

УДК 528.88:502.37

**А. Б. АЧАСОВ\***, д-р с.-г. наук, доц., **А. О. АЧАСОВА\*\*** канд. біол. наук, доц.,  
**Г. В. ТІТЕНКО\***, канд. геогр. наук, доц., **О. Ю. СЕЛИВЕРСТОВ\*\*\***, **А. О. СЕДОВ\*\***,

*\*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,  
м. Свободи, 6 Харків, 61022*

[achasovab@rambler.ru](mailto:achasovab@rambler.ru), [titenko555@gmail.com](mailto:titenko555@gmail.com)

*\*\*Харківський національний аграрний університет імені В. В. Докучаєва,*

*\*\*\*Компанія «Інтетікс-Гео»*

## **ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ БПЛА ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ПОСІВІВ**

Наводиться перелік можливих напрямків застосування БПЛА в сільському господарстві та дається приклад використання звичайної цифрової фотозйомки для оцінки стану посівів. Показано, що біомаса рослин озимої пшениці у період колосіння тісно пов'язана з яскравістю знімка у зеленому, а густина рослин – у червоному діапазоні.

**Ключові слова:** БПЛА, ДЗЗ, дистанційний моніторинг рослинності, аерофотозйомка, озима пшениця, вологість ґрунту, біомаса, густина рослин

---

© Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Титенко Г. В., Селиверстов О. Ю., Седов А. О., 2015

**Achasov A. B., Achasova A. O., Titenko A. V., Seliverstov O. Yu., Sedov A. O. UAV USAGE FOR CROP ESTIMATION**

The article provides a list of possible areas of application of UAV in agriculture. An example of aerial digital photography using for evaluation of crop are shown. It is shown that the biomass of winter wheat plants at inflorescence emergence is closely linked to brightness in green, and the density of plants in the red range. **Key-words:** UAV, remote sensing, remote monitoring of vegetation, aerial photography, winter wheat, soil moisture, biomass, density of plants

**Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Титенко А. В., Селиверстов О. Ю., Седов А. О. К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПОСЕВОВ.**

Приводится перечень возможных направлений применения БПЛА в сельском хозяйстве. Показано использование обычной цифровой фотосъемки для оценки состояния посевов на примере озимой пшеницы. Установлено, что биомасса растений озимой пшеницы в период колошения тесно связана с яркостью снимка в зеленом, а густота растений – в красном диапазоне..

**Ключевые слова:** БПЛА, ДЗЗ, дистанционный мониторинг растительности, аэрофотосъемка, озимая пшеница, влажность почвы, биомасса, густота растений

**Вступ**

**Постановка проблеми.** Дистанційні методи досліджень земної поверхні (ДЗЗ) за 100 років свого активного розвитку і використання стали незамінним інструментом для спостереження та дослідження найрізноманітніших явищ та об'єктів, серед яких важливе місце займає ґрунтово-рослинний покрив.

Останні десятиріччя були відзначені бурхливим розвитком методів космічної супутникової зйомки, внаслідок чого цей напрям ДЗЗ зайняв провідні позиції серед дистанційних досліджень. Паралельно з розвитком техніки космічної зйомки розвивалась і методика дешифрування космічних знімків, в тому числі для потреб сільського господарства, ґрунтознавства та охорони навколишнього середовища. Основними перевагами космічної зйомки були широке охоплення території та відносно низька, порівняно з аерофотозйомкою аналогічної площі земель, вартість отримуваних матеріалів.

Однак, при всій привабливості, супутникова зйомка має певні, досить суттєві вади, що обмежують її використання для екологічного моніторингу та сільського господарства. Останні роки вартість щойнознятих космічних знімків високого дозволу суттєво знизилась, але все ж-таки є надто високою для середньоземного Українського споживача. Знімки, що знаходяться у вільному доступі або застарілі, або дуже низької якості. Неможливим є знімання певної території із супутника «на замовлення» - у потрібний споживачу час. Отже космічна зйомка, в україн-

ських реаліях, не відповідає потребам оперативного моніторингу швидкоплинних процесів, таких як розвиток сільськогосподарських культур та їх захворюваність.

Ці вади легко долаються при застосуванні для дистанційного моніторингу посівів так званих «дронів» - безпілотних літальних апаратів (БПЛА), що можуть бути обладнані апаратурою для звичайної чи мультиспектральної фотозйомки та проводити знімання конкретних полів у точно визначений термін.

Однак, незважаючи на те, що БПЛА надали, так би мовити, «другого життя» давно відомому методу аерофотозйомки, в методичному плані, стосовно дешифрування знімків, що одержуються, на сьогодні існує велика кількість невирішених питань [5]. Така ситуація склалася тому, що розвиток цифрових технологій отримання та обробки інформації викликає потребу в розробці й нових, сучасних методик дешифрування отриманих матеріалів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сьогодні в Україні, як і у сьому світі, з'явилася досить велика кількість фірм, що пропонують послуги по проведенню зйомки за допомогою БПЛА, в тому числі для сільськогосподарських угідь [1, 7]. Як вказують рекламні матеріали, широко представлені в мережі Інтернет [2, 4], застосування БПЛА для сільського господарства допомагає розв'язувати такі завдання:

- інвентаризація сільськогосподарських угідь;

- створення й поновлення карт оброблюваних земель;
- кількісна оцінка хімічного складу ґрунтів;
- оцінка обсягу і якості проведення польових робіт, контроль їхнього виконання;
- розрахунок кількості внесених добрив;
- планування посівних робіт;
- оцінка схожості сільськогосподарських рослин;
- оптимізація зрошення й витрат водних ресурсів;
- ведення моніторингу стану посівів;
- прогноз урожайності сільськогосподарських культур;
- контроль якості збору врожаю;
- ведення екологічного моніторингу угідь;
- охорона посівів від пожеж, пошкоджень і крадіжок.

Стосовно питань уточнення меж, виділення та врахування площ механічно чи термічно пошкоджених посівів, або, навпаки, якості польових робіт і збирання врожаю не виникає особливих складнощів, тому що це вже добре пророблене питання, що є суто технічним завданням. Однак що стосується оцінки стану посівів та прогнозу врожаю, а тим більше виміру ґрунтових параметрів, тут все набагато складніше, та методично недостатньо вирішене.

### **Виклад основного матеріалу**

Дослідження проводили на землях Липковатівського аграрного коледжу в 2015 р. Наприкінці травня на територію господарства за допомогою БПЛА проведена фотозйомка високого дозволу у видимому діапазоні (рис. 1). На початку червня на одному з полів, які зайняті озимою пшеницею проведено підпольотні польові дослідження.

Спираючись на візуальну неоднорідність зображення за кольором та його інтенсивністю, на полі обрано три точки, які репрезентують на знімку три контрастні за оптичними характеристиками зони.

Точка 1 – характеризує ділянку з найбільш насиченим, темно-зеленим кольором, знаходиться на пологому схилі північно-східної експозиції.

Точка 2 – ділянка менш насиченого, та більш неоднорідного зеленого, з крап-

Як правило, в усьому світі оцінка стану рослинності при застосуванні зйомки БПЛА проводиться за допомогою нормалізованого вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [2, 3, 5, 6, 7]. Індекс розраховується як різниця значень відображення в ближній інфрачервоній і червоною областях спектру, поділена на їх суму. У результаті значення NDVI змінюються в діапазоні від -1 до 1. Для зеленої рослинності відображення в червоній області завжди менше, ніж в ближній інфрачервоній, за рахунок поглинання світла хлорофілом, тому значення NDVI для рослинності не можуть бути меншими 0. NDVI характеризує також щільність рослинності, дозволяє оцінити схожість і ріст рослин, продуктивність угідь.

Отже, для розрахунку індекса NDVI дрон має бути обладнаний спеціальною NIR-модифікованою камерою, що збільшує вартість зйомки порівняно зі звичайною фотоапаратурою, та не завжди є можливим для фермерів в сучасних кризових економічних умовах.

**Метою статті** є оцінка можливості використання звичайної цифрової зйомки високої якості, здійсненої за допомогою БПЛА, для оцінки стану сільськогосподарських культур в активній фазі вегетації.

леннями бурувато-палевого кольору. Розташована практично на вододільній частині.

Точка 3 – найбільш неоднорідна за кольором, плямиста частина знімка з чітко помітним чергуванням зелених та бурувато-палевих «плям», що, імовірно пов'язані із значним розрідженням рослинності та впливом ґрунту на формування відбитого сигналу. Розташована на схилі південно-західної експозиції.

В кожній з точок вимірювали:

- Висоту рослин, см;
- Густану рослин, шт. на 0,25 м<sup>2</sup>;
- Біомасу рослин;
- Вологість ґрунту.

Висоту рослин визначали шляхом вимірювання висоти 20 рослин, найближчих к точці вимірювання, та розрахунку середньої висоти.



● 1 – точки відбору зразків

Рис. 1 – Фотознімок поля, зроблений за допомогою БПЛА.

Густоту рослин – прямим підрахунком кількості рослин на квадратній ділянці із сторонами по 50см. Кількість повторень – чотирикратна.

Масу рослин визначали шляхом зрізання, та наступного зважування пробного снопа із підрахунком кількості рослин у снопі, та визначенням середньої маси однієї рослини (г).

Дані щодо яскравості фотознімка в різних кольорових діапазонах за точками від-

бору отримували за допомогою системи обробки зображень TNTmips. Зв'язок характеристик рослинності із параметрами фотознімка оцінювали за допомогою програми Statistica.

Як показали проведені дослідження, рослини озимої пшениці в точках дослідження відрізнялись між собою за висотою, густиною та розвиненістю (табл.).

Таблиця

Характеристики посівів озимої пшениці в контрастних точках знімка

№ точки	Висота рослин, см	Густота рослин, шт. на м <sup>2</sup>	Середня маса однієї рослини, г	Розрахункова біомаса, кг/м <sup>2</sup>
1	95,1	565	5,6	3,2
2	83,8	491	5,5	2,7
3	77,1	509	4,4	2,2

Найбільш суттєвою є різниця за висотою та середньою масою рослин. Густота рослин пшениці в тчк. 2 виявилась навіть меншою, ніж в тчк. 3, але рослини були краще розвинені – мали більшу висоту, товщину стебла, величину колоса. При підрахунку кількості рослин в полі рахували лише рослини, у яких сформувався видимий колос, ту частину рослин, що не досягли

стадії формування колосу на час підрахунку, не враховували, як потенційно не життєздатні. Саме цим пояснюється дещо нижчі значення кількості рослин, порівняно із тими, що традиційно наводяться в літературі.

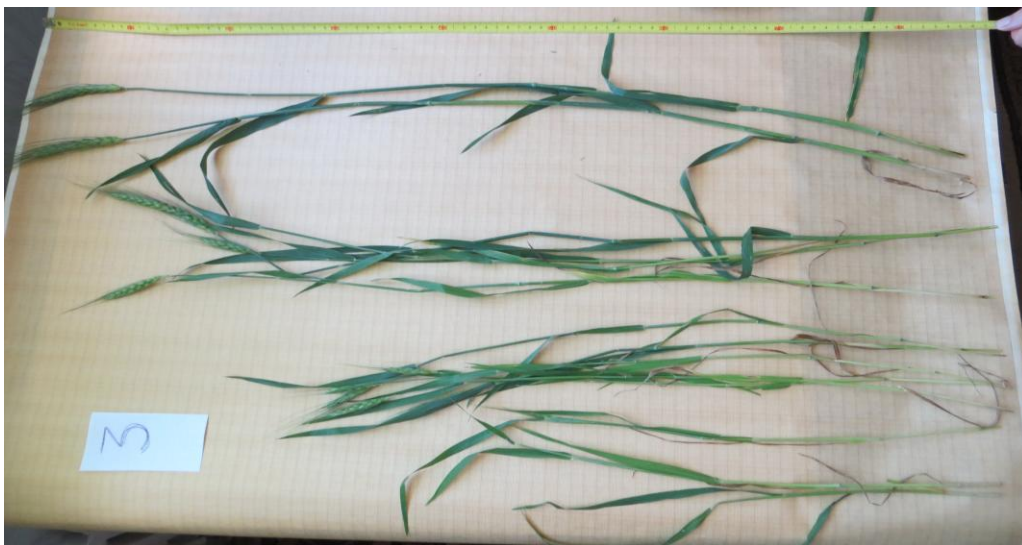
Звертає на себе увагу, що в тчк. 1 и тчк. 3, які є найбільш відмінними за біомасою, частка недорозвинених рослин, з несформованим колосом (визначена за резуль-

татами аналізу пробного снопа) майже однакова - 17,6 та 17,8%. В той час як у тчк. 2, де густина рослин виявилась найменшою, найменша й частка слаборозвинених рослин пшениці, середня вага рослини майже така, як у тчк. 1 за рахунок більш міцного стебла, саме тому в тчк. 2 більша, ніж в тчк. 3 роз-

рахункова біомаса, що розраховувалась як добуток кількості рослин на м<sup>2</sup> та середньої ваги одної рослини, визначеної при аналізі пробного снопа (без урахування недорозвинених рослин, що не включались у підрахунок чисельності рослин в полі).



Тчк. 1а (Розташована поряд з тчк. 1) максимальна висота рослин – 104 см, середня – 95 см



Тчк. 3 Максимальна висота рослин – 88 см, середня 77 см

**Рис. 2** – Візуальне порівняння рослин, відібраних в контрастних за яскравістю знімка точках поля.

На рис. 2, де наведено фотографію рослин відібраних в тчк. 1 та 3 наочно помітна різниця між рослинами озимої пшениці, залежно від розташування точки їх відбору на полі.

Така відмінність, на нашу думку, пов'язана, в першу чергу, з неоднорідністю

умов зволоження на ділянках з різними орографічними параметрами. Навіть у вологий період, після рясних травневих дощів, вологість орного шару ґрунту від тчк. 1 до тчк. 3 закономірно знижується від 24,2% в тчк. 1, до 215,3% у тчк. 2 та 19,2% у тчк. 3, відповідно. В період активного викорис-

тання вологи рослинами різниця у вологості на різних ухилом та експозицією ділянках поля, вочевидь, наростає.

Цифровий фотознімок є інформацією про колір в кожній конкретній точці, яка в загальному вигляді представлена комбінацією трьох кольорових «каналів» (або може бути розкладена на три кількісні складові) – червоного, зеленого та синього (RGB), яскравість яких кількісно виражається в певних умовних одиницях від 0 до 256. Ці кількісні значення можуть бути отримані в будь-якій програмі обробки цифрових зображень.

Пошук залежностей між яскравістю цифрового знімка та біомасою за окремими спектральними каналами показав, що для визначення біомаси рослин доцільно вико-

ристовувати зелений кольоровий діапазон, яскравість якого має тісний зворотний зв'язок із біомасою, тобто чим зелений колір темніший, тим біомаса більша. Отримана тісна лінійна кореляційна залежність з коефіцієнтом кореляції  $r = -0,93$ . Залежність між біомасою та яскравістю знімка в червоному діапазоні – середньої тісноти ( $r = 0,67$ ), а в синьому – слабка ( $r = -0,34$ ).

В той же час червоний діапазон є більш показовим для оцінки щільності рослинного покриву, кореляція кількості рослин на  $m^2$  з яскравістю у червоному діапазоні була дуже тісною ( $r = -0,99$ ), що обумовлено різним ступнем впливу відображення ґрунту за різної щільності рослинності на формування загального зображення.

### Висновки

Використання безпілотних літальних апаратів в сільському господарстві має великі перспективи та буде продовжувати розвиватись, як доступна альтернатива космічному зондуванню.

На сьогодні зйомка за допомогою БПЛА дозволяє вирішувати питання картографування, інвентаризації та контролю використання земель. Однак, для ефективної оцінки стану рослинності та прогнозу врожаїв необхідно вирішити ряд методичних питань щодо застосування окремих видів зйомки для оцінки стану рослинності та її кількісної характеристики.

Зазвичай для кількісної оцінки рослинності використовують індекс NDVI, для розрахунку якого використовують дані мультиспектральної зйомки. Однак, як показали наші дослідження, навіть звичайна фотозйомка дозволяє кількісно охарактеризувати біомасу та густоту рослин за яскравістю знімка.

Для визначення біомаси найбільш показовою є зелена, а густоти рослин – червона складова сигналу, що формує «колір» цифрового знімка.

### Література

1. «АгроТехнология: Мониторинг посевов с помощью БПЛА» - решаем одновременно три задачи для сельскохозяйственных предприятий [Сайт компании «Центр Программ Систем»] Режим доступа: <http://www.lcps.ru/news/agrotehnologiya-monitoring-posevov-s-pomoshchyu-bpla-reshaem-odnovremenno-tri-zadachi-dlya-selskohozyaystvennyh-predpriyatiy>
2. БПЛА для сельского хозяйства. [Сайт компании Unmanned] Режим доступа: <http://unmanned.ru/service/agro.htm>
3. Колесник В. И. Применение ДЗЗ и ГИС технологий для прогнозирования урожайности зерновых. / Колесник В.И., Колесник К.В., Петренко В.П., Попов В. В. и др. // Уч. записки Таврич. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. «География». - Том 16 (55). - № 2. -2003. – С.73-80
4. Мереф'янський Г., Петренко І. Агрокоптер, або Дрон польовий //Агробізнес сьогодні. - №18(313). - вересень 2015 [Електронний ресурс]. -

Режим доступу до журн.: <http://agro-business.com.ua/mekhanizatsiia-apk/2548-agrokopter-abo-dron-poliiovyi.html>

5. Савин И. Ю. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для оперативного мониторинга продуктивности почв / И. Ю. Савин, Ю. И. Вернюк, И. Фаралис // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. - Вып. 80. - 2015. – С.95-105

6. Agricultural Drones. // MIT Technology Review [Електронний ресурс] <http://www.technologyreview.com/>

7. DigiFly и DroneUA Провайдеры услуг и решений на базе БПЛА. Презентация К.: 2014. [Електронний ресурс] Режим доступа: [http://drone.ua/wp-content/uploads/2014/10/DroneUA\\_DigiFly.pdf](http://drone.ua/wp-content/uploads/2014/10/DroneUA_DigiFly.pdf)

Надійшла до редколегії 28.09.2015