



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.4:631.47:631.459 КП

© 2022

ФОРМУВАННЯ МЕРЕЖІ ТЕСТОВИХ ПІДСУПУТНИКОВИХ ПОЛІГОНІВ У СИСТЕМІ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

О.І. Дребот¹, О.Г. Тараріко², Т.В. Ільєнко³, Т.Л. Кучма⁴

¹доктор економічних наук, професор, академік НААН

²доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

^{3, 4}кандидати сільськогосподарських наук

Інститут агроекології і природокористування НААН

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

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

⁴tanyakuchma@gmail.com

ORCID: ¹0000-0003-4146-3266, ²0000-0002-5132-0157, ³0000-0001-5406-5449,

⁴0000-0002-9328-5919

Надійшла 25.04.2022

Мета. Науково-методично обґрунтувати створення мережі тестових під- супутникових полігонів у системі агроекологічного моніторингу. **Методи.** Системний аналіз. Деталізація класифікатора «CORINE Land Cover» до 4-го рівня виконувалася з урахуванням міжнародного досвіду і стандартів, класифікації EUNIS та її вдосконаленої версії, розробленої авторами [14] для опису біотопів лісостепової зони України. **Результати.** Представлено сучасні джерела космічної інформації низької та високої просторової роз- різненості, які використовують у системі супутникового агроекологічного моніторингу. На основі версії європейської класифікації земельних покривів «CORINE» висвітлено результати її розширення до четвертого рівня в частині «Сільськогосподарські області», адаптованої до умов України. Обґрунтовано створення мережі тестових аграрних підсупутникових полігонів відповід- но до природно-кліматичних особливостей України. Наведено структуру паспорта тестового полігона згідно з міжнародними і національними стан- дартами. Подано пропозиції зі створення та просторового розміщення тестових полігонів у системі наукових установ і дослідних господарств Національної академії аграрних наук України. **Висновки.** Одним із факторів обмеженого використання супутникового інформаційного ресурсу в системі агроекологічного моніторингу, управлінській, природоохоронній і сільсько- господарській діяльності є несформована спеціалізована мережа підсупут-никових тестових полігонів, яка є важливою складовою обробки матеріалів супутникових знімків. Крім того, мережа постійно діючих полігонів буде важливим елементом системного моніторингу оцінювання та прогнозу-

вання впливу змін клімату на агросферу України. З урахуванням наявного науково-методичного потенціалу наукових установ Національної академії аграрних наук України, їх розміщення відповідно до природно-кліматичних зон і специфіки господарської діяльності запропоновано на їхній базі створити мережі спеціалізованих підсупутникових тестових аграрних полігонів: у зоні Полісся — 2, Лісостепу — 2, Степу — 3. Надалі мережа полігонів може розширюватися згідно з тематичними завданнями та необхідністю деталізації просторової інформації.

Ключові слова: клімат, супутник, прогнозування, класифікація, аграрне виробництво.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202205-09>

Зміни клімату, необхідність здійснення заходів з адаптації аграрного виробництва до нових умов, актуальність інформаційної підтримки та цифрової трансформації аграрного виробництва і раціонального використання наявного агроресурсного потенціалу України потребують подальшого вдосконалення науково-методичних засад агроєкологічного моніторингу з використанням супутникових даних. Супутниковий агроєкологічний моніторинг — відкрита багатодієва система, яка в просторі і часі забезпечує отримання та використання результатів космічних і наземних спостережень про стан агросфери, а також її окремих компонентів у комплексній інформаційній підтримці управління земельними, водними та біологічними ресурсами. Стратегічним завданням супутникового агроєкологічного моніторингу є отримання та періодичне оновлення просторової інформації про стан агросфери, її окремих природно-кліматичних зон, за необхідності деталізації до окремого агроландшафту, землекористування господарства, сівозміни та окремого поля.

Важливим елементом дешифрування матеріалів космічного знімання є класифікація покривних окремих елементів земної поверхні, агроландшафтів і систем землекористування. З цією метою у рамках Європейського союзу було розроблено класифікацію наземних покривних елементів «CORINE» до третього рівня, яку використовують при обробці супутникових зніманих [1, 2].

Нині застосування супутникових даних в інформаційному забезпеченні сільськогосподарства України має обмежений

характер, переважно в рамках наукових програм і проєктів. Міжнародна інтеграція в інформаційній сфері, цифрова трансформація аграрного виробництва, використання супутникових даних при оцінюванні впливу потепління клімату на сільське господарство в контексті виконання зобов'язань досягнення кліматичної нейтральності в рамках «Європейського зеленого курсу» та Паризької угоди, а також підтримання конкурентоспроможності агропромислового комплексу потребують удосконалення науково-методичних засад супутникового агроєкологічного моніторингу та використання його результатів у системі інформаційного забезпечення аграрного виробництва і природокористування загалом.

Земельний фонд України становить 5,7% від території Європи. Землі сільськогосподарського призначення займають 42,7 млн га, або майже 70% від загальної площі, зокрема близько 32,5 млн га орних земель [3]. Отримати оперативну просторову інформацію щодо впливу змін клімату, господарської діяльності на стан агроресурсів, прояв деградаційних процесів, визначення стану посівів, прогнозування продуктивності агроєкосистем та іншої важливої інформації на цих просторах можна лише за допомогою сучасних супутникових систем. У глобальній системі спостережень Земель (Global Earth Observing System of Systems (GEOSS) [4, 5], яка у світі діє з 2005 р., та її європейського сегмента «Copernicus» [6], значна увага приділяється сільському господарству. Метою цих 2-х глобальних проєктів є отримання безперервної інформації про стан загалом біосфери Землі і її окремих геосфер, зокрема агросфери. У робочих

програмах згаданих проєктів до 2019 р. і наступних роках одним із пріоритетних напрямів визначено систему глобального сільськогосподарського моніторингу (Global Agricultural Monitoring). Актуальним у цьому відношенні для нашої країни є використання супутникових даних для оцінки структури й екологічного стану сільськогосподарських ландшафтів, систем землекористування, посівів у процесі їхньої вегетації, оцінювання впливу змін клімату на продуктивність зональних агроєкосистем, прояв процесів опустелювання та деградації, а також просторове розповсюдження кризових явищ. Важливою супутникова інформація є при розробці заходів з адаптації аграрного виробництва до потепління клімату вдосконалення агротехнологій та прогнозування впливу потепління клімату на агросферу та продовольчу безпеку. Показовим у цьому відношенні є багаторічний досвід використання супутникових даних Міністерством сільського господарства США (програми FAS — Foreign Agricultural Service) та європейської системи супутникового сільськогосподарського моніторингу — MARS. Останню досить успішно застосовують у нашій країні з метою спостереження за станом посівів, прогнозування урожайності сільськогосподарських культур і валових зборів, зокрема зернових культур [7]. Досить великий обсяг досліджень із цих питань виконується науковими установами Національної академії наук України, Національної академії аграрних наук України та університетами.

Зокрема в Інституті агроєкології і природокористування НААН розроблено науково-методичні засади та нормативні положення з удосконалення системи супутникового агроєкологічного моніторингу [8], у т. ч. визначення прояву деградаційних явищ і процесів опустелювання в агроландшафтах, оцінювання стану посівів, впливу потепління клімату на продуктивність агроєкосистем, поширення посушливих явищ, ідентифікації водної ерозії та ландшафтного різноманіття. За супутниковими даними виконувалося інформаційне забезпечення центральних і регіональних органів управління, зокрема Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського

господарства України, Мінагрополітики України та Президії НААН. Насамперед це стосувалося стану посівів, їх вологозабезпечення, температурного режиму та прояву посушливих явищ порівняно з багаторічними показниками і з попереднім роком.

У Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» виконано дослідження з підготовки великомасштабного обстеження ґрунтів із використанням ДЗЗ/ГІС, розроблено діагностику та параметризацію латеральної неоднорідності ґрунтів на основі даних багатоспектрального космічного сканування [9]. В Інституті водних проблем і меліорації НААН виконують дослідження з використанням супутникових даних у системі управління водними та земельними ресурсами при зрошенні, вдосконаленні управління зрошенням, а також з оцінювання екологічного стану водних об'єктів і меліорованих земель за супутниковими даними. В Українському науково-дослідному інституті прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого вже багато років за технологією та методикою MARS виконується моніторинг стану посівів і прогноз урожайності на регіональному та загальнодержавному рівнях [10].

Значний обсяг науково-дослідних робіт у галузі сільського господарства та природокористування виконується профільними науковими установами Національної академії наук та Державного космічного агентства України. Так, скажімо, у рамках міжнародного проєкту «Joint Experiment for Crop Assessment and Monitoring — (JECAM)» стосовно завдань із глобального сільськогосподарського моніторингу брали участь наукові установи Національної академії наук України [11, 12]. Для розвитку цього напрямку досліджень академією було ухвалено рішення про започаткування на 2018–2020 рр. цільової програми досліджень «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки».

Актуальність досліджень. Попри виконані науковими установами НААН та НАН України важливі дослідження з використання супутникових даних у системі

агроекологічного моніторингу, управлінні агроресурсним потенціалом і природокористуванні практичне використання цього інформаційного ресурсу має обмежений характер. Особливо важливим є питання організації та функціонування мережі спеціалізованих підсупутникових аграрних полігонів, які є важливим елементом ефективного використання супутникових даних, класифікації елементів агроландшафтів, автоматизованої обробки супутникових знімків та аналізу отриманої інформації.

Мета досліджень — обґрунтувати створення національної мережі тестових сільськогосподарських підсупутникових полігонів у системі агроекологічного моніторингу та прогнозування.

Матеріали і методи досліджень. Збір та аналіз інформації проводили з використанням зарубіжних і вітчизняних літературних та фондових джерел з метою вивчення й узагальнення міжнародного і вітчизняного досвіду щодо наявних методичних підходів зі створення мережі тестових підсупутникових полігонів у системі супутникового агроекологічного моніторингу. Деталізація елементів земного покриття до 4-го рівня виконувалася з використанням європейського класифікатора CORINE [2] з урахуванням міжнародного досвіду класифікації EUNIS [13] та її вдосконаленої версії, розробленої авторами [14] для опису біотопів

Лісостепової зони України. Найменшою одиницею картографування елементів 4-го класу було вибрано 5 га в порівнянні з площею 25 га для класифікатора CORINE 3-го рівня [1].

Результати досліджень. Нині сформувався широкий міжнародний ринок матеріалів дистанційного зондування (табл. 1). Значна частина даних просторовою розрізненістю від 10 м нині є у вільному доступі. Крім наявних у світі супутникових систем, в ЄС у 2016–2017 рр. створено нове угруповання супутників Sentinel, дані яких є у вільному доступі. Також 13 січня 2022 р. було запущено власний супутник дистанційного зондування Землі «Січ-2-30». Отже, відкриваються нові можливості щодо використання супутникових даних безпосередньо в наукових дослідженнях, моніторингових системах різноманітного призначення, управлінській діяльності, плануванні та прогнозуванні.

Якісне і достовірне тематичне оброблення та інтерпретація матеріалів дистанційного зондування неможливі без даних про характеристики та ознаки об'єктів досліджень, які виконують синхронно із супутниковими зніманнями в системі мережі наземних тестових полігонів. При формуванні мережі тестових аграрних полігонів слід також урахувати зональні ґрунтово-кліматичні умови України.

1. Сучасні джерела космічної інформації в системі агроекологічного моніторингу

Низьке просторове розрізнення (250–1000 м) Регламент знімання — щодобово		Високе просторове розрізнення (від 10 м) Регламент знімання — 6–7 разів за сезон вегетації
Назва супутника		Назва супутника/Назва сенсора
Aquarius	MetOp-B	Sentinel-1/ C-Band SAR
Aura	Meteosat-10	Sentinel-2/ MSI
Biomass	OCO-2	Sentinel-3/OLCI, SLSTR, STM
CBERS 4	OrbView-2	Sentinel-5p/TROPOMI
CryoSat-2	OSTM/Jason-2	SPOT-4/HRVIR
UK-DMC2	Proba-V	SPOT-5/ HRG, HRS
Envisat	SMOS	Envisat/ASAR
ERS-1	Swarm	ERS-1/ AMI, SAR, Image
ERS-2	Sentinel-3	ERS-2/AMI/SAR/Image
GOCE	SPOT-4	Landsat-7,8,9/Enhanced Thematic Mapper +, OLI-2, TIRS-2 Січ-2-30 (SICH-2-1)

Зокрема, *Зона Полісся* займає площу 117,6 тис. км², що становить близько 19,5% території України. Клімат вологий помірно-континентальний із теплим і вологим літом. Кількість опадів — 550–700 мм за рік. Позитивний водний баланс забезпечує формування густої гідрографічної мережі із заболоченими річковими долинами з лучно-болотними та торфовими ґрунтами. *Лісостепова зона* займає площу понад 205 тис. км², що становить близько 34% території України. Природні умови цієї зони досить неоднорідні в геоморфологічному, кліматичному та гідрологічному аспектах. Середньобагаторічна кількість опадів змінюється від 450–550 мм у центрі та сході до 600–700 мм — на заході. У ґрунтовому покриві переважають чорноземи типові, чорноземи опідзолені та сірі лісові ґрунти. *Зона Степу* займає площу 240,0 тис. км², що становить близько 40% від загальної площі України. У межах цієї природної зони виділяється 3 ґрунтово-екологічні підзони: північна — переважно з чорноземами звичайними та сухостепова — з чорноземами південними та солонцями. Річна кількість опадів — 310–450 мм. Таке різноманіття ґрунтово-кліматичних умов і спеціалізація сільськогосподарського виробництва потребує їхнього врахування при створенні мережі підсупутникових полігонів. Отже, підсупутникова наземна тестова мережа — це постійні виділені та обладнані території, на яких за певними стандартами переважно синхронно виконують наземні та супутникові дослідження. При виборі та характеристиці тестових полігонів використовують усю наявну картографічну інформацію, у т.ч. карту ґрунтів, їх агроекологічну характеристику, землевпорядну документацію, умови вологозабезпечення, спеціалізацію агроєкосистем та їхню продуктивність, а також поширення деградаційних процесів. Орні землі агроландшафтів як головний елемент дешифрування представляють собою впорядковану сукупність розорених полів і посівів сільськогосподарських культур, які належать до складних об'єктів. Спектральні відмінності посівів у процесі вегетації підкреслюють неоднорідність різних культур, за якими можна виконувати їхню

класифікацію та які є головним елементом при автоматичній обробці матеріалів супутникових знімачів.

Отже, завдання мережі підсупутникових полігонів у системі агроекологічного моніторингу полягає в оперативному отриманні та періодичному оновленні просторової інформації про стан агросфери в процесі змін клімату та господарської діяльності. Тому важливим завданням підсупутникових полігонів є також подальша деталізація класифікатора земного покриття відповідно до ґрунтово-кліматичних умов і тематичних завдань управлінських систем різного адміністративного рівня та аграрного виробництва.

У країнах ЄС класифікатор CORINE розроблено до 4-го рівня. У табл. 2 представлено фрагмент 4-го рівня класифікатора CORINE, адаптованого до умов України [8]. Проте для деяких класів наземного покриву 3-го рівня класифікатора CORINE деталізація класифікації, навіть до 4-го рівня, виявилася досить складним завданням і потребує додаткового обґрунтування з дотриманням принципів класифікації CORINE. Наприклад, подальша класифікація класу 3-го рівня «постійно зрошувальна земля (код 2.1.2.)», поля рису (код 2.1.3.), виноградники (код 2.2.1.), оливкові гаї (код 2.2.3.), однорічні культури з включенням багаторічних культур (код 2.4.1.). У представленому фрагменті класифікації їхня деталізація до 4-го рівня відповідає дешифрувальним ознакам 3-го рівня, описаним у технічному описі CORINE (CLC2006) [1]. Варто також відзначити, що вище перераховані деякі класи, наприклад оливкові гаї, не є типовими угіддями в агроландшафтах України, однак, вони залишені в класифікації з огляду на вимогу з розробки 4-го рівня деталізації CORINE.

Практика та результати досліджень показують, що достовірність і точність отриманої з аерокосмічних зображень інформації істотно залежать від наявності та повноти відповідних польових даних. Накопичений у світовому дистанційному зондуванні Землі досвід переконливо свідчить про те, що найбільш раціональний шлях надійного отримання й ефективного використання наземних даних — це створення мережі спеціальних тестових полігонів. На рис. 1

2. Фрагмент класифікатора CORINE до четвертого рівня для частини земель сільськогосподарського призначення

Рівень 1	Рівень 2	Рівень 3	Рівень 4
Сільськогосподарські області	2.1 Орна земля	2.1.1 Незрошувана орна земля	2.1.1.1. Зернові колосові культури суцільного посіву 2.1.1.2. Просапні культури 2.1.1.3. Однорічні та багаторічні трави
		2.1.2 Постійно зрошувана земля	2.1.2.1. Постійно зрошувальна земля
		2.1.3 Поля рису	2.1.3.1. Поля рису
	2.2 Багаторічні культури	2.2.1 Виноградники	2.2.1.1. Виноградники
		2.2.2 Сади та ягідники	2.2.2.1. Сади фруктових і деревних культур 2.2.2.3. Ягідники
	2.3 Пасовища	2.2.3 Оливкові гаї	2.2.3.1. Оливкові гаї
		2.3.1 Пасовища	2.3.1.1. Пасовища і луки без деревної чи чагарникової рослинності 2.3.1.2. Пасовища і луки з деревною чи чагарниковою рослинністю (від до 15 до 40%)
	2.4 Гетерогенні сільськогосподарські області	2.4.1 Однорічні культури з включенням багаторічних культур	2.4.1.1. Однорічні культури з включенням багаторічних культур

схематично показано взаємодоповненість супутникових і наземних тестових даних у процесі вирішення окремих тематичних завдань у системі агроекологічного моніторингу. Це може стосуватися ідентифікації окремих культур, типів ґрунтів, рівня забезпеченості рослин азотом, їх захворювання та прогнозування продуктивності окремих культур. Цим шляхом уже досить тривалий час іде більшість країн, що мають власні супутники ДЗЗ і використовують їхні результати в науковій та виробничій сферах.

У рамках міжнародного проєкту JESAM, метою якого є взаємне порівняння методів моніторингу та моделювання, створено мережу із 30-ти тестових ділянок, які представляють основні світові системи землеробства і методи ведення сільського господарства в різних країнах світу. Україна є активним учасником цього проєкту, зокрема й створення полігонів. Виконавці цього проєкту — Інститут космічних досліджень Національної академії наук України, Державне космічне агентство України та Національний університет біоресурсів і природокористування України [15].

У рамках міжнародного проєкту (Аргентина, Австралія, Бельгія, Бенін, Болівія,

Канада, Чилі, Китай, Велика Британія, Естонія, Фінляндія, Франція, Німеччина, Індонезія, Малі, Мексика, Марокко, Нігер, Румунія, Іспанія) VALERI, присвяченого валідації продуктів, отриманих із супутникових датчиків середньої роздільної здатності, і виконаного в 2000–2007 рр., було створено мережу 54-х тестових ділянок на 5-ти континентах у 21 країні [16]. Метою проєкту було надання карт біофізичних змінних рослинного покриву за даними ДЗЗ із високою просторовою роздільною здатністю, завірених наземними даними, отриманими на тестових полігонах.

Першу спробу науково-методичного обґрунтування та організації мережі підсупутникових аграрних полігонів в Україні було здійснено наприкінці минулого століття для потреб статистики з метою визначення площ посівів, прогнозування врожайності та валових зборів переважно зернових культур за супутниковими даними [17]. Передбачалося, що точність отриманої супутникової інформації має бути в межах 2–5%, що потребувало тоді значної кількості наземних тестових спостережень. Важливим елементом запропонованих у той час методичних підходів для досягнення

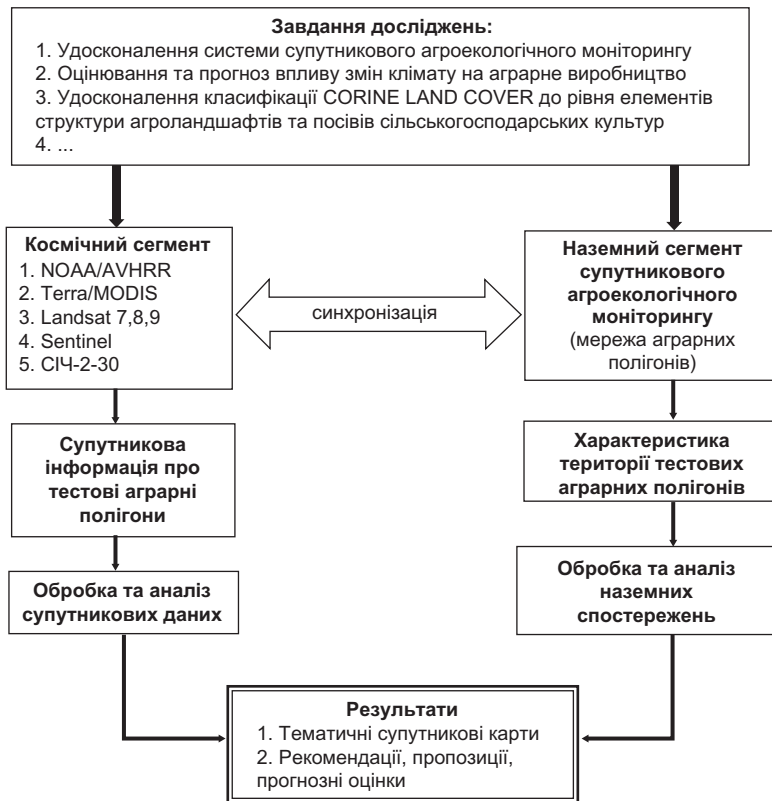


Рис. 1. Схема взаємодії космічного та наземного сегментів моніторингу на підсупутникових аграрних полігонах

цих параметрів було виділення значних за площею гомогенних територій з близькою структурою посівних площ, зокрема зернових культур, буряків цукрових, соняшнику та картоплі й близьким рівнем їхньої врожайності в межах адміністративних районів, які територіально входили до цих однорідних територій. Для досягнення заявленої точності супутникової інформації передбачалося розміщувати на виділених гомогенних територіях значну кількість тестових полігонів, що знижувало оперативність робіт і збільшувало обсяг та вартість польових робіт [18].

На початку 2000 р. питання науково-методичного обґрунтування просторового розміщення тестових полігонів та їхньої кількості з ширшим спектром завдань вирішували в науково-дослідному інституті «Агроресурси», а з 2010 р. — в Інституті агроєкології і природокористування НААН переважно

в напрямі вдосконалення системи супутникового агроєкологічного моніторингу [8].

Проте за останні десятиріччя під впливом змін клімату, проведеної земельної реформи та соціально-економічної трансформації сільських територій радикально змінилася зональна структура посівних площ, системи землекористування, продуктивність агроєкосистем, що потребує подальшого вдосконалення науково-методичних засад організації мережі тестових полігонів у системі супутникового агроєкологічного моніторингу. Зокрема, за просторового їх розміщення слід урахувувати особливості ґрунтового покриття, рельєфу, різноманіття рослинності та структури посівних площ.

Нині на території України створено і функціонує 16 полігонів наукових установ Національної академії наук України та Державного космічного агентства України, які переважно використовують для калібру-

вання супутникової апаратури, координатної прив'язки об'єктів спостережень та виконання геомоніторингу [19]. Ця мережа тестових полігонів здебільшого функціонує на базі заповідників, лісництв, дослідних господарств та ботанічних садів і включає всю їхню територію (рис. 2). Таке розміщення полігонів забезпечує кваліфіковане їх обслуговування та мінімізацію витрат на їх утримання [20].

Згідно з міжнародними стандартами та нормативами на кожний тестовий полігон потрібно оформити паспорт, у якому міститься вся наявна картографічна та статистична інформація, представлена в цифровому форматі (табл. 3).

Особлива увага приділяється характеристиці структури агроландшафту, рельєфу,

ґрунтовому покриву з деталізацією по кожному полю сівозміни, а також інформації про динаміку температурного режиму й опадів упродовж року та вегетації. Створюються також бази даних наземних спостережень і супутникових зніманих, що потребує відповідного програмного забезпечення.

Реалізація структури бази даних (рис. 3) та її функціонування потребують наявності відповідних програмних засобів, які б давали можливість підтримувати об'єктивно орієнтовану модель інформаційних даних, маніпулювати просторовими об'єктами, представляти їх у растровому і векторному форматах, а також у єдиному робочому просторі.

Необхідне обладнання для спостережень на тестовому полігоні складається



Рис. 2. Структура розподілу полігонів на території України [20]: 1 – Шацький національний природний парк; 2 – полігон «Яворівський» (Львівська обл.); 3 – фотограмметричний полігон «Гнівань» (Вінницька обл.); 4 – майданчики в Київській області; 5, 7–11 – полігони на базі філій Українського степового природного заповідника; 6 – полігон «Скрипалі» (Харківська обл.); 12 – біосферний заповідник «Асканія-Нова» (Херсонська обл.); 13 – природний заповідник «Єланецький степ» (Миколаївська обл.); 14 – Дунайський біосферний заповідник (Одеська обл.); 15 – полігон на базі Національного центру управління та випробувань космічних засобів (м. Євпаторія, Крим); 16 – полігонний комплекс Морського гідрофізичного інституту (сmt Кацівелі, Крим)

3. Зміст паспорту тестового аграрного полігона відповідно до міжнародних і національних стандартів

Перелік основних показників	Стандарти
1. Найважливіша архівна супутникова інформація різної роздільної здатності	1. Smith J. R. Radiometric ground truthing for airborne and satellite sensor tests // Proceedings of Pecora 15/1. and Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS Conference. 2002. http://www.isprs.org/commission1/proceedings02/paper
2. Загальна просторова інформація, географічне положення, площа, господарська діяльність, інфраструктура, відомча приналежність	2. Spaceborne optoelectronic sensors and their radiometric calibration. Terms and definitions. Part I. Calibration techniques / Eds Л. С. Parr. L. K. Issacv. — US. National Institute of Standards and Technology, March 2005.— 220 p.
3. Доступна картографічна інформація: ґрунтовий покрив, рельєф, різночасові космічні знімання, фондові матеріали	3. ДСТУ 7307:2013 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Наземні дані щодо контролю стану посівів і продуктивності сільськогосподарських культур»
4. Ландшафтна інформація: тип землекористування, кліматична характеристика, структура рослинного покриву	4. СОУ 01.1-37-907:2011 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Наземні спостереження посівів. Класифікатор об'єктів і функцій
5. Гідрографічна мережа та поверхневі води	

зі спектрометра багатозонального переносного, GPS, персонального комп'ютера під сервер, ноутбук, накопичувача інформації, фотоапарата та програмного забезпечення: Arcgis, Definiens, ENVI. Стандартні наземні спостереження виконуються відповідно до стандарту ДСТУ 7307:2013 6–7 разів за вегетацію.

Отже, завданням створення мережі тестових аграрних полігонів є вдосконалення

системи супутникового агроекологічного моніторингу, зокрема просторового визначення поширення процесів опустелювання та інших деградаційних явищ, оцінки стану посівів упродовж вегетації, вологозабезпечення посівів, а також оцінювання та прогнозування впливу потепління клімату на агроecosистему України на ближню, середню та віддалену перспективи з використанням ретроспективних й оперативних

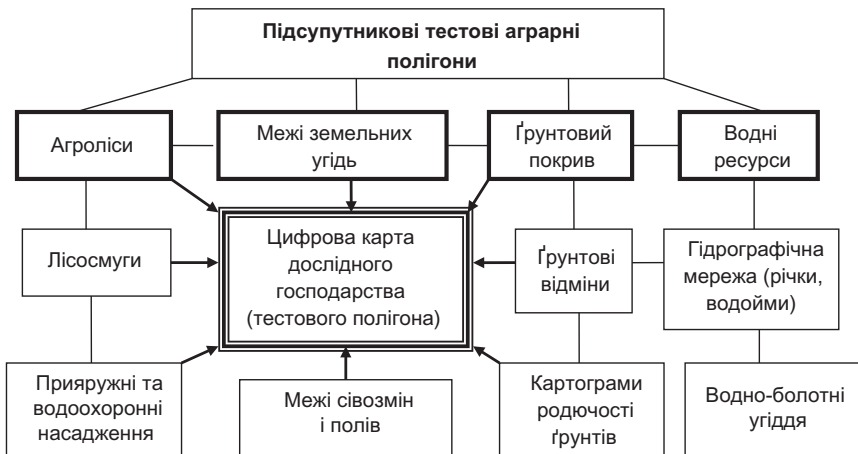


Рис. 3. Структура бази даних тестового аграрного полігона — територія дослідного господарства

4. Наукові установи та дослідні господарства Національної академії аграрних наук України

Природно-кліматична зона	Перелік наукових установ НААН, на базі яких можна створити мережу зональних тестових підсупутникових аграрних полігонів
Зона Полісся	Інститут сільського господарства Полісся Інститут сільського господарства Західного Полісся Інститут сільського господарства Північного Сходу Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Зона Лісостепу	ННЦ «Інститут землеробства НААН» ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Інститут агроекології і природокористування Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва Інститут кормів та сільського господарства Поділля
Зона Степу	Інститут зрошуваного землеробства Інститут водних проблем і меліорації Біосферний заповідник «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна ННЦ «Інститут виноградарства і виноробства імені В.Є. Таїрова» Інститут сільського господарства степової зони Інститут олійних культур Інститут рису

супутникових даних. З урахуванням різноманітності ґрунтово-кліматичних умов України доцільно розмістити тестові полігони відповідно до їхніх особливостей.

Отже, зважаючи на набутий досвід та розміщення наукових установ і дослідних господарств Національної академії аграрних наук України в різних природно-кліматичних зонах і з різноманітною сільсько-

господарською діяльністю (табл. 4), доцільним є створення на їхній базі національної мережі тестових підсупутникових сільськогосподарських полігонів. Це забезпечить розв'язання цієї проблеми в короткий термін із мінімальними фінансовими витратами та високим науково-методичним рівнем її обслуговування та надасть можливість отримання цінної інформації про стан



Рис. 4. Зональне розміщення тестових аграрних полігонів у системі супутникового агроекологічного моніторингу

агросфери, тобто цифрової трансформації аграрного виробництва.

У табл. 4 наведено перелік наукових установ Національної академії аграрних наук України та їхніх дослідних господарств, на базі яких можна створити зональні тестові полігони. Найперспективніші, на нашу думку, наукові установи (виділено півжирним шрифтом), у зоні Полісся — Інститут сільського господарства Полісся НААН та Інститут сільського господарства Північного Сходу НААН; у зоні Лісостепу — Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН» та Інститут кормів і сільського господарства Поділля НААН; у зоні Степу — Інститут зрошувального землеробства НААН, Інститут сільського господарства степової зони НААН та Інститут олійних культур НААН. На рис. 4 показано принципову схему першого етапу розміщення тестових полігонів згідно

з особливостями зональних природно-кліматичних умов. Відповідно в зоні Полісся розміщують 2 полігони, зоні Лісостепу — 2 і в зоні Степу — 3.

Загалом створення мережі тестових полігонів є багатофункціональним завданням. Насамперед це потрібно не лише для вдосконалення супутникового моніторингу, а й моніторингу та оцінювання трансформації і продуктивності конкретних завдань агро-екосистеми в процесі змін клімату та відпрацювання найкращих сільськогосподарських практик на замкнених циклах речовини та енергії, мінімалізації емісії парникових газів і відтворення агроресурсного потенціалу. Ще одна важлива функція тестових полігонів полягатиме в ідентифікації ґрунтів у процесі дешифрування супутникових знімків при підготовці чергового великомасштабного обстеження ґрунтів із використанням ДЗЗ/ГІС технологій.

Висновки

Одним із факторів обмеженого використання супутникового інформаційного ресурсу в системі агроекологічного моніторингу та прогнозування, управлінській, природоохоронній і сільськогосподарській діяльності є несформована національна мережа підсупутникових тестових аграрних полігонів, відповідних супутникових і наземних інформаційних баз даних, а також класифікатора з необхідним рівнем деталізації.

З урахуванням наявного науково-інформаційного потенціалу науково-дослідних установ Національної академії аграрних наук України, їх розміщення відповідно до природно-кліматичних зон і специфіки господарської діяльності запропоновано на їхній базі створити мережу спеці-

лізованих підсупутникових тестових аграрних полігонів: у зоні Полісся — 2, Лісостепу — 2 і Степу — 3. У подальшому мережа тестових полігонів може розширюватися згідно з тематичними завданнями і необхідністю деталізації просторової інформації.

Використання кадрового й організаційного потенціалу НААН за матеріально-технічної підтримки галузевих центральних органів управління дасть змогу в короткі терміни та з мінімальними витратами вирішити питання створення постійної ефективною інформаційної системи національної агросфери з використанням потенціалу космічної галузі в агропромисловості, яка відповідає міжнародним вимогам і стандартам.

Drebot O.¹, Tarariko O.², Iliencko T.³, Kuchma T.⁴
Institute of Agroecology and Nature Management of NAAS, 12 Metrolohichna Str., Kyiv, 03143, Ukraine;
e-mail: ¹drebot_oksana@ukr.net, ²tarariko@ukr.net,
³tiliencko@gmail.com, ⁴tanyakuchma@gmail.com;
ORCID: ¹0000-0003-4146-3266, ²0000-0002-5132-0157,
³0000-0001-5406-5449, ⁴0000-0002-9328-5919

Formation of a network of test under-satellite fields in the agro-environmental monitoring system

Goal. To scientifically substantiate the creation of a network of test sub-satellite fields in the system of agro-environmental monitoring. **Methods.** System analysis. Detailing of the «CORINE Land

Cover» classifier to the 4th level was performed taking into account international experience and standards, EUNIS classification, and its improved version developed by the authors [14] to describe the biotopes of the Forest-Steppe zone of Ukraine.

Results. Modern sources of space information of low and high spatial diversity, which are used in the system of satellite agro-ecological monitoring, are presented. Based on the version of the European classification of the land cover «CORINE» they highlighted the results of its expansion to the fourth level in the part «Agricultural areas», adapted to the conditions of Ukraine. The creation of a network of test agricultural sub-satellite fields in accordance with the natural and climatic features of Ukraine is substantiated. The structure of the test field passport under international and national standards is given. Proposals for the creation and spatial placement of test fields in the system of scientific institutions and research farms of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine are submitted.

Conclusions. One of the factors for limited use

of satellite information resources in the system of agro-environmental monitoring, management, and environmental and agricultural activities is the unformed specialized network of satellite test fields, which is an important component of processing satellite imagery. In addition, the network of permanent fields will be an important element of systematic monitoring of assessment, and forecasting of the impact of climate change on the agro-sphere of Ukraine. Taking into account the available scientific and methodological potential of scientific institutions of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, their location under climatic zones, and specifics of economic activity, it is proposed to create networks of specialized sub-satellite test agricultural fields: in the zone of Polissia — 2, Forest-Steppe — 2, Steppe — 3. In the future, the network of such fields can be expanded according to thematic tasks and the need to detail spatial information.

Key words: *climate, satellite, forecasting, classification, agricultural production.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovvisnyk202205-09>

Бібліографія

1. *CLC2006* technical guidelines. 2007. URL: http://www.eea.europa.eu/publications/technical_report_2007_17
2. *CLC2012* Reference Documents. 2012/ URL: <http://clqc.gisat.cz/help/CLC%20QC%20Tool%20Help.html?CLC2012ReferenceDocuments.html>
3. *Стратегія* удосконалення механізму управління в сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними: Постанова Кабінету Міністрів України від 7 червня 2017 року № 413. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-2017-%D0%BF#Text>
4. <https://earthobservations.org/geoss.php>
5. *GEO Strategic Plan 2016–2025. Implementing GEOSS*. URL: https://earthobservations.org/documents/GEO_Strategic_Plan_2016_2025_Implementing_GEOSS.pdf
6. <https://land.copernicus.eu/global/themes/vegetation>
7. *Mars van der Velde, L. Nisini*. Performance of the MARS-crop yield forecasting system for the European Union: Assessing accuracy, in-season, and year-to-year improvements from 1993 to 2015. *Agric. Syst.* 2019, V. 168. P. 203–212. doi: 10.1016/j.agry.2018.06.009
8. *Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л.* Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія. Київ: Аграрна наука, 2019. 201 с. doi: 10.5281/zenodo.3492936
9. *Биндич Т.Ю.* Оцінювання диференціації ґрунтового покриття за допомогою космічних зображень. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Вид. дім «Гельветика», 2019. Вип. 109: Сільськогосподарські науки. Ч. 2. С. 162–170.
10. *Кравчук В.* Моделювання врожайності ярих зернових культур з використанням даних ДЗЗ. 36. *наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. Дослідницьке. 2013. Вип. 17(31). Кн. 2. С. 4–16.
11. *Kussul N., Skakun S., Shelestov A., Kussul O.* The use of satellite SAR imagery to crop classification in Ukraine within JECAM project. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*. 2014. P. 1497–1500. doi: 10.1109/IGARSS.2014.6946721
12. *Shelestov A., Kolotii A., Camacho F. et al.* Mapping of biophysical parameters based on high resolution EO imagery for JECAM test site in Ukraine Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). *IEEE International*. 2015. P. 1733–1736. doi: 10.1109/IGARSS.2015.7326123
13. *Davies C.E., Moss D., Hill M.O.* EUNIS habitat classification revised 2004. *European Environment Agency*. 2004. 307 p.
14. *Дідух Я.П., Фіцайло Т.В., Коротченко І.А.* та ін. Біотопи лісової та лісостепової зон України. Київ: ТОВ «Макрос», 2011. 288 с.
15. *Shelestov A. et al.* Mapping of biophysical parameters based on high resolution EO imagery for JECAM test site in Ukraine. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*

(IGARSS). 2015. P. 1733–1736. doi: 10.1109/IGARSS.2015.7326123

16. *Frederic Baret, Weiss Marie, Allard Denis et al.* 2013. VALERI: a network of sites and methodology for the validation of medium spatial resolution land products. Remote Sensing of Environment. <http://w3.avignon.inra.fr/valeri/documents/VALERI-RSESubmitted.pdf>

17. *Сиротенко О.* Вибіркові обстеження структури і площ сільськогосподарських культур загального користування за матеріалами дистанційного знімання. Регіональна нарада «Можливості дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій у вирішенні проблем Полісся»: тези доповіді. Київ, Луцьк, 2002.

С. 35–37.

18. *Курач Т.М., Сиротенко О.В., Чернін В.М.* Математико-картографічне моделювання при проведенні стратифікації території України за показниками статистики сільськогосподарських культур. *Проблеми статистики*. 2005. Вип. 7. с.

19. *Дугін С.С.* Оцінка і вибір полігонів для наземної завірки інформації космічного геомоніторингу. *Доповід. НАН України*. 2014. № 5. С. 87–95.

20. *Лялько В., Попов М., Станкевич С.* и др. Полигоны ДЗЗ в Украине: современное состояние и направления дальнейших исследований и разработок. *Ukrainian Metrological J.* 2014. № 2. С. 15–26.