

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОСМІЧНОГО ЗНІМАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ПРИКЛАДІ КРАЇН СВІТУ ТА УКРАЇНИ

**О.Р. Гулько**

кандидат економічних наук,

Національний університет “Львівська політехніка” (м. Львів, Україна)

e-mail: olesya-72@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1476-6149>

**Ю.С. Хавар**

кандидат технічних наук, доцент

Національний університет “Львівська політехніка” (м. Львів, Україна)

e-mail: jyliahavar@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2407-2258>

Встановлено, що під час розвитку суспільства, зростання впливу дії людини на агроекологічну систему Землі і водночас задоволення її життєдіяльності настає потреба в застосуванні нових методів у керівництві природними ресурсами. Сьогодні першочерговим серед способів одержання відомостей є космічна зйомка, яка проводиться через різні носії з космосу за підтримки знімального устаткування. Висвітлено, що відомості космічного і фотоаерознімання достатньо застосовують у картографії, під час розв’язування задач у всіх напрямках науки та техніки і утворення геоінформаційних систем. Щорічно об’єм продукції, пов’язаної з картографуванням та геоінформацією, розширюється, з’являються новітні сфери для використання інформації із космічних зйомок. Специфікою космічної зйомки протягом декількох десятиріч є одержання даних із аерознімання із дуже високим просторовим розрізненням (<1 м), зростання у спектральному розрізненні систем для зйомки та здійснення спектральної зйомки. Під моделлю дистанційного зондування Землі розуміємо систему отримання та перетворення вхідних сигналів електромагнітного спектра на вихідні, які формують зображення або точкові вихідні дані про об’єкти на місцевості. Наголошено, що в останні десятиліття особливо використовують дистанційне зондування Землі для одержання інформативних даних про агроекологічну поверхню землі. Отримано за допомогою дистанційного зондування Землі природні характеристики про типи ґрунтів, рослинності тощо. Інформацію, яку одержують за допомогою аерокосмічних засобів дистанційного зондування Землі, досить широко використовує багато країн світу, на її підставі успішно відшуковують корисні копалини, оцінюють сільський потенціал регіонів і країн, проводять аналіз сільськогосподарських угідь, виділення типів і видів сільськогосподарських культур, здійснення прогнозу урожайності, контроль за станом ґрунтів та пасовищ, виконують його моніторинг. Криза ґрунтознавчого характеру в Україні зумовлена функціонуванням адміністративно-командної економіки в минулому.

**Ключові слова:** агроекологія, ґрунт, органічне землеробство, агроекосистема, рослинність.

### ВСТУП

Проблемою сьогодення є дослідження, розроблення та вдосконалення основних напрямів у застосовуванні засобів космічного знімання при проведенні моніторингу земель. Нині інтенсивно здійснюються запуски космічних систем, але просторова розрізненість зображень не може конкурувати із конструкціями більшості супутникових оптико-електронних сенсорів для досліджень у проведенні моніторингу сільськогосподарських земель. Аналіз світового досвіду використання методів космічного знімання для моніторингу земель сільськогосподарського призначення засвідчив про необхідність вдосконалити системи космічного знімання із високоточною розрізненістю зобра-

жень, за допомогою яких можна буде отримувати інформацію про рельєф земельного покриття та його певні фізичні і природничо-екологічні властивості. Ротація культур у сівозміні, непередбачувані зміни у структурі посівних площ, варіативність ґрунтових характеристик полів та метеорологічних умов вегетаційного періоду — усе це зумовлює необхідність оперативного відстежити вказані фактори з метою вчасного проведення відповідних агротехнічних заходів для забезпечення максимальної біопродуктивності угідь. Потреба такої новітньої та всебічної інформації спонукає впровадити в агропромисловому комплексі України методи дистанційного зондування Землі. Визначено, що на сьогодні за допомогою певної методики потрібно інтенсивно

здійснити запуски космічних систем в Україні, але просторова розрізненість зображень не може конкурувати із конструкціями більшості супутникових оптико-електронних сенсорів для використання аерокосмічних знімачів та досліджень для проведення моніторингу сільськогосподарських земель. Враховуючи розвиток суспільства, зростання впливу дій членів суспільства на екологічну систему Землі і водночас задоволення їх життєдіяльності, потрібно засвідчити, що певні чинники потребують нових методик у керівництві екологічними природними ресурсами.

Унаслідок запуску чималої кількості супутників для спостереження земної поверхні та наявності достатніх об'ємів різноманітних даних щодо дистанційних спостережень протягом останніх років ці показники доволі широко застосовано органами державних влад різних держав для підтримки у прийнятті рішення у галузі агроекологічної безпеки, спостереження становлення та розбудови міст і шляхопроводів, побудови цілісної інфраструктури геопросторових показників, агрономічного моніторингу та у використанні сільськогосподарських земель.

Проведено аналіз результатів здійсненого моніторингу щодо застосування космічних методів спостереження Землі чільних державах світу для використання сільськогосподарських земель у нашій державі.

### **АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ**

Вагомий внесок у використання методів космічного знімання для моніторингу земель сільськогосподарського призначення зробили такі вчені та науковці, як Антоненко І.Я., Бакан Г.М., Бор'ян С.М., Бурштинська Х.В., Грановська М.Л., Дорожинський О.Л., Дребот О.І., Глотов В.М., Гаврилко Я.В., Зосімович М.В., Станкевич С.А., Шелестов А.Ю., Шершун М.Х. та інші.

Наукові праці цих та інших вчених частково охоплюють інформацію про рельєф земної поверхні, а також про її певні фізичні властивості. Радіолокаційне знімання, як свідчать праці цих науковців, дає змогу спостерігати об'єкти, приховані рослинністю і навіть розташовані неглибоко у приповерховому шарі землі. Нині напрацьовано чимало алгоритмів оброблення космічних знімків, створено системи супутникового моніторингу сільськогосподарських земель на глобальному рівні, які розташовано на сайтах Відділення служби аналізу світового сільськогосподарського виробництва при Міністерстві сільського господарства. Але водночас прикладні проблеми земельної реформи залишаються й надалі частково не розв'язаними.

### **МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Основою нашої роботи були наукові праці вітчизняних і закордонних учених у галузі моніторингу земель сільськогосподарського призначення за допомогою методів космічного знімання на прикладі провідних країн світу та України, законодавчі та нормативно-правові акти, дані досліджень науковців у галузі дистанційного знімання Землі і матеріали попередніх досліджень. Для виконання поставлених завдань використовували такі методи досліджень: порівняльного та структурного аналізу — для вивчення та узагальнення існуючих наукових підходів до проблеми моніторингу земель; функціонального аналізу — для узгодження основних елементів та понять у галузі дистанційного зондування земель та системи моніторингу земель сільськогосподарського призначення. Методологічну частину складає діалектичний метод пізнання процесів комплексу робіт.

### **РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

У сучасному світі досить широко застосовуються системи для космічного знімання, за допомогою яких отримують велике просторове розрізнення: QuickBird (США, Space Imaging), Ikonos (США, GeoEye), IRS (Індія ISRO), EROS (Ізраїль, Image Sat International) [2].

Щорічно об'єм продукції, пов'язаної з картографуванням та геоінформацією, збільшується, з'являються новітні сфери для використання інформації із космічних зйомок. Розширюється низка країн, котрі проводять знімання, а тих користувачів, котрі користуються цими даними, сповіщають про новітні знімальні дані через всесвітню мережу. Одним із основних джерел даних про поверхню Землі і в подальшому залишаються карти, проте останнім часом досить потужно застосовуються космічні методики, зв'язані із цифровим поданням поверхні Землі і змін її динаміки [3]. Унаслідок запуску чималої кількості супутників для спостереження земної поверхні достатніх об'ємів різноманітних даних щодо дистанційних спостережень протягом останніх років ці показники доволі широко застосовуються органами державних влад різних держав для підтримки у прийнятті рішення в галузі екобезпеки. Під моделлю дистанційного зондування розуміємо систему отримання та перетворення вхідних сигналів електромагнітного спектра на вихідні, які формують зображення або точкові вихідні дані про об'єкти на місцевості. Інформацію, яку отримують за допомогою аерокосмічних засобів дистанційного зондування Землі, досить широко використо-

вусе багато країн світу, на її підставі успішно відшукують корисні копалини, оцінюють сільський потенціал регіонів і країн, проводять аналіз сільськогосподарських угідь, виділення типів і видів сільськогосподарських культур, здійснення прогнозу врожайності, контроль за станом ґрунтів та пасовищ, виконують його моніторинг [3].

Домінантною метою функціонування системою дистанційного зондування Землі є:

- гарантування національної безпеки та виконання своїх зобов'язань;
- підтримування розробки на законодавчому рівні дослідницьких програм та демонстрації можливостей застосування передових технологій;
- підтримування постійно діючого міжнародного архіву супутникових величин і даних, котрі будуть використовуватися для довгострокового моніторингу змін навколишнього середовища.

На прикладі США можна визначити регламент діяльності космічних інструментів та принципи формування космічних програм, принципи ліцензування доступу до супутникових даних та наземного сегмента (довгострокове зберігання, надання на безкоштовній основі), оцінку ризиків виконання таких програм, обов'язки профільних міністерств тощо.

Сучасні засоби програмного забезпечення дозволяють використовувати для контролю розмірів посівних площ, виявлення ерозійних ділянок, агроекологічного моніторингу стану посівів і прогнозування врожайності чимало ознак наземних об'єктів, котрі отримуються на підставі супутникових знімків. До них належать спектральні характеристики, текстурні параметри та вегетаційні індекси, що розраховуються математичними методами. Нині напрацьовано чимало алгоритмів оброблення космічних знімків, створено системи супутникового моніторингу сільськогосподарських земель на глобальному рівні, які репрезентовано на сайтах Відділення служби аналізу світового сільськогосподарського виробництва при Міністерстві сільськогосподарства уряду США та проєкту MARS Об'єднаного дослідного центру Європейської Комісії [4].

На прикладі Європи проведення моніторингу фактичного використання земель здійснюється в межах реалізації Спільної сільськогосподарської політики (CAP — Common Agricultural Policy) [7].

Політика CAP призначена для підтримки фермерів у Європі, які забезпечують життєдіяльність більше ніж 500 мільйонів європейців. Її основна мета полягає в забезпеченні стабільної, сталої підтримки виробників сільськогоспо-

дарської продукції, забезпеченні цін для споживачів та зростанні стандартів праці фермерів і працівників сільського господарства.

Зокрема, у межах ЄС розроблено та використовується єдина інтегрована система адміністрування та контролю (Integrated Administration and Control System — IACS). Систему IACS повинні підтримувати та використовувати всі країни-члени ЄС. Ця система призначена для менеджменту субсидій, які можуть бути отримані конкретними фермерами або сільськогосподарськими господарствами напряму (direct funding) або в межах програми розвитку сільських територій (rural development) від спеціалізованих агенцій (Paying Agency — PA). У межах функціонування системи IACS коректність надання субсидій має бути перевірена шляхом здійснення адміністративних процедур і в рамках документів на вищому законодавчому щаблі є прикріплена важливість програми Landsat, супутникових параметрів, що дістаємо в її межах, і визначено головні компетентності.

Європейська система IACS використовує дані з різних спеціалізованих систем. Тому для забезпечення інтеграції та узгодженості зібраних протягом вегетаційного сезону даних між різними джерелами використовується структура даних. Зокрема, при обміні даними щодо кадастрових парцелів (reference parcel), які відповідають класам земної поверхні (land cover), та системою LPIS з сільськогосподарськими парцелями (land use) використовується інфраструктура INSPIRE та низка стандартів ISO щодо обміну геопросторовими даними [12]. У зв'язку із запуском великої кількості супутників спостереження Землі та наявністю при цьому великих об'ємів різних даних дистанційних спостережень в останні роки ці дані величин широко застосовані органами державної влади різних країн для підтримки прийняття рішень у сфері екологічної безпеки, моніторингу, побудови єдиної інфраструктури геопросторових даних INSPIRE, агроекологічного моніторингу сільськогосподарських земель.

У межах цих документів на найвищому законодавчому рівні закріплено важливість операційної програми Landsat супутникових даних, що отримуються в її межах, та визначено основні компетенції різних відомств [10].

З 2009 р. в межах Програми CDL здійснюється моніторинг різних культур, таких як кукурудза, соя, пшениця, рис, бавовна, та надаються оцінки площ посівів протягом поточного вегетаційного сезону після того, як стають доступними звіти фермерів та супутникові дані [13].

Необхідною умовою організації ефективного сільськогосподарського виробництва є

об'єктивна й оперативна інформація про розподіл і використання земельних ресурсів, стан сільськогосподарських угідь та динаміку кліматичних чинників. Якщо в період становлення незалежності нашої держави супутникові системи запускали та експлуатували шість країн (США, Китай, Франція, Індія, Ізраїль та Японія), то в 2000 році їх було вже 20, а сьогодні кількість перевищує 30, у тому числі й Україна.

Найважливішою характеристикою супутникових знімальних систем є розрізнявальна здатність, яка пов'язана з розрізненням на місцевості. Супутники останніх років є носіями оптико-електронної апаратури з розрізненням 1 метр і меншим, ніж 1 метр. Безумовним лідером у цій сфері є американські компанії; широкоживаними у світі є зображення, отримані із супутників Ikonos, QuickBird, WorldView, GeoEye.

Інформаційні продукти CDL використовуються для отримання багатьох геопросторових продуктів на території США, в тому числі спільно з різночасовими даними MODIS (з геопросторовим розрізненням 500 м) для оцінки площ кукурудзи і сої, моніторингу сільськогосподарських земель у Північній та Південній Дакоті [14]. При цьому для побудови багатьох продуктів використовуються наземні виміри, які щорічно збираються протягом червня в межах реалізації політики JAS (June Agricultural Survey).

В якості основних джерел вхідної інформації для генерації продуктів CDL використовуються дані AWiFS (просторове розрізнення 56 м в надирі), Landsat TM та ETM+ (30 м), супутникові дані MODIS (250–500 м), ретроспективні та актуальні наземні дані, національні набори даних по класах земної поверхні для несільськогосподарських територій, історичні дані та модель рельєфу агенції US Geological Survey (USGS) [12].

Нині відомості космічного і фотоаерознімання достатньо застосовують у картографії, при розв'язку задач у всіх напрямках науки та техніки і утворення геоінформаційних систем. З огляду на економічну та екологічну ситуацію у сфері раціонального використання земельних ресурсів в Україні та їх охорони виконані аналітичні дослідження зарубіжного досвіду щодо використання матеріалів космічного знімання сприятимуть ефективності використання і охорони земельних ресурсів. Зокрема, в Україні слід запровадити єдину європейську інтегровану систему I.A.C.S адміністрування та контролю за використанням та охороною земельних ресурсів. Для агроекологічного моніторингу та спостереження за розвитком ерозійних процесів, показників продуктивності земель доцільно

використовувати матеріали космічного знімання з просторовим розрізненням до декількох десятків метрів (Landsat, RADARSAT та інші), які ефективно використовуються в США та Канаді. Космічні знімальні системи з високим розрізненням (<1 м і вище) бажано використовувати для проектування та здійснення робіт у землеустрої, а також у точному землеробстві.

## ВИСНОВКИ

Сьогодні опрацьовано багато схем обробки знімків з космосу, систематизовано порядок спостереження із супутників за якістю і використанням земель на всесвітньому рівні, який репрезентовано на сайтах. Космічні системи у наш час стали необхідним елементом кожної розвиненої країни. Одним із напрямів космічного знімання є створення радіолокаційних систем, за допомогою яких отримують інформацію про рельєф земної поверхні, а також про її певні фізичні властивості. Радіолокаційне знімання дає змогу спостерігати об'єкти, приховані рослинністю і навіть розташовані неглибоко у приповерхневому шарі землі або води; його можна здійснювати в різний час доби та за різного стану атмосфери.

Отримані у процесі досліджень та аналізу технічні характеристики знімальних космічних систем високої розпізнавості дали підставу стверджувати, що за матеріалами зображень територій цими космічними системами стало можливим отримати карти масштабу 1:10000, а в окремих випадках і 1:5000, що дозволяє використовувати дані матеріали в кадастрі для внутрішньогосподарського землеустрою великих агропромислових підприємств, розробки проєктів сівозмін тощо.

Розглянувши найбільш цікаві вирішення, які можуть бути реалізовані, зауважимо, що світова практика свідчить про те, що найефективнішим засобом інформаційного забезпечення в разі розв'язання проблем моніторингу земель сільськогосподарського призначення є космічні системи дистанційного зондування Землі, а також те, що світ перебуває на порозі надзвичайно масштабної революції з космічних знімальних. З урахуванням рівня моніторингу земель для його ефективного здійснення повинні бути створені мережі станцій, пункти, пости спостережень із сучасним спеціальним обладнанням. Не менш важливим питанням організації повноцінного функціонування системи екологічного моніторингу земель є її законодавче, фінансове та технологічне забезпечення. Важливим аспектом ефективного використання матеріалів космічного знімання у сфері землеустрою є узаконення на національному рівні принципів та положень, їх застосування і управління ними,

використовуючи досвід законодавчої бази США. В Україні слід ввести ступеневу ієрархічну систему поділу сільськогосподарських земель

на окремі класи за видами угідь залежно від їх стану, як це має місце в Канаді, беручи за основу дані Landsat, Spot, DMC тощо.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Антоненко В.С. Агрометеорологічний моніторинг посівів в Україні аерокосмічними методами: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: спец. 11.00.09. Одеса. 2002. 34 с.
2. Бакан Г.М., Куцусуль Н.Н. Алгоритм нечіткої еліпсоїдної фільтрації стану статичного об'єкта. *Проблеми управління та інформатика (Автоматика)*. 1996. № 5. С. 77–92.
3. Boryan C., Yang Z., Mueller R. & Craig M. Monitoring US agriculture: the US department of agriculture, national agricultural statistics service, cropland data layer program. *Geocarto International*. 2011. Volume 26. Issue 5. P. 341–358. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2011.562309>
4. Бурштинська Г.В., Станкевич С.А. Система аерокосмічного знімання: підручник. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2013. 316 с.
5. Гаврилко Є.В. Економічний моніторинг землі за допомогою супутникових телекомунікаційних систем і мереж. *Зв'язок*. 2014. № 5. С. 3–5.
6. Гулько О.Р., Перович Л.М., Лудчак О.Ю. Аналіз світового досвіду використання космічних методів моніторингу використання земель сільськогосподарського призначення. *Сучасні досягнення геодезичної науки і виробництва: збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК*. 2018. Вип. 1 (35). Львів. С. 64–70.
7. Deschamps B., McNairn H., Shang J. & et Jiao X. Towards operational radar-only crop type classification: comparison of a traditional decision tree with a random forest classifier. *Canadian Journal of Remote Sensing*. 2012. Volume 38. Issue 1. P. 60–68. DOI: <https://doi.org/10.5589/m12-012>
8. Дорожинський О.Л., Бурштинська Г.В., Глотов В.М. Геоматика в екологічному моніторингу та оцінці загрозливих ситуацій: моногр. Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2016. 400 с.
9. Chang J., Hansen M. C., Pittman K., Carroll M., & DiMiceli C. Corn and soybean mapping in the United States using MODIS time-series data sets. *Agronomy Journal*. 2007. Volume 99. Issue 6. P. 1654–1664. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0170>
10. Жолобак Г.М. Використання методів дистанційного зондування для моніторингу аграрних ресурсів України. *Космічна наука і техніка*. 2010. Т. 16. № 6. С. 16–27.
11. Pal M., Mather P. M. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote sensing of environment*. 2003. Volume 86. Issue 4. P. 554–565. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00132-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00132-9)
12. Song C., Woodcock C. E., Seto K. C., Lenney M. P., & Macomber S. A. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? *Remote sensing of Environment*. 2001. Volume 75. Issue 2. P. 230–244. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00169-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00169-3)
13. Fisetite T., Chenier R., Maloley M., Gasser P. Y., Huffman T., White L. & Elgarawany A. Methodology for a Canadian agricultural land cover classification. *Proceedings of the 1-st International Conference on Object-based Image Analysis. Austria: Salzburg University*, 2006. P. 4–5.
14. Шелестов А.Ю., Яйлімов Б.Я. Стан моніторингу фактичного використання земель сільськогосподарського призначення у провідних країнах на основі супутникових даних. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2017. № 12. С. 59–66.

### APPLICATION OF SPACE PHOTOGRAPHY METHODS FOR MONITORING OF AGRICULTURAL LANDS AS AN EXAMPLE OF COUNTRIES OF THE WORLD AND UKRAINE

**Hulko O.**

Candidate of Economic Sciences,  
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)  
e-mail: olesya-72@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1476-6149>

**Khavar Yu.**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor of the Department of Land Cadastre  
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)  
e-mail: jyliahavar@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2407-2258>

*It has been established that with the development of society, the growth of the impact of human actions on the agro-ecological system of the Earth, and at the same time the satisfaction of its life activity, there is a need to apply new methods in the management of natural resources. Today, space photography, which is carried out through various carriers from space with the support of filming equipment, is the primary means of obtaining information. It is highlighted that information from space and photo-aerial imaging is sufficiently used in cartography, when solving problems in all areas of science and technology and the formation of geo-information systems. Every year, the volume of products related to mapping and geoinformation expands, new areas for using information from space surveys appear. The specificity of space surveying for several decades is the acquisition of data from aerial surveys with very high spatial resolution (<1 m), the growth in the spectral resolution of surveying systems and the implementation of spectral surveying. It is highlighted that by the model of remote sensing of the Earth*

we understand the system of receiving and converting input signals of the electromagnetic spectrum into outputs that form images or point output data about objects on the terrain. It is emphasized that in the last decades, remote sensing of the Earth is especially used to obtain informative data about the agro-ecological surface of the earth. Natural characteristics of soil types, vegetation, etc. were obtained with the help of remote sensing of the Earth. Many countries of the world use the information obtained with the help of aerospace means of remote sensing of the Earth quite widely, on its basis they successfully search for minerals, assess the rural potential of regions and countries, conduct analysis of agricultural lands, distinguish types and types of agricultural crops, implement yield forecasts, monitor the condition soils and pastures, perform its monitoring. The crisis of a soil science nature in Ukraine is caused by the functioning of the administrative-command economy in the past.

**Keywords:** agroecology, soil, organic farming, agroecosystem, vegetation.

## REFERENCES

1. Antonenko, V.S. (2002). Ahrometeorologichnyy monitorynh posiviv v Ukrayini aerokosmichnymy meto-damy [Agrometeorological monitoring of positions in Ukraine by aerospace methods]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Odesa [in Ukrainian].
2. Bakan, G. M., Kussul, N.N. (1996). Alhorytm nechitkoi elipsoidnoi filtratsii stanu statychnoho obiekta [Fuzzy ellipsoidal filtering algorithm of static object state]. *Problemy upravlinnia ta informatyka. (Avtomatyka) — Management problems and informatics (Automatics)*, 5, 77–92 [in Ukrainian].
3. Boryan, C., Yang, Z., Mueller, R., & Craig, M. (2011). Monitoring US agriculture: the US department of agriculture, national agricultural statistics service, cropland data layer program. *Geocarto International*, 26 (5), 341–358. DOI: <https://doi.org/10.1080/10106049.2011.562309> [in English].
4. Burshtynska, H.V., Stankevych, S.A. (2013). *Systema aerokosmichnoho znimannia: pidruchnyk [Aerospace Shooting System: textbook]*. Lviv: Polytechnic Publishing House [in Ukrainian].
5. Havrylko, Ye.V. (2014). Ekonomichnyi monitorynh zemel z vykorystanniam suputnykovykh telekomunikatsiinykh system i merezh [Economic monitoring of Land using satellite telecommunication systems and networks]. *Zviazok — Communication*, 5, 3–5 [in Ukrainian].
6. Hulko, O.R., Perovych, L.M., Ludchak, O.Yu. (2018). Analiz svitovoho dosvidu vykorystannia kosmichnykh metodiv monitorynhu vykorystannia zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Analysis of world experience in the use of space methods for monitoring the use of agricultural land]. *Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky i vyrobnytstva: zbirnyk naukovykh prats Zakhidnoho heodezychnoho tovarystva UTHK — Modern achievements of geodetic science and production: collection of scientific works of the Western geodetic society of the Ukrainian society of geodesy and cartography*, 1 (35). Lviv, 64–70 [in Ukrainian].
7. Deschamps, B., McNairn, H., Shang, J., & Jiao, X. (2012). Towards operational radar-only crop type classification: comparison of a traditional decision tree with a random forest classifier. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 38 (1), 60–68. DOI: <https://doi.org/10.5589/m12-012> [in English].
8. Dorozhinskiy, O.L., Burshtynska, H.V. & Hlotov, V.M. (2016). *Heomatyka v ekolohichnomu monitorynhu ta otsyntsi zahrozlyvykh sytuatsii: monografii [Geomatics in environmental monitoring and assessment of threatening situations: monograph]*. Lviv: Polytechnic Publishing House [in Ukrainian].
9. Chang, J., Hansen, M. C., Pittman, K., Carroll, M., & DiMiceli, C. (2007). Corn and soybean mapping in the United States using MODIS time-series data sets. *Agronomy Journal*, 99 (6), 1654–1664. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2007.0170> [in English].
10. Zholobak, H.M. (2010). Vykorystannia metodiv dystantsiinoho zonduvannia dlia monitorynhu ahrarnykh resursiv Ukrainy [Use of remote sensing methods for monitoring agricultural resources of Ukraine]. *Kosmichna nauka i tekhnika — Space science and technology*, 16 (6), 16–27 [in Ukrainian].
11. Pal, M., Mather, P.M. (2003). An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote sensing of environment*, 86 (4), 554–565. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257-\(03\)00132-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257-(03)00132-9) [in English].
12. Song, C., Woodcock, C.E., Seto, K.C., Lenney, M.P., Macomber, S.A. (2001). Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? *Remote sensing of Environment*, 75 (2), 230–244. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(00\)00169-3](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(00)00169-3) [in English].
13. Fiset, T., Chenier, R., Maloley, M., Gasser, P.Y., Huffman, T., White, L., Elgaraway, A. (2006). Methodology for a Canadian agricultural land cover classification. *Proceedings of the 1st International Conference on Object-based Image Analysis. Austria: Salzburg University*, 4–5 [in English].
14. Shelestov, A.Iu., Yailimov, B.Ya. (2017). Stan monitorynhu faktychnoho vykorystannia zemel silskohospodarskoho pryznachennia u providnykh krainakh na osnovi suputnykovykh danykh [State of monitoring of actual use of agricultural land in leading countries on the basis of satellite data]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli — Ukrainian Earth Remote Sensing Magazine*, 12, 59–66 [in Ukrainian].

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гулько Олександра Романівна**, кандидат економічних наук, старший викладач кафедри кадастру територій, Національний університет “Львівська політехніка” (вул. Карпінського, 6, Львів, Україна, 79000; e-mail: [olesya-72@ukr.net](mailto:olesya-72@ukr.net); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1476-6149>)

**Хавар Юлія Степанівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри кадастру територій, Національний університет “Львівська політехніка” (вул. Карпінського, 6, Львів, Україна, 79000; e-mail: [lyliahavar@gmail.com](mailto:lyliahavar@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2407-2258>)