

doi: 10.33249/2663-2144-2019-77-4-3-12

УДК 629.78:338.43

**КОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЧІЙ СИСТЕМІ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТОВАРОВИРОБНИКІВ****О. В. Скидан, Ю. Б. Бродський, П. П. Топольницький, П. В. Пивовар***e-mail: skydanolegy@ukr.net, yubrodskiy26@gmail.com, topolua@ukr.net, symon-pyvovar@ukr.net*

Житомирський національний агроєкологічний університет

бульвар Старий, 7, м. Житомир, 10008, Україна

Обґрунтовано важливість діджиталізації виробничих процесів у сільському господарстві. Показана необхідність інтегрування державних, наукових та освітніх установ у систему господарювання на основі використання аерокосмічних інформаційних технологій. За допомогою історичного наукового методу дослідження висвітлено основні етапи розвитку вітчизняного дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з метою оптимізації виробничих процесів у сільському господарстві. Проведено порівняльний аналіз використання космічних та безпілотних авіаційних комплексів (дронів). Визначено сучасні тренди розвитку геопросторових технологій, а саме: точне землеробство, безпілотні технології, інтернет речей, використання штучного інтелекту при аналізі даних та агроскаутинг. Встановлено, що для ефективного ведення господарської діяльності аграрні виробники можуть застосовувати космічні технології в наступних сферах господарювання: управління земельними ресурсами, ґрунтознавство, сільськогосподарська гідрологія, попередження природних катаклізмів та катастроф, точне землеробство, телематика.

Визначено, що космічний моніторинг Землі дозволяє забезпечити вирішення екологічних, природно-ресурсних, природоохоронних та економічних завдань, які визначають основні напрямки функціонування державної політики у сфері сталого розвитку аграрного сектору економіки. Одним із суб'єктів реалізації таких завдань є Житомирський національний агроєкологічний університет – унікальний в своєму роді заклад Поліського регіону України. Природно, що на базі університету разом із Національним центром управління та випробування космічних засобів Державного космічного агентства України був створений Регіональний космічний центр «Полісся», у складі якого є пункт прийому та обробки даних дистанційного зондування Землі. Подано перелік основних завдань Центру «Полісся» у вигляді трьох взаємопов'язаних складових: освітньої, наукової та прикладної. Обґрунтовано доцільність створення регіональних космічних центрів з урахуванням природно-кліматичних особливостей на прикладі Центру «Полісся» для науково-практичного супроводу вирішення визначених проблем з подальшою інтеграцією отриманих результатів в освітній процес та популяризацією космічних технологій в агробізнесі й екології.

Ключові слова: інформація, моніторинг, дистанційне зондування Землі, аерокосмічні інформаційні технології, сільське господарство.

Постановка проблеми

В сучасних умовах діджиталізації всі сфери економічної діяльності прямують до оптимізації процесу виробництва. Кожен суб'єкт господарювання намагається за мінімальних капіталовкладень отримати максимальний прибуток. Наразі в сільському господарстві інструментом підвищення ефективності всіх етапів здійснення агротехнічних операцій як на полі, так і на фермі є впровадження інформаційного забезпечення на основі сучасних комп'ютерних технологій. Інформація, яка використовується у процесі господарювання, за своєю природою є просторо-

вою. Найбільш ефективним інструментом її збору, обробки, аналізу, систематизації є географічні інформаційні системи (ГІС) та метод дистанційного зондування землі (ДЗЗ) з використанням космічних та авіаційних засобів. Широке застосування ДЗЗ в аграрному виробництві обмежується рівнем імплементації таких технологій у виробничий процес малих та середніх агровиробників та необхідністю адаптації методик обробки даних ДЗЗ до регіональних природно-кліматичних особливостей. Тому виникає гостра необхідність інтегрування державних, наукових та освітніх

установ у систему господарювання на основі використання аерокосмічних інформаційних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перші дослідження у сфері ДЗЗ із використанням аерофотознімків були проведені у 30-і роки для дослідження стану використання ґрунтів у сільському господарстві, в результаті були закладені основи та доведені переваги аерофотознімків для картографування ґрунтів. Однак спеціальних методичних досліджень при їх виконанні не проводилося. У 1950 році з ініціативи Ю. А. Ліверовського і під його керівництвом в Ґрунтовому інституті ім. В. В. Докучаєва були розпочаті дослідження з розробки методики великомасштабного картографування ґрунтів з використанням матеріалів аерофотознімання [11, 18]. Роботи з використання аерометодів у ґрунтознавстві приблизно в цей же час були початі в Московському державному університеті, Лабораторії аерометодів АН СРСР і в деяких інших організаціях. Слід підкреслити, що в цей час поширилися дослідження з використання аерометодів в самих різних галузях: геології, гідрогеології, лісової таксації, гідрографії, транспортних дослідженнях та інших [3].

На підставі вищевказаних досліджень і розробок в суміжних дисциплінах науковцями були оцінені можливості використання матеріалів аерофотозйомки при картографуванні сільськогосподарських угідь, сформульовані основні принципи дешифрування ґрунтів, стан врожаю та якість виконання агротехнічних операцій, вибір часу фотографування і типів найбільш інформативних аерофотознімків при роботах у різних природних зонах. Ці розробки були викладені в зазначених публікаціях за результатами робіт у різних природних зонах, а також в спеціальних інструкціях [16, 10].

Починаючи з 70-х років на базі досягнень космонавтики починається дистанційна зйомка поверхні Землі з великих висот (більше 100 км). Для зйомки використовуються як фотографічні апарати, так і спеціальні телевізійні камери, оптико-механічні пристрої для сканування (сканери), радары та інше. Найбільш прийнятними для різних географічних досліджень, особливо картографії ґрунтів, виявилися фотографічні та сканерні знімки [17].

При зйомці з космосу збільшилася різноманітність матеріалів за рахунок появи

багатозональних знімків. Багатозональна зйомка проводилася як фотографічними апаратами на плівки, чутливі до різних зон спектра з різними світлофільтрами, так і сканерна знімальними системами. Були розроблені спеціальні прибори, що дозволяють з кількох зональних знімків синтезувати кольорові збільшені знімки, свого роду «спектрозональних» [7].

Розвиток комп'ютерної техніки відбувався дуже швидко, і вже у другій половині 80-х років у ґрунтознавців з'явилася можливість використання спеціальної комп'ютерної техніки, призначеної для аналізу даних. У радянському ґрунтознавстві найбільш широко використовувалися такі комп'ютерні комплекси, як «Періколар» (Франція), «КТС-Диск» (НДР), «СВІТ» (Болгарія-СРСР). Програмне забезпечення давало можливість проводити оцифровку даних, їх геометричну і тонову корекцію, здійснювати різноманітні математичні, логічні, статистичні операції над зображеннями, а також їх візуалізацію і вивід інформації. Досвід використання даних комп'ютерних комплексів послужив основою для розробки методичних підходів автоматизованого дешифрування ґрунтів [2].

В кінці ХХ – на початку ХХІ ст. до справи розробки методів автоматизованої обробки та інтерпретації даних багатоспектральної супутникової зйомки посівів сільськогосподарських культур (в основному з космічних апаратів NOAA та «Ресурс-01»), а також застосування дистанційно визначених параметрів посіву в динамічній моделі продуктивності сільськогосподарських культур були залучені співробітники Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту [9]. Тоді ж в Україні завдяки підтримці TACIS (програма ЄС допомоги молодим країнам Східної Європи) здійснювався міжнародний проект STARS, в якому поєднувався французький досвід моніторингу сільськогосподарських культур, заснований на використанні інформаційних технологій та космічних засобів (передусім, знімків супутника SPOT), і багаторічний український досвід дистанційного зондування та його наземного супроводу [13].

Наразі в Україні у складі Державного космічного агентства України (ДКАУ) створені та активно функціонують підрозділи, завданнями яких є прийом з космічних апаратів (КА), обробка та розповсюдження матеріалів дистан-

ційного зондування Землі. Основними з них є Національний центр управління та випробувань космічних засобів та його філії, зокрема Центр прийому, обробки спеціальної інформації та контролю навігаційного поля. Дані підрозділи оснащені унікальними наземними станціями прийому інформації з іноземних КА. Фахівці даних центрів розробляють та впроваджують різноманітні методики тематичної обробки отриманих даних, які можуть бути використані в різних галузях, включаючи і сільське господарство.

Нині значна кількість наукових досліджень як вітчизняних, так і зарубіжних учених присвячена вивченню питань, пов'язаних із застосуванням даних ДЗЗ для розв'язання завдань сільськогосподарства, підтримки точного землеробства, раціонального природокористування, охорони навколишнього природного середовища та моніторингу змін екосистем тощо [4, 5, 6].

Мета, завдання та методика досліджень

Мета статті – визначення шляхів вирішення завдань сільськогосподарських товаровиробників та підходів їх технічної реалізації з використанням технологій ДЗЗ на базі університетських регіональних космічних центрів.

Завдання: дослідити еволюцію наукового забезпечення ДЗЗ у сільському господарстві; визначити основні тренди розвитку технологій ДЗЗ у сільському господарстві; обґрунтувати доцільність створення регіональних космічних центрів та їх завдання.

Об'єктом дослідження є процеси забезпечення та розвитку технологій ДЗЗ у сільському господарстві.

Методологічною та теоретичною основами дослідження є системний метод пізнання соціально-економічних явищ і процесів у ринкових умовах. Для вирішення окремих завдань використовувалися такі методи досліджень: абстрактно-логічний (при формулюванні базових принципів, теоретичних узагальнень і висновків), монографічний (при дослідженні окремих технологічних підходів), метод порівняння (при визначенні економічної ефективності методу ДЗЗ) та інші.

Результати досліджень

У сільськогосподарській сфері дані ДЗЗ є істотною інформаційною складовою забезпечення продовольчої незалежності держави, що можливо тільки за ефективного та ресурсозбері-

гаючого використання її агроекологічного потенціалу. В основі ефективного управління сільськогосподарським виробництвом лежить ефективно (вчасне, оперативне, у повному або частковому обсязі, енергоощадливе) виконання агротехнічних операцій. Для цього аграріям необхідна оперативна та достовірна інформація про стан розвитку природних процесів під час вирощування сільськогосподарських культур (стан ґрунтів, угідь та посівів, контроль впливу несприятливих погодних факторів, фітосанітарного стану, антропогенного впливу, оцінка якості агротехнічних заходів тощо). Вся ця інформація може бути отримана засобами ДЗЗ та інтегрована в технології вирощування сільськогосподарських культур. Вона (інформація) може відрізнитися за спектром, часом і детальністю в залежності від вимог агротехнічних операцій.

Основні тренди, що характеризують діджиталізацію сільського господарства (в контексті геопросторових технологій), такі:

1) Розвиток систем точного землеробства з використанням технологій глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) і ДЗЗ: диференційоване внесення добрив, насіння і засобів захисту рослин, оперативний дистанційний моніторинг стану посівів.

Суть такого моніторингу – аналіз стану посівів на підставі знімків з супутника, які є джерелом оперативної інформації при посіві, а завдяки спеціальним спектральним камерам, можна розрахувати вегетаційні індекси (NDVI, NDRI, RVI тощо). Найбільш популярним у рослинництві вважається NDVI індекс - «Нормалізований Відносний Індекс Рослинності». Ґрунтуючись на даних про активність біомаси, індекс застосовується при оцінці стану посівів у конкретний момент часу або в динаміці. Зелені рослини в процесі фотосинтезу поглинають основну частину видимого світлового спектру і відбивають хвилі ближнього інфрачервоного. Таким чином, розраховується NDVI індекс – різниця значень червоного та ближнього інфрачервоного спектрів, розділена на їх суму. Характеризуючи щільність рослинності, NDVI вказує на ті ділянки поля, які потребують пересівання, внесення засобів захисту рослин та добрив.

2) Безпілотні технології: застосування безпілотних авіаційних комплексів (БАК) для детального (з роздільною здатністю в сантиметри на піксель) картографування, внесення засобів

захисту рослин; розробка комплексів для безперебійної та безперервної роботи БАК.

3) Інтернет речей: системи віддаленого обліку і контролю матеріально-технічних цінностей (одиниць техніки, пально-мастильних матеріалів, насіння, добрив, засобів захисту рослин ЗЗР), контроль зібраного врожаю від бункера до елеватора з використанням ГНСС та інтернету речей.

4) Інтелектуальний аналіз даних і сценарне моделювання: прогноз погоди та несприятливих метеорологічних умов, моделювання і прогнозування врожайності; оптимізація логістики, розв'язок транспортних оптимізаційних задач.

5) Агроскаутінг з використанням мобільних додатків.

Переваги та недоліки супутникових технологій та безпілотних апаратів представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Структура доходів місцевих бюджетів України

	Супутникові технології	Дрони
ПЕРЕВАГИ	<ul style="list-style-type: none"> - велика площа покриття; - динаміка; - формування індексів здоров'я сільськогосподарських культур (NDVI, SAVI); - створення динамічних карт (врожаю, параметрів ґрунту тощо); - виявлення текстури ґрунту; - визначення зон управління; - виявлення стресових зон (вода, хвороби). - низька вартість; - відсутність польових виходів; - більш просте калібрування; 	<ul style="list-style-type: none"> - виявлення хвороб, шкідників і бур'янів; - виявлення певних недоліків поживних речовин; - топометрія для вирівнювання, - можливість вибору точного моменту для використання апарату; - зображення з високою роздільною здатністю;
НЕДОЛІКИ	<ul style="list-style-type: none"> - залежить від атмосферних умов (хмарність, вуаль) в момент проходження супутника; - недостатнє просторове розрізнення для виявлення шкідливого організму на індивідуальному рівні; - час знімання визначається орбітальними параметрами КА; 	<ul style="list-style-type: none"> - дорого за часом і вартістю; - багато регуляторних бар'єрів.

Джерело: адаптовано авторами на основі [19].

Для ефективного сучасного управління сільськогосподарським виробництвом важливе значення має отримання оперативної й достовірної інформації про стан ґрунтів, угідь та посівів у регіональному та загальнодержавному масштабі, контроль впливу несприятливих погодних умов, фітосанітарного стану, антропогенного впливу, оцінка якості агротехнічних заходів тощо. Сучасні технології сільськогосподарського виробництва базуються на різноманітній за спектром, часом і детальністю геопросторовій інформації, яка добувається засобами ДЗЗ з космосу. До основних завдань та особливостей їх вирішення засобами ДЗЗ відносять:

1. Управління земельними ресурсами.

1.1. Інвентаризація с.-г. угідь.

Інвентаризація є одним із складових елементів обліку майна сільськогосподарського підприємства, за допомогою якого здійснюється контроль і перевірка наявності та стану земельних ділянок для забезпечення достовірності даних

обліку та фінансової звітності. Також така робота необхідна у зв'язку із помилками земельного кадастру – починаючи від невірно визначених кодів цільового призначення і закінчуючи невірною фіксацією меж, коли зареєстрована земельна ділянка може «опинитися» у кілометрах від її дійсного місця розташування. Інформація для інвентаризації, яка може бути отримана засобами супутникових технологій: точні координати меж земельних ділянок; динаміка стану земельного покриву; аналіз заростання сільськогосподарських угідь деревами та кущами; визначення ділянок заболоченої місцевості, ерозії ґрунту, надлишку вологи чи засихання території; моніторинг випадків незаконного використання землі.

1.2. Контроль та облік орендованих земель. За результатами інвентаризації угідь підприємства отримують карту полів. Якщо на таку карту додати реєстр орендованих ділянок, то можна отримати наступну інформацію: розбіжності площі полів в обліку і в натурі;

неспівпадіння кількості полів і загальної оброблюваної площі. У підсумку вийде: перелік неправильно оформлених документів; реєстр помилок в обліку; список записів без документів; інформація про всі невідповідності в договорах; список об'єктів в можливий обмін; розрахунки необґрунтовано оброблюваної площі; дані з технічних втрат орендованої землі; географічну прив'язку всіх договірних проблем на конкретних полях; розбіжності площі полів в обліку і в натурі; неспівпадіння кількості полів і загальної оброблюваної площі; тематичні карти з усіх важливих питань [15].

Для вирішення цих завдань необхідно забезпечити періодичність спостереження – 5 років, просторове розрізнення – 20–60 м, спектральний діапазон – 0,56; 0,6; 0,64; 0,68; 0,4–1,1; 1,7; 10–12 мкм.

2. Ґрунтознавство.

2.1. **Видимий діапазон.** На формування відбитого сигналу у видимому діапазоні впливає і щільність ґрунту, і дисперсність ґрунтових часток та їх агрегованість, тобто розмір та співвідношення кількості грудочок ґрунту різного розміру. Саме тому польові дороги на орних землях виглядають світлими смугами, хоча за всіма показниками хімічного складу ґрунт дороги та поля ідентичні. Не можна забувати й про вологість ґрунту. Вологість – це фактор, який настільки сильно впливає на відбивання світла ґрунтом, що обов'язковою умовою дистанційних досліджень ґрунтового покриву є підбір знімків, на яких поверхня ґрунтів знаходиться у повітряно-сухому стані.

2.2. **Інфрачервоний діапазон (ІЧ).** Під цим терміном розуміють широку смугу електромагнітного спектру від ближнього ІЧ, до дальнього, теплового випромінювання. Відповідно, і відображення ґрунтів у різних зонах інфрачервоного діапазону буде обумовлюватися самими різними причинами – від будови молекул органічних речовин та коливань молекул у плівках міцнозв'язаної води, до температури ґрунту. А отже й діагностичні можливості ІЧ спектру є дуже широкими. Найчастіше для моніторингу та картографування ґрунтів використовують ближній ІЧ діапазон, що чутливий до вмісту гумусу в ґрунтах, вмісту сполук заліза та вологості.

2.3. **Гіперспекральне сканування** – дозволяє отримувати спектральний портрет ґрунту, що залежить від вмісту, кількості та

співвідношення окремих мінералів та простих хімічних сполук і є дуже перспективним для досліджень ґрунтів [14].

3. **Сільськогосподарська гідрологія** – спостереження за гідрологічними характеристиками сільськогосподарських земель: рівнем підземних вод, фіксацією температури в сусідніх водоймах, вимірювання обсягу води в річках і в озерах.

4. **Сільськогосподарська метеорологія** – моніторинг температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру, кількості опадів, атмосферного тиску, температури ґрунту, а також інтенсивності сонячного випромінювання.

5. **Попередження сільськогосподарських катастроф** – природних катаклізмів, таких як посухи, повені, навали шкідників.

6. **Точне землеробство** – це комплексна високотехнологічна система сільськогосподарського виробничого менеджменту, що включає в себе технології глобального позиціонування (GPS), географічні інформаційні системи (GIS), технології оцінки врожайності (YieldMonitor Technologies), технологію змінного нормування (VariableRateTechnology) і технологію дистанційного зондування землі (ДЗЗ). Суть точного землеробства в тому, що обробка полів проводиться в залежності від реальних потреб вирощуваних в даному місці культур. Ці потреби визначаються за допомогою сучасних інформаційних технологій, включаючи космічну зйомку.

Основними компонентами системи точного землеробства є такі:

- система збору просторової інформації (ДЗЗ, наземні аналітичні методи);
- система просторового контролю виконання операцій: GPS (прилади супутникової навігації) і сенсорні датчики.

Визначення точних координат місця перебування техніки в режимі реального часу з точністю до 2,5 см відкриває широкі можливості для застосування економічно ефективних і природоохоронних технологій. Сюди можна зарахувати рядкове внесення добрив, ґрунтообробіток, точний висів й обробку рослин обприскувачами без пропусків і перекриттів, точну роботу комбайнів, створення карт урожайності полів і багато інших технологічних операцій, які виконують якісніше.

7. **Телеметика** (контроль технічних засобів) – час виконання робіт, площа оброблених полів, кількість зібраного врожаю, витрати палива,

карта роботи (якість виконаних агротехнічних операцій).

Ефективність аналізу та інтерпретації космічних зображень для вирішення висвітлених вище завдань визначається змістом та обсягом інформації про об'єкти ДЗЗ, перелік яких зумовлений тематичним завданням. Обробку даних ДЗЗ здійснюють з метою розпізнавання об'єктів або ситуацій і визначення їх положення у просторі. Оскільки фізичні властивості об'єктів відрізняються і не можна запропонувати універсальної методики отримання даних ДЗЗ, використовують різні способи та засоби ДЗЗ. Але в загальному вигляді процес отримання даних ДЗЗ можна представити у вигляді послідовності наступних операцій:

1. Отримання даних ДЗЗ (космічних знімків). Підготовка та проведення сеансу зв'язку з КА.

2. Первинна обробка космічних знімків.

3. Тематична обробка даних ДЗЗ.

4. Формування та надання замовнику звітних документів.

Існує декілька джерел отримання первинних даних ДЗЗ:

- прийом знімків з космічних апаратів;
- закупка у іноземних операторів;
- отримання від вітчизняних установ, які займаються космічною діяльністю;
- отримання даних з використанням безпілотних авіаційних засобів;
- отримання даних наземними технічними засобами (в основному для валідації розроблених методик).

Завдяки охарактеризованим перевагам найбільш розповсюдженим джерелом інформації ДЗЗ є космічні засоби. Якість вирішення завдань ДЗЗ багато в чому визначається складом та характеристиками засобів прийому, обробки, зберігання та надання користувачам інформації.

Підготовка до проведення сеансу прийому інформації включає визначення типу КА, з якого буде прийнята інформація та введення технологічних даних відповідно до обраного КА; оновлення параметрів руху КА; вирішення балістичних завдань для визначення даних вторинної балістики (зони радіовидимості, цільказівок, параметрів проходження над районом спостереження та інше).

Особливості об'єктів ДЗЗ мають бути враховані під час вибору космічної системи, за допомогою якої формуються зображення.

Насамперед, до уваги, беруться такі характеристики:

- спектральний діапазон, в якому проявляється активність об'єктів та процесів, що спостерігаються;

- ступінь детальності спостереження та реєстрації геометричної форми об'єктів і просторових взаємовідношень;

- радіометричне розрізнення;

- площа сцени – певного району земної поверхні, яка буде спостерігатися;

- гарантоване забезпечення одноразового контролю або моніторингу визначеного географічного району.

З іншої сторони, кінцеві споживачі супутникової інформації іноді здатні формувати вимоги до матеріалів космічної зйомки, які безпосередньо зв'язані з техніко-технічними характеристиками бортової апаратури ДЗЗ [8].

Наразі у світі функціонує низка загальнодоступних супутникових систем, які використовуються для дослідження геоecологічних систем. Найбільш розповсюдженими з них є європейські супутники серії ERS з приладом ATSR, система NOAA з приладом AVHRR США та супутникова система EOS с прибором MODIS. Основними перевагами таких систем є висока оперативність отримання глобальних даних й висока частота спостереження.

Однією з сучасних систем дистанційного зондування Землі середнього розрізнення є прилад MODIS, встановлений на супутниках Terra і Aqua. Отримувані з його використанням дані широко використовуються у різних сферах, зокрема, для глобального моніторингу рослинності.

Прилад MODIS виконує зйомку в 36 спектральних каналах видимого й інфрачервоного діапазону довжин хвиль із просторовим дозволом 250 м, 500 м і 1 км та забезпечує щоденне здобуття даних спостережень для будь-якого регіону України. Інформація з даного КА знаходиться у вільному доступі та може бути базовою для експлуатації комплексу.

Проведення сеансу зв'язку передбачає організацію супроводження КА антенною системою за цільказівками із заданою точністю, отримання бітового потоку у задній смузі частот, декодування інформації, виявлення та усунення помилок з використанням перешкодостійких кодів, візуалізація та запис інформації.

Основним операціями, які виконуються під час проведення *попередньої обробки*, є її кадрування (виділення ділянки, яка визначена для дослідження), радіометрична корекція, усунення геометричних викривлень та прив'язка зображення до заданої системи координат.

Зміст *тематичної обробки* визначається завданнями, які замовляються користувачами даних ДЗЗ, а також можливостями технічних засобів ДЗЗ щодо отримання інформації з потрібними характеристиками (просторове розрізнення, кількість спектральних каналів, радіометричне розрізнення та інші). Прикладами тематичних задач можуть бути визначення етапу вегетації рослин, стан і вологість ґрунтів та інші.

Нині розповсюдження набули засоби, які отримують зображення підстилаючої поверхні у кількох спектральних каналах. Багатозональне знімання слід використовувати при вирішенні завдань, в яких суттєве значення мають спектрально-яскравісні характеристики об'єктів.

Для отримання якісних результатів дистанційного знімання необхідно прийняти до уваги багато факторів: стан атмосфери, висоту Сонця та азимут на нього під час польоту, а також технічні параметри апаратури (спектральне, радіометричне, частотне, температурне та просторове розрізнення).

Зелена зона відповідає зеленому кольору здорової рослинності, але також використовується для катрографування водоймищ. Червона зона є однією з найбільш важливих для виділення рослинності. Її можна використовувати для визначення меж ґрунтів та антропогенних об'єктів.

Частина ближньої ІЧ області – 0,7–0,8 мкм – характеризує обсяг рослинної біомаси та використовується для оцінки врожаю зернових культур, виділення меж ґрунт-сільгоспкультура або суша-вода. Інша частина області 0,8–1,1 мкм – дозволяє виконувати дослідження рослинного покриву за наявності туману та димки.

Ділянка середньої ІЧ області 1,55–1,74 мкм чутлива до кількості вологи в рослинах, що важливо при вивченні засухи та аналізі життєздатності рослин. Інша частина даної області зі значеннями 2.08–2.35 може бути застосована для визначення вологовмісту ґрунту та рослинності.

Ділянка ІЧ випромінювання в інтервалі 3.55–3.93 мкм може бути використана для виділення участків снігового та льодового

покриву, а також для виявлення пожеж. Інтервал 10.40–12.50 мкм використовується для реєстрації температурних різниць об'єктів знімання, рослинності, враженої хворобами, визначення місця розташування термальних засмічень, дослідженням вологості ґрунтів [8, с. 148].

Задачі тематичної обробки вирішуються з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. В даних комплексах реалізуються типові етапи обробки даних ДЗЗ. Виявлення характеристик земної поверхні реалізується за допомогою використання спеціального програмного забезпечення (ПО) по обробці супутникових знімків, найбільш відомі з яких ENVI і ERDAS IMAGINE. Робота в цих програмах часто йде в сполученні з роботою в програмах ГІС, наприклад, ENVI має спеціальні опції, розраховані на сполучену роботу з ArcGIS. Всі комерційні програмні комплекси досить дорогі. Як гарна альтернатива існує вибір і відкритого (безкоштовного) ПО, яке також дозволяє вести обробку супутникових знімків і сполучену ГІС роботу (GRASS, QGIS, інші).

Космічний моніторинг Землі дозволяє забезпечити вирішення екологічних, природно-ресурсних, природоохоронних та економічних завдань, які визначають основні напрямки функціонування державної політики у сфері сталого розвитку аграрного сектору економіки. Одним із суб'єктів реалізації таких завдань є Житомирський національний агроекологічний університет – унікальний в своєму роді заклад Поліського регіону України. Природно, що на базі університету разом із Національним центром управління та випробування космічних засобів Державного космічного агентства України був створений Регіональний космічний центр «Полісся», у складі якого є пункт прийому та обробки даних дистанційного зондування Землі.

До переліку завдань Центру «Полісся» можна віднести наступні три взаємопов'язані складові: освітня, наукова та прикладна.

Завдання освітньої складової зв'язані з наступним:

- впровадження активних методів навчання в рамках практичної підготовки студентів на основі використання наявних технічних засобів прийому та обробки оперативної інформації з КА;

- реалізація міждисциплінарних та міжгалузевих зв'язків;

- відкриття освітніх програм підготовки фахівців у сфері дистанційного зондування Землі;

Завдання наукової складової пов'язані з таким:

- розробка нових методик та алгоритмів вирішення тематичних задач на основі використання даних ДЗЗ;

- апробація та адаптація існуючих методик з урахуванням специфіки та особливостей Поліського регіону;

- вдосконалення засобів і технологій прийому та обробки інформації з КА;

- отримання експериментальних даних для проведення наукових досліджень у сфері агробізнесу;

- проведенням спільних з партнерами Центру досліджень з метою реалізації наукових проєктів, в тому числі і в міжнародних програмах, в сфері сільського та лісового господарства, екологічного та геофізичного моніторингу, виявлення передвісників виникнення природних та техногенних катастроф.

Завдання прикладної складової пов'язані з наступним:

- моніторингом території Поліського регіону та наданням оперативної і достовірної інформації для прийняття своєчасних управлінських рішень в інтересах екологічної та продовольчої складових національної безпеки держави. Центр «Полісся» представляє собою пілотний проєкт в Україні як один із дієвих пунктів прийому та обробки космічної інформації в системі Національного центру управління та випробування космічних засобів Державного космічного агентства України;

- створення інформаційного поля для популяризації технологій ДЗЗ серед фахівців різних сфер економіки, насамперед, аграрної, державних та місцевих органів влади.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Визначено основні проблеми сільськогосподарських товаровиробників та технічні методи їх реалізації за допомогою технологій ДЗЗ з використанням засобів повітряного та космічного базування. Обґрунтовано доцільність створення регіональних космічних центрів на прикладі Центру «Полісся» на базі Житомирського національного агроекологічного університету у

співпраці із Національним центром управління та випробування космічних засобів Державного космічного агентства України для науково-практичного супроводу вирішення визначених проблем з подальшою інтеграцією отриманих результатів в освітній процес та популяризацією космічних технологій в агробізнесі й екології.

Reference

1. Antonenko, V. S. (2002). Agrometeorologicheskii monitoring posevov selskokhozyaystvennykh kultur v Ukraine s primeneniem aerokosmicheskikh metodov [Agrometeorological monitoring of crops in Ukraine using aerospace methods]. Kyiv : ArtEk [in Russian].
2. Vasilev, L. N. & Poluarshipova, A. G. (1984). Metodika deshifirovaniya pochvennogo pokrova spakhannykh poley po spektralnym yarkostyam, izmerennym po kosmicheskim snimkam [Method of decoding soil cover of tilled fields by spectral brightness measured by satellite images]. *Issledovaniya Zemli iz kosmosa*, 1, 51–57 [in Russian].
3. Dorozhynska, O. O. (2009). Monitorynh zemel rekreatsiinoho pryznachennia na bazi dystantsiinoho zonduvannia ta heoinformatsiinykh pidkhodi [Monitoring of recreational purpose lands on the basis of remote sensing and geoinformation approaches] (Avtoreferat dissertatsii kandidata tehniceskikh nauk). Natsionalnyi universytet "Lvivska politehnika", Lviv [in Ukrainian].
4. Kovalchuk, I. (Ed.). (2009). Ekologichnyi monitorynh rehionu : ekspertna otsinka stanu i funktsionuvannia [Environmental monitoring of the region: an expert assessment of the state and functioning]. Lviv : Opillia-L [in Ukrainian].
5. Ievsiukov, T. O. & Openko, I. A. (2012). Doslidzhennia prostorovoho poshyrennia osoblyvo tsinnykh zemel na rehionalnomu rivni (na prykladi Vasylykivskoho raionu Kyivskoi oblasti) [Investigation of spatial distribution of especially valuable land at the regional level (on the example of Vasylykivsky district of the Kyiv region)]. *Zemleustrii i kadastr*, 3, 42–50 [in Ukrainian].
6. Gorshenin, A. E., Kondratenko, S. A., Osadchuk, R. N. & Pereguda, A. M. (2011). Kosmicheskyye metody dystantsionnogo zondirovaniya Zemli : uchebnoye posobiye [Space methods of remote sensing of the Earth : study guide]. Zhitomir : ZhVI NAU [in Ukrainian].
7. Kryvobok, O. A. (1997). Metody avtomatyzovanoi obrobky ta interpretatsii danykh

bahatospektralnoi suputnykovoi ziomky posiviv silskohospodarskykh kultur v Ukraini [Methods of automated processing and interpretation of data of multispectral satellite survey of crops in Ukraine] (Avtoreferat dysertatsii kandydata heohrafichnykh nauk). Odesa [in Ukrainian].

8. Krupnomasshtabnaya kartografiya pochv: metody, teoriya i praktika (1971). [Large-scale soil mapping: methods, theory and practice]. Moskva: Nauka [in Russian].

9. Levingaucht, A. I. (1931). Opyt primeneniya aerofotosyemki pri izuchenii Dneprovskikh plaven [Experience in the use of aerial photography in the study of the Dnieper flu]. *Materialy po probleme Nizhnego Dnepra*, 2, 143–152 [in Russian].

10. Manoilov, V. P., Omelchuk, V. V. & Opaniuk, V. V. (2008). Dystantsiine zonduvannia Zemli iz kosmosu: naukovo-tehnichni osnovy formuvannia y obrobky vydovoi informatsii [Remote sensing of the Earth from space: scientific and technical basis for the formation and processing of specific information]. Zhytomyr : ZhDTU [in Ukrainian].

11. Kosovets, O. O., Sakhatskyi, O. I., Zholobak, H. M., Sokolov, V. V., Sydorova, N. P., Yushchenko, M. V. & Fedorenko, T. M. (2007). Merezha sposterezhen hidrometeorologichnykh stantsii, yak osnova testovykh polihoniv aerokosmichnoho monitorynhu ahroresursiv [Observing network of hydrometeorological stations as a basis for aerospace monitoring of agrarian resources]. *Nauky pro Zemliu ta Kosmos – Suspilstvu* : materialy nauk. konf. (pp.18-24). Kyiv [in Ukrainian].

12. Achasova, A. (2017). Pohliano na grunty z kosmosu [Let's look at the soils from outer space]. *50north*. Retrieved from <http://www.50northspatial.org/ua/poglyanemo-na-grunty-z-kosmosu/>.

13. Belenko, A. (2016). Porady po provedenniu audytu zemelnogo banku [Tips for conducting the Land Bank Audit]. *Propozytsiia*, 12. Retrieved from <https://propozitsiya.com/ua/porady-po-provedennyu-audytu-zemelnogo-banku> [in Ukrainian].

14. Pochvennaya syemka: rukovodstvo po polevym issledovaniyam i kartirovaniyu pochv (1959). [Soil survey: field study and soil mapping guide]. Moskva : Izd-vo AN SSSR [in Russian].

15. Savin, I. Yu. & Simakova, M. S. (2012). Sputnikovyye tekhnologii dlya inventarizatsii i monitoringa pochv v Rossii [Satellite technologies for soil inventory and monitoring in Russia].

Problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa, 9 (5), 104–115 [in Russian].

16. Smetanin, I. S. (1940). Izopyta ispolzovaniya materialov aerofotosyemki pri pochvennykh issledovaniyakh [Experience of using aerial photography materials in soil studies]. *Pochvovedeniye*, 12, 66–72 [in Russian].

17. MAPGROUP (2018). Tsenovyye voyny: podschet stoimosti dronov, samoletov i sputnikov [Price Wars: Costing Drones, Airplanes, and Satellites]. Retrieved from <http://mapgroup.com.ua/articles/interesno-znat/1716-tsenovyye-voyny-podschet-stoimosti-dronov-samoletov-i-sputnikov> [in Russian].

SPACE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION SYSTEM OF AGRICULTURAL PRODUCERS

O. Skydan, Y. Brodsky,

P. Topolnytsky, P. Pivovar

e-mail: skydanolegv@ukr.net,

yubrodskiy26@gmail.com, topolua@ukr.net,

symon-pyvovar@ukr.net

Zhytomyr National Agroecological University
7, Stary Blvd, Zhytomyr, 10008, Ukraine

The importance of digitization of production processes in agriculture has been substantiated. The necessity of integrating state, scientific and educational institutions into the economic system through the use of aerospace information technologies is shown. With the help of the historical scientific research method, the main stages of the development of domestic remote sensing of the Earth (RSD) are reflected in order to optimize production processes in agriculture. A comparative analysis of the use of space and unmanned aircraft systems (drones). Modern trends in the development of geospatial technologies have been identified, namely: precision farming, unmanned technologies, the Internet of things, the use of artificial intelligence in data analysis and agrosouting. It has been established that for efficient economic activities agricultural producers can apply space technologies in the following areas of management: land management, soil science, agricultural hydrology, prevention of natural disasters and catastrophes, precision farming, telematics.

It was determined that the space monitoring of the Earth allows the solution of environmental, natural resource and economic tasks that determine the main directions of functioning of the state policy in the field of sustainable development of the

agrarian sector of the economy. One of the subjects of the implementation of such tasks is the Zhytomyr National Agroecological University - a unique institution of the Polissya region of Ukraine. Naturally, on the basis of the university, together with the National Center for Control and Testing of Space Facilities of the State Space Agency of Ukraine, the Regional Space Center «Polissya» was established, which includes a point for receiving and processing remote sensing data. The main tasks of the «Polissya» Center are listed in the form of three interrelated components: educational, scientific and applied. The expediency of creation of regional space center taking into account the climatic and natural features is proved on the example of the Polissya Center for scientific and practical support of solving certain problems with the further integration of the obtained results into the educational process and popularization of space technologies in agribusiness and ecology.

Keywords: information, monitoring, remote sensing of the earth, aerospace information technologies, agriculture.

КОСМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

**А. В. Скидан, Ю. Б. Бродський,
П. П. Топольницький, П. В. Пивовар**

e-mail: skydanolegv@ukr.net,
yubrodskiy26@gmail.com, topolua@ukr.net,
syton-pyvovar@ukr.net

Житомирский национальный
агроэкологический университет
бульвар Старый, 7, г. Житомир, 10008, Украина

Обоснована важность диджитализации производственных процессов в сельском хозяйстве. Показана необходимость интегрирования государственных, научных и образовательных учреждений в систему хозяйствования на основе использования аэрокосмических информационных технологий. С помощью исторического научного метода исследования отражены основные этапы развития отечественного дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с целью оптимизации производственных процессов в сельском хозяйстве. Проведен срав-

нительный анализ использования космических и беспилотных авиационных комплексов (дронов). Визначено современные тренды развития геопространственных технологий, а именно: точное земледелие, беспилотные технологии, интернет вещей, использование искусственного интеллекта при анализе данных и агроскаутинг. Установлено, что для эффективного ведения хозяйственной деятельности аграрные производители могут применять космические технологии в следующих сферах хозяйствования: управление земельными ресурсами, почвоведение, сельскохозяйственная гидрология, предупреждение природных катаклизмов и катастроф, точное земледелие, телематика.

Определено, что космический мониторинг Земли позволяет обеспечить решение экологических, природно-ресурсных, природо-охранных и экономических задач, которые определяют основные направления функционирования государственной политики в области устойчивого развития аграрного сектора экономики. Одним из субъектов реализации таких задач является Житомирский национальный агроэкологический университет - уникальный в своем роде заведение Полесского региона Украины. Естественно, что на базе университета совместно с Национальным центром управления и испытания космических средств Государственного космического агентства Украины был создан Региональный космический центр «Полесье», в составе которого есть пункт приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли. Перечислены основные задачи Центра «Полесье» в виде трех взаимосвязанных составляющих: образовательной, научной и прикладной. Обоснована целесообразность создания региональных космических центров с учетом природно-климатических особенностей на примере Центра «Полесье» для научно-практического сопровождения решения определенных проблем с последующей интеграцией полученных результатов в образовательный процесс и популяризацией космических технологий в агробизнесе и экологии.

Ключевые слова: информация, мониторинг, дистанционное зондирование Земли, аэрокосмические информационные технологии, сельское хозяйство.