



Найактуальніше

УДК 631.95:631.15:528.88

© 2019

УПРАВЛІННЯ АГРОРЕСУРСАМИ УКРАЇНИ ЗАСОБАМИ АЕРОКОСМІЧНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ: АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

О.І. Фурдичко¹, О.І. Дребот²

¹доктор економічних наук, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН

²доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН

Інститут агроєкології і природокористування НААН

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

e-mail: agroecologyaan@gmail.com

Надійшла 05.03.2019

Мета. Висвітлити актуальність використання даних дистанційного зондування Землі в системі агроєкологічного моніторингу, сільськогосподарській, науковій і практичній діяльності, окреслити перспективи ширшого використання супутникового інформаційного ресурсу в агропромисловому виробництві, у т.ч. боротьбі з наслідками змін клімату, опустелюванням та деградацією земель, для збереження ландшафтного і біотичного різноманіття. **Методи.** Системного аналізу та узагальнення, аналітичний, монографічний. **Результати.** Досліджено світовий досвід застосування аерокосмічного зондування в аграрній сфері. Проаналізовано сучасний стан використання супутникової інформації вітчизняною аграрною наукою та практикою. **Висновки.** Існуюча в Україні система екологічного моніторингу, як важлива складова системи державного управління та формування державної політики збалансованого розвитку, не відповідає міжнародним стандартам та потребує принципового удосконалення. Потрібно у найкоротший термін розпочати втілення аерокосмічних методів одержання оперативної інформації щодо стану агросфери. Для цього необхідно створити інформаційну інфраструктуру, завданням якої буде забезпечення державних органів, виробничих структур, наукових установ та громадськості достовірною оперативною інформацією. Актуальним і доцільним є створення на базі Інституту агроєкології і природокористування НААН міжвідомчого Науково-аналітичного центру «Агрокосмос», що і було ініційовано на засіданні Бюро Президії Національної академії аграрних наук України 12 грудня 2018 р.

Ключові слова: управління агоресурсами, аерокосмічне дистанційне зондування, агроєкологічний моніторинг, «Агрокосмос».

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-01>

Інтенсифікація аграрного виробництва, роз- ного потенціалу, продовольчої безпеки та на- в'язання проблеми відтворення агоресурс- рощування експорту потребує удосконалення

аграрної політики, переходу на якісно новий рівень моніторингу, контролю та управління агроресурсами на засадах інноваційних технологій, які відповідають 5- та 6-му технологічним укладам. Однак стан державної системи моніторингу довкілля за її структурою, рівнем організації, можливостями вимірювання якісних та кількісних параметрів стану навколишнього природного середовища, способом передачі та агрегації даних не відповідає поставленим перед нею завданням і сучасним вимогам. Нині світовий валовий внутрішній продукт (ВВП) формується в рамках 3, 4 і 5-го технологічних укладів, але більшість країн, у т.ч. і Україна, функціонують у 3- та 4-му укладах, на які припадає відповідно 58 і 38% продукції. Виконання Україною зобов'язань, узятих унаслідок підписання міжнародних договорів у природоохоронній сфері, також спричиняє виникнення проблем, пов'язаних з недосконалістю екологічного моніторингу. Водночас США, Японія, Ізраїль, Південна Корея нині працюють переважно в 5-му технологічному укладі і перебувають на стадії переходу до 6-го укладу. Важливим елементом 5- і 6-го технологічних укладів залишається інформаційний ресурс, у т.ч. космічні та цифрові системи управління та IT-технології.

У комплексі проблем формування умов для збалансованого розвитку агросфери і аграрного виробництва України важливою ланкою є організація системи моніторингу стану природних ресурсів з наступним аналізом інформації, моделюванням і прогнозуванням можливих сценаріїв розвитку у часі і просторі, обґрунтуванням управлінських рішень щодо збереження та відновлення основних природних ресурсів, удосконалення систем землекористування і агротехнологій та отримання екологічно безпечної та конкурентоспроможної сільськогосподарської продукції [1]. Але нині чинна система науково-інформаційного забезпечення АПК України базується переважно на недостатньо оперативних, трудомістких і витратних методах збирання, зберігання, тематичної обробки й аналізу інформації про стан агросфери. Зволікання з її надходженням на різні адміністративні рівні та виробничі структури негативно впливає на якість та своєчасність різноманітних управлінських рішень та впровадження досконаліших агротехнологій. Основними чинниками

проблем функціонування державної системи моніторингу довкілля в Україні є недосконала нормативно-правова база, низький рівень координації діяльності суб'єктів екологічного моніторингу, недостатні обсяги фінансування, у т.ч. із позабюджетних джерел, застаріла приладово-технічна база суб'єктів екологічного моніторингу тощо. Слід наголосити, що досі не повною мірою використовуються такі ефективні методи контролю за використанням агроресурсів, як дистанційне зондування Землі з космосу (ДЗЗ), яке набуло широкого застосування у світовій практиці. Без вирішення цього питання інтеграція України до міжнародних глобальних проектів, зокрема, пов'язаних із сільськогосподарським виробництвом, стає проблематичною. Отже, вдосконалення традиційної системи моніторингу агроресурсів, їх контролю та оперативного і стратегічного прогнозного оцінювання із застосуванням ДЗЗ/ПС-технологій є надзвичайно актуальною проблемою, розв'язання якої сприятиме поліпшенню якості інформаційного забезпечення аграрного виробництва, підвищенню його ефективності та конкурентоспроможності [2].

Мета досліджень — висвітлити актуальність використання даних дистанційного зондування Землі в системі агроєкологічного моніторингу, сільськогосподарській, науковій і практичній діяльності, а також окреслити перспективи ширшого використання супутникового інформаційного ресурсу в агропромисловому виробництві, у т.ч. в захисті від наслідків змін клімату, опустелювання та деградації земель, для збереження ландшафтного і біотичного різноманіття.

Матеріали та методи досліджень. Теоретико-методологічною основою досліджень є узагальнення наукових здобутків вітчизняних та іноземних вчених у галузі аерокосмічного дистанційного зондування. Використано методи системного аналізу та узагальнення, аналітичний, монографічний.

Результати досліджень. Про доцільність використання даних ДЗЗ і сучасних автоматизованих засобів їхнього оброблення свідчить багаторічний досвід переважної більшості розвинених країн, зокрема США, Франції, Великої Британії, Німеччини, Ізраїлю, а останнім часом також Польщі, Угорщини і Чехії. Важливими є оперативні дані ДЗЗ щодо: інвентаризації земель та контролю систем землекористування

[3, 4]; моніторингу стану посівів, прогнозування урожайності та валових зборів; визначення умов зволоження та удосконалення технологій іригації; аналізу кліматичних змін та прогнозування їх впливу на зональні агроєкосистеми [5, 6]; просторового розповсюдження та прогнозування кризових явищ в агросфері; просторового розповсюдження процесів деградації ґрунтів та опустелювання земель [7–10]; аналізу структури агроландшафтів та систем землекористування [11–13].

Виведення у космічний простір штучних супутників надало великі можливості для спостереження за поверхнею Землі. Перспективи розвитку систем космічного спостереження забезпечують можливість отримувати дані ДЗЗ на регулярній основі та з різним просторовим розрізненням, а сучасні засоби оброблення та чималий доробок алгоритмів і технологій обробки космічних знімків дали підстави для створення кількох основних систем глобального супутникового моніторингу різноманітних сільськогосподарських ресурсів. Найпотужніша з них — Foreign Agricultural Service (FAS), була розгорнута ще у 1978 р. у США. Функціонує нині і розроблена у 1988 р. Європейська система агромоніторингу за допомогою ДЗЗ — Monitoring Agriculture by Remote Sensing (MARS) [14]. На III Міжнародному саміті з дослідження Землі з космосу в Брюсселі у 2005 р. представниками 58-ми країн, у т.ч. й України, було схвалено 10-річний План дій на 2005–2014 рр., в якому визначено основні напрями й послідовність колективного створення європейського сектору Глобальної системи спостережень Землі з космосу (GEOSS) [14, 15], особливе місце в якій займає розділ сільського господарства. У робочій програмі цієї системи на 2017–2019 рр. пріоритетними напрями діяльності визначено систему глобального агромоніторингу (GEO Global Agricultural Monitoring), спостереження лісів (Global Forest Observation Initiative — GFOI) та біорізноманіття (GEO Biodiversity Observation). Крім того, незважаючи на існування систем глобального дистанційного агромоніторингу, чимало приватних організацій створили власні розробки для моніторингу сільськогосподарських культур і прогнозування сільськогосподарського виробництва з використанням супутникових знімків. ДЗЗ дедалі активніше використовуються у сфері офіційної сільськогосподарської

статистики та страхування в країнах із високим аграрним потенціалом.

Сучасні джерела супутникової інформації складаються із супутників низького просторового розрізнення (250–1000 м) із регламентом знімання цілодобово, а також високого просторового розрізнення — від 10 м із регламентом знімання до 6–7-ми разів за вегетацію (табл.). В ЄС у 2016–2017 рр. створено нове угруповання супутників Sentinel, дані з яких перебувають у вільному доступі.

Отже, нині відкриваються нові можливості щодо використання супутникових даних безпосередньо у наукових дослідженнях, моніторингових системах, управлінській діяльності тощо. На основі супутникових даних за період 1982–2018 рр. [16], згідно з результатами прогнозу на 2025 та 2050 рр. на території України (за винятком зони Степу) продуктивність агроєкосистем зростає до 25%. За умов належної і вчасної адаптації до змін клімату збір зернових до 2050 р. зростає до 79–80 млн т. Це свідчить, що Україна в майбутньому матиме доволі сприятливі погоднокліматичні умови для нарощування об'ємів виробництва сільськогосподарської продукції.

За останні 10–15 років у наукових установах Національної академії наук України, Національної академії аграрних наук України та вищих навчальних закладах виконано доволі широкий спектр досліджень із використання даних ДЗЗ у сільському господарстві. Президією Національної академії наук України було прийнято рішення про започаткування Цільової програми досліджень «Аерокосмічні спостереження довкілля в інтересах сталого розвитку та безпеки як національний сегмент проекту Горизонт 2020 ERA–PLANET» на 2018–2020 рр. У 2017 р. науковцями Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» було розроблено Концепцію створення інформаційної системи ґрунтоохоронного моніторингу методами дистанційного зондування [17], яка встановлює основні стратегічні напрями розвитку інформаційного забезпечення систем спостережень за ґрунтовим покривом. Використання ДЗЗ у аграрному виробництві передбачене Спільним експериментом з моніторингу та оцінки сільськогосподарських культур (Joint Experiment for Crop Assessment and

Сучасні джерела космічної інформації ДЗЗ

<i>З низьким просторовим розрізненням (назва супутника)</i>			
Aquarius	ERS-1	Meteosat-10	Swarm
Aura	ERS-2	OCO-2	Sentinel-3
Biomass	GOCE	OrbView-2	SPOT-4
CBERS 4	GOSAT	OSTM/Jason-2	SPOT-5
CryoSat-2	Jason-1	Proba-V	Terra
UK- DMC2	MetOp-A	SMOS	Topex/Poseidon
Envisat	MetOp-B		
<i>З високим просторовим розрізненням (назва супутника, назва сенсора)</i>			
Sentinel-1	(C-Band SAR)	Envisat	(ASAR)
Sentinel-2	(MSI)	ERS-1	(AMI/SAR/Image)
Sentinel-3	(OLCI, SLSTR, STM)	ERS-2	(AMI/SAR/Image)
Sentinel-5p	(TROPOMI)	Landsat-7	(Enhanced Thematic Mapper +)
SPOT-4	(HRVIR)	Landsat-8	(OLI)
SPOT-5	(HRG, HRS)	Terra	(ASTER)

Monitoring — JECAM), в якому беруть участь країни Північної та Південної Америки, Азії, країни ЄС, Україна та 8 країн Африки. Однак, незважаючи на потужний аграрний потенціал та значну кількість науково-дослідних установ, які мають певні напрацювання у сфері застосування супутникових даних в інтересах АПК, і досі не вироблено єдиної вітчизняної системи дистанційного моніторингу агроресурсів. Хоча вітчизняні космічні засоби, а також значна кількість закордонних супутників космічного спостереження дають змогу регулярно отримувати дані ДЗЗ (нині на орбітах налічується близько 40 таких супутників).

Першим кроком до створення державної агроінформаційної системи моніторингу агроресурсів «Агрокосмос» та керування агроресурсами з використанням даних ДЗЗ було розроблення в Інституті агроєкології і природокористування НААН Концепції науково-технічної програми «Моніторинг агроресурсів, прогнозування їх стану з метою забезпечення конкурентоздатності АПК та продовольчої безпеки України» [18]. Ця концепція передбачає інтеграцію можливостей існуючого та перспективного наукового потенціалу космічної галузі в сільськогосподарське виробництво. Головним завданням Концепції є відпрацювання та впровадження системи новітніх інформаційних технологій контролю і управління агроресурсами з використанням ДЗЗ, надання інформаційних послуг користувачам на національному, регіональному та локальному рівнях, а також гармонізація системи

агрокосмічного моніторингу з європейськими проектами GMES та INSPIRE. Дистанційний моніторинг агроресурсів передбачено поєднувати з традиційною системою збору інформації в межах єдиної державної інформаційної системи, яка оперує просторово визначеними і розподіленими даними в геодезичних і географічних координатах. Функціонування такої системи забезпечується комплексною обробкою і аналізом великих масивів різноманітної тематичної інформації (картографічної, статистичної, агрономічної, агрометеорологічної тощо) і матеріалів ДЗЗ різного масштабного рівня. Для забезпечення гнучкості функціонування системи «Агрокосмос» передбачено використовувати кілька типів космічних багатозональних знімальних систем.

Першим і основним рівнем одержання необхідної для прийняття управлінських рішень тематичної інформації про структуру землекористування, ґрунтового покриття, посівів сільськогосподарських культур, їх площі, врожайність, валовий збір культур, а також про метеорологічну інформацію, відповідно до Концепції, має бути адміністративний район. Оперативну ж, уточнюючу наземну інформацію про об'єкти агромоніторингу в межах адміністративного району одержують за вибірковою мережею тестових аграрних полігонів, розміри яких визначаються природно-господарськими умовами певної однорідної території (страти), в межах якої розміщується адміністративний район (рис. 1). У межах тестового полігона визначають агробіологічні характеристики посівів,

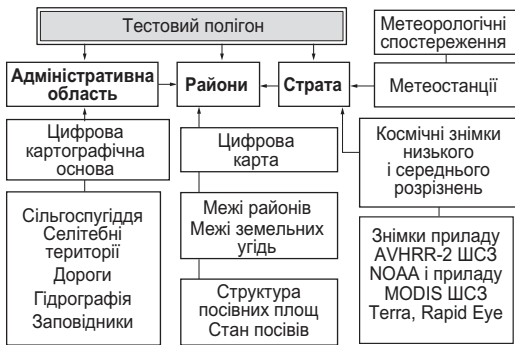


Рис. 1. Структура інформаційних даних у межах адміністративної області або однорідного регіону (страти) [18]

їх фітосанітарний стан, площу кожної культури або земельного угіддя, ґрунтовий покрив, його стан. Отримані за вибірковою мережею тестових полігонів дані екстраполюються на всю територію району, а в межах адміністративних областей або страт — складатимуться з узагальнених даних, одержаних із районів, розташованих у їх межах.

Визначення в межах країни здійснюється відповідно до узагальнених даних, отриманих із адміністративних областей або страт (рис. 2).

Однак, не дивлячись на безперечну ефективність супутникової інформації, вже наявних розробок та досвіду в цьому напрямі, існуючий інформаційний ресурс даних ДЗЗ використовується нині в аграрному виробництві дуже обмежено, результати досліджень не завжди доводяться до технологічного системного застосування в аграрному виробництві, зокрема в системі агроекологічного моніторингу. Тому проблемами при вирішенні цього питання є:

1. Результати досліджень наукових установ НАН України, НААН та Міністерства аграрної політики та продовольства (МАПП) України залишаються роздрібненими, точковими, мало пов'язаними між собою і не доведеними до технологічного системного застосування в управлінні та сільськогосподарському виробництві;

2. Відсутня єдина галузева стратегія використання даних ДЗЗ, у т.ч. і дослідними господарствами НААН, оперативного представлення результатів їх аналізу, прогнозних оцінок та рекомендацій управлінським і виробничим структурам;



Рис. 2. Узагальнення даних на різних рівнях моніторингу на національному рівні [18]

3. Недостатня координація науково-дослідних робіт у рамках НААН та МАПП України та узгодження з науковими установами НАН України, Державним космічним агентством України та вищими навчальними закладами.

З огляду на зазначене вище, 12 грудня 2018 р. Бюро Президії Національної академії аграрних наук України в числі інших питань визнало за необхідне:

- розробити Концепцію галузевої стратегії аналізу та використання супутникових даних у науковій і виробничій діяльності АПК, спрямовану на реалізацію державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 р. та Національного плану дій щодо боротьби з деградацією земель та опустелюванням;

- підготувати проект міжвідомчої Науково-технічної програми «Наукові засади аерокосмічного моніторингу агросфери України, управління агроресурсами та прогнозування»;

- підготувати пропозицію створення на базі Інституту агроекології і природокористування НААН міжвідомчого Науково-аналітичного центру «Агрокосмос» та утворення наземної моніторингової мережі полів і сівозмін в його складі.

Одержані результати реалізованого міжвідомчим Науково-аналітичним центром НААН «Агрокосмос» (НАЦ «Агрокосмос») систематичного моніторингу агросфери планується використати для підготовки і своєчасного прийняття управлінських рішень на різних адміністративних рівнях. Це стосується визначення оцінки стану: посівів; землекористувань на різних адміністративних рівнях; вивчення ефективності використання меліорованих земель, а також інформації щодо розробки планів і заходів з охорони ґрунтів; лісової і водної меліорації; оцінювання впливу глобальних змін клімату на стан агроресурсів та сільськогосподарське виробництво; розповсюдження процесів опустелювання та деградації земель;

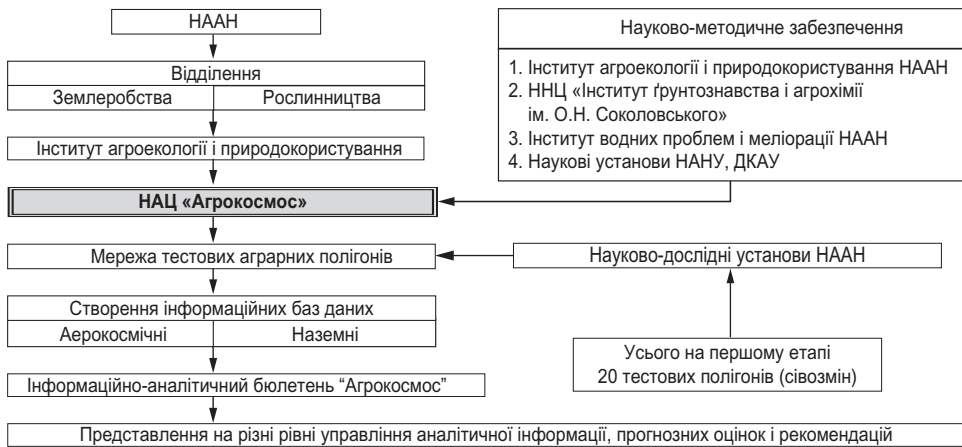


Рис. 3. Проект організаційної структури Науково-аналітичного центру «Агрокосмос»

розробки планів і заходів щодо оперативного і довготривалого нагляду за посівами сільськогосподарських культур; визначення прогнозованого рівня врожайності та валових зборів культур; оперативного визначення потреби заходів із захисту сільськогосподарських культур; планування і прогнозування стратегії ринку сільськогосподарської продукції; оцінювання розповсюдження екстремальних погодних явищ; еколого-економічного оцінювання шкоди від стихійних явищ, а також інвентаризації парникових газів залежно від систем землекористування. Варто наголосити, що ключовим питанням за прийняття управлінських рішень є моніторинг саме ґрунтового покриття сільськогосподарських угідь та усіх наслідків, які з цього випливають. Основними принципами організації моніторингу ґрунтів має бути урахування фізико-географічних особливостей території, природно-кліматичного ґрунтового

районування, неоднорідності ґрунтового покриття, агроекологічних умов тощо [19].

Також у завдання НАЦ «Агрокосмос» входить впровадження результатів досліджень у виробничу та управлінську діяльність (рис. 3). Розповсюдження одержаного інформаційного ресурсу і рекомендацій може бути здійснене шляхом видання науково-аналітичного бюлетеня НААН «Агрокосмос», що був започаткований ще в 2016 р.

Втілення отриманої інформації у практику управління аграрним виробництвом сприятиме підвищенню надійності і точності прогнозування, планування та оперативного управління в системі АПК, раціональному та екологічно безпечному використанню ресурсів агросфери, підвищенню ефективності сільськогосподарського виробництва та його конкурентоздатності на внутрішньому й світових ринках продовольства.

Висновки

Прийняття науково обґрунтованих рішень і попередження виникнення екологічних загроз потребує постійного моніторингу екологічного стану агросфери та удосконалення методологічної бази у зазначеній сфері. Організація системи агроекологічного моніторингу є важливою межею у комплексі проблем формування умов для збалансованого використання земель сільськогосподарського призначення, земель лісгосподарського призначення

і земель водного фонду як найважливіших природних ресурсів агросфери. Існуюча в Україні система екологічного моніторингу, як важлива складова системи державного управління у сфері природокористування, екології та формування державної політики збалансованого розвитку, функціонує на недостатньому рівні, не відповідає міжнародним і європейським стандартам та потребує принципового удосконалення.

Сучасним методом агроекологічного

моніторингу є дистанційне зондування Землі з космосу (ДЗЗ). Раціональне поєднання результатів ДЗЗ із традиційними системами і методами збору інформації дає змогу впевнено ідентифікувати значний перелік показників об'єктів агроландшафту. Тому потрібно у найкоротший термін розпочати втілення цих новітніх, досконаліших методів отримання оперативної інформації щодо процесів, які відбуваються не лише в агросфері загалом, а й в окремих агрокосмосах. Для цього необхідно створити принципово нову інформаційну інфраструктуру, завданням якої буде забезпечення державних органів, виробничих структур, наукових установ, громадськості достовірною оперативною

інформацією, яка доповнюватиме традиційні методи моніторингу.

Для забезпечення агроекологічного моніторингу стану агросфери в Інституті агроекології і природокористування НААН розроблено концепцію Науково-технічної програми «Моніторинг агресурсів і прогнозування їхнього стану з використанням ДЗЗ «Агрокосмос». Тому актуальним і доцільним є створення на базі Інституту міжвідомчого Науково-аналітичного центру «Агрокосмос» та формування наземної моніторингової мережі полів і сівозмін в його складі, що і було задекларовано на засіданні Бюро Президії Національної академії аграрних наук України 12 грудня 2018 р.

Фурдычко О.И., Дребот О.И.

Институт агроэкологии и природопользования НААН, ул. Метрологическая, 12, г. Киев, 03143, Украина; e-mail: agroecologynaan@gmail.com

Управление агресурсами Украины средствами аэрокосмического дистанционного зондирования: актуальность и перспективы

Цель. Осветить актуальность использования данных дистанционного зондирования Земли в системе агроэкологического мониторинга, сельскохозяйственной, научной и практической деятельности, определить перспективы широкого использования спутникового информационного ресурса в агропромышленном производстве, в т.ч. борьбе с последствиями изменений климата, опустыниванием и деградацией земель, для сохранения ландшафтного и биотического разнообразия. **Методы.** Системного анализа и обобщения, аналитический, монографический. **Результаты.** Исследование мировой опыт применения аэрокосмического зондирования в аграрной сфере. Проанализировано современное состояние использования спутниковой информации отечественной аграрной наукой и практикой. **Выводы.** Существующая в Украине система экологического мониторинга, как важная составляющая системы государственного управления и формирования государственной политики сбалансированного развития, не соответствует международным стандартам и требует принципиального совершенствования. Нужно в кратчайшие сроки начать воплощение аэрокосмических методов получения оперативной информации о состоянии агросферы. Для этого необходимо создать информационную инфраструктуру, задачей которой будет обеспечение государственных

органов, производственных структур, научных учреждений и общественности достоверной оперативной информацией. Актуальным и целесообразным является создание на базе Института агроэкологии и природопользования НААН Межведомственного научно-аналитического центра «Агрокосмос», что и было задекларировано на заседании Бюро Президиума Национальной академии аграрных наук Украины 12 декабря 2018 г.

Ключевые слова: управление агресурсами, аэрокосмическое дистанционное зондирование, агроэкологический мониторинг, «Агрокосмос».

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-01>

Furdychko O., Drebot O.

Institute of agroecology and natural management of NAAS, Metrolohichna Str., 12, Kyiv, 03143, Ukraine; e-mail: agroecologynaan@gmail.com

Control over Ukrainian agroresources by means of space distant exploration: urgency and perspectives

The purpose. To discuss urgency of use of data of distant exploration of Earth in the system of agroecological monitoring, agricultural, scientific and practical activities, and to determine perspectives of wide use of satellite information resource in agroindustrial production, including overcoming of aftereffects of climate fluctuations, desertification and degradation of lands, for preserving landscape and biotic diversity. **Methods.** System analysis and generalization, analytical, monographic. **Results.** World experience in application of space exploration in agrarian sphere is probed. Modern state of use of satellite information is analyzed by domestic agrarian science and practice. **Conclusions.** System of ecological monitoring existing in Ukraine

as an important component of system of state policy of balanced development, mismatches international standards and demands basic perfection. It is necessary to begin in the shortest times embodiment of space methods of deriving operative information on the state of agrosphere. For this purpose it is necessary to create information infrastructure which will provide state authorities, industrial structures, scientific institutes and sociability with reliable operative information. Actual and expedient is also

creation on the basis of Institute of agroecology and natural management of NAAS of Interdepartmental science-analytical centre «Agrokosmos». It was declared at session of Bureau of Presidium of National academy of agrarian sciences of Ukraine on December, 12th, 2018

Key words: control over agroresources, space distant exploration, agro-ecological monitoring, «Agrokosmos».

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-01>

Бібліографія

1. Фурдичко О.І. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України: монографія. Київ: ДІА, 2012. 112 с.
2. Фурдичко О.І., Тараріко О.Г., Сиротенко О.В. та ін. Моніторинг та прогнозування стану агроресурсів засобами космічного зондування. *Вісник аграрної науки*. 2006. № 8. С. 15–19.
3. Кучма Т.Л., Сиротенко О.В. Оцінювання ландшафтного різноманіття за даними дистанційного зондування Землі. *Агроекологічний журнал*. 2014. № 1. С. 35–40.
4. *Geoinformation for European-wide Integration: Proceedings of the 22nd EARSeL Symposium on Remote Sensing*. Prague, Czech Republic, June 4–6, 2002. 704 p.
5. Тараріко О.Г., Сиротенко О.В., Ільєнко Т.В. та ін. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність зернових культур та їх прогнозування за супутниковими даними. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 10. С. 10–16.
6. Tarariko O., Iliencko T., Kuchma T. et al. Long-term prediction of climate change impact on the productivity of grain crops in Ukraine using satellite data. *Agricultural science and practice*. 2017. T. 2. C. 3–13. doi: [org/10.1015407/agrisp.4.02.003](https://doi.org/10.1015407/agrisp.4.02.003)
7. De Jong S.M., Paracchini M.L., Bertolo F. et al. Regional assessment of soil erosion using the distributed model SEMMED and remotely sensed data. *Catena*. 1999. 37 (3–4). P. 291–308. doi: [org/10.1016/S0341-8162\(99\)00038-7](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00038-7)
8. Latz K., Weismiller R.A., Scoyoc G.E.V., Baumgardner M.F. Characteristic variations in spectral reflectance of selected eroded alfisols. *Soil Science Society of America Journal*. 1984. V. 48, Is. 5. P. 1130–1134. doi: [10.2136/sssaj1984.03615995004800050035x](https://doi.org/10.2136/sssaj1984.03615995004800050035x)
9. Mathieu R., Cervelle B., Remy D., Pouget M. Field-based and spectral indicators for soil erosion mapping in semi-arid mediterranean environments (Coastal Cordillera of central Chile). *Earth Surf. Process. Landforms*. 2007. № 32. P. 13–31. doi: <https://doi.org/10.1002/esp.1343>
10. Symeonakis E., Drake N. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *International Journal of Remote Sensing*. 2004. V. 25, Is. 3. P. 573–592. doi: [org/10.1080/0143116031000095998](https://doi.org/10.1080/0143116031000095998)
11. Готинян В.С., Кучма Т.Л. Дослідження стану природних територій методами дистанційного зондування Землі з високим просторовим розрізненням. *Вісник геодезії та картографії*. 2005. № 1. С. 36–39.
12. *Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади*; за ред. О.О. Созінова, В.І. Придатка. Кн. 1. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2005. 384 с.
13. Lein J.K. *Environmental Sensing: Analytical Techniques for Earth Observation*. New York: Springer Science+Business Media, LLC, 2012. 334 p. doi: [org/10.1007/978-1-4614-0143-8](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0143-8)
14. GEO. GEOSS 10-Year Implementation Plan: Reference Document, GEO 1000 R/ESA SP-1284, February 2005. 210 p.
15. Rijks D., Terres J.V., Vossen P. Agrometeorological applications for regional crop monitoring and production assessment. *Eropen Comission*, 1998. 516 p.
16. Козира Є., Греков В.О., Краковська С.В. Розробка концепції національної політики адаптації сільського господарства України до зміни клімату. *Заключний звіт завдання Служби експертної підтримки Clima East CEEF2016-0S3-UA*. Проект, версія 1.0, 26 квітня 2017 р. 102 с.
17. Трускавецький С.Р., Биндич Т.Ю., Вяткін К.В. та ін. Концепція створення інформаційної системи ґрунтоохоронного моніторингу методами дистанційного зондування. Київ, 2017. 60 с.
18. *Концепція науково-технічної програми «Моніторинг агроресурсів, прогнозування їх стану з метою забезпечення конкурентоздатності АПК та продовольчої безпеки України (Агрокосмос)»*. Київ, 2009. 28 с.
19. Трускавецький С.Р., Биндич Т.Ю., Вяткін К.В. та ін. Багатоспектральне космічне сканування в системі моніторингу ґрунтів: монографія. Київ, 2018. 280 с.