

УДК 528.88:502.37

**А. Б. АЧАСОВ**, д-р с.-г. наук, доц.

*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва  
Харківська область, Харківський район, п/в «Комуніст-1», 62483, Україна  
e-mail: [remsensing@yandex.ua](mailto:remsensing@yandex.ua)*

**А. О. АЧАСОВА**, канд. біол. наук, доц.

*Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва  
Харківська область, Харківський район, п/в «Комуніст-1», 62483, Україна*

## БЕЗПЛОТНІ ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ ЯК ІНСТРУМЕНТ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ТА ОХОРОНИ ҐРУНТІВ

**Мета.** Аналіз проблем та перспектив використання безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві та демонстрація прикладів використання дронів для точного землеробства та охорони ґрунтів. **Методи.** Теоретичний аналіз та синтез, фотозйомка, картографічні. **Результати.** Розглянуті деякі проблеми та перспективи використання БПЛА в точному землеробстві. Демонструється приклад використання фотозйомки для оцінки еродованості ґрунтів та просторової неоднорідності ґрунтового покриву. **Висновки.** Така оцінка дає змогу прогнозувати збитки від недоотримання врожаю внаслідок зниження родючості еродованих ґрунтів та в подальшому корегувати проведення технологічних операцій з метою «вирівнювання» врожайності по полю а також планувати ґрунтоохоронні заходи з метою попередження подальших збитків.

**Ключові слова:** БПЛА, дрон, еродовані ґрунти, водна ерозія ґрунтів, точне землеробство, еколого-економічна ефективність

**Achasov A. B.**

*V. N. Karazin Kharkiv National University  
V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University*

**Achasova A. O.**

*V. V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University*

### UAVs AS A TOOL OF MODERN AGRICULTURE AND PROTECTION OF SOIL

**Purpose.** Analysis of the problems and prospects of the use of drones in agriculture and demonstrate examples of the use of drones for precision agriculture and soil conservation. **Methods.** Theoretical analysis and synthesis, photography, mapping. **Results.** Some problems and prospects of using UAVs in precision farming. Shows an example of the use of photography to assess the erosion of soils and the spatial heterogeneity of soil cover. **Conclusions.** This assessment predicts losses from the crop shortfall due to lower fertility of eroded soils and further adjust the carrying out of technological operations in order to «align» in the field of productivity, as well as to plan soil conservation measures in order to prevent further losses.

**Keywords:** drone, eroded soil, water erosion, precision agriculture, ecological and economic efficiency

**Ачасов А. Б.**

*Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина  
Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева*

**Ачасова А. А.,**

*Харьковский национальный аграрный университет имени В. В. Докучаева*

### БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ КАК ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ОХРАНЫ ПОЧВ

**Цель.** Анализ проблем и перспектив использования беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве и демонстрация примеров использования дронов для точного земледелия и охраны почв. **Методы.** Теоретический анализ и синтез, фотосъемка, картографический. **Результаты.** Рассмотрены некоторые проблемы и перспективы использования БПЛА в точном земледелии. Демонстрируется пример использования фотосъемки для оценки эродированности почв и пространственной неоднородности почвенного покрова. **Выводы.** Такая оценка позволяет прогнозировать убытки от недополучения урожая вследствие снижения плодородия эродированных почв и в дальнейшем корректировать проведения технологических операций с целью «выравнивания» урожайности по полю, а также планировать почвенные охранные мероприятия с целью предупреждения дальнейших убытков.

**Ключевые слова:** БПЛА, дрон, эродированные почвы, водная эрозия почв, точное земледелие, эколого-экономическая эффективность

## Вступ

**Постановка проблеми.** Останні роки характеризуються зростанням технологічності сільськогосподарського виробництва, яке все ширше використовує найсучасніші технології для підвищення еколого-економічної ефективності. В першу чергу мова йде, звісно, про економічну ефективність. Однак неотримання елементарних вимог щодо охорони ґрунтів веде до їх швидкої деградації та зниження врожайності сільгоспкультур. А отже й до падіння економічної ефективності виробництва.

Точне землеробство є тим напрямом розвитку сільського господарства, що відкриває нові можливості у підвищенні «віддачі» від кожної земельної ділянки завдяки врахуванню її специфічних особливостей щодо ґрунтово-агрокліматичних умов. Сама ідеологія точного землеробства передбачає просторово диференційований підхід до застосування технологій вирощування сільгоспкультур залежно від властивостей ґрунту, забезпеченості рослин поживними речовинами та вологою, стану рослин на певному етапі їх розвитку.

Необхідною умовою ведення точного землеробства є детальна та динамічна оцін-

ка просторової неоднорідності стану ґрунтів та сільськогосподарської рослинності, що забезпечує своєчасне застосування адекватних агрозаходів саме в тих місцях, що цього потребують. Незамінним джерелом інформації для ведення точного землеробства є дані дистанційних моніторингових спостережень високої роздільної здатності, для здійснення яких все частіше використовують дрони, або безпілотні літальні апарати (БПЛА).

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** За оцінками експертів [1, 2], ринок дронів є чи не найшвидше зростаючим у світі (табл 1). Кількість цивільних дронів, проданих фізичним та юридичним особам з року в рік збільшується в рази, та вже зараз нараховує мільйони штук. Причому ще 2014 році більша їх частина (близько 70%) мала спеціальне призначення, тобто використовувалась у різних галузях господарства. Прогнози розвитку ринку дронів щороку стають все більш оптимістичними, та реальні темпи росту виробництва та продаж дронів перевищують прогнозні в декілька разів.

Таблиця 1

Ріст світових продаж дронів за даними експертів

Рік	Продаж дронів (в світі)	
	Млн. шт	Млрд. доларів США
2013	0,75	0,25
2014	1,5	0,75
2015	6,4	1,7
2025 (прогноз)	60 – 100*	5

\*За різними джерелами

Одною з найперспективніших галузей використання БПЛА сьогодні традиційно вважається сільське господарство. Так, а прогнозами Міжнародної асоціації безпілотних систем (AUVSI) [3], БПЛА будуть мати найбільший вплив саме на сільськогосподарську галузь. Прибуток від використання БПЛА в аграрній сфері США спеціалістами оцінюється у 75 мільярдів доларів США до 2025 року за рахунок створення нових робочих місць та оптимізації існуючих процесів.

Хоча, за оцінками деяких фахівців [4], затребуваність БПЛА у сільгоспгалузі США, попри очікування експертів, виявляється зараз значно меншою, ніж для ведення комерційних відеозйомок, топографо-геодезичних робіт, інспекції та контролю, точне землеробство, однак, є одним з найвагоміших сегментів ринку послуг БПЛА.

Вже зараз послуги використання БПЛА для сільського господарства активно просуваються на ринку і в Україні. Однак, як і кожна нова методика, використання дронів для точного землеробства потребує

залучення кваліфікованих фахівців, опрацювання та виробничої перевірки.

**Метою статті є** аналіз проблем та перспектив використання БПЛА в сільському

господарстві та демонстрація прикладів використання дронів для точного землеробства та охорони ґрунтів.

### *Результати дослідження*

Використання дронів у сільському господарстві зводиться до виконання ними двох основних функцій:

1. Транспортної;
2. Моніторингової.

В першому випадку це, головним чином, обприскування полів отрутохімікатами та заселення полів «корисними» комахами, якщо використовуються технології біоземлеробства. Крім того, можливе застосування дронів для термінової доставки ліків, хімічних препаратів чи, наприклад, запчастин до ділянок, розташованих у важкодоступних районах.

Моніторингова функція дронів набагато ширша (табл. 2). Залежно від апаратури, що використовується, БПЛА надають широкі можливості як для агровиробників, так і для установ, контролюючих використання земель та сільгоспвиробництва.

Найчастіше для моніторингу сільгоспугідь застосовують дрони, оснащені фотокамерами, які проводять зйомку у видимому діапазоні, або NIR-модифікованими камерами, чи мультиспектральними сенсорами які дозволяють здійснювати зйомку як у видимому так і у ближньому ІЧ-діапазоні, що дозволяє в подальшому розраховувати індекс NDVI, який традиційно використовують для оцінки стану рослинності.

Мультиспектральні сенсори, призначені для зйомки з БПЛА наразі є досить дорогим задоволенням, але їх розвиток, як і всього, що пов'язано із безпілотниками, настільки стрімкий, що можна очікувати, що в найближчі роки вони стануть значно доступнішими.

Прикладом на найсучасніших на сьогодні мультиспектральних сенсорів для БПЛА є Parrot Sequoia, який з'явився на ринку з березня 2016 року, та коштує зараз 3500\$. Маючи вагу всього 108 г, він здатен проводити одночасно знімання в 4х вузьких спектральних каналах – зеленому (G, 550 нм), червоному (R, 660 нм), граничному червоному (Red Edge, 735 нм), та ближньому інфрачервоному (NIR, 790 нм) та про-

водити звичайну (RGB) зйомку 16 мП камерою.

Крім того, можливе обладнання БПЛА тепловізійними камерами, що дозволяють проводити зйомку в тепловому діапазоні хвиль (як правило, 8-14 мкм). Результати такої зйомки використовують для оцінки потреби рослин у зрошенні та регуляції роботи зрошувальних систем [5], оцінки захворюваності рослин [6], є спроби оцінки вологості ґрунтів за даними термозйомки [7].

Більшість досліджень щодо використання теплової зйомки для агромоніторингу проводились на прикладі даних супутникових зйомок, що мають низький просторовий дозвіл. Можливість оснащувати тепловізорами дрони з'явилась нещодавно, та відкриває безліч можливостей для розширення та поглиблення цих досліджень. Так, влітку 2016 року, компанія DronUa здійснила масштабний проект з теплової зйомки декількох районів м.Києва, за результатами якої була проведена оцінка впливу зелених зон на мікрокліматичні умови великого міста [8].

Звичайно ж, мультиспектральна зйомка є більш інформативною завдяки можливості більш детального змістовного дешифрування знімків, в тому числі через розрахунки допоміжних індексів, на кшталт вже згаданого NDVI. Однак, наш досвід показує, що навіть знімання звичайною фотокамерою з високої роздільною здатністю дозволяє отримати гарні результати щодо оцінки стану посівів та прогнозу врожаїв [9].

Особливістю даних фотозйомки з БПЛА є їх високий, навіть надвисокий просторовий дозвіл (або роздільна здатність) та можливість планувати та виконувати зйомку у найбільш зручний для досягнення заданої мети час. Саме це є найсуттєвішою перевагою дронів перед супутниковою зйомкою.

Покажемо, один з конкретних прикладів можливого використання фотозйомки за допомогою БПЛА.

Таблиця 2

## Можливості використання БПЛА в сільському господарстві

Дрон зі звичайною фотокамерою	БПЛА з мультиспектральними сенсорами
дає можливість	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• інвентаризації та картографування сільськогосподарських угідь (у тому числі складання кадастрових планів та створення проектів землеустрою);</li> <li>• створення й поновлення ґрунтових карт</li> <li>• оцінки обсягу і якості проведення польових робіт, контролю їхнього виконання, в тому числі контролю дотримання сівозмін та якості збору врожаю;</li> <li>• планування посівних робіт, у тому числі термінів, черговості на окремих полях та необхідності пересівання культур у разі надмірного пошкодження посівів;</li> <li>• ведення моніторингу стану посівів (оцінка схожості, темпів росту, потреби у підживленні чи зрошенні, виявлення спалахів захворюваності, оцінка забур'яненості, ступеня полягання; вимерзання, пошкодження гризунами тощо, оцінка стиглості культур та готовності до збирання врожаю);</li> <li>• прогнозу урожайності;</li> <li>• охорони посівів від пожеж, пошкоджень і крадіжок;</li> <li>• моніторингу стану ґрунтів, в тому числі їх ерозії, дефляції, дегуміфікації, підтоплення, засолення;</li> <li>• оцінки потенційної родючості ґрунтів;</li> <li>• моніторингу іригаційних систем та оптимізація зрошення й витрат водних ресурсів;</li> <li>• стеження за стадами, що випасаються</li> <li>• спостереження за станом пасовищ та попередження перевипасання худоби</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• більш ефективного, порівняно зі звичайною камерою, ведення моніторингу стану посівів (оцінки схожості, темпів росту, потреби у підживленні чи зрошенні, виявленні спалахів захворюваності, оцінка забур'яненості, ступеня полягання; вимерзання, пошкодження гризунами тощо, оцінка стиглості культур та готовності до збирання врожаю);</li> <li>• прогнозу урожайності;</li> <li>• оцінки потреби у підживленні та розрахунку необхідної кількості внесення добрив (через врахування стану посівів);</li> <li>• прогнозу урожайності сільськогосподарських культур;</li> <li>• моніторингу вологості ґрунту</li> <li>• оцінки забезпеченості рослин елементами живлення;</li> <li>• моніторингу іригаційних систем та оптимізація зрошення й витрат водних ресурсів;</li> </ul>

Дослідження виконувались на тестовій ділянці, що була розташована в Богодухівському районі Харківської області. Територія має досить складний ерозійно розчленований рельєф, що зумовлює сучасний активний розвиток водноерозійних процесів. На території досліджень поширені чорноземи типові важкосуглинкові різного ступеня еродованості на лесоподібному суглинку.

Треба підкреслити, що за роки незалежності України, на жаль, практичної уваги захисту ґрунтів від ерозії майже не приділялося. Бо, як ми вказували на початку нашої статті, основна увага сільгоспвиробників зосереджується на отриманні максимального прибутку від використання земель. Збитки, які щорічно наносяться господарству внаслідок нехтування проблемами охорони земель майже ніким не враховувались.

Однак, щорічне недоотримання врожаїв лише внаслідок водної ерозії ґрунтів має, при самому грубому підрахунку, такі масштаби, що ці збитки дешевше один раз попередити, ніж постійно наרוшувати.

На рис. 1 показана карта ґрунтів для одного з полів тестового полігона, яка отримана за авторською методикою [10] шляхом інтегрального аналізу ЦМР, даних актуальної фотозйомки та архівної ґрунтової карти.

Як показав аналіз отриманої карти, в межах поля, площа якого 41,8 га, поширені ґрунти різних ступенів змитості, що займають відповідну площу: сільнозмиті – 1,1 га, середньозмиті – 4,4 га, слабозмиті – 14,4 га, та незмиті – 31,9 га.

При отриманні на незмитих ґрунтах врожаю озимої пшениці 40 ц/га, закупівельна ціна якої за цінами 2015 року складала близько 120 у.о./т, загальна (потенційна) вартість урожаю з поля мала сягати 2064 у.о. Однак, як відомо, на змитих ґрунтах спостерігається зниження врожаю, за рахунок чого реальна сумарна вартість зібраної з поля пшениці складала 17529 у.о. Таким чином недоотриманий прибуток, а фактично – збитки від еродованості земель, тільки для одного поля склали 2535 у.о.

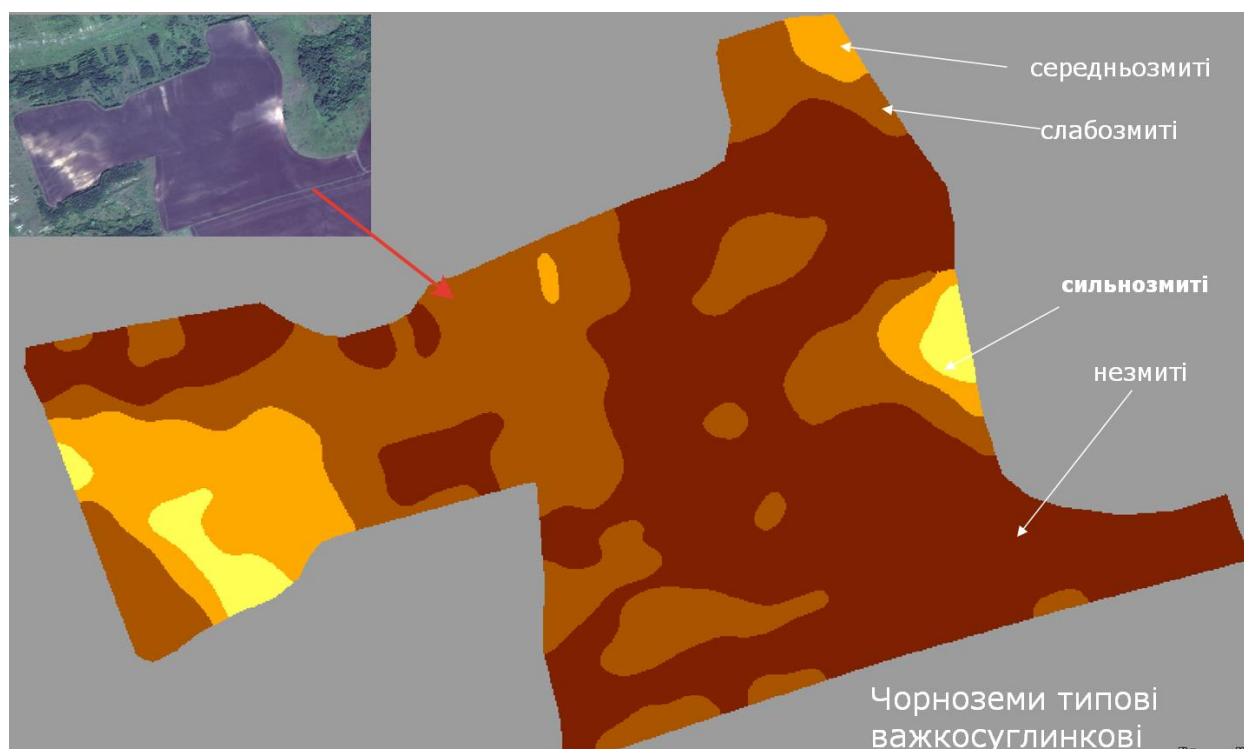


Рис. 1 – Карта еродованих ґрунтів дослідної ділянки

Побудована за даними зйомки детальна ґрунтова карта з відображенням поширення еродованих ґрунтів дасть змогу землевласнику планувати диференційоване внесення добрив, корегувати прогнози дані врожайності ґрунтів, та планувати протиерозійні заходи з метою попередження збитків від ерозії та подальшого росту еродованості ґрунтів (а отже і наростання економічних збитків).

Нажаль, сьогодні використання БПЛА, як всяка піонерна справа, стикається

в Україні з низкою проблем. Розгорнутий аналіз цих проблем зроблено нами в публікації ГІС-блогу 50North [11].

Стисло кажучи, в Україні вже є доволі широкий ринок пропозицій щодо використання дронів, але вони досить дорогі, до того ж немає достатнього практичного досвіду використання дронів. Достатнього для того, щоб переконати землекористувачів, що використання дронів є необхідним для успішного розвитку агробізнесу.

### Висновки

Завдяки можливостям встановлення на дронах різноманітної знімальної апаратури, також пристроїв для обприскування полів, БПЛА стають незамінним інструментом сучасного сільськогосподарського виробництва. Використання дронів надає можливість детального аналізу поширення деградованих, в першу чергу еродованих земель, просторово диференційованого

пронозу та обрахування врожаю та на цій основі оцінки щорічних збитків від недоотримання врожаю на деградованих землях. Це відкриває шлях до розуміння необхідності охорони ґрунтів як єдиного надійного способу підвищення та збереження еколого-економічної ефективності аграрного виробництва.

### Література

1. Канышев П. Мировые продажи дронов удваиваются. [Електронний ресурс] // Ведомости. – 2015. – №3841 от 29.05.2015. – URL <http://www.vedomosti.ru/technology/articles/2015/0>

[5/29/594235-mirovie-prodazhi-dronov-udvai-vayutsya](http://www.vedomosti.ru/technology/articles/2015/0/5/29/594235-mirovie-prodazhi-dronov-udvai-vayutsya)

2. Consumer Drone Sales to Increase Tenfold to 67.7 Million Units Annually by 2021. URL:

<https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/consumer-drone-sales-to-increase-tenfold-to-67-7-million-units-annually-by-2021/>

3. The economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States: AUVSI Economic Report 2013. [Електронний ресурс] - URL:

[http://robohub.org/uploads/AUVSI\\_New\\_Economic\\_Report\\_2013\\_Full.pdf](http://robohub.org/uploads/AUVSI_New_Economic_Report_2013_Full.pdf)

4. Рынок беспилотных летательных аппаратов / дронов (БПЛА) в России и в мире. [J'son & Partners Management Consulting]. - URL: [http://json.tv/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/mirovoy-gynok-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-dronov-i-perspektivy-v-rossii-20161121111941](http://json.tv/ict_telecom_analytics_view/mirovoy-gynok-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-dronov-i-perspektivy-v-rossii-20161121111941)

5. DroneThermal Micro UAV Thermal Imaging Camera. [Thermal Imaging Blog] – URL: <http://thermalimaging-blog.com/?s=uav>

6. Victor Alchanatis, et al. Thermal Imaging for Precise Irrigation Guidance. Optimizing irrigation by using thermal images to map the variability of water potential in the field. [Israel Agricultural Portal]. – 2014. – November 3. - URL: <http://www.israelagri.com/?CategoryID=396&ArticleID=645>

7. Rocío Calderón .Early Detection and Quantification of Verticillium Wilt in Olive Using Hyperspectral and Thermal Imagery over Large Areas [Електронний ресурс] /Rocío Calderón, Juan A. Navas-Cortés and Pablo J. Zarco-Tejada // Remote Sensing/ - 2015. – 7(5)/ - URL: <http://www.mdpi.com/2072-4292/7/5/5584/htm>

8. Lu Xu Retrieval of Soil Water Content in Saline Soils from Emitted Thermal Infrared Spectra Using Partial Linear Squares Regression [Електронний ресурс] / Lu Xu, Quan Wang. Academic Editors: Nicolas Baghdadi and Prasad S. Thenkabail //Remote Sensing – 2015. - 7(11). - 14646-14662. - URL: <http://www.mdpi.com/2072-4292/7/11/14646/htm>

9. Зеленые зоны: Drone.UA вместе с экологами исследуют Киев [Сайт DroneUa].– URL: <http://drone.ua/green-zones/>

10. Ачасов А.Б., Ачасова А.О., Тітенко Г.В., Селіверстов О. Ю., Седов А.О / Щодо використання БПЛА для оцінки стану посівів // Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія "Екологія", вип.13., 2015. С. 13-18.

11. Ачасов А.Б., Ачасова А.О. Интегральный анализ данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефу з метою великомасштабного грунтового картографування//Вісник ХНАУ. №.4. 2010. С. 28-32

12. Ачасова А. Эффективное использование дронов в сельском хозяйстве: что необходимо? [Електронний ресурс] 50 North.– URL: <http://www.50northspatial.org/ua/drones-agriculture-issues>

Надійшла до редколегії 11.11.2016