



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 502:504:528.8
© 2025

ВИМОГИ ДО СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ У СИСТЕМІ ГЕОПРОСТОРОВОГО АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

О.Г. Тараріко¹, Т.В. Льєнко², Д.П. Васільєв³

¹доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

²кандидат сільськогосподарських наук

Інститут агроекології і природокористування

Національної академії аграрних наук України

вул. Метрологічна, 12, м. Київ, 03143, Україна

e-mail: ¹tarariko@ukr.net, ²tilienko@gmail.com, ³freimaster.af@gmail.com

ORCID: ¹0000-0002-5132-0157, ²0000-0001-5406-5449, ³0009-0005-0578-3539

Надійшла 20.08.2025

Мета. Обґрунтувати вимоги до супутникових даних і режимів їх використання в системі моніторингу процесів деградації та опустелювання земель. **Методи.** Системний аналіз — для комплексного вивчення основних типів деградаційних процесів в агроландшафтах України та узгодження вимог до супутникових даних; логіко-аналітичний — для оцінювання технічних характеристик доступних супутникових систем, їх просторової, часової та спектральної роздільної здатностей; порівняльний аналіз — для узагальнення результатів вітчизняних і зарубіжних досліджень щодо оцінювання опустелювання та добору валідованих індикаторів; структурно-типологічний — для врахування зональних особливостей об'єктів землекористування за формування критеріїв розрізнення; системного узагальнення — для формулювання інтегрованих вимог до супутникового забезпечення агроекологічного моніторингу. **Результати.** Визначено ключові екологічні й антропогенні чинники, що спричиняють опустелювання в степових регіонах України. Сформульовано комплексні вимоги до супутникових даних для моніторингу опустелювання в системі агроекологічного моніторингу. Наведено їх оптимальні параметри: просторову роздільну здатність (1–30 м — для детального аналізу, 250–1000 м — для регіонального моніторингу); часову роздільну здатність (5–16 днів — для відстеження сезонних змін), спектральні діапазони — для розрахунку вегетаційних, водних і ґрунтових індексів. Проведено оцінювання параметрів супутникових платформ і рекомендовано використовувати дані Sentinel-1 та 2, Landsat, MODIS, Copernicus для визначення деградації

земель у системі агроекологічного моніторингу. Здійснено оцінювання джерел отримання індикаторів моніторингу, які використовують згідно з Конвенцією ООН про боротьбу з опустелюванням. Визначено напрям їх практичного використання для виявлення кризових явищ і формування збалансованої структури агроландшафтів в умовах змін клімату. Висновки. Супутниковий інформаційний ресурс забезпечує високу оперативність, достовірність й економічну ефективність, сприяє вдосконаленню системи агроекологічного моніторингу деградації земель в умовах зміни клімату.

Ключові слова: дистанційне зондування, вегетаційні індекси, роздільна здатність, спектральні діапазони, режим знімання.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202512-06>

Згідно зі Спеціальною доповіддю про зміну клімату та землекористування Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату 22–29% загальної площі суходолу Землі, не вкритої льодовим покривом, зазнають деградації [1]. Сільськогосподарські угіддя України становлять майже 19% загальноєвропейських, а орні землі — приблизно 27% [2]. Площа чорноземів — майже 27,8 млн га (8,7% їх світової площі), що формує основну частку (67,7%) сільськогосподарських угідь України [3]. Однак останніми десятиліттями в Україні спостерігають негативні тенденції щодо деградації земель, а також виснаження родючості ґрунтів, що охоплюють сільськогосподарські угіддя в усіх природно-кліматичних зонах країни.

Моніторинг процесів деградації, опустелювання та інших кризових явищ в агроландшафтах на різних просторових рівнях через їх високу вартість досить складно здійснювати лише традиційними наземними методами. Сучасний розвиток систем дистанційного космічного фотографування та геоінформаційних технологій дає змогу для розв'язання цього питання. Саме тому надзвичайно актуальним є використання сучасних супутникових даних із метою оперативного визначення

темтів опустелювання та прояву критичних посушливих явищ у різних регіонах України. Це дасть змогу своєчасно ухвалювати обґрунтовані управлінські рішення, коригувати агротехнології, вдосконалювати системи земле- й водокористування для адаптації агроекосистем до змін клімату.

Аналіз останніх досліджень. На Конференції Організації Об'єднаних Націй щодо боротьби з опустелюванням у 1977 р. було офіційно визнано на міжнародному рівні складність і глобальний масштаб проблеми деградації земель та опустелювання. У 1992 р. за рішенням Конференції ООН із довкілля та розвитку в Ріо-де-Жанейро було створено Міждержавний переговорний комітет для підготовки Конвенції ООН про боротьбу з опустелюванням (КБО ООН). У Парижі 17 червня 1994 р. було затверджено відповідну Конвенцію [4], а 26 грудня 1996 р. вона набула чинності. 4 липня 2002 р. Верховна Рада України ухвалила Закон України № 61-IV «Про приєднання України до Конвенції Організації Об'єднаних Націй про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці».

Багато вчених досліджували процеси опустелювання на регіональному

й локальному рівнях. Для визначення ризику опустелювання на місцевому рівні (Basilicata, Italy) було розроблено експертну систему DSS-ESI, яка базувалася на розрахунку комплексного індексу чутливості земель до опустелювання (ESI) за ґрунтовими і кліматичними змінними, показниками рослинності й типами землекористування [5]. З метою оцінювання процесів деградації в Мексиці застосовували регіональні тренди індикаторів опустелювання — чистої первинної продуктивності (NPP) та рослинного покриву (CC), отримані за доступними супутниковими даними [6]. Вільний доступ до супутникових фото забезпечує нові можливості визначення та контролю процесів опустелювання. Автори [7] оцінювали ризик опустелювання в Італії на континентальному, національному та регіональному рівнях, поєднуючи кліматичні, ґрунтові, рослинні й соціально-економічні чинники з використанням ГІС, ДЗЗ-технологій і моделі EPIC. Для карстового плато Альта Мурджа було запропоновано інтеграцію модифікованої моделі MEDALUS із ГІС, що містить індекси клімату, рослинності, ґрунту та управління з метою оцінювання екологічно чутливих територій (ESA) [8]. Було запропоновано використовувати індекс посушливості ґрунту (SAI), який визначають за середньорічною кількістю днів, коли «секція контролю вологості» суха [9], як альтернативу індексу посушливості (AI), ухваленому КБО [10].

Для оцінювання опустелювання в Еритреї було застосовано метод дерева рішень на основі вегетаційних індексів NDVI (нормалізований різницею індекс вегетації), SAVI (ґрунтово-коригований індекс рослинності) та відсотка рослинного покриву, за даними супутника Landsat 1970-х, 1980-х та 2014 рр. [11]. Дослідники [12] визначили високу кореляцію між опустелюванням та екологічними змінними: за NDVI, індексом розміру агрегатів верхнього

шару ґрунту (TGSi), альбедо поверхні, індексом топографічної вологості (TWI), температурою поверхні землі (LST), перпендикулярним індексом посухи (PDI) і висотою. Українські вчені також розробляють методи виявлення осередків опустелювання за даними супутникового моніторингу [13], зокрема визначення вологозабезпеченості території за даними ДЗЗ на основі розрахунків водних індексів [14]. Для виявлення процесів опустелювання у світі запропоновано чимало способів і методів на основі доступних супутникових даних (географічних, даних про землекористування/покриву (LUCC)) та рослинних індикаторів, зокрема NDVI, й геоінформаційних систем ArcGIS і QGIS.

Мета досліджень — обґрунтувати вимоги до супутникових даних і режими їх використання в системі геопросторового агроекологічного моніторингу процесів деградації та опустелювання земель в умовах зміни клімату.

Матеріали та методи досліджень. З метою ефективного моніторингу процесів опустелювання та критичних посушливих явищ було розроблено методичний підхід для визначення вимог щодо супутникових даних, який ґрунтується на комплексному аналізі основних типів деградації та опустелювання земель, їх регіональних особливостей і технічних характеристик доступних супутникових даних, а також на аналізі вітчизняного й міжнародного досвіду та їх використанні в системі агроекологічного моніторингу.

Результати досліджень. Деградація агроландшафтів в Україні негативно впливає на врожайність, якість продукції та завдає значних економічних збитків. До основних його процесів належать водна і вітрова ерозія, дегуміфікація, забруднення й виснаження ґрунтів. Суховії, посухи та пилові бурі, характерні для степу, останнім часом почастишали і в зоні Полісся, створюючи загрозу також здоров'ю людей [15].

У 1980 р. ФАО та ЮНЕП (Програма ООН із довкілля) розробили методологію для оцінювання процесів опустелювання, яке КБО визначає як будь-яку деградацію земель під впливом природних чи антропогенних чинників [16]. Визначення кризових територій лише традиційними наземними методами є складним, тому особливого значення набуває використання дистанційного зондування, ГІС та цифрових моделей рельєфу. Це забезпечує ухвалення своєчасних управлінських рішень щодо зниження наслідків зміни клімату.

На основі досліджень виділено індикатори деградаційних процесів в агроландшафтах: ґрунтові характеристики, стан рослинного покриву (NDVI), чисту первинну продуктивність (NPP), наявність заповідних територій, ураження пожежами, запаси ґрунтової вологи й температурний режим. Більшість із них можна визначати за супутниковими даними. Супутникове знімання поверхні Землі безперервно виконують уже понад 40 років. Програма Landsat із 1972 р. забезпечує аналіз динаміки земної поверхні [17, 18]. Подальший розвиток ДЗЗ сприяв появі супутників із високою роздільною здатністю (IKONOS-2, QuickBird-2, SPOT-5), що започаткувало новий етап цифрового картографування. Важливим кроком у застосуванні даних ДЗЗ для моніторингу деградаційних процесів стала програма Copernicus, яка містить мережу супутників: Sentinel-1 (радіолокаційне знімання, 10 м), Sentinel-2 (оптичне знімання, 10–30 м), Sentinel-3A (32 спектральних канали, 300–1000 м, цикл — 3 дні), а також ідентичні версії В, які скоротили час повторного знімання. До 2015 р. доступними були лише дані супутника Landsat із роздільною здатністю 30 м. Використання супутника Sentinel із удвічі кращими характеристиками дало можливість деталізувати дослідження, підвищивши точність класифікацій і картографування.

Ефективність моніторингу визначається режимом знімання, природними умовами та характеристиками об'єктів агроландшафту [19]. Вибір оптимальних спектральних каналів забезпечує інформативність багатозональних знімків за мінімальної їх кількості. Часові характеристики (добові, метеорологічні, сезонні) формують вимоги до періодичності знімання. Для України оптимальна висота Сонця під час знімання становить 20–30°, у гірських районах — 40–50°.

У процесі дослідження встановлено ключові параметри, які формують вимоги до супутникових даних. За просторовою роздільною здатністю оцінюють відповідність просторового розрізнення супутникових знімків для виявлення різних типів деградаційних процесів із урахуванням їх масштабу — від локальних ерозійних форм (ярів, вимоїн) до регіонального прояву посух. За спектральними діапазонами визначають оптимальні спектральні канали для ідентифікації стану рослинного покриву, вологості ґрунту (середній інфрачервоний діапазон), температурних аномалій (тепловий діапазон), структурних змін поверхні (радіолокаційні дані), зокрема й за аналізом спектральних індексів: вегетаційних (NDVI, EVI, SAVI), водних (NDWI, MNDWI), ґрунтових (NDSI, BSI), посухи (VCI, TCI, VHI). За часовою роздільною здатністю встановлюють необхідну періодичність отримання знімків для відстеження сезонної динаміки рослинності (10–16 днів), швидкоплинних процесів під час посух (3–5 днів), довготривалих змін землекористування (щороку).

Із характерних для території України об'єктів агроландшафтів (ріплі, лісів, лук, пасовищ, боліт і водних об'єктів) та даних польових і камеральних досліджень для візуальної ідентифікації об'єктів агроландшафтів найбільш інформативними є канали багатозонального знімання: 510–530 нм, 540–560, 580–680,

730–820, 760–790 та 760–840 нм [19]. За даними з достатнім просторовим розрізненням для розпізнавання об'єктів агроландшафтів (посівів, лук, пасовищ, лісів, боліт, озер, ставків, водосховищ) визначено порогове просторове розрізнення до 10 м, а для лінійних об'єктів (лінійних ерозійних форм на початковій стадії, річок, лісосмуг) — до 5 м [19]. Територія України характеризується сприятливими умовами для проведення дистанційного знімання впродовж вегетаційного періоду (середина березня — середина листопада). Оптимальним є поєднання систем низької, середньої та високої роздільної здатності: перші — для визначення

кризових територій, другі — для аналізу структури та площ об'єктів. Основні вимоги до супутникових даних для ефективного моніторингу деградаційних процесів наведено в табл. 1.

Для визначення джерел, за якими можна оцінювати поширення процесів опустелювання, розглянемо один із ключових індикаторів оцінювання прогресу в боротьбі з опустелюванням — індикатор 15.3.1 «Частка землі, яка деградувала, від загальної площі землі», визначений Рішенням № 15 КС-12 Конференції сторін КБО ООН про боротьбу з опустелюванням. Одиницею вимірювання цього показника є просторова площа, виражена як відсоток деградованої

1. Вимоги до супутникових даних у системі агроекологічного моніторингу

Критерій	Вимоги (основні характеристики)
Просторова роздільна здатність	Низька роздільна здатність (250–1000 м) для регіонального моніторингу. Середня роздільна здатність (10–30 м) для загального моніторингу. Висока роздільна здатність (1–5 м) для детального аналізу критичних зон
Часова роздільна здатність	Періодичність знімання (5–16 днів) — для відстеження сезонних змін. Можливість створення часових рядів для аналізу багаторічної динаміки
Спектральні діапазони	Видимий (0,45–0,69 мкм). Ближній інфрачервоний — для розрахунку NDVI (0,7–0,9 мкм). Короткохвильовий інфрачервоний — для оцінювання мінерального складу (1,0–3,0 мкм). Середній інфрачервоний — для аналізу вологості ґрунту (3,0–5,0 мкм). Тепловий інфрачервоний — для вимірювання температури поверхні (8,0–12,0 мкм)
Можливість розрахунку індикаторів для моніторингу	Вегетаційні індекси (NDVI, EVI, SAVI). Індекси посухи (NDDI, NDWI). Ґрунтові індекси
Атмосферна корекція	Дані мають бути скориговані на атмосферні впливи для забезпечення точності аналізу
Доступність даних	Можливість оперативного отримання даних: відкриті дані або дані з прийнятною вартістю. Архівні дані: доступ до історичних знімків для відстеження змін за тривалий період
Формати та сумісність	Сумісність із ГІС-платформами. Стандартизовані формати для полегшення інтеграції даних
Валідація	Можливість валідації супутникових даних наземними спостереженнями
Додаткові дані	Цифрова модель рельєфу (DEM). Дані про опади (бажано з метеорологічних супутників). Дані про землекористування
Джерело: сформовано авторами.	

землі від загальної площі землі. Для його визначення міжвідомчою консультативною групою експертів розроблено відповідні рекомендації [20]. Було запропоновано такі субіндикатори стану деградації земель і потенціалу їх відновлення на глобальному рівні: «земельний покрив і зміни земельного покриву», «продуктивність земель», «запаси вуглецю над землею поверхнею та в її товщі» [20].

Субіндикатор «продуктивність земель» залежить від стану рослинності на деградованих землях, який вважають хорошим показником для кількісного виявлення екосистемних процесів у різних масштабах [19]. У багатьох дослідженнях використовують індекси рослинності на основі знімків дистанційного зондування, зокрема вегетаційний індекс NDVI та чисту первинну продуктивність (NPP), що має сильну кореляцію з NDVI для виявлення антропогенної деградації земель, а також методи порівняння потенційного та фактичного стану рослинності [21]. В Об'єднаному дослідницькому центрі (JRC) Єврокомісії наявні глобальні дані динаміки продуктивності земель, отримані за результатами 15-річних спостережень (1998–2012 рр.) із визначенням на глобальному рівні NDVI із періодичністю в 10 днів за даними радіометра MODIS із 2000 р. та супутника Sentinel-2 з високою роздільною здатністю для регіонального й локального рівня з 2015 р. й донині, що забезпечує дуже потужний і послідовний набір даних для аналізу продуктивності земель упродовж багатьох років. Із 2014 р. Глобальна служба земельного покриву програми Copernicus (Global Land Service) також забезпечує надійні розрахунки NDVI на регулярній часовій основі в глобальному масштабі. Для субіндикатора «земельний покрив» Європейським космічним агентством (ESA CCI — Ініціатива з питань зміни клімату) створено карти земного покриву

на щорічній основі з 1992 по 2019 р. за супутниковими даними середньої роздільної здатності. Наразі використання даних супутника Sentinel-2 сприяло підвищенню роздільної здатності продукту.

Із 2015 р. також доступними є щорічні Глобальні карти земного покриву Copernicus. Доступні глобальні щорічні карти базуються на дискретній класифікації за 23 класами згідно із Системою класифікації земного покриву ООН-ФАО (LCCS) [20]. На рівні країни можна використовувати джерела даних із різним рівнем деталізації залежно від наявності даних у цій країні.

Субіндикатор «запаси вуглецю» можна визначати на глобальному рівні за інформацією про запаси органічного вуглецю в ґрунті на порталі Soil Grids (<https://soilgrids.org/>). Іншим джерелом наявності органічного вуглецю в ґрунті є карта, опублікована ФАО, — GSOC (Global Soil Organic Carbon: <https://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/global-soil-organic-carbon-map-gsocmap/en/>). Для оцінювання запасів органічного вуглецю в ґрунті на рівні ЄС доступні дані Європейського центру даних про ґрунти (ESDAC: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/datasets>), також можна використовувати зразки ґрунту LUCAS (<https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/lucas-2018-topsoil-data>). На національному рівні можна користуватися даними про місцеві продукти, скажімо, картою SOC, створеною в контексті Глобальної карти органічного вуглецю в ґрунті ФАО (<https://data.apps.fao.org/glois/>). В Україні також розроблено карту запасів органічного вуглецю в ґрунтах (<https://drive.google.com/file/d/1bg5kTkuzDNOGfsq6VovVILPiviJzO-BM/view>), яка увійшла до глобальної карти ФАО [22]. Більш детальними є карти землекористування — Corine Land Cover (<https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018>) або National Land Cover (<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/>

2. Супутникові системи високого просторового розрізнення

Назва супутника	Просторове розрізнення	Оператор (установа)	Застосування
Sentinel-1	10 м	ESA	Дані С-діапазону (радіолокаційного) для структури поверхні, зокрема цифрові моделі рельєфу, динаміка снігового, льодового покривів, хімія атмосфери
Envisat (архівні)	12,5 м	ESA	
ERS-1, 2 (архівні)	20 м	ESA	Радіолокаційні дані, природні ресурси, фізична океанографія, геодезія, наземні та атмосферні дослідження
Sentinel-2	10 м	ESA	Наземний покрив, маска посівних площ, ґрунтові неоднорідності, ландшафтна структура
SPOT-4, 5, 6	Від 2,5 м	CNES	Наземний покрив, сільське та лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля
Landsat-7, 8, 9	15–120	USGS/NASA	Природні ресурси, наземний покрив, сільське та лісове господарство, моніторинг довкілля
Terra	15 м	USGS/NASA	
RapidEye	5,6 м	PlanetLab	Підтримка моніторингу земель та відповідних послуг, оновлення топографічних карт до масштабу 1 : 25 000
EROS A, B	70 см	Israel Aircraft Industries	Наземний покрив, сільське та лісове господарство, цифрові моделі рельєфу, моніторинг довкілля, оновлення ортофотопланів до масштабу 1 : 2000
IKONOS-2	82 см	DigitalGlobe	
QuickBird	65 см	DigitalGlobe	
GeoEYE-1	50 см	DigitalGlobe	
WorldView-1, 2, 3, 4	31 см	DigitalGlobe	
Pleiades-1	50 см	CNES	

Джерело: сформовано авторами за [24].

annual-national-land-cover-database) — з відповідною деталізацією та частотою оновлення, що сприятиме кращому оцінюванню SOC. Однак вимірювання на місці дають більш точну інформацію.

«Продуктивність земель» — це здатність ґрунту підтримувати ріст рослин і біомаси залежно від стану екосистеми. Це можна виміряти в локальному та глобальному масштабах за допомогою супутникового дистанційного зондування й трансформації зображень, які чутливі до змін продуктивності рослин і корелюють із NPP рослинності, виміряною за певний проміжок часу.

Оскільки субіндикатор «продуктивність земель» визначають переважно за допомогою NDVI, то набори су-

путникових даних MODIS/Terra&Aqua (<https://doi.org/10.5067/MODIS/mod13q1.006>, <https://doi.org/10.5067/MODIS/myd13q1.006>) та SPOT/VEGETATION і PROBA-V (<https://land.copernicus.eu/en/products/vegetation/normalised-difference-vegetation-index-v3-0-1km>), отриманих із 2000 р., й дотепер забезпечують потужний і послідовний набір даних для аналізу продуктивності земель за багато років. Їх оцінювання на загальноєвропейському та національних рівнях значно поліпшується й деталізується за допомогою обчислень NDVI за новими європейськими продуктами фенології рослинності та продуктивності високої роздільної здатності (HR-VPP) від

Copernicus (<https://land.copernicus.eu/en/products/vegetation/high-resolution-plant-phenology-index>). Продукти HR-VPP надають із 1 січня 2017 р. на 5-денній основі з високою просторовою роздільною здатністю (10 × 10 м), отримані від супутників Sentinel-2.

Кожний із наведених вище наборів даних доступний у глобальному масштабі, обчислюється за стандартною методологією і постійно оновлюється. За цими даними про земний покрив можна отримати актуальну інформацію про національні тенденції щодо змін земного покриву. Із 1992 по 2019 р. на основі супутникових даних середньої роздільної здатності ESA CCI щороку створювала карти земного покриву. З 2015 р. також стали доступними Глобальні карти земного покриву Copernicus, які базуються

на дискретній класифікації за 23 класами, відповідно до Системи класифікації земного покриву ООН-ФАО (LCCS). Наразі ведеться робота стосовно підвищення роздільної здатності карт завдяки використанню даних супутника Sentinel-2.

Із розвитком технологій дистанційного зондування з'являються різні варіанти оцінювання таких явищ, як деградація та опустелювання земель. Упроваджують нові супутникові датчики з вищою просторовою роздільною здатністю (IKONOS-2, QuickBird-2, SPOT-5), що свідчить про нову еру спостереження та цифрового картографування (табл. 2) [23].

Отже, можна використовувати глобальні набори даних, доступні в усьому світі, і локальні набори даних, які доступні в регіональному чи національному масштабі.

Висновки

На території сільськогосподарських угідь України через потепління у вегетаційний період, збільшення питомої маси просапних культур, зливовий характер опадів і припинення застосування заходів щодо охорони ґрунтів спостерігаються інтенсивні процеси ерозійної деградації агроландшафтів. Саме тому актуальними є розроблення та постійне вдосконалення безперервного геопросторового моніторингу таких змін із використанням даних дистанційного зондування Землі.

На основі аналізу міжнародного та національного досвіду було визначено вимоги до супутникових даних. Найперспективнішими з них є дані програм супутників Landsat, Sentinel

(1 та 2), MODIS, Copernicus, а також глобальні й регіональні продукти щодо змін земельного покриву, стану рослинності, продуктивності агро-екосистем і запасів вуглецю в ґрунті.

Запропоновані вимоги та джерела супутникових даних дадуть змогу вдосконалити національну систему геопросторового моніторингу процесів деградації та опустелювання земель, а також сприятимуть науково-методичному забезпеченню, плануванню й підготовці управлінських рішень у сфері сільського господарства та природокористування і розробленню адаптаційних стратегій щодо впливу кліматичних змін на аграрне виробництво й безпечне природокористування.

Tarariko O.¹, Iliencko T.², Vasiliev D.³
Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: ¹tarariko@ukr.net, ²tilienko@gmail.com, ³freimaster.af@gmail.com; ORCID: ¹0000-0002-5132-0157, ²0000-0001-5406-5449, ³0009-0005-0578-3539

Requirements for satellite data in the geospatial agroecological monitoring system

Goal. To justify the requirements for satellite data and the modes of their use in the system for monitoring the processes of degradation and desertification of lands. **Methods.** System analysis — for a comprehensive study of the

main types of degradation processes in the agrolandscapes of Ukraine and coordination of requirements for satellite data; logical-analytical — to assess the technical characteristics of available satellite systems, their spatial, temporal and spectral resolutions; comparative analysis — to summarize the results of domestic and foreign studies on the assessment of desertification and the selection of validated indicators; structural-typological — to take into account the zonal features of land use objects for the formation of criteria for distinction; system generalization — to formulate integrated requirements for satellite support of agroecological monitoring. **Results.** The key ecological and anthropogenic factors that cause desertification in the steppe regions of Ukraine were identified. The complex requirements for satellite data for monitoring desertification in the system of agroecological monitoring were formulated. Their optimal parameters were given: spatial resolution (1–30 m — for detailed analysis; 250–1000 m — for regional monitoring); time resolution (5–16 days — for

tracking seasonal changes), spectral ranges — for calculating vegetation, water, and soil indices. The parameters of satellite platforms were evaluated, and it was recommended to use data from Sentinel 1 and 2, Landsat, MODIS, and Copernicus to determine land degradation in the agroecological monitoring system. The sources of obtaining monitoring indicators, which were used in accordance with the UN Convention against Desertification, were evaluated. The direction of their practical use for identifying crisis phenomena and the formation of a balanced structure of agrolandscapes in the face of climate change was determined. **Conclusions.** Satellite information resource provides high efficiency, reliability, and economic efficiency, contributes to the improvement of the system of agroecological monitoring of land degradation and desertification in the face of climate change.

Key words: desertification, remote sensing, vegetation indices, resolution, spectral ranges, imaging mode.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202512-06>

Бібліографія

1. IPCC, 2019: Summary for Policymakers. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2019/12/02_Summary-for-Policymakers_SPM.pdf

2. Дребот О.І., Тарнавський В.А. Сучасний стан та тенденції розвитку сільськогосподарського землекористування в Україні. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 2. С. 46–54. doi: 10.33730/2077-4893.2.2022.263316

3. Позняк С.П. Чорноземи України: географія, генеза і сучасний стан. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 9–13. doi: 10.15407/ugz2016.01.009

4. United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-10&chapter=27&clang=en

5. Salvati L., De Angelis A., Bajocco S. et al. Desertification Risk, Long-Term Land-Use Changes and Environmental Resilience: A Case Study in Basilicata, Italy. *Scottish Geographical Journal*. 2013. 129(2). P. 85–99. doi: 10.1080/14702541.2013.781209

6. Romero-Sanchez M.E.; Ponce-Hernandez R. Assessing and monitoring forest degradation in a deciduous tropical forest in Mexico via remote sensing indicators. *Forests*. 2017. 8(302). doi:10.5772/6424/

7. Costantini E.A., Bocci M., L'Abate G. et al. Mapping the state and risk of desertification in Italy by means of remote sensing, soil GIS and the EPIC model: Methodology validation on the Island of Sardinia, Italy. Experimental Institute for Soil Study and Conservation. 2005. https://www.academia.edu/4729382/Mapping_the_State_and_Risk_of_Desertification_in_Italy_by_means_of_Remote_Sensing_Soil_GIS_and_the_EPIC_Model_Methodology_Validation_on_the_Island_of_Sardinia_Italy

8. D'Ettore U.S., Liso I.S., Parisi V., Parisi M. Desertification Assessment Using the

Modified Mediterranean Desertification and Land Use Model in a Karst Plateau. *Geosciences*. 2024. 14(320). doi:10.3390/geosciences14120320

9. Costantini E., L'Abate G. A soil aridity index to assess desertification risk for Italy. *Land Degradation and Rehabilitation—Dryland Ecosystems. Advances in GeoEcology*. 2009. 40. P. 231–242. https://www.researchgate.net/publication/258023236_A_Soil_Aridity_Index_to_assess_desertification_risk_for_Italy#fullTextFileContent [accessed Aug 19 2025]

10. Vicente-Serrano S.M., Pricope N.G., Toreti A. et al. *The global threat of drying lands: Regional and global aridity trends and future projections. A report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)*. 2024. https://www.unccd.int/sites/default/files/2024-12/aridity_report.pdf

11. Ghebregabher M., Yang T. et al. Assessment of desertification in Eritrea: land degradation based on Landsat images. *Journal of Arid Land*. 2019. 11. P. 319–331. doi: 10.1007/s40333-019-0096-4

12. Lamchin M., Lee W.-K., Jeon S.W. et al. Correlation between desertification and environmental variables using remote sensing techniques in Hognu Khaan, Mongolia. *Sustainability*. 2017. 9:581. doi: 10.3390/su9040581

13. Lyalko V.I., Elistratova L.O., Apostolov A.A., Romanciuc I.F. Application of Space Environmental Monitoring to Identify Desert Locations in Ukraine. *Space research in Ukraine. 2018–2020*; ed. O. Fedorov. Kyiv: Akadem periodyky, 2021. SRI NASU-SSAU:104-106

14. Апостолов О.А., Єлістратова Л.О., Романчук І.Ф., Чехній В.М. Виявлення осередків опустелювання в Україні на основі розрахунків водних індексів за даними дистанційного зондування Землі. *Український географічний журнал*. 2020. № 1. С. 16–25. doi: 10.15407/ugz2020.01.016

15. Tarariko O.H., Cruse R.M., Iliencko T.V. Impact of climate changes on agrosources of Ukrainian Polissia based on geospatial data. *Agricultural Science and Practice*. 2024.11(2). P. 3–29. doi: 10.15407/agrisp11.02.003

16. Конвенція Організації Об'єднаних Націй про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_120#Text

17. Wulder M.A., Masek J.G., Cohen W.B. et al. Opening the archive: how free data has enabled the science and monitoring promise of Landsat. *Remote Sens Environ Internet*. 2012. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S003442571200034X>

18. Cohen W.B., Goward S.N. Landsat's role in ecological applications of remote sensing. *Bioscience Internet*. 2004. <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/54/6/535.full.pdf+html>

19. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Агроекологічний супутниковий моніторинг. Київ: Аграрна наука, 2019. 204 с.

20. Sims N.C., Newnham G.J., England J.R. et al. Good Practice Guidance. SDG Indicator 15.3.1, Proportion of Land That Is Degraded Over Total Land Area. Version 2.0. United Nations Convention to Combat Desertification, Bonn, Germany. 2021. https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2021-09/UNCCD_GPG_SDG-Indicator-15.3.1_version2_2021.pdf

21. Васильєв Д.П., Ільєнко Т.В. Моніторинг процесів опустелювання за супутниковими даними: досвід та перспективи. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 3. С. 82–93. doi: 10.33730/2077-4893.3.2024.311183

22. Балюк С.А., Шимель В.В. Про стан та завдання управління органічним вуглецем ґрунту. *Вісник аграрної науки*. 2024. Т. 102 № 6. С. 5–13. doi: 10.31073/agrovisnyk202406-01

23. Yibeltal M., Tsunekawa A., Haregeweyn N. et al. Analysis of long-term gully dynamics in different agro-ecology settings. *CATENA*, 2019. 179. P. 160–174. doi: 10.1016/j.catena.2019.04.013

24. Index DataBase. (n.d.). *Index DataBase: A database for remote sensing indices*. <https://www.indexdatabase.de/db/s.php>