

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ
КАФЕДРА ГЕОЕКОЛОГІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ

«Допущено до захисту» протокол засідання
кафедри ГЕЗ

№ 11 від «20» червня 2024 року

Зав. кафедрою ГЕЗ

к.с.-г.н., доцент _____ Максим ГАНЧУК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СВО «Бакалавр»

за освітньо-професійною програмою «Геодезія та землеустрій»
зі спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»
(освітній ступень, ОПП, спеціальність)

на тему: **Використання методів супутникового моніторингу для**
оцінки ступеня еродованості ґрунтів

25 ГЗ Д 004 000000 ПЗ

Виконала: студентка 41 ГЗ групи

Чернишова П. А.

Консультант з ОП: к.т.н., доцент

Михайло ЗОРЯ

Керівник: д.т.н., професор

Віктор СИДОРЕНКО

Нормоконтроль: к.т.н., доцент
(науковий ступінь,
вчене звання)

(підпис)

Ольга МАЗИКІНА
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології
Кафедра геоекології і землеустрою
(назва кафедри)

Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 19 «Архітектура та будівництво»
(шифр і назва)

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»
(шифр і назва)

Освітня програма «Геодезія та землеустрій»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ГЕЗ

к.с.-г.н., доцент

Максим ГАНЧУК

(підпис) (ініціали та прізвище)

«15» лютого 2024 р

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

студентці Чернишова Поліна Андріївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Використання методів супутникового моніторингу для оцінки ступеня еродованості ґрунтів**

керівник роботи д.т.н., професор Сидоренко Віктор Дмитрович

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Ректора університету від « 14 » лютого 2024 р. № 83/1-С

2. Строк подання студентом роботи « 18 » червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи обґрунтування використання методів та засобів супутникового моніторингу для проведення оцінки враження ґрунтів водною ерозією.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: обґрунтування вибору методів супутникового моніторингу для проведення оцінки враження ґрунтів водною ерозією; порівняння можливостей різних ГІС-продуктів (ArcGIS, QGIS) для обробки, дишефрування та аналізу супутникових знімків Landsat 8; на основі

даних супутникових зніманих Landsat 8 провести оцінку враження ґрунтів водною ерозією.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв
Розділ 4 Охорона праці	Михайло ЗОРЯ, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки	15.02.2024	15.02.2024

6. Дата видачі завдання

15.02.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1 Моніторинг деградації ґрунтового покриву засобами ДЗЗ та ГІС	Березень	Виконано
Розділ 2 Матеріали та методи дослідження	Березень	Виконано
Розділ 3. Визначення еродованих ґрунтів	Квітень	Виконано
Розділ 4 Охорона праці	Квітень	Виконано
Висновки	Травень	Виконано

Студентка

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

П.А. Чернишова

(ініціали та прізвище)

В.Д. Сидоренко

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Чернишова П.А. Використання методів супутникового моніторингу для оцінки ступеня еродованості ґрунтів. – Кваліфікаційна робота. Кафедра геоекології і землеустрою. – Запоріжжя, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2024.

Текст викладений на 67 сторінках, містить 4 розділів, 1 таблиця, 19 рисунків, 23 літературних джерела 2 з них латиницею.

Мета роботи виявлення поширення ерозійних процесів ґрунтів методами супутникового моніторингу.

У роботі проаналізовано можливості різних систем супутникового моніторингу Землі. Визначені основні критерії аналізу даних дистанційного зондування для виконання оцінки еродованості ґрунтів тимчасово окупованих територій України. Обґрунтовано різні аспекти використання даних ДЗЗ як складової моніторингу стану земель з використанням цільових ГІС, розглянуто основні підходи до оцінки розвитку ерозійних процесів на основі ДЗЗ, висвітлено засади визначення потенційної небезпеки прояву ерозії ґрунтів за допомогою геоінформаційних технологій. Встановлено ефективність використання багатоспектральних супутникових знімків Landsat 8 в умовах недоступності об'єкта дослідження через окупацію території. Проведено оцінку еродованості ґрунтів науково-дослідної ділянки сільськогосподарських земель ТДАТУ за даними дистанційного зондування Землі.

Ключові слова: супутниковий моніторинг, дистанційне зондування Землі, геоінформаційні системами, ArcGIS, QGIS, ерозія.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 МОНІТОРИНГ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ	
ЗАСОБВМИ ДЗЗ ТА ГІС	6
1.1 Проблема ерозії ґрунтів	6
1.2 Можливості засобів ДЗЗ для вирішення питань сільського господарства	10
1.3 Аналіз використання ГІС-продуктів для моніторингу ґрунтового покриву	15
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	22
2.1 Супутникові знімки та їх аналіз	22
2.2 Дешифрування супутникових знімків засобами ГІС	32
2.3 Застосування водних та вегетаційних коефіцієнтів при виявленні водної ерозії ґрунтів	39
РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕРОДОВАНИХ ҐРУНТІВ	46
3.1 Оцінка еродованості ґрунтів	46
3.2 Особливості землекористування еродованих земель	52
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ	55
4.1 Вимоги безпеки до робочого місця працівника з екранними пристроями	55
4.2 Умови праці для працівника з екранними пристроями	56
4.3 Раціональна поза при роботі з комп'ютером	56
4.4 Поради для працівників з екранними пристроями	57
4.5 Безпека та кібергігієна при роботі з комп'ютером	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	62

ВСТУП

Сприятливі агроекологічні умови, родючі чорноземні ґрунти, різноманітність кліматичних зон, відповідно певні режими температури та вологості є найбільшими перевагами для розвитку конкурентного сільського господарства України. Всі ці чинники створюють сприятливі умови для роботи з широким спектром сільськогосподарських культур. Однак під впливом нерационального використання і розвитку ерозії та інших деградаційних процесів ґрунти втрачають свою природну родючість, що вимагає втручання для їх подальшого використання. Руйнування ґрунтового покриву впливає не лише на його родючість, внаслідок цього також знижується біотична продуктивність біосфери, порушуються процеси колообігу та баланс хімічних елементів у геосистемах. Також ерозія викликає забруднення поверхневих вод та подальше погіршення геоecологічних умов.

Для визначення ступеня і масштабу проблеми ерозії ґрунтів необхідно виконати кількісну оцінку, яка включає в себе два критерії: 1) за фактичною еродованістю ґрунту; 2) за потенційною небезпекою ерозії за певної ймовірності дії її факторів. Проте виконання цього завдання є досить проблемним через складність робити точну оцінку або прогноз зі змінними показниками.

З початку ХХ ст. проводиться чимало досліджень, публікується безліч наукових праць, які присвячені ерозії. Великий внесок у її вивчення здійснили С. С. Соболев, М. І. Маккавєєв, М. М. Заславський, Д. Л. Арманд, Г. І. Швебс, Г. В. Бастратов, Р. С. Чалов, Г. О. Ларіонов, М. К. Шидула, М. С. Кузнецов, І. П. Ковальчук, О. О. Світличний, С. Г. Чорний, С. Ю. Булигін, О.Г. Тараріко та ін. Питаннями можливості використання супутникового моніторингу для визначення розвитку ерозійних процесів вивчали вітчизняні вчені: О.Г. Тараріко, О.В. Сиротенко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма, Н.А. Мінкевич, С.Г. Мудрик, А.Б. Ачасов та ін.

Актуальність питання. На разі Україна перебуває в умовах воєнного стану, а її південно-східні райони знаходяться в тимчасовій окупації, тому проведення наукових досліджень ускладнено. До того ж, після деокупації ще

протягом довгого часу доступ для польових досліджень буде неможливим через замінування територій. Отже майже неможливими на цих територіях є визначення екологічного стану агроєкосистем (ерозійної деградації ґрунтів, дегуміфікації, виснаження родючості ґрунтів), забруднення поверхневих вод, збідніння ландшафтного та біологічного різноманіття.

Вирішення цієї проблеми вбачаємо у застосуванні засобів дистанційного зондування Землі разом з геоінформаційними системами.

Останні досягнення у цій сфері доповнили вже існуючі методи дослідження ерозії ґрунту, завдяки чому забезпечилась ефективність методу контролю, аналізу та управління земельними ресурсами.

Використання даних супутникового моніторингу дозволяють по-новому та ґрунтовніше досліджувати, спостерігати за навколишнім середовищем. Дані дистанційного зондування Землі є точнішими у порівнянні із традиційними методами спостереження за екосистемами.

Мета – виявлення поширення ерозійних процесів ґрунтів методами супутникового моніторингу.

Задля досягнення поставленої задачі було поставлено наступні **завдання**:

- визначити придатність різноманітних матеріалів дистанційного зондування Землі для визначення ерозійних процесів;
- оцінити комплексний вплив природних чинників на поширення і тенденції розвитку ерозійних процесів;
- провести оцінку ступеня еродованості ґрунтів методами супутникового моніторингу в межах науково-дослідного полігону ТДАТУ.

Методи дослідження. Дослідження базувались на міждисциплінарному підході, із застосуванням наступних наук і дисциплін: математики, геодезії, географії, дистанційного зондування, геоінформатики, фотограмметрії та екології.

При написанні роботи були використанні наступні методи: порівняльний аналіз та математичне моделювання. При експериментальних дослідженнях

використано методи з фотограмметрії, аерокосмічного зондування Землі та технології ГІС.

Наукова новизна. Отримання результатів оцінки ерозії ґрунту на тимчасово-окупованих територіях України шляхом дистанційного зондування Землі.

Загальна характеристика проєкту. У проєкті представлено розгорнутий аналіз використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки еродованості ґрунтів на територіях недоступних у зв'язку з їх окупацією. Представлено методику роботи з багатоспектральними супутниковими знімками Landsat 8 та їх дешифруванням за допомогою ГІС-технології QGIS. Аналіз даних ДЗЗ (використано супутниковий знімок за 23.09.2023 р.) дав можливість оцінити розвиток ерозійних процесів дослідної ділянки, яка знаходиться під окупацією. Таким чином ми показали ефективність використання даних ДЗЗ для проведення наукових досліджень важкодоступних територій, адже навіть після деокупації південно-східних регіонів України ще досить довгий час це буде єдиним методом наукових вишукувань.

Апробація. Чернишова П.А. Використання методів супутникового моніторингу для оцінки ступеня еродованості ґрунтів. XI Всеукраїнська науково-технічна конференція здобувачів вищої освіти ТДАТУ. Факультет агротехнологій та екології: матеріали XI Всеукр. наук.-техн. конф., 19-23 лютого 2024 р. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Ст. 127-130.

РОЗДІЛ 1 МОНІТОРИНГ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ЗАСОБВМИ ДЗЗ ТА ГІС

1.1 Проблема ерозії ґрунтів

Ерозія ґрунтів – це різноманітне та дуже поширене явище руйнування та переміщення ґрунтової маси і пухких порід ґрунту під дією води або повітря.

В еродованих ґрунтах зменшується запас поживних речовин та елементів, а саме: гумусу азоту, фосфору, калію тощо. Через це ґрунт втрачає свою родючість та властивості, піддаючись як хімічним, так і фізичним змінам. У боротьбі з впливом води застосовують організаційно-господарські, агротехнічні та лісомеліаративні заходи. Організаційно-господарськими заходами є протиерозійна організація території і впровадження ґрунтозахисних сівозмін [8].

Проблема ерозії ґрунту та її попередження є надзвичайно важливими, адже руйнування ґрунтового покриву є однією з природніх катастроф, що завдають колосальних збитків як екологічній складовій, так і економіці країни загалом. Рельєф місцевості, клімат та антропогенний вплив створюють усі передумови для розвитку ерозії [7].

Головними антропогенними умовами ерозії ґрунтів в Україні є:

1. Розораність земель, яка складає 54% (у країнах Європи складає менше 35%);
2. Деградовані, малопродуктивні та техногенно забруднені землі;
3. Відсутність належного догляду за ділянкою;
4. Зниження показника родючості;
5. Проблема запровадження в дії державної земельної політики [7].

За фактором, що пришвидшує руйнування ґрунтів, ерозія поділяється на:

1. водну – процес руйнування та переміщення ґрунту під дією сил води;
2. вітрову (дефляція) – процес руйнування і перенесення часточок ґрунту повітряними потоками;

3. хімічну – процес хімічного перетворення мінеральної частини ґрунту, який прослідковується у розпаді заліза та глини із їх наступним перерозподілом у профілі ґрунту;

4. техногенну – процес руйнування і переміщення ґрунту під впливом техногенної діяльності людства [5].

Ґрунти України переважно піддаються саме водній ерозії, аніж дефляції. На території України можна сказати взагалі відсутні сильнодеградовані ґрунти [5]. Категорія середньодефльованих складає близько 0,5%, а слабодефльованих – 1,2%. До того ж, найбільшому впливу дефляції піддаються незахищені лісонасадженнями родючі ґрунти Степу – чорноземи.

В свою чергу показники впливу водної ерозії на ґрунти України мають досить високий ступінь розвитку цих процесів. Таким чином, сильнозмиті ґрунти займають близько 2,1% площі держави, середньозмиті – 6,3%, а слабозмиті – 20%. Також страшну загрозу для екологічного стану земельних ресурсів становлять такі типи деградаційних процесів ґрунтів, як оглеєння, засолення і осолонцювання.

В результаті ерозія характеризується передумовами та чинниками, які в сукупності і є чинниками. Враховуючи те, що природна ерозія є нормою, небезпеку руйнування ґрунтового покриву створює саме прискорена антропогенна ерозія, тобто саме природні фактори є передумовами виникнення прискореної ерозії, а невиважена антропогенна діяльність – причина розвитку прискорених ерозійних процесів [5]. До природніх передумов належать: рельєф місцевості, особливості клімату, рослинність і тип ґрунту.

Напевно одним з найбільших факторів ерозії є кліматичні умови. Під час вивчення їх впливу на інтенсивність розвитку ерозійних процесів найуважніше слід бути з опадами, а саме з їх кількістю, характером, режимом випадіння, енергією падаючих крапель, ерозійним індексом дощу. Адже саме загальна кількість опадів, їх інтенсивність та інші перераховані характеристики безпосередньо впливають на розвиток процесів ерозії.

Крім того, до кліматичних факторів відноситься шар снігу та вміст води в ньому, інтенсивність сніготанення, глибина промерзання ґрунту тощо, які також мають вплив на швидкість розвитку ерозії [6].

Під час дощу ерозія відбувається під спільною дією потоку води та падаючих крапель. Останні в свою чергу не тільки руйнують структуру ґрунту, а й створюють в потоці додаткову турбулентність, яка підвищує загальну розмивну і транспортуючу здатність. Також, стикаючись із землею, краплі дощу відривають частинки ґрунту, які далі потрапляють в потік. Краплі несуть в собі величезну енергію, але більша її частина (близько 2/3) витрачається на ущільнення ґрунту, а та, що залишилась, на відрив і перенесення частинок ґрунту. Удари крапель змушують підійматись в повітря десятки тон ґрунту на одному гектарі, але тільки невелика його частина все ж виноситься водними потоками [6].

Розмір заподіяної руйнації ґрунту в місці падіння краплі визначає її кінетична енергія, яка в свою чергу залежить від розміру краплі, тобто її маси і швидкості. Відомо [6], що під час руху краплі в повітрі, її швидкість стає сталою а її чисельне значення залежить від стану атмосфери і від розміру краплі.

Опосередковано на розвиток ерозійних процесів впливають інші кліматичні фактори: температура, вологість повітря, швидкість вітру [6]. Також, наприклад, протиерозійні властивості рослинності, які розглядатимуться пізніше, є значною мірою функціями від загальної зволоженості території. Отже, маючи сталими інші умови, може виникнути ситуація, коли кількість опадів недостатньо велика, щоб викликати інтенсивні ерозійні процеси, але і не така мала, щоб забезпечити захист ґрунту від ерозії шляхом сприяння розвитку рослинності на певному рівні. Тобто клімат сприяє не тільки руйнуванню ґрунтового покриву, а й має опосередкований вплив на протиерозійні властивості ґрунту, адже клімат є одним з ґрунтоутворюючих факторів. Він визначає певні властивості ґрунту, які формують стійкість ґрунту до впливу ерозії. Наприклад, сприятливі кліматичні умови, особливо достатня кількість опадів та сонячного випромінювання, дозволяють сформувати більше органічної

речовини, яка утворює гумус. Він в свою чергу не тільки живить рослини поживними речовинами, а й захищає ґрунт, покращує його структуру, що сприяє кращій водопроникності ґрунту, склеює частинки ґрунту, через що вони стають стійкішими. Також, характерні для певного типу клімату, деякі погодні умови можуть призводити до змін у протиерозійній стійкості ґрунту в конкретному періоді року.

Рельєф є одним із основних факторів ерозії. Можна стверджувати, що з горизонтальної нерозчленованої поверхні певної території змив ґрунту буде мізерним. Проте, якщо поверхня матиме нахил, інтенсивність ерозії збільшиться. Тож, в першу чергу, на ступінь вияву ерозійних процесів впливає ухил. Більш того, важливу роль відіграють такі фактори, як довжина схилу, форми його повздожнього та поперечного профілю, експозиція, можливості акумуляції стоку, глибина місцевих базисів ерозії, розчленованість рельєфу.

Найбільший вплив на розвиток ерозії має крутизна схилу. Цей вплив виражається у зростанні швидкості стікання води при збільшенні крутизни схилу. Сам по собі поверхневий стік, який і руйнує ґрунт, отримує кінетичну енергію виключно завдяки наявності ухилу. Нема сталого граничного значення крутизни схилу, при якому і відбувається ерозія, адже на це впливають і інші фактори. Десь змив ґрунту починається при крутизні схилу $0,5^\circ$, а десь – при $5-10^\circ$ [6].

Одним з основних борців з проявом ерозійних процесів є наявність рослинного покриву, адже суттєво зменшує їх прояв. Рослинність збільшує шорсткість поверхні ґрунту, знижуючи коефіцієнт поверхневого стоку, захищає ґрунтові агрегати від раніше описаного ударного впливу дощових крапель, скріплює ґрунт кореневою системою, тобто є безцінним фізико-географічним чинником ерозії. Переважно величину протидії ерозії ґрунту визначають під сільськогосподарськими культурами та природньою рослинністю, враховуючи такі показники: проективне покриття поверхні, висота рослин і їх щільність (надземна фітомаса), характер кореневої системи і насиченості нею верхнього 30-сантиметрового шару ґрунту (підземна фітомаса) [6]. Їх вплив проявляється

залежно від біотичних особливостей культур, попередньо висадженої культури, гумусованості та гранулометричного складу ґрунту.

Величина впливу рослинності залежить від угіддя або сільськогосподарської культури і ступеня її розвитку, який закономірно змінюється приблизно з травня по жовтень. Для пару величина впливу вважається постійною, оскільки домовлено, що ґрунт під паром завжди знаходиться в пухкому стані та вільний від бур'янів. Для багаторічних трав ця величина також мало змінна, бо до травня ці трави встигають повністю сформуватися. В подальшому проєктивне покриття трав дещо змінюється при їх скошуванні. Для інших культур проєкційні властивості зростають поступово з травня до моменту збирання, а потім – різке зменшення.

1.2 Можливості засобів ДЗЗ для вирішення питань сільського господарства

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це дослідження Землі за допомогою знімальних пристроїв, встановлених на космічних апаратах та інших літальних об'єктах, яке дає змогу фіксувати зміни та визначати тенденції процесів, що відбуваються на поверхні Землі й над нею [10].

Космічні знімки схожі зі звичайними фотографіями, але представляють Землю в різних спектральних діапазонах, яких існує від 7 до 220. Використання ДЗЗ в нових дослідженнях дозволяє щоразу більше деталізувати об'єкти, зафіксовані на таких знімках. Наразі розрізненість аерофотознімків сягнула позначки 40 см на 1 піксель. Наприклад раніше це значення дорівнювало 100, 10 і 1 км на 1 піксель, але навіть такі значення задовільняли потреби науковців у вивченні формування хмар або відповідності метеорологічних умов в атмосфері погодним умовам на планеті [10].

Моніторинг ґрунтів земель сільськогосподарського призначення передбачає виконання наступних задач:

1. проведення спостережень, збір, аналіз та опрацювання інформації стосовно якісного стану ґрунтів (розвиток ерозії, стан структури ґрунту,

засолення, оглеєння, солонцюватість, динаміка вмісту гумусу та інших речовин), їх забруднення важкими металами, радіонуклідами, іншими токсичними речовинами;

2. розробка та запровадження рекомендацій щодо упередження та ліквідації наслідків негативного впливу та подальших дій щодо забезпечення відновлення родючості ґрунтів;

3. визначення зон вирощування сільськогосподарської продукції для виготовлення продуктів дитячого та дієтичного харчування;

4. систематичний контроль стану ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення для розробки заходів щодо охорони їх родючості [12].

Багаторічні дослідження свідчать, що одним, навіть високоефективним протиерозійним прийомом, неможливо розв'язати проблему досягнення нейтрального рівня ерозійних процесів в агроландшафтах. Лише шляхом впровадження взаємопов'язаної та взаємодоповнювальної системи заходів можна досягти успіху. Такими можна вважати контурну організацію території, диференційоване використання орних земель шляхом поділу їх на еколого-технологічні групи, лісо- та лукомеліоративні протиерозійні заходи, а також оптимізацію посівних площ, ґрунтозахисні сівозміни та технології обробітку ґрунту та посівів відносно рельєфу [9].

Своєчасна оцінка негативних явищ, визначення динаміки їх впливу має важливе значення для розробки та реалізації заходів для корегування подальшої господарської діяльності в межах сільськогосподарських територій. Саме для можливості швидкого виявлення та впровадження відповідних заходів з вирішення посталих проблем використовується технологія ДЗЗ.

Важливим аспектом при виборі даних ДЗЗ є інтерпретаційні характеристики. Індикатором у ландшафтознавстві може слугувати будь-який доступний органам сприйняття об'єкт. Для ідентифікації ландшафтів рівня фацій перш за все ми враховуємо рослинні угруповання. Проте за певними ознаками на знімку опосередковано можна розпізнати елементи рельєфу, ґрунти,

четвертинні відклади. Вже для виділення контурів рослин необхідно застосувати «еталони», що в польових умовах відповідають методу ключових ділянок. Комбінуючи канали космічних знімків можна візуально визначити жорсткість або плоскість поверхні. Вже після проведення рекогносцировки території та видового складу рослинності можна визначити мезоформи рельєфу [11].

Переважає кількість методик з вивчення параметрів рослинного покриву з використанням багатозональних космічних знімків ґрунтуються на розрахунку вегетаційних індексів – формалізованих виразах, в основу яких входять яскраві характеристики каналів у ролі змінних. Механізм обчислення таких індексів ґрунтується на особливості відбивної здатності рослин у червоному та ближньому інфрачервоному діапазоні спектру. Зі збільшенням фітомаси в одному пікселі зростає значення яскравості у ближній інфрачервоній зоні та знижується у червоній [11].

Одним з найбільш поширених вегетаційних індексів є NDVI (використовується для геоінформаційного моніторингу посівів сільськогосподарських культур), запропонований ще у 1973 р. Його значення варіюються в межах -1 та 1. Величина розрахункового значення тотожна кількості фітомаси, що реєструється в межах пікселя, тобто, чим більше значення, тим більше фітомаси. У роботі зазвичай використовується традиційна формула для його обчислення:

$$NDVI = (NIR - Red)/(NIR + Red);$$

де NIR – відображення в ближній інфрачервоній області спектра; RED – відображення у червоній області спектра.

Поверхня листя майже прозора для сонячного проміння в зоровому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Пройшовши верхній шар листка, промені входять в його багат шарову м'яку частину, де взаємодіють з тканинами і відбувається вбирання сонячної енергії, її перетворення та селективне відбиття.

Показники цих значень у рослин змінюються в різні сезони року, вони стають виразнішими, або менш помітними. У зв'язку з цим було вивчено

спектральну яскравість рослинних об'єктів протягом усіх сезонів, природні фенофази, динаміку життєдіяльності рослин, їх руйнування та розклад [11].

Дослідження за допомогою ДЗЗ набули широкого застосування в сільськогосподарській сфері. Завдяки цим технологіям є можливість зробити наступні розрахунки:

1. Оцінка частки просапних культур у структурі агроландшафтів;
2. Визначення відповідності структури посівів до куту нахилу схилу;
3. Оцінка ступеня яружності сільськогосподарських угідь;
4. Прогнозування ризику ерозійної деградації земель в умовах змін клімату.

1. Екологічну оцінку сільськогосподарських ландшафтів за допомогою комплексного використання дистанційних і звичних наземних методів досліджень можна визначати за співвідношенням ріллі (Р) до сумарної площі екостабілізуючих угідь (ЕСУ – ліси, луки, болота, водні об'єкти), тобто за структурою агроландшафтів і за співвідношенням їх елементів [9]. Завдяки цій формулі роблять оцінку екологічного стану агроландшафту.

Для подальшої оцінки розробляють тематичну карту з позначенням усіх визначених до цього зон, адже це дозволяє побачити загальну картину екологічного стану досліджуваної території для застосування подальших дій задля покращення або підтримання наявного стану структури агроландшафту.

2. Ризик виникнення та інтенсивності деградаційних процесів зумовлений крутизною і довжиною схилу та вирощуваними на цій території культурами.

Ґрунтозахисна система землекористування з контурно-меліоративною організацією території базується на диференційованому використанні орних земель шляхом їх поділу на три еколого-технологічні групи (ЕТГ): землі з повнопрофільними і слабоеродованими ґрунтами, що розташовані на рівнинах і схилах до 3°; землі з слабо- в комплексі із середньозмитими ґрунтами, розміщеними на схилах 3–5°; схили крутизною понад 5°, з середньо- та сильноеродованими ґрунтами [9].

Дані дистанційного зондування Землі високого просторового розрізнення в поєднанні з геопросторовими даними дають змогу оперативно визначити нормативи дотримання ґрунтозахисних сівозмін.

3. На разі активного поширення набули процеси лінійного розмиву та яроутворення. Загальна площа ярів складає понад 140 тис. га, а їх кількість перевищує 500 тис. одиниць.

Ступінь яроутворення можна оцінити за:

- відсотком зайнятих ярами площ;
- загальною протяжністю яружної мережі в км²;
- щільністю ярів, що вимірюється кількістю ярів на 1 км²;
- розчленованістю схилів ярами, яку визначають за середньою відстанню між двома сусідніми ярами в м;
- обсягом ярів, м³/км².

Основна методика визначення яружності агроландшафту полягає у картографуванні яружної мережі за топографічними картами крупних масштабів із застосуванням матеріалів оперативного космічного знімання системами високого просторового розрізнення, розрахунку показників яружної ерозії та створенні інтегрованої карти на основі якої в подальшому оцінюється деградація агроландшафту [9].

4. Найпоширенішим методом просторової оцінки ерозійної деградації є модель USLE (Universal Soil Loss Equation – Універсальне рівняння втрат ґрунту) та її модифікована версія RUSLE. За їх допомогою визначають щорічні втрати ґрунту. Базове рівняння моделі USLE виглядає так:

$$E = R \times K \times LS \times C \times P,$$

де E – втрати ґрунту за рік на одиницю площі; R – ерозійність опадів, K – стійкість ґрунту до ерозії, LS – чинник рельєфу, C – тип землекористування та землеробства, P – заходи з охорони ґрунтів [9].

Отже, за даними космічних зніманих високого просторового розрізнення можна визначати структури сільськогосподарських ландшафтів, структури

посівних площ і сівозмін, оцінювати їх екологічний стан за показниками співвідношення угідь, розвитку ерозійних процесів та біорізноманіття.

Тобто аерокосмічна інформація дає змогу виконувати різноманітні прогнозування задля оцінки та розробки рекомендацій щодо покращення стану сільськогосподарських угідь.

1.3 Аналіз використання ГІС-продуктів для моніторингу ґрунтового покриву

Моніторинг земель – важлива функція управління у сфері використання та охорони земель, об'єктом якої є землі України. Він є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля. Це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, упередження та ліквідації наслідків негативних процесів [12].

Під час моніторингу здійснюється оцінка:

- процесів, пов'язаних із змінами родючості ґрунтів (розвиток водної ерозії, дефляції, втрата гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення та засолення), заростання сільськогосподарських угідь, забруднення земель пестицидами, важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами;

- стану берегових ліній водоймищ;
- процесів ярування, утворення селевих потоків, землетрусів тощо;
- стану земель в межах населених пунктів, територій, відведених під нафтогазодобувні та очисні споруди, склади пально-мастильних матеріалів, стоянки автотранспорту, захоронення токсичних промислових відходів та радіоактивних матеріалів тощо [11].

Наразі ДЗЗ має надзвичайно широке використання: за його допомогою відстежують, наприклад, природну й антропогенну трансформацію екосистем і перебіг та наслідки надзвичайних ситуацій. Також можна спостерігати за місцем та обсягами вирубки лісів та зелених насаджень, зміни русла ріки масштаби наслідків пожежі при займанні торфовищ, обсяг розливу нафтопродуктів тощо,

а також неосяжні людському оку місця з високими або низькими температурами, забруднення атмосферного повітря, дають змогу визначити і оцінити саме космічні знімки. Однак найважливіша функція ДЗЗ – можливість бачити динамічні зміни, охоплюючи ретроспективу.

ДЗЗ є незамінним для огляду важкодоступних територій або небезпечних ділянок, таких як територія Зони відчуження навколо Чорнобильської АЕС, тимчасово-окуповані території України. За допомогою космічних знімків, зроблених в червоному та інфрачервоному діапазонах, можна визначити стан рослинності, а в середньому інфрачервоному – зволоженість території [10].

Наразі результати аерокосмічних знімків середньої розрізненості є доступними в широкому обсязі. Українці мають змогу працювати з матеріалами європейського супутника Sentinel, або ж даними, отриманими у межах американської програми Landsat, якщо дослідження мають довготривалий ретроспективний характер [10].

Залежно від довжини хвилі і природи фіксованого сенсором супутникової системи електромагнітного випромінювання дистанційне зондування формує збір даних про процеси в атмосфері, океані, на поверхні Землі, а також про гірські породи, ґрунт, рослинність, льодовики тощо. Інтерпретація даних ДЗЗ у поєднанні з математичними розрахунками, алгоритмами та моделями забезпечує перетворення даних у моніторингову інформацію, яка потрібна для прийняття оптимальних та своєчасних рішень на різних рівнях управління

Наразі десятки супутникових систем з високим просторовим розрізненням здійснюють космічну зйомку за Землею. Перелік таких систем, назви сенсорів та їх основне призначення наведено у таблиці 1.1. З цього переліку дані Європейського космічного агентства (ESA) та NASA поширюються безкоштовно. Супутникові системи ERS та ENVISAT наразі завершили місію, однак їх дані залишаються доступними та не втратили свою цінність, а використовуються для ретроспективних досліджень [9].

Таблиця 1.1

Перелік систем з високим просторовим розрізненням

пн	Назва супутника	Просторове розрізнення	Оператор (установа)	Застосування
1	Sentinel-1	10 м	ESA	Дані С-діапазону (радіолокаційний) для структури поверхні, в т.ч. цифрові моделі рельєфу, динаміка снігового, льодового покриву, хімія атмосфери
2	Envisat	12,5 м	ESA	
3	ERS-1, 2	20 м	ESA	Радіолокаційні дані, природні ресурси, фізична океанографія, геодезія, наземні та атмосферні дослідження
4	Sentinel-2	10 м	ESA	Наземний покрив, маска посівних площ, ґрунтові неоднорідності, ландшафтна структура
5	SPOT-4,5,6	від 2,5 м	CNES	Наземний покрив, сільське і лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля
6	Landsat-7,8	15-120 м	USGS/NASA	Природні ресурси, наземний покрив, сільське і лісове господарство, моніторинг довкілля
7	Terra	15 м	USGS/NASA	

8	RapidEye	5,6 м	PlanetLab	Підтримка моніторингу земель та відповідних послуг, оновлення топокарт до масштабу 1:25 000
9	EROS A, B	70 см	Israel Aircraft Industries	Наземний покрив, сільське і лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля, оновлення ортофотопланів до масштабу 1:2 000
10	IKONOS-2	82 см	DigitalGlobe	
11	QuickBird	65 см	DigitalGlobe	
12	GeoEYE-1	50 см	DigitalGlobe	
13	WorldView-1,2,3,4	31 см	DigitalGlobe	
14	Pleiades-1	50 см	CNES	

Отже, переважна кількість даних різноманітних супутникових систем дає змогу отримувати інформацію про наземну поверхню фактично безперервно. Більш того, супутникова програма «Копернікус» Європейського космічного агентства дала змогу відкрити нові можливості у застосуванні даних ДЗЗ для моніторингу деградаційних процесів у агроландшафтах [9].

Місія програми «Копернікус», відомої до цього як GMES (Global Monitoring for Environment and Security – Глобальний моніторинг задля довкілля та безпеки), має 6 головних тематичних спрямувань: земля, море, атмосфера, кліматичні зміни, надзвичайні ситуації та безпека. Дослідження спрямовано на розвиток забезпечення даними громадськість та приватний сектор, також для можливості приймати рішення на всіх рівнях управління, беручи до уваги отриману інформацію. Ефективність цієї програми полягає в наступному: вдосконалення технічних характеристик використовуваних сенсорів, політика відкритого та безкоштовного доступу до даних, забезпечення планетарного та довготривалого охоплення супутниковими даними [9].

Найважливішою характеристикою супутникових знімків є просторове розрізнення, тобто можливість чіткіше показувати меншу територію. До 2015 р. у відкритому доступі були лише дані Landsat з роздільною здатністю 30 м у мультиспектральному режимі. Покращене просторове розрізнення зображень Sentinel дає змогу значно краще деталізувати масштаб агроєкологічних досліджень., збільшити точність класифікацій об'єктів дешифрування та картографування території дослідження. На рисунку 1.1 приведено фрагмент зображень сільськогосподарських угідь, зроблених сенсорами Landsat 8 та S2 [9].



Рисунок 1.1 Фрагмент зображення полів у межах Київської області: а) знімок Landsat 8, дата 24.04.2016 р.; б) знімок Sentinel-2, дата 01.05.2016 р.

Інша важлива характеристика супутникових даних забезпечується спектральним розрізненням, тобто здатністю сенсорної системи реєструвати електромагнітне випромінювання специфічного частотного діапазону, що фактично відповідає кількості каналів знімку.

Зокрема, знімки S2 мають додаткові канали в області червоного краю у спектральних діапазонах 0,705, 0,740 та 0,783 μm , що належить до області різкої зміни коефіцієнта відбиття вегетації. Це зумовлено наявністю хлорофілу, який міститься у рослинах, поглинає більшу частину світла у видимій частині спектра, а відбиває випромінювання на довжинах хвиль понад 0,7 μm . Отже, у спектральному діапазоні 0,68–0,73 μm відбувається різке збільшення відбивної

здатності (з 5% до 50%). Ця властивість застосовується під час розрахунку вегетаційних індексів, і чим вужчим є діапазон зйомки у цій частині спектра, тим ефективнішими є показники вегетаційної активності і динаміки розвитку рослин.

На рисунку 1.2 наведено приклад порівняння вегетаційних індексів поля, визначених за даними Landsat-8 та Sentinel-2. У нижній частині поля помітні прояви ерозійної деградації, що має значно більшу площу на знімку S2, а також за знімком S2 можна проаналізувати стан рослин із деталізацією до рядків [9].

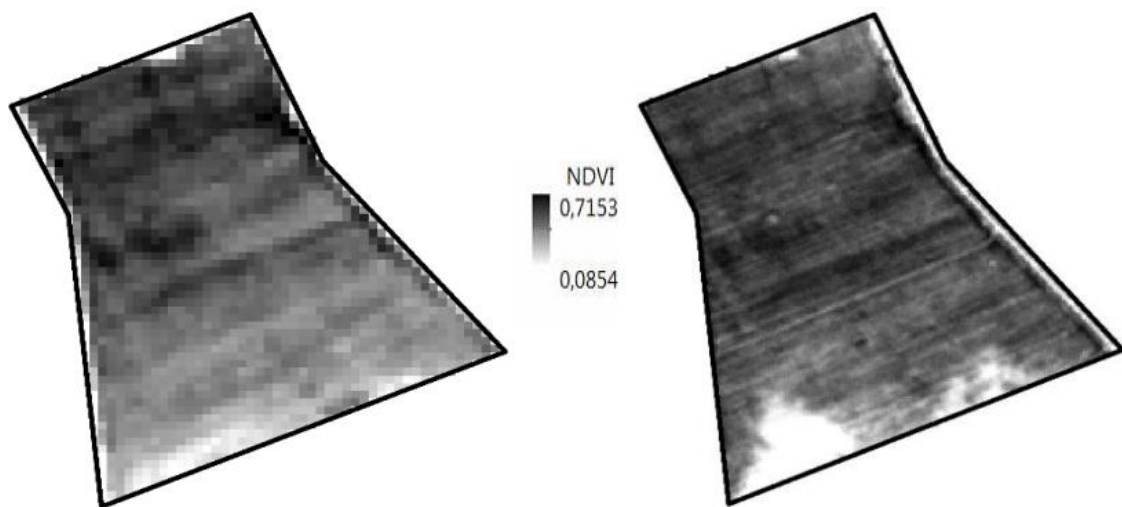


Рисунок 1.2 Вегетаційний індекс NDVI тестового поля, визначений за знімками: а) Landsat-8; б) Sentinel-2

Також завдяки космічному зніманню можна прослідкувати ознаки типового ерозійного небезпечного агроландшафту, зафіксувавши масштаби характеру водно-ерозійних процесів. Світлий колір на знімках є характерним для різного ступеня еродованості ґрунту.

Ще однією можливістю дослідження за допомогою космічних знімків є виявлення рівня фрагментації ландшафтів, розораності природних водотоків та відсутності протиерозійних лісових чи трав'яних насаджень або земляних гідротехнічних споруд на орних землях [9].

Отже системи ДЗЗ високого просторового розрізнення можуть підвищити ефективність виявлення та оцінки просторового розвитку ерозійних процесів

водної деградації та дефляції, що забезпечує планування та розробку заходів із протидії цим небезпечним процесам. До того ж, аерокосмічна інформація є важливим інструментом моніторингу агроландшафтів, систем землекористування та розповсюдження різноманітних ерозійних процесів.

РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Супутникові знімки та їх аналіз

Супутникові знімки є потужним інструментом для спостереження за Землею. Вони дозволяють отримувати дані про стан поверхні планети, атмосферу, океани та інші природні і антропогенні об'єкти. Аналіз супутникових знімків допомагає в різних галузях, таких як сільське господарство, екологія, геологія, урбаністика та інші.

Ось кілька ключових аспектів супутникових знімків та їх аналізу [13-16]:

Типи супутникових знімків

1. Оптичні знімки: Отримані в діапазоні видимого світла. Використовуються для картографування, моніторингу рослинності та землекористування.

2. Інфрачервоні знімки: Використовуються для визначення теплових характеристик поверхні, моніторингу вегетації, визначення вологості ґрунту та ін.

3. Радарні знімки: Використовують радіохвилі, що дозволяє отримувати дані в умовах хмарності або вночі. Використовуються для моніторингу поверхні Землі, виявлення змін у структурі поверхні, зсувів ґрунту тощо.

4. Гіперспектральні знімки: Забезпечують високу спектральну роздільну здатність і дозволяють ідентифікувати матеріали на основі їх спектральних підписів.

Методи аналізу супутникових знімків

1. Візуальна інтерпретація: Аналіз знімків безпосередньо людиною. Цей метод є ефективним для виявлення великих та очевидних об'єктів або змін.

2. Цифрова обробка зображень: Використання алгоритмів для автоматизованого аналізу. Включає фільтрацію, класифікацію, виявлення контурів, змін тощо.

3. Класифікація зображень: Поділ зображення на різні класи на основі спектральних характеристик. Існують різні методи класифікації, такі як некеровані (коли алгоритм самостійно визначає класи) та керовані (використовують зразки відомих класів).

4. Аналіз змін: Виявлення змін між знімками, зробленими у різний час. Це дозволяє відстежувати динаміку процесів, таких як вирубка лісів, урбанізація, зміна русел річок тощо.

Програмні засоби для аналізу [17-18]:

1. GIS (Геоінформаційні системи): Програми, такі як ArcGIS, QGIS, які дозволяють обробляти, аналізувати і візуалізувати просторові дані.

2. Спеціалізовані інструменти для обробки зображень: Наприклад, ENVI, ERDAS Imagine.

3. Відкриті платформи та інструменти: Google Earth Engine, SNAP (ESA Sentinel Application Platform).

Приклади застосування

1. Сільське господарство: Моніторинг стану посівів, прогнозування врожайності, управління водними ресурсами.

2. Екологія: Моніторинг лісових масивів, виявлення незаконної вирубки лісів, оцінка стану водних об'єктів.

3. Геологія: Виявлення корисних копалин, моніторинг зсувів ґрунту, аналіз землетрусів.

4. Урбаністика: Моніторинг розвитку міст, аналіз зміни ландшафту, управління земельними ресурсами.

Аналіз супутникових знімків є критично важливим для прийняття обґрунтованих рішень у різних галузях, надаючи вичерпну інформацію про стан і динаміку поверхні Землі.

Аналіз супутникових знімків складається з кількох етапів, кожен з яких має свої методи та інструменти. Нижче наведені основні кроки та методи, що використовуються для аналізу супутникових знімків [13-16].

1. Збір та попередня обробка даних

Збір даних

- Вибір супутника та сенсора: В залежності від мети дослідження вибираються відповідні супутникові знімки (наприклад, Sentinel-2, Landsat-8).
- Отримання знімків: Завантаження знімків з відповідних порталів або отримання їх від постачальників даних.

Попередня обробка

- Корекція геометрії: виправлення геометричних спотворень, щоб всі пікселі відповідали правильним географічним координатам.
- Атмосферна корекція: Видалення впливу атмосфери для точнішої інтерпретації даних.
- Калібрування: Перетворення цифрових значень (DN) у фізично значимі величини, такі як відбивна здатність або температура.

2. Обробка та аналіз даних

Візуалізація знімків

- Створення композитних зображень: Поєднання кількох спектральних каналів для отримання кольорового зображення (наприклад, використання комбінації червоного, зеленого і синього каналів для створення природного кольорового зображення).
- Фальшколірні зображення: Використання спектральних каналів, невидимих для людського ока (наприклад, інфрачервоного), для візуалізації різних об'єктів і явищ.

Аналіз зображень

- Фільтрація: Використання фільтрів для підвищення контрастності, видалення шуму або виділення певних елементів на зображенні.
- Індксування: Розрахунок індексів, таких як NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для моніторингу рослинності або NDWI (Normalized Difference Water Index) для водних об'єктів.

Класифікація зображень

- Некерована класифікація: Алгоритми, такі як K-means або ISODATA, які автоматично групують пікселі на основі їх спектральних характеристик.
- Керована класифікація: Використання навчальних вибірок для класифікації пікселів. Поширені методи включають максимальну правдоподібність, підтримкові векторні машини (SVM), нейронні мережі тощо.

3. Інтерпретація та валідація результатів

Інтерпретація результатів

- Візуальна інтерпретація: Аналіз зображень людиною для виявлення та розуміння певних об'єктів або явищ.
- Аналітична інтерпретація: Використання статистичних методів для інтерпретації отриманих результатів.

Валідація

- Перевірка на місцевості: Збір даних на місцевості для перевірки точності аналізу супутникових знімків.
- Порівняння з іншими джерелами даних: Використання даних з інших джерел (наприклад, аерофотознімків, даних з дронів) для валідації результатів.

Інструменти для аналізу супутникових знімків [17-18]:

- Геоінформаційні системи (ГІС): ArcGIS, QGIS.
- Спеціалізоване програмне забезпечення: ENVI, ERDAS Imagine.
- Відкриті платформи: Google Earth Engine, SNAP.

Приклади аналізу

- Моніторинг лісів: Використання NDVI для визначення здоров'я рослинності та виявлення вирубки лісів.
- Сільське господарство: Моніторинг стану посівів і прогнозування врожайності.
- Урбаністика: Вивчення змін в міському ландшафті і планування міської інфраструктури.

Аналіз супутникових знімків дозволяє отримувати цінну інформацію для різних застосувань, допомагаючи приймати обґрунтовані рішення на основі просторових даних.

Для проведення досліджень було взято науково-дослідні ділянки сільськогосподарських земель Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, що знаходяться неподалік від с. Лазурне Семенівської територіальної громади Мелітопольського району Запорізької області (рис. 2).

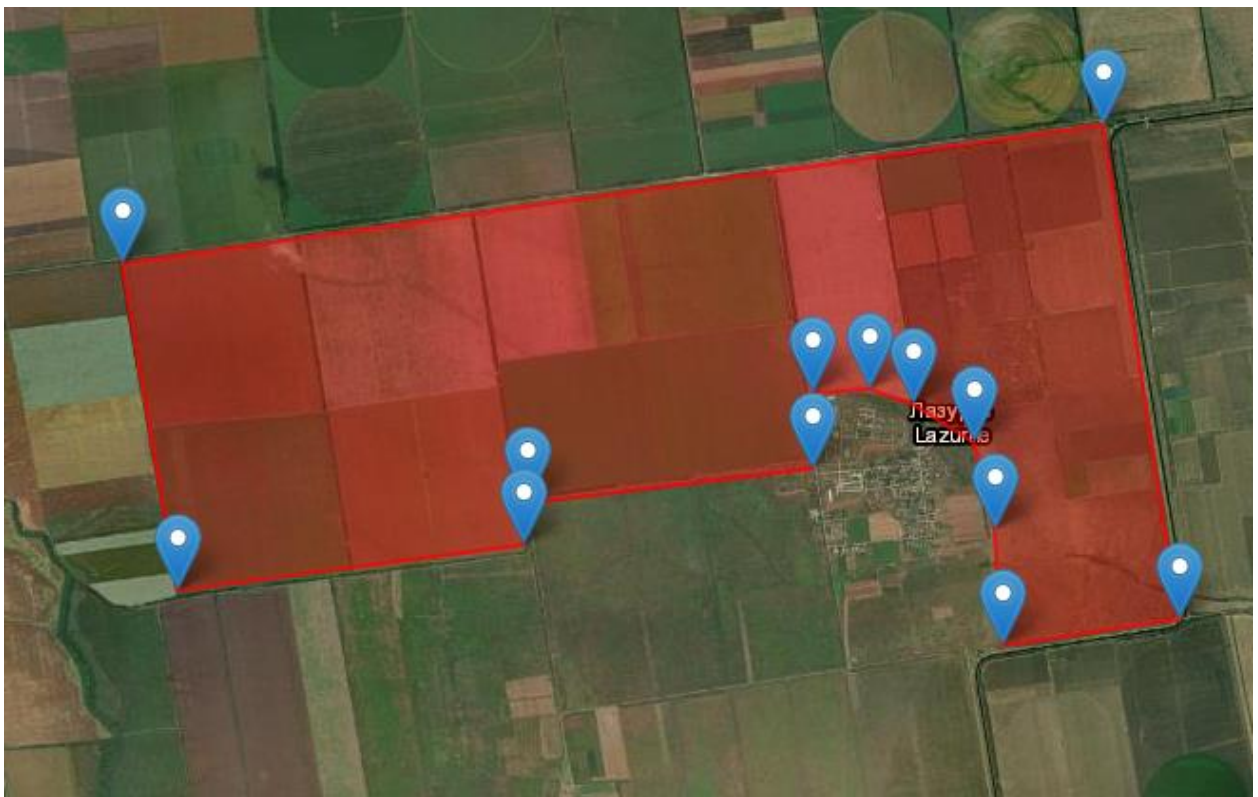


Рис. 2 Науково-дослідні ділянки сільськогосподарських земель ТДАТУ [19]

Основою виконаної роботи слугували супутникові знімки високого просторового розрізнення зроблені супутником Landsat 8, які викладені у вільному доступі на офіційному сайті Геологічної служби США (<https://usgs.gov/>).

Щоб завантажити зображення, вам потрібно спочатку відвідати веб-сайт Геологічної служби США <https://usgs.gov/>.

Ви можете зареєструватися на сайті, заповнивши анкету англійською мовою, або якщо ви вже зареєстровані, увійдіть у свій обліковий запис.

Потрібно натиснути «Рєєстрація» у верхньому правому куті. Яке вікно автоматично переведе вас до анкети з кількома вкладками.

Необхідно заповнити, ввівши свої дані (рис. 3, 4).

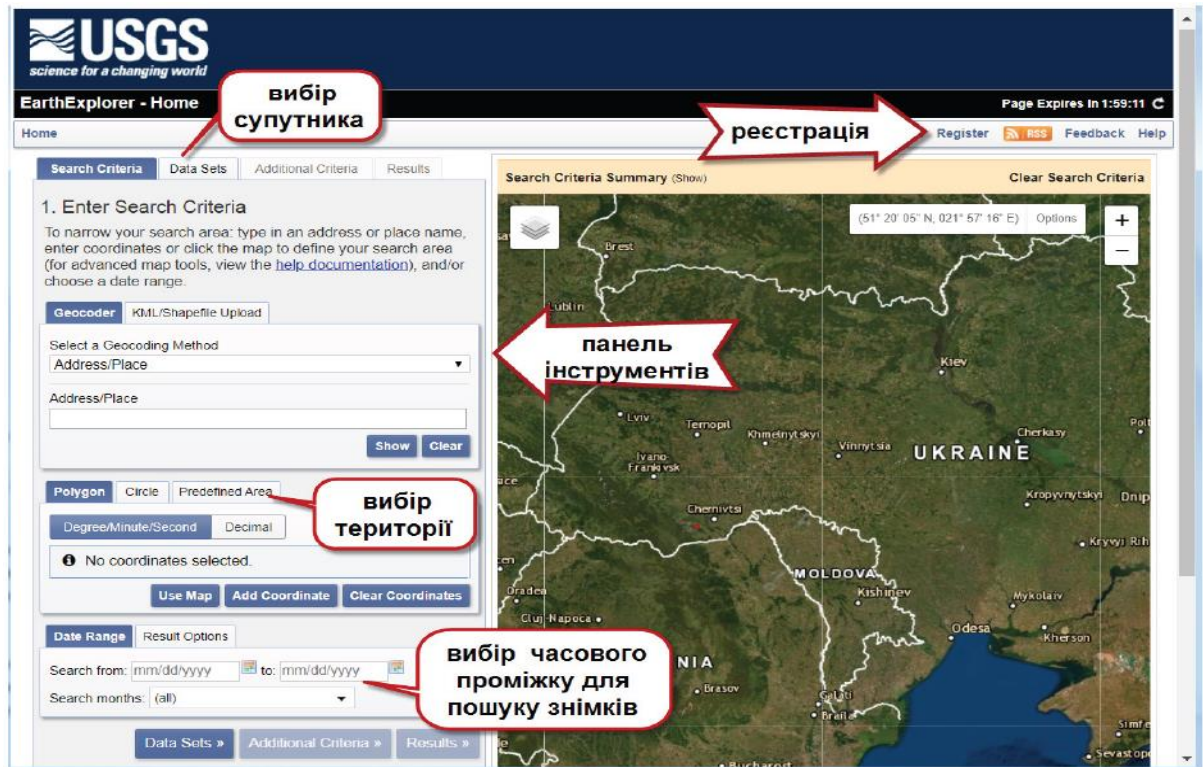


Рис. 3. Робоче вікно Earth Explorer

Обираємо область, у якій ми будемо шукати наші дані. Виділяємо область багатокутником та окреслюємо її лівою кнопкою миші. Наводимо курсор на верхню частину багатокутника на карті (рис. 5), або водимо назву населеного пункту. У таблиці відобразиться маркер на карті (рис. 5).

Зробивши територіальний запит, можемо переходити до часового. Заповнюємо поле діапазону даних (період часу) – період часу, який ми хочемо отримати. За замовчуванням у полі Пошук місяця вибрано всі місяці місяців з періоду, але ми можемо вибрати лише те, що нам потрібно, знявши позначку перед назвою всіх інших місяців. Обираємо період часу з 09/05/2023 по 09/30/2023 (місяць/число/рік) і зберігаємо (рис. 6).

User Registration Особисті дані Контактна інформація Підтверити реєстрацію

User Credentials Contact Demographic Contact Information Complete Registration

Registration and login credentials are required to access all system features and download data from USGS EROS web services. To ensure privacy and security, ERS uses Hypertext Transfer Protocol with Secure Sockets Layer (HTTPS) to encrypt user authentication.

To register, please create a username and password. The information gathered from the registration process is not distributed to other organizations and is only used to determine trends in data usage. Review [USGS Privacy Policies](#).

The Cancel button can be used to exit the registration process at any time and information entered will be lost.

Username Логін

New Password Пароль

Confirm New Password Підтверити пароль

I'm not a robot

Continue Закрити

User Requirements

- Must be between 4 and 30 characters
- May contain alphabetic and numeric characters
- May only contain the following special characters
 - period "."
 - at sign "@"
 - underscore "_"
 - dash "-"

Password Requirements

- Must be between 12 and 24 characters
- Must contain at least one alphabetic character
- Must contain at least one numeric character
- May only contain the following special characters
 - comma ","
 - hyphen "-"
 - period "."
 - pipe "|"
 - pound "#"
 - underscore "_"

OMB number 1028-0119
OMB expiration date 08/31/2021

Privacy and Paperwork Reduction Act Statements: 16 U.S.C. 1a7 authorized collection of this information. This information will be used by the U.S. Geological Survey to better serve the public. The time required to complete this information collection is estimated to average 2 minutes per response. We will not distribute responses associated with you as an individual. We ask you for some basic organizational and contact information to help us interpret the results and, if needed, to contact you for clarification. Comments on this collection should be sent to custserv@usgs.gov.

Рис. 4. Вікно створення особистого профілю на Earth Explorer

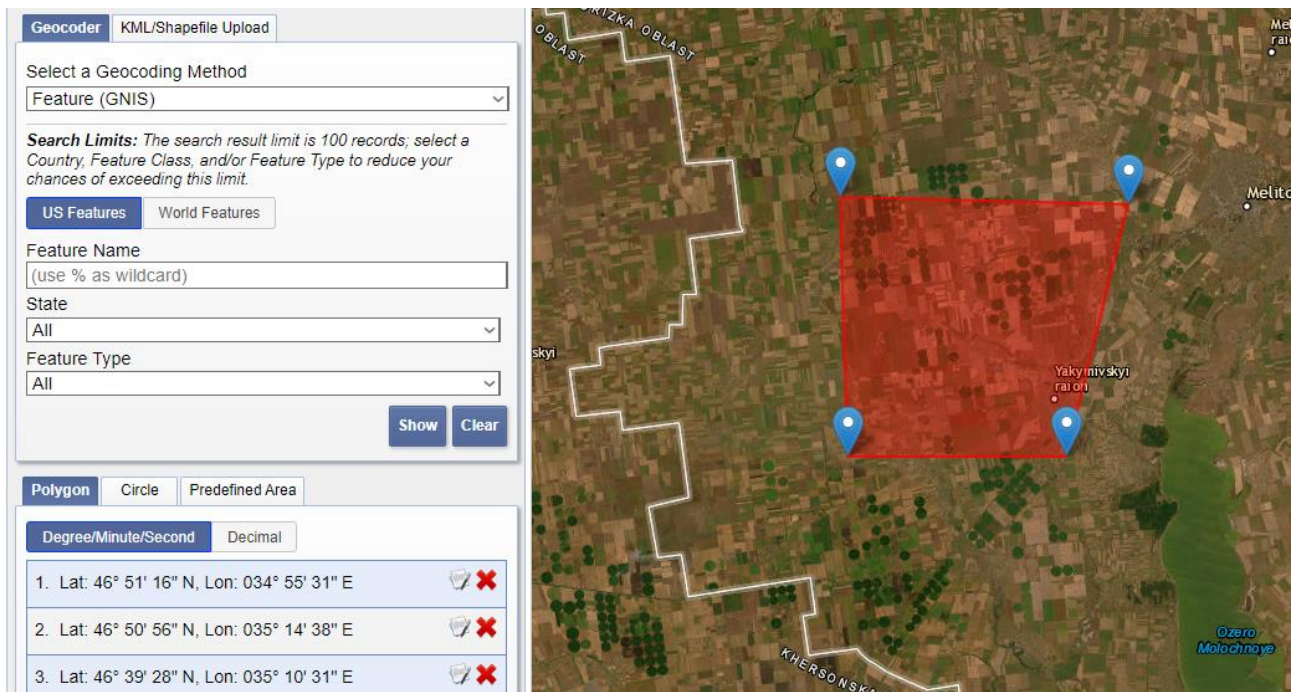


Рис. 5. Виділення зацікавленої області на карті.

Polygon Circle Predefined Area

Degree/Minute/Second Decimal

1. Lat: 46° 51' 16" N, Lon: 034° 55' 31" E

2. Lat: 46° 50' 56" N, Lon: 035° 14' 38" E

3. Lat: 46° 39' 28" N, Lon: 035° 10' 31" E

4. Lat: 46° 39' 28" N, Lon: 034° 56' 01" E

Use Map Add Coordinate Clear Coordinates

Date Range Cloud Cover Result Options

Search from: 09/05/2023 to: 09/30/2023

Search months: (all)

Data Sets » Additional Criteria » Results »

Рис. 6. Вибір часового періоду для пошуку знімків

Перейдіть на вкладку «Набір даних», знайдіть Landsat у списку даних і відкрийте список. Позначено Landsat 8 Level 2, Collection 1. Натисніть на піктограми, щоб дізнатися більше про кожен супутник (рис. 7).

Критерії пошуку Набори даних Додаткові критерії Результати

2. Виберіть набори даних

Установіть прапорці для наборів даних, які ви хочете шукати. Завершивши вибір наборів(ів) даних, натисніть кнопку «Додаткові критерії» або «Результати» нижче. Натисніть знак «плюс» біля назви категорії, щоб відобразити список наборів даних.

Використовуйте попередній фільтр набору даних (що це?)

Пошук набору даних:

- Спадщина SEOS
- Комерційні супутники
- Розсекречені дані
- Цифровий рельєф
- Цифрові лінійні графіки
- Цифрові карти
- EO-1
- Global Fiducials
- HCMM
- ISERV
- Земельний покрив
- Landsat
 - Landsat Collection 2 Level-3 Science Products
 - Landsat C2 US Analysis Ready Data (ARD)
 - Landsat Collection 2 Рівень-2
 - Landsat 8-9 OLI/TIRS C2 L2
 - Landsat 7 ETM+ C2 L2
 - Landsat 4-5 TM C2 L2
 - Колекція Landsat 2 Рівень-1
 - Допоміжні атмосферні дані Landsat C2
 - Колекція Landsat 2 DEM
 - Landsat Legacy

Очистити всі вибрані додаткові критерії »

Рис. 7 Вибір набору даних супутника.

Натисніть кнопку «Результати», після чого і з'явиться список даних, які відібрані за вашим запитом. Якщо ми обираємо кілька типів даних, тоді у випадковому списку "Набір даних" їх потрібно за чергою змінювати (наприклад, Landsat 8 Level 2, Collection 1 [20] , потім Landsat 7 ETM+ C2 L2 і т. д.), оскільки всі знімки відфільтровані за типом (рис. 8).

Кожен знімок, який ми отримали в результаті пошуку, містить таку інформацію: Назва сцени, Дата зйомки, Стовпчик сцени, Рядок сцени, а також невеличку панель інструментів.

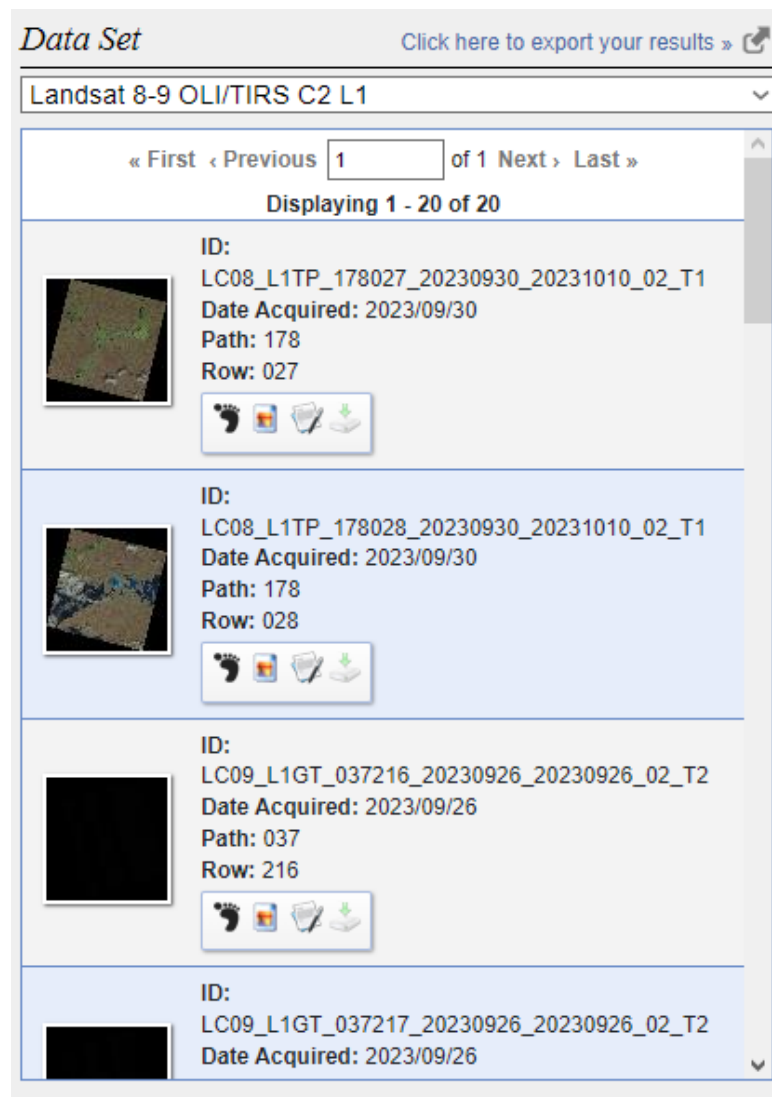


Рис. 8 Перелік знімків, та спосіб зміни набору даних.

За допомогою цих інструментів можна перевірити чи підходить знімок, чи ні, аби не зберігати одразу непотрібні дані (рис. 9). Якщо знімок нас влаштовує,

натискаємо на Варіанти завантаження – завантажити. Серед переліку знімків у вкладці Результати знайдіть і завантажте знімок за 23 вересня 2023 року (рис. 10).

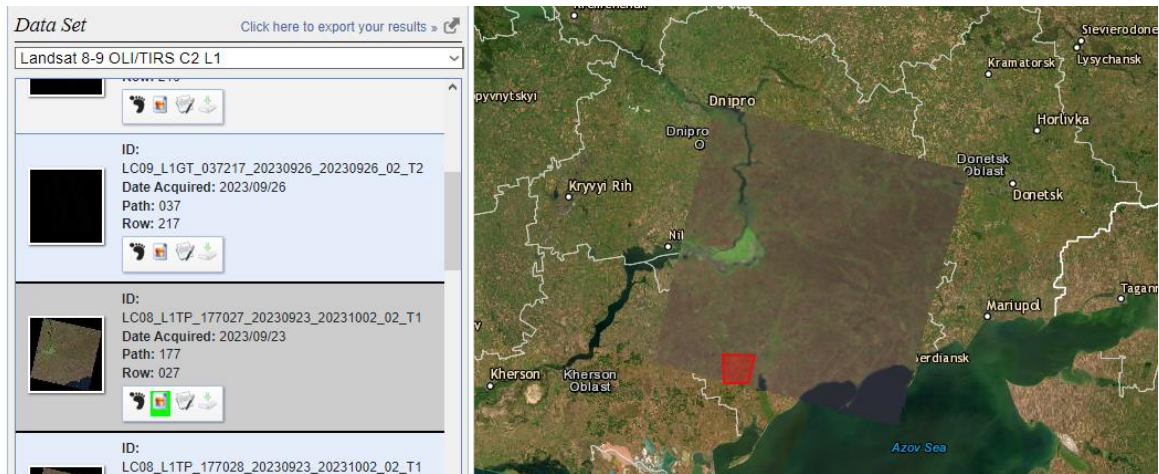


Рис. 9 Область покриття території знімком.

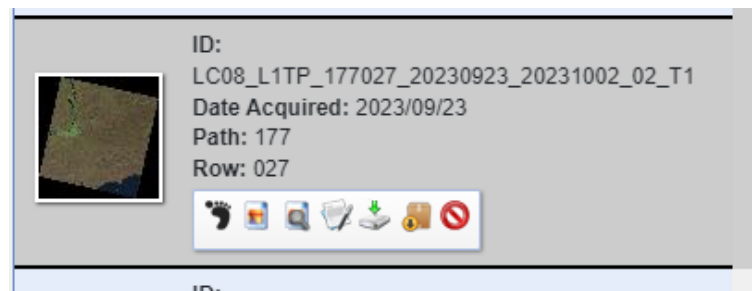


Рис. 10 Знімки, що потрібно завантажити.

З'явиться вікно (рис. 11), в якому потрібно вибрати файл найбільшого розміру і завантажити його. У результаті отримуємо завантажений файл у вигляді архіву, який перед початком роботи зі знімком потрібно розархівувати.

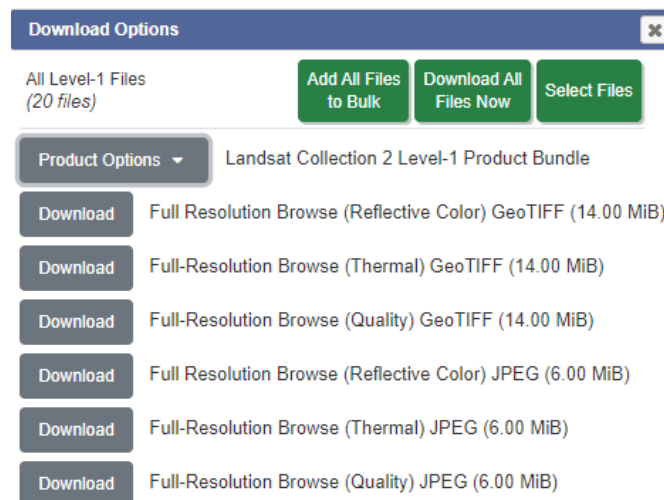


Рис. 11 Вікно завантаження знімків.

2.2 Дешифрування супутникових знімків засобами ГІС

Дешифрування супутникових знімків – це процес аналізу і інтерпретації зображень, отриманих з супутників, для виявлення, класифікації і моніторингу об'єктів і явищ на поверхні Землі. Цей процес включає кілька етапів і методів, які дозволяють отримати точні і корисні дані з сирих зображень.

Етапи дешифрування супутникових знімків [13-16]:

1. Підготовка знімків
 - Калібрування: Приведення зображень до фізичних параметрів (наприклад, відбивна здатність, яскравість).
 - Атмосферна корекція: Видалення впливу атмосфери, яка може спотворювати зображення.
 - Геометрична корекція: виправлення геометричних спотворень, щоб зображення відповідали географічним координатам.
2. Візуалізація та попередній аналіз
 - Створення композитних зображень: Використання різних спектральних каналів для створення зображень в природних або штучних кольорах.
 - Фільтрація: Використання різних фільтрів для підвищення якості зображення і виділення важливих деталей.
3. Ідентифікація об'єктів
 - Візуальна інтерпретація: Аналіз зображень людиною, що дозволяє виявляти відомі об'єкти на основі їх зовнішнього вигляду.
 - Автоматизована інтерпретація: Використання алгоритмів для автоматичного виявлення і класифікації об'єктів.
4. Аналіз та класифікація
 - Спектральний аналіз: Аналіз спектральних характеристик різних об'єктів для їх ідентифікації.

- Класифікація зображень: Розподіл зображення на класи за допомогою некерованих (наприклад, кластеризація) або керованих методів (наприклад, нейронні мережі).

5. Аналіз змін

- Порівняння знімків: Аналіз знімків, отриманих в різний час, для виявлення змін у стані об'єктів або територій.

- Індeksi змін: Використання індексів, таких як NDVI, для кількісної оцінки змін.

Методи дешифрування [13-16]:

Візуальна інтерпретація

- Форма: Визначення об'єктів за їх формою.
- Розмір: Визначення розмірів об'єктів для їх ідентифікації.
- Колір/тон: Використання кольору або тону для визначення типу об'єктів.

- Текстура: Аналіз текстури поверхні для ідентифікації об'єктів.
- Контекст: Використання контекстної інформації для точнішої інтерпретації.

Автоматизовані методи

- Спектральні індeksi: NDVI, NDWI та інші індeksi для виявлення рослинності, водних об'єктів і інших характеристик.

- Фільтрація та обробка зображень: Використання фільтрів для виділення контурів, зменшення шумів та підвищення контрасту.

- Класифікація: Алгоритми машинного навчання (наприклад, Random Forest, SVM, нейронні мережі) для автоматичної класифікації пікселів зображення.

Інструменти для дешифрування [17-18]:

- GIS (Геоінформаційні системи): ArcGIS, QGIS.
- Спеціалізовані програми: ENVI, ERDAS Imagine.
- Відкриті платформи: Google Earth Engine, SNAP.

- Обчислювальні інструменти: Python з бібліотеками для обробки зображень (наприклад, NumPy, OpenCV, scikit-learn).

Застосування дешифрування супутникових знімків

- Моніторинг сільського господарства: Виявлення стану посівів, прогнозування врожайності.
- Екологічний моніторинг: Відстеження змін у стані лісів, водойм, льодовиків.
- Урбаністика: Аналіз змін у міському середовищі, планування розвитку територій.
- Картографування: Створення і оновлення карт територій.
- Геологічні дослідження: Виявлення корисних копалин, моніторинг природних катастроф.

Дешифрування супутникових знімків є складним процесом, що вимагає поєднання знань у галузі дистанційного зондування, геоінформатики, обробки зображень та аналізу даних.

Обробка супутникових знімків за допомогою засобів Геоінформаційних систем (ГІС) включає кілька ключових етапів, які дозволяють перетворювати сирі дані в цінну інформацію для прийняття рішень. ГІС пропонують широкий спектр інструментів для обробки, аналізу та візуалізації просторових даних. Нижче наведені основні етапи та методи обробки супутникових знімків за допомогою ГІС.

Етапи обробки супутникових знімків в ГІС [17-18]:

1. Завантаження та підготовка даних
 - Завантаження знімків: Отримання супутникових знімків з відкритих джерел (наприклад, USGS, ESA) або комерційних платформ.
 - Попередня обробка: Включає геометричну та радіометричну корекцію, видалення шумів і покращення якості зображень.
2. Корекція зображень
 - Геометрична корекція: Виправлення геометричних спотворень, щоб знімки відповідали реальним географічним координатам.

- Атмосферна корекція: Видалення впливу атмосфери для підвищення точності інтерпретації даних.

3. Аналіз зображень

- Комбінування каналів: Створення композитних зображень з використанням різних спектральних каналів (наприклад, природні кольори, фальшколірні зображення).

- Розрахунок індексів: Визначення вегетаційних (NDVI), водних (NDWI) та інших індексів для аналізу різних об'єктів на знімках.

4. Класифікація зображень

- Некерована класифікація: Використання алгоритмів кластеризації (наприклад, K-means) для автоматичного розподілу пікселів на класи.

- Керована класифікація: Використання навчальних вибірок для тренування алгоритмів класифікації (наприклад, Random Forest, SVM) з подальшою класифікацією зображень.

5. Аналіз змін

- Порівняння знімків: Аналіз змін на основі порівняння знімків, отриманих у різний час.

- Розрахунок диференційних індексів: Використання різних методів для виявлення змін у стані об'єктів.

6. Візуалізація та інтерпретація результатів

- Створення карт: Візуалізація результатів аналізу у вигляді карт і графіків.

- Створення 3D моделей: Візуалізація даних у тривимірному просторі для більш детального аналізу.

Інструменти для обробки супутникових знімків в ГІС [17-18]:

ArcGIS

ArcGIS є одним з найбільш популярних комерційних ГІС-інструментів, який надає широкий спектр можливостей для обробки супутникових знімків:

- ArcMap і ArcGIS Pro: Використовуються для візуалізації, аналізу та створення карт.

- **Spatial Analyst:** Розширення для аналізу просторових даних, включаючи інструменти для класифікації та індексації.
- **Image Analyst:** Інструменти для обробки та аналізу зображень, включаючи розширені можливості для роботи з супутниковими знімками.

QGIS

QGIS є відкритим та безкоштовним ГІС-інструментом, який також пропонує потужні засоби для обробки супутникових знімків:

- **SAGA і GRASS:** Інтегровані модулі для просторового аналізу та обробки зображень.
- **Semi-Automatic Classification Plugin (SCP):** Плагін для QGIS, який спрощує процес класифікації супутникових знімків.

Google Earth Engine (GEE)

GEE є потужною хмарною платформою для обробки та аналізу великих обсягів геопросторових даних:

- **Обробка в реальному часі:** Використання хмарних обчислень для швидкої обробки великих наборів даних.
- **Масиви супутникових даних:** Доступ до великої кількості супутникових знімків і інструментів для їх аналізу.

Приклади застосування

1. **Моніторинг сільського господарства:** Використання NDVI для оцінки стану посівів, аналіз вологості ґрунту.
2. **Екологічний моніторинг:** Виявлення вирубки лісів, моніторинг стану водних об'єктів.
3. **Урбаністика:** Аналіз змін в міській інфраструктурі, планування нових забудов.
4. **Катастрофічний моніторинг:** Виявлення та аналіз наслідків природних катастроф, таких як землетруси, повені, пожежі.

Обробка супутникових знімків засобами ГІС дозволяє отримувати точні і детальні дані про стан та зміни на поверхні Землі, що є критично важливим для різних галузей науки, управління та бізнесу.

Для дешифрування супутникових знімків використано ГІС-продукт QGIS 3.28 (вільна геоінформаційна система з відкритим кодом) [21].

Дослідження проводилось в кілька етапів [22]:

- формування мозаїки супутникових даних, нормалізації і отримання зображення RGB трансформованого на картографічну основу;
- фрагментації даних по території тестових аграрних полігонів;
- розрахунку вегетаційного індексу NDVI;
- розрахунку міжканального індексу NI 1-2;
- формування текстурного індексу Variance для визначення однорідних сегментів та нормування зображення;
- розрахунок водного індексу WI;
- створення векторного шару лінійних об'єктів;
- створення тематичного шару зображення.

Для оцінки еродованості ґрунтів взято червоний (R) та ближній інфрачервоний (NIR) спектральні канали супутникових даних Landsat 8.

При дешифруванні супутникових знімків в середовищі QGIS та для покращення роботи з ними розраховано коефіцієнт відбиття поверхні (формула 1) [19] (рис. 12):

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho} \quad (1),$$

ρ_{λ}' – коефіцієнт відбиття планети TOA без поправки на сонячний кут;

M_{ρ} – специфічний для діапазону мультиплікативний коефіцієнт зміни масштабу з метаданих (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, де x — номер діапазону);

A_{ρ} – специфічний для діапазону адитивний коефіцієнт масштабування з метаданих (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, де x — номер діапазону);

Q_{cal} – квантований і відкалібрований стандартні значення пікселів продукту (DN).

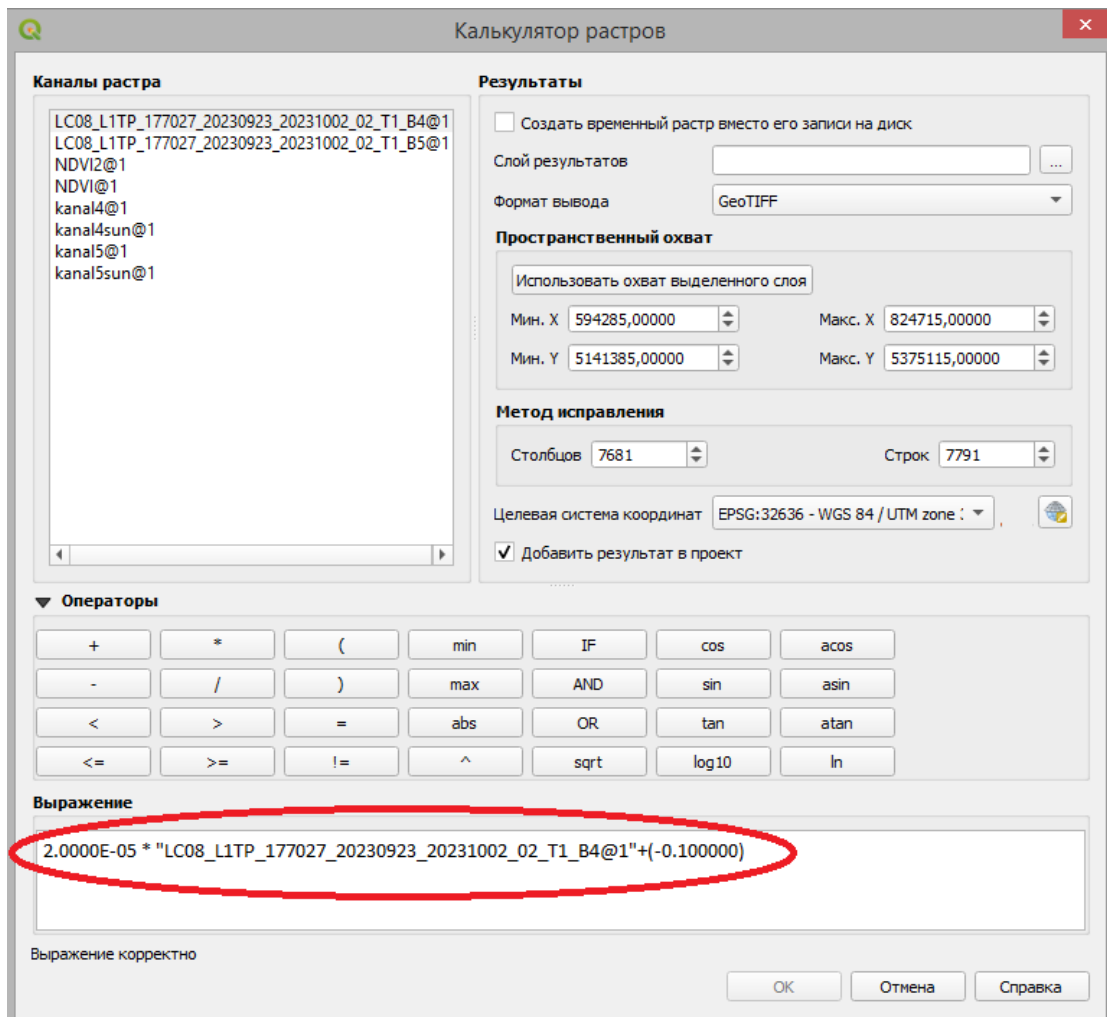


Рис. 12 Введення даних перетворення DN відбивної смуги на коефіцієнт відбиття TOA в «Калькулятор реєстру»

Наступним етапом виконано розрахунок коефіцієнту відбиття TOA з поправкою на кут сонця (формула 2) [19] (рис. 13):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2),$$

ρ_{λ} – коефіцієнт відбиття планети TOA;

θ_{SE} – місцевий кут підйому сонця. Кут піднесення сонця в центрі сцени в градусах надається в метаданих (SUN_ELEVATION);

θ_{SZ} = місцевий сонячний зенітний кут.

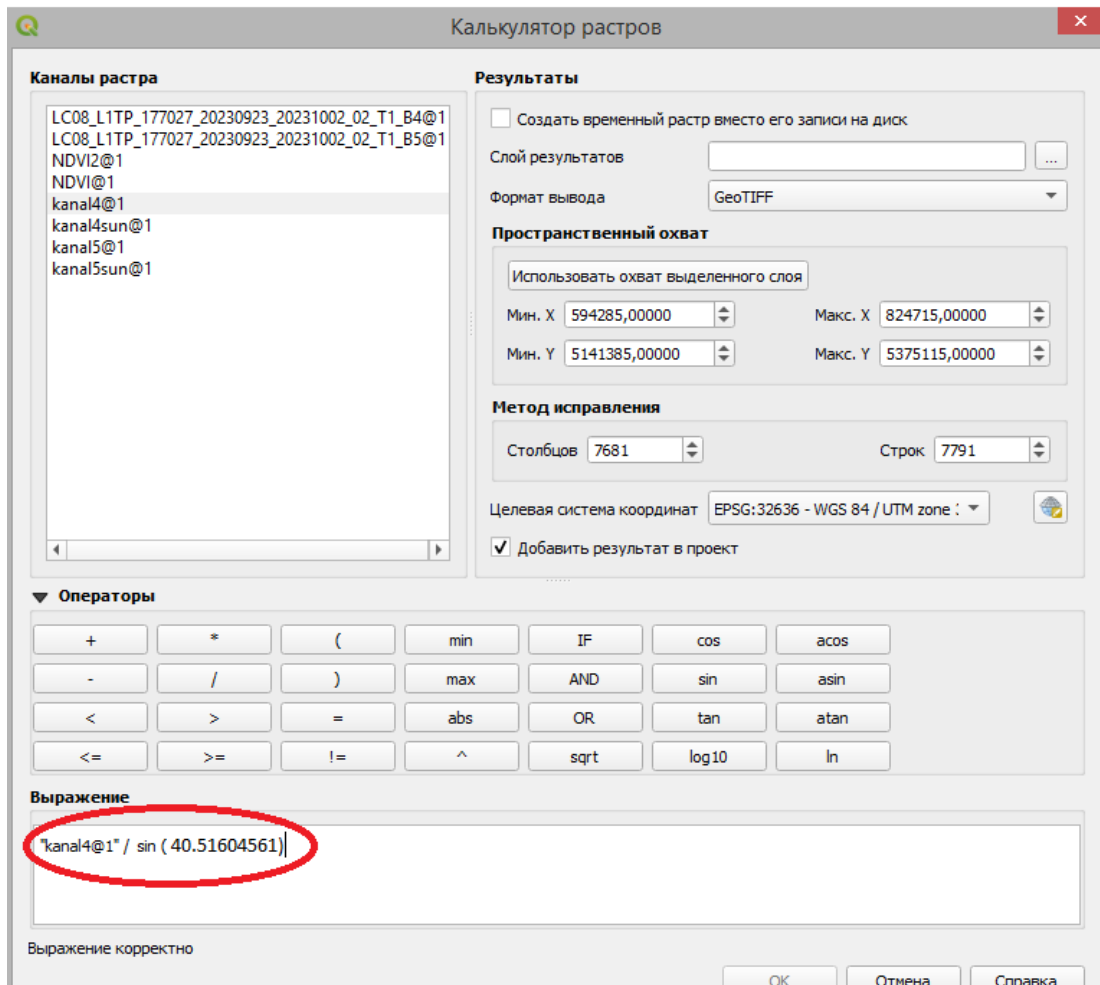


Рис. 13 Введення даних коефіцієнту відбиття TOA з поправкою на кут сонця в «Калькулятор реєстру»

2.3 Застосування водних та вегетаційних коефіцієнтів при виявленні водної ерозії ґрунтів

Водні індекси – це обчислювані значення, що дозволяють ідентифікувати водні об'єкти на супутникових знімках. Вони використовуються для виявлення та моніторингу водних тіл, оцінки їх стану і зміни в часі. Основні водні індекси розраховуються на основі різних спектральних каналів супутникових знімків.

Основні водні індекси [17-18]:

1. Нормалізований різницевий водний індекс (NDWI)
 - Формула: $NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)}$

- Канали: зелений (Green) та ближній інфрачервоний (NIR)
- Призначення: Виявлення водних об'єктів та моніторинг водного стресу у рослинності.
- Недолік: Може мати певні труднощі з відокремленням водних тіл від інших об'єктів, таких як тіні або темна вологий ґрунт.

2. Модифікований нормалізований різницевий водний індекс (MNDWI)

- Формула:
$$MNDWI = \frac{(Green - SWIR)}{(Green + SWIR)}$$
- Канали: зелений (Green) та короткохвильовий інфрачервоний (SWIR)
- Призначення: Поліпшене виявлення водних тіл, особливо в урбанізованих та лісистих районах.

- Перевага: Краще відокремлює водні об'єкти від міських територій.

3. Нормалізований різницевий вологий індекс (NDWI)

- Формула:
$$NDWI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$
- Канали: ближній інфрачервоний (NIR) та короткохвильовий інфрачервоний (SWIR)
- Призначення: Виявлення вологості рослинності і ґрунту, а також для моніторингу водних тіл.
- Перевага: Хороша чутливість до вологості рослинності та води у ґрунті.

Застосування водних індексів [17-18]:

1. Моніторинг водних ресурсів

- Виявлення водних об'єктів: Водні індекси дозволяють ідентифікувати річки, озера, ставки та інші водні об'єкти на знімках.
- Відстеження змін: Моніторинг змін у площі та об'ємі водних тіл, наприклад, внаслідок сезонних коливань або зміни клімату.

2. Управління водними ресурсами

- Оцінка запасів води: Використання водних індексів для оцінки наявних водних ресурсів у регіоні.
- Планування водокористування: Аналіз даних для оптимального управління водними ресурсами, включаючи зрошення, водопостачання та інші потреби.
- 3. Екологічний моніторинг
 - Виявлення забруднення води: Використання індексів для виявлення забруднень у водних об'єктах.
 - Моніторинг екосистем: Відстеження стану водно-болотних угідь та інших екосистем, які залежать від водних ресурсів.
- 4. Моніторинг стихійних лих
 - Повені: Водні індекси використовуються для виявлення і моніторингу повеней.
 - Засухи: Аналіз змін у водних ресурсах для виявлення засух і їх впливу на території.

Використання водних індексів у ГІС [17-18]:

Для обробки супутникових знімків та розрахунку водних індексів використовуються різні ГІС-інструменти. Нижче наведено приклади використання водних індексів у популярних ГІС-платформах.

ArcGIS [17-18]:

1. Завантаження даних: Отримання супутникових знімків з відкритих джерел або від постачальників даних.
2. Розрахунок індексів: Використання калькулятора растрових даних (Raster Calculator) для обчислення водних індексів.
3. Аналіз та візуалізація: Візуалізація результатів на карті, створення тематичних шарів для подальшого аналізу.

QGIS [17-18]:

1. Завантаження даних: Завантаження супутникових знімків у QGIS.
2. Плагін SCP: Використання плагіну Semi-Automatic Classification Plugin для обчислення водних індексів.

3. Аналіз: Візуалізація та аналіз результатів за допомогою інструментів QGIS.

Google Earth Engine (GEE) [17-18]:

1. Імпорт даних: Використання каталогів супутникових даних, доступних у GEE.
2. Обчислення індексів: Написання скриптів на JavaScript для обчислення водних індексів.
3. Аналіз та візуалізація: Відображення результатів на карті та проведення аналізу змін.

Приклад розрахунку NDWI у QGIS [17-18]:

Ось приклад того, як можна розрахувати NDWI у QGIS за допомогою плагіну Semi-Automatic Classification Plugin (SCP):

1. Встановлення SCP: Встановіть плагін SCP через менеджер плагінів QGIS.
2. Завантаження супутникових знімків: Завантажте супутникові знімки в QGIS.
3. Вибір каналів: Виберіть канали для обчислення індексу (NIR та SWIR).
4. Обчислення NDWI:
 - Відкрийте SCP > Band Processing > Band calc.
 - Введіть формулу для NDWI: $(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$.
 - Натисніть "Calculate" для обчислення NDWI.
5. Візуалізація результатів: Відобразіть результати на карті та застосуйте колірні схеми для кращої інтерпретації.

Водні індекси є важливим інструментом для аналізу супутникових знімків і надають цінну інформацію для управління водними ресурсами, екологічного моніторингу та відстеження змін у стані водних об'єктів.

Вегетаційні індекси використовуються для аналізу рослинного покриву на супутникових знімках. Вони дозволяють визначити стан рослинності, її біомасу, здоров'я та зміни в часі. Основні вегетаційні індекси розраховуються на основі

різних спектральних каналів, які відображають характерні особливості рослинного покриву.

Основні вегетаційні індекси [17-18]:

1. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
 - Формула: $NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)}$
 - Канали: ближній інфрачервоний (NIR) та червоний (Red)
 - Призначення: Вимірювання інтенсивності рослинного покриву та його здоров'я. NDVI є найбільш поширеним вегетаційним індексом.
 - Перевага: Висока чутливість до рослинності, простота обчислення.
2. Enhanced Vegetation Index (EVI)
 - Формула: $EVI = G \times \frac{(NIR - Red)}{(NIR + C1 \times Red - C2 \times Blue + L)}$
 - Канали: ближній інфрачервоний (NIR), червоний (Red), синій (Blue)
 - Параметри: G (посилення, зазвичай 2.5), C1, C2 (коефіцієнти, зазвичай 6 і 7.5 відповідно), L (коригувальний коефіцієнт, зазвичай 1)
 - Призначення: Поліпшення чутливості до високої біомаси та зменшення атмосферних ефектів.
 - Перевага: Краща точність у густо зарослих районах.
3. Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)
 - Формула: $SAVI = \frac{(NIR - Red) \times (1 + L)}{(NIR + Red + L)}$
 - Канали: ближній інфрачервоний (NIR) та червоний (Red)
 - Параметри: L (коригувальний коефіцієнт, зазвичай 0.5)
 - Призначення: Зменшення впливу ґрунтового фону на індекс рослинності.
 - Перевага: Краща точність в районах з малою рослинністю.

Застосування вегетаційних індексів [17-18]:

1. Моніторинг сільського господарства

- Оцінка стану посівів: Використання NDVI та EVI для оцінки стану здоров'я посівів, виявлення зон з недостатнім зрошенням або хворобами.
- Прогноз врожайності: Аналіз вегетаційних індексів для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур.
- 2. Екологічний моніторинг
 - Моніторинг лісів: Використання вегетаційних індексів для оцінки стану лісів, виявлення зон вирубки або пошкодження від шкідників.
 - Моніторинг екосистем: Аналіз змін у різних екосистемах, включаючи трав'яні, чагарникові та лісові зони.
- 3. Кліматичні дослідження
 - Дослідження зміни клімату: Використання історичних даних вегетаційних індексів для вивчення впливу зміни клімату на рослинний покрив.
 - Аналіз сезонних змін: Вивчення сезонних змін рослинного покриву, їх впливу на локальний і глобальний клімат.
- 4. Моніторинг стихійних лих
 - Виявлення засух: Використання вегетаційних індексів для виявлення зон з недостатньою вологістю.
 - Моніторинг пожеж: Оцінка пошкодження рослинності внаслідок пожеж і відновлення після них.

Використання вегетаційних індексів у ГІС [17-18]:

ArcGIS

1. Завантаження даних: Отримання супутникових знімків (наприклад, Landsat, Sentinel) з відкритих джерел.
2. Розрахунок індексів: Використання Raster Calculator для обчислення NDVI, EVI та інших індексів.
3. Аналіз та візуалізація: Відображення індексів на карті, створення тематичних шарів для аналізу.

QGIS

1. Завантаження даних: Завантаження супутникових знімків у QGIS.

2. Розрахунок індексів: Використання Band Math або плагіну Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) для обчислення індексів.

3. Аналіз та візуалізація: Відображення результатів на карті, застосування кольорових схем для інтерпретації.

Google Earth Engine (GEE)

1. Імпорт даних: Використання супутникових знімків, доступних у GEE.

2. Обчислення індексів: Написання скриптів на JavaScript для обчислення вегетаційних індексів.

3. Аналіз та візуалізація: Відображення індексів на карті, аналіз змін у часі.

Приклад розрахунку NDVI у QGIS [17-18]:

1. Завантаження знімків: Завантажте необхідні супутникові знімки в QGIS.

2. Вибір каналів: Виберіть червоний (Red) та ближній інфрачервоний (NIR) канали.

3. Обчислення NDVI:

- Використайте Raster Calculator у QGIS.
- Введіть формулу: $(NIR - Red) / (NIR + Red)$.
- Збережіть результат у новий растр.

4. Візуалізація результатів: Відобразіть результати на карті, застосуйте відповідні колірні схеми для інтерпретації даних.

Вегетаційні індекси є потужним інструментом для аналізу рослинного покриву, надаючи цінну інформацію для сільського господарства, екологічного моніторингу, досліджень зміни клімату та моніторингу стихійних лих. Вони допомагають приймати обґрунтовані рішення та ефективно управляти природними ресурсами.

РОЗДІЛ 3 ВИЗНАЧЕННЯ ЕРОДОВАНИХ ҐРУНТІВ

3.1 Оцінка еродованості ґрунтів

Оцінка еродованості ґрунтів за допомогою геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є потужним інструментом, який дозволяє отримувати точну та детальну інформацію про ерозійні процеси на великих територіях. Використання цих технологій дозволяє інтегрувати різні типи даних, проводити просторовий аналіз і моделювання, а також створювати карти еродованості ґрунтів [17-18].

Основні етапи оцінки еродованості ґрунтів з використанням ГІС та ДЗЗ

1. Збір даних
 - Супутникові знімки: Використання даних з супутників Landsat, Sentinel, MODIS та інших для отримання інформації про покриття землі, рослинність, рельєф та інші фактори.
 - Цифрова модель рельєфу (ЦМР): Використання ЦМР для оцінки крутизни та довжини схилів, які впливають на ерозію.
 - Метеорологічні дані: Інформація про опади та інші кліматичні фактори, які впливають на ерозію.
 - Ґрунтові карти: Дані про фізичні та хімічні властивості ґрунту, які впливають на його еродованість.
2. Обробка даних
 - Попередня обробка супутникових знімків: Корекція зображень, включаючи геометричну та радіометричну корекцію.
 - Створення тематичних шарів: Виділення шарів, які представляють різні фактори, що впливають на ерозію, такі як рослинний покрив, рельєф, ґрунтові властивості та ін.
3. Аналіз та моделювання
 - Моделювання ерозії з використанням USLE/RUSLE

- Розрахунок факторів моделі: Використання ГІС для обчислення кожного з факторів моделі USLE/RUSLE.
- R (фактор дощової ерозійної сили): Розрахунок на основі метеорологічних даних.
- K (коефіцієнт еродованості ґрунту): Оцінка на основі даних про властивості ґрунту.
- LS (фактори довжини та крутизни схилу): Використання ЦМР для розрахунку цих факторів.
- C (фактор покриття та управління): Оцінка на основі супутникових знімків та вегетаційних індексів (наприклад, NDVI).
- P (фактор практик управління): Врахування заходів з контролю ерозії, таких як терасування або контурна оранка.
 - Аналіз даних: Використання ГІС для інтеграції всіх факторів і проведення просторового аналізу.

4. Візуалізація результатів

- Створення карт еродованості ґрунтів: Візуалізація результатів моделювання у вигляді карт, що показують зони з різним ступенем еродованості.
- Інтерактивні карти: Створення веб-карт, які дозволяють користувачам взаємодіяти з даними та отримувати додаткову інформацію.

Приклад використання ГІС та ДЗЗ для оцінки еродованості ґрунтів [17-18]:

Інструменти та дані

- ГІС програмне забезпечення: ArcGIS, QGIS або інші ГІС-платформи.
- Супутникові знімки: Landsat 8, Sentinel-2 або інші.
- Цифрова модель рельєфу (ЦМР): SRTM, ASTER GDEM або інші джерела.
- Ґрунтові карти: Національні або регіональні бази даних ґрунтів.

Кроки

1. Завантаження та підготовка даних
 - Завантажте супутникові знімки та ЦМР у ГІС.
 - Проведіть геометричну та радіометричну корекцію знімків.

- Створіть тематичні шари для кожного з факторів моделі USLE/RUSLE.

2. Розрахунок факторів моделі

- R (фактор дощової ерозійної сили): Використовуйте метеорологічні дані для розрахунку.

- K (коефіцієнт еродованості ґрунту): Використовуйте дані про властивості ґрунту для оцінки.

- LS (фактори довжини та крутизни схилу): Використовуйте ЦМР для обчислення крутизни та довжини схилів.

- C (фактор покриття та управління): Використовуйте вегетаційні індекси, такі як NDVI, для оцінки рослинного покриття.

- P (фактор практик управління): Врахуйте заходи з контролю ерозії, якщо вони відомі.

3. Моделювання ерозії

- Інтегруйте всі фактори в ГІС для обчислення середньорічної втрати ґрунту за формулою USLE/RUSLE.

- Проведіть просторовий аналіз для визначення зон з високою, середньою та низькою еродованістю.

4. Візуалізація результатів

- Створіть карти еродованості ґрунтів, що показують результати моделювання.

- Відобразіть зони ризику та потенційні проблемні області.

Приклад розрахунку ерозійного індексу у QGIS [17-18]:

1. Завантаження даних

- Завантажте супутникові знімки та ЦМР у QGIS.
- Завантажте необхідні шари, такі як ґрунтові карти та метеорологічні дані.

2. Попередня обробка даних

- Проведіть корекцію супутникових знімків (геометричну та радіометричну).

- Розрахуйте NDVI з супутникових знімків для оцінки рослинного покриву.
- 3. Розрахунок факторів моделі
 - R: Використайте метеорологічні дані для розрахунку.
 - K: Використайте ґрунтові карти для визначення коефіцієнту еродованості.
 - LS: Використайте ЦМР для розрахунку крутизни та довжини схилів за допомогою інструменту Raster Calculator.
 - C: Використайте NDVI для оцінки рослинного покриву.
 - P: Врахуйте фактор управління, якщо є дані.
- 4. Моделювання ерозії
 - В QGIS, використайте Raster Calculator для обчислення середньорічної втрати ґрунту за формулою USLE/RUSLE:

$$A = R * K * LS * C * P$$
 - Створіть результуючий растр ерозії.
- 5. Візуалізація результатів
 - Створіть тематичні карти, які показують зони з різним ступенем еродованості.
 - Використайте кольорові схеми для покращення візуалізації та інтерпретації результатів.

Оцінка еродованості ґрунтів за допомогою ГІС та ДЗЗ дозволяє ефективно аналізувати великі території, забезпечувати точні і детальні дані для управління земельними ресурсами та прийняття рішень щодо заходів контролю ерозії.

Після дешифрування на отриманих супутникових знімках використовуємо вегетаційний індекс NDVI, що розраховується за формулою 3 [19, 23] (рис.14):

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}, \quad (3),$$

NIR – відбиття у ближньому інфрачервоному діапазоні спектра;

RED – відбиття у червоному діапазоні спектра

Нормування отриманого зображення від -1 до 1.

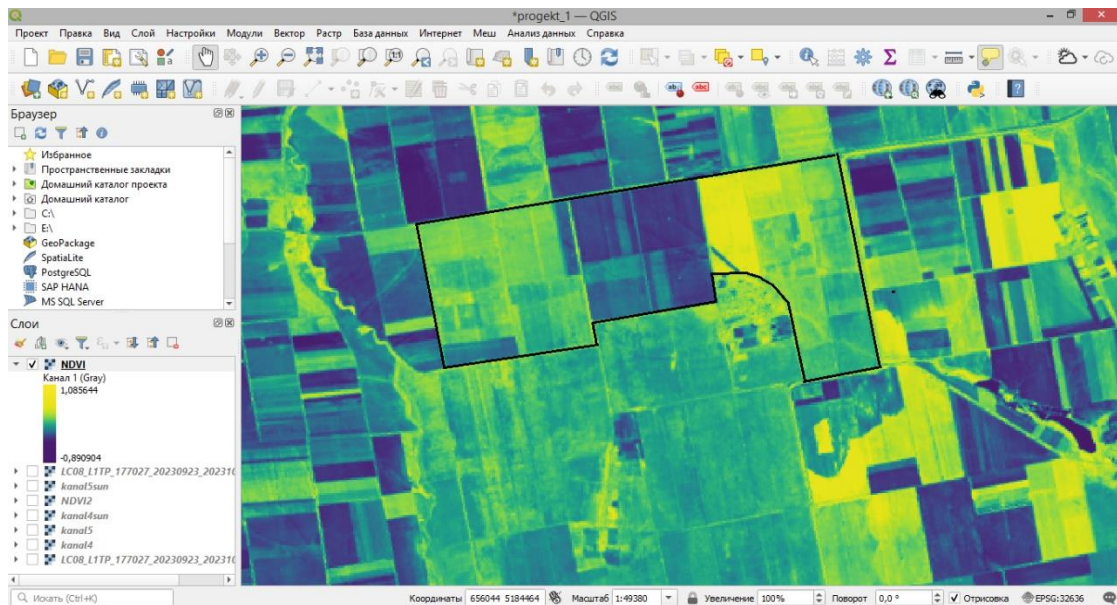


Рис. 14 Індекс NDVI за даними супутникового знімку Landsat 8, дата зйомки 23.09.2023 р.

Застосовуємо індекс вологості WI (формула 4) [23] (рис.15):

$$NDWI = (Band\ 3 - Band\ 5) / (Band\ 3 + Band\ 5) \quad (4).$$

Значення індексу NDWI відповідають наступним діапазнам:

- 0,2 – 1 – Поверхня води;
- 0,0 – 0,2 – Затоплення, вологість;
- -0,3 – 0,0 – Помірна посуха, неводні поверхні;
- -1 – -0,3 – Посуха, неводні поверхні.

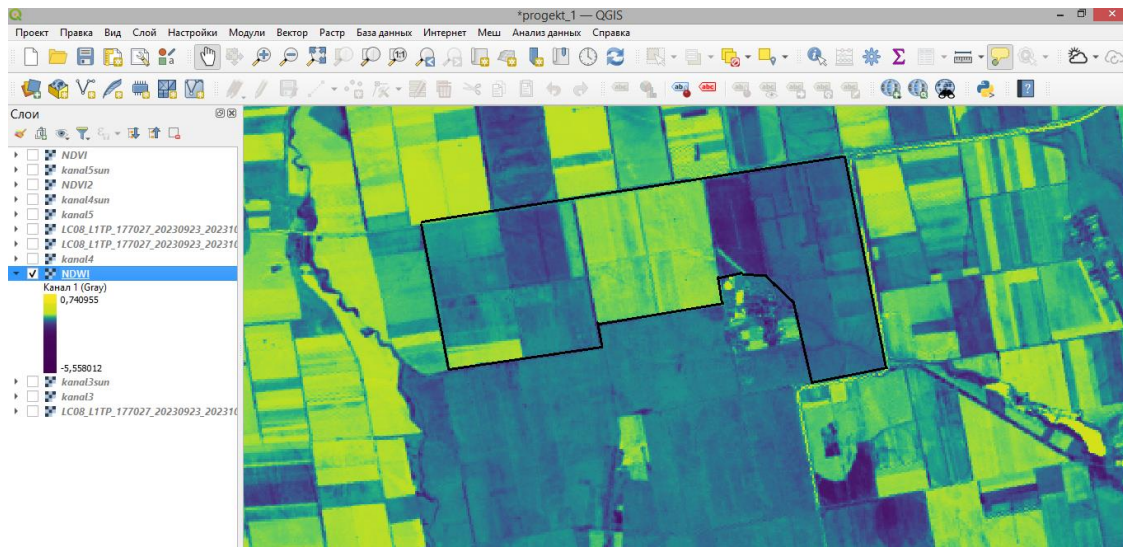


Рис. 15 Індекс NDWI за даними супутникового знімку Landsat 8, дата зйомки 23.09.2023 р.

Наступний етап це створення векторного шару лінійних об'єктів (рис. 16).

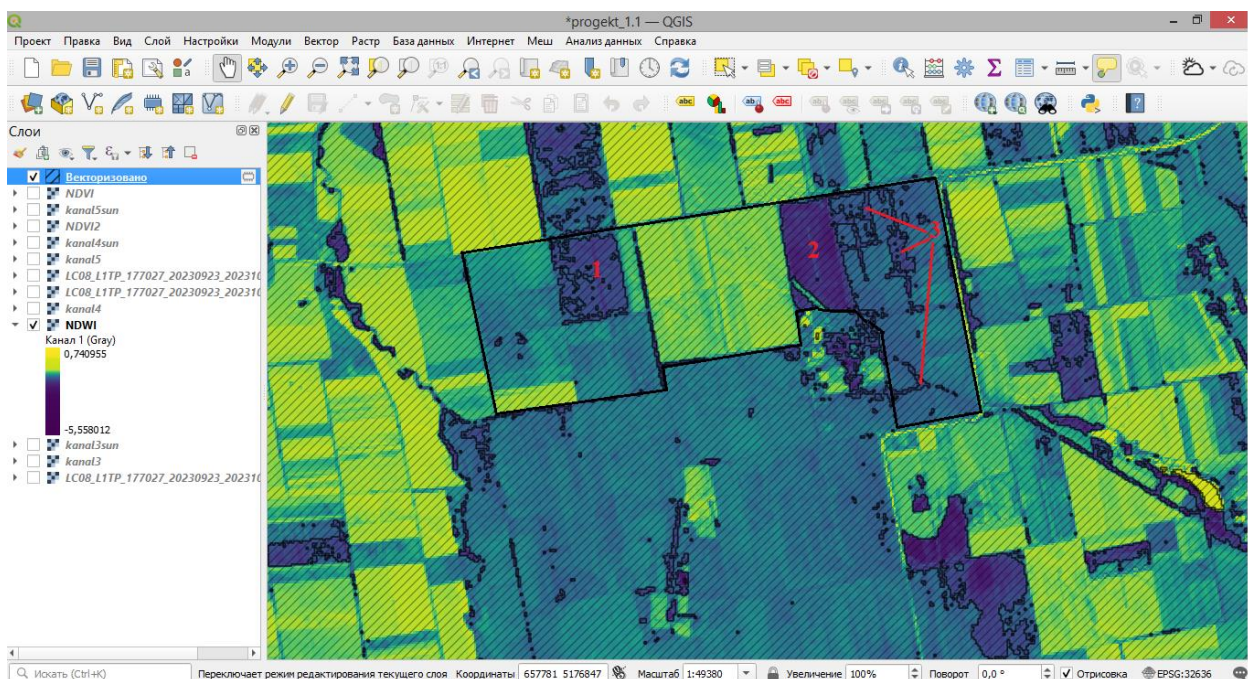


Рис. 16 Маска сільгоспугідь виділена за результатами об'єктно-орієнтованої класифікації

Таким чином, після закінчення процесу класифікації ми чітко розпізнаємо ділянки агроландшафтів, які сильно (ділянки 1, 2) та частково (ділянка 3) постраждали в результаті водної ерозії, що становить близько 18% від площі

досліджуваної ділянки. Це, в першу чергу, є результатом недотримання агротехнічних заходів обробітку сільськогосподарських угідь, порушення технологій вирощування сільськогосподарських культур та ін.

3.2 Особливості землекористування еродованих земель

Землекористування еродованих земель має свої особливості через знижену родючість ґрунтів, підвищену вразливість до подальшої ерозії та можливі екологічні проблеми. Для сталого управління та використання еродованих земель важливо враховувати їх специфічні характеристики та застосовувати відповідні заходи для мінімізації ерозійних процесів та покращення стану ґрунтів.

Основні проблеми еродованих земель

1. Зниження родючості ґрунтів
 - Втрата верхнього родючого шару ґрунту, який містить основні поживні речовини для рослин.
 - Погіршення фізичних властивостей ґрунту, таких як структура та водопроникність.
2. Погіршення водного режиму
 - Зменшення здатності ґрунту утримувати вологу, що може призводити до засухи.
 - Підвищений ризик поверхневого стоку, що може спричинити повені та подальшу ерозію.
3. Екологічні проблеми
 - Забруднення водних ресурсів через змив ґрунту та добрив.
 - Втрата біорізноманіття через деградацію природних середовищ існування.

Особливості землекористування еродованих земель

1. Агролісомеліорація

- Лісосмуги: Створення лісосмуг для зменшення швидкості вітру і поверхневого стоку води.
- Посадка дерев та чагарників: Використання дерев та чагарників для стабілізації ґрунту та покращення його структури.
- 2. Контурне землеробство
 - Контурна оранка: Обробка ґрунту вздовж контурів схилів для зменшення ерозії та покращення водопроникності.
 - Терасування: Створення терас на схилах для зменшення швидкості поверхневого стоку та збільшення зволоженості ґрунту.
- 3. Захист ґрунту покривними культурами
 - Покривні культури: Вирощування покривних культур (наприклад, конюшина, люцерна) для захисту ґрунту від ерозії та покращення його структури.
 - Сівозміни: Використання сівозмін для покращення родючості ґрунту та зменшення ризику ерозії.
- 4. Консерваційне землеробство
 - Нульова оранка: Зменшення або відмова від обробки ґрунту для збереження його структури та зменшення ризику ерозії.
 - Мульчування: Використання мульчі для покриття поверхні ґрунту, що допомагає утримувати вологу та зменшувати ерозію.
- 5. Застосування добрив та органічних добавок
 - Внесення добрив: Використання добрив для відновлення родючості ґрунту, зокрема фосфорних та азотних.
 - Органічні добавки: Додавання компосту та інших органічних матеріалів для покращення структури ґрунту та збільшення вмісту органічної речовини.
- 6. Моніторинг та управління ерозійними процесами
 - Моніторинг стану ґрунтів: Регулярний моніторинг ерозійних процесів за допомогою ГІС та ДЗЗ для своєчасного виявлення проблемних зон.

- Ерозійні карти: Використання ерозійних карт для планування заходів з контролю ерозії та управління земельними ресурсами.

Землекористування еродованих земель потребує комплексного підходу, який включає агролісомеліорацію, контурне землеробство, використання покривних культур, консерваційне землеробство, застосування добрив та органічних добавок, а також постійний моніторинг ерозійних процесів. Використання цих заходів допоможе зменшити ерозію, покращити родючість ґрунтів та забезпечити сталий розвиток сільського господарства та охорону навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота та дослідження, проведені для виконання поставлених задач в даній роботі, проходили за допомогою комп'ютера, мережі Інтернет і ГІС-технологій, робота з якими відбувається за електронно-обчислювальною машиною.

4.1 Вимоги безпеки до робочого місця працівника з екранними пристроями

1. Місце для роботи з комп'ютером, будучи правильно спроектованим та маючи певні розміри, має забезпечувати потреби працівника в просторі для зміни робочого положення та рухів.

2. Усе випромінювання від екранних пристроїв має зводитись до гранично допустимого показника задля безпеки здоров'я працівника.

3. Робоче місце має бути організоване так, щоб забезпечувати відповідність усіх складових робочого простору та їх розташування відповідно до ергономічних, антропологічних і психофізичних вимог, а також характеру виконуваних робіт.

4. За допомогою освітлення на місці роботи з екранними пристроями має створюватись відповідний контраст між екраном та оточуючим середовищем (враховуючи вид робіт), який відповідатиме вимогам ДСанПН 3.3.2.007-98.

5. Мікроклімат приміщення, де проводитиметься робота з екранними пристроями, має підтримуватись на постійному рівні та відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99.

6. Робоча поверхня повинна мати низький рівень альbedo та бути достатнього розміру для можливості гнучкого розміщення екрана, клавіатури, документів тощо.

7. Робоче крісло має бути стійким і дозволяти працівнику легко рухатись для зайняття зручного положення. Сидіння має регулюватись по висоті, а спинка – також по висоті та нахилу. За необхідності мати підніжку. [1]

4.2 Умови праці для працівника з екранними пристроями

1. Робоче місце знаходиться не у підвалі, або на цокольному поверсі.
2. Робоче місце має гарне освітлення, що становить 300-500 лк, утворене природнім та штучними (переважно люмінісцентні лампи типу ЛБ) джерелами світла, які рівномірно заповнюють простір.
3. Приміщення має звукоізоляцію для зменшення впливу шумового забруднення.
4. Робочий простір оснащений системами опалення, кондиціонування повітря, або припливно-витяжною вентиляцією.
5. Висота робочого столу регулюється в межах 680-800 мм; ширина – 600-1400 мм; глибина – 800-1000 мм).
6. Сидіння стільця пласке із заокругленим переднім краєм. Шаг регулювання елементів стільця становить: 15-20 мм для лінійних розмірів, 2-5 градусів для кутових.

Висота спинки стільця 300 ± 20 мм, ширина не менше 380 мм, радіус кривизни горизонтальної площини – 400 мм. Кут нахилу регулюється в межах 1-30 градусів від вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю регулюється в межах 260-400 мм.

7. Екран розташований на оптимальній відстані від очей працівника: 600-700 мм. Нахил у вертикальній площині складає +30 градусів до нормальної лінії погляду працюючого.

8. Клавіатура має опорний пристрій, що має високий коефіцієнт тертя задля перешкодження зсуву. Є можливість змінити кут нахилу поверхні клавіатури у межах 5-15 градусів. [2]

4.3 Раціональна поза при роботі з комп'ютером

Правильне положення тіла підчас роботи за комп'ютером є однією з важливих умов плідної роботи для отримання бажаного результату, адже воно відповідає за самопочуття працівника, відповідно його стан здоров'я та сконцентрованість на виконанні поставлених задач.

Раціональна робоча поза включає в себе:

- таке положення, при якому ступні розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг;
- стегна розташовані у горизонтальній площині;
- верхні частини рук розташовані вертикально;
- кут в лікті складає 70-90°;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше ніж 20°;
- нахил голови 15-20°.



Важливою є форма спинки крісла, яка повинна повторювати форму спини. Крісло бажано обладнати бильцями для розвантаження напруги в спині. [3]

Наочний приклад раціональної пози для роботи з комп'ютером представлений на рис. 4.1.

Рисунок 4.1 Раціональна поза при роботі за комп'ютером.

4.4 Поради для працівників з екранними пристроями

Рекомендується:

- відключати комп'ютер від електричної мережі після закінчення роботи з ним; [1]
- робити перерви для відпочинку, вживання їжі та особистих потреб;
- час від часу проводити зарядку для тіла та очей;
- вдягайте спеціальні окуляри для роботи з комп'ютером; [2]
- регулярно проводити очистку комп'ютера ззовні та зсередини;

- використовувати скляні поляризаційні фільтри, бо вони усувають практично всі відблиски, роблять зображення чітким і контрастним;
- торкатись металевих поверхонь для зняття статичної електрики;
- мити руки перед роботою за комп'ютером та після зроблених перерв;
- не тримати їжу та напої на одній з комп'ютером робочій поверхні;
- не допускати потрапляння вологи в комп'ютерне приладдя.

Забороняється:

- класти щось на апаратуру комп'ютера;
- перешкоджати процесу охолодження, закриваючи вентиляційні отвори апаратури, що може призвести до перегріву та виходу з ладу. [3]

4.5 Безпека та кібергігієна при роботі з комп'ютером

Мінімальні вимоги безпеки екранних пристроїв:

1. Зображення екрану чітке, стабільне, без миготінь або інших нестабільностей;
2. Устаткування та електричні кабелі мають правильне розміщення;
3. Використовується прихована електромережа;
4. Розетки з пожежобезпечних матеріалів;
5. Силові мережі живлення виконані кабелями, розрахованими на підключення в 3-5 разів більшого навантаження;
6. Включення та виключення живлення відбувається за допомогою штатних вимикачів. [3]

Основні правила кібергігієни:

1. Використовуйте ліцензійну ОС та систематично оновлюйте її;
2. Користуйтеся антивірусним ПЗ із технологією евристичного аналізу;

3. Використовуйте програмний міжмережевий екран (брандмауер) для захисту від шкідливого ПЗ;

4. Здійснюйте резервне копіювання даних, а резервні копії зберігайте на зовнішніх носіях;

5. Не підключайте флешки, зовнішні диски, або інші носії інформації у ваш комп'ютер, якщо не певні у їх вмісті. Це може призвести до зараження вашого комп'ютера «вірусами», втрати або злиття ваших даних;

6. Не зберігайте автентифікаційні дані в легкодоступних місцях, особливо поруч з пристроєм. Використовуйте стійкі паролі, зокрема такі, які:

- містять 8 і більше символів;
- містять не тільки літери, а й цифри та спеціальні символи;
- не містять особистої інформації (дати народження, номеру телефона тощо);
- не використовуються іншими акаунтами.

7. Особливу обережність проявіть до відкриття вкладень в повідомленнях електронної пошти від незнайомих осіб, адже найактуальнішим засобом з розсилання шкідливого ПЗ сьогодні є електронна пошта. Не переходьте за невідомим посиланням та не завантажуйте файли, що містять потенційно небезпечне розширення (.exe, .bin, .ini, .dll, .com, .sys, .bat, .js тощо);

Використовуйте сервісами для перевірки підозрілих файлів, адже вони проводять перевірку одразу багатьма антивірусами, що є надійнішим перевірки в автономному режимі. [4]

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано можливості різних систем супутникового моніторингу Землі. Визначені основні критерії аналізу даних дистанційного зондування для виконання оцінки еродованості ґрунтів тимчасово окупованих територій України. Обґрунтовано різні аспекти використання даних ДЗЗ як складової моніторингу стану земель з використанням цільових ГІС, розглянуто основні підходи до оцінки розвитку ерозійних процесів на основі ДЗЗ, висвітлено засади визначення потенційної небезпеки прояву ерозії ґрунтів за допомогою геоінформаційних технологій. Встановлено ефективність використання багатоспектральних супутникових знімків Landsat 8 в умовах недоступності об'єкта дослідження через окупацію території.

2. Описані основні природні чинники навколишнього середовища, які впливають на поширення водної ерозії ґрунтів. До них відносяться: мікрокліматичні умови (t_c : 7,9 °С – 9,6 °С; опади: 350-400 мм); рослинний покрив (лучно-стєпова), форми рельєфу (рівнинний з висотами 50-60 м), тип ґрунтів (чорноземи звичайні) та ін.

3. Проведено оцінку еродованості ґрунтів науково-дослідної ділянки сільськогосподарських земель ТДАТУ за даними дистанційного зондування Землі. Використано багатоспектральні супутникові знімки Landsat 8 каналів В3 (зелений), В4 (червоний) та В5 (ближній інфрачервоний). Для покращення зображення супутникового знімку використано коефіцієнт відбиття планети TOA та коефіцієнт поправки на кут падіння сонця при проведенні зйомки супутником Landsat 8. Для виявлення ерозії ґрунтів проведено розрахунок вегетаційного індексу NDVI та водного індексу NDWI. За результатами об'єктно-орієнтованої класифікації сільськогосподарських угідь визначено території науково-дослідної ділянки ТДАТУ, що зазнали впливу водної ерозії ґрунту. За підрахунками площа постраждалих угідь становить близько 18%.

Наше дослідження продемонструвало можливості системи дистанційного зондування Землі в сукупності з ГІС-технологіями.

Багатоспектральні супутникові знімки Landsat 8, при використанні різних каналів чи їх комбінації, дають можливість дистанційного проведення досліджень при визначені не тільки поширення ерозії ґрунтів, а й для інших цілей: моніторинг ґрунтово-рослинного покриву; аналізу меліораційних систем і ґрунтів; моніторингу морських узбережь; виявлення часток пилу та диму в атмосфері; аналізу гірських порід; ідентифікації та аналізу хмар; оцінки рівня вологості ґрунту та визначення норм поливу ґрунту та ін.

Таким чином, використання даних супутникового моніторингу дає можливість проводити наукові дослідження на тимчасово-окупованих територіях України використовуючи сучасні («свіжі») супутникові знімки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вимоги Міністерства соціальної політики України щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями.
2. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98.
3. Офіційний вебсайт Южноукраїнської громади:
<http://yu.mk.ua/news/show/19394>.
4. Офіційний вебсайт Computer Emergency Response Team of Ukraine:
<https://cert.gov.ua>.
5. Клименко М.О., Борисюк Б.В., Колесник Т.М. Збалансоване використання земельних ресурсів. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 552 с.
6. Лук'янчук К. А. Геоінформаційне моделювання розвитку ерозійних процесів на локальному і районному рівнях. Автореферат дисертації. Київ, 2020. 23 ст.
7. Несіна Я. С., Лаврівський М. З. Проблеми ерозії ґрунтів в Україні. VI Всеукраїнська заочна науково-практична конференція. НПУ ім. М. П. Драгоманова. Інженерно-педагогічний факультет: матеріали VI Всеукр. заоч. наук.- практ. конф., 28 квітня 2020 р. Київ: НПУ, 2020. ст.108-109
8. Лебедев М. О., Павленко О. С. Ерозія ґрунтів та методи боротьби з ними: економічний аспект. Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції молодих вчених і студентів, 25-26 квітня 2019 р. Дніпро: ДДАЕУ, 2019. ст. 43-46
9. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В. Науково-методичний посібник: Аерокосмічний моніторинг опустелювання та деградації земель / за редакцією Фурдичка О.І. – Київ, 2017 р. – 55 с.
10. Томченко О. В. Відеосюжет: Дистанційне зондування Землі як науковий напрям: історія та значення в сучасному світі. НАН Україна. 18.08.2017 р.

11. Якименко Т. М., Андреев С. М., Іващук Б. М. Використання даних ДЗЗ для аналізу стану територій сільськогосподарського призначення під час бойових дій. 74 ст. - Харків - 2022 р.
12. Земельний Кодекс України. Розділ VII Управління в галузі використання і охорони земель. Глава 33 Моніторинг земель (ст. 191)
13. Нестеренко С. Г. Сучасні дистанційні методи та геоінформаційні технології в дослідженні територій : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти зі спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій / С. Г. Нестеренко, О. В. Афанасьєв, М. Л. Мироненко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 127 с.
14. Дистанційні дослідження Землі: Навчальний посібник / Галина Байрак, Богдан Муха. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 712 с.
15. 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.
16. 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.
17. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.
18. Андрейчук Ю.М., Ямелинець Т.С. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі: навч. пос. Львів: «Простір-М», 2015. 284 с.
19. Офіційний сайт Геологічної служби США URL: <https://usgs.gov/>
20. Li, C., Gong, P., Wang, J., Zhu, Z., Biging, G. S., Yuan, C., ... & Clinton, N. (2017). The first all-season sample set for mapping global land cover with Landsat-8 data. *Science Bulletin*, 62(7), 508-515.

21. Методичні рекомендації з визначення та ідентифікації водної ерозії ґрунтів в агроландшафтах за даними космічного знімання високого просторового розрізнення. К. 2013. 31 с.

22. Офіційний сайт QGIS. URL: <https://qgis.org>

23. *Latz K. et al.* (1984). Characteristic variations in spectral reflectance of selected eroded alfisols. *Soil Science Society of America Journal*. N 48 (5): 1130–1134.