

DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.445-458

УДК 528.4:528.6

д.геогр.н., професор Шевчук С.М.,

Shevchuk1983@i.ua, ORCID: 0000-0002-8155-8326,

Полтавський державний аграрний університет,

Прокопенко Н.І., bilanp79@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5046-6122,

Сумський національний аграрний університет,

Рожі Т.А., tomas.rozhi.94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6794-9662,

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ ДАНИХ ПРИ ПЛАНУВАННІ ТА МОНІТОРИНГУ АГРОЛАНДШАФТІВ: ОПТИМІЗАЦІЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ

Зроблена спроба оцінити ефективність використання геодезичних даних у процесах планування та моніторингу агроландшафтів. Дослідження зосереджене на визначенні ролі цих даних у вдосконаленні систем землекористування та розвитку стратегій збереження природних ресурсів. Основні завдання дослідження включають аналіз поточного стану використання геодезичних даних у сфері агроландшафтів, визначення переваг та обмежень їх використання, розробку рекомендацій щодо їх оптимізації та оцінку впливу на охорону природи та сталий розвиток сільського господарства. Методологія дослідження базується на використанні детальних космічних карт, створених з супутникових знімків високої роздільної здатності від супутника WorldView-4. Технічні характеристики супутника та його можливості знімання, включаючи оптичні дані, ширину смуги та періодичність знімання, детально представлені у статті. Ці дані дозволяють виявити макроструктуру та геометрію агроландшафтів, включаючи їх просторове розташування та внутрішню структуру, а також оцінити різні характеристики, такі як площа, розміри, а також геостатистичні характеристики рельєфу. Аналіз даних забезпечує важливу інформацію про різні аспекти агроландшафтів, зокрема про їх захищеність лісовими насадженнями, розміри та площі, а також про рівні деградації тестових полів. Дослідження показало, що більша частина досліджуваної території зайнята комплексними темно-каштановими ґрунтами, а деградація ріллі пов'язана переважно з зливом родючого шару. На тестовій ділянці переважають поля з рівнем деградації «ризик». Використання геодезичних даних у сучасних геоінформаційних системах дає можливість своєчасно впроваджувати агротехнічні протиерозійні заходи, що запобігають втраті сільськогосподарських угідь. Адаптивно-ландшафтний землеустрій,

заснований на ГІС, сприяє збереженню екологічного скелета природних комплексів та контролює антропогенний вплив на довкілля. Результати дослідження демонструють важливість інтеграції геодезичних даних у моніторинг, планування та управління агроландшафтами, підкреслюючи їх значення для сталого розвитку сільськогосподарських територій.

Ключові слова: геодезичні дані; електронні геодезичні прилади; моніторинг агроландшафту; землекористування; геоінформаційне картографування; супутникові знімки; тип ґрунту.

Постановка проблеми. Технології, пов'язані з аналізом використання геодезичних даних при плануванні та моніторингу агроландшафтів, відіграють ключову роль у вивченні різних аспектів аграрної діяльності. Геодезичні супутникові знімки дозволяють здійснювати облік сільськогосподарських територій, ідентифікувати деградацію земель, виявляти потенційні ризики для урожаю та вирішувати численні інші питання, пов'язані з аграрною промисловістю. Останнім часом, геодезичні геоінформаційні системи агроландшафтів набули значної важливості, особливо у контексті оптимізації землекористування, охорони природи та створення екологічно стабільних природних систем. Геодезичне планування пропонує методи розв'язання проблем, сприяє швидкому прийняттю управлінських рішень та оперативному моніторингу агроландшафтів, зокрема в аспектах родючості, покращення практики землекористування та охорони земель. Аналіз супутникових знімків також використовується для картування агроландшафтів. Використання геодезичного аналізу знижує витрати на проєктування, прискорює процеси реалізації, підвищує якість та точність документації, а також забезпечує високу точність визначення розташування об'єктів. Супутникові знімки також допомагають у проведенні інвентаризації та виявленні деградації земель. Використання аерокосмічних технологій дозволяє моніторити стан агроландшафтів з можливістю верифікації отриманих даних через вибіркові польові дослідження. Це значно збільшує обсяг доступної інформації та скорочує час її обробки та аналізу, що є важливим у виявленні деградації земель та потенційного зниження урожайності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Внесок українських науковців у розробку теорії та методології використання геодезичних даних для оцінки ґрунтів в агроландшафтах є значним і представлений в роботах: Хвесик М., Голян В. [1], Ямелинець Т. [2]. Наукові дослідження у цій області мають велику важливість, проте у контексті інтенсивного аграрного господарства, яке спричиняє зниження родючості ґрунтів та стійкості агроландшафтів, необхідні новітні продуктивні методики та стратегії для ефективного використання

земель. За словами провідних фахівців, таких як: Македон В., Байлова О. [3], Данкевич В., Данкевич Є. [4] організація внутрішньогосподарського землеустрою має базуватися на ландшафтній основі.

У процесі землеустрою на агроландшафтній основі важливу роль відіграє агроландшафтне та агроекологічне районування для визначення первинних одиниць агроландшафтних об'єктів. Геоінформаційне картографування агроландшафтів і створення агроландшафтних карт у ГІС-середовищі на регіональному рівні було проведено авторами раніше, як описано у роботі Чабанюк В., Поливач К. [5], з акцентом на агроландшафтне картографування з використанням дистанційних досліджень і геодезичних технологій. Розвиток цієї сфери передбачає створення широкої тематичної інформаційної бази, обробку та аналіз великої кількості даних про характеристики агроландшафтних систем. В цьому контексті можуть бути ефективно використані інформаційні комп'ютерні технології, зокрема ГІС-технології, що є фундаментом для прийняття швидких управлінських рішень (Каліна І. [6]).

Мета і задачі дослідження. **Мета статті** – оцінка ефективності використання геодезичних даних в процесах планування та моніторингу агроландшафтів. Дослідження спрямоване на визначення ролі геодезичних даних у вдосконаленні систем землекористування та розвитку стратегій охорони природних ресурсів.

Завдання дослідження:

- аналізувати поточний стан використання геодезичних даних у сфері агроландшафтів, зокрема, як це стосується планування та моніторингу.
- визначити ключові переваги та обмеження застосування геодезичних даних у контексті управління агроландшафтами.
- розробити рекомендації щодо оптимізації використання геодезичних даних для підвищення ефективності землекористування та збереження агроecosистем.
- оцінити вплив ефективного використання геодезичних даних на охорону природи та сталий розвиток сільського господарства.

Матеріали та методи. Для аналізу стану та моніторингу агроландшафтів використовуються детальні космічні карти, створені на основі супутникових знімків високої роздільної здатності (0,4-1,0 м) від супутника WorldView-4. Особливості супутника описані в таблиці 1.

З цих карт визначаються макроструктура та геометричні характеристики агроландшафтів, а також їх просторове розташування. Коли виникає потреба, внутрішня структура агроландшафтів уточнюється за даними сільськогосподарських підприємств та реєстрів.

Таблиця 1

Технічні характеристики супутника для отримання геодезичних даних [7]

Технічні характеристики	WorldView-4
Тип даних	оптичні
Режим знімання	моно та стерео знімання
Спектральні канали	панхроматичні /мультиспектральні: (4 канали VNIR)
Просторовий дозвіл у надирі, м	Панхроматичний - 0,31; Мультиспектральний - 1,23
Ширина смуги знімання в надирі, км	13,2
Період повторного знімання, доба	<1 добу з роздільною здатністю 1 м, 4,5 доби з відхиленням менш ніж 20 градусів
Продуктивність знімання, км ²	680 000
Отримання стереопари	стереознімання на одному витку

Встановлюється кількість агроландшафтів, захищених (частково або повністю) лісовими насадженнями, а також тих, що не захищені. Визначаються площі та розміри цих агроландшафтів. Окрім того, проводиться аналіз геостатистичних характеристик рельєфу агроландшафтів, які знаходяться поруч із досліджуваною територією, і результати вносяться в таблицю. Комбінований аналіз карти розташування агроландшафтів, рельєфу та ґрунтової карти дозволяє виділити поля залежно від їх потенційної продуктивності. Аерокосмічний аналіз аграрних угідь в агролісоландшафтах включає наступні етапи [8, 9]:

- 1) Виконується супутникове знімання аграрних угідь з високою та надвисокою роздільною здатністю.
- 2) Обирається оптимальний час для знімання (рання весна або літо).
- 3) За допомогою електронних геодезичних приладів та програмного комплексу QGIS створюється космічна карта агролісоландшафту досліджуваної території.
- 4) У середовищі ГІС з космічних карт і баз даних виділяється макроструктура агроландшафтів, обмежених лісовими насадженнями.
- 5) На картографічному векторному шарі визначається загальна кількість агроландшафтів, захищених лісовими насадженнями, та тих, що не захищені.
- 6) Створюється векторна карта розташування аграрних угідь.
- 7) У програмі QGIS проводиться розрахунок площ та розмірів агроландшафтів.
- 8) Визначаються статистичні характеристики агроландшафтів, розташованих на тестовій ділянці.
- 9) Статистичні дані про аналізовані поля вносяться у таблицю.

Інформація, відповідна до аграрних угідь, вибирається з наявних та створених баз даних. Для кожного поля визначаються доступні характеристики, які потім реєструються в тематичній ГІС-базі даних. Використовуючи цифрову карту ґрунтів, що зберігається в базах даних, створюється векторний шар – карта ґрунтових контурів для досліджуваної території. Відбувається детальний аналіз картографічних шарів, що відображають розміщення аграрних угідь і ґрунтові контури. Формується векторний шар, що демонструє розподіл аграрних угідь за потенційною продуктивністю. Аналізується стан агроландшафтів, визначаються рівні їх деградації й загальна деградація всього поля.

Результати та їх обґрунтування. Останнім часом геоінформаційні системи (ГІС) стали ключовими в оцінці стану агроландшафтів, особливо в контексті розвитку екологічно стабільних природних систем, які є важливою соціально-економічною задачею для держави. В Україні за останні десять років спостерігається відсутність наукових і виробничих робіт щодо планування та зонування земель, а також розробки проєктів з моніторингу, раціонального використання та охорони земель. Це призвело до зниження родючості ґрунтів та їх деградації, а також до вилучення сільськогосподарських угідь для інших потреб.

У зв'язку з високим господарським навантаженням на землі та потребою у сталому розвитку агроландшафтів, важливими стають екологічні нормативи у землекористуванні та збереженні продуктивних земель. Без використання ГІС-технологій неможливо створити ефективну основу землекористування. Це дозволяє перевести агроекологічну оцінку земель на якісно новий рівень, особливо в контексті проєктування інтенсивних землеробських та агротехнологічних систем, а також адаптивно-ландшафтних систем землеробства [2].

При моніторингу родючості земель використовуються різні картографічні матеріали, обробка та аналіз яких без сучасних картографічних технологій були б дорогими та часомісткими. Ефективність та швидкість роботи забезпечується завдяки використанню даних аерофотознімання, супутникових знімків, електронних геодезичних приладів та різноманітних ГІС-технологій, які дозволяють поєднувати географічне розташування об'єктів з семантичною інформацією. Основу аналізу родючості конкретної ділянки землі складає географічна інформаційна система регіону зі структурованими даними про стан земель за різними критеріями, включеними до системи моніторингу родючості ґрунтів. Сучасна ГІС є автоматизованою системою з широкою базою графічних та тематичних даних, інтегрованою з модельними та розрахунковими функціями для їх обробки та перетворення у просторову картографічну

інформацію, що дозволяє створювати широкий спектр тематичних карт. Так адаптивно-ландшафтний землеустрій допомагає вирішити проблему збереження екологічного скелета природних комплексів. З одного боку, це означає збереження природних ресурсів, а з іншого – контроль антропогенного впливу, який може негативно впливати на довкілля. Ефективність таких досліджень можна покращити за допомогою ГІС [4].

Для геодезичного аналізу ріллі на тестовій ділянці «Околиця» була розроблена спеціалізована ГІС та кілька тематичних картографічних шарів, включаючи космічні карти, створені на основі супутникових знімків високої роздільної здатності. Результатом дослідження стало визначення макроструктури і геометрії агроландшафтів, представлених на рис. 1. Внутрішня структура агроландшафтів не була вивчена, оскільки мета аерокосмічного аналізу полягала у виявленні поточного стану агроландшафту на досліджуваній території [10].



Рис. 1. Карта розміщення ділянок ріллі в агроландшафті тестової ділянки «Околиця» [11]

Загалом було виділено 28 ділянок аграрних угідь (агроландшафтів), частково захищених лісовими насадженнями. Найменша площа знаходиться у полі №18 і становить 4,12 га. Найбільший розмір поля спостерігається у полі №5, яке займає 405,1 га. Середній розмір поля становить 147,1 га. Дані про статистичні характеристики аграрних угідь, виявлених на тестовій ділянці «Околиця», представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Статистичні характеристики агроландшафтів на тестовій ділянці «Околиця»
(розраховано авторами на основі даних супутника [11])

№ поля	Периметр, км	Площа, га	Мінімальна висота, м	Максимальна висота, м	Середня висота, м	Стандартне відхилення висоти, м	Максимальний кут нахилу схилу	Середній кут нахилу схилу,	Стандартне відхилення кута нахилу схилу,
1	8,69	366,63	116,6	154	137,5	9,13	3,19	1,32	0,44
2	7,15	74,47	141,9	156,2	149,563	5,39	2,97	1,21	0,44
3	4,1195	19,14	150,7	166,1	158,18	2,75	2,97	1,87	0,33
4	9,57	354,53	158,4	196,9	176,55	8,58	4,07	1,65	0,66
5	14,19	444,62	170,5	218,9	197,23	9,79	3,85	1,54	0,66
6	6,38	151,14	199,1	228,8	216,92	7,48	3,3	1,65	0,66
7	11,55	419,54	193,6	237,6	221,54	8,58	4,07	1,43	0,66
8	4,84	56,87	180,4	204,6	191,62	7,15	3,85	1,54	0,66
9	2,42	27,28	202,4	214,5	207,46	2,64	2,09	0,99	0,22
10	2,53	24,31	200,2	215,6	209,11	3,63	2,09	1,1	0,33
11	6,05	175,67	199,1	228,8	218,13	8,03	3,41	1,76	0,77
12	4,62	75,68	176	205,7	193,38	7,59	3,19	1,43	0,55
13	3,85	36,74	172,7	200,2	186,45	7,15	3,08	1,43	0,44
14	5,94	140,25	170,5	209	193,6	8,36	4,4	2,2	0,88
15	2,2	13,31	162,8	189,2	177,54	6,71	4,18	2,09	0,88
16	2,53	24,64	177,1	199,1	188,21	4,84	3,08	1,98	0,44
17	8,47	303,27	178,2	226,6	202,4	11	3,52	1,76	0,55
18	1,1	4,4	173,8	181,5	177,65	1,43	2,75	1,65	0,44
20	9,13	358,6	169,4	212,3	194,26	10,01	4,4	1,87	0,77
21	5,39	111,21	154	174,9	163,79	5,72	2,09	0,99	0,33
22	4,84	37,07	136,4	155,1	148,06	4,4	2,31	1,1	0,44
23	5,72	156,09	149,6	187	168,85	8,8	3,08	1,54	0,44
24	6,38	189,97	140,8	184,8	164,45	9,9	2,97	1,54	0,44
25	10,23	402,16	119,9	168,3	144,65	9,13	4,73	1,54	0,66
26	1,87	13,86	119,9	133,1	125,51	3,41	2,2	1,43	0,33
27	5,17	145,53	141,9	156,2	149,563	5,39	2,97	1,21	0,44
28	4,444	92,136	140,8	184,8	164,45	9,9	2,97	1,54	0,44

Комплексний аналіз розробленої карти розміщення агроландшафтів на тестовій ділянці «Околиця» дозволив класифікувати поля за типами ґрунтів (рис. 2). Встановлено, що 52% площі складають темно-каштанові середньосуглинисті ґрунти з тонким гумусовим горизонтом, каштанові ґрунти із солонцями каштановими на 10-22% території з середнім рівнем водної ерозії. Інші 48% площі займають темно-каштанові ґрунти з середнім рівнем водної ерозії.

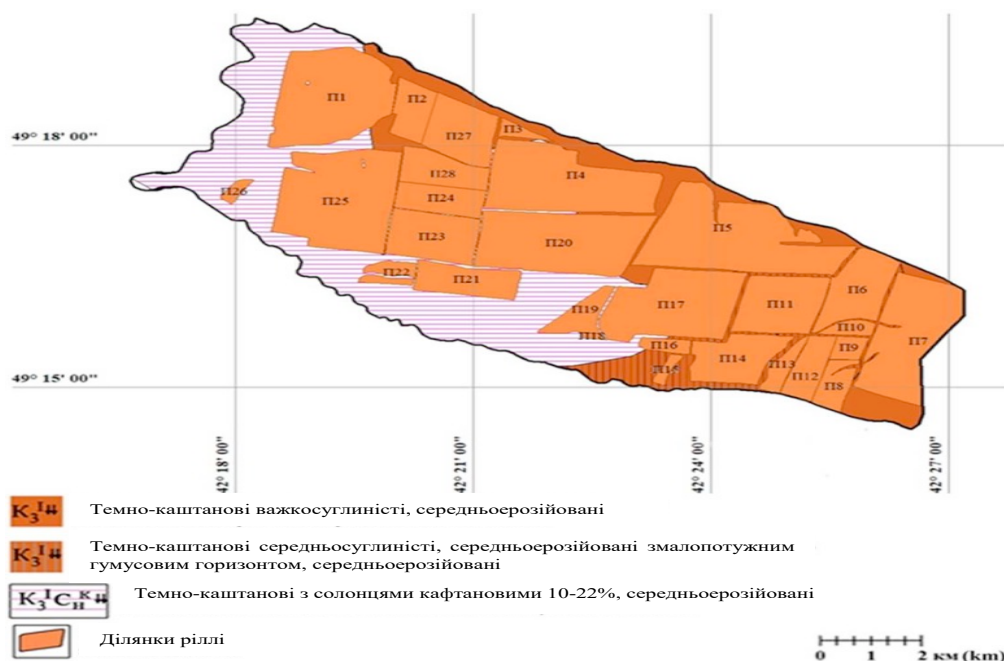


Рис. 2. Карта ґрунтів та розміщення ріллі в агроландшафті тестової ділянки «Околиця» [11]

Поля під номерами 23, 28, 20, 4, 3, 5 повністю розміщені на ділянках темно-каштанових, глинистих, важкосуглинистих карбонатних ґрунтів із неглибоким гумусовим шаром, які мають середній рівень водної ерозії.

Поля під номерами 26, 19, 18, 15, 16, 14, 1, 11, 6, 13, 12, 8, 9, 7, 10 знаходяться на території темно-каштанових ґрунтів із солонцями, малогумусових на 10-25%, також з середнім рівнем водної ерозії, займаючи в сукупності площу 34007,41 га. Орні землі під номерами 21, 22, 25, 17, 2, 24 розташовані на темно-каштанових ґрунтах, а також на темно-каштанових з солонцями [12]. Для аналізу ступеня деградації аграрних угідь на тестовій ділянці «Околиця» були обрані поля під номерами 2, 4 та 24. За допомогою комп'ютерних програм проведено дослідження змиву ґрунтів на цих ділянках.

Переважає більшість ґрунтів виявила рівень деградації «ризик» – 56,1 % або 75,2 га; 36,9% (50,93 га) знаходяться на рівні деградації «криза»; нормальний стан представлений на 4,2% території, що становить 5,62 га. Мінімальний відсоток ґрунту на дослідній ділянці – 2,89 % – має рівень деградації «повна деградація» [13, 14] (табл. 3, рис. 3).

Таблиця 3

Рівень деградації ґрунтів на тестовій ділянці «Околиця» на прикладі ріллі №2, 4, 24 (розроблено авторами)

Рівень деградації	Середня площа ріллі, га	Середня площа ріллі, га
Норма	6,05	4,51
Ризик	82,28	60,94
Криза	56,21	41,58
Повна деградація	4,07	2,97

У процесі аналізу стану деградації ґрунтів на прикладі агроландшафтів № 2, 4, 24 на тестовій ділянці «Околиця» було виявлено, що ці поля перебувають на рівні «ризик» і продовжують виконувати аграрні функції.

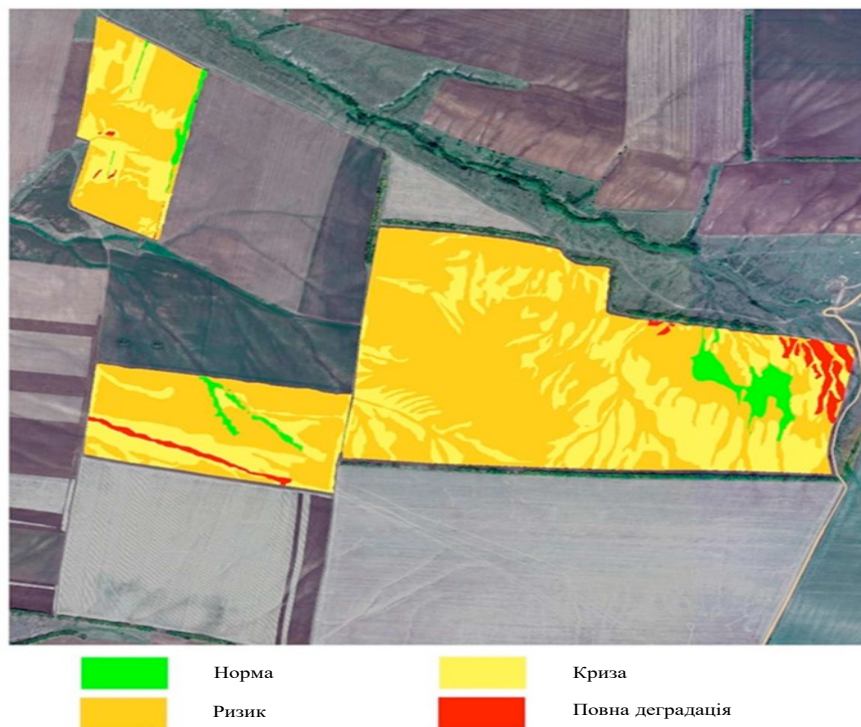


Рис. 3. Схема деградації агроландшафту на тестовій ділянці «Околиця»

Характер використання земель сільськогосподарського призначення в даному поселенні свідчить про їх активне включення в аграрний цикл та під впливом природних та антропогенних факторів [15, 16]. Завдяки сучасним геоінформаційним системам можна визначити ступінь змиву ґрунту залежно від кута нахилу, що дає можливість своєчасно впроваджувати комплекс агротехнічних протиерозійних заходів для запобігання втрат сільськогосподарських угідь. Це все разом допомагає отримати детальне розуміння кожної ділянки аграрних угідь, їх використання, що не тільки дозволяє спостерігати та аналізувати стан угідь, але й розробляти прогнози,

важливі для управління земельними ресурсами в межах аграрних територій [17]. Вивчення стану та оцінка якості сільськогосподарських земель є складним багаторівневим процесом, який охоплює різноманітні види робіт та вимагає всебічного підходу до кожного окремого угіддя в межах певної території.

Висновки та рекомендації. Проведений геодезичний аналіз є важливим інструментом у багатьох аспектах агропромислового сектору, особливо у моніторингу стану, плануванні та моніторингу аграрних угідь. Завдяки аналізу сучасного стану аграрних угідь Донської гряди, заснованому на супутникових знімках, вдалося визначити розподіл ґрунтів і рівні їх деградації на тестових ділянках. З цих даних видно, що понад половина досліджуваної території (52%) покрита складними темно-каштановими ґрунтами, а деградація ріллі в основному пов'язана з ерозією родючого шару. Найбільш поширений рівень деградації – «ризик» – становить 56,1% від усієї площі, тоді як лише 4,1% агроландшафтів відповідають рівню «норма». Таким чином, використання методу геодезичного аналізу аерокосмічних даних та інтеграція тематичних шарів ГІС (карти розташування агроландшафтів, рельєфу, ґрунтів та деградації) дозволяє точно визначити просторовий розподіл деградованих ділянок ріллі, виявити їх тип, оцінити економічні втрати від деградації, пов'язані зі зниженням доходів, а також розробити план дій для відновлення родючості ґрунтів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Інституціональне забезпечення землекористування: теорія і практика: монографія / М.А. Хвесик, В.А. Голян. К.: НАН України, 2006. 160 с.
2. Ямелинець Т. Інформаційне ґрунтознавство : монографія. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 352 с.
3. Македон В.В., Байлова О.О. Планування і організація впровадження цифрових технологій в діяльність промислових підприємств. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія «Економічні науки». 2023. Випуск 47. С. 16-26. DOI: 10.32999/ksu2307-8030/2023-47-3
4. Данкевич В.Є., Данкевич Є.М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. Економіка АПК. 2019. №8. С. 27
5. Chabaniuk V., Polyvach K. Critical properties of modern geographic information systems for territory management. Cybernetics and Computer Engineering. 2020. No. 3(201). pp. 5–32. DOI:10.15407/kvt201.03.005
6. Каліна І.І. Концептуальні засади побудови цифровізації аграрного сектору. Ефективна економіка. 2019. № 10. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8232>. DOI: 10.32702/2307-2105-

2019.10.82

7. U.S. Geological Survey (USGS). All Maps. URL: <https://www.usgs.gov/products/maps/all-maps>
8. Makedon V., Mykhailenko O., & Dzyad O. Modification of Value Management of International Corporate Structures in the Digital Economy. *European Journal of Management Issues*. 2023. 31(1). pp. 50-62. <https://doi.org/10.15421/192305>
9. ГІС Карти: Види Та Застосування Цифрової Картографії. URL: <https://eos.com/uk/blog/gis-karty/>
10. Таратула Р.Б. Роль державного земельного кадастру в інформаційному забезпеченні системи управління земельними ресурсами [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://natureus.org.ua/repec/archive/1_2016/28.pdf
11. NASA. Landsat Science. URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/article/landsat-next-defined/>
12. Македон В.В., Чабаненко А.В. Факторні складові цифровізації глобальної економіки та макроекономічних систем країн світу. *Ефективна економіка*. 2022. № 1. – URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=9875>. DOI: 10.32702/2307-2105-2022.1.11
13. Digital Outcrop Modelling and Geological Mapping: Shaping the Future of Geology. URL: <https://www.vrgeoscience.com/shaping-the-future-of-geology/>
14. Вертегел С., Вишняков В., Гуреля В., Сластін С., Піскун О., Харченко С., Мороз В. Розробка методики створення і оновлення картографічної основи з використанням космічних знімків від супутників «SUPER VIEW-1». *Екологічна безпека та природокористування*. 2022. №41(1). с. 89–101. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.1.89-101>
15. GIS for Land Administration – Esri. URL: www.esri.com/industries/cadastre/
16. Згурська О., Корчинська О., Рубель К., Кубів С., Тарасюк А., Головченко О. Цифровізація національного агропромислового комплексу: нові виклики, реалії та перспективи. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2022. №6(47). с. 388–399. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.6.47.2022.3929>
17. Чувпило В., Шевчук С., Гапон С., Нагорна С., Куришко, Р. Кадастрові системи та землеустрій у містобудівному проектуванні: оптимізація землекористування та міського планування. *Містобудування та територіальне планування*. 2023. №(84). С. 407–423. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.84.407-423>.