

Міністерство освіти та науки
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису
УДК 528:94:004

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬНИХ
РЕСУРСІВ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДЗЗ**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань 10 – «Природничі науки»

Спеціальність 103 – «Науки про Землю»

Освітньо-професійна програма «Картографія, географічні інформаційні системи, дистанційне зондування Землі»

Кваліфікаційна робота бакалавра
студента четвертого курсу
Шейченка Артема Денисовича
Науковий керівник
Кандидат географічних наук, доцент
Підлісецька Ірина Олександрівна

Допущено до захисту:
Протокол засідання кафедри № ___ від «___» _____ 2025 року
Завідувач кафедри _____ проф. Даценко Л.М.

Київ - 2025

ЗМІСТ

	Стор.
РЕФЕРАТ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ	6
1.1 Земельні ресурси України: класифікація, характеристика та використання.	6
1.2 Поняття та сутність геоінформаційного моніторингу земельних ресурсів.	9
1.3 Принципи та методи дистанційного зондування Землі	12
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ	18
2.1 Інформаційне та програмне забезпечення моніторингу земельних ресурсів.	18
2.2 Методи обробки та аналізу аерокосмічних знімків.	23
2.3 Застосування даних дистанційного зондування для моніторингу земель сільськогосподарського призначення.	27
РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ	30
3.1 Характеристика досліджуваної території Полтавської області	30
3.2 Збір та обробка даних ДЗЗ.	34
3.3 Ефективність впровадження технологій ДЗЗ для аналіз стану земель сільськогосподарського призначення.	37
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	42

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі розглядається застосування методів дистанційного зондування Землі та географічні інформаційні системи (ГІС) для оцінки стану земельних ресурсів. Дослідження обґрунтоване актуальністю використання аерокосмічних даних у сфері сільського господарства, що дозволяє оперативно, достовірно та з мінімальними затратами отримувати інформацію про стан ґрунтового покриву, продуктивності угідь та динаміки змін у землекористуванні.

Використання методів дистанційного зондування Землі надає унікальні можливості для отримання оперативної та достовірної інформації про стан сільськогосподарських угідь на великих територіях.

Метою роботи є аналіз ефективності геоінформаційного підходу до моніторингу земельних ресурсів з використанням методів ДЗЗ. У процесі дослідження були розглянуті теоретичні аспекти моніторингу та проведено огляд програмного забезпечення що використовується для цифрового оброблення супутникових даних. Описано спектральні індекси NDVI, NDWI, EVI, SAVI та інші, що використовуються для оцінки стану рослинного покриву та ґрунтів.

Практичні результати роботи полягають в демонстрації можливостей використання відкритих супутникових даних для аерокосмічного моніторингу земельних ресурсів на регіональному рівні.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, геоінформаційний моніторинг, земельних ресурсів, супутникові дані.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження обумовлена багатьма факторами. Перший аспект актуальності дослідження полягає у зростаючій ролі аграрного сектору в продовольчій безпеці, що пов'язане зі збільшенням населення планети та кліматичними змінами, в таких умовах ефективний моніторинг та управління аграрними ресурсами стає важливим завданням. Використання методів дистанційного зондування Землі надає унікальні можливості для отримання оперативної та достовірної інформації про стан сільськогосподарських угідь на великих територіях. Другий аспект актуальності визначається економічною складовою, використання даних ДЗЗ дозволить значно скоротити час та витрати на проведення польових досліджень та в подальшому підвищить ефективність прийняття управлінських рішень у сільському господарстві. Третій аспект пов'язаний з вдосконалення технологічного процесу, а саме вдосконалення методів ДЗЗ, збільшення просторової розрізненості знімків та методів їх обробки відкривають нові можливості для більш точної та детальної оцінки стану аграрних ресурсів. Екологічний аспект пов'язаний з цифровою трансформацією сільського господарства. Інтеграція технологій ДЗЗ у систему точного землеробства та створення автоматизованих систем підтримки прийняття рішень є важливим етапом концепції «розумного» сільського господарства. Відповідно розробка ефективних методів оцінки стану аграрних ресурсів на основі даних дистанційного зондування Землі є актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності в сільськогосподарського виробництва та забезпеченню сталого розвитку аграрного сектору.

Мета дослідження є аналіз геоінформаційного підходу до моніторингу стану земельних ресурсів з використанням даних дистанційного зондування Землі.

Для досягнення поставленої мети були окреслені наступні **завдання**:

- проаналізувати земельні ресурси з огляду як компонента довкілля;

- ознайомитись з теоретичними аспектами проведення геоінформаційного моніторингу земельних ресурсів;
- проаналізувати сучасні методи дистанційного зондування Землі для оцінки стану земельних ресурсів;
- ознайомитись з методами обробки та аналізу аерокосмічних знімків для оцінки стану земельних ресурсів;
- оцінити ефективність використання сучасних методів та технологій використання методів дистанційного зондування Землі для моніторингу земельних ресурсів на прикладі Полтавської області.

Об'єкт дослідження є земельні ресурси Полтавської області.

Предметом дослідження є методи та алгоритми обробки даних дистанційного зондування землі для оцінки стану земельних ресурсів та прогнозування їх продуктивності.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

1.1 Земельні ресурси України.

Природні ресурси – це компоненти природи, які використовуються або можуть бути використані, як засіб виробництва або предмет споживання. Види природних ресурсів: вичерпні та невичерпні. Вичерпні ресурси – це які при їх видобутку і використанні не відновлюються в термін, значно більші у порівнянні зі швидкістю їх використання, а невичерпні використання яких не призводить до загального зменшення їх запасів на землі.

Земельні ресурси є компонентом довкілля разом із іншими видами природних ресурсів: лісовими, водними, мінеральними ... тощо, є місцем існування людини, засобом виробництва та джерелом задоволення різних потреб людини. Земельні ресурси – це частина земельного фонду України, що використовуються у сільському, лісовому, містобудівному господарстві та інших.

Земельні ресурси включають в себе усі види земель: сільськогосподарські поля, ліси, міські території тощо. Ці ресурси надають можливість людині отримувати продукти харчування, будувати, розвивати інфраструктуру та багато іншого. Також вони є важливим фактором сталого розвитку громади, оскільки визначають її продовольчу, екологічну та соціальну безпеку. Земельні ресурси також є об'єктом правового регулювання, власності, продажу, аренди, податків та інших відносин які передбачені діючим законодавством. Для збереження природи для майбутніх поколінь потрібно вже сьогодні приділяти увагу ефективному управлінню землею, зберігати родючість ґрунту, дотримуватись сталого розвитку та бути насамперед відповідальним споживачем.

Розглянемо трохи статистичної інформації щодо земельних ресурсів. Площа України становить 6 % території Європи, а за кількістю земель на одну особу в Україні – 0,90 га, а в Європі – 0,44 га. Сільськогосподарські угіддя 43

млн.га України на 60% складаються із чорноземів у лісостеповій та степовій зонах. Рівень розораності земель для порівняння в Україні – 54%, а в Європі – 35%.

Відповідно статті 19 Земельного кодексу України [1] визначено наступні категорії земель:

- «- землі сільськогосподарського призначення;
- землі житлової та громадської забудови;
- землі природо-заповідного та іншого природоохоронного призначення;
- землі оздоровчого призначення;
- землі рекреаційного призначення;
- землі історико-культурного призначення;
- землі лісгосподарського призначення;
- землі водного фонду;
- землі промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики, оборони та іншого призначення».

Кожна категорія земель має особливий правовий режим, специфіка якого визначається переважно їх цільовим призначенням. Правовий режим земель – це встановлений законом порядок використання та охорони земель. Можна виділити деякі аспекти правового режиму земель: загальний – для усього складу земель України; особливий – для окремих категорій земель; спеціальний – для конкретних земельних ділянок.

Землі сільськогосподарського призначення – це землі, які використовуються для вирощування сільськогосподарських культур, тваринництва, рибного господарства, садівництва, виноградарства та інших видів сільськогосподарської діяльності. Дана категорія земель включає майже 70 % усіх земель України та до її складу входять дев'ятнадцять видів земель цільового призначення: від товарного сільськогосподарського виробництва до індивідуального садівництва.

Земельний фонд України має певну структуру, в якому особливе місце визначено для земель сільськогосподарського призначення, що є основною категорією земель у сфері сільськогосподарського виробництва.

У статті 22 Земельного кодексу України зазначено: «Визначення земель сільськогосподарського призначення та порядок їх використання.

1. Землями сільськогосподарського призначення визнаються землі, надані для виробництва сільськогосподарської продукції, здійснення сільськогосподарської науково-дослідної та навчальної діяльності, розміщення відповідної виробничої інфраструктури, у тому числі інфраструктури оптових ринків сільськогосподарської продукції, або призначені для цих цілей.

2. До земель сільськогосподарського призначення належать:

а) сільськогосподарські угіддя (рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища та перелоги);

б) несільськогосподарські угіддя (господарські шляхи і прогони, ползахисні лісові смуги та інші захисні насадження, крім тих, що віднесені до земель інших категорій, землі під господарськими будівлями і дворами, землі під інфраструктурою оптових ринків сільськогосподарської продукції, землі під об'єктами виробництва біометану, які є складовими комплексів з виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, землі тимчасової консервації тощо)» [1].

Земельним кодексом України встановлено правовий режим земель сільськогосподарського призначення, що має на меті недопущення виведення їх з обігу, забезпечення збереження і підвищення родючості ґрунтів, ефективне ведення господарювання та раціональне їх використання.

1.2 Поняття та сутність геоінформаційного моніторингу земельних ресурсів.

Моніторинг – це систематичне відстеження якісних і кількісних показників, які характеризують якусь діяльність або поточну ситуацію. Поняття «моніторинг» є доволі широким. Основними завданнями моніторингу є дослідження природніх процесів, систематичне спостереження за їх динамікою, екологічне прогнозування та розробка науково-методичних рекомендацій тощо. Результат проведення моніторингу природніх ресурсів формується у інформаційну базу, основну роль у цьому процесі відіграють географічні інформаційні системи (ГІС), які відповідно забезпечують створення бази даних природніх об'єктів, а накопичені дані можуть бути основою для прийняття важливих управлінських рішень. Сучасна система моніторингу забезпечує оперативне реагування на зміни, що відбуваються з земельними ресурсами.

У статті 191 [1] «Призначення моніторингу земель» Земельного кодексу України визначено:

«1. Моніторинг земель – це система спостереження за станом земель з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів.

2. У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень щодо запобігання негативним змінам стану земель та дотримання вимог екологічної безпеки.

3. Моніторинг земель є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля.

4. В залежності від цілей, спостережень і охоплень територій моніторинг земель може бути національним, регіональним і локальним.

5. У системі моніторингу земель проводиться збирання, оброблення, передавання, збереження та аналіз інформації про стан земель, прогнозування їх змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень.

6. Порядок проведення моніторингу земель встановлюється Кабінетом Міністрів України». Стаття 192 [8] Земельного кодексу України: визначає завдання моніторингу земель. «Основними завданнями моніторингу земель є прогноз еколого-економічних наслідків деградації земельних ділянок з метою запобігання або усунення дії негативних процесів».

Система моніторингу - це ефективний інструмент постійного спостереження за різними об'єктами, процесами та явищами в природньому середовищі та суспільстві. Отриманні дані моніторингу є основою для вирішення широкого спектру завдань, а саме дослідження поточного стану та динаміки змін, забезпечення безпеки населення (що є нинішніх реаліях України дуже важливим аспектом), мінімізація різноманітних негативних впливів на людей та подальшого створення просторово-часових моделей [4].

Моніторингові системи можна класифікувати за об'єктами природнього середовища під час спостереження. Це включає моніторинг атмосферного повітря; водних ресурсів: поверхневих та підземних вод; земельних ресурсів: ґрунти та надра; рослинний та тваринний світ. Розглянемо інші критерії за яким можна поділити моніторингові системи - це специфіка збору та обробки даних, охоплення досліджуваної території, компоненти біосфери, частоту проведення досліджень та цільове призначення та інші. Збір первинної інформації при екологічному моніторингу виконується двома способами. Перший – дистанційне зондування Землі, а другий включає польові методи: фізичні, хімічні, біологічні та геодезичні дослідження, а також аналіз різноманітних обстежень, інвентаризацій земель.

Для оброблення даних моніторингу можна використовувати різні методи: картографічний, геоінформаційний, порівняльний, статистичний, дистанційного зондування. Розглянемо кожен з них більш детально.

Картографічний метод дослідження – застосування карт для опису, аналізу та пізнання явищ, для отримання з них нових знань і характеристик, вивчення їх просторових взаємозв'язків і прогнозів об'єктів навколишнього середовища.

Використання геоінформаційного методу дослідження забезпечує комплексний підхід до екологічного моніторингу, це дозволяє здійснювати повний цикл роботи з екологічними даними від їх збору та зберігання до математичної обробки, редагування інформації про стан довкілля, що в результаті сприяє ефективному вирішенню екологічних завдань.

Порівняльним метод дослідження полягає у обробленні даним моніторингу природного середовища та базується на співставленні різних показників, територій, часових періодів для виявлення змін.

Статистичний метод є потужним інструментом у моніторингу природного середовища, що дозволяє ефективно обробляти та аналізувати дані: аналіз часових рядів екологічних показників, виявлення кореляцій між різними екологічними параметрами, застосування регресійного аналізу є корисним для моделювання залежності між факторами впливу на екосистему [3].

Геоінформаційний моніторинг – це технології для здійснення спостережень, які проводяться на основі інтеграції різноманітних даних, моделюванні, аналізі та прогнозі стану об'єктів та явищ в середовищі ГІС з використанням структурованих геопросторових даних.

Створення будь-якої ГІС для вирішення прикладних задач вимагає розроблення бази геопросторових даних (БГД) певних об'єктів. Для прикладу розглянемо етапи створення ГІС моніторингу земельних ресурсів: по-перше це збір даних про їх стан та зміни, які відбулися в місцях спостереження, можливі забруднення територій, наступний етап – це просторова інтеграція усіх зібраних даних, приведення їх до єдиного формату. Далі вже на їх основі створюється банк геопросторових даних, їх моделювання, прогнозування та формується звіт з візуалізацією отриманих результатів для вирішення поставлених задач. Розроблений банк геопросторових даних містить, як вихідні дані, так і результат моделювання.

Також варто зупинитись і на Постанові кабінету міністрів України № 848 від 23 липня 2024 року «Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів» [8] в якій затверджено Порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів. У постанові [8] визначені поняття: «Моніторинг земель і ґрунтів – система спостережень за станом земель і ґрунтів з метою своєчасного виявлення змін, їх оцінки, відвернення та ліквідацію наслідків негативних процесів. Моніторинг земель є складовою частиною державної системи моніторингу довкілля. Моніторинг земель щодо забруднення ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення включає:

- агрохімічне обстеження ґрунтів,
- контроль за змінами якісного стану ґрунтів,
- агрохімічну паспортизацію земельних ділянок.

Об'єктом моніторингу є всі землі незалежно від форми власності.» [8].

1.3 Методи дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це метод отримання інформації про об'єкт, матеріал або явище за даними вимірювань, які здійснені на відстані від самого об'єкту спостереження, а саме, без безпосереднього контакту з ним [20].

Аерознімання – це процес отримання зображень місцевості з повітряних літальних апаратів. Аерознімання класифікують за різними параметрами: за апаратурою яка використовується, за спектральним діапазоном знімання, за масштабом, за способом та методом виконання тощо.

Реєстрація зображень місцевості засобами дистанційного зондування, залежить від “вікон прозорості” атмосфери – ділянок загального спектру, де електромагнітні хвилі не поглинаються атмосферою. Вікна прозорості: 1)

"велике вікно": 0,3-1,3 мкм (видимий діапазон); 2) 1,5-1,8 мкм, 2,0-2,6 мкм (інфрачервоний діапазон); 3) 7,0-15,0 мкм (тепловий інфрачервоний діапазон); 4) 0,5 мм - 10м (мікрохвильовий і радіодіапазон - найбільша прозорість). В оптичному діапазоні найбільше практичне значення мають вікна прозорості у видимому (0,4 - 0,8 мкм) та інфрачервоному (3 - 5 та 8 - 14 мкм) діапазонах. Їх використовують для дистанційних спостережень земної поверхні: перший застосовується для знімання за допомогою фотографічної та телевізійної апаратури, другий - за допомогою інфрачервоних радіометрів. Все решта теплове випромінювання Землі поглинається водяною парою, озоном, вуглекислим газом та метаном [19].

Методи дистанційного дослідження поділені на дві основні групи: *активні й пасивні*. Кожному з методів відповідають певні види знімань. При пасивних методах знімання використовують прилади, що не мають спроможності генерувати випромінювання. Ці методи основані на реєстрації випромінювання, що йде від поверхні Землі та з атмосфери. До них належать: візуальні спостереження; спостереження, основані на одержанні фотографічних та телевізійних зображень; а також зображень, які одержують за допомогою цифрових сенсорів та скануючих радіометрів у діапазоні видимого спектра, у ближньому ІЧ та мікрохвильовому діапазонах. Пасивні методи застосовуються при природному (сонячному) освітленні [33].

При активних методах знімання використовують прилади, що генерують спрямоване випромінювання, у результаті взаємодії якого з географічним об'єктом виникає зворотний сигнал, що вимірюється бортовими приймачами. До активних методів належить радіолокаційне та лазерне знімання. Активні методи застосовуються при спеціально створеному штучному освітленні [18].

Дані дистанційного зондування використовуються в ГІС практично з моменту їх появи. Оперативність, різноманітність, можливість отримання різночасових матеріалів аерокосмічних знімань обумовили доцільність їх використання при формуванні геоінформаційних баз даних. На їх основі формуються сучасні системи природньо-антропогенного моніторингу як

глобального, так і регіонального рівня. Тому ГІС технології на сьогодні складно уявити без використання даних ДЗЗ.

Аналіз рослинного покриву, його стан і продуктивність здійснюється з використанням даних ДЗЗ. Рослинність відображується на космічних знімках та розпізнати її можна за прямими ознаками. Рослинний покрив часто є індикатором для дешифрування підстилаючої поверхні, ґрунтів та ін.

Використання методів цифрового оброблення космічних знімків дозволяє проводити картографування рослинного покриву, вивчати його стан, динаміку, зміни стану та інше. Методи цифрового оброблення космічних і аеро- знімків дозволяють більш ефективніше вирішувати задачі раціонального використання земельних ресурсів. Великі площі ділянок сільськогосподарських угідь можна дешифрувати по знімкам. Основні види робіт по обліку земель та проведення землевпорядних робіт краще проводити з використанням аерофотознімків масштабу 1:2500 та 1:10000 і крупніше, дешифрування яких дозволяє отримати дані про місцезположення і характеристиці контурів територій, які підлягають обліку. Розглянемо, які ж контури можна використовувати для дешифрування об'єктів сільськогосподарського призначення: кордони землекористувань, пашні, сенокоси, пасовища, сади, виноградники, землі, які непридатні для використання для сільського господарства.

На даний час для вивчення структури землекористування все частіше використовуються космічні знімки, дешифрувати землі сільськогосподарського призначення за ним можна з різним ступенем детальності. За космічними знімками є можливість розпізнати озимі культури в різному стані, визначити площу ділянки з певним видом рослинного покриву, сформувавши прогноз на врожай на майбутнє, визначити вегетаційний індекс рослинності (NDVI), за яким можна характеризувати стан сільськогосподарських культур та ін.

Супутникові дані забезпечують отримання достовірної інформації про великі території (сільськогосподарського призначення) за площею з високим рівнем деталізації, як в режимі реального часу так і з можливістю проведення моніторингу. Супутниковий моніторинг дозволяє контролювати якість й терміни

проведення агротехнічних робіт та оптимізувати управління сільськогосподарським виробництвом. Використання методів дистанційного зондування в аграрному секторі на сьогодні є незамінним.

Дані космічних зніманих використовуються для комплексного управління територіями сільськогосподарського призначення [17], а саме для вирішення наступних задач:

- інвентаризація сільськогосподарських угідь;
- визначення складу ґрунтів;
- контроль стану посівів та прогноз врожайності;
- динаміку розвитку культур;
- виявлення антропогенного впливу (ерозія, заболочування, тощо);
- моніторинг якості сільськогосподарських робіт та інші.

Використовуючи дані аерокосмічних зніманих є можливість спостерігати та аналізувати зміни, які відбуваються з рослинами (культурами) у продовж всього їх періоду вегетації.

Також варто розглянути сезонність моніторингу в період з жовтня по лютий можна вивчати динаміку снігового покриву, аналіз паводкової ситуації та оцінити накопичення вологи у ґрунті тощо. В весняний період з березня по травень це – моніторинг земель з проведеними меліоративними заходами, визначення площ під озимими культурами та деградованих посівів. Наступний період літній – оцінка стану сходу рослин (зернових та технічних), визначення площ посівів для внесення добрив й засобів захисту рослин, постраждалих від стихійних явищ (природніх) та ін., прогнозування врожайності. І осінній період з серпня по вересень – моніторинг збиральних робіт та оцінка готовності угідь до наступного сезону.

Більш детально розглянемо загальні характеристики цифрового оброблення даних дистанційного зондування Землі (див. рис. 1). Цифрове оброблення зображень, які отримані за допомогою космічних засобів ДЗЗ можна класифікувати на дві основні групи:

- методи підвищення якості візуального сприйняття космічних знімків;

- методи автоматизованої ідентифікації та інтерпретації об'єктів на зображенні.



Рис. 1 Етапи та рівні оброблення знімків (за Маноїловим В.П.) [18].

Перша група методів зосереджена на вдосконаленні візуального дешифрування, підвищенні точності та достовірності інтерпретації, а також підготовці матеріалів для подальшого автоматизованого аналізу. Процес обробки зображень включає усунення спотворень за допомогою радіометричної корекції, атмосферних впливів та геометричної корекції. Відновлення

спутникових даних має на меті їхньої якості та максимальне наближення до оригінальних характеристик зображень. Відновлення зображення можна здійснити шляхом геометричної корекції, а також компенсації змін у параметрах приймальних пристроїв. Космічні знімки окрім геометричної корекції потребують геометричного трансформування зображення в задану систему координат проєкції, а саме перетворення зображення з метою приведення його до необхідного масштабу та проєкції з урахуванням рельєфу місцевості та кривизни поверхні Землі. Друга група методів направлена на розпізнавання та інтерпретацію об'єктів.

На космічних знімках розпізнавання об'єктів виконується шляхом проведення кваліфікації, автоматизованого розбиття пікселів зображення на класи. Класифікація ґрунтується на статистичному аналізі різних характеристик зображення: просторових, часових, спектральних тощо. Виділяється два способи комп'ютерної класифікації контрольованої та неконтрольованої. Більш детальніші з визначенням ознайомитись у ДСТУ 4758:2007: «Рівні оброблення даних дистанційного зондування з космосу – це формалізований показник обсягу та змісту результатів оброблення даних» [20].

Обробка космічних зображень також включає математичні перетворення, що поєднують декілька спектральних діапазонів – процес, відомий як алгебра зображень. Результатом таких операцій є створення різноманітних вторинних зображень, серед яких важливе місце займають індекси.

Вибір методу цифрового оброблення космічних знімків залежить від необхідної точності, наявного програмного забезпечення, характеру рельєфу досліджуваної місцевості та її розмірів та ін.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

2.1 Інформаційне та програмне забезпечення моніторингу земельних ресурсів.

Постанова «Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів» [8] містить порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів. У пункті 9 зазначено, що: «Інформаційне забезпечення проведення моніторингу земель і ґрунтів складається з даних, необхідних для об'єктивної оцінки ситуації, її моделювання та прогнозування, і актуалізація даних моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення шляхом проведення векторизації меж полів із внесенням атрибутивної інформації про показники агрохімічної паспортизації земель».

Питання моніторингу земельних ресурсів України привертає увагу великої кількості науковців. Однак більшість їх досліджень присвячені аналізу ґрунтового покриву земель сільськогосподарського призначення. Цей напрям досліджують у своїй роботі Мартин А., Дорош М., Патица В. та інших. Правові та економічні аспекти регулювання моніторингу земельних ресурсів у своїй праці досліджують Шарапова В., Малишева Н., Єрофєєва Д. та інших.

Таким чином, відомості про стан земельних ресурсів є важливим для формування інформаційного підґрунття функціонування державного земельного кадастру. На зараз не існує єдиної методики системи моніторингу земельних ресурсів, а є багато методологічних підходів, що використовуються різними суб'єктами моніторингу під час збору даних, що суттєво ускладнює подальше оброблення та використання інформації. Так автори публікації [10] запропонували схему інформаційного забезпечення моніторингу земельних ресурсів (див. рис. 2).



Рис. 2. Схема інформаційного забезпечення системи моніторингу земель [10].

Для удосконалення системи моніторингу земельних ресурсів необхідно виконувати поетапно та з урахуванням наявного потенціалу та інформаційних потреб і рекомендацій міжнародних організацій, що мають досвід.

Розглянемо основні джерела даних це - картографічні (планово-картографічні) матеріали; дані топографо-геодезичних вимірювань; відомості кадастрів природних ресурсів; галузеві архіви; польові дослідження та обстеження.

Ефективна система моніторингу земельних ресурсів потребує комплексного інформаційного забезпечення, яке може складатися з різноманітних джерел. Розглянемо трохи детальніше, які джерела можуть бути використані для інформаційного забезпечення системи моніторингу земельних ресурсів.

Картографічні матеріали є основним джерелом інформації для моніторингу земельних ресурсів. Це топографічні карти різних масштабів, з яких можна отримати інформацію про рельєф гідрографію, рослинність, інфраструктуру тощо. З тематичних карт можна отримати більш детальну інформацію: карти ґрунтів, геологічні та ін. Історичні карти використовуються для отримання даних для аналізу динаміки змін землекористувань.

Серед даних топографо-географічних даних – геодезичні вимірювання меж земельних ділянок, результати нівелювання, дані GPS – для точного позиціонування, результати лазерного сканування.

Відомості кадастрів природних ресурсів є цінною інформацією для моніторингу. З державного земельного кадастру отримати інформацію про цільове призначення, нормативну оцінку, правовий статус тощо. Важливим є також інформація з галузевих кадастрів, таких як лісовий, водний, природо-заповідного фонду (відомості про об'єкти). Важливим джерелом інформації є дані містобудівного стандарту.

Галузеві архіви зберігають важливу історичну інформацію про земельні ресурси – матеріали ґрунтових обстежень, дані агрохімічної паспортизації земель, матеріали геологічних та гідрогеологічних досліджень. Історичні відомості про землекористування допомагають проаналізувати антропогенний вплив та територію протягом тривалого часу. Містобудівний кадастр є джерелом даних про планування територій та обмеження їх використання.

Польові дослідження та обстеження є джерелом актуальної інформації про стан земель – результати моніторингу якісного стану ґрунтів, дані про забруднення земель пестицидами, важкими металами, відомості про еозійні процеси та деградацію земель, результати спостережень за ґрунтовим покривом. Дослідження передбачають безпосереднє вивчення території фахівцями з використанням спеціалізованого обладнання та методик.

Методи дистанційного зондування Землі в сучасних умовах стає одним із основних джерел інформації для системного моніторингу земельних ресурсів. Космічні знімки дозволяють отримувати регулярну інформацію про великі території з різною детальністю та в різних спектральних діапазонах, що дозволяють відстежувати сезонні зміни, виявляти порушення землекористування, контролювати стан рослинності.

Цифрові моделі рельєфу та бази даних на сьогодні є основною формою зберігання та аналізу інформації в сучасних умовах. Цифрові модель рельєфу (ЦМР) представляють тривимірне зображення поверхні землі є основою для

моделювання ерозійних процесів. Цифрові моделі місцевості (ЦММ) містять інформацію про рельєфу, об'єкти місцевості, інфраструктури, рослинність та інші елементи ландшафту.

Статистичні дані доповнюють просторову інформацію кількісними показниками, необхідними для оцінки та прогнозування змін. Статистика забруднення довкілля відображує антропогенний тиск на земельні ресурси.

Інтеграція всіх перерахованих вище джерел інформації в єдину систему моніторингу земельних ресурсів дозволить отримати загальну картину їх стану та прослідкувати динаміку. Застосування сучасних геоінформаційних технологій забезпечить можливість обробки та аналізу великих обсягів різноманітних даних для обробки та аналізу.

Інформаційне забезпечення геоінформаційного моніторингу земельних ресурсів складається з різноманітних джерел даних та сучасних методів і технологій їх обробки для забезпечення ефективного управління земельними ресурсами.

Системний підхід має бути ключовим науковим підходом при розробці ГІС моніторингу земельних ресурсів. Такий підхід дозволяє розглядати земельні ресурси як невід'ємний елемент комплексної системи. Застосування системного підходу також забезпечує інтегрованість різних видів забезпечення, їх взаємосумісність, та визначає методологію проектування ГІС, включаючи їх структурну організацію. Відповідно технологічної структури ГІС для вирішення задач моніторингу повинна включати програмну оболонку та відповідне інформаційне наповнення. Це наповнення базується на функціональних можливостях програмного забезпечення та підтримуваних ним форматів даних та форматах обміну інформацією. Враховуючи різноманітність та динамічність про стан, структуру, зміни та захист довкілля загалом і його основних складових: земельні, лісові та мінеральні ресурси та ін. щодо інформаційного забезпечення ГІС доцільно враховувати наступне:

- необхідність комплексного врахування характеристик об'єктів навколишнього середовища;

- наявність польових спостережень;
- використання тематичних та вузькоспеціалізованих карт різного призначення;
- доповнення статистичним даними та текстовою інформацією, що відображують стан, динаміку змін об'єктів;
- забезпечення систематичного оновлення інформаційної бази даних ГІС з використанням матеріалів дистанційного зондування [24].

Геоінформаційний моніторинг земельних ресурсів ґрунтується на використанні сучасного інформаційного та програмного забезпечення, що забезпечує ефективне спостереження, аналіз і управління земельними угіддями. Ключовим компонентом є географічні інформаційні системи (ГІС), аерокосмічні знімки, бази даних, а також спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання змін та стану землекористувань.

Програмне забезпечення (ПЗ) моніторингу земельних ресурсів повинно мати аналітичні інструменти для просторового аналізу даних для ефективного спостереження за станом земельних ресурсів. ПЗ для аналізу змін землекористувань, деградацію ґрунтів, оцінка ерозійних процесів та оптимізацію управління земельними ресурсами - ArcGIS, QGIS, ERDAS Imagine, ENVI, Google Earth Engine та інші.

ArcGIS for Desktop – це потужна платформа для створення, аналізу, редагування, імпорту та публікації географічної інформації [27].

Програмне забезпечення ArcGIS забезпечує цілісність даних за допомогою повнофункціонального набору інструментів для зберігання, редагування та управління усіма типами даних, включно з даними реального часу.

QGIS програмне забезпечення – безкоштовне та з відкритим кодом надає можливість просторової візуалізації та інструментів прийняття рішень кожному користувачу з широким спектром можливостей [26].

2.2 Методи обробки та аналізу аерокосмічних знімків.

Результатом проведення аерокосмічних знімання є знімки в аналоговому та цифровому форматі. «Аналоговий знімок – це безперервне напівтонове зображення. Цифровий аерокосмічний знімок – це зображення земної поверхні, у вигляді впорядкованого масиву чисел на магнітному носію, що може бути візуалізовано на екрані монітора» [17].

Цифрові знімки земної поверхні складається з числових значень, кожне з яких відповідає певній ділянці території та залежить від її яскравості. На відміну від фотографічних зображень, цифрові знімки формуються з дискретних елементів – пікселів, які є найменшими складовими цифрового зображення з однаковою яскравістю в межах кожного елемента. Кожна растрова чарунка містить закодовану інформацію про спектральну яскравість. Піксель (англ. picture element – елемент зображення) забезпечує однорідність відображення в межах своєї площі. Цей термін використовується для позначення мінімальної ділянки екран дисплея та для визначення найменшої частини файлового зображення. При виведенні на екран або друк ці цифрові дані перетворюються на видиме зображення.

Вегетаційний індекс – це числовий показник, який розраховується на основі цифрового оброблення даних дистанційного зондування в різних спектральних діапазонах і характеризує параметри рослинного покриву в межах окремого пікселя зображення. Його кількісна характеристика обумовлена спектральними особливостями відбивання світла рослинністю, а обчислення більшості індексів ґрунтується на використанні двох найбільш стабільних ділянок спектральної кривої відбивної здатності рослин. Використовувати вегетаційні індекси можна для моніторингу стану рослинності, що дозволить визначити наскільки добре росте рослинність та визначити деградовані ділянки. Щодо оцінки врожайності – індекси використовуються для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Розрахунок вегетаційних індексів буде корисним, щоб розрізнити типи покриття земної поверхні: орні землі,

пасовища, ліси. Виявлення змін у землекористуванні – вирубка лісових масивів, опустелювання, розширення міської забудови. Для аналізу земель сільськогосподарських призначення використовуються індекси для визначення території надмірно зволжених або посушливих, індекси реагують на зміни вологозабезпеченості рослин.

Розрахунок вегетаційних індексів, особливо нормалізованого диференційованого індексу рослинності (NDVI), став однією з найуспішніших, популярних і традиційних спроб у біогеографічних дослідженнях методи, оскільки NDVI має певні переваги перед іншими вегетаційними індексами. Результати розрахунків індексів рослинності для вивчення типів ґрунтового покриття висвітлюються в багатьох наукових роботах. Таким чином, індекс NDVI менше залежить від властивостей ґрунту досліджуваної території, а також від денного освітлення порівняно з простою комбінацією червоно-інфрачервоних смуг. Використання NDVI для моніторингу типів рослинного покриття є дуже корисним для дослідження змін рослинного покриття.

Індекс нормалізованої різниці рослинності за даними landsat (NDVI) використовується для визначення кількісної оцінки зеленості рослинності та корисний для розуміння густоти рослинності та оцінки зміни здоров'я рослин.

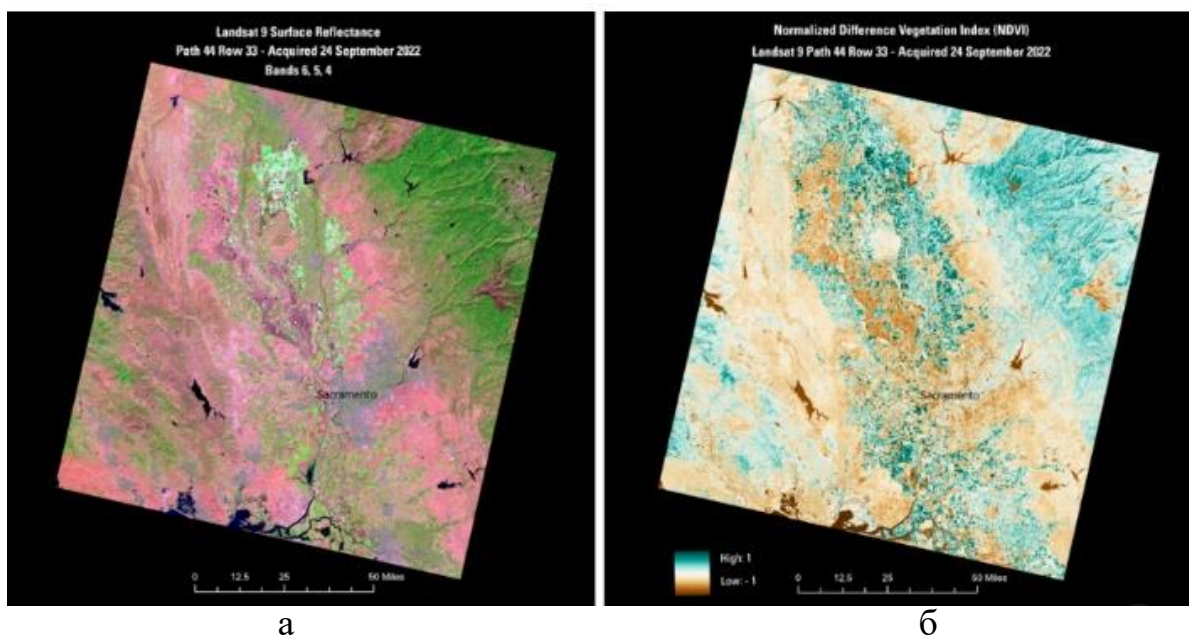


Рис. 3. а) Зображення показує коефіцієнт відбиття поверхні Landsat (SR)
 б) Нормалізований індекс різниці рослинності (NDVI) [28] .

Розрахунок вегетаційного індексу NDVI найчастіше використовується у біогеографічних дослідженнях, він менше залежний від властивостей ґрунту досліджуваної території.

Наведемо формули розрахунку індексу NDVI для кількісної оцінки зеленості рослинності, як співвідношення між значеннями видимого червоного (R) та ближнього інфрачервоного (NIR) діапазону за формулою:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R).$$

Нормалізований диференційний вегетаційний індекс є простим, але ефективним показником для кількісної оцінки зеленої біомаси. Це показник стану здоров'я рослинності, який базується на тому, як рослини відбивають хвилі світла певної довжини. Діапазон значень NDVI становить від -1 до 1. Від'ємні значення NDVI (значення, що наближаються до -1) означають наближення до води. Значення, близькі до нуля (від -0,1 до 0,1), зазвичай означають розташування на оголених ділянках скель, піску або снігу. Низькі додатні значення характерні для чагарників і лук (приблизно від 0,2 до 0,4), тоді як високі значення характерні для рослинності помірних і тропічних лісів (значення наближені до 1) [29].

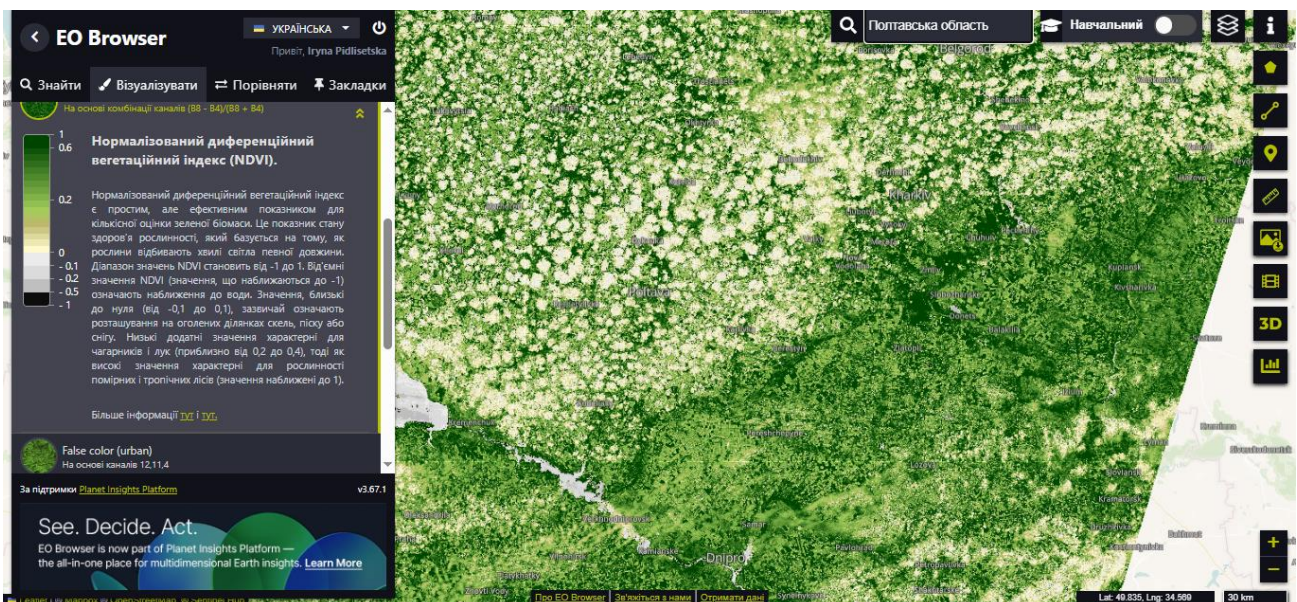


Рис. 4 Розрахований індекс NDVI території Полтавської області з інтернет ресурсу EO Browser [29].

Також для дослідження земельних ресурсів з використанням супутникових даних можна розраховувати індекс EVI він є подібний до індексу NDVI і може бути використаний для кількісної оцінки зеленості рослинності і розраховується за формулою:

$$EVI = G*((NIR - R) / (NIR + C_1 * R - C_2 * B + L)).$$

У формулі є додаткові показники що корегують атмосферні умови та фоновий шум і цей коефіцієнт є більш чутливим у районах з високою щільністю рослинності.

Наступний індекс SAVI (Adjusted Vegetation Index) зручний для використання на територіях з мінімальною кількістю рослинності, який мінімізує вплив яскравості ґрунту за допомогою коефіцієнта кореляції яскравості ґрунту. Розраховується за формулою:

$SAVI = ((NIR - R) / (NIR + R + L)) * (1 + L)$, L – це значення покриття території зеленою рослинністю.

Доцільним також використати індекс NBR нормалізований коефіцієнт горіння, за допомогою якого можна виділити ділянки де були пожежі, для оцінки наслідків пожеж (до та після) та визначити ступінь завданої шкоди - деградацію ґрунту. Цей коефіцієнт розраховується як співвідношення каналів (близький інфрачервоний діапазон - короткий інфрачервоний діапазон) / (близький інфрачервоний діапазон + короткий інфрачервоний діапазон).

Вибір індексів для проведення аналізу територій буде залежати від багатьох факторів, а саме від задач які потрібно вирішити та наявних супутникових даних. Для прикладу доцільним буде використати дані з супутників: Sentinel-1,2, що забезпечить високу розрізненність даних та доступ до багатьох каналів; Landsat – великий архів даних, є можливість розрахувати більшість індексів; MODIS – майже щоденне оновлення даних, але з меншою розрізненністю [28,29,30].

2.3 Застосування даних дистанційного зондування для моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

Складовою частиною моніторингу земельних ресурсів є моніторинг ґрунтового покриву земель сільськогосподарського призначення. Міністерство аграрної політики та продовольства України відповідно до затвердженого ним «Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення» [32] «визначає наступні види спостережень (заходів):

- агрохімічне обстеження ґрунтів, з метою державного контролю за показниками родючості та забруднення ґрунтів;
- контроль зміни якісного стану ґрунтів;
- агрохімічна паспортизація земельних ділянок.

В залежності від мети спостережень моніторинг ґрунтового покриву можна поділити на три рівні:

- національний, який поширюється на усі землі в межах території України;
- регіональний, що поширюється на територію з однаковими фізико-географічними характеристиками, економічними або екологічними умовами;
- локальний – ландшафтні комплекси».

На сьогоднішній день існує потреба у точних даних з високою розрізненістю про земельні ресурси (землекористування), постійно зростає. Раніше використовувались дані про земний покрив з низькою розрізненістю, як вихідні дані, що базувались виключно на даних оптичних спостережень про земельний покрив з високою розрізненістю Sentinel-2 або Landsat. Використання даних Sentinel-1, для створення карт земельного покриву великих територій стрімко зростає. По результатам проведення конференції WordCover 2017 року Європейське космічне агенство (ESA) ініціювало проєкт WordCover. Результатом реалізації цього проєкту стало випуск у жовтні 2021 року глобального продукту земного покриву з розрізненістю 10 м на 2020 рік на

основі даних Sentinel-1 і Sentinel-2, який містить 11 видів земного покриття. Після позитивних відгуків від користувачів ESA, було прийнято рішення продовжувати проєкт WorldCover і у 2021 році доступна для користувачів нова версія.

Для аналізу земного покриття доцільним використовувати проєкт WorldCover, що надає глобальні дані дистанційного зондування про земний покрив світу на 2020 і 2021 роки з розрізненістю 10 м, в режимі реального часу на основі даних супутників Sentinel-1 і Sentinel-2. Проєкт містить супутникові дані Sentinel, з можливістю використовувати їх для картографування земного покриття у всьому світі. Проєкт є важливим кроком у вивченні та розумінні глобальних земної поверхні, інноваційним підходом до картографування земного покриття, використовується комбінація оптичних та радарних супутникових даних та забезпечує високу точність та доступність до інформації про земний покрив.

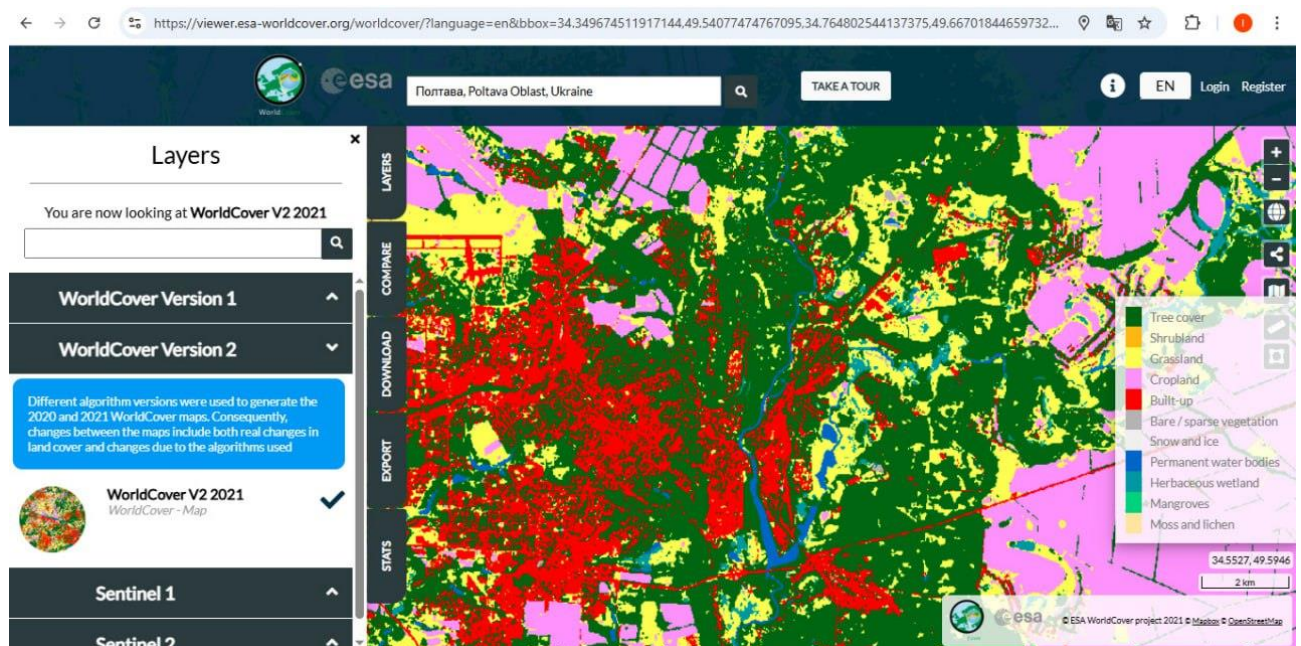


Рис. 5 WorldCover – веб-картографічний інструмент [25].

WorldCover – веб-картографічний інструмент, який дає можливість візуалізувати дані ESA WorldCover без встановлення спеціалізованого програмного забезпечення. Дані оброблені за 2020 -2021 рр. з Sentinel-1 і Sentinel-2, які можна завантажити за адміністративним поділом або за окремими

регіонами (див. рис. 5). У галузі дистанційного зондування було створено різноманітні національні програми, призначені для спостереження за поверхнею Землі. Landsat є однією з програм, яка вже понад 40 років дозволяє збирати інформацію про Землю з космосу. Дослідженнями космічного простору Сполучених Штатів Landsat керує Геологічна служба США (USGS) та надає користувачам зібрані дані [25, 30].

РОЗДІЛ 3. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ОЦІНКИ АГРАРНИХ РЕСУРСІВ

3.1 Характеристика досліджуваної території.

12 червня 2020 року Кабінет міністрів України прийняв 24 розпорядження щодо визначення адміністративних центрів та затвердження територій громад областей. В результаті чого в країні було створено 1469 територій громад (в тому числі 31 громада на тимчасово невідконтрольованих територіях в межах Донецької та Луганської області. З актуальним переліком громад можна ознайомитись на сайті [14] <https://decentralization.ua> на цьому сайті міститься інформація про склад, площу, населення та інші дані по територіальним громадам. Більш детально з регіоном можна ознайомитись на сайтах [15,16].

Полтавська область – територіально-адміністративна одиниця України з центром у м. Полтава, яка була заснована у вересні 1937 року та розташована в центральній частині Лівобережної України, більша частина регіону розташована в межах Придністровської низовини і Полтавської рівнини. Економічний потенціал області – це сільське господарство, видобуток нафти та газу та різні галузі промисловості. Земельні ресурси регіону складаються з сільськогосподарських угідь, майже 2 млн. га та лісових ресурсів, що займають 10 % території області, а водні ресурси представлені численними річками, серед яких Дніпро і Псел.

Полтавська область має сприятливі умови та оптимальні показники родючості ґрунту для розвитку аграрного сектору. Але потрібно запобігати виснаженню ґрунтів, постійно контролювати їх основні параметри та проводити відновлювальні заходи. Полтавська філія «Держґрунтохорона» здійснює моніторинг шкідливих речовин: кількості пестицидів, радіонуклідів цезію-137, стронцію-90, солей важких металів та інших. Незважаючи на значні площі чорноземів та високий вміст гумусу в Полтавській області, все одно спостерігаються процеси, що негативно впливають на стан родючості ґрунту.

Суттєвої шкоди земельним ресурсам завдають зсувні процеси, втрата гумусу ґрунту незбалансоване внесення добрив, поживних речовин тощо.

Значної шкоди земельним ресурсам завдають гірничо-збагачувальні комбінати на нафтопереробний завод, які розміщені в Полтавській області. Серед промислових об'єктів найбільший негативний вплив завдають підприємства нафтогазового комплексу під час будівництва й експлуатації свердловин і трубопроводів, особливо при їх пошкодженні.

Комплексна оцінка якості стану ґрунту та земельних ресурсів Полтавської області наведена у праці Рибалової О. [18].

Відповідно викладеного вище доцільним буде проведення природоохоронних заходів: раціональне використання та збереження ґрунтів, постійний моніторинг і агрохімічна паспортизація, контроль за використанням пестицидів, постійне обстеження земельних ресурсів щодо деградації ґрунту та його забруднення.

До функцій державного управління належить проведення моніторингу, зміст якого полягає в спостереженні за станом земельних ресурсів та якості ґрунтового покриву. На даний час країна перебуває у складних економічних умовах та на території України ведуться активні бойові дії, що на даний час ускладнює проведення моніторингу земельних ресурсів.

Відповідно Екологічного паспорта Полтавської області (2023 рік) [22] «Станом на 01.01.2023 року відомості з Державного земельного кадастру про землі та земельні ділянки в межах Полтавської області не узагальнювалися у відповідності до наказу Державного комітету статистики України від. 05.11.1998 р., який втратив чинність у 2015 р. За останніми обліковими даними Головного управління Держгеокадастру у Полтавській області (2015 рік) із загальної площі Полтавської області 2875,068 тис.га, або 75,31 % з них орні землі становили 1774,686 тис.га або 61,7% від усієї території (82 % сільськогосподарських угідь). Орні землі представлені, в основному, родючими чорноземи та їх різновидами» див. Таб.1

Табл.1

Структура земельного фонду Полтавської області [22].

Категорії земель та види земельних угідь	2021 рік		2022 рік		2023 рік	
	усього, тис. га	% до загальної площі території	усього, тис. га	% до загальної площі території	усього, тис. га	% до загальної площі території
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Загальна площа території регіону	2875,0	100	2875,0	100	2875,0	100
з них:						
землі сільськогосподарського призначення	2223,3	77,3	2223,3	77,3	2182,2	76
землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення	142,4	5,0	142,4	5,0	142,4	5
землі оздоровчого призначення	0,4	0,01	0,4	0,01	0,4	0,01
землі рекреаційного призначення	1,1	0,04	1,1	0,04	1,1	0,04
землі лісгосподарського призначення	230,0	8,0	230,0	8,0	285,9	10
землі водного фонду	148,4	5,2	148,4	5,2	148,4	5
Види земельних угідь						
Загальна площа земель	2875,0	100	2875,0	100	2875,0	100
з них:						
Сільськогосподарські угіддя, з них:						
рілля	1774,7	61,7	1774,7	61,7	1774,7	62
перелоги	2,5	0,09	2,5	0,09	2,5	0,09
сіножаті	160,3	5,6	160,3	5,6	160,3	6
пасовища	199,3	6,9	199,3	6,9	199,3	7
багаторічні насадження	28,7	1,0	28,7	1,0	28,7	1
Землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом, з них:						
болота	85,1	3,0	85,1	3,0	85,1	3
яри	2,0	0,07	2,0	0,07	2	0,07
Чагарникова рослинність природного походження	13,2	0,5	13,2	0,5	13,2	0,5
Ліси та інші лісовкриті землі, з них	285,9	9,9	285,9	9,9	285,9	10
земельні лісові ділянки, вкриті лісовою рослинністю	255,3	8,9	255,3	8,9	272,7	9
Води	148,4	5,2	148,4	5,2	148,4	5

«Загальна площа земель державної власності, інформація про які відсутня в Державному земельному кадастрі становить 276,22 тис.га:

- землі промисловості -12,64 тис га;
- землі водного фонду - 70,73 тис. га;
- землі лісового фонду – 135,71 тис. га;
- землі історико-культурного призначення 0,229 тис. га;

- землі рекреаційного призначення 0,204 тис. га;
- землі природо-заповідного фонду та іншого природоохоронного призначення – 53,63 тис. га» [22].

Відсутність оновленої інформації в Державному земельному кадастрі про державну або комунальну власність земельних ділянок негативно впливає на використання земельного потенціалу регіону, погіршує інвестиційний клімат та зменшує надходження до місцевих бюджетів від земельних платежів. Це створює перешкоди для впровадження державної земельної політики, яка має на меті збалансоване забезпечення земельними ресурсами як населення, так і різних галузей економіки.

Розроблена «Програма [23] ефективного використання земельних ресурсів Полтавщини на 2022-2027 рр. є інструментом реалізації Стратегії регіонального розвитку Полтавської області на 2021-2027 рр.» (затвердженої Рішенням № 1242 від 20.12.2019 року на XXV сесії Полтавської обласної ради сьомого скликання), а також щорічних програм соціально-економічного розвитку області.

Зупинимось детальніше на завданнях програми, які розроблені для реалізації напрямів та досягнення цілей, визначених у «Стратегії регіонального розвитку Полтавської області на 2021-2027 рр.» Програма [23] «спрямована на вирішення наступних визначених ключових проблем:

- недостатнє фінансування заходів щодо раціонального використання та охорони земель на місцевому та регіональному рівнях;
- неефективне використання сільськогосподарських земель;
- необхідність підвищення ефективності в управлінні землями державної та комунальної власності;
- потреба у проведенні обліку та інвентаризації земель під полезахисними смугами та інші».

Земельні ресурси – це основний природний ресурс держави, що включає землі, які використовуються у різних сферах економіки. Вони виступають як комплексний природний ресурс поверхні суші, що слугує просторовою основою для розселення населення та ведення господарської діяльності, а також є

фундаментальним засобом виробництва в сільському та лісовому господарствах. Здійснення моніторингу стану земельних ресурсів у межах області допоможе забезпечити ефективний державний контроль за використанням та охороною не лише земель, але й інших природних компонентів, а також рослинного покриву, тваринного світу тощо.

Для забезпечення результативного моніторингу земельних ресурсів Полтавщини необхідно залучити кваліфікованих експертів та науковців, з використанням спеціалізованого програмного забезпечення для обробки та аналізу геопросторової інформації [22, 23].

3.2 Збір та обробка даних ДЗЗ.

На сьогодні для моніторингу земної поверхні, зокрема об'єктів агроландшафтів, світова аерокосмічна галузь пропонує широкий спектр систем дистанційного зондування Землі із різними просторовими та радіометричними характеристиками. Супутникові платформи, як Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8-9, MODIS, WorldCover та ін., забезпечують отримання багатоспектральних зображень, як дозволяють проводити регулярний та ґрунтовний моніторинг стану рослинного покриву, деградації земель та зміни у землекористуванні. Використання даних ДЗЗ з використанням методів обробки ГІС –технологій та індексним аналізом дає можливість вирішувати задачі сталого управління агроландшафтами та підвищувати продуктивність сільськогосподарських угідь.

Більш детально зупинимось на супутникових системах див Табл. 2

Табл.2. Характеристика супутникових систем.

(створена за даними джерел 28, 29,30)

Назва супутника	Короткий огляд характеристик
Sentinel-1	Забезпечує всепогодні, денні та нічні радіолокаційні зображення для наземних та морських служб. EO Browser надає дані, отримані в режимах інтерферометричної широкої смуги (IW) та

	<p>надширокої смуги огляду (EW), оброблені рівня 1 виявленого наземного діапазону (GRD).</p> <p>Відстань між пікселями: 10 м (IW), 40 м (EW).</p> <p>Час повторного відвідування: ≤ 5 днів із використанням обох супутників.</p> <p>Час повторного відвідування (для підйому/спуску та перекриття з використанням обох супутників): ≤ 3 дні, див. сценарій спостереження</p> <p>Наявність даних: з жовтня 2014 року.</p> <p>Використання: морський та наземний моніторинг, реагування на надзвичайні ситуації, зміна клімату.</p>
Sentinel-2	<p>Надає зображення високої роздільної здатності у видимому та інфрачервоному діапазонах для моніторингу рослинності, ґрунту та водного покриву, внутрішніх водних шляхів і прибережних територій. .</p> <p>Просторова розрізненість: 10 м, 20 м і 60 м залежно від довжини хвилі (тобто видно лише деталі розміром більше 10 м, 20 м і 60 м).</p> <p>Час повторного відвідування: максимум 5 днів для повторного відвідування тієї самої області, використовуючи обидва супутники.</p> <p>Доступність даних: з червня 2015 р. Повне глобальне покриття з березня 2017 р.</p> <p>Використання: Карти ґрунтового покриву, карти виявлення зміни рельєфу, моніторинг рослинності, моніторинг горілих ділянок.</p>
Landsat 8-9	<p>Містить зображення з двох нещодавно запущених супутників Landsat (Landsat 8 і Landsat 9, надані NASA/USGS). Обидва оснащені оперативним наземним зображенням (OLI) і тепловим інфрачервоним датчиком</p>

	<p>(TIRS) із 9 оптичними та 2 тепловими діапазонами. Ці два датчики забезпечують сезонне покриття глобальної суші.</p> <p>Просторова розрізненість: 15 м для панхроматичної смуги та 30 м для решти (теплові смуги повторно відбираються зі 100 м).</p> <p>Термін повторного огляду: 16 днів</p> <p>Доступність даних: з лютого 2013 року</p> <p>Використання: моніторинг рослинності, землекористування, карти ґрунтового покриву, моніторинг змін тощо.</p>
<p>MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) від NASA</p>	<p>Збирає дані, за допомогою яких можна краще зрозуміти глобальні процеси, що відбуваються на Землі. EO Browser надає дані для спостережень за Землею (канали 1-7).</p> <p>Просторова розрізненість: 250м (канали 1-2), 500м (канали 3-7), 1000м (канали 8-36).</p> <p>Періодичність знімання: Глобальне покриття через 1 – 2 дні обома супутниками - Aqua і Terra.</p> <p>Наявність даних: З січня 2013 р. по лютий 2023 р.</p> <p>Використання: Моніторинг землі, хмарності, кольору океану в глобальному масштабі.</p>

Для вибору відповідної системи дистанційного зондування потрібно враховувати ключові характеристики сенсорів, за яким можна визначити придатність отриманих даних для проведення геоінформаційного моніторингу та конкретних прикладних задач: просторову, спектральну та радіометричну.

Отже, широкий спектр даних від різноманітних супутникових платформ може забезпечити безперервне отримання інформації про агросферу та

кліматичні процеси. Сфера космічного моніторингу стрімко розвивається, що розширює можливості моніторингу земельних ресурсів.

3.3 Ефективність впровадження технологій ДЗЗ для аналіз стану земель сільськогосподарського призначення.

В попередніх розділах роботи було описано поняття та принципи використання методів дистанційного зондування, проведений огляд супутникових платформ та основні типи даних які можна використовувати для проведення геоінформаційного моніторингу земельних ресурсів. В цьому розділі розглянемо алгоритм впровадження технологій ДЗЗ для аналізу стану земель сільськогосподарського призначення.

Обрана територія для дослідження – це Полтавська область, в якій досить розвинене сільськогосподарське виробництво. В області майже 80 % від усієї території - це сільськогосподарські угіддя. Доцільним буде використання методів дистанційного зондування для моніторингу земельних ресурсів області.

Можливість використання методів ДЗЗ для оцінки стану земель сільськогосподарського призначення:

- «- моніторинг продуктивності рослинності;
- виявлення ерозійних процесів та деградацію ґрунтового покриву;
- оцінка вологості та засоленості ґрунту;
- зонування полів за станом і потребою» [31,32].

Серед переваг використання – це великий обсяг супутникових даних на великі території з різних джерел NASA, Copernicus, Sentinel-hub та ін. з високою частотою оновлення, можливість моніторингу в режимі реального часу та незначною вартістю. В Україні успішно використовуються методи ДЗЗ а аграрній сфері для прийняття рішень та розробки і впровадження державних програм моніторингу сільськогосподарських угідь.

Для реалізації стратегічної цілі ефективного управління просторовим розвитком, забезпечення балансу екосистеми та охорона довкілля розроблена Програма [22, 23] ефективного використання земельних ресурсів Полтавщини на період 2022-2027 років. В якій зазначено про проблеми, які необхідно вирішити у найкоротші терміни це – недостатнє фінансування щодо реалізації заходів з раціонального використання земель; проведення інвентаризації та обліку земель, підвищення ефективності управління земельними ресурсами різної форми власності; забезпечення сталого використання природних ресурсів та ін. Основною метою Програми [23], як раз визначено проведення моніторингу та інвентаризація земель в межах Полтавської області. На виконання реалізації зазначеної вище програми можна використати методи дистанційного зондування Землі з використанням безкоштовних сервісів Copernicus, WorldCover, NASA так, як на ці види робіт не передбачено достатнього фінансування за рахунок коштів обласного бюджету.

Складовою частиною державної системи моніторингу довкілля є моніторингом земель не залежно від форми власності. Спостереження за станом ґрунтів в межах системного моніторингу, що має на меті оцінити їх стан та проаналізувати зміни шляхом порівняння отриманих результатів. Для моніторингу земель сільськогосподарського призначення особлива увага приділяється вивченню забруднення ґрунтів та складається із системних спостережень за їх станом: агрохімічна паспортизація земельних ділянок та агрохімічне обстеження ґрунтів. А виявлення змін їх стану можна виявити з використання даних дистанційного зондування Землі, серед яких це:

- стан використання сільськогосподарських угідь;
- зміни родючості ґрунтів;
- забруднення земель різними хімічними сполуками;
- процеси деградації ґрунтового покриву (утворення ярів, зсувів) та ін.

Моніторинг земель і ґрунтів проводиться державними органами серед яких Держгеокадастр, Міндовкілля, Мінагполітика та ін [32].

Для проведення інвентаризації земель можна використати існуючі на сьогодні відомості з Державного земельного кадастру, матеріали з державного фонду документації із землеустрою, цифрові планово-картографічними матеріалами та ін. та доповнити їх сучасними даними з супутникових систем Sentinel-1, Sentinel-2, Landsat 8-9, MODIS, WorldCover. В результаті будуть отримані уточнені межі землекористувань області на підставі яких можна створити нові реєстри земельних ділянок вже з уточненими даними.

Також доцільним є і використання матеріалів з використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Застосування БПЛА для великомасштабного дослідження ґрунтового покриву має значний потенціал, але на сьогодні є низка обмежень для його використання. Обмеження пов'язані із близькістю до зони ведення активних бойових дій та заборонаю використання БПЛА для цивільних потреб. Але на перспективу ці технології набувають популярності, у їх використанні є ряд переваг: низька вартість літальних апаратів, висока оперативність отримання даних та деталізація.

В Україні є багато розроблених нормативних документів щодо проведення моніторингу земельних ресурсів, але немає реально проведеного моніторингу та інвентаризації земель. Але ця ситуація виникла не сьогодні, а накопичувалась поступово. Наприкінці минулого століття у 70-х роках у СРСР було завершено складання ґрунтових карт на основі проведення польових досліджень. Оновлення карт ґрунтів є необхідним на зараз бо достовірність цих карт можна поставити під сумнів для подальшого використання їх для оцінки земель, бонітування тощо. Можна запропонувати наступний алгоритм використання даних дистанційного зондування з повітряних шарів атмосфери (з БПЛА) для отримання сучасних даних для створення карт ґрунтів:

1. Проведення аерофотознімання, з урахуванням погодних умов.
2. Цифрове оброблення отриманих даних в доступному програмному забезпеченні.
3. Створення ортофотопланів.

4. Цифрове оброблення кольорової моделі з використанням ГІС-технологій для підвищення рівня розпізнавання різних типів ґрунтів.
5. Створення тривимірної моделі рельєфу.
6. Подальший аналіз тривимірної моделі для вирішення поставлених задач.

ВИСНОВКИ

У результаті виконаного дослідження було обґрунтовано доцільність використання геоінформаційних технологій і дистанційного зондування Землі для моніторингу земельних ресурсів. Використання супутникових знімків у поєднанні з ГІС аналітикою забезпечує високу точність і ефективність оцінки стану земель.

Досліджено теоретичні засади геоінформаційного моніторингу земельних ресурсів. Проаналізовано сутність та значення земельних ресурсів як компонента довкілля. Розглянуто принципи та методи дистанційного зондування Землі як сучасного інструменту для збору геопросторової інформації. Розглянуто загальні характеристики цифрового оброблення супутникових даних дистанційного зондування Землі.

Проаналізовано інформаційне і програмне забезпечення, що використовується для моніторингу земельних ресурсів. Розглянуто методи обробки супутникових знімків, зокрема використання спектральних індексів NDVI, NDWI, EVI, SAVI. Проаналізовано можливість використання цих індексів для оцінки стану сільськогосподарських угідь, визначення продуктивності рослинності, виявлення деградованих земель та зміни у землекористувань.

Результати дослідження мають практичне значення для впровадження сучасного інструментарію в агросфері, що сприятимуть сталому управлінню земельними ресурсами та розвитку точного землеробства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Земельний кодекс України. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 14.02.2025).
2. Балюк С., Хареба В., Кечер А. Стале управління як основа продовольчої безпеки: глобальні тренди й національні виклики. *Вісник аграрної науки*. Том 100 № 10 (2022): Bulletin of Agricultural Science. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-08> URL: https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/article/view/2022_10_08 (дата звернення: 14.10.2024).
3. Лазоренко Н. Ю. Геоінформаційний моніторинг [Електронний ресурс]: конспект лекцій : для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» / Н. Ю. Лазоренко, Д. О. Кінь ; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. – Київ : КНУБА, 2024. – 87 с. : іл. - Бібліогр. : с. 81 - 86. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/items/caa898d0-1774-49e7-8676-e81f32038ba4> (дата звернення: 10.11.2024).
4. Бондаренко Е.Л., Яценко О.Ю., Красніков В.В., Кирилюк М.О. Карти для вирішення задач моніторингу. Матеріали 5 Наук.-практ. конф. Картографія та вища школа. Київ, 23-25.09.2021 р. URL: https://www.researchgate.net/profile/Eduard-Bondarenko/publication/366275094_MAPS_FOR_SOLVING_MONITORING_TASKS/links/639f66eee42faa7e75d377dc/MAPS-FOR-SOLVING-MONITORING-TASKS.pdf (дата звернення: 15.11.2024).
5. Національний стандарт України. Дистанційне зондування Землі з космосу. Оброблення даних. Терміни та визначення понять. ДСТУ 4758:2007. К.: Держспоживстандарт України. 2007. - с. 16. URL: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-standart/[standards][sensing][2007]-dystanczijne_zonduvannya_zemli_DSTU_%204758-2007.pdf

6. Дистанційне зондування з основами фотограмметрії: навчальний посібник/ заг. ред. Курач Т.М.-К.Вид.-полігр. Центр «Київський університет», 2011.-367с.
7. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків.- К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. - 316 с. ISBN 978-617-7734-01-6ю
8. Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів. *Офіційний вебпортал парламенту України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-п#Text> (дата звернення: 13.03.2025).
9. Бухова Д.М. Сучасні правові проблеми відновлення земель, пошкоджених внаслідок військових дій. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. Серія Право. Том 3 № 86(2024) DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2024.86.3.14> URL: <http://visnyk-pravo.uzhnu.edu.ua/article/view/320649> (дата звернення: 01.02.2025).
10. Булакевич С., Качановський О., Русіна Н. Проблеми інформаційного забезпечення системи моніторингу земель в Україні. *Молодий вчений*, 4(116), 8-12 квітень 2023. <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2023-4-116-2> URL: <https://molodyivchenyi.ua/index.php/journal/article/view/5801> (дата звернення: 10.02.2025).
11. Третяк В., Скляр Ю., Капінос Н. Розвиток системи земельного моніторингу в Україні /Використання й охорона земельних ресурсів: актуальні питання науки і практики: матеріали Всеукр.наук.-практ. Інтернет конференції.2022. С.103-106.
12. Овчерковська Т.К. Моніторинг земель України: правові аспекти. *Юридичний вісник*. 2015.№ 1 (15). С.125-128. URL: <http://er.nau.edu.ua/handle/NAU/18886> (дата звернення: 10.01.2025).
13. Oleh Skydan, Petro Pyvovar , Pavlo Topolnytskyi, Tetiana Prysiashna Analysis of Rural Areas of Ukraine on the Basis of ESA WorldCover 2020. 2022. Scientific Horizons, 25(5), 74-85. DOI: 10.48077/scihor.25(5).2022.74-85. URL:

<https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/tom-25-5-2022/analiz-silskikh-teritoriy-ukrayini-na-osnovi-produktu-esa-worldcover-2020>.

13. Zanaga, D., Van De Kerchove, R., Daems, D., De Keersmaecker, W., Brockmann, C., Kirches, G., Wevers, J., Cartus, O., Santoro, M., Fritz, S., Lesiv, M., Herold, M., Tsendbazar, NE, Xu, P., Ramoino, F., Аріно, О., 2022. ESA WorldCover 10 m 2021 v200. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7254221>.

14. Децентралізація в Україні. URL: <https://decentralization.ua/newgromada> (дата звернення: 01.04.2025).

15. Офіційний сайт Полтавської міської ради та виконавчого комітету. URL: <https://www.rada-poltava.gov.ua/> (дата звернення: 01.04.2025).

16. Територіальні громади Полтавщини. | *Полтавська обласна рада*. URL: <https://oblrada-pl.gov.ua/rubric/terytorialni-gromady-poltavshchyny> (дата звернення: 01.04.2025).

17. Курач Т.М. Цифрове оброблення та дешифрування знімків: конспект лекцій. – К., 2021 – 50 с.

URL: e-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/12/kurach-t_czo_konspekt-lekczij.pdf (дата звернення: 09.04.2025).

18. Рибалова О. Оцінка якісного стану ґрунтів та земельних ресурсів Полтавської області. *The XXI th International scientific and practical conference «CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND PRACTICE»* (15-16 June, 2020). Haifa, Israel 2020. p. 206-211.

DOI: 10.46299/ISG.2020.XXI. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10927> (дата звернення: 09.01.2025).

19. Некос А. Н., Щукін Г. Г., Некос В. Ю Дистанційні методи досліджень в екології: Навчальний посібник. – Х.: Х НУ імені В.Н. Каразіна, 2007. - 372 с.

20. Дистанційне зондування Землі з космосу. Оброблення даних. Терміни та визначення понять. ДСТУ 4758:2007. К.: Держспоживстандарт України. 2007.

21. Управління земельними ресурсами в умовах децентралізації влади: стан, проблеми та перспективи їх вирішення: матеріали Всеукраїнської наук.-практ.

студ. конф., яка присвячена Дню землевпорядника та 15-річчю створення кафедри управління земельними ресурсами. – К.: МПБП «ГОРДОН», 2016. – 374 с.

22. Екологічний паспорт Полтавської області (2023 рік). Затверджено начальником Полтавської військової адміністрації. Полтава. 2024 р. 266 с. URL: <https://poda.gov.ua/attachments/195200> (дата звернення: 05.02.2025).

23. Про програму ефективного використання земельних ресурсів Полтавщини на період 2022-2027 років. Рішення Полтавської обласної ради. URL: <https://oblrada-pl.gov.ua/doc/doc/1615> (дата звернення: 01.02.2025).

24. Бондаренко Е.Л. ГІС у задачах моніторингу навколишнього середовища. Вісник_Географія_№76-77_ред_95-100 PDF (visnyk-geo.knu.ua).

<http://doi.org/10.17721/1728-2721.2020.76-77.14>

25. WorldCover | WORLDCOVER. *WorldCover | WORLDCOVER*. URL: <https://esa-worldcover.org/> (date of access: 05.02.2025).

26. QGIS overview · QGIS Web Site. *Spatial without Compromise · QGIS Web Site*. URL: <https://qgis.org/project/overview/> (date of access: 01.03.2025).

27. GIS Software for Mapping and Spatial Analytics | Esri. *GIS Software for Mapping and Spatial Analytics | Esri*. URL: <https://www.esri.com/> (date of access: 09.03.2025).

28. Landsat Normalized Difference Vegetation Index. *USGS*. URL: <http://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index> (date of access: 25.02.2025).

29. Sentinel-hub EO-Browser3. *Dashboard*. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=10&lat=41.9&lng=12.5&themeId=DEFAULT-THEME&toTime=2025-05-10T07:40:13.329Z> (date of access: 10.04.2025).

30. NASA. *NASA*. URL: <https://www.nasa.gov/> (date of access: 01.05.2025).

31. Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів : Постанова Каб. Міністрів України від 23.07.2024 № 848. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-2024-п#Text> (дата звернення: 10.03.2025).

32. Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення : Наказ М-ва аграр. політики України від 26.02.2004 № 51. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text> (дата звернення: 10.05.2025).

33. Г. М. Жолобак Використання методів дистанційного зондування землі для моніторингу агроресурсів України. ISSN 1561-8889. Космічна наука і технологія. 2010. Т. 16. № 6. С.16-23.

