомих алгоритмів класифікації використовують спектральні образи (сигнатури) типів поверхонь.

Існують два основних методологічних підходи до проведення класифікації: класифікація із навчанням та автоматична класифікація. У випадку класифікації із навчанням завданням є виявлення об'єктів вже відомих типів на зображенні, для чого необхідно мати попередні знання про досліджувану земельну ділянку. Перший етап цієї процедури включає інтерактивний вибір еталонних ділянок на зображенні, які є характерними представниками виділених класів об'єктів. Навчальний етап фактично здійснює розрахунок та аналіз статистичних характеристик розподілу значень пікселів, які входять до цих полігонів [25].

Інший підхід до класифікації, який користується більшою популярністю, використовує автоматичний підхід і не потребує додаткової наземної інформації або глибокого розуміння дистанційних методів обробки. Методологічною основою автоматичної класифікації є кластерний аналіз, який спрямований на визначення всіх можливих типів об'єктів на певному рівні узагальнення (вибраному за критеріями об'єднання, розділення або числом класів). Завдання інтерпретації цих результатів вирішується на другому етапі. Існують також алгоритми, які комбінують елементи обох підходів: автоматичної класифікації та класифікації із навчанням.

За способом віднесення окремих елементів зображення до певного класу об’єктів виділяють два типи класифікаторів: строгі та м'які. У випадку строгих (традиційних) класифікаторів приймається жорстке рішення щодо приналежності пікселів до певного класу. М'які класифікатори, натомість, оцінюють ймовірність, з якою елемент зображення може відноситися до різних класів поверхонь, включаючи і невідомі. Сучасні класифікатори також дозволяють враховувати невизначеність на різних етапах процесу, що дозволяє наявність змішаних класів поверхонь у кожному окремому пікселі.

Ще одним порівняно новим напрямком класифікації є обробка гіперспектральних даних, які надходять із систем дистанційного зондування, що працюють з дуже вузькими зонами традиційного спектрального діапазону. Це призводить до значного збільшення кількості спектральних каналів до десятків або сотень. У цьому випадку для автоматизованого виділення класів об’єктів поверхонь використовуються бібліотеки спектральних кривих різних земельних матеріалів [25].

Часто виникає необхідність в тематичному корегуванні результатів класифікації, особливо в автоматичному режимі, яка базується на інформаційних характеристиках об'єктів. Для вирішення цього завдання застосовують цілий набір процедур, відомих як операції після класифікаційної обробки. Серед таких операцій можуть бути злиття класів, розділення класів, видалення невеликих побічних об'єктів, згладжування границь об'єктів та інші.

Важливим етапом у процесі класифікації є оцінка точності отриманих зображень, яка може бути проведена за допомогою польових вимірювань або порівняння з відповідними тематичними картами.

В сучасній області обробки зображень цей сегмент досліджень активно розвивається, і на ринку з'являються нові класифікатори, що використовують останні досягнення у сфері моделювання штучного інтелекту та інших галузях прикладної математики, наприклад, нейронні мережі.

Перетворення зображень включає в себе створення нових (вторинних) зображень шляхом математичних перетворень різних спектральних зон вихідного (первинного) зображення. Ці операції часто називають алгеброю зображень. Один із часто використовуваних видів вторинних зображень - це різні вегетаційні індекси, що обчислюються як лінійна комбінація інфрачервоного та червоного спектральних каналів.

Іншим прикладом вторинних даних є зображення головних компонент первинного зображення. Аналіз головних компонент використовується для перетворення різних спектральних зон зображення так, щоб нові зони вторинного зображення (відомі як компоненти) не корелювали одна з одною та

розташовувались в порядку спадання кількості інформації. Кожна компонента містить тільки унікальну інформацію, і перші компоненти зазвичай містять більше інформації про первинне зображення.

Спеціалізована тематична обробка включає в себе операції, спрямовані на виділення конкретних природних чи антропогенних об'єктів, здебільшого на підставі їх характерних особливостей. Серед таких операцій можна відзначити детекцію та виділення лінійних або кільцевих структур, як приклад специалізованих операцій цього типу [25].

При виборі космічних знімків з метою вивчення динаміки якого-небудь процесу в часі, необхідно враховувати форс-мажорні фактори, такі як погодні умови над досліджуваною територією [26]. Оскільки пасивні космічні апарати реєструють лише відбите сонячне випромінювання від землі, що не пройшло через хмари, у весняно-осінній сезон важко знайти «чистий безхмарний» знімок (рис. 3.1).

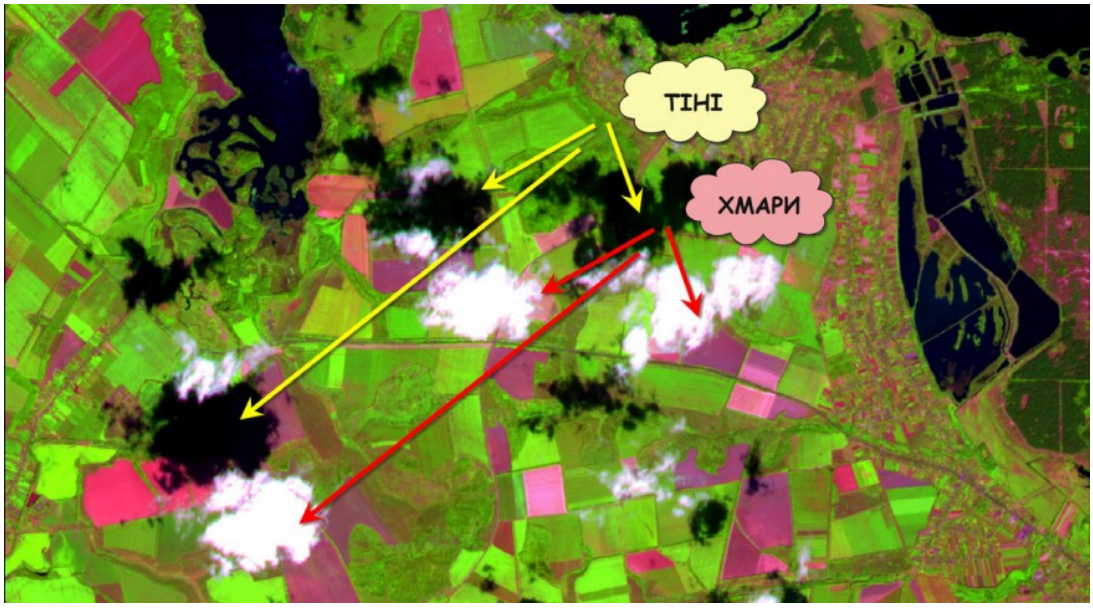

Рисунок 3.1 – Визначення хмар та їхніх тіней на космічному знімку Sentinel 2

Саме для підвищення якості зображень та часткового нівелювання впливу хмар на його якість необхідно проводити атмосферне корегування.

3.3 Методи обробки даних дистанційного зондування про стан ґрунтів

Під час вивчення земної поверхні за допомогою дистанційних методів, інформацію про об'єкти отримують через їх випромінювання, яке може бути власним або відбитим.

Випромінювання поділяється на природне та штучне. Природне випромінювання включає в себе світло, що надходить від Сонця, або теплове випромінювання, що походить від самої Землі. Штучне випромінювання виникає при опроміненні території джерелом, розташованим на носії реєстрованого пристрою [22].

Випромінювання представляє собою електромагнітні хвилі різної довжини, спектр яких розпочинається від рентгенівського і закінчується радіовипромінюванням. Для досліджень навколишнього середовища зазвичай використовується область від оптичних хвиль до радіохвиль, що охоплює діапазон довжин від 0,3 мікрометра до 3 метрів. ДЗЗ акцентують увагу на області від оптичних хвиль до радіохвиль.

Важливою особливістю ДЗЗ є наявність проміжного середовища між об'єктами та реєструючими приладами, яке впливає на випромінювання. Це середовище включає товщу атмосфери та рівень хмарності. Атмосфера поглинає частину відбитих променів. У атмосфері існують так звані «вікна прозорості» (рис. 3.2), які дозволяють електромагнітним хвилям пройти з мінімальними спотвореннями.

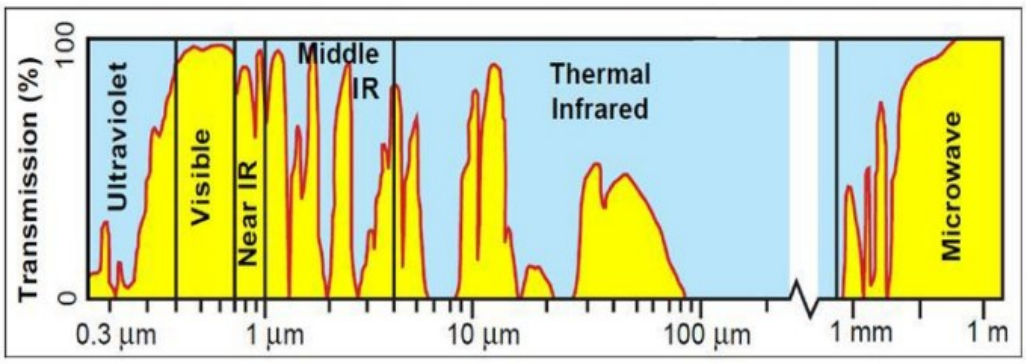

Рисунок 3.2 – Вікна прозорості

Усі системи знімання працюють лише у спектральних діапазонах, які співпадають з вікнами прозорості атмосфери.

Сьогодні для моніторингу посівів неможливо обійтися без використання різних спектральних діапазонів для аграрного сектору. Зазвичай використовують комбінацію SWIR1 (short-wave infrared), NIR (near infrared region) і Blue. Канали «Здоров'я рослинності» допомагають відрізнити здорову рослинність (яскравий зелений колір) від відкритої (пурпурний), несільськогосподарської рослинності (блідо-зелена) та інших об'єктів на супутникових знімках [27].

Короткохвильові і ближні інфрачервоні спектральні діапазони надають важливу інформацію про стан сільськогосподарських культур. NIR вказує на фактичний стан рослин, а SWIR використовується для визначення вмісту води в рослинах і ґрунті. Виробники продуктів харчування можуть використовувати ці дані для ефективного захисту посівів і забезпечення високих врожаїв.

Для оцінки змін сільськогосподарських угідь від впливу бойових дій доцільно використовувати не лише зображення в натуральних кольорах, а ще і в штучних, що дозволяє визначити додаткові характеристики підчас дешифрування.

Розглянемо найпоширеніші комбінації каналів для Sentinel-2a:

Натуральні кольори B04, B03, B02 (*Red, Green, Blue*). Комбінація «природні кольори» використовує видимі смуги, що дозволяє наземним об'єктам відображатися в звичних кольорах для людини [10].Здорова рослинність виглядає зеленою, недавно очищені поля – світлими, нездорова рослинність – коричневою і жовтою, дороги – сірими, а берегова лінія – білою. Однак водні об'єкти можуть виглядати темніше через обмежене проходження синього кольору через атмосферу, тому їх стан можна аналізувати за насиченістю тонів для оцінки глибини. Ця комбінація також застосовується для вивчення антропогенних об'єктів (рис. 3.3).

Рисунок 3.3 – Аналіз зображень в SNAP за 2023 та 2021 роки (натуральні кольори: канали B04, B03, B02)

На даному зображенні наведена територія Апостолівської ОТГ можна візуально оцінити, яка потрапляє в зону вражень ворожої артилерії ще з березня 2022 року. Помітно, що значна кількість сільськогосподарських ділянок у 2023 році фактично не використовуються за призначенням.

Штучні кольори (рослинність) B08, B04, B03 (*NIR, Red, Green*). Комбінація «штучні кольори» використовує різні відтінки для візуалізації різних об'єктів на знімках. Рослинність відображається в червоних відтінках, міська забудова – блакитних, а ґрунт може мати відтінки від темних до світло-коричневих. Лід, сніг і хмари виглядають білими або світло-блакитними. Ця комбінація часто використовується для аналізу рослинності, моніторингу ґрунту та вивчення різних стадій росту сільськогосподарських культур. Глибокі червоні відтінки вказують на широколистяну або більш здорову рослинність, тоді як світліші червоні відтінки можуть вказувати на луки або ділянки з рідкою рослинністю. Ця комбінація дає результати, схожі на інфрачервону аерофотозйомку (рис. 3.4).

Рисунок 3.4 – Аналіз зображень в SNAP за 2023 та 2021 роки (штучні кольори : канали B08, B04, B03)

Вегетаційний аналіз B04, **B8** (*Red, NIR*). Це поєднання каналів надає користувачеві велику кількість інформації та яскраві колірні контрасти. Здорова рослинність виглядає яскраво-зеленою, а ґрунти набувають лілових відтінків. Ця комбінація каналів є корисною для аналізу рослинності і широко використовується в лісовому господарстві для виявлення ділянок дерев, які заражені шкідниками (рис. 3.5).

Рисунок 3.5 – Аналіз зображень в SNAP за 2023 та 2021 роки (вегетаційний індекс: канали B04, B8)

3.4 Апробація технології оцінювання ушкоджень від бойових дій для земель Дніпропетровської області

Відповідно до Наказу Міністерства з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України «Про затвердження Переліку територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих Російською Федерацією» від 22.12.2022 № 309 в межах Дніпропетровської області, визначено території, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окуповані Російською Федерацією, а саме це Криворізький, Нікопольський та Синельниківський райони [28].

Криворізький район розташований на правому березі Дніпра, на північному заході Дніпропетровської області (рис. 3.6). Район має спільний кордон з П'ятихатським, Софіївським, Апостолівським і Широківським районами, а також прилягає до Миколаївської та Кіровоградської областей. Районний центр є місто Кривий Ріг, де знаходяться всі районні організації і служби [29].

Рисунок 3.6 –Територія Криворізького району

Район розташований у степовій зоні з чорноземними ґрунтами. Поверхня рівнинна, але є місцями хвиляста. Район розчленований ярами та балками. Північна частина району є відрогами Придніпровської височини. Балки мають невеликий водозбір та стрімкі схили [30].

Сільське господарство є основою економіки району. Район має 102,9 тис. га сільськогосподарських угідь, з яких 87,9 тис. га - це рілля. Крім того, у районі є 3,7 тис. га садів, 10,8 тис. га пасовищ та 474 гектари сінокосів. Сільськогосподарські підприємства району виробляють зернові, овочі, кормові культури та займаються тваринництвом [29].

Провели оцінку території Дніпропетровської області за нормалізованим вегетаційним індексом. Для побудови даної карти були застосовані показники вегетаційних індексів за 15 липня 2021 року та 20 червня 2023 року. Можемо побачити, що в 2021 році щільність рослинності більша ніж в 2023 році (рис.3.7, 3.8). Контури ділянок (шейп-файл) було сформовано за даними електронного земельного кадастру.

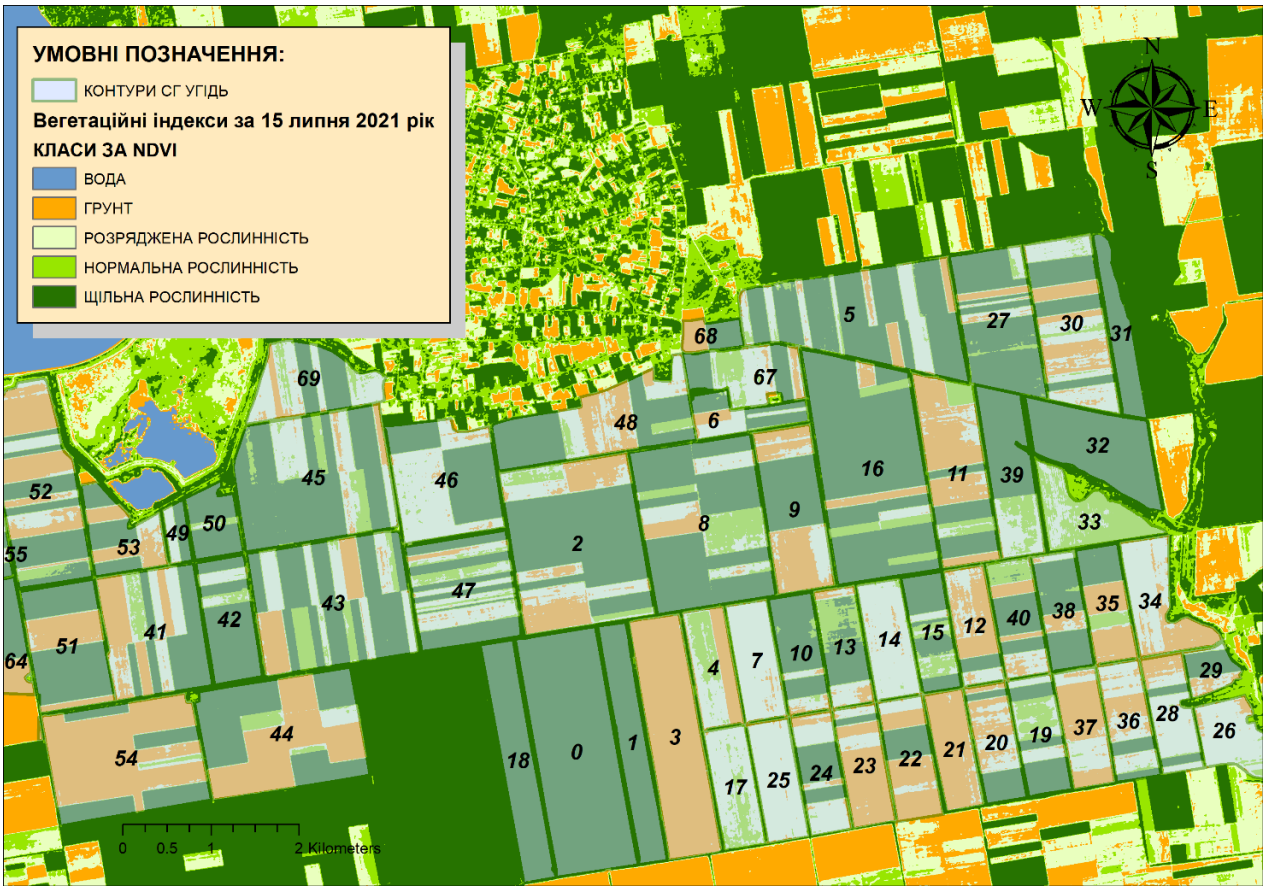

Рисунок 3.7 – Оцінка NDVI за 2021 рік (Апостолівська ОТГ)

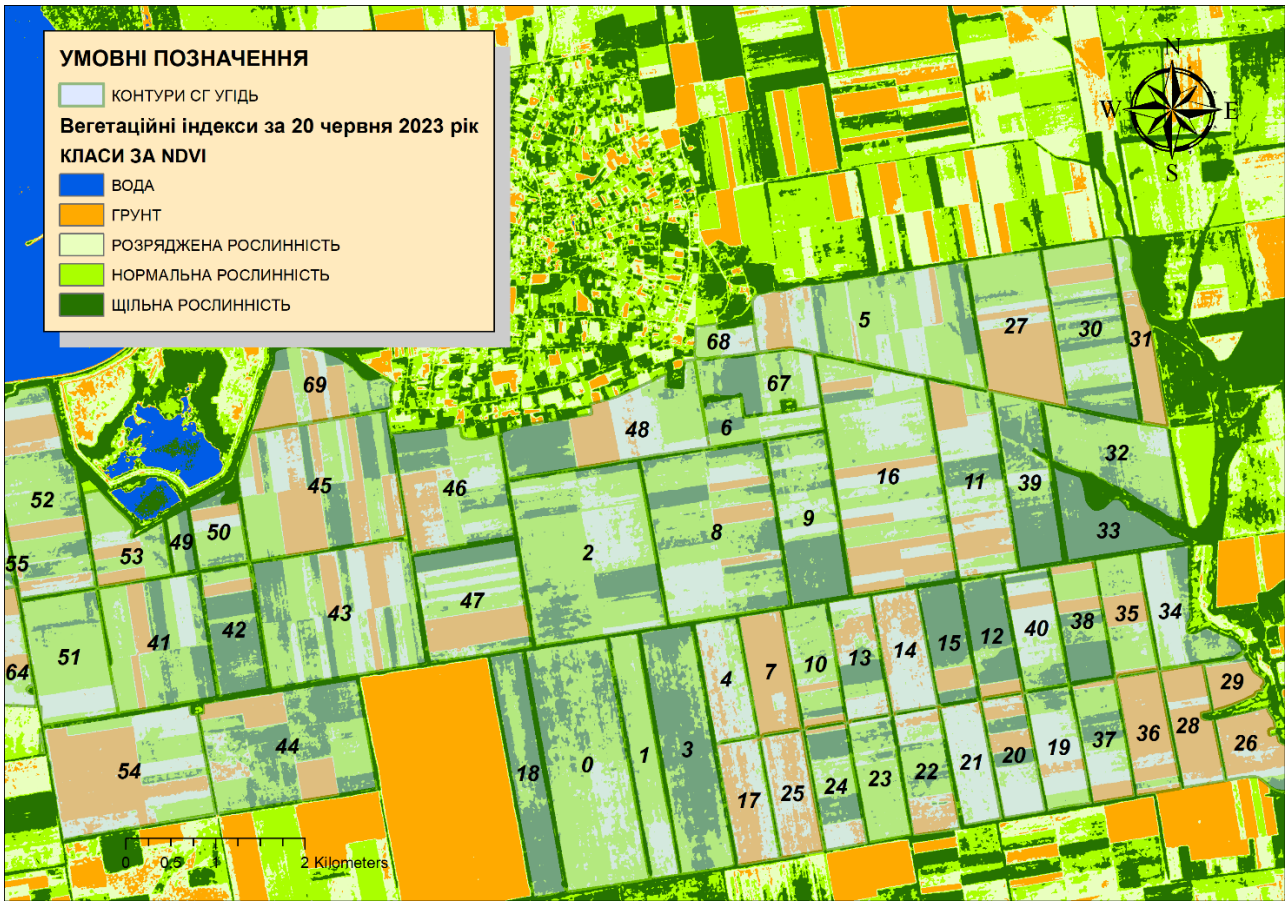

Рисунок 3.8 – Оцінка NDVI за 2023 рік

Для детального аналізу показників NDVI було проведено зонально статистичний аналіз який дозволяє визначити площі кожного класу NDVI в межах певного поля.

За результатами аналізу можна спостерігати, що значна більшість крайніх класів (що мають високі показники озеленення) NDVI відсутня у таблиці за 2023 рік, що свідчить про наявність відкритого ґрунту (рис.3.9, 3.10, 3.11).

Для детального підрахунку та порівняння характеристик розподілу вегетаційних індексів було проведено засобами ГІС зонально-статистичний аналіз (рис. 3.9), та класифікацію досліджених показників за площами.

В результаті ми отримали значення площ на 70 досліджених ділянках за класами NDVI (Додаток А.)

Це дозволило співставити досліджені статистичні показники за 2021 та 2023 роки і зробити висновок щодо справжньої тенденції.

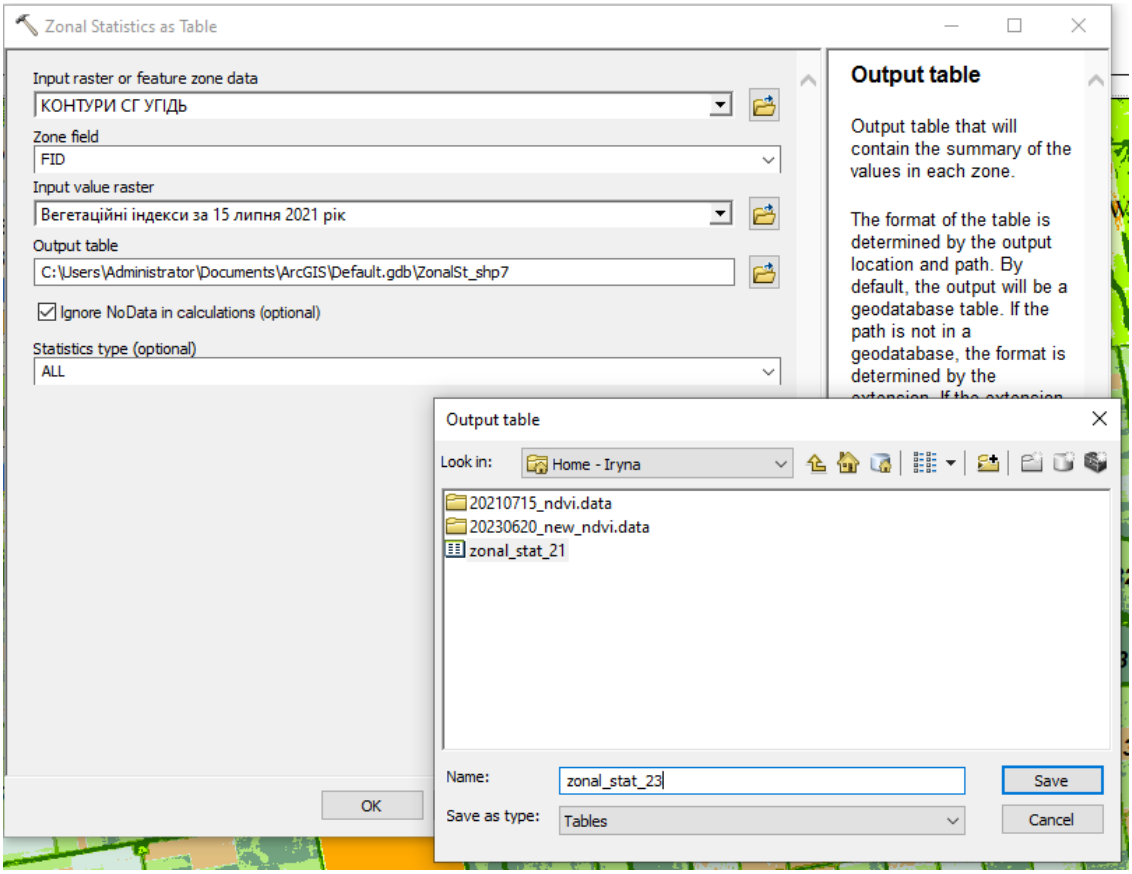

Рисунок 3.9 – Проведення зональної статистики показників NDVI

Фрагмент отриманої таблиці, що містить результати зонально-статистичного аналізу наведено на рис. 3.10. Що дозволяє охарактеризувати розподіл площ та виявити ділянки які наразі не використовуються за призначенням через бойові дії, а також визначити їх площу.

Номер п/п	Номер поля	Грунт	Розряжена рослинність	Нормальна рослинність	Щільна рослинність
1	0	0	297700	1742700	549700
2	1	0	139800	678800	74100
3	2	0	513200	1738000	576400
4	3	0	3400	560400	1106700
5	4	87200	410200	138100	25000
6	5	236900	612300	1329700	269600
7	6	400	101100	267700	81300

Рисунок 3.10 – Розподіл площ за NDVI станом

за 2023 рік (фрагмент з бази даних)

Узагальнені зонально-статистичні показники досліджених ділянок також наведені у додатку А., та частково представлені на рис. 3.11

Номер п/п	Номер поля	Кількість пікселів	Площа, га	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє арифметичне	Діапазон	Стандартне відхилення	Сума
1	0	25901	259,01	0,43	0,90	0,47	0,86	0,01	22371,25
2	1	8927	89,27	0,72	0,91	0,19	0,85	0,01	7566,96
3	2	28276	282,76	0,19	0,90	0,71	0,64	0,26	18025,34
4	3	16705	167,05	0,15	0,82	0,68	0,21	0,06	3466,72
5	4	6605	66,05	0,16	0,81	0,64	0,40	0,14	2618,65
6	5	24485	244,85	0,19	0,89	0,70	0,70	0,21	17185,60
7	6	4505	45,05	0,20	0,89	0,69	0,61	0,24	2747,16
8	7	6603	66,03	0,22	0,83	0,61	0,40	0,06	2621,85
9	8	26261	262,61	0,19	0,90	0,71	0,71	0,20	18664,54
10	9	12422	124,22	0,20	0,89	0,70	0,53	0,29	6625,88
11	10	6681	66,81	0,20	0,88	0,68	0,72	0,18	4813,35
12	11	14445	144,45	0,15	0,89	0,74	0,44	0,25	6414,87
13	12	6371	63,71	0,15	0,88	0,73	0,36	0,19	2269,08
14	13	6549	65,49	0,19	0,89	0,70	0,64	0,21	4169,10
15	14	6900	69	0,27	0,78	0,51	0,37	0,06	2579,26

Рисунок 3.11 – Загальні статистичні показники на досліджених територіях за показниками NDVI станом за 2023 рік (фрагмент)

Серед зазначених показників в даному випадку найбільш інформативними є середнє арифметичне значення NDVI та його стандартне відхилення або дисперсія. Що дозоляє визначати ділянки які не експлуатуються та визначати їх площі.

Це в свою чергу є необхідним для визначення збитків від втрати врожаю через припинення експлуатації ділянки внаслідок бойових дій. Додатковими необхідними даними для цього буде визначення сільськогосподарської культури, яку вирощували у минулому, показники врожаю що зазвичай мають розмірність ц/га, та його вартість за 1 тону на світовому ринку на поточний час. Результати розрахунків наведено у розділі 5.

Висновок до розділу 3

1. Глибока та складна обробка знімків дозволяє розпізнавати малорозмірні об’єкти та явища, які неможливо виявити на знімках, зроблених у конкретному спектральному діапазоні. Важливою особливістю таких знімків є

те, що вони є растровими вже на етапі фіксації.

2. Існують такі обробки зображень ДЗЗ: корекція зображень, попередня обробка, класифікація, перетворення зображення та спеціалізована тематична обробка,

3. Найпоширеніші комбінації каналів для Sentinel-2a: Натуральні кольори B04, B03, B02, Штучні кольори (рослинність) B08, B04, B03, Вегетаційний аналіз B04, B8.

4. Для детального аналізу показників NDVI було проведено зонально статистичний аналіз який дозволяє визначити площі кожного класу NDVI в межах певного поля. За результатами аналізу можна спостерігати, що переважна більшість крайніх класів (високі показники озеленення) NDVI.

5. Для детального підрахунку та порівняння характеристик розподілу вегетаційних індексів було проведено засобами ГІС зонально-статистичний аналіз, та класифікацію досліджених показників за площами. Серед зазначених показників в даному випадку найбільш інформативними є середнє арифметичне значення NDVI та його стандартне відхилення або дисперсія. Що дозоляє визначати ділянки які не експлуатуються та визначати їх площі.

6. Дана технологія була апробована для Дніпропетровської області на землях Апостолівської ОТГ, які періодично зазнають впливу від артилерійських обстрілів.

ВИСНОВКИ

Військова діяльність є однією з основних причин екологічних проблем у світі. Під час вибухів та горіння порохів та вибухових речовин виникає значна кількість газів, які містять такі речовини, як азот, сажа, вуглеводні, свинець, двоокис марганцю та інші.

Отже, в процесі написання дипломної роботи було проведено аналіз сучасного стану можливостей ДЗЗ як технології для практичного використання в системі сільськогосподарських відносин під час воєнних дій в Україні.

1. Можливості ДЗЗ дозволяють вирішувати різноманітні завдання у різних галузях людської діяльності, забезпечують ухвалення оптимальних управлінських рішень на основі моделювання і картографування світу, а також можуть виступати як інтегруючий елемент корпоративних інформаційних систем. Таким чином, сучасні ГІС-технології стали необхідною складовою всіх інформаційних систем, які мають просторові дані. Специфічне для сільського господарства та інформаційних систем агрокомплексу, пов'язаних з землею та просторовими даними, впровадження інформаційних технологій останніми роками призвело до коригування методів обробки сільськогосподарських культур та управління полями. Ці технології кардинально змінили концепцію сільського господарства, роблячи його більш вигідним, ефективним, безпечним та простим.

2. Глибока та складна обробка знімків дозволяє розпізнавати малорозмірні об’єкти та явища, які неможливо виявити на знімках, зроблених у конкретному спектральному діапазоні. Важливою особливістю таких знімків є те, що вони є растровими вже на етапі фіксації.

3. За результатами аналізу сучасних систем для дистанційного зондування було визначено, що для вирішення завдань з дослідження наслідків для ґрунтів від влучання артилерійських снарядів на рівні селищних ОТГ або адміністративних районів найбільш доцільно використовувати супутники

середньої та високої роздільної здатності, а на локальному рівні – БПЛА середнього радіусу дії – тобто до 5–10 км.

4. Для детального аналізу показників NDVI було проведено зонально статистичний аналіз який дозволяє визначити площі кожного класу NDVI в межах певного поля. За результатами аналізу можна спостерігати, що переважна більшість крайніх класів (високі показники озеленення) NDVI.

5. За допомогою проведеного аналізу, а також методики для прогнозування визначення прибутку врожаю, було також розраховано збитки від втрати врожаю на не придатних ділянках.

6. Встановлено, що загальна площа досліджених ділянок, що не використовуються за призначенням = 566,341 га. Розмір витрат на 1 га становить: 17 520 грн. Таким чином, розмір витрат на досліджену територію в 566,341 га становить: 9 922 294,32 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Конституція України від 28.06.1996 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text

2. Підрахунок екологічних витрат: Наслідки збройної агресії російської федерації для довкілля. URL: https://www.dei.gov.ua/post/pidrakhunok-ekologichnikh-vtrat-naslidki-zbroynoi-agresii-rosiyskoi-federat

3. Забруднення земель внаслідок агресії Росії проти України. URL: https://ecoaction.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/zabrudnennia-zemel-vid-rosii1.pdf

4. Ачосов А. Б., Селіверстов О. Ю., Дядін Д. В., Сєдов А. О. Дистанційний моніторинг наслідків бойових дій на території Харківської області. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.* 2023. (№28). С. 71-82.

5. Сплодитель А., Голубцов О., Чумаченко С., Сорокіна Л. Вплив війни Росії проти України на стан українських ґрунтів. Результати аналізу

6. Нікітченко І.В., Прокопенко Н.Ю. Вплив військових конфліктів на навколишнє середовище та екологію: Екологічні проблеми природокористування та охорона навколишнього середовища. С. 153-155

7. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. — К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. — 316 с.

8. Географія (профільний рівень) : підруч. для 11 кл. закл. загал, серед, освіти / П. О. Масляк, Л. М. Даценко, С. Л. Куртей, О. Г. Бродовська. — Харків : Вид-во «Ранок», 2019. — 272 с. : іл.

9. Conventional Data Access Hubs. URL: https://www.copernicus.eu/en/access-data/conventional-data-access-hubs#:~:text=Copernicus%20Open%20Access%20Hub,an%20interactive%20graphical%20user%20interface.

10. Основи дистанційного зондування Землі : робочий зошит. Частина 1. / С. М. Бабійчук, Л. Я. Юрків, О. В. Томченко, Т. Л. Кучма. – Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2020. – 122 с.

11. Геоінформаційні системи. URL: http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis

12. Сучасні технології в сільському господарстві. URL: https://eos.com/uk/blog/suchasni-tekhnolohii-v-silskomu-hospodarstvi/

13. Робота майбутнього. Форсайт обумовлених впровадженням нових технологій змін в сільському, лісовому та рибному господарстві України. Аналітичний звіт / О. Давліканова, І. Осадчук – Київ: Національне агентство кваліфікацій, Державна служба зайнятості, Представництво Фонду ім. Фрідріха Еберта в Україні. — Київ: ТОВ «ВІСТКА», 2022. — 172 с

14. Скидан О. В., Бродський Ю, Б., Топольницький П. П., Пивовар П. В. Космічні технології у виробничій системі сільськогосподарських товаровиробників. Наукові горизонти. 2019. № 4 (77). – С. 3-12. URL: https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-77-4-3-12

15. Інформаційні технології : навч. посібник. / Волосюк Ю.В., Кузьома В.В., Коваленко О.А., Тихонова Т.В., Нєлєпова А.В., Бондаренко Л.В., Мороз Т.О., Борян Л.О., під заг. ред. А.В. Нєлєпової. – К. : «Кафедра», 2017. – 200 с.

16. ГІС-технології в сільському господарстві та їх переваги. URL: https://eos.com/uk/blog/his-tekhnolohii-v-silskomu-hospodarstvi/

17. Зарубин О.А., Ларина А.В., Саулин В.А., Шабайкина В.А. Использование многозональных космических снимков для целей геоинформационного мониторинга и анализа пространственных характеристик сельскохозяйственного землепользования // Вектор ГеоНаук. 2020. Т.3. №2. С. 37-50. DOI: 10.24411/2619-0761-2020-10017

18. Дистанційні дослідження Землі : Навчальний посібник / Галина Байрак, Богдан Муха. – Львів : Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 712 с.

19. Кохан С. С. Застосування вегетаційних індексів на основі серії

космічних знімків IRS-1D LISS-III для визначення стану посівів сільськогосподарських культур / С. С. Кохан // Космічна наука і технологія. – 2011. – Т. 17, № 5. – С. 58

20. Бардиш Б. Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об’єктів земної поверхні/ Бардиш Б., Бурштинська Х. // Сучасні досягнення геодезичної науки 82 та виробництва. – 2014. – № 2 (28). – С. 82-88.

21. Бурштинська Х., Долинська І. Врахування впливу атмосфери під час опрацювання космічних зображень // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2012. – Вип. 76. – С. 70–73.

22. Wiki ТНТУ. URL: https://wiki.tntu.edu.ua/index.php?title=%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5_%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B7%D0%B5%D0%BC%D0%BB%D1%96&action=edit

23. Кибальна І. В. Визначення підходів до збитків родючості сільськогосподарських угідь внаслідок бойових дій методами дистанційного зондування / Кибальна Ірина Володимирівна, Гапєєв С. М. // Тиждень студентської науки – 2023 : матеріали 78-ої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. – С. 277-279.

24. Дистанційне зондування Землі. Лекційний матеріал для дисциплін «Системи супутникового зв’язку», «Системи зв’язку з рухомими об’єктами». - Тернопіль: ТНТУ, 2012– 58 с.

25. John A. Richards, Xiuping Jia. Remote sensing digital image analysis. – Springer, 2006.

26. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах : навч.-метод. посіб. / С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма та ін. – Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2020. – 268 с.

27. Комбінації каналів для сільського господарства. URL:

https://eos.com/uk/make-an-analysis/agriculture-band/

28. Наказ Міністерства з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України «Про затвердження Переліку територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих Російською Федерацією» від 22.12.2022 № 309. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1668-22#Text

29. Стан і нові можливості соціально-економічного розвитку Дніпропетровської області : монографія / за заг. ред. О. Ю. Бобровської. – Дніпро : ДРІДУ НАДУ, 2019. – 276 с.

30. Криворізький район. URL: https://kriv-rn.dp.gov.ua/OBLADM/krog_rda.nsf/docs/AFCC9319C54A2E52C22576A200618CD4?OpenDocument

31. ДСанПІН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text

32. ДСН 3.3.6.039-99Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text

33. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text

34. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text

35. Аналіз умов праці на робочому місці користувача ПК. URL: https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/dipl_bak/140.html

36. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»

37. Огляд збитків від війни в сільському господарстві України. Непряма оцінка пошкоджень. Другий випуск, 10 листопада 2022. URL: https://minagro.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/damagesreportissue2ua-1.pdf

38. Мінагро: Україні вистачить м’яса, та ще і на експорт можна постачати. Зерно. 05 вер. 2022. URL: https://www.zerno-ua.com/news/minagro-ukrayini-vistachit-myasa-ta-shhe-i-na-eksport-mozhna-postachati/

39. Наповнюють бюджет і годують. URL: https://ukurier.gov.ua/uk/articles/napovnyuyut-byudzhet-i-goduyut/

40. Тарас Висоцький: Окупанти крадуть в українських аграріїв зернові, олію, овочі та сільгосптехніку. URL: https://minagro.gov.ua/news/visockij-okupanti-kradut-v-ukrayinskih-agrariyiv-zernovi-oliyu-ovochi-ta-silgosptehniku

41. Через повномасштабну війну посівні площі в Україні зменшились на 25 %. URL: https://agropolit.com/news/24947-cherez-povnomasshtabnu-viynu-posivni-ploschi-v-ukrayini-zmenshilis-na-25

42. У Нацбанку озвучили прогноз врожаю зернових у 2023 році. URL: https://agropolit.com/news/24950-u-natsbanku-ozvuchili-prognoz-vrojayu-zernovih-u-2023-rotsi

43. Якою буде посівна кампанія цього року: про зміни в структурі посівних площ розповів Тарас Висоцький. URL: https://minagro.gov.ua/news/yakoyu-bude-posivna-kampaniya-cogo-roku-pro-zmini-v-strukturi-posivnih-ploshch-rozpoviv-taras-visockij

44. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України «Про затвердження Методики визначення розміру шкоди завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/ або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану» від 04.04.2022 № 167. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text

45. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України «Про затвердження Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства» від 27.10.1997 № 171. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98#n97

46. Міністерство аграної політики та продовольства України. Польові роботи. URL: https://minagro.gov.ua/news/v-ukrayini-zibrano-783-mln-tonn-novogo-vrozhayu

47. Ціни на пшеницю. URL: https://tripoli.land/ua/pshenitsa-furazh