

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА АГРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри
к.е.н., доцент
_____ Оксана МАЛАЩУК
« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Геодезія та землеустрій»
за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ҐРУНТОВО- ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ МИРГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Науковий керівник:
_____ **Віктор СИДОРЕНКО**

Рецензент:
_____ **Юрій КИСЕЛЬОВ**

Виконала здобувачка другого
(магістерського) рівня вищої освіти
заочної форми навчання:
_____ **Олена ІВАНЕНКО**

Засвідчую, що кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей і текстів інших авторів має посилання на відповідне джерело.

_____ **Олена ІВАНЕНКО**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет геодезії, землеустрою та агроінженерії
Кафедра геодезії, землеустрою та земельного кадастру
Освітній рівень другий (магістерський)
Освітня програма «Геодезія та землеустрій»
Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. зав. кафедри _____ Фоменко В. А.
«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу
здобувач: Іваненко Олена Вікторівна

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Застосування методів дистанційного зондування Землі для аналізу ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області».

2. Керівник кваліфікаційної роботи: професор Сидоренко В. Д., затверджений наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № ____.

3. Строк подання роботи здобувачем «___» _____ 20__ р.

4. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

- Супутникові дані: 1) Sentinel-2 (оптичні зображення високої роздільної здатності); 2) Sentinel-1 (радарні дані для аналізу вологості та текстур ґрунтів);

- Ґрунтові карти та земельно-кадастрові дані: 1) карти типів ґрунтів та їх властивостей; 2) інформація про землекористування;

- Кліматичні дані: дані про опади, температуру та сезонні зміни (з метеостанцій або супутників);

- Польові дослідження: лабораторний аналіз ґрунтів для верифікації дистанційних даних;

- Топографічні та геопросторові дані: топографічні карти та цифрові моделі висот місцевості.

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки кваліфікаційної роботи (орієнтовний перелік питань, які потрібно розробити):

1) Теоретико-методологічні засади застосування методів дистанційного зондування Землі для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів;

- 2) Фізико-географічна характеристика території дослідження;
- 3) Практика використання методів ДЗЗ для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області.
6. Перелік графічного матеріалу: слайди презентації, супутникові знімки Sentinel-1 та Sentinel-2.
7. Консультанти за розділами роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перший розділ			
Другий розділ			
Третій розділ			

8. Дата видачі завдання « ____ » _____ 20__ р.

Календарний план виконання кваліфікаційної роботи

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання	Примітка
1	Розробка та написання першого розділу роботи		
2	Розробка та написання другого розділу роботи		
3	Розробка та написання третього розділу роботи		
4	Оформлення кваліфікаційної роботи в цілому		
5	Попередній захист роботи на кафедрі		
6	Захист кваліфікаційної роботи у ЕК		

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Олена ІВАНЕНКО

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Віктор СИДОРЕНКО

РЕФЕРАТ

Застосування методів дистанційного зондування Землі для аналізу ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області. Іваненко О. В. Кваліфікаційна робота. ОДАУ. Кафедра геодезії, землеустрою та земельного кадастру. 2025. 84 сторінки текстової частини, 31 рисунок, 2 таблиці, 62 джерела списку літератури, 39 слайдів презентації.

Мета кваліфікаційної роботи: дослідити потенціал методів дистанційного зондування Землі для комплексного моніторингу динаміки ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області у просторі та часі з метою оцінки їх стану, виявлення змін та розробки рекомендацій щодо раціонального використання та охорони земель. Миргородський район належить до регіонів інтенсивного сільськогосподарського використання.

Виходячи з мети дослідження в роботі ставляться такі **задачі**:

- ✓ розглянути теоретичні аспекти використання технологій дистанційного зондування Землі;
- ✓ визначити потенціал ДЗЗ у забезпеченні моніторингу стану ґрунтово-земельних ресурсів;
- ✓ обґрунтувати методику магістерського дослідження;
- ✓ скласти фізико-географічну характеристику Миргородського району як території дослідження;
- ✓ дослідити ґрунтово-земельні ресурси Миргородського району методами дистанційного зондування Землі;
- ✓ розробити практичні рекомендації щодо використання ґрунтово-земельних ресурсів на основі виконаного дослідження.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, ґрунтово-земельні ресурси, супутникові знімки, космічні знімки, раціональне використання та охорона земель, Sentinel-1, Sentinel-2.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТОВО- ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ	9
1.1. Дистанційне зондування Землі як технологія дослідження в галузі геодезії та землеустрою	9
1.2. Можливості дистанційного зондування Землі для моніторингу ґрунтового-земельних ресурсів	18
1.3. Методика магістерського дослідження	28
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ	36
Висновки до розділу 2	44
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТОВО-ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ МИРГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	46
3.1. Моніторинг стану ґрунтового-земельних ресурсів Миргородського району за допомогою дистанційного зондування Землі	46
3.2. Практичні рекомендації з використання ґрунтового- земельних ресурсів Миргородського району за результатами їх моніторингу	61
Висновки до розділу 3	71
ВИСНОВКИ	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТКИ	85

ВСТУП

Актуальність теми. Ґрунтово-земельні ресурси є одним із найважливіших природних ресурсів, що відіграють вирішальну роль у забезпеченні населення продуктами харчування. Україна володіє потужними запасами родючих чорноземів, які виступають чинником глобальної продовольчої безпеки та стійкості вітчизняного сільського господарства. Усе це робить пріоритетним розвиток АПК та актуалізує завдання моніторингу стану ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою сучасних методів. У наш час, коли відбувається зміна клімату, а Україна потерпає від російської агресії, моніторинг стану ґрунтово-земельних ресурсів є стратегічно важливим науковим напрямом.

Розвиток технологічних досягнень у галузі дистанційного зондування Землі відкриває безліч перспектив для удосконалення методів моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. На тлі постійно зростаючого тиску на екосистеми та обмежених природних ресурсів, важливо впроваджувати інноваційні та ефективні стратегії для забезпечення сталого управління земельними ресурсами. У цьому контексті, використання методів дистанційного зондування набуває особливого значення, дозволяючи отримувати об'єктивну та актуальну інформацію про стан ґрунтів, використовуючи дистанційні сенсори та сучасні аналітичні технології.

Моніторинг сільського господарства за допомогою дистанційного зондування – це широка тема, яка розглядається з різних точок зору з огляду на проблематику. Проблема вивчення ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою методів ДЗЗ знайшла відображення у працях багатьох вітчизняних вчених, серед яких: Абрамов Д. А., Голобак Ж. М., Данкевич В. Є., Данкевич Є. М., Довгий С. О., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л., Коваль О. І., Маланчук М., Некос А. Н., Панас Р. М., Романчук І. Ф., Сиротенко О. В., Тараріко О. Г., Трускавецький С. Р., Чорний С. Г. та ін.

Разом з тим, недостатньо вивченими залишаються можливості використання ДЗЗ для аналізу ґрунтово-земельних ресурсів на локальному та місцевому рівнях.

Застосування методів дистанційного зондування Землі для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів визначається потребою у вивченні нових, більш ефективних підходів до визначення стану та динаміки цих ресурсів на різних просторових рівнях та для різних ділянок території України. Дослідження у цьому напрямку відкриває можливості вдосконалення методів прогнозування змін у ґрунтово-земельних системах, сприяючи науковому розвитку та вдосконаленню практичних аспектів управління земельними ресурсами.

Мета роботи – дослідити потенціал методів дистанційного зондування Землі для комплексного моніторингу динаміки ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області у просторі та часі з метою оцінки їх стану, виявлення змін та розробки рекомендацій щодо раціонального використання та охорони земель. Миргородський район належить до регіонів інтенсивного сільськогосподарського використання.

Об’єктом дослідження в кваліфікаційній роботі є ґрунтово-земельні ресурси Миргородського району Полтавської області.

Предметом дослідження є моніторинг характеристик ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області методами ДЗЗ.

Для досягнення поставленої мети виконувались такі **завдання**:

- ✓ розглянути теоретичні аспекти використання технологій дистанційного зондування Землі;
- ✓ визначити потенціал ДЗЗ у забезпеченні моніторингу стану ґрунтово-земельних ресурсів;
- ✓ обґрунтувати методику магістерського дослідження;
- ✓ скласти фізико-географічну характеристику Миргородського району як території дослідження;

- ✓ дослідити ґрунтово-земельні ресурси Миргородського району методами дистанційного зондування Землі;
- ✓ розробити практичні рекомендації щодо використання ґрунтово-земельних ресурсів на основі виконаного дослідження.

Для досягнення поставленої мети у роботі використано такі **методи дослідження**: аналітичний метод для вивчення теоретичних основ методів ДЗЗ; метод ДЗЗ для отримання інформації про стан ґрунтів; інтерпретаційний метод для обробки та аналізу отриманих даних; картографічний метод для створення карт території дослідження.

Практичне значення дослідження. Результати роботи можуть бути використані для розробки та впровадження ефективних заходів щодо розробки системи моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів, їх охорони та раціонального використання на рівні адміністративного району.

Апробація. Окремі положення магістерського дослідження пройшли апробацію на Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні тенденції розвитку геодезії, землеустрою та природокористування» (19–20 червня 2025 року), яка проходила на базі факультету геодезії, землеустрою та агроінженерії Одеського державного аграрного університету.

Структура роботи. Робота складається з вступу, двох розділів, шести підрозділів, висновків до них, загальних висновків. Кількість використаних джерел літератури – 62, кількість таблиць – 2, кількість рисунків в основній частині роботи – 31, кількість додатків – 4.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ҐРУНТОВО-ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

1.1. Дистанційне зондування Землі як технологія дослідження в галузі геодезії та землеустрою

Сучасні технології суттєво збільшили можливості учених у пізнанні планети Земля та окремих її компонентів, пропонуючи широкий спектр різноманітних методів. Методи дослідження – це систематичні процедури, що використовуються дослідниками для збору та аналізу даних, щоб відповісти на запитання, перевірити гіпотези або оцінити програми та політику. Кожний з методів має своє цільове призначення та орієнтується на природу досліджуваного об'єкта та його властивостей, відповідний тип показників (кількісних, якісних, змішаних), бюджет, час та ресурси, відповідність іншим методам дослідження. Від обраних методів, їх надійності та правильного застосування залежить достовірність отриманих висновків.

У системі наукових методів особливе місце відводиться дистанційному зондуванню Землі (ДЗЗ), що стало потужним засобом дослідження окремих компонентів Землі і глобального вивчення планети.

Термін «дистанційне зондування» буквально означає «спостереження та збір даних на відстані». Зазвичай це робиться за допомогою різних сенсорів, встановлених на супутниках, літаках чи інших платформах. Дистанційне зондування стосується запису та аналізу електромагнітного випромінювання у видимому, інфрачервоному, ультрафіолетовому та мікрохвильовому діапазонах, відбитого, розсіяного або випромінюваного різними об'єктами на Землі. ДЗЗ – це цілий комплекс метод і технологія одночасно.

Більш повним, порівняно з попереднім, є наступне визначення дистанційного зондування Землі: ДЗЗ – це спостереження та вимірювання енергетичних і поляризаційних характеристик власного та відбитого випромінювання елементів суші, океану та атмосфери Землі в різних діапазонах електромагнітних хвиль, що сприяють опису місцезнаходження, характеру та тимчасової мінливості природних параметрів і явищ, ресурсів Землі, навколишнього середовища, а також антропогенних об'єктів та утворень [5, с. 80].

Історія розвитку методів ДЗЗ бере свій початок із середини XIX ст. У 1855 році Гаспар Турнашон (Надар) – відомий французький фотограф, журналіст, військовий офіцер – запропонував ідею фотографування Землі з повітряної кулі для потреб картографування та спостереження за територією, а 23 жовтня 1958 року здійснив її, зробивши із повітряної кулі з висоти 80 м фотографії селища Petit-Bicetre в передмісті Парижа.

24 квітня 1909 року під час демонстраційного польоту Вілбера Райта оператор, який йому асистував, зняв із борту літака короткий фільм.

За короткий період аерофотознімання стало дуже поширеним способом одержання інформації про місцевість. У роки Першої світової війни майже всі сторони застосовували його для розвідки та спостереження за противником. А через короткий час повітряне знімання стало важливим чинником одержання інформації не тільки для розв'язання військових, але й цивільних завдань [11, с. 65].

Справжня ера дистанційного зондування Землі з космосу почалася з виведенням на орбіту 23 липня 1973 року американського супутника ДЗЗ Landsat-1, обладнаного камерами для одержання фотографічного зображення землі у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні з просторовою здатністю 75 м і чотириканальним сканером для радіометричного знімання з просторовою здатністю 60 м.

18 жовтня 2001 року на орбіту було виведено перший комерційний супутник QuickBird американської компанії DigitalGlobe з просторовою

роздільною здатністю 0,6 м, його дані на комерційних засадах стали доступними всім заінтересованим особам [11, с. 67]. Отже, своїм розвитком методи ДЗЗ зобов'язані прогресу у космічних технологіях.

Інфраструктура дистанційного зондування Землі представлена різноманітними технічними засобами (космічні/летальні та наземні, системи збору і передачі даних тощо) та програмним забезпеченням (рис. 1.1).

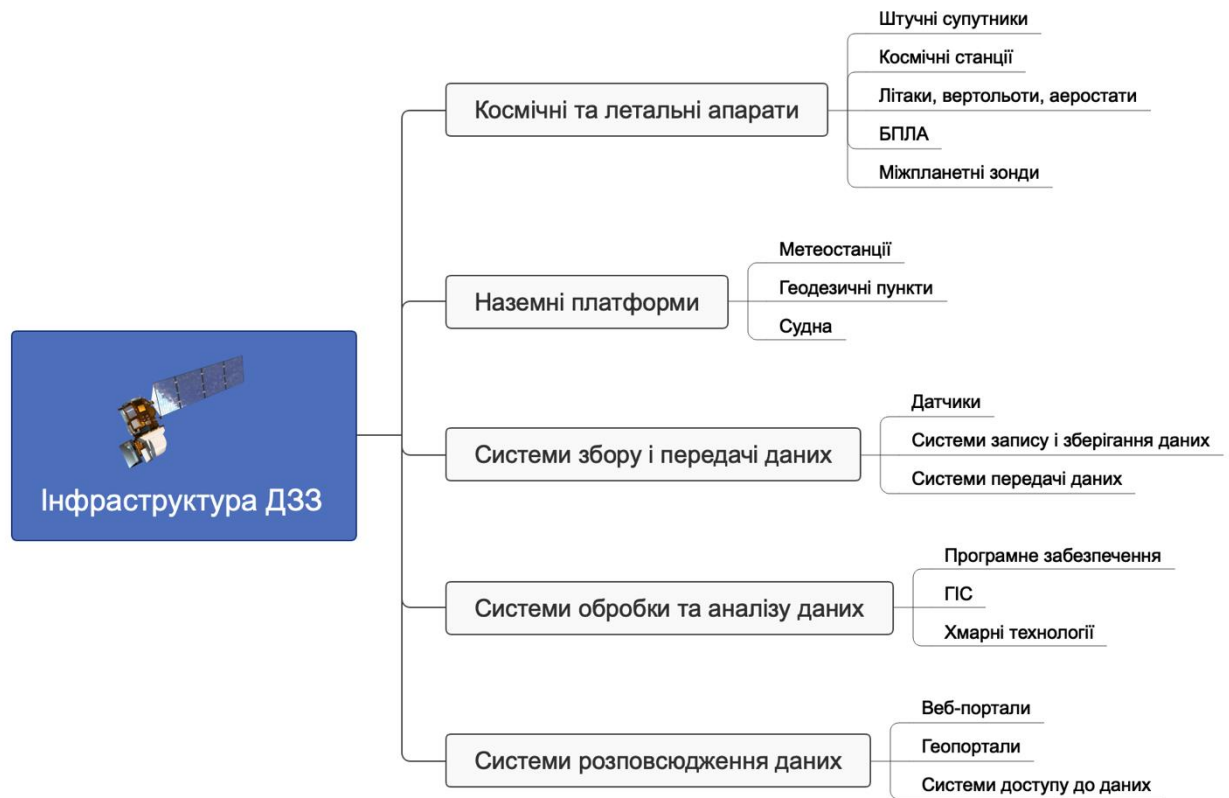


Рис. 1.1. Інфраструктура ДЗЗ (зроблено автором у сервісі MindMaster)

Тепер ДЗЗ – це цілий комплекс методів і технологій, які дозволяють одержувати інформацію про різні об'єкти й динамічні процеси й явища на поверхні Землі, в її надрах і атмосфері, шляхом реєстрації відбитого чи власного електромагнітного випромінювання на віддалі, без безпосереднього контакту. Реєстрація випромінювання та сигналів відбувається за допомогою технічних засобів (датчиків), установлених на повітряних або космічних носіях. У наш час різними країнами запущено сотні супутників, що обертаються навколо Землі з різною періодичністю і здатні робити знімки

різної роздільної здатності. Найбільш поширеними є супутникові місії (програми) з відкритими даними: Sentinel, Landcat, MODIS.

Дистанційні датчики, що встановлені на космічних носіях, можуть бути пасивними і активними. *Пасивні датчики* реагують на зовнішні подразники і записують природну енергію, яка відбивається або випромінюється від поверхні Землі (рис. 1.2). Найпоширенішим джерелом випромінювання, яке виявляють пасивні датчики, є відбите сонячне світло. Випромінювання також різняться за довжиною хвиль та буває короткохвильовим (видимий, а також ближній та середній інфрачервоний діапазони) та довгохвильовим (мікрохвилі). Видиме світло – це лише дуже мала частина електромагнітного спектру. Крім видимого світла, у складі електромагнітного спектру виділяють мікрохвильове, інфрачервоне випромінювання, рентгенівське випромінювання.

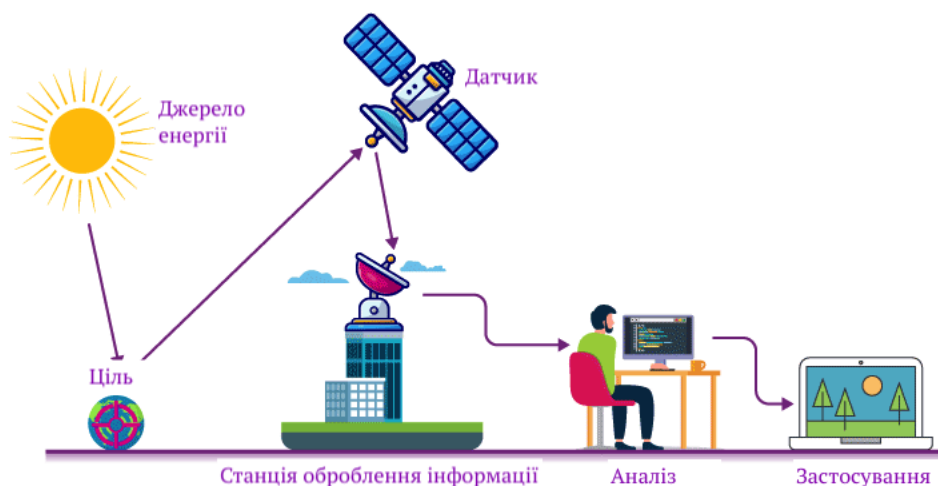


Рис. 1.2. Умовна схема принципу отримання інформації з космосу за допомогою пасивних датчиків (Джерело: <https://byjus.com/physics/remote-sensing/>)

У пасивному ДЗЗ використовують мультиспектральні або гіперспектральні датчики. Вони вимірюють інтенсивність сигналу за допомогою комбінацій каналів, які різняться за їх кількістю (смуги двох або більше видів довжини). Діапазон каналів включає спектри в межах та за межами людського зору (видимий, ближній та тепловий інфрачервоний, а

також мікрохвилі) [8, с. 70]. Найпоширенішими приладами пасивного дистанційного зондування Землі є радіометри та спектрометри.

Навпаки, *активні датчики* мають джерело випромінювання, яке направляється на об'єкт дослідження, а потім вже відбите випромінювання фіксується супутником. Наприклад, система дистанційного зондування з лазерним променем проєктує лазер на поверхню Землі та вимірює час, який потрібен лазеру для відображення назад до свого датчика [56]. У більшості приладів цього виду дистанційного зондування використовуються мікрохвилі, оскільки на них не впливають погодні умови. Загалом активні методи дистанційного зондування Землі залежать від виду сигналу (світло або хвилі) та об'єкта вимірювання (відстань, висота, атмосферні явища тощо). До приладів активного ДЗЗ відносять радари та лідари [20, с. 35].

Переваги активних методів ДЗЗ полягають у тому, що їх можна використовувати у будь-яких умовах, оскільки пристрої цього виду повноцінно функціонують у будь-який час доби, бо не потребують сонячного світла, на відміну від пасивних датчиків, що залежать від природної енергії. Тож пасивні датчики можуть проводити знімання тільки тоді, коли природне випромінювання доступне (вдень – у видимому діапазоні; вдень і вночі у тепловому інфрачервоному та мікрохвильовому) [33, с. 316].

Оскільки датчики продовжують розвиватися, кількість отриманих даних дистанційного зондування досягла приголомшливих розмірів [56].

ДЗЗ із космосу характеризується такими *перевагами* порівняно з наземними методами [3, с. 41]:

- ✓ високою оглядовістю, можливістю одержання одночасної інформації про великі території: винесення пристроїв, які реєструють випромінювання, у повітряний або навколоземний простір забезпечує значно ширше охоплення території порівняно з наземними методами досліджень, включаючи віддалені або недоступні регіони;

- ✓ можливістю відстежувати зміни у часі за рахунок регулярних проходжень супутників над територією, можливістю збирати дані в різний

час, що дозволяє вченим відстежувати сезонні варіації, вивчати тенденції та аналізувати зміни на поверхні Землі);

- ✓ можливістю переходу від дискретної картини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу показників;

- ✓ високим рівнем генералізації інформації [3, с. 41].

Також важливими перевагами дистанційних методів є економія часу і ресурсів для обстеження великих територій; здатність фіксувати дані на різних довжинах хвиль, від видимого світла до інфрачервоного і більше (це дозволяє ідентифікувати різні матеріали та аналізувати різноманітні екологічні фактори). На відміну від деяких наземних методів, дистанційне зондування є ненав'язливим, воно дозволяє вченим вивчати поверхню Землі без фізичного втручання в навколишнє середовище (це важливо для моніторингу вразливих екосистем або областей з обмеженим доступом). Важливою перевагою ДЗЗ є екстериторіальність, адже для обстеження великих територій та всієї поверхні планети бар'єрна функція кордонів не є перепорою, не треба брати дозволи в країн на знімання.

Деякі інструменти дистанційного зондування надають дані в реальному часі або практично в реальному часі, що дозволяє швидко реагувати на природні катастрофи, екологічні надзвичайні ситуації чи інші динамічні події; багато супутників для спостереження за Землею входять до довгострокових програм моніторингу, надаючи стабільні дані протягом тривалого періоду.

Важливо, що дані дистанційного зондування можуть бути інтегровані в платформи ГІС, надаючи потужний інструмент для просторового аналізу у такій комбінації можливостей як: ДЗЗ + ГІС.

Отже, метод дистанційного зондування Землі має низку переваг і є абсолютно незамінним у багатьох практичних ситуаціях.

У сучасному супутниковому дистанційному зондуванні використовується «мультиспектральне зображення», тобто одночасне

зображення поверхні Землі більш ніж в одному кольорі чи довжині хвилі, як у видимому, так і в невидимому діапазоні, щоб виявити багато прихованої інформації, недоступної в звичайному режимі. Як вже зазначалось, мультиспектральні камери, встановлені на борту супутників дистанційного зондування, можуть безпосередньо перетворювати зображення в електронні сигнали для передачі на наземні станції. Після прийому сигналів на Землі вони декодуються та перетворюються на чорно-білі або кольорові зображення. Унікальна перевага мультиспектральної космічної фотографії полягає в тому, що зображення можна «кодувати кольорами» за допомогою комп'ютера для легкої інтерпретації. Наприклад, дані можуть бути використані для створення детальної карти посівів, що вирощуються, на якій червоним кольором буде показано бавовну, жовтим – пшеницю, а синім – поле під паром. Потенційні водні ресурси можна пофарбувати подібним чином, щоб оцінити їх життєздатність. У період, коли супутник знаходиться поза наземними станціями, зображення записуються на відеостанцію на борту супутника для подальшого перегляду. Однак зображення за допомогою мультиспектральної камери не дають повної інформації про землю внизу, оскільки хмари часто заважають чіткому огляду. Включення якоїсь бортової системи радіолокаційного зображення, яка здатна легко проникати крізь хмарний покрив, вирішує цю проблему.

При дистанційному зондуванні на якість і застосування одержуваних даних великою мірою впливають спектральний діапазон знімання, просторова і радіометрична точність, просторове охоплення, оперативність та повторюваність знімання, вартість даних. Обробка отриманих у такий спосіб знімків, їх аналіз та картографування тепер здійснюється за допомогою географічних інформаційних систем (ГІС).

Існують наступні методи дистанційного знімання:

Фотознімання – фотографування поверхні у всьому видимому діапазоні спектра чи у певній його частині, а також в інфрачервоному

діапазоні. Його широко застосовуються у повітряному та космічному зніманні з метою одержання даних для створення й оновлення карт.

Сканерне знімання – знімання поверхні за допомогою оптичних або багатоспектральних пристроїв – сканерів. Відмінність таких пристроїв від звичайних фотокамер полягає в тому, що сканер, рухаючись уздовж чи вздовж і впоперек маршруту знімання, поступово фіксує відбиття проміння від поверхні й спрямовує його в об'єктив. При зніманні поверхні за допомогою сканера формується зображення з окремих елементів (пікселів), кожному з яких відповідає яскравість, випромінювання ділянки поверхні.

Радарне знімання – активний метод знімання, що ґрунтується на випромінюванні в напрямку знятої поверхні сигналу та прийманні його відбиття [13, с. 105]. Як правило, радарне знімання здійснюється в радіодіапазоні за допомогою локаторів бокового огляду (ЛБО). Перевагою цього методу є можливість виконання знімань у темний час доби та незначний вплив погодних умов туману, хмарності. Радарне знімання використовують для визначення форми поверхні (рельєфу) і вивчення її геологічної структури.

Теплове знімання – знімання в інфрачервоному діапазоні, яке базується на фіксації теплового випромінювання поверхні та об'єктів, зумовленого сонячним випромінюванням або ендегенними процесами, та виявленні аномалій. Воно дає змогу виявляти елементи гідрографії, вивчати геологічну структуру поверхні, льодовий стан, вулканічну діяльність, температурну неоднорідність водного середовища, досліджувати рельєф дна.

Спектрометричне знімання – вимірювання відбивної здатності поверхні чи шарів речовини. Його проводять у мікрохвильовому, інфрачервоному, а також у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Застосовують для вивчення гірських порід.

Лідарне знімання – активне знімання поверхні шляхом неперервної фіксації відбиття від поверхні, яка опромінюється монохроматичним лазерним випромінюванням із фіксованою довжиною хвилі. Переважно

лідарне знімання ведеться із носіїв з не дуже великою висотою польоту. Частота випромінювання налаштовується на резонансні частоти поглинання елемента, що сканується і, таким чином, у разі наявності значних концентрацій цього компонента відбиття значно збільшується. Використовують при вивченні нижніх шарів атмосфери, виявленні концентрації певних елементів та сполук [4, с. 219].

Відзначимо й деякі недоліки методів дистанційного зондування. По-перше, аналіз та інтерпретація даних дистанційного зондування вимагає експертних знань, що робить його значним бюджетним питанням. Для точної інтерпретації зібраних даних потрібні спеціальні знання та навички, що може призвести до неправильної інтерпретації. Незважаючи на те, що супутникові знімки стали набагато доступнішими, переважна їх більшість (особливо знімки з високою роздільною здатністю) мають ринкову ціну. По-друге, просторова, спектральна та часова роздільна здатність даних дистанційного зондування може бути недостатньою для певних застосувань, що обмежує їх ефективність у детальних дослідженнях. По-третє, на дані дистанційного зондування можуть впливати такі атмосферні умови, як хмари, серпанок і аерозолі, які можуть спотворювати або затемнювати зображення. Ще одним обмежуючим використанням ДЗЗ фактором є сезонні зміни (сніговий покрив, зміна погодних умов тощо). На жаль, з часом прилади дистанційного зондування можуть стати некаліброваними, що призведе до отримання неточних даних.

Отже, дистанційне зондування Землі – це геопросторовий інструмент, а також комплексний метод дослідження, технологія, що базується на використанні різних видів сенсорів, віддалених апаратів та технологій для отримання інформації про поверхню планети Земля. ДЗЗ має очевидні переваги над наземними методами дослідження, дозволяючи дослідникам отримувати величезну кількість даних безпосередньо з великих територій, що раніше було складно або неможливо здійснити традиційними методами [19, с. 114]. Разом з тим, технологія ДЗЗ має і певні недоліки, на які слід

зважати – висока вартість, залежність від технічних характеристик датчиків, вплив сезонних змін і атмосферних явищ та деякі інші. Дані дистанційного зондування Землі мають доповнюватися дослідженнями на місцях, щоб попередити неправдиві висновки.

1.2. Можливості дистанційного зондування Землі для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів

Усі види дистанційного зондування Землі із застосуванням можливостей супутників мають надзвичайно широкую область застосування, забезпечуючи вражаючу кількість геопросторової інформації та даних. Ці можливості узагальнено на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Основні напрями використання ДЗЗ (зроблено автором у сервісі MindMaster)

У наш час ДЗЗ у науках про Землю дозволяє здійснювати:

- ✓ прогноз погоди і моніторинг небезпечних природних явищ (повеней, паводків, лісових пожеж та ін.), оцінку наслідків і завданого ними збитку;
- ✓ контроль стану гідротехнічних споруд на каскадах водоймищ;

- ✓ природоохоронний моніторинг, зокрема моніторинг розливів нафти і руху нафтової плями;
- ✓ спостереження за льодовою обстановкою в районах морських шляхів й в акваторіях видобутку нафти на шельфі;
- ✓ контроль за місцезнаходженням морських суден у тій чи іншій акваторії;
- ✓ відстеження динаміки і стану вирубки лісу;
- ✓ прогноз врожайності сільськогосподарських культур;
- ✓ відновлення топографічних карт, щоб вони відображали реальний стан територій;
- ✓ дотримання ліцензійних угод при освоєнні родовищ корисних копалин;
- ✓ контроль несанкціонованого будівництва
- ✓ процеси розростання міст тощо.

У магістерському дослідженні ми зосередимось саме на такому напрямі використання ДЗЗ як моніторинг ґрунтово-земельних ресурсів.

Розкриття змісту ключових термінів і понять у будь-якому дослідженні є фундаментальним принципом наукової комунікації. У пропонованому дослідженні такими термінами є: *моніторинг, земельні ресурси, ґрунтові ресурси, ґрунтово-земельні ресурси*.

Моніторинг у широкому розумінні – це система постійного спостереження за явищами та процесами, що відбуваються у довкіллі, результати якого спрямовано на обґрунтування управлінських рішень для безпеки людей та об'єктів економіки. Моніторингом можуть бути охоплені території різного таксономічного рівня, у зв'язку з чим розрізняють *детальний, локальний, регіональний, національний, міжнародний та глобальний* види моніторингу [43, с. 204].

Об'єктом моніторингу в магістерській роботі є ґрунтово-земельні ресурси. Зазначимо, що загалом «земельні ресурси» та «ґрунтові ресурси» – це два самостійних поняття, хоч між ними є багато спільного. Обидва види

ресурсів є ключовими компонентами природного середовища і відіграють важливу роль у житті людини. Разом з тим, між цими поняттями існують розбіжності (табл. 1). Так, під *земельними ресурсами* розуміють всю сушу земної кулі, включаючи ґрунти, а також інші природні складові – рельєф, клімат, воду, рослинність. Земельні ресурси визначають як простір, що використовується для різних цілей: сільського господарства, будівництва, лісового господарства, рекреації тощо. Територіальний аспект земельних ресурсів характеризується поняттям «земельний фонд», під яким розуміють сукупність земель різних категорій цільового використання в межах певної території [22, с. 10].

Таблиця 1

Характерні риси земельних ресурсів та ґрунтових ресурсів
(складено автором)

Характерні риси	Земельні ресурси	Ґрунтові ресурси
Поняття	Широкі, до нього входять всі типи земель	Вужче поняття, ґрунтові ресурси є частиною земельних ресурсів
Склад	Комплекс компонентів (ґрунт, рельєф, клімат, вода тощо)	Ґрунт (мінеральні, органічні речовини, вода, повітря)
Функції	Різноманітні (сільське та лісове господарство, рекреація, будівництво, охорона природи)	Забезпечення рослинності харчуванням, регулювання водного балансу. Переважно – у сільському господарстві
Властивості	Характеризуються площею, розташуванням, рельєфом, кліматичними умовами, геологічними умовами, типами ґрунтів	Характеризуються структурою, родючістю, кислотністю, вмістом органічних речовин, механічним складом
Відновлення	Невідновлювані	Відносно відновлювані

Ґрунтові ресурси, на відміну від земельних ресурсів, визначаються як верхній родючий шар земної кори, що утворився в результаті вивітрювання гірських порід та внаслідок взаємодії з біогеоценозом. Ґрунтові ресурси складають основну частину навколишнього середовища. Вони забезпечують фізичну базу для підтримки продуктивності та кругообігу біологічних ресурсів, слугують джерелом поживних речовин та води для сільськогосподарських та лісгосподарських систем. Також ґрунти виконують складну буферну роль проти мінливості навколишнього середовища (починаючи від добових та сезонних змін температури та водопостачання до зберігання та зв'язування ряду хімічних та біологічних речовин). Властивостями ґрунтових ресурсів є родючість, структура, механічний склад, кислотність, а основною галуззю їх використання слугує сільське господарство. Характерні риси земельних ресурсів і ґрунтових ресурсів узагальнено в табл. 1, що полегшує порівняння цих понять.

Застосовуючи інтегроване поняття «ґрунтово-земельні ресурси», учені намагаються підкреслити взаємозв'язок обох видів ресурсів (ґрунтові ресурси – це частина земельних ресурсів) та їх взаємозалежність (стан ґрунтових ресурсів залежить від використання земельних, один компонент не може існувати без іншого). Поєднання в одному понятті «ґрунтово-земельні ресурси» двох термінів підкреслює важливість ґрунтових ресурсів як основи родючості земель та необхідність їх раціонального використання. Сам термін «ґрунтово-земельні ресурси» знайшов найбільше поширення в агрономії, а також у наукових дослідженнях. Ним позначають територію, вкриту ґрунтовим покривом або потенційно родючими породами, яка використовується, або може бути використана для виробництва сільськогосподарської продукції [19, с. 10]. За екологічною класифікацією природних ресурсів ґрунтово-земельні ресурси відносять до групи вичерпних, відносно-відновлюваних.

Вивчення ґрунтово-земельних ресурсів має багато вимірів – географічний, економічний, екологічний, правовий тощо. Облік ґрунтово-

земельних ресурсів з точки зору їх типів, обсягів, вмісту поживних речовин та багатьох інших характеристик є актуальним для більш детального вивчення продуктивності сільського господарства й лісів та впливу зміни землекористування.

Дистанційне зондування Землі стало в наш час потужним геопросторовим інструментом для ідентифікації, характеристики та маркування ґрунтово-земельних ресурсів на великих за розміром площах сільськогосподарської системи. ДЗЗ надає цінну, точну та своєчасну інформацію з високою просторовою та спектральною роздільною здатністю про сільськогосподарську урбанізацію, моделі використання сільськогосподарських культур, ґрунти, воду, вододіли, опустелювання, агролісівництво, пасовища й кліматичні коливання та їх вплив на сільське господарство. Наприклад, супутники Sentinel-2, що входять до складу програми Copernicus Європейського космічного агентства, надають знімки з роздільною здатністю 10 м, що дає можливість детально вивчати ґрунтовий покрив. Інші супутники, такі як Landsat 8, TerraSAR-X та RADARSAT-2, надають дані про різні властивості ґрунту, такі як вологість, структура та біомаса [2].

У рослинництві дистанційне зондування надає просторову інформацію про тип культури та оцінку площі з подальшою оцінкою потенціалу врожайності, здоров'я екосистеми та належного управління хворобами комах і бур'янами на основі спектрального відбиття об'єкта за допомогою моделювання та вегетативних індексів.

ДЗЗ має значний потенціал для вивчення ґрунтової системи (рис. 1.4). Додатково, дистанційне зондування може принести багато користі у завчасному виявленні несприятливих природних явищ, що часто спричиняють погіршення якості ґрунтово-земельних ресурсів. Отже, ці методи допомагають створити точну базу даних за короткий час, не перебуваючи при цьому в полі, що важливо для правильного використання ґрунтово-земельних ресурсів та управління ними [59, с. 91–135].



Рис. 1.4. Потенціал дистанційного зондування Землі у вивченні ґрунтової системи (складено автором за джерелом [59, с. 91-135])

Незважаючи на значні і очевидні переваги, використання методів ДЗ іноді стає проблематичним з огляду на: *атмосферні перешкоди* (хмари та інші атмосферні явища можуть ускладнювати отримання точних даних); *складність інтерпретації даних* (треба залучати для цього висококваліфікованих фахівців); *високу вартість* супутникових даних або *закритість* даних. Подекуди виникають проблеми, пов'язані з режимом секретності, особливо коли постає необхідність використання зображень високої просторової розрізненості для потреб точного землеробства або для кадастрових робіт [11, с. 21].

Важливим питанням щодо впровадження методів дистанційного зондування Землі для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів є можливість відкритого доступу до супутникових зображень. Наразі всі матеріали космічної зйомки з просторовим дозволом 2 і більше метрів є абсолютно відкритими. Європейська система космічного спостереження Copernicus (<https://www.copernicus.eu/>) та Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA) (<https://www.nasa.gov>) надає можливість використання космічних знімків для аналізу через відповідні

платформи (Copernicus Browser, Eo Browser, LandViewer та ін.). Саме доступність такої інформації може вважатися основною причиною активного використання космічних знімків широким колом фахівців.

Надійність даних різних видів дистанційного зондування Землі та спектр їх застосування відрізняються. Супутники, дані яких використовуються у різних видах ДЗЗ, облітають планету з певним інтервалом та надають дані про неї в реальному часі. Отримана інформація дозволяє аналізувати не тільки поточний стан об'єктів, але й оцінювати його зміни протягом певного періоду.

Відзначимо найважливіші супутникові місії, які надають дослідникам мультиспектральні зображення з високою роздільною здатністю, придатні для аналізу ґрунтово-земельних ресурсів:

Sentinel-2 – це супутникова місія Європейського космічного агентства (ESA), що надає мультиспектральні зображення з роздільною здатністю 10 метрів. Дані *Sentinel-2* можуть використовуватися для картування ґрунтів, оцінки їх родючості та деградації, а також для моніторингу змін землекористування.

Landsat – один із найзначніших та яскравих прикладів пасивного дистанційного зондування Землі. Понад 40 років супутники *Landsat* збирають та фіксують дані про планету, які знаходяться у відкритому доступі. *Landsat 8* – це супутникова місія Національного управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA), що надає мультиспектральні зображення з роздільною здатністю 30 метрів. Дані *Landsat 8* можуть використовуватися для тих самих цілей, що і дані *Sentinel-2*, а також для вивчення історії змін землекористування [21].

MODIS – це супутникова місія NASA, що надає мультиспектральні зображення з роздільною здатністю 250 метрів і 500 метрів. Дані *MODIS* можуть використовуватися для регіонального моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів, а також для вивчення глобальних змін землекористування.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є надзвичайно важливим інструментом для моніторингу навколишнього середовища, і його значення постійно зростає у багатьох сферах, включаючи моніторинг ґрунтово-земельних ресурсів. Багато українських організацій і наукових установ активно використовують ДЗЗ для вирішення різних завдань. Зокрема, Інститут космічних досліджень НАН України та Державне космічне агентство України є провідними організаціями, які застосовують супутникові дані для спостережень за станом земельних і ґрунтових ресурсів. Крім цього, інші наукові колективи й установи також вносять вагомий внесок у розвиток цієї галузі.

Згідно з даними, поданими у джерелі [44, с. 205], значний досвід використання супутникових знімків для моніторингу земельних ресурсів був накопичений протягом останніх десятиліть. Одним з перших проєктів, який розпочав активне використання супутникових даних, був проєкт з моніторингу водних ресурсів та оцінки впливу змін клімату на сільськогосподарські угіддя. У межах цього проєкту дослідники використовували дані, отримані з супутників Sentinel-2 та Landsat, що дозволяло з високою точністю визначати ступінь зволоження ґрунтів, аналізувати стан рослинності та прогнозувати врожайність.

Інший важливий проєкт, що стосується моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів, був реалізований у рамках Національного космічного агентства України за підтримки міжнародних партнерів. Основна мета цього проєкту полягала в оцінці змін ґрунтових ресурсів та визначенні територій, які піддаються ерозії. Згідно з результатами досліджень, здійснених у Миргородському районі Полтавської області, було визначено, що понад 30% сільськогосподарських угідь у регіоні страждають від процесів деградації, зокрема, через ерозійні процеси. Це підтвердили супутникові знімки, на основі яких було створено детальні карти ерозійних процесів та зроблено відповідні висновки щодо необхідності вживання заходів для захисту ґрунтів.

Дослідники з Національного авіаційного університету також активно займаються дослідженням та застосуванням технологій ДЗЗ у галузі сільського господарства. Одним з найбільш цікавих і актуальних досліджень було застосування технологій ДЗЗ для аналізу стану посівів сільськогосподарських культур у різних кліматичних зонах України. Використовуючи супутникові знімки високої роздільної здатності, українські вчені змогли оцінити стан посівів і на основі цих даних прогнозувати їхню врожайність. Зокрема, у Миргородському районі Полтавської області було виявлено низку негативних факторів, які впливають на продуктивність сільського господарства. Ці фактори включають зниження родючості ґрунтів через надмірне використання хімічних добрив, зміну кліматичних умов і часті посухи [24].

Інститут агроєкології та природокористування НААН України – ще одна з установ, яка активно використовує дані дистанційного зондування для аналізу стану ґрунтово-земельних ресурсів. У дослідженнях науковців Інституту значна увага приділяється проблемам деградації ґрунтів і пошуку шляхів для їх реабілітації. Використання ДЗЗ дозволяє оцінити стан ґрунтів, визначити області з найбільшою ерозією і створити рекомендації для сільськогосподарських підприємств щодо оптимального використання земельних ресурсів. Окремо варто згадати використання супутникових знімків для визначення вмісту вологи у ґрунті та моніторингу змін у рослинному покриві. Таким чином, ДЗЗ дозволяє вчасно реагувати на негативні зміни та запобігати зниженню врожайності.

Одним із прикладів успішного застосування методів ДЗЗ в Україні є дослідження, проведені Інститутом географії НАН України. Дослідники використовують супутникові зображення для моніторингу змін ландшафтів та виявлення процесів деградації у ґрунтовому покриві. За допомогою аналізу зображень з супутників Sentinel-2 та Landsat, науковці змогли відстежити зміни в ландшафті Миргородського району (у межах до 2020 р.) Полтавської області за останні 10 років. На основі отриманих даних вони

склали карти ерозійної небезпеки та запропонували заходи для зменшення впливу деградаційних процесів на сільськогосподарські угіддя.

В Україні реалізуються й інші проекти, що спрямовані на впровадження новітніх технологій дистанційного зондування для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Наприклад, Інститут геодезії та картографії активно займається розробкою нових методів аналізу даних ДЗЗ для точного землеробства. Зокрема, на основі даних, отриманих за допомогою супутників Sentinel-2, учені створюють тривимірні моделі рельєфу, які використовуються для планування сільськогосподарських робіт. Такі моделі дозволяють точніше визначати ділянки з різним рівнем родючості та приймати відповідні рішення щодо обробки ґрунтів [20].

Одним із актуальних напрямів досліджень українських вчених є використання ДЗЗ для моніторингу змін у лісовому фонді. Національний університет біоресурсів і природокористування України має дослідження, в яких аналізуються супутникові дані для вивчення динаміки вирубки лісів та відновлення лісових екосистем. Такі дані дозволяють відстежувати несанкціоновані вирубки, аналізувати ефективність заходів з відновлення лісових масивів і виявляти ділянки, що потребують додаткових захисних заходів.

Загалом, застосування методів дистанційного зондування Землі в Україні має великий потенціал для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Однак, попри значний науковий і практичний прогрес, дослідники зазначають, що є кілька проблемних аспектів, що стримують ширше впровадження цих технологій у практику. Зокрема, це висока вартість супутникових знімків високої роздільної здатності, необхідність мати спеціалізоване програмне забезпечення для обробки даних, а також забезпечення висококваліфікованими кадрами для інтерпретації результатів. Проте, з огляду на глобальні виклики зміни клімату та зростаючий тиск на природні ресурси, використання ДЗЗ залишається одним з найбільш

перспективних напрямів для забезпечення сталого управління ґрунтово-земельними ресурсами.

Підсумовуючи вищезазначене щодо застосування методів дистанційного зондування Землі різними організаціями в Україні, можна стверджувати, що у наш час накопичено значний досвід у питаннях моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів, особливо регіонах інтенсивного сільського господарства. Отримані результати допомагають у прийнятті ефективних управлінських рішень, спрямованих на збереження родючості ґрунтів, попередження деградації земель та підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь [11].

Отже, дистанційне зондування Землі виступає ключовим інструментом для сучасного сільськогосподарського виробництва [16, с. 209], дозволяючи агрономам та сільськогосподарським фахівцям отримувати важливу інформацію щодо оцінки родючості ґрунтів, їх деградації, зміни землекористування, для детального картування ґрунтів, що сприяє покращенню управління ресурсами та моніторингу стану рослинності, точній оцінці тенденцій реалізації планів землеустрою. Усе це позитивно впливає на розвиток сільського господарства і відкриває широкий спектр можливостей для забезпечення сталості сільського господарства на рівні окремих аграрних господарств, ОТГ, адміністративних районів та країни в цілому.

1.3. Методика магістерського дослідження

Будь-яке дослідження передбачає наявність логічного, системного плану вирішення дослідницької проблеми. Якщо методологія формує теоретичний фундамент дослідження, то методика – це деталі, поєднання певних прийомів, методів, інструментів та технологій, що здатні забезпечити надійні, дійсні результати, що відповідають цілям і завданням. Методика дослідження описує прийоми та процедури, які використовуються для

ідентифікації та аналізу інформації стосовно конкретної теми дослідження], а також пояснює чому саме такі методи були обрані [62].

Теоретичні методи дослідження – це інструменти наукового пізнання, що дозволяють аналізувати, систематизувати та узагальнювати існуючі знання, а також формувати нові гіпотези та теорії. Ці методи відіграють важливу роль у різних наукових дослідженнях, зокрема в галузі наук про Землю. Під час проведення дослідження було застосовано такі теоретичні методи як: *аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, моделювання, абстрагування.*

Аналіз й узагальнення наукової літератури проводилось з метою з'ясування стану досліджуваної проблеми та визначення потенціалу дистанційного зондування Землі у моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Для визначення понятійно-категоріального апарату магістерської роботи здійснювався аналіз довідкової літератури. Для більш детального вивчення території дослідження проаналізовано чинні документи, присвячені різним аспектам розвитку Полтавської області й Миргородського району у її складі (Регіональний звіт про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області за різні роки, Стратегія розвитку Полтавської області на 2021–2027 роки та ін.).

Синтез – це один з основних методів наукового пізнання, що полягає в об'єднанні окремих елементів, частин, властивостей або відношень об'єкта в єдине ціле. Іншими словами, це процес створення нового цілого з окремих частин. У дослідженні синтез даних про географічне положення, рельєф і клімат, ґрунти та інші види ресурсів Миргородського району дозволив скласти фізико-географічну характеристику території дослідження.

Метод порівняння було застосовано, щоб визначити спільні та відмінні риси моніторингу природних явищ і процесів на поверхні Землі за допомогою двох способів – дистанційного зондування Землі та наземних спостережень. У теоретичному розділі порівнювались властивості активних та пасивних датчиків, що має принципове значення для правильного вибору

супутникових знімків. Методом порівняння було визначено спільне та відмінне в поняттях «земельні ресурси» та «грунтові ресурси». У другому розділі порівнювались супутникові знімки досліджуваної території в динаміці.

Узагальнення – це один з фундаментальних методів наукового пізнання, який полягає у переході від конкретних фактів та явищ до більш загальних понять, закономірностей та теорій. Іншими словами, це процес об'єднання окремих елементів, фактів або явищ в єдину систему, виділення спільних рис і властивостей, а також формулювання загальних висновків. Метод узагальнення у магістерській роботі було використано під час формування висновків (до розділу 1, до розділу 2, загальних висновків). У другому розділі за результатами застосування методів дистанційного зондування Землі до вивчення ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району було зроблено висновок-узагальнення щодо потенціалу ДЗЗ у вивченні ґрунтово-земельних ресурсів.

Моделювання – це метод дослідження, що передбачає створення спрощеної копії (моделі) реального об'єкта, процесу або системи з метою їх вивчення, аналізу та прогнозування. Модель може бути фізичною (наприклад, макет долини річки), математичною (система рівнянь) або комп'ютерною (симуляція). У магістерському дослідженні для представлення рельєфу досліджуваного регіону було використано цифрову 3-D модель, побудовану на основі гіпсометричної карти, щоб виділити ключову особливість рельєфу – рівнинність – та визначити перепади висот у межах досліджуваної території.

Абстрагування як метод дослідження допоміг спростити складне завдання моніторингу методами ДЗЗ стану ґрунтово-земельних ресурсів, адже дозволив автору зосередитись на ключових проблемах їх використання в Миргородському районі Полтавської області.

Магістерське дослідження виконувалось також із використанням *емпіричних* методів – картографічного, дистанційного зондування Землі, геоінформційного, які є спеціальними методами в галузі наук про Землю.

Укладання та аналіз карт (основа *картографічного* методу) є фундаментальним прийомом для вивчення просторових відмінностей. З карти починається географічне дослідження і картою завершується. У магістерській роботі карти знадобились для представлення складу та фізико-географічних особливостей території дослідження. Більше того, інтерактивні карти (наприклад Topographic.map.com) слугували важливим додатковим джерелом інформації про фізико-географічні особливості Миргородського району. Деякі з картографічних матеріалів були згенеровані автором за допомогою веб-картографічних платформ.

Математично-картографічне моделювання як метод дослідження було застосовано для вивчення рельєфу Миргородського району. За допомогою геосервісу Google Earth побудовано повздовжні профілі для двох ділянок території Миргородського району. Лінії профілю (лінії перерізу) було проведено за допомогою інструменту «лінійка», вони прокладались перпендикулярно долинам трьох основних річок, окремо – в північній та південній частинах досліджуваного району. Кожна лінія профілю, як і кожна точка на ній, існує в тривимірному просторі, відбиваючи не тільки горизонтальне положення, а й висоту над рівнем моря. На основі даних про висоту в точках лінії система геосервісу побудувала графік, що відображає зміну висоти вздовж кожної лінії. Це дозволило візуально оцінити рельєф місцевості, визначити перепад висот та різні географічні особливості.

Дистанційне зондування Землі в магістерському дослідженні слугувало об'єктом самостійного вивчення та, одночасно, технологією, за допомогою якої здійснювався моніторинг окремих властивостей ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району. Джерелом супутникових знімків слугувала платформа Copernicus Browser – платформа з архівом знімків середньої роздільної здатності, зроблених різноманітними супутниковими місіями

Sentinel. Для аналізу землекористування та ґрунтово-земельних ресурсів території дослідження було використано супутникові знімки Sentinel-2 з атмосферою корекцією. Вони мають роздільну здатність 10 м для видимого та ближнього інфрачервоного діапазонів, SWIR та Red Edge діапазони мають роздільність 20 метрів, а атмосферний діапазон 60 метрів [60; 62]. Перевагою саме цього супутника є те, що він робить знімки з інтервалом 5 днів. Дані Sentinel-2 також доступні безкоштовно через Copernicus Open Access Hub, ESA SciHub і Amazon Web Services (AWS), тому цей супутник підходить для моніторингу частих змін у землекористуванні.

Copernicus Browser надає можливість переглядати супутникові знімки території дослідження в різних комбінаціях спектральних каналів (у т. ч. індексів) для аналізу даних. Процес оброблення знімків складався з таких етапів: *виявлення, розпізнавання, класифікація, інтерпретація*.

При визначенні умов моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів враховувалися сезонні умови зйомки, фенологічні фактори (фази розвитку окремих видів рослин), вплив метеорологічних умов (особливо – хмарності). Найоптимальніші умови для визначення структури агроландшафтів є пізня весна – початок літа [46, с. 62], що було враховано.

В оцінці якості земель Миргородського району Полтавської області було використано індексні методи. Індекси в дистанційному зондуванні Землі – це математичні формули, які дозволяють отримати додаткову інформацію з супутникових знімків. Copernicus Browser дозволяє користувачам обчислювати різноманітні індекси прямо в інтерфейсі. Після цього супутниковий знімок набуває неприродних кольорів, які допомагають ідентифікувати певні особливості досліджуваних об'єктів.

Одним з найінформативніших вегетаційних індексів є нормалізований вегетаційний індекс NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) – нормалізована різниця яскравостей у червоній та ближній інфрачервоній зонах електромагнітного спектра, яка об'єднує інформацію про вміст хлорофілу (червона ділянка спектра) та структуру клітин листка (БІЧ-зона

спектра). Розподілення значень NDVI та порівняльний аналіз їх розподілення за певні періоди вегетації дає можливість екстраполювати вплив агрометеорологічних умов на великі території і є істотним доповненням експертної оцінки стану посівів у межах певного регіону [46, с. 63]. У магістерській роботі було виміряно індекс NDVI для фрагменту території Миргородського району станом на дві дати, після чого у програмі QGIS виконано класифікацію та обчислено різницю в значеннях індексу NDVI для визначеного періоду. Це дало можливість виявити території, у яких умови вегетації рослин погіршилися.

Інформаційною базою для фізико-географічної характеристики сучасного Миргородського району Полтавської області стали роботи вчених краєзнавців, дані офіційних сайтів адміністративно-територіальних одиниць, картографічні джерела, у т. ч. інтерактивні карти та геосервіси, дані дистанційного зондування Землі.

Застосована комбінація методів дослідження та технологій дозволила, на нашу думку, об'єктивно оцінити можливості дистанційного зондування Землі для моніторингу стану ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського адміністративного району Полтавської області.

Висновки до розділу 1

1. ДЗЗ – це цілий комплекс методів і технологій, що дозволяють одержувати інформацію про різні об'єкти й динамічні процеси й явища на поверхні Землі, в її надрах і атмосфері шляхом реєстрації відбитого різними об'єктами чи власного електромагнітного випромінювання на віддалі, без безпосереднього контакту. Потім це електромагнітне випромінювання використовується для аналізу та інтерпретації різних особливостей і змін у навколишньому середовищі. Упродовж останніх років технології ДЗЗ стали важливим новим джерелом даних для дослідження в галузі наук про Землю, надаючи детальну інформацію про поверхню Землі, її надра та атмосферу.

Технології ДЗЗ надають можливість проводити глобальні дослідження, відстежувати зміни в часі та вивчати явища, недоступні для традиційних методів. Перевагами дистанційного зондування на відміну від інших методів стали: широке покриття, оперативність, послідовний моніторинг, екстериторіальність, можливість швидкого реагування на природні катастрофи та інші надзвичайні ситуації, невтручання в екосистеми, інтеграція з геоінформаційними системами тощо. Разом з тим, технологія ДЗЗ має і певні недоліки, на які слід зважати – висока вартість, залежність від технічних характеристик датчиків, вплив сезонних змін і атмосферних явищ та деякі інші.

2. У магістерському дослідженні основний акцент зроблено на використанні ДЗЗ для моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Терміном «ґрунтово-земельні ресурси» в агрономії та наукових дослідженнях позначають територію, вкриту ґрунтовим покривом або потенційно родючими породами, яка використовується, або може бути використана для виробництва сільськогосподарської продукції. *Моніторинг* у широкому розумінні – це система постійного спостереження за явищами та процесами, що відбуваються у довкіллі, результати якого спрямовано на обґрунтування управлінських рішень для безпеки людей та об'єктів економіки. Завдяки здатності фіксувати зміни на земній поверхні з високою точністю та частотою, ДЗЗ стало незамінним інструментом для оцінки стану ґрунтів, моніторингу змін землекористування та прогнозування врожайності. Сучасні супутникові системи, такі як Sentinel-2 і Landsat, забезпечують детальні зображення земної поверхні, дозволяючи дослідникам ідентифікувати та оцінювати ґрунтово-земельні ресурси на великих за розміром площах, вивчати моделі використання земель, виявляти процеси деградації ґрунтів, опустелювання, оцінювати вплив кліматичних змін на сільськогосподарські угіддя. ДЗЗ таким чином допомагає розробляти ефективні стратегії управління та використання ґрунтово-земельних ресурсів для підвищення продуктивності сільського господарства. В Україні накопичено значний

досвід у питаннях моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Однак, повне використання потенціалу ДЗЗ вимагає вирішення низки завдань, таких як підвищення доступності даних, розробка нових методів обробки та аналізу зображень, а також підготовка висококваліфікованих фахівців.

3. Під час вибору методів, інструментів та технологій для виконання магістерської роботи враховувались мета, завдання та технічні можливості виконання дослідження. Для досягнення мети було використано теоретичні (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, моделювання, абстрагування) та емпіричні методи дослідження – спеціальні методи в галузі наук про Землю (картографічний, математико-картографічне моделювання, методи дистанційного зондування Землі, геоінформаційний). Використання комплексу різноманітних методів забезпечує, на думку автора, об'єктивність та достовірність результатів дослідження.

РОЗДІЛ 2

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

У результаті адміністративно-територіальної реформи 2015–2020 років та переформатування мережі адміністративних районів та створення ОТГ виникла необхідність оновлення великих масивів даних, що стосуються різних аспектів: природи, демографії, економіки, соціальної сфери, екології, балансоутримання національних багатств та надр.

Високоякісний регіональний розвиток залежить від низки рішень, зокрема тих, що базуються на природних особливостях [55, с. 49–57]. Фізико-географічна характеристика території є своєрідним «паспортом» регіону. Знання про ґрунти, рельєф, клімат дозволяють покращити практики землекористування, ефективно розробляти програми з охорони природних ресурсів та збереження навколишнього біорізноманіття. Регулярний моніторинг природних процесів допомагає своєчасно виявляти зміни в довкіллі. Детальна інформація про природні ресурси та природні умови ведення господарства є важливим аргументом для розробки ефективних стратегій розвитку, залучення державних та приватних інвестицій та привертання уваги інвесторів.

Одним із новоутворених у 2019–2020 роках адміністративних районів районів став Миргородський район Полтавської області. У його складі об'єдналися Миргородський, Великобагачанський, Шишацький, Лохвицький, Гадяцький райони та Новооріхівська сільська рада колишнього Лубенського району. Тепер у складі Миргородського району перебуває 17 об'єднаних територіальних громад (ОТГ) та 425 населених пунктів. Серед ОТГ 4 громади – міські (Миргородська, Гадяцька, Заводська, Лохвицька), 5 – селищні, 8 – сільські (Миргородський район, 2024). 4 міські утворені в Миргородському районі об'єднані територіальні громади та 5 селищних ОТГ ще очікують узгодження із Конституцією України оскільки на даний час ці

об'єднання прямо суперечать 1 абзацу 140 статті Конституції. З чого можна зробити висновок, що реформа децентралізації ще не завершилася.

Площа Миргородського району – 6295,5 км², чисельність наявного населення станом на 1 січня 2022 року складає 198,076 тис. осіб (показник має тенденцію до зменшення). Густота населення складає 32,46 осіб/км².

Фізико-географічне положення Миргородського району характеризується розташуванням на лівобережжі басейну Дніпра, у межах Придніпровської низовини Східноєвропейської рівнини (рис. 2.1). На півночі район межує з із Сумською та Чернігівською областями, на сході, півдні і заході – з іншими адміністративними районами Полтавської області – Полтавським, Лубенським та Кременчуцьким (рис. 2.2). На території району, на північ від села Білогорілка Лохвицької об'єднаної територіальної громади, знаходиться крайня північна точка Полтавської області (50°33'18'' пн.ш.).

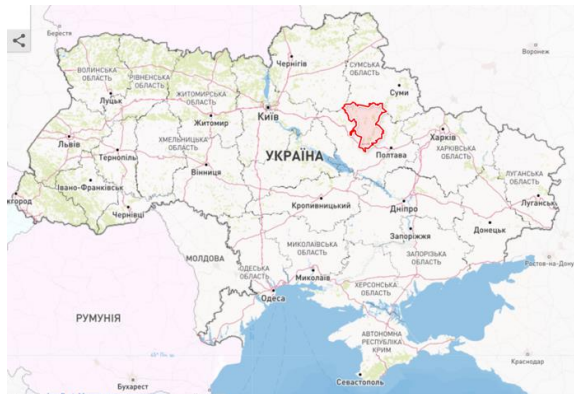


Рис. 2.1. Миргородський район на карті України (Візіком карти)

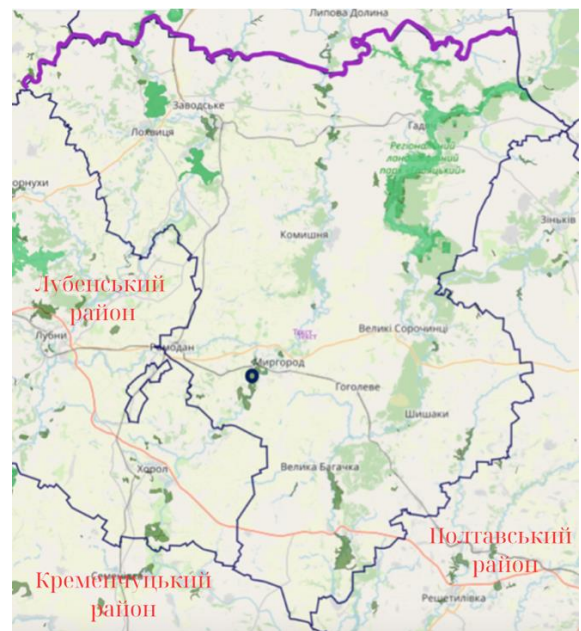
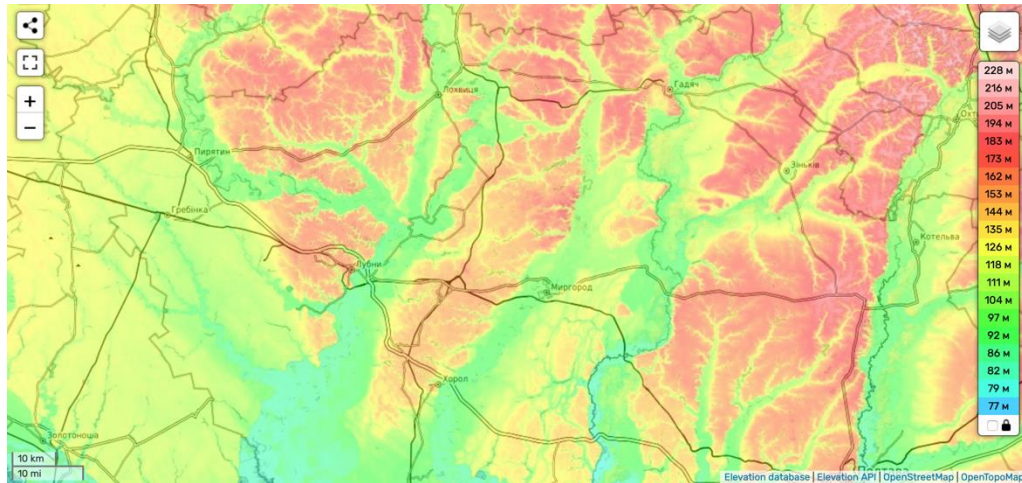


Рис. 2.2. Миргородський район у межах 2020 року (зроблено в сервісі Bing maps)

Поверхня території району являє собою хвилясту рівнину зі слабким нахилом з північного сходу на південний захід, у сторону Дніпра (рис. 2.3).

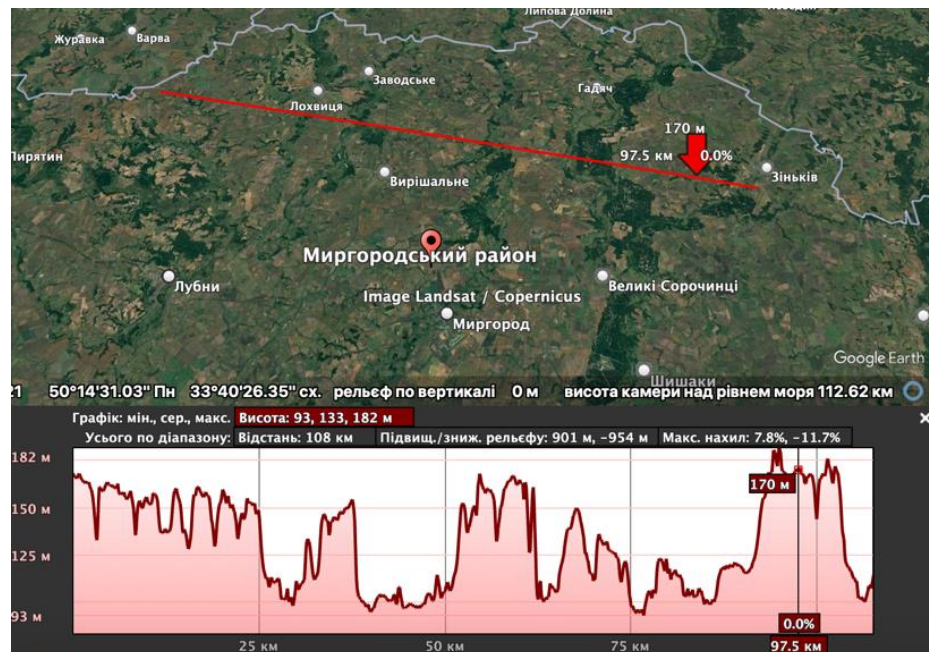
Найменші абсолютні висоти (рис. 2.4 та 2.5) мають долини середніх річок (Сула, Хорол, Псел), що прямують з півночі на південь та південний захід. Максимальні висоти у межах району не перевищують 200 м.



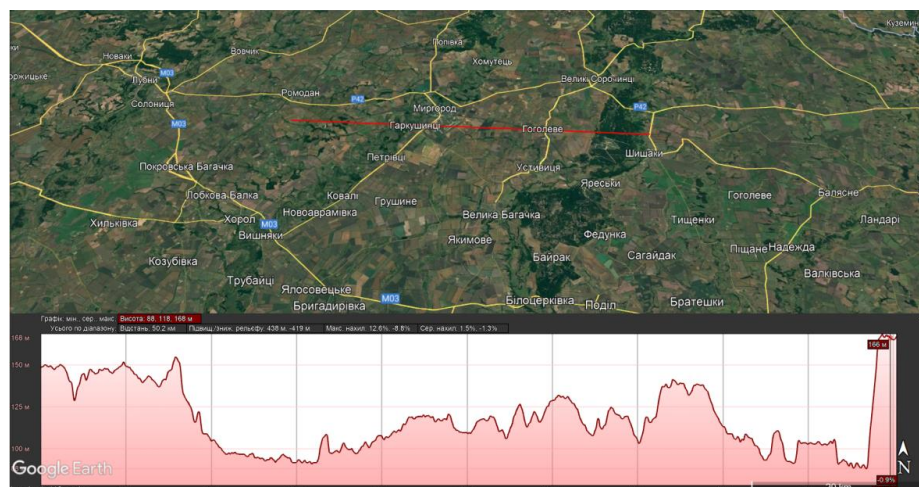
*Рис. 2.3. Топографічна карта території Миргородського району
(візуалізовано автором за джерелом [48])*

Найпоширенішим типом рельєфу Полтавщини є ерозійно-аккумулятивний, з характерними для нього балками, ярами, долинами річок, конусами виносу, терасами. Ці форми рельєфу впливають на розміри та конфігурацію земельних ділянок (від великих плоских ділянок до вузьких смуг землі між балками) та ускладнюють обробку землі. На крутих схилах річкових долин і берегах ставків трапляються зсуви. Зустрічаються степові блюдця. Найбільша густота яружно-балочної мережі спостерігається в Гадяцькому районі і на ділянках високих схилів долин річок.

У геоструктурному плані територія Миргородського району, як і всієї Полтавської області, розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини. Тектонічна будова представлена породами докембрійського кристалічного фундаменту та осадовими відкладами різних епох, що вплинуло на поширення корисних копалин [25].



*Рис. 2.4. Профіль рельєфу в північній частині Миргородського району
(зроблено автором у сервісі Google Earth)*



*Рис. 2.5. Профіль рельєфу у південній частині Миргородського району
(зроблено автором у сервісі Google Earth)*

У геоструктурному плані територія Миргородського району, як і всієї Полтавської області, розташована в межах Дніпровсько-Донецької западини. Тектонічна будова представлена породами докембрійського кристалічного фундаменту та осадовими відкладами різних епох, що вплинуло на поширення корисних копалин [25].

У районі поширені нерудні корисні копалини, серед яких пісок (будівельний, білий кварцовий, кольоровий), глини, мергель, лес. Паливні ресурси представлені покладами нафти і газу: Тимофіївське, Яблунівське, Гадяцьке нафтогазоконденсатні, Глинсько-Розбишівське нафтогазове родовище та ін., що належать до Східноукраїнської нафтогазоносної області. Будівництво та експлуатація нафтогазових свердловин негативно впливає на стан довкілля Миргородського району, про що зазначається у Регіональній доповіді про стан навколишнього природного середовища Полтавської області за 2022 рік [43, с. 164].

У долинах річок залягають значні родовища торфу, потужність яких подекуди сягає 2 м. В особливо посушливий період (серпень-вересень) фіксуються торф'яні пожежі, спричинені літніми посухами та спалюванням трави місцевими мешканцями. Під час горіння торфу знищується велика кількість органічних речовин, які є основою родючості ґрунтів. Це призводить до збіднення ґрунтів, зниження їх здатності утримувати вологу та поживні речовини. Високі температури під час пожежі призводять до зміни структури ґрунту, його ущільнення, зниження пористості.

Миргородський район має найбільш тривалу в Україні історію в галузі використання рекреаційних бальнеологічних ресурсів [25]. Мінеральним багатством району є вода Миргородського джерела, яку відносять до слабо мінералізованих хлоридно-натрієвих вод. Вона близька за вмістом хлористого натрію до мінеральної води відомих європейських курортів Бад-Зоден, Баден-Баден, Бад-Аахен.

Клімат у межах досліджуваного району є *помірно-континентальним*. Для території Полтавської області у сучасний кліматичний період характерна тенденція до зростання середніх річних, середніх мінімальних та середніх максимальних температур за рік [43, с. 59–64]. Спостерігається нестабільний характер зволоження, що часто призводить до настання посушливих періодів, зниження врожайності сільськогосподарських культур, лісових і торф'яних пожеж.

Територією району протікають річки басейну Дніпра – Хорол, Псел, Сула та їх притоки. Як типові рівнинні річки, вони мають звивисті долини, створюють тераси, заплави. Утворені річками форми рельєфу визначають дренажні умови, схилів процеси та, відповідно, придатність земель для різних видів використання. Річки слугують джерелом водопостачання населення, сільського господарства, слугують місцем відпочинку та риболовлі. Заплави річок традиційно використовуються як сінокоси та пасовища (рис. 2.6 – 2.7), іноді прируслові ділянки перетворюють на орні землі, що має ряд серйозних негативних наслідків для екосистеми та довкілля. Середні і малі річки Миргородського району через замулення, потребують постійної розчистки для відновлення природних глибин і підвищення водності.

Підземні води залягають у вигляді декількох водоносних горизонтів, які відрізняються запасами і хімічними показниками. Найбільш розповсюдженим є Бучакський водоносний горизонт з відносно невеликими глибинами залягання [25].

Численними на території району є стариці та заболочені озера. Крім озер природного походження є чимало невеликих ставків та водосховищ. Озера та ставки акумулюють воду і поступово віддають її в ґрунт, підтримуючи оптимальний рівень вологості.

За схемою фізико-географічного районування, авторами якої є В. П. Попов, О. М. Маринич та А. І. Ланько [12], територія району належить до Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції. Рослинний покрив представлений угрупованнями степів, лук, заплавних і соснових лісів, широколистяних лісів (здебільшого дібров), прибережно-водних і водних фітоценозів (Додаток Г). Балки і річкові долини вкриті степовою рослинністю, що відрізняється значною флористичною різноманітністю. Важливим завданням у галузі охорони природи є збереження в існуючому природному стані водних, болотних та лісових типів оселищ [43]. Осередками збереження рідкісних видів рослин і птахів є об'єкти природно-

заповідного фонду (ПЗФ). У межах району є 3 заказники загальнодержавного значення, 30 заказників місцевого значення, 34 пам'ятки природи місцевого значення, 1 регіональний ландшафтний парк, 17 заповідних урочищ, 1 парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва.



Рис. 2.6. Піщаний правий високий беріг річки Псел. Мішаний ліс (фото автора)



Рис. 2.7. Луки поблизу річки Псел, призначення земель – пасовища та сінокоси. Чорнозем з переходом в пісок (фото автора)

Миргородський район має значний агроресурсний потенціал. У ґрунтовому покриві переважають чорноземи, вони поширені на вододілах під степами (рис. 7-8). Високу родючість мають і заплавні землі, сформовані річками завдяки рідкісним періодичним повеням, які виносять на поверхню родючі наноси. Для регіону, особливо його південної частини, характерно поширення ґрунтів з ознаками засолення. Висока концентрація на території району родючих земель потребує дбайливого ставлення до ґрунтів та раціонального їх використання, зокрема за рахунок мобілізації факторів їх природної родючості та впровадження принципів зеленої економіки. Неприпустимим є розорювання схилів балок та річкових долин, що

призводить до змивів та абразійних процесів. Позитивним фактором, що сприяє покращенню якості ґрунтів, є розвиток органічного землеробства. За цим показником Полтавська область входить у першу п'ятірку лідерів в Україні [43]. У Миргородському районі в селі Михайлики знаходиться приватне підприємство «АГРОЕКОЛОГІЯ», яке є лідером органічного землеробства Полтавської області.

Станом на 01.01.2023 відомості за 2016–2022 роки з Державного земельного кадастру про землі та земельні ділянки в межах Полтавської області не узагальнювалися, тому точно визначити наявну структуру землекористування досліджуваної території не має можливості. Проте відомо, що більша частина території Миргородського району використовується під сільськогосподарські угіддя. Вони утворені на місці лучних степів та остепнених лук, на місці широколистяних лісів (Полтавська область, 2004). У структурі сільськогосподарських угідь переважає рілля.



Рис 2.8–2.9. Розорані земляні масиви із вкрапленнями дерев та лісосмуг.

Миргородський район, село Попівка (фото автора)

Проведене дослідження фізико-географічних особливостей Миргородського району дозволило виявити сприятливе поєднання природних умов та природних ресурсів (рівнинний рельєф, помірно-континентальний клімат, родючі чорноземні та алювіальні ґрунти, достатнє, хоч і нестабільне, зволоження) для розвитку агросектору та рекреації. Використання природно-ресурсного потенціалу Миргородського району має бути збалансованим та забезпечувати збереження у належному природному стані водних, болотних та лісових типів оселищ. Разом з тим, для Миргородського району характерні проблеми – нераціональне землекористування (надмірна розораність, у т. ч. за рахунок територій схилів та заплав річок), підвищений тиск на ґрунти з боку сільського господарства, що загрожує їх якості, негативні наслідки від видобутку ресурсів нафти і газу для екології, кліматичні зміни у бік посилення посушливості клімату, часті випадки загорянь лісу та торф'яних полів. Деякі із зазначених проблем можуть бути вивчені за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

Висновки до розділу 2

1. Миргородський район Полтавської області має сприятливе поєднання природних умов та природних ресурсів (рівнинний рельєф, помірно-континентальний клімат, родючі чорноземні та алювіальні ґрунти, достатнє, хоч і нестабільне, зволоження) для розвитку агросектору та рекреації.

2. Використання природно-ресурсного потенціалу Миргородського району має бути збалансованим та забезпечувати збереження у належному природному стані ґрунтових ресурсів, водних, болотних та лісових типів оселищ. Разом з тим, для Миргородського району характерні проблеми – нераціональне землекористування (надмірна розораність, у т. ч. за рахунок територій схилів та заплав річок), підвищений тиск на ґрунти з боку сільського господарства, що загрожує їх якості, негативні наслідки від

видобутку ресурсів нафти і газу для екології, кліматичні зміни у бік посилення посушливості клімату, часті випадки загорянь лісу та торф'яних полів. Деякі із зазначених проблем можуть бути вивчені за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

РОЗДІЛ 3

ПРАКТИКА ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ДЗЗ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ГРУНТОВО-ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ МИРГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1. Моніторинг стану ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району за допомогою дистанційного зондування Землі

У широкому розумінні моніторинг – це система постійного спостереження за явищами та процесами, що відбуваються в довкіллі під впливом природних та антропогенних чинників [46]. Метою моніторингу є вивчення властивостей, оцінка сучасного стану, ефективне управління станом об'єкта/об'єктів та/або процесів у навколишньому середовищі, їх прогнозування. Ґрунтовий покрив, земельні ресурси, як зазначалось у першому розділі, є об'єктами моніторингу нарівні з іншими елементами навколишнього природного середовища. Зростання антропогенного навантаження та зміна клімату актуалізують завдання вивчення ґрунтів та раціонального землекористування.

У наш час отримання повної та достовірної інформації про стан ґрунтово-земельних ресурсів забезпечується комбінацією *наземних (польових)* та *дистанційних* методів, які доповнюють один одного. Так, супутникові знімки дають загальну картину ерозійних процесів на великих територіях, тоді як наземні методи дозволяють отримати детальну інформацію про стан ґрунту, інтенсивність ерозійних процесів та причини їх розвитку на окремих ділянках.

Моніторинг ґрунтово-земельних ресурсів методами дистанційного зондування Землі може здійснюватися на кількох просторових рівнях: *глобальному, національному, регіональному* (на рівні області), *локальному* (на

рівні адміністративного району) та *місцевому* (на рівні окремого господарства). Особливо актуальним науковим і практичним завданням є моніторинг на територіях інтенсивного сільськогосподарського використання, прикладом такої території є Миргородський район Полтавської області.

Зазначимо, що космічний моніторинг ґрунтово-земельних ресурсів може бути *безпосереднім* (вивчення типів ґрунтів, вмісту гумусу в них та ін.) та *опосередкованим* (про характеристики ґрунтового покриву можна робити висновки за станом здоров'я рослинності, ступенем зволоженості, ступенем забруднення ґрунтів тощо). Оскільки на стан ґрунтово-земельних ресурсів впливають негативні природні та антропогенні процеси, то вони теж стають об'єктами інтересу для дистанційного зондування. Прикладами таких процесів є лісові та торф'яні пожежі, хвилі спеки, ерозія, засолення, підтоплення, заболочування, абразія тощо.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є потужним інструментом для аналізу землекористування на великих територіях, включаючи адміністративні райони. У Миргородському районі актуальними проблемами, пов'язаними з ґрунтовим покривом та землекористуванням, які можна дослідити методами ДЗЗ, є ерозійні процеси, негативний вплив зміни клімату на ступінь зволоження ґрунтів, часті загорання торфоземель, зменшення площі лісів тощо.

Як видно із супутникового знімку (рис. 3.10), серед різних типів землекористування у Миргородському районі переважають сільськогосподарські угіддя, а в їх структурі – рілля. Значними є також площі лісів у північній частині району (Гадяцька ОТГ) та вздовж річок, а також водних об'єктів за рахунок річок, озер, водно-болотних угідь, ставків.



Рис. 3.10. Фрагмент території Миргородського району. Супутниковий знімок Sentinel-2_L2A_True_color від 21 серпня 2024 р. (зроблено автором у Copernicus Browser)

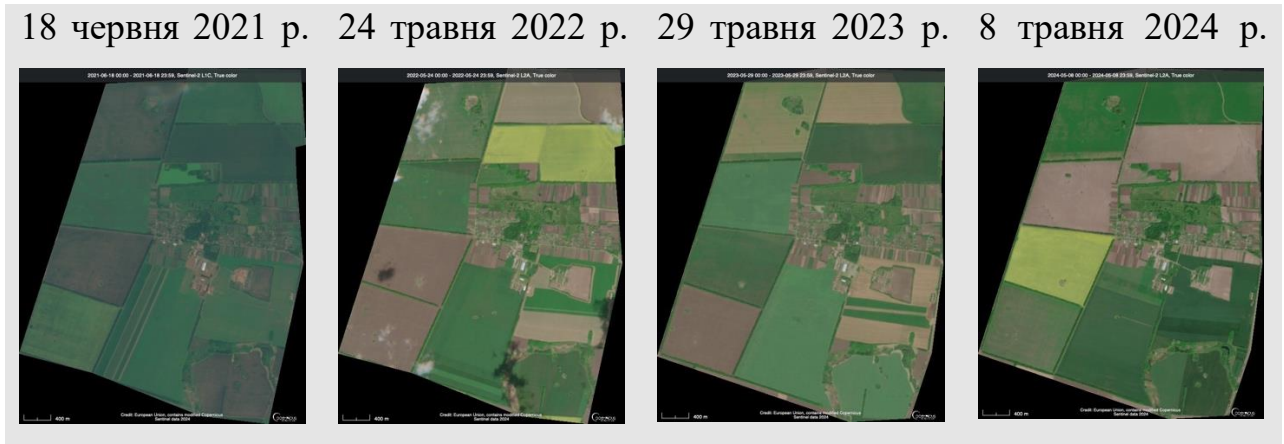
Сільськогосподарські угіддя на супутниковому знімку «нарізані» у вигляді сітки квадратів, прямокутників, трапецій, площа яких, як правило, коливається від 60 до 100 га. Така геометрія полів зумовлена застосуванням систем поливу і ортогональною системою системи поливу та доріг [46]. Іноді цю систему порушують долини річок та ерозійні форми рельєфу. Відзначимо, що на Полтавщині ведеться активна робота з відновлення зрошувальних систем. Працівники Кременчуцького міжрайонного управління водного господарства останніми роками відновили роботу п'яти потужних насосних станцій, міжгосподарської мережі трубопроводів та 11 км магістрального каналу на законсервованій із 2004 року Градизькій зрошувальній системі [30].

Поля з вегетаційними сільськогосподарськими культурами без поливу і з поливом будуть відрізнятися на супутникових знімках. Більш однорідною, безструктурною, іноді смужкуватою буде виглядати тон полів без поливу. Натомість поля під поливом матимуть плямисту структуру, що пов'язано з нерівномірним поливом [46]. За особливостями цієї плямистої структури полів можна робити висновок про якість системи поливу та її технічний стан.

ДЗЗ є ефективним інструментом для контролю ґрунтово-земельних ресурсів на рівні окремих аграрних господарств та територіальних громад. Аналіз супутникових знімків дозволяє ідентифікувати і виміряти площу посівів та пасовищ, оцінити стан посівів агрокультур за допомогою індексів, визначити ділянки, що потребують внесення добрив та агрохімікатів.

Актуальним завданням збереження родючості ґрунтів є дотримання сівозмін, що теж можна відстежувати на супутникових знімках. На рис. 3.11 представлено супутникові знімки визначеної ділянки сільськогосподарських угідь поблизу села Мирне за 4 роки (станом на пізню весну – початок літа), на яких видно чергування культур на полях (озимі показані темно-зеленим забарвленням, весняні посадки і молоді сходи – світло-зеленим; незасаджені поля, або ті, на яких поки немає сходів – темно-сірі). Отже, знімки Sentinel-2 мають високу просторову роздільну здатність, збирають дані в різних спектральних діапазонах, що дозволяє детально розрізняти різні типи рослинності за їх спектральними характеристиками, відстежувати чергування посівів культур і чистого пару в часі і, таким чином, здійснювати моніторинг. Порівнюючи знімки за різні роки, можна виявити відхилення від запланованої сівозміни, наприклад, повторне вирощування однієї і тієї ж культури на одному полі протягом кількох років.

Використання дистанційного зондування (супутникових зображень) може покращити розуміння поверхні, оскільки воно збирає відбитки спектрального відбиття, пов'язані з властивостями ґрунту [54]. Ці властивості можна аналізувати, використовуючи композити (комбінації спектральних смуг) та вегетаційні індекси – NDVI, NDWI та ін. Вегетаційні індекси (BI) є своєрідною комбінацією енергетичних яскравостей різних спектральних каналів. BI вибираються на основі емпіричного досвіду та розраховуються за еталонними кривими спектрального відбиття різних культур та ґрунту. Їх числові значення використовують для характеристики та оцінки біофізичних параметрів рослинного покриву



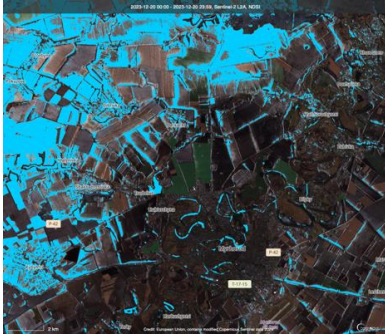
*Рис. 3.11. Супутникові знімки Sentinel-2_L2A_True_color
сільськогосподарських угідь поблизу селища Мирне Великосорочинської
сільської громади Миргородського району*

Запорукою високої врожайності сільськогосподарських культур є достатня вологість ґрунту. Для посівів озимих має велике значення оцінка стану снігового покриву, що теж можна виявити за допомогою нормалізованого диференційного індексу снігу – Normalised Difference Snow Index (NDSI). Він дозволяє розрізнити хмарний та сніговий покрив, оскільки сніг поглинає короткохвильове інфрачервоне випромінювання, але відбиває видиме світло, тоді як хмари зазвичай відбивають обидві довжини хвиль.

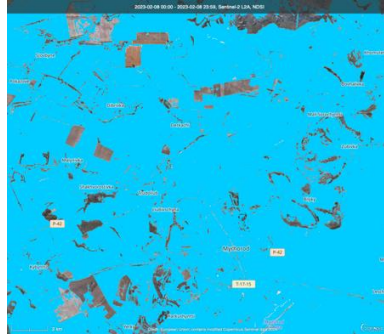
На рис. 3.12 можна побачити супутникові знімки одного й того ж фрагменту території Миргородського району в різні зимові місяці. Яскравосинім зображено на знімках сніговий покрив. Разом з тим, автору не вдалось знайти жодного знімку для січня 2023 р. Ймовірно, цьому завадила висока хмарність під час зйомки, тож отримати якісний знімок без хмар було неможливо.

Відзначимо, що із зміною клімату зими стають малосніжними, що не сприяє накопиченню в ґрунті вологи та захисту озимини від низьких температур.

20 грудня 2023 р.



08 лютого 2023 р.



23 лютого 2023 р.



Рис. 3.12. Супутникові знімки Sentinel-2_L2A у картині індексу NDSI фрагменту території Миргородського району. Яскраво-синім кольором на знімку позначено сніговий покрив (зроблено автором у Copernicus Browser)

Одним з найпоширеніших і найбільш інформативних для розуміння стану рослинності і землекористування є нормалізований вегетаційний індекс NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) – нормалізована різниця яскравостей у червоній та ближній інфрачервоній зонах електромагнітного спектра. Цей індекс характеризує здоров'я рослин та умови, в яких вони розвиваються. Розраховується за формулою: $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$.

Діапазон коливання індексу NDVI складає: від -1 до +1. Дуже малі значення (від 0,1 до -1,0) відповідають порожнім ділянкам, каменистій поверхні, піску або снігу. Помірні значення (від 0,1 до 0,2) представляють ділянки з дуже малою кількістю рослинності (сухі степи, луки). Наступний діапазон від 0,2 до 0,5 – це ділянки з помірною кількістю рослинності (наприклад, культурні лани на ранній стадії вегетації, чагарники). Великі значення індексу (від 0,6 до 0,8) вказують на здорову рослинність помірних широт (здорові ліси, луки в період активної вегетації). Ділянки з індексом 0,8 – 1,0 характеризуються як такі, що мають дуже густу і здорову рослинність (наприклад, тропічні ліси). Індекс вважають також індикатором посухи. За його значенням можна виявляти стреси рослин, пов'язаних з хворобами та шкідниками. На рис. 3.12 представлено знімок Sentinel 2-A за 23 травня

2024 р. у картині індексу NDVI. Насичено зеленим кольором на знімку показано здорову рослинність, що має значний об'єм біомаси. Концентрація рослинності чітко простежується в заліснених долинах трьох найбільших річок, а також на сільськогосподарських угіддях із озиминою.

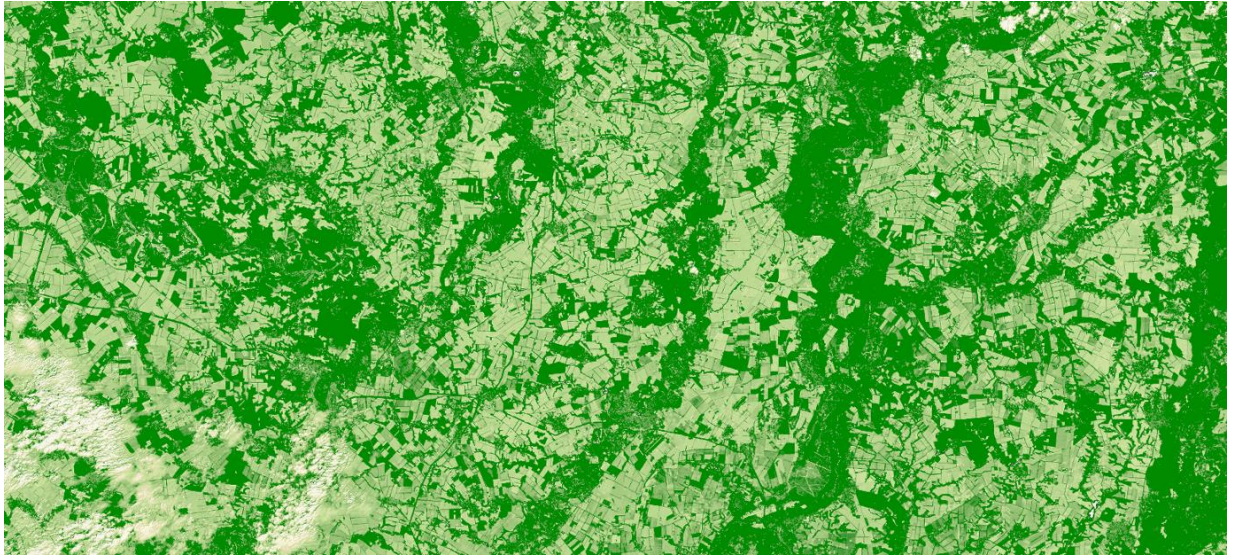


Рис. 3.12. Супутниковий знімок Sentinel 2-A за 23 травня 2024 р. у картині індексу NDVI більшої частини Миргородського району за (знімок завантажено автором у Copernicus Browser)

Оскільки клімат Полтавської області характеризується підвищенням середньої температури, важливо було з'ясувати, як змінився індекс NDVI у 2024 році порівняно з аналогічним періодом 2019 року. Для цього на основі супутникових знімків у програмі QGIS було створено карту відображення полів за індексом NDVI за 2024 рік (рис. 3.13) та карту за 2019 рік (рис. 3.14).

За допомогою растрового калькулятора було знайдено різницю шарів NDVI₂₄ - NDVI₁₉ (рис. 3.15).



Рис. 3.13. Індекс NDVI для досліджуваної території станом на 23 травня 2024 р. Аналіз знімку Sentinel 2-A виконано автором у QGIS



Рис. 3.14. Індекс NDVI для досліджуваної території станом на 20 травня 2019 р. Аналіз знімку Sentinel 2-A 2024-05-23 виконано автором у QGIS

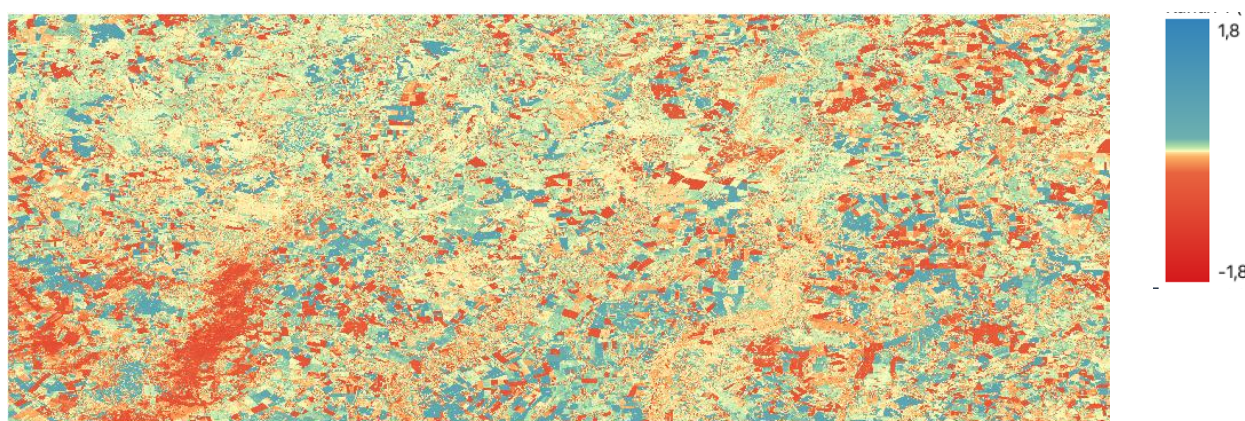


Рис. 3.15. NDVI 2024 року порівняно з NDVI 2019 року (різниця шарів). Аналіз знімку виконано автором у QGIS

Виходячи з отриманого результату видно, що на багатьох ділянках території району (виділені червоними відтінками) умови для вегетації погіршились через зниження рівня зволоженості.

Сільськогосподарський композит B11-B08-B02 – це особливе поєднання трьох спектральних смуг, отриманих із супутникових знімків, які використовуються для аналізу стану рослинності та ґрунтів у сільському господарстві. Кожна з цих смуг несе важливу інформацію про відбивання світла від об'єктів на земній поверхні. Аналіз знімків у цьому поєднанні каналів допомагає визначити здорові рослини, рослини під стресом, а також відмерлу рослинність. Сільськогосподарський композит допомагає відстежувати розвиток рослинності протягом вегетаційного періоду, оцінювати потенційну врожайність культур. Оскільки шкідники і хвороби змінюють спектральні характеристики рослин, то можна виявляти проблеми у здоров'ї рослин на ранніх стадіях.

Як уже зазначалось, для Миргородського району характерна деградація ґрунту у вигляді ерозії та втрати органічного матеріалу, особливо в північній частини, де спостерігається найбільший перепад висот. Водна і вітрова ерозія впливають на стабільність ґрунту, функціонування екосистем і цикли вуглецю та води. Ерозійні процеси в найбільшій мірі характерні для схилів, схильних до змиву родючого шару ґрунту. Розрізняють площинну (схил більш-менш рівномірно пошкоджений ерозією, вода розмиває ґрунт рівномірно, особливо під час злив) та лінійну водну ерозію (відбувається по чітко виражених лініях – ярах, балках, річкових долинах, створюючи глибокі розрізи в рельєфі).

Унаслідок змиву родючого шару ґрунту змінюються спектральні характеристики його поверхні, адже зі змивом верхніх генетичних горизонтів зменшується вміст гумусу та сполук заліза. Поверхня на супутниковому знімку тоді виглядає світлішою за інші ділянки, на яких водна ерозія не проявляється (рис. 3.16). Наслідки водної ерозії відомі, це – розчленування рельєфу, зменшення площі орних земель, ускладнення землеробства і т. ін.

Найкращий час для виявлення ерозії – вегетаційний період, коли різниця між еродованими та нееродованими ділянками найбільш помітна.

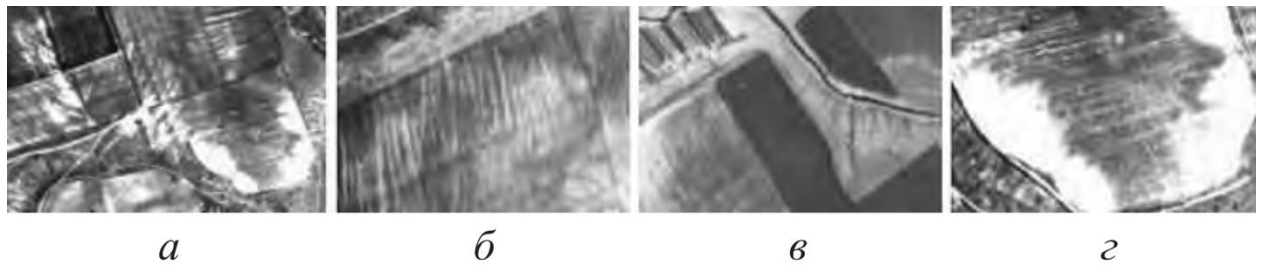


Рис. 3.16. Зображення проявів ерозійної деградації ґрунтового покриву на матеріалах дистанційного зондування: а) прояви ерозійної деградації схилів; б) мікроулоговинна ерозія; в – яружна ерозія; г – площинна ерозія [46, с. 109].

Значної шкоди сільськогосподарським угіддям можуть завдавати такі *ерозійні форми рельєфу*, як яри і балки. Використання методів дистанційного зондування для виявлення ярів і балок слід починати з аналізу рельєфу місцевості, щоб визначити, які ділянки найбільш схильні до ерозії і, відповідно, до утворення ярів та балок. Мережа балок на супутникових знімках виділяється своєю витягнутою звивистою деревовидною формою. Деревовидні розгалуження утворюються на схилах із м'якими породами. Між дном яру або балки та схилами спостерігається різкий контраст за кольором та тоном. Дно часто має більш темний колір через накопичення органічних речовин та вологи. На відміну від балок, дно і схили яких часто мають деревну рослинність, дно ярів часто позбавлене рослинності або вкрите розрідженою рослинністю. Під час ідентифікації на супутникових знімках ярів і балок необхідно враховувати сезонні зміни. Зображення пізньої весни, осені та раннього літа мають переваги перед зображеннями інших фаз через мінімальний вплив рослинного покриву або таких атмосферних опадів як сніг [64].

На рис. 3.17 представлено на знімках високої роздільної здатності яружно-балкову мережу території на південь від с. Бутовичеське Миргородського району. Знімки зроблені супутником Sentinel-2 L2A у травні

2024 р., коли вплив зеленої маси та атмосферний вплив є мінімальним. Роздільна здатність зображення на рис. в пікселях – 8192 x 6386. Ще один знімок отримано в програмі Google Earth (рис. 3.18).



Рис. 3.17. Супутниковий знімок фрагменту території Миргородського району Sentinel-2 L2A від 08.05.2024 р. території на південь від с. Бутовичеське Миргородського району Полтавської області 55.59 км² | 50.30592°N 33.83783°E (платформа LandViewer)



Рис. 3.18. Яри і балки між селами Великий Перевіз та Пелагеївка Миргородського району. Знімок високої роздільної здатності з Google Earth за 2023 р. (зроблено автором)

Ідентифікація балок та, особливо, ярів потребує знімків з високою роздільною здатністю, а також перегляду в різних комбінаціях каналів для виявлення водних об'єктів, які на знімках, що переглядаються у природних кольорах, можуть зливатися з рослинністю. Так, перегляд знімку в індексі NDWI (нормалізований індекс води) допомагає не сплутати ерозійні форми рельєфу з долинами річок, озерами-старицями та ставками (додатки). Так, на супутниковому знімку (рис. 3.19), представленому у природних кольорах, можна побачити яружно-балкову мережу між селами Великий Перевіз та Пелагеївка Миргородського району. Для порівняння наводиться той же знімок, відкритий у карті індексу NDWI (нормалізований диференційний індекс води (рис. 3.20). Цей індекс є найбільш прийнятним індексом для картографування водних об'єктів, які на знімку мають синій колір (водні об'єкти мають значення

NDWI більше 0,5). Індекс допомагає розпізнавати розповсюдження западин мікрорельєфу, які характеризуються підвищеною зволоженістю і, як правило, відповідають ділянкам живлення підземних вод [29]. Використання індексу NDWI під час аналізу яружно-балкової мережі дозволяє розмежувати ерозійні форми та водні об'єкти. Відзначимо, що інтерпретацію супутникових зображень слід обов'язково підтверджувати наземними даними, отриманими під час польових досліджень.



Рис. 3.19. Яружно-балкова мережа селами Великий Перевіз та Пелагеївка. Супутниковий знімок Sentinel-2_L2A_True_color від 25 вересня 2024 р.

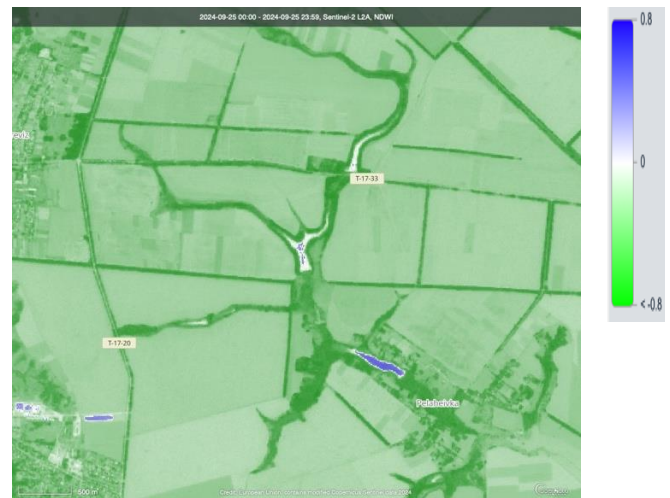


Рис. 3.20. Яружно-балкова мережа селами Великий Перевіз та Пелагеївка. Супутниковий знімок Sentinel-2_L2A_NDVI від 25 вересня 2024 р.

На якість ґрунтово-земельних ресурсів негативно впливають лісові та торф'яні пожежі. Частота цих явищ зростає в міру зміни клімату. Особливо сприятливі умови для пожеж виникають, коли мають місце посушливе літо і вітряна погода.

Територія Миргородського району має значні ареали торф'яних полів, у межах яких час від часу бувають пожежі. Так, за даними Головного управління ДСНС України в Полтавській області тільки у вересні 2024 року в Миргородському районі було зафіксовано три масштабні торфові пожежі:

с. Гиряві Ісківці (Лохвицька міська громада), с. Бодаква (Заводська міська громада), с. Мальці (Миргородська міська громада) [53].

Тушіння торф'яних пожеж є складним процесом, адже горіння торфу може відбуватися на декілька метрів під землею, його не буде видно, через деякий час пожежа знову може вийти на поверхню. Торф'яні пожежі мають значний і тривалий негативний вплив на якість ґрунтово-земельних ресурсів. Під час пожежі вигорає органічна речовина, яка є основним джерелом поживних речовин для рослин. Продукти горіння торфу підкислюють ґрунт, що негативно позначається на мікроорганізмах, робота яких має сприяти підвищенню родючості. Високі температури під час пожежі руйнують структуру ґрунту, що погіршує його аерацію і водопроникність. Крім цього, варто згадати і про важкі метали, що забруднюють ґрунт та підземні води. І це далеко не повний перелік наслідків загоряння торфу (серед інших – забруднення атмосферного повітря, негативний вплив продуктів горіння на людей і тварин, зміна гідрологічного режиму, екосистеми, ерозія ґрунту, підвищення ризиків повеней тощо). Відновлення торфовищ після пожеж – дуже тривалий процес, який може зайняти десятки років. Навіть після гасіння пожежі ґрунт залишається вразливим до подальшої деградації.

Пожежі на супутникових знімках найкраще аналізувати та картографувати, використовуючи композит короткохвильового інфрачервоного діапазону (SWIR). Мінерали та органічні речовини, які нагріваються під час пожежі, мають характерні спектральні характеристики в цьому діапазоні, що дозволяє чітко виділити згорілі ділянки на знімках, а іноді – й побачити відкритий вогонь. Іншим варіантом для аналізу наслідків пожеж є використання композиту штучних кольорів (False color). Цей метод дозволяє підсилити контраст між різними типами поверхні, що полегшує візуальну інтерпретацію зображень. Нещодавно згорілі землі відображаються на знімках у відтінках коричневого кольору, а на ділянках, де триває горіння, червоними відтінками.

На рисунках нижче – знімки згарища від пожежі торфовища, що сталася поблизу с. Петрівці Миргородського району і тривала протягом 28.08.2024 р. –

31.08.2024 р. Супутникові зображення одного і того ж згорілого торфовища представлено в різних комбінаціях спектральних каналів – True color, SWIR, False color та користувацькому налаштуванні Custom_script_12-11-8A (рис. 3.21 – 3.24). Унаслідок цієї пожежі було знищено поверхневі поклади торфу на площі 1 га [53].



Рис. 3.21. Знімок пожежі торфовища поблизу с. Петрівці Миргородського району від 15 вересня 2024 року. Супутник Sentinel-2_L2A_True color (зроблено автором)



Рис. 3.22. Знімок пожежі торфовища поблизу с. Петрівці Миргородського району від 15 вересня 2024 року. Супутник Sentinel-2_L2A_SWIR (зроблено автором)



Рис. 3.23. Знімок пожежі торфовища поблизу с. Петрівці Миргородського району від 15 вересня 2024 року. Супутник Sentinel-2_L2A_False_colour (зроблено автором)

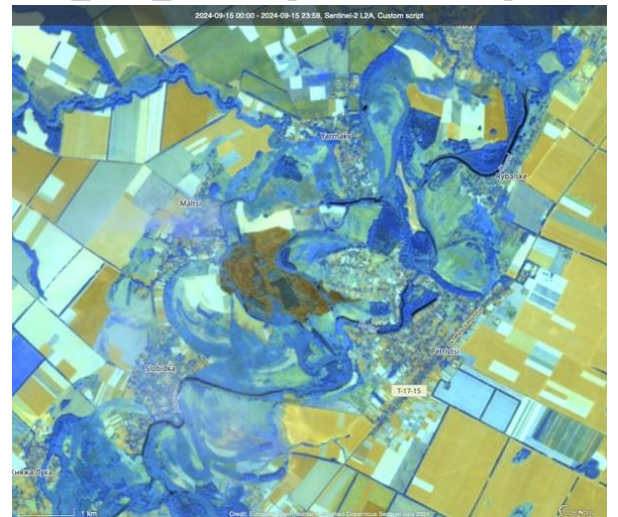


Рис. 3.24. Знімок пожежі торфовища поблизу с. Петрівці Миргородського району від 15 вересня 2024 року. Супутник Sentinel-2_L2A_Custom_script_12-11-8A (зроблено автором)

Технологія дистанційного зондування Землі допомагає з'ясувати, звідки почалась пожежа (це особливо важливо для встановлення причини займання), у якому напрямку вона просувається, яка площа охоплена пожежею, яким найближчим населеним пунктам може загрожувати займання, на якій території в підсумку слід проводити відновлювальні роботи (посадку рослин, внесення добрив тощо).

Два наступних рисунки демонструють початок торф'яної пожежі біля с. Бодаква (рис. 3.25) та згарище, яке утворилось у результаті цієї пожежі через 16 днів (рис. 3.26).



Рис. 3.25. Супутниковий знімок Sentinel-2_L1C_SWIR за 9 вересня 2024 р. території, де почалось займання торф'яника поблизу с. Бодаква Миргородського району. Джерело даних: Copernicus Open Access Hub (зроблено автором)



Рис. 3.26. Супутниковий знімок Sentinel-2_L1C_SWIR за 25 вересня 2024 р. території згарища від пожежі торф'яника поблизу с. Бодаква, Миргородського району. Джерело даних: Copernicus Open Access Hub (зроблено автором)

У 2024 р. порівняно з минулим роком на Полтавщині частішали лісові пожежі. Особливо вразливі для пожеж штучні хвойні насадження на пісках, адже соснові дерева краще горять ніж листяні. На відміну від пожеж у змішаних лісах, де здебільшого горить підстилка з трави та кущів, у соснових лісах пожежа набуває характер верхової. Дистанційне зондування Землі

допомагає виявляти осередки горіння, оцінювати масштаби пожеж (достатньо поміряти площу загоряння, щоб розрахувати збитки), здійснювати моніторинг динаміки пожеж та оцінювати наслідки загорань для рослинності та всієї екосистеми.

Проведене дослідження ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області за допомогою методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) показало високу ефективність використання супутникових даних для моніторингу наступних проблем: динаміка землекористування, стан рослинності, виявлення її стресів упродовж періоду вегетації, оцінка зволоженості ґрунтів, оцінка стану ґрунтово-земельних ресурсів, ерозійна деградація, розвиток торф'яних пожеж та їх наслідки. Разом з тим, встановлено, що ДЗЗ має певні обмеження, пов'язані з хмарністю, атмосферними явищами та роздільною здатністю знімків. Тому для отримання більш детальної інформації про стан ґрунтово-земельних ресурсів необхідно поєднувати дані дистанційного зондування з результатами наземних досліджень.

3.2. Практичні рекомендації з використання ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району за результатами їх моніторингу

На основі фізико-географічної характеристики Миргородського району та вивчення ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району методами дистанційного зондування Землі можна розробити низку рекомендацій для управлінських структур та сільськогосподарських підприємств.

Використання земель. Використання методів дистанційного зондування Землі є ефективними для визначення того, які культури вирощуються на різних ділянках, тому моніторинг земель варто використовувати для обстеження великих територій. Супутникові знімки допоможуть виявити несанкціоноване використання земель у

Миргородському районі, порушення сівозмінних схем, ефективність сівозміни.

Оптимізація сівозміни є одним із найважливіших заходів для підтримки родючості ґрунтів і запобігання їх виснаженню. Тривале вирощування монокультур, як це часто буває з соняшником чи кукурудзою, призводить до швидкого виснаження ґрунтів, адже різні культури використовують різні поживні речовини з ґрунту. Упровадження правильної сівозміни, що включає чергування культур, які споживають різні елементи живлення, дозволяє підтримувати баланс поживних речовин у ґрунті та зберігати його продуктивність на довгий час. Наприклад, чергування зернових культур з бобовими, які збагачують ґрунт азотом, може значно покращити його якість і родючість. Також слід враховувати місцеві кліматичні умови та тип ґрунту, щоб обирати найбільш підходящі культури для вирощування в конкретних регіонах Миргородського району.

Дані ДЗЗ слід використовувати для створення та оновлення кадастрових карт, що актуально для Миргородського району.

Боротьба з ерозійною деградацією земель. За допомогою супутникових знімків та їх аналізу здійснювати моніторинг ерозійних процесів, зокрема, визначати ділянки, які найбільш схильні до ерозії та потребують додаткових заходів захисту; оцінювати темпи розвитку ерозії та ефективність уже використаних засобів у боротьбі з нею. На основі даних ДЗЗ варто розробити карти ризику ерозії, на основі яких можна планувати землеробські роботи та вживати протиерозійні заходи.

За даними моніторингу, ерозійні процеси особливо виражені на схилах та в районах з інтенсивним сільськогосподарським використанням. Для запобігання ерозії доцільно впроваджувати комплекс заходів, зокрема посадку лісосмуг, які допомагають утримувати ґрунт на місці, мінімізацію обробки ґрунту на схилах, а також застосування технологій контурного землеробства. Контурне землеробство передбачає оранку та посіви вздовж горизонтальних ліній рельєфу, що зменшує швидкість стоку води і,

відповідно, знижує ризик ерозії. Ця методика вже довела свою ефективність у багатьох регіонах із подібними природними умовами та може бути застосована на багатьох ділянках Миргородського району.

Відновлення та збереження деградованих земель є важливим завданням у Миргородському районі для забезпечення сталого розвитку сільського господарства, охорони екологічної рівноваги та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Деградація ґрунтів, яка включає процеси ерозії, виснаження, забруднення хімічними речовинами, опустелювання та інші негативні фактори, серйозно впливає на продуктивність земель і здатність ґрунтів підтримувати сільськогосподарське виробництво. Для ефективного відновлення таких земель необхідно впроваджувати стратегії, що базуються на комплексному підході, з урахуванням місцевих умов та характеристик ґрунтового покриву [29].

Одним із основних заходів для збереження та відновлення деградованих земель є лісонасадження. Ліси відіграють критично важливу роль у захисті ґрунтів від ерозійних процесів, оскільки їхня коренева система допомагає стабілізувати ґрунт, запобігаючи його змиву та вивітрюванню. У Миргородському районі, де ерозія ґрунтів є однією з ключових проблем, важливо розширювати площі лісових масивів, особливо на схилах та інших вразливих до ерозії територіях. Ліси також сприяють покращенню водного балансу території, утримуючи вологу в ґрунті та запобігаючи її випаровуванню. Окрім того, лісові насадження сприяють відновленню біорізноманіття, створюючи природні середовища для багатьох видів тварин і рослин [26].

Практичним заходом для відновлення деградованих земель є *створення захисних лісосмуг* вздовж полів, доріг і річок для зменшення впливу вітру, зниження ризику водної та вітрової ерозії та захисту ґрунтів від деградації. Лісосмуги можуть зменшувати негативний вплив антропогенних факторів, таких як викиди від промисловості та транспортних засобів, що можуть сприяти забрудненню ґрунтів.

Ще одним важливим заходом для відновлення деградованих земель є *рекультивация* – комплекс заходів, спрямованих на відновлення родючості та структури ґрунту, а також його придатності для подальшого використання. Рекультивация включає різноманітні технічні, агротехнічні та біологічні методи. Один із основних способів рекультивации деградованих земель — це покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту шляхом внесення органічних і мінеральних добрив. Органічні добрива, такі як гній, компост та зелена маса рослин, сприяють покращенню структури ґрунту, збільшенню його водоутримувальної здатності та збагаченню поживними речовинами. Крім того, внесення вапна або гіпсу може допомогти відновити баланс кислотності ґрунтів, які були піддані підкисленню через тривале застосування мінеральних добрив або промислових забруднювачів.

Також важливим елементом рекультивации є відновлення рослинного покриву, який допомагає закріплювати ґрунт і зменшувати ерозійні процеси. Це може бути досягнуто за рахунок посіву багаторічних трав, які здатні швидко закріпити ґрунт і утворити стійкий рослинний покрив. Багаторічні трави не лише захищають ґрунт від ерозії, але й покращують його структуру, сприяють накопиченню органічної речовини та поліпшенню мікроклімату території. У Миргородському районі доцільно впроваджувати такі методи на найбільш вразливих ділянках, де ерозія призвела до значних втрат родючого шару.

Крім агротехнічних заходів, сільськогосподарським підприємствам варто звернути увагу на впровадження практик збереження біорізноманіття. Підтримка природної екосистеми на полях, зокрема через збереження природних лісосмуг, луків та пасовищ, водно-болотних угідь сприяє зменшенню впливу шкідників, поліпшенню стану ґрунтів і збереженню природного балансу в екосистемі. Залучення методів агроєкології, таких як створення буферних зон і збереження природних середовищ для диких тварин і комах, допомагає підтримувати стійкість сільськогосподарських систем і зменшити потребу у хімічних засобах захисту рослин [25].

Заходи ефективного управління ґрунтовими ресурсами. Для оцінки якості ґрунтів, виявлення їх типів, ступеня зволоженості слід використовувати супутникове зондування Землі в комплексі з наземними заходами.

Одним із ключових підходів до ефективного управління ґрунтовими ресурсами є впровадження сучасних агротехнічних технологій, таких як точне землеробство, органічне землеробство, боротьба з ерозією ґрунтів та забезпечення ефективного використання добрив і пестицидів. Такі заходи не лише підвищують врожайність, але й сприятимуть збереженню родючості ґрунтів на довгострокову перспективу [20].

Однією з найбільш ефективних технологій для сучасного сільського господарства є точне землеробство. Цей підхід передбачає обов'язкове використання даних дистанційного зондування Землі, GPS-навігації, геоінформаційних систем (ГІС) та інших цифрових технологій для точного контролю за посівами, підживлення, зрошенням та іншими сільськогосподарськими операціями. Точне землеробство дозволяє підприємствам мінімізувати витрати на ресурси, такі як вода, добрива та пестициди, за рахунок їх оптимального використання лише там, де це необхідно. Наприклад, дані супутникового моніторингу можуть вказати на ділянки з різним рівнем вологості або родючості ґрунту, що дозволяє точно дозувати кількість добрив та води для кожної конкретної ділянки. Це є актуальним для Миргородського району, де через змінні кліматичні умови важливо забезпечити ефективне використання наявних водних ресурсів.

Окрім цього, важливою рекомендацією є впровадження методів обмеженого обробітку ґрунту, таких як нульовий або мінімальний обробіток (No-Till, Minimum-Till). Такі методи дозволяють зберегти природну структуру ґрунту, зменшити його руйнування під час механічної обробки, а також покращити водоутримувальні властивості. Зменшення інтенсивності обробітку ґрунту сприяє збереженню його органічних речовин, покращує його структуру та зменшує ризик ерозії, що є особливо важливим для

схильних до деградації земель Миргородського району. Збереження органічного шару ґрунту, що накопичується в процесі природного розкладання рослинних решток, сприяє збільшенню родючості та підтримці екологічного балансу [21].

Ще одним важливим аспектом, який слід враховувати сільськогосподарським підприємствам, є збалансоване використання добрив та пестицидів. Надмірне використання хімічних речовин, таких як мінеральні добрива, пестициди та гербіциди, призводить до деградації структури ґрунтів, забруднення ґрунтів, з подальшим потраплянням з рослинними продуктами цих канцерогенних отрут до організмів людей, що знижує продуктивність земель та сприяє розвитку та збільшенню кількості онкологічних захворювань у народі. Використання хімічних засобів повинно бути максимально точним і дозованим, з урахуванням реальних потреб рослин і характеристик ґрунту, які можуть бути оцінені за допомогою технологій ДЗЗ та аналізу ґрунтових проб. Для мінімізації негативного впливу на ґрунт доцільно використовувати органічні добрива, які не лише забезпечують рослини поживними речовинами, але й сприяють покращенню структури ґрунту. Крім того, слід звертати увагу на впровадження біологічних методів захисту рослин, що можуть замінити пестициди та забезпечити захист від шкідників без шкоди для екології.

Сільськогосподарські підприємства також можуть скористатися даними дистанційного зондування Землі для раціонального використання водних ресурсів. У Миргородському районі, де в літні місяці часто спостерігається нестача вологи, особливо важливо забезпечити ефективне зрошення полів. Використання датчиків вологості та супутникових знімків, що дають змогу оцінювати рівень вологості ґрунту на різних ділянках, дозволяє зменшити витрати води, спрямовуючи її туди, де це найбільш необхідно. Це також сприяє зменшенню ерозії ґрунтів, адже надмірне зрошення часто призводить до вимивання родючого шару та деградації земель. ДЗЗ дозволяє оцінювати ефективність використання зрошувальних

систем та виявляти витoki води. Система точного зрошення, заснована на даних про вологоутримувальну здатність ґрунтів, допоможе підвищити ефективність водокористування та зменшити витрати води, що є особливо актуальним з огляду на кліматичні зміни.

Упровадження комплексного підходу до управління ґрунтовими ресурсами, що включає точне землеробство, оптимізацію сівоzmіни, боротьбу з ерозією, раціональне використання добрив та пестицидів, а також ефективне водокористування, дозволить сільськогосподарським підприємствам Миргородського району не лише підвищити врожайність, але й зберегти родючість ґрунтів на тривалий термін. З огляду на результати моніторингу та оцінки стану ґрунтів, впровадження цих рекомендацій є необхідним кроком для забезпечення сталого розвитку сільського господарства в регіоні та збереження природних ресурсів для майбутніх поколінь. Рекомендації зведено у таблиці 2.

Таблиця 2

*Рекомендації щодо збереження та ефективного використання ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району
на основі результатів дослідження*

Рекомендація	Опис заходу	Мета	Очікувані результати	Показники ефективності	Примітки
Впровадження точного землеробства	Використання сучасних технологій (GPS, дронів, ДЗЗ) для управління сільськогосподарськими процесами	Оптимізація внесення добрив і води	Зниження витрат на ресурси, підвищення врожайності	Зменшення витрат на добрива, зростання врожайності	Необхідно навчання для персоналу
Оптимізація сівоzmіни	Розробка сівоzmіни, що передбачає чергування культур	Збереження родючості ґрунтів	Підвищення вмісту поживних речовин у ґрунті	Підвищення вмісту органіки, зменшення виснаження	Рекомендується використовувати бобові

Рекомендація	Опис заходу	Мета	Очікувані результати	Показники ефективності	Примітки
Зменшення використання хімічних добрив	Перехід на органічні добрива та біологічні засоби захисту рослин	Покращення екологічного стану ґрунтів	Зниження забруднення ґрунтів, підвищення їх родючості	Зменшення токсичних речовин у ґрунті	Необхідно тестувати нові методи
Запровадження агрономічних практик для збереження вологи	Використання мульчування, покриття ґрунту рослинністю	Поліпшення водоутримувальних властивостей	Зниження витрат води, підвищення вологості ґрунту	Підвищення вмісту вологи в ґрунті	Важливо враховувати місцеві умови
Посадка захисних лісосмуг	Створення лісосмуг навколо сільськогосподарських угідь	Запобігання ерозії ґрунтів	Зниження ерозійних процесів, покращення мікроклімату	Зменшення площі ерозії	Потребує співпраці з лісгоспами
Рекультивация деградованих земель	Внесення органічних добрив, відновлення рослинного покриву	Відновлення родючості ґрунтів	Повернення деградованих земель до продуктивного стану	Підвищення родючості, зменшення площі деградації	Необхідний моніторинг відновлення
Моніторинг стану ґрунтів	Регулярне використання супутникових знімків для контролю	Оперативне виявлення проблем	Швидке реагування на зміни стану ґрунтів	Час реагування на проблеми	Важливо забезпечити доступ до даних
Адаптація до змін клімату	Використання стійких до посухи сортів рослин	Підвищення стійкості сільського господарства	Зменшення втрат врожайності в умовах посухи	Зростання стійкості до змін клімату	Потрібно тестувати нові сорти
Залучення громади до збереження ресурсів	Проведення інформаційних кампаній, навчання фермерів	Підвищення обізнаності та відповідальності	Залучення населення до програм збереження ґрунтів	Кількість учасників у програмах	Важливо створити інфраструктуру для навчання
Забезпечення наукових досліджень	Співпраця з науковими установами для вивчення ґрунтів	Поглиблення знань про ґрунтові ресурси	Розробка нових рекомендацій і методів збереження ґрунтів	Кількість проведених досліджень	Необхідно забезпечити фінансування

Для збереження ґрунтових ресурсів важливо також *мінімізувати вплив антропогенних факторів*, таких як надмірне використання хімічних засобів та неправильне ведення сільськогосподарських робіт. Одним із таких заходів є зменшення використання пестицидів та хімічних добрив на користь органічних засобів, що допомагають зберігати природний баланс у ґрунті. Використання органічних добрив і біологічних методів захисту рослин, таких як внесення компосту, зеленої маси або сидератів (рослин, які після вирощування закладаються в ґрунт для його збагачення), сприятиме покращенню фізичних та хімічних властивостей ґрунтів [24].

Одним із підходів до відновлення деградованих земель може бути *впровадження системи зрошення*, яка допоможе підтримувати необхідний рівень вологості ґрунтів. В умовах зменшення кількості опадів через зміни клімату, ефективне зрошення стає необхідним інструментом для запобігання висиханню ґрунтів та їх деградації. Важливою умовою є впровадження сучасних систем точного зрошення, які дозволяють мінімізувати втрати води та забезпечити ефективне використання водних ресурсів на сільськогосподарських угіддях.

Значну увагу слід приділити відновленню деградованих земель, які постраждали від антропогенних факторів, таких як промислове забруднення, пожежі або надмірне використання земель під сільськогосподарські потреби. Для цього можуть бути використані технології фітореMediaції, що передбачає очищення ґрунтів від забруднювачів за допомогою спеціально відібраних рослин, які здатні поглинати токсичні речовини з ґрунту. Такі рослини допомагають зменшити рівень забруднення ґрунту, покращити його структуру та відновити природні процеси регенерації. Крім того, можна використовувати методи біореMediaції – застосування мікроорганізмів, які розкладають забруднювальні речовини в ґрунті та сприяють його очищенню.

З метою запобігання подальшій деградації земель доцільно впроваджувати систему сталого землекористування, яка передбачає баланс між економічною вигодою та збереженням екологічної рівноваги. Це може

бути досягнуто шляхом оптимізації сівозміни, зменшення інтенсивності обробітку ґрунту, впровадження методів точного землеробства та використання екологічно безпечних методів ведення сільського господарства. Стале землекористування дозволяє зберігати природні ресурси, зокрема ґрунтовий покрив, на тривалий термін, запобігаючи деградації та забезпечуючи сталий розвиток сільськогосподарських систем.

Навантаження на ґрунтово-земельні ресурси Миргородського району з боку сільського господарства може бути зменшено завдяки заходам з *підвищення врожайності сільськогосподарських культур та продуктивності пасовищ та луків*. У цьому питанні методи дистанційного зондування Землі можуть надати ефективну підтримку фермерам. Вважаємо за необхідне практикувати за допомогою супутникових знімків відстежувати зміни зеленої маси рослин (дозволяє виявляти ділянки з недостатнім або надмірним зволоженням, виявити проблеми із здоров'ям рослин за допомогою спектральних характеристик), визначати оптимальні терміни проведення агротехнічних заходів тощо. Застосування ДЗЗ дозволить скоротити витрати на польові дослідження.

Профілактика пожежної небезпеки на торфовищах потребує наступних заходів: аналіз причин загоряння торфовищ; визначення за допомогою методів ДЗЗ періодів найбільшої небезпеки виникнення торф'яних пожеж за результатами супутникового моніторингу метеоситуації та вивчення ступеня зволоженості ґрунтів; аналіз наслідків пожеж (площа згарища, постраждала рослинність, погіршення якості ґрунтів, наслідки для тваринного світу тощо); багаторічний моніторинг відновлення постраждалих від пожежі ділянок. Важливим для попередження поширення пожеж напрямом профілактики є робота з місцевими мешканцями, фермерами, орендарями земельних ділянок. Основними заходами тут мають бути інформування про початок пожежонебезпечного періоду, проведення роз'яснювальної роботи щодо недопущення підпалу рослинних залишків та засмічених територій, інформування щодо наслідків горіння торфовищ та

шкоди для здоров'я людей та екосистеми, попередження про наслідки скоєння пожеж.

Окремий напрям запобігання пожежам – це створення необхідної матеріальної бази для гасіння пожеж та регулярні навчання осіб, які можуть бути залучені до професійного гасіння осередків займання; підтримання в належному стані системи водопостачання, створення протипожежних водойм у місцях найбільшого ризику виникнення пожеж. Пропоновані заходи не тільки дозволять зменшити частоту пожеж, але й зберегти водно-болотні угіддя як унікальні екосистеми та рекреаційні ресурси.

Однією з рекомендацій є проведення детального обстеження території Миргородського району з використанням супутникових знімків високої роздільної здатності, а також розробити інформаційну систему для збору, обробки та аналізу отриманих даних на рівні району. Важливо залучити для цієї роботи фахівців з різних галузей (агрономів, географів, екологів) для розробки ефективних стратегій застосування ДЗЗ з метою оптимізації системи управління ґрунтово-земельними ресурсами.

Таким чином, стратегії раціонального використання ґрунтово-земельних ресурсів у Миргородському районі мають базуватися на комплексному підході, що включає моніторинг ситуації засобами дистанційного зондування Землі, та одночасно – наземні заходи збереження і раціонального використання ґрунтів та земель. Важливо також враховувати специфіку району, щоб адаптувати заходи з відновлення земель до конкретних потреб.

Висновки до розділу 3

1. Проведене дослідження ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області за допомогою методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) показало високу ефективність використання супутникових даних для моніторингу наступних проблем:

динаміка землекористування, стан рослинності, виявлення її стресів упродовж періоду вегетації, оцінка зволоженості ґрунтів, оцінка стану ґрунтово-земельних ресурсів, ерозійна деградація, розвиток торф'яних пожеж та їх наслідки. Разом з тим, встановлено, що ДЗЗ має певні обмеження, пов'язані з хмарністю, атмосферними явищами та роздільною здатністю знімків. Тому для отримання більш детальної інформації про стан ґрунтово-земельних ресурсів необхідно поєднувати дані дистанційного зондування з результатами наземних (польових та лабораторних) досліджень.

2. Стратегії раціонального використання ґрунтово-земельних ресурсів у Миргородському районі мають базуватися на комплексному підході, що включає моніторинг ситуації і засобами дистанційного зондування Землі і наземними заходами збереження і раціонального використання ґрунтів та земель. Важливо також враховувати специфіку району, щоб адаптувати заходи з відновлення земель до конкретних потреб. Важливим завданням місцевих адміністрацій має бути залучення представників різних галузей (агрономів, географів, екологів, геологів, кваліфікованих фахівців, що володіють методами дешифрування та аналізу супутникових знімків, геоінформаційними технологіями) для розробки системи моніторингу, а відтоді – й ефективних стратегій управління ґрунтово-земельними ресурсами.

ВИСНОВКИ

1. ДЗЗ – це комплекс методів, що дозволяють одержувати інформацію про різні об’єкти й динамічні процеси й явища на поверхні Землі, в її надрах і атмосфері шляхом реєстрації відбитого різними об’єктами чи власного електромагнітного випромінювання на віддалі, без безпосереднього контакту. Потім це електромагнітне випромінювання використовується для аналізу та інтерпретації різних особливостей і змін у навколишньому середовищі. Технології ДЗЗ стали важливим джерелом даних для досліджень у галузі наук про Землю, надаючи детальну інформацію про поверхню Землі, її надра та атмосферу. ДЗЗ надає можливість проводити глобальні дослідження, відстежувати зміни в часі та вивчати явища, недоступні для традиційних методів. Перевагами дистанційного зондування на відміну від інших методів стали: широке покриття, оперативність, послідовний моніторинг, екстериторіальність, можливість швидкого реагування на природні катастрофи та інші надзвичайні ситуації, невторчання в екосистеми, інтеграція з геоінформаційними системами тощо. Разом з тим, технологія ДЗЗ має і певні недоліки, на які слід зважати – висока вартість, залежність від технічних характеристик датчиків, вплив сезонних змін і атмосферних явищ та деякі інші.

2. У магістерському дослідженні основний акцент зроблено на використанні ДЗЗ для цілей моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Цим терміном позначають територію, вкриту ґрунтовим покривом або потенційно родючими породами, яка використовується, або може бути використана для виробництва сільськогосподарської продукції. *Моніторинг* у широкому розумінні – це система постійного спостереження за явищами та процесами, що відбуваються у довкіллі, результати якого спрямовано на обґрунтування управлінських рішень для безпеки людей та об’єктів економіки. Завдяки здатності фіксувати зміни на земній поверхні з високою точністю та частотою, ДЗЗ стало незамінним інструментом для оцінки стану ґрунтів,

моніторингу змін землекористування та прогнозування врожайності. Сучасні супутникові системи, такі як Sentinel-2 і Landsat, забезпечують детальні зображення земної поверхні, дозволяючи дослідникам ідентифікувати та оцінювати ґрунтово-земельні ресурси на великих за розміром площах, вивчати моделі використання земель, виявляти процеси деградації ґрунтів, поширення засух, оцінювати вплив кліматичних змін на сільськогосподарські угіддя. ДЗЗ таким чином допомагає розробляти ефективні стратегії управління та використання ґрунтово-земельних ресурсів для підвищення продуктивності сільського господарства. В Україні накопичено значний досвід у питаннях моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів. Однак, повне використання потенціалу ДЗЗ вимагає вирішення низки завдань, таких як підвищення доступності даних, розробка нових методів обробки та аналізу зображень, а також підготовка висококваліфікованих фахівців.

3. Під час вибору методів, інструментів та технологій для виконання магістерської роботи враховувались мета, завдання та технічні можливості виконання дослідження. Для досягнення мети було використано теоретичні (аналіз, синтез, порівняння, узагальнення, моделювання, абстрагування) та емпіричні методи дослідження – спеціальні методи в галузі наук про Землю (картографічний, математико-картографічне моделювання, методи дистанційного зондування Землі, геоінформаційний). Використання комплексу різноманітних методів забезпечує, на думку автора, об'єктивність та достовірність результатів дослідження.

4. Миргородський район Полтавської області має сприятливе поєднання природних умов та природних ресурсів (рівнинний рельєф, помірно-континентальний клімат, родючі чорноземні та алювіальні ґрунти, достатнє, хоч і нестабільне, зволоження) для розвитку агросектору та рекреації. Використання природно-ресурсного потенціалу Миргородського району має бути збалансованим та забезпечувати збереження у належному природному стані ґрунтових ресурсів, водних, болотних та лісових типів оселищ. Разом з тим, для Миргородського району характерні проблеми –

нераціональне землекористування (надмірна розораність, у т. ч. за рахунок територій схилів та заплав річок), підвищений тиск на ґрунти з боку сільського господарства, що загрожує їх якості, негативні наслідки від видобутку ресурсів нафти і газу для екології, кліматичні зміни у бік посилення посушливості клімату, часті випадки загорянь лісу та торф'яних полів. Деякі із зазначених проблем можуть бути вивчені за допомогою методів дистанційного зондування Землі.

5. Проведене дослідження ґрунтово-земельних ресурсів Миргородського району Полтавської області за допомогою методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) показало високу ефективність використання супутникових даних для моніторингу наступних проблем: динаміка землекористування, стан рослинності, виявлення її стресів упродовж періоду вегетації, оцінка зволоженості ґрунтів, оцінка стану ґрунтово-земельних ресурсів, ерозійна деградація, розвиток торф'яних пожеж та їх наслідки. Разом з тим, встановлено, що ДЗЗ має певні обмеження, пов'язані з хмарністю, атмосферними явищами та роздільною здатністю знімків. Тому для отримання більш детальної інформації про стан ґрунтово-земельних ресурсів необхідно поєднувати дані дистанційного зондування з результатами наземних (польових та лабораторних) досліджень.

6. Стратегії раціонального використання ґрунтово-земельних ресурсів у Миргородському районі мають базуватися на комплексному підході, що включає моніторинг ситуації і засобами дистанційного зондування Землі і наземними заходами збереження і раціонального використання ґрунтів та земель. Важливо також враховувати специфіку району, щоб адаптувати заходи з відновлення земель до конкретних потреб. Важливим завданням місцевих адміністрацій має бути залучення представників різних галузей (агрономів, географів, екологів, геологів, кваліфікованих фахівців, що володіють методами дешифрування та аналізу супутникових знімків, геоінформаційними технологіями) для розробки системи моніторингу, а

відтоді – й ефективних стратегій управління ґрунтово-земельними ресурсами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрейчук Ю. М., Ямелинець Т. С. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронній справі: навчальний посібник. Львів: Простір-М, 2019. 284 с.
2. Бабійчук С. М., Юрків Л. Я., Томченко О. В., Кучма Т. Л. Основи дистанційного зондування Землі: робочий зошит. Ч. 1. Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 80 с.
3. Байрак Г. Р., Муха Б. П. Дистанційні дослідження Землі: навчальний посібник. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2019. 712 с.
4. Бандурович Ю. Ю. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2013 році; за ред. Ю. Ю. Бандуровича. Ужгород: «Карпати», 2014. 91 с.
5. Бардиш Б., Бурштинська Х. Використання вегетаційних індексів для ідентифікації об'єктів земної поверхні. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. Вип. 2. С. 82–88.
6. Бурштинська Х. В., Долинська І. В. Вплив атмосфери на космічне зображення та принципи її врахування. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. Вип. 78. С. 89–95.
7. Гебрин Л. В., Сахацький О. І. Застосування даних дистанційних аерокосмічних методів для узагальненої оцінки стану ґрунтів регіону. *Геоінформатика*. 2015. Вип. № 3(55). С. 68–76.
8. Географічна енциклопедія України: в 3-х томах / редколегія: О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. Київ: «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, 1993. 480 с.
9. Географічна енциклопедія України: в 3-х томах / редколегія: О. М. Маринич (відпов. ред.) та ін. Київ : «Українська Радянська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана. 1993. Т. 3 : П–Я. 480 с.

10. Сопов Д. С., Сопова Н. В., Панасюк О. П., Максименко В. В. Огляд існуючих технологій створення цифрового картографічного матеріалу. *Дні науки – 2025* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції / ДЗ «Луганський національний університет імені Тараса Шевченка»; укладачі : Н. Ю. Мацай, І. В. Кирпичова, К. С. Березенко. Полтава : ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2025. С. 60–62. URL: <https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1LYqFRcBUiwGAU50ATrRnKnWNHFqO7O2S> (дата звернення: 19.06.2025).

11. Голобак Ж. М. Використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу агроресурсів України. *Космічна наука і технологія*. 2010. Т. 16. № 6. С. 16–23.

12. Данкевич В. Є., Данкевич Є. М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. *Економіка АПК*. 2019. № 8. С. 27–36. DOI: <https://doi.org/10.32317/2221-1055.201908027> (дата звернення: 10.06.2025).

13. Миргородська територіальна громада. *Децентралізація* : веб-сайт. URL: <https://decentralization.ua/newgromada/4431> (дата звернення: 15.06.2025).

14. Довгий С. О. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах: навчально-методичний посібник / С. О. Довгий та ін. Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 268 с.

15. Довгий С. О. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування: методичний посібник / С. О. Довгий та ін. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с.

16. Дядик Т. В., Погребняк Л. П. Земельні ресурси – основа виробничого потенціалу аграрних формувань Полтавщини. *Агросвіт*. 2018. № 3. С. 41–45. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/3_2018/9.pdf (дата звернення: 12.06.2025).

17. Гончарук В. В., Парахненко В. Г., Юровчик В. Г., Сопов Д. С., Сопова Н. В. Управління екологічною безпекою України: виклики

сьогодення на наслідки антропогенних змін ландшатів. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2025. № 1(58). С. 44–48. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.8> (дата звернення: 03.07.2025).

18. Зацерковний В. І., Каревіна Н. П. Аерокосмічні дослідження Землі: історія розвитку: монографія. Київ: ТОВ «Юстон ЛТД», 2017. 302 с.

19. Збалансоване використання земельних ресурсів: навчальний посібник / М. О. Клименко, Б. В. Борисюк, Т. М. Колесник. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 552 с.

20. Карта ґрунтів України. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy#close> (дата звернення: 01.07.2025).

21. Кирильчук А., Наконечний Ю. Методологія та організація досліджень в науках про Землю : навчальний посібник. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2021. 496 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/03/Kyrylchuk-Nakonechnyy-Metodolohiia-103-2021-book.pdf> (дата звернення: 18.07.2025).

22. Корисні копалини Полтавської області. *Інститут геології* : веб-сайт. URL: <https://insgeo.com.ua/korysni-kopalyny-poltavskoi-oblasti/> (дата звернення: 27.07.2025).

23. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи: підручник. Київ: Вища школа, 2019. 460 с.

24. Trokhymenko G., Litvak S., Litvak O., Andreeva A., Rabich O., Chumak L., Nalysko M., Troshyn M., Komarysta B., Sopov D. Assessment of iron and heavy metals accumulation in the soils of the combat zone. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. vol. 5. № 10 (125). 2023. P. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289289> (дата звернення: 21.07.2025).

25. Методика моніторингу земель, що перебувають у кризовому стані. Харків: Видавництво інституту ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського, 1998. 88 с.

26. Миргородський район. *Децентралізація* : веб-сайт. URL: <https://decentralization.ua/newrayons/1382/communities> (дата звернення: 24.06.2025).

27. На Полтавщині системи зрошування охоплюють понад 4 тисячі гектарів полів. *Полтавщина: Інтернет-видання* : веб-сайт. 28 липня 2017 року. URL: <https://poltava.to/project/2608/> (дата звернення: 05.07.2025).

28. Наказненко А. Г., Савченко О. Г. Зміни термічного режиму Полтавської області в умовах зміни клімату. *Конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів*. 2021. № 1. С. 59–64. URL: https://constructgeo.knu.ua/assets/num/num_1_1_2021.pdf (дата звернення: 14.07.2025).

29. Романчук І. Ф. Визначення впливу водного режиму ґрунтів на ступінь їх деградації з використанням космічних знімків та даних наземної польової завірки. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2018. № 17. С. 26–30. URL: DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2018.17.126> (дата звернення: 30.06.2025).

30. Некос А. Н., Щукін Г. Г., Некос В. Ю. Дистанційні методи досліджень в екології: навчальний посібник Харків: ХНУ ім. В. І. Каразіна, 2017. 372 с.

31. Оперативна інформація про основні надзвичайні ситуації техногенного, природного та іншого характеру на території Полтавської області за добу. 27.09.2024 р. *Головне управління ДСНС України в Полтавській області* : веб-сайт. URL: <https://pl.dsns.gov.ua/operational-information/dovidka-za-dobu/operativna-informaciia-pro-osnovni-nadzvicaini-situaciyi-texnogenного-prirodnogo-ta-insogo-xarakteru-na-teritoriyi-poltavskoyi-oblasti-za-dobu-215> (дата звернення: 11.06.2025).

32. Оперативна інформація про основні надзвичайні ситуації техногенного, природного та іншого характеру на території Полтавської області за добу. 30.08.2024. *Головне управління ДСНС України в Полтавській області* : веб-сайт. URL: <https://pl.dsns.gov.ua/operational-information/dovidka->

[za-dobu/operativna-informaciia-pro-osnovni-nadzvicaini-situaciyi-texnogennogo-prirodnogo-ta-insogo-xarakteru-na-teritoriyi-poltavskoyi-oblasti-za-dobu-188](https://zakon.rada.gov.ua/dokumenty/show/11062025)

(дата звернення: 11.06.2025).

33. Основи дистанційного зондування Землі: історія та практичне застосування : навчальний посібник / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 316 с.

34. Панас Р.М., Маланчук М. Сучасні проблеми здійснення моніторингу ґрунтового покриття України. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. Львів, 2013. Вип. 78. С. 201–206.

35. Паньків З. П. Ґрунтові ресурси: значення та функції. *Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки*. 2015. Т. 20. Вип. 2. С. 84–95.

36. Пітак І. В. та ін. Геоінформаційні технології в екології: навчальний посібник. Ч. 1. 2012. 273 с.

37. Полтавська область. Географічний атлас : Моя мала Батьківщина / Голова редкол. Л. М. Булава. Київ: ТОВ «Видавництво «МАПА», 2004. 20 с.

38. Природно-заповідний фонд Полтавщини. *Полтавський краєзнавчий музей імені Василя Кричевського* : веб-сайт. URL: <http://pkm.poltava.ua/ua/2087-prirodno-zapovidnij-fond-poltavshchini.html> (дата звернення: 13.06.2025).

39. Профіль субрегіону «Миргород». Додаток 2. Матеріали до Стратегії розвитку субрегіону «Миргород». Миргород, 2016. URL: https://myrgorod.pl.ua/files/images/Ekonomika/Strategiya/prof_subreg.pdf (дата звернення: 03.07.2025).

40. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області в 2022 р. Полтава: Полтавська обласна військова адміністрація. Департамент екології та природних ресурсів. 2023. 164 с.

41. Сахацький О. І. Досвід використання супутникових даних для оцінки стану ґрунтів з метою розв'язання природоресурсних задач. *Доповіді Національної академії наук України*. 2008. № 3. С. 109–115.

42. Сахацький О. І. Методологія використання матеріалів багатоспектральної космічної зйомки для вирішення гідрогеологічних задач: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук: спеціальність 05.07.12 «Дистанційні аерокосмічні дослідження». Київ, 2009. 40 с.

43. Тараріко О. Г., Сиротенко О. В., Ільєнко Т. В., Кучма Т. Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. Київ: Аграрна Наука, 2019. 204 с.
URL: <https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/Publications/Monography/agroecologichniy%20suputnikoviy%20monitirind.pdf> (дата звернення: 23.07.2025).

44. Lyashenko V., Kyselov Y., Sopov D., Lisovyi I. Increasing the efficiency and environmental safety of subsoil development by combined geotechnologies with leaching of metals from ore. *Danish Scientific Journal*. 2025. № 92. P. 21–38. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14770653> (дата звернення: 01.08.2025).

45. Топографічна карта України: інтерактивна карта. URL: <https://uk-ua.topographic-map.com/map-ls7gb3/Україна/> (дата звернення: 06.08.2025).

46. Сопов Д. С., Кирпичова І. В., Мацай Н. Ю., Чередниченко І. В., Сопова Н. В., Винограденко С. О. Садовий І. І. Використання онлайн-інструментів ГІС для аналізу природних рекреаційних ресурсів. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2024. № 1(52). Т. 1. С. 59–64. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.8> (дата звернення: 11.08.2025).

47. Трускавецький С. Р. Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового покриття Полісся України: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата сільськогосподарських наук: спеціальність 03.00.18 «Ґрунтознавство». Харків, 2016. 24 с.

48. Часковський О., Андрейчук Ю., Ямелинець Т. Застосування ГІС у природоохоронній справі на прикладі відкритої програми QGIS: навчальний посібник. Львів ЛНУ ім. Івана Франка, видавництво Простір-М, 2021. 228 с.

49. Чорний С. Г., Абрамов Д. А. Використання супутникових знімків Landsat 7 для моніторингу гумусного стану темно-каштанових ґрунтів. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2012. Вип. 3. С. 113–118.

50. Чорний С. Г., Абрамов Д. А. Моніторинг вмісту гумусу у чорноземі південному з використанням багато спектральних знімків супутника Landsat: просторові та тимчасові аспекти. *Ґрунтознавство*. 2016. Vol. 17. № 1–2. Р. 22–30.

51. Demattê J. A. M., Fongaro C. T., Rizzo R., Safanelli J. L. Geospatial Soil Sensing System (GEOS3): A powerful data mining procedure to retrieve soil spectral reflectance from satellite images. *Remote Sensing of Environment*. 2018. Vol. 212. pp. 161–175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.047> (дата звернення: 09.08.2025).

52. Deng X., Wang Y., & Song M. Development geography for exploring solutions to promote regional development. *Geography and Sustainability*. 2023. № 4(1). pp. 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2022.12.003> (дата звернення: 19.08.2025).

53. Franciele Morlin Carneiro, Armando Lopes de Brito Filho, Francielle Morelli Ferreira, Getulio de Freitas Seben Junior, Ziany Neiva Brandão, Rouverson Pereira da Silva, Luciano Shozo Shiratsuchi. Soil and satellite remote sensing variables importance using machine learning to predict cotton yield. *Smart Agricultural Technology*. 2023 Vol. 5. pp. 2772–3755. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100292> (дата звернення: 07.08.2025).

54. Gao B. C. NDWI – A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*. 1996. № 58. pp. 257–266.

55. Gebrin L. V., Zeleznyak O. O. Velikodsky Y. I., Bandurovich Y. Y. Comprehensive technique for constitution estimation based on satellite observation methods. *Proceedings of the National Aviation University*. 2015. № 3(64) pp. 91–97.
56. Janga B., Asamani G. P., Sun Z., & Cristea N. A review of practical AI for remote sensing in Earth sciences. *Remote Sensing*, 2023. № 15(16). DOI: <https://doi.org/10.3390/rs15164112> (дата звернення: 08.06.2025).
57. Catherine G. Manning. Remote Sensing. NASA : веб-сайт. URL: <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/remote-sensing/> (дата звернення: 22.06.2025).
58. Порівняння Landsat-9 та Sentinel-2. *PortalGIS.Pro* : веб-сайт. URL: <https://portalgis.pro/kosmoznimki/porivnyannya-landsat-9-ta-sentinel-2/> (дата звернення: 28.06.2025).
59. Sihag S., Meena R. S., Sheoran S., Jhariya M. K., Kumar M. Banerjee A., Raj A. Remote sensing for agriculture and resource management. *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*. 2021. pp. 91–135. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822976-7.00012-0> (дата звернення: 08.07.2025).
60. Sreekumar D. What is Research Methodology? Definition, Types, and Examples. *Paperpal* : веб-сайт. URL: <https://paperpal.com/blog/academic-writing-guides/what-is-research-methodology> (дата звернення: 08.07.2025).
61. Wang B., Zhang Z., Wang X., Zhao X., Yi L., & Hu S. The Suitability of Remote Sensing Images at Different Resolutions for Mapping of Gullies in the Black Soil Region, Northeast China. *Remote Sensing*. 2021. № 13(12). DOI: <https://doi.org/10.3390/rs13122367> (дата звернення: 14.07.2025).
62. Порівняння Landsat-9 та Sentinel-2. *PortalGIS.Pro* : веб-сайт. URL: <https://portalgis.pro/kosmoznimki/porivnyannya-landsat-9-ta-sentinel-2/> (дата звернення: 30.06.2025).

ДОДАТКИ

*Досвід дослідження ґрунтово-земельних ресурсів засобами ДЗЗ
колективами різних організацій*

Назва організації (структури)	Досвід/здобутки в галузі моніторингу ґрунтово-земельних ресурсів засобами ДЗЗ
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства й агрохімії ім. А. Н. Соколовського» (https://issar.com.ua)	На базі матеріалів багатоспектрального космічного сканування й ГІС-технологій здійснюється моніторинг різноманітних характеристик ґрунту та створюються електронні ґрунтові карти.
Лабораторія водних ресурсів і моніторингу Інституту гідротехніки й меліорації НААНУ	Дослідження процесів трансформації водних ресурсів і меліорованих територій, прогнозування стану й стійкості земель із застосуванням сучасних новітніх технологій, у тому числі матеріалів ДЗЗ.

*Використання методів ДЗЗ для аналізу ґрунтово-земельних ресурсів у працях
вітчизняних науковців*

ПІБ	Досвід/здобутки в галузі аналізу ґрунтово-земельних ресурсів засобами ДЗЗ
Павлюк О. В. – доктор географічних наук, завідувач відділом географії ґрунтів Інституту географії НАН України.	Автор понад 200 наукових праць, присвячених вивченню ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою ДЗЗ. Розробив методи використання супутникових даних для картування ґрунтів, оцінки їх родючості та деградації.
Стешенко В. М. – доктор географічних наук, професор кафедри географії та картографії Київського національного університету імені Тараса Шевченка.	Автор понад 150 наукових праць, присвячених вивченню ландшафтів та ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою ДЗЗ. Розробив методи використання супутникових даних для моніторингу змін землекористування та оцінки впливу природних та антропогенних факторів на ґрунти.
Гринишин А. М. – доктор біологічних наук, завідувач відділом біоінформатики та дистанційного зондування Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України.	Автор понад 100 наукових праць, присвячених вивченню рослинного покриву та ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою ДЗЗ. Розробив методи використання супутникових даних для оцінки біомаси рослин та деградації земель.
Зуб С. В. – кандидат географічних наук, старший науковий співробітник відділу географії ґрунтів Інституту географії НАН України.	Автор понад 50 наукових праць, присвячених вивченню ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою ДЗЗ. Розробив методи використання супутникових даних для картування ґрунтово-ерозійних процесів та оцінки їх впливу на родючість ґрунтів.
Шевченко О. А. – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та картографії Київського національного університету імені Тараса Шевченка.	Автор понад 40 наукових праць, присвячених вивченню ґрунтово-земельних ресурсів за допомогою ДЗЗ. Розробив методи використання супутникових даних для оцінки деградації земель та розробки заходів з їх рекультивації.

Приклади видів природного ландшафту в різних локаціях Миргородського району



Миргородський район, русло річки Псел поблизу села Великі Сорочинці (фото автора)



Мішаний ліс вздовж річки Псел. Миргородський район (фото автора)

Продовження додатку В



Миргородський район. Луки поблизу річки Псел, призначення земель – пасовища та сінокоси. Чорнозем з переходом в пісок. Та старе русло річки Псел (фото автора)



Миргородський район, околиці міста Миргород, чорнозем, поблизу річки Хорол (фото автора)



Чорнозем із суглинком, околиці села Попівка, Миргородська міська територіальна громада (фото автора)

Продовження додатку В

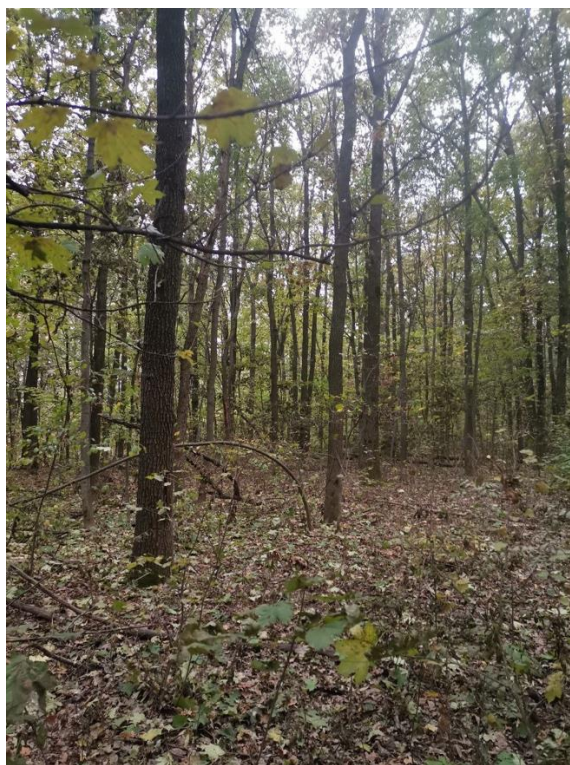


Миргородський район, село Онацьке, Комишнянська селищна територіальна громада. Поєднання розораних полів, заліснених територій з складним, не рівнинним рельєфом та цілих земельних масивів, що переходять у яри та урочища



Миргородський район, село Онацьке, Комишнянська селищна територіальна громада. Яри та урочища, зона рекреації в адміністративних межах села. Яр в середині заліснений листяними деревами та в центрі розмита западина зі струмком, що тече нею

Продовження додатку В



*Листяний ліс, зі спуском до річки Хорол поблизу села Попівка,
Миргородського району, Миргородське лісництво (фото автора)*



*Ставок на краю лісу. Миргородський район, село Мала Грем'яча (фото
автора)*

Продовження додатку В

Рілля. Чорнозем з піском. Миргородський район. Поблизу села Велика Грем'яча (фото автора)

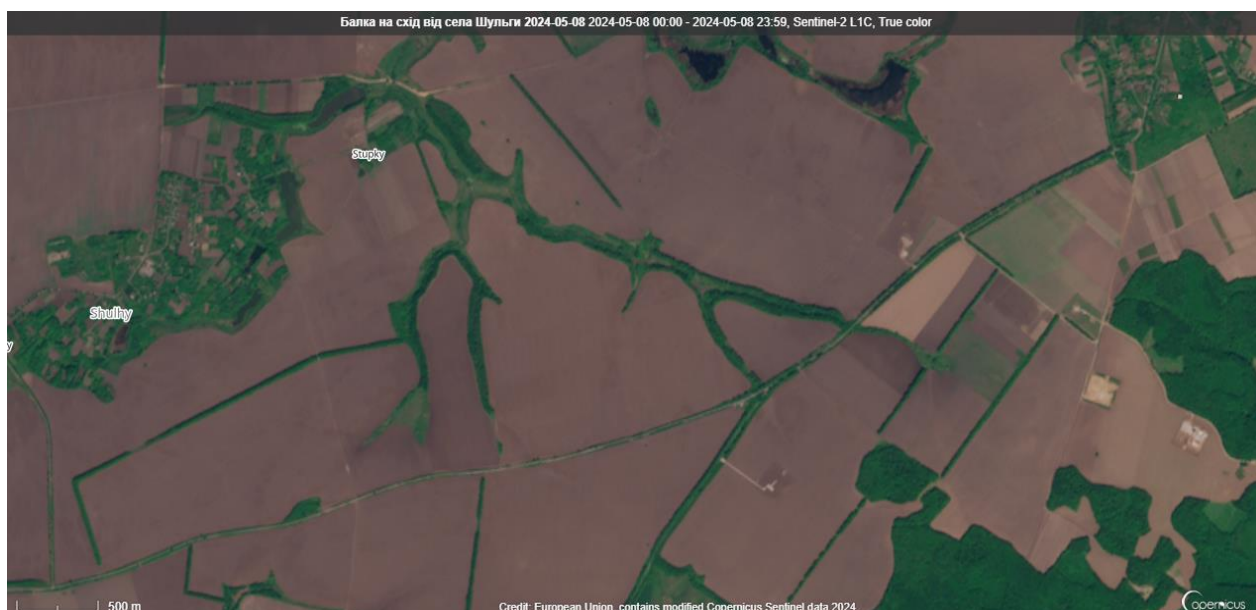


Рівнинні території Миргородського району з вкрапленнями лісосмуг та пониження зі струмком. Поблизу села Деркачі (фото автора)

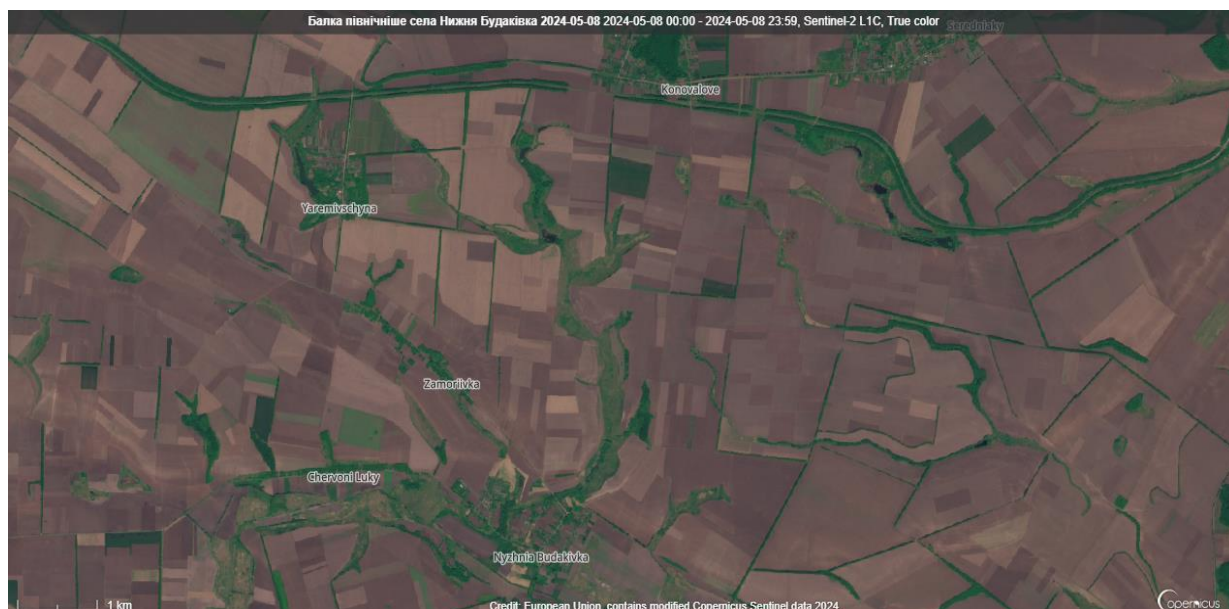


Перепад висот. Фото зроблене із висоти 162 метри над рівнем моря біля села Онацьке Миргородського району (фото автора)

Яружно-балкова мережа Миргородського району



Балка на схід від села Шульги, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, True color, 2024-05-08 (зроблено автором)

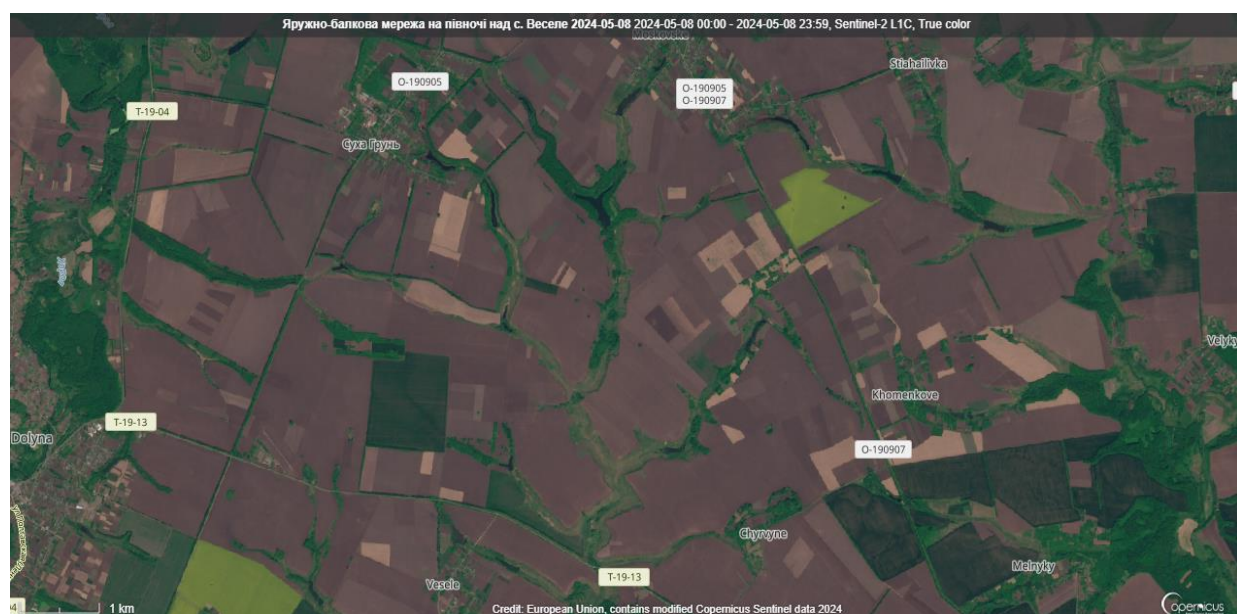


Балка північніше села Нижня Будаківка, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, True color, 2024-05-08 (зроблено автором)

Продовження додатку Г



Яружно-балкова мережа на захід від села Глибока Долина, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, True color, 2024-05-08



Яружно-балкова мережа на півночі села Веселе, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, True color, 2024-05-08

Продовження додатку Г



*Яружно-балкова мережа південніше села Бесє, Миргородський район,
Sentinel-2 L1C, True color, 2024-05-08*

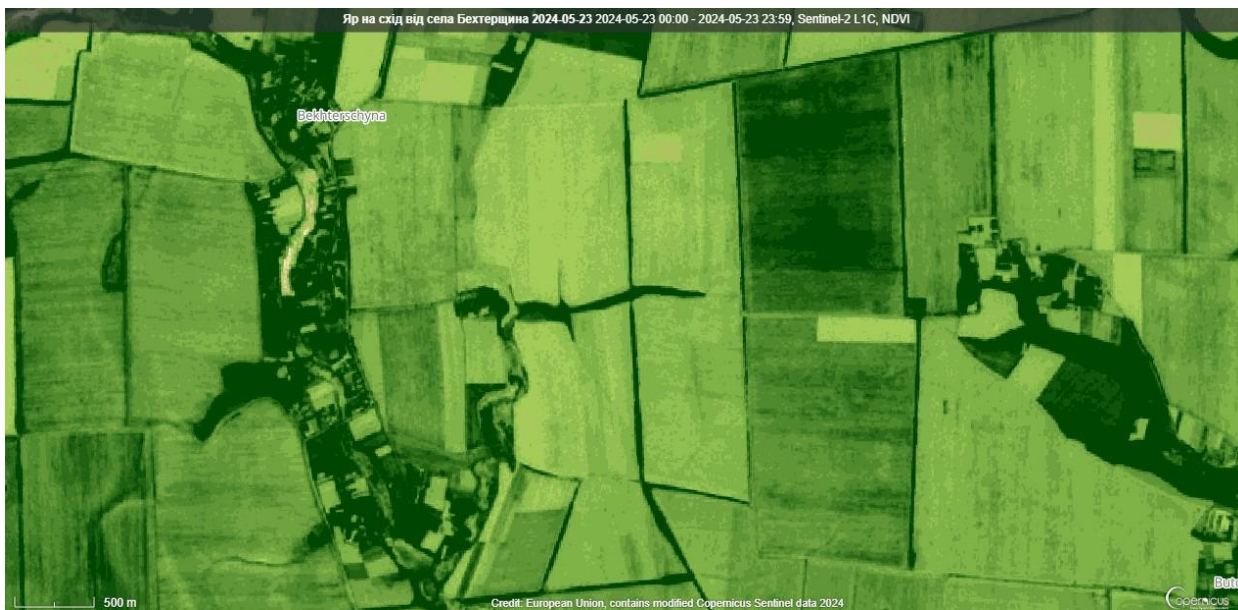


*Яружно-балкова мережа на північний схід від села Дібрівка, Миргородський
район, Sentinel-2 L1C, True color, 2024-05-08*

Продовження додатку Г

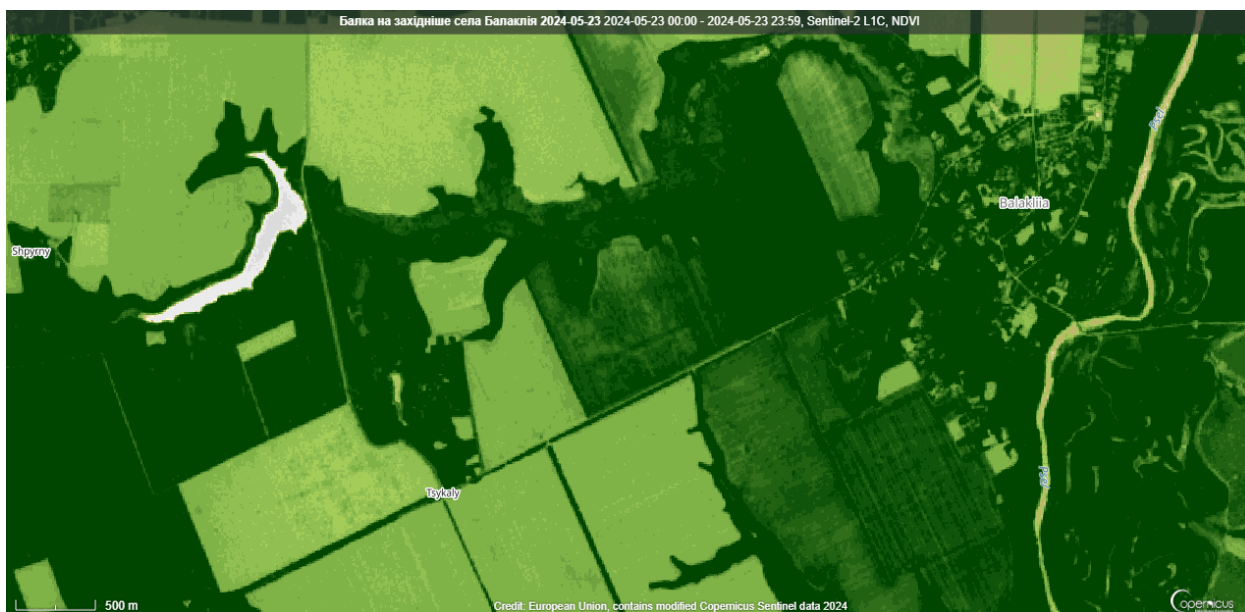


Балка на заході від села Балюки, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, NDVI, 2024-05-23

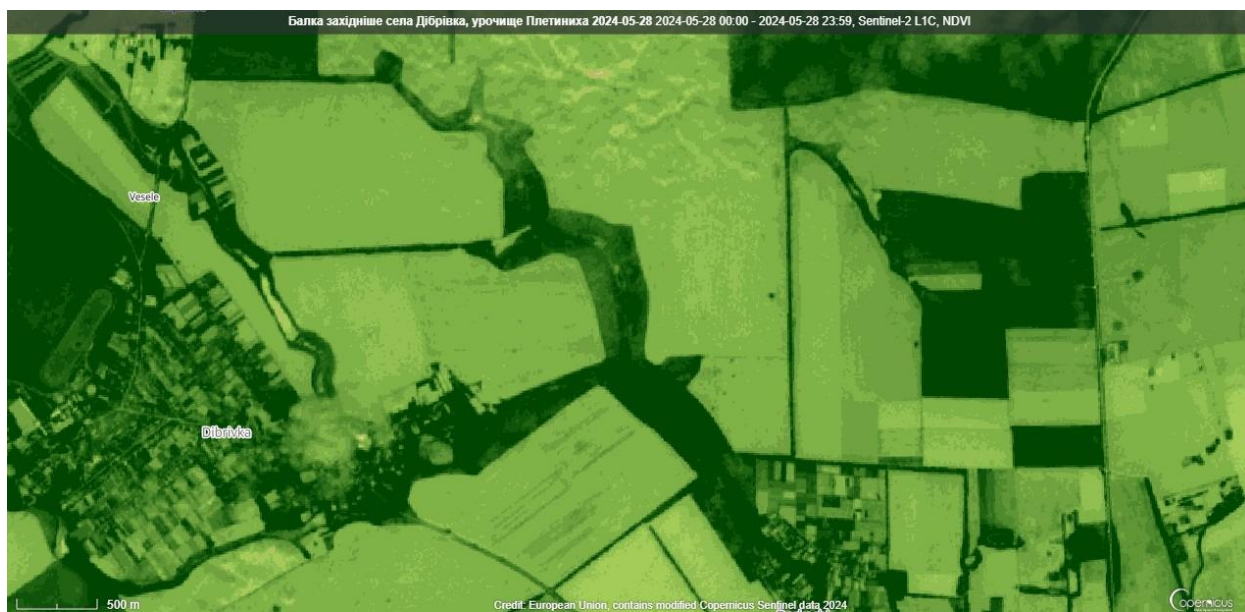


Яр на сході від села Бехтерщина, Миргородський район, Sentinel-2L1C, NDVI, 2024-05-23

Продовження додатку Г



Балка на заході від села Балаклія, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, NDVI, 2024-05-23

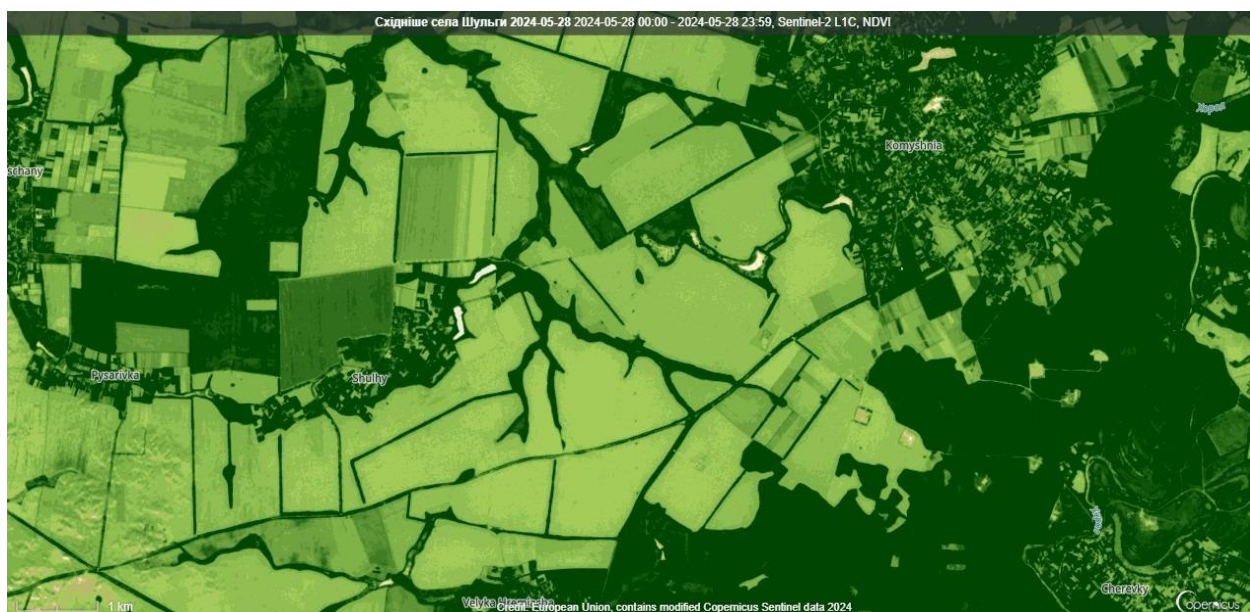


Балка на заході від села Дібрівка, Миргородський район, Sentinel-2L1C, NDVI, 2024-05-28

Продовження додатку Г

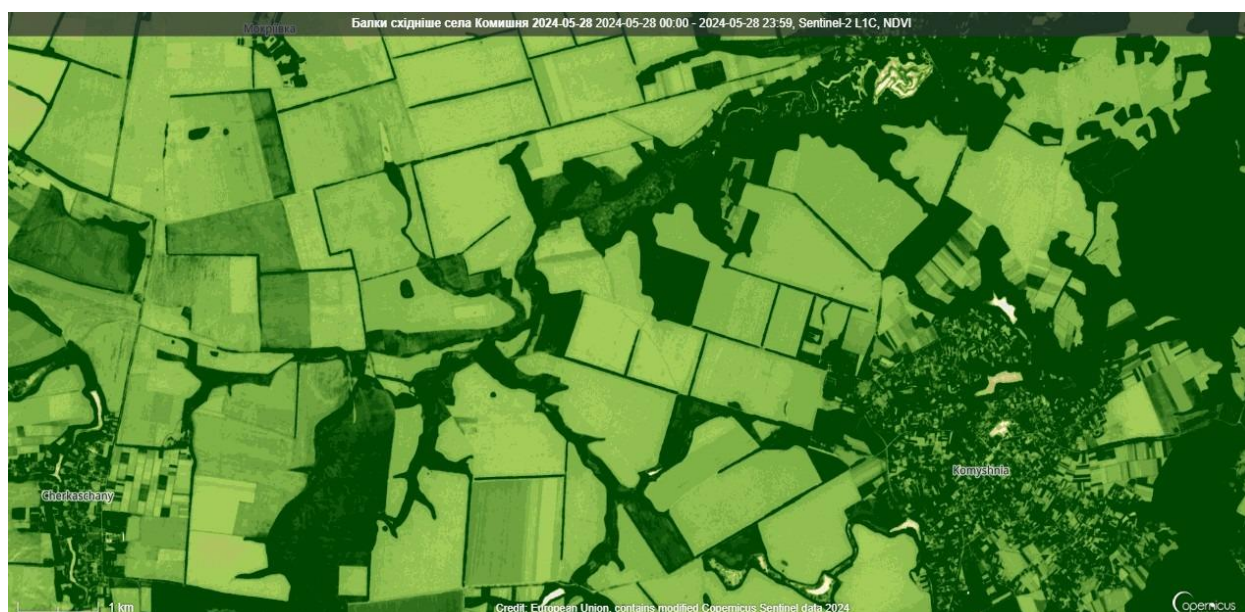


Балка на північному сході від села Панченки, Миргородський район, Sentinel-2L1C, NDVI, 2024-05-28



Балка на сході від села Шульги, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2L1C, NDVI, 2024-05-28

Продовження додатку Г



Балки на сході від села Комишня, Миргородський район. Супутниковий знімок Sentinel-2 L1C, NDVI, 2024-05-28



Балка південніше села Долинка, Миргородський район, Sentinel-2L1C, NDVI, 2024-05-28



Балка на заході біля села Шахворостівка, Миргородський район, Sentinel-2L1C, NDVI, 2024-05-28