

UDC 631:659.78:528(075)

**Solokha M. A., Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor**

*NSC "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research n.a.O.N.Sololovsky"*

### **USE OF DRONES TO IDENTIFY EROSION PROCESSES**

*The article describes methodological approaches based on aerial photography from drones of identification of erosion processes that were carried out abroad. Foreign experience was taken as a basis and tested according to key methodological provisions in the development of our own methodological approach for using drones in identifying erosion processes. Experience with the use of A4 format sheets as benchmarks for identifying erosion facts and the results of aerial photography of test checks at different heights is shown. Examples of using a drone to search for and identify the facts of erosion in several regions of Ukraine are shown.*

**Key words:** *erosion contours, benchmarks, aerial photography, drone.*

УДК 631:659.78:528(075)

**Солоха М. А., канд. геогр. наук, с.н.с.**

*ННЦ «Институт почвоведение и агрохимии имени А.Н. Соколовского»*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНИКОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Описаны методические подходы на основе аерофотосъёмки с беспилотников идентификации эрозионных процессов, которые проводились за рубежом. Зарубежный опыт был взят за основу и проверен по ключевым методическим положениям при наработке собственного методического подхода использования беспилотников при идентификации эрозионных процессов. Показан опыт с использованием листов формата А4 для в качестве реперов для идентификации фактов эрозии и результаты аерофотосъёмки тестовых проверок на разных высотах. Показаны примеры использования беспилотника для поиска и идентификации фактов эрозии в нескольких областях Украины.*

**Ключевые слова:** *эрозионные контуры, реперы, аерофотосъёмка, беспилотник.*

УДК 631:659.78:528(075)

**Солоха М. А., канд. геогр. наук, с.н.с.**

*ННЦ «Институт ґрунтознавство та агрохімії імені О.Н. Соколовського»*

### **ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИКІВ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

*Описано методичні підходи на основі аерофотозйомки з безпілотників ідентифікації ерозійних процесів, які проводилися за*

кордоном. Зарубіжний досвід був узятий за основу і перевірений по ключовим методичним положенням при напрацюванні власного методичного підходу використання безпілотників при ідентифікації ерозійних процесів. Показаний досвід з використання листків формату А4 для як реперів для ідентифікації фактів ерозії і результати аерофотозйомки тестових перевірок на різних висотах. Показані приклади використання безпілотника для пошуку та ідентифікації фактів ерозії в декількох областях України.

**Ключові слова:** ерозійні контури, репери, аерофотозйомка, безпілотник.

**Вступ.** Мікрорельєф на полі виступає одним із чинників, який впливає на врожайність культур. Тому для його визначення застосовують різні підходи та методи. Одним з напрямів є використання дистанційно керованого літаючого апарату (ДКЛА) для його визначення.

Мікрорельєф поля визначає його корисну площу та надає землекористувачу інформацію про можливість посіву та використання сільгосптехніки з різним рівнем ефективності на цьому полі. Якщо рельєф поля не має великих нерівностей, то площа посіву дорівнює майже 100%, що дає відмінні результати. В інших випадках, нерівності псують ефективну площу та зменшують урожаї. До таких нерівностей відносять: бугри, прируслові вали й коси, полігональні ґрунти, піщані брижі, степові блюдця. Такий мікрорельєф зобов'язаний перш за все екзогенним процесам у середовищі (водній та вітровій ерозії та антропогенному чиннику). Виявлення нерівностей мікрорельєфу є вельми актуальною проблемою, якою займаються постійно. Дуже гостро ця проблема постає в умовах вирощування рису та злакових культур, для яких зміна режиму вологи є критичною. Для виявлення нерівностей використовують, як правило, найбільш достовірні та надійні польові контактні методи. Які, на наш погляд, мають такі недоліки: вони довготривалі та можуть задовольнити за швидкістю спостережень невеликі господарства.

Питання щодо аналізу мікрорельєфу вивчав Рекс Л.М. (2009 р.) та ін. Усі роботи були зосереджені на використанні для аналізу архівної інформації, яка на думку авторів, має високий рівень валідності (достовірності). Ми впевнені, що це питання є дискусійним тому, що кожен сезон поля мають певне антропогенне навантаження у вигляді використання сільгосптехніки, що призводить до «міграції» нерівностей на полі. Тому використання архівних даних з космосу є не досить репрезентативним. Довготривалість проведення польових контактних методів призводить до збільшення часу обстеження. Тому виникає питання актуалізації інформації стосовно поля та заглом господарства.

Існує можливість виявлення змитих ареалів ґрунту не тільки в період, коли ґрунт без рослинності, а й в умовах, коли активно протікає процес фотосинтезу.

За спостереженнями різних авторів та результатами власних зйомок

сільськогосподарські культури мають важливе значення для ідентифікації нерівностей (мікрорельєфу) поля. Найбільш вагомий внесок у виявлення неоднорідності поля вносять злакові культури: пшениця, ріж, ячмінь тощо.

Дослідники ерозійних процесів за допомогою дистанційного зондування вказують на необхідність отримання цих матеріалів з достатньою просторовою здатністю знімку й актуальністю. Виходячи з цього дослідники в останній час використовують усе більше новітні розробки (Eltner A., 2013; Mary A., 2017; d'Oleire-Oltmanns S., 2012).

Дослідники ерозійних процесів ще в минулому столітті надавали (Андроников В. Л., 1979; Афанасьєва Т. В., 1983) велику увагу особливостям ерозійних процесів за їх ідентифікації на аерофотознімках. Визначено особливості ідентифікації гумусового шару на різних формах рельєфу, вказано на можливість передачі за допомогою аерофотозйомки морфології земної поверхні та рельєфу (Афанасьєва Т. В., 1983). Вказувалося на режим стоку та інтенсивності змиву ґрунтових контурів, які ідентифікуються навіть візуально з аерофотознімків. На прикладі ріллі дерново-підзолистих еродованих ґрунтів показано, що тон на змитих контурах цих ґрунтів має бурий або жовто-бурій колір. У випадку лісостепових ґрунтів ці контури мають світлий тон.

Сучасні вітчизняні і закордонні дослідники (Eltner A., 2013), використовуючи цифрові фотоапарати або фотосенсори, наголошують на подібні результати. Тобто спостерігається валідність у результатах за допомогою різних за технічним оснащенням та механізмом дії фотоапаратів (фотосенсорів).

Методологічно закордонні автори в обстеженні потенційних ареалів розповсюдження ерозійних процесів за допомогою ДКЛА для належного виконання наземних спостережень виконували встановлення спеціальних реперів різного кольору, кольорові квадрати різного розміру (рис. 1), які потім отримували географічні координати та були зафіксовані на аерофотознімках цієї території.

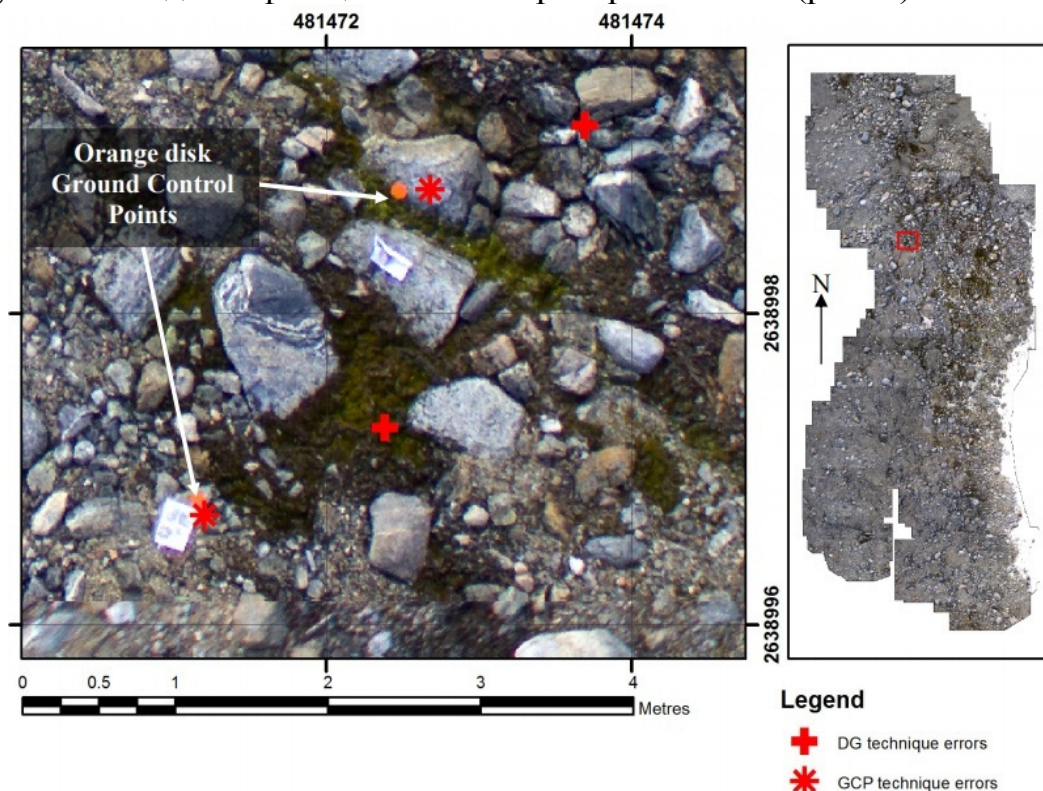


**Рис. 1. Закладення реперів для аерофотозйомки ерозійних процесів [0]**

Turner D., Lucieer A., Watson C. (2012p.) проводили зйомки в Антарктиці. Результати їхньої роботи корисні в проведенні досліджень у моніторингу ерозійних процесів. Вони використовували спеціальні помаранчеві диски для

*ISSN 2225-8701. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University. 2019. № 2*

калібрування та ідентифікації наземних реперних точок (рис. 2).



**Рис.2. Наземні реперні точки у вигляді помаранчевих дисків [0]**

Автори у своїй роботі наголошують на використанні ортофотопланів, що дають більш детальну та оглядову інформацію про об'єкти дослідження (див. рис. 1.6. праворуч). Ними проведено критичний аналіз геодезичної якості ортофотопланів з позитивними висновками щодо останнього.

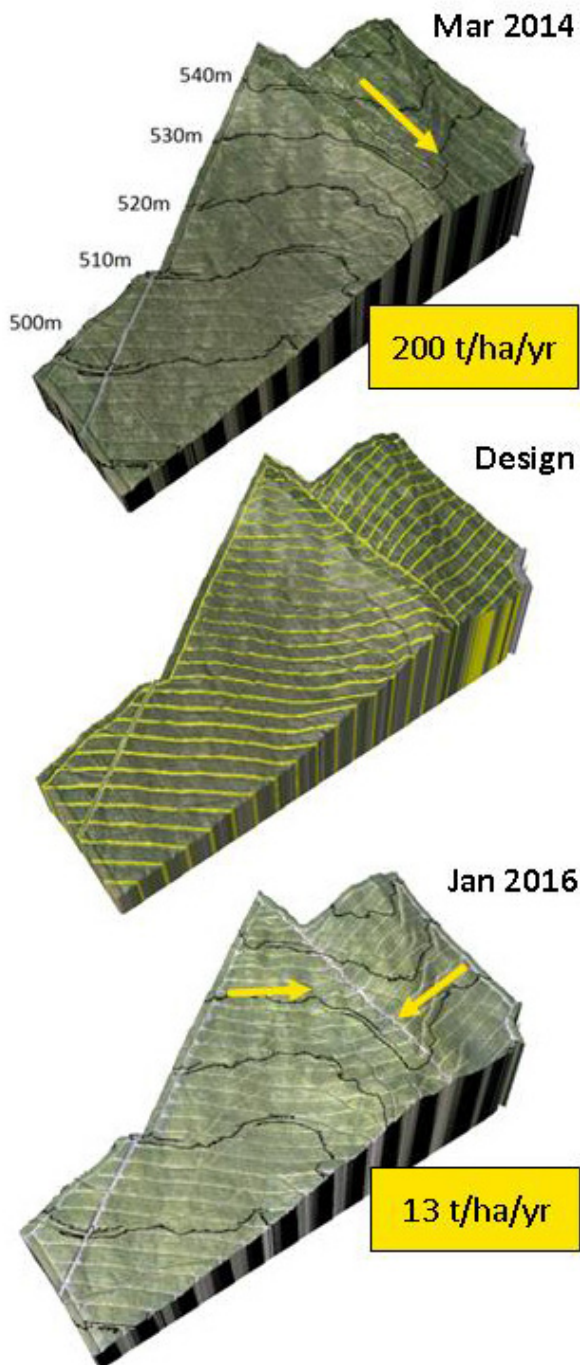
У 2016 р. групою дослідників з Філіппін (*Eltner A., 2013*) проведено зйомки на території фермерського господарства з метою виявлення втрат урожайності фруктових плантацій та безпосередньо ґрунту. Згідно з результатами турів зйомки з ДКЛА було встановлено осередки господарства, де був дуже строкатий рельєф, що призводило до втрат і змиву родючого шару до 250 т/рік (рис. 3).



**Рис. 3. Приклад водної ерозії за результатами зйомки з ДКЛА**

Дослідниками було обстежено понад 220 км<sup>2</sup> острова Mindanao за допомогою ДКЛА, на якому було встановлено сенсори, що надавали інформацію у форматі RGB (тобто CCD сенсор), а потім результати зйомки перетворювались у ортофотоплан та використовувались у ГІС пакеті (рис. 4).

За результатами повторної зйомки схил було поділено на 2 ареали з різним напрямком обробітку, що призвело до зменшення втрат ґрунту до 13 т/га за рік.



**Рис.4. Результати оптимізації обробітку схилу**

Таким чином, використання ДКЛА для вирішення завдання ерозійної безпеки країни цілком виправдано в сучасних умовах природокористування.

**Методи и об'єкти.** Аналіз стану с.-г. культур та польових культур за допомогою ДКЛА проводили на об'єкті ДП ДГ «Саливонківське» НААН смт Гребінки, вул. Білоцерківська 24, Київської області. Географічні координати: північна широта 50°01'37,75'', східна довгота 30°10'15,10''. Територія кластеру полігону де здійснювалися об'єкти знаходиться поблизу с. Ксаверівка друга. Також проводили тестові випробування ідентифікації ерозійних процесів в різних областях території України: Харківська область (Барвінківський, Кегичівський райони), Київська область (Богуславський район), Чернігівська область (Репкінський район), Кіровоградська область (Новоархангельський район).

Обробку аерофотознімків проводили у програмному забезпеченні Erdas Image 9.1. Для отримання цифрових чисел (DN) зі знімку обирали в меню Profile Tabular Data меню Statistics, де наведено всі статистичні

параметри вибірки по каналу, що аналізується.

Методичний підхід, розроблений Ш. М. Дейвісом, Д. М. Ландгребе, Т. Л. Филлипсом (1983 р.), засновано на спектральних відкликах вимірювань природних об'єктів, який використано за базис. За їхнім підходом створено власний методичний підхід з використанням всіх трьох каналів моделі RGB, графічний вид якого представлено у вигляді тривимірних (тернарних) з графіків.

**Результати та їх обговорення.** Для перевірки можливості використання ДКЛА для вирішення такого роду задач було проведено декілька турів зйомки на території України (рис. 5-рис.8).



*Рис. 5. Прояви водної ерозії, Барвінківський район Харківської області, 2016 р.*

Аналіз знімків доводить, що виявлення ерозійних процесів можливе візуально, навіть у похмуру погоду одразу після дощу (див. рис. 8) та не потребує маніпуляцій з подальшою обробкою знімку або ортофотоплану.

Виходячи з цього, автором проведено перевірку можливості проведення аерофотозйомки з метою аналізу ерозійних процесів і закладення подібних за розміром реперів різного кольору (рис. 9).



*Рис. 6. Акумуляція піщаної фракції внаслідок змиву на полі.  
Богуславський район, Київська область, 2014 р.*



*Рис. 7. Формування стоку з поля. Чернігівська область, Репкінський район, 2016 р.*



*Рис. 8. Результат весняного стоку з поля  
(Харківська область, Кегичівський район, 2016 р.)*



*Рис. 9. Потенційні «репери» різного кольору формату А4*



Після перевірки проведено закладку листків формату А4 білого та червоного кольорів. Керуючись роботами в основному закордонних дослідників (*Eltner A., 2013*), було використано такий алгоритм роботи з виявлення ерозійних ареалів: а) закладка реперів у містах (ареалах) розповсюдження яруго-балочної мережі; б) проведення аерофотозйомки; в) аналіз отриманих ортофотопланів; г) побудова ГІС оперативних картограм активності ерозійних процесів; д) оцінка ерозійного стану території дослідження.

З метою дослідження використання ДКЛА для ідентифікації ерозійно небезпечних місць автор провів подібний алгоритм роботи. Ураховано думку (*Афанасьєвої Т. В., 1983*) щодо окрасу (освітленого кольору) змитих ґрунтів. Але при закладенні реперів на схилах балки освітлених контурів після аерофотозйомки не було виявлено (рис. 10), були виявлені промивні русла стоку, в яких потім і були закладені репери (рис. 10-11).

Порівняльний аналіз рисунків 10 та 11 свідчить про можливість оперативного аналізу проявів ерозійних процесів (водної ерозії) на схилах балок та ярів за допомогою аерофотозйомки. На рисунку 12 відсутня частина реперів, які були занесені в результаті змиву або зовсім змиті.

Таким чином, використання ДКЛА для вирішення задач оперативної діагностики стану ерозійних процесів має перспективи.



**Рис. 10. Закладені репери вздовж кромки балки  
(Кіровоградська область, Новоархангельський район, 2014 р.)**



*Рис. 11. Кромки балки після дощу  
(Кіровоградська область, Новоархангельський район)*

**Висновки.** Ідентифікація фактів та проявів ерозії на основі аерофотозйомки з ДКЛА можливе шляхом прямого аналізування отриманих аерофотознімків без додаткових маніпуляцій з аерофотознімками.

Використовуючи алгоритми виконання аналізу закордонних дослідників, підтверджено можливість використання різнокольорового паперу формату А4 як реперів, без використання коштовних барієвих пластинок.

Для ідентифікації ерозійних процесів достатньо використовувати видові або перспективні знімки, де вісь знімання має відхилення більш ніж 10 градусів.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

**Андроников В. Л.** Аэрокосмические методы изучения почв. Москва: Колос, 1979. 280 с.

**Афанасьева Т. В.,** Трифонов Т. А. Типология пойменных земель р. Оби на основе комплексного дешифрирования материалов аэрокосмической съемки. *Вестник МГУ. Серия 17 Почвоведение.* 1983. № 4. С. 3–9.

**Дейвис Ш. М.,** Ландгребе Д. М., Филлипс Т. Л. Дистанционное зондирование: количественный подход; под ред. Ф. Свейна, Ш. Дейвис. Москва: Недра, 1983. 396 с.

**Рекс Л. М.** Практические основы аэрокосмического мониторинга. *Научный журнал ISSN 2225-8701. Bulletin of Kharkiv National Agrarian University.* 2019. № 2

КубГАУ. 2009. № 48(04), Ч. II. С. 13–14.

**Eltner A.**, Mulsow C., H.-G. Maas. Quantitative measurement of soil erosion from tls and UAV data. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2013. V. 9. P. 119–124.

**Nigel King**. UAV Image Interpretation Dramatically Increases the Lifetime of the World's Largest Pineapple Plantation. URL: <https://www.questuav.com/media/case-study/photogrammetry-dramatically-increases-lifetime-worlds-largest-pineapple-plantation-questuav-news/>

**Mary A.** Young & Daniel Ierodiaconou, Sarah L. Murfitt, Blake M. Allan, Alecia Bellgrove, Alex Rattray. Applications of unmanned aerial vehicles in intertidal reef monitoring. / V. 7. 2017. URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-017-10818-9.pdf>.

**Turner D.**, Lucieer A., Watson C. An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sensing*. 2012. № 4. P. 1392–1410.

**d'Oleire-Oltmanns S.**, Marzoff I., Peter K. D., Ries J. B. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. *Remote Sensing*. 2012. V. 11. P. 3390–3416.

**Chaves A. A.**, La Scalea R. A., Colturato A. B., et al. Using UAVs and digital image processing to quantify areas of soil and vegetation. *4th International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences*. 2015. 633 p.

## REFERENCES

**Andronikov, V. L.** (1979). Aerokosmicheskiye metody izucheniya pochv [Aerospace methods for studying soils]. Moscow: Kolos. [In Russian].

**Afanasyeva, T. V.**, Trifonov, T. A. (1983). Tipologiya poymennykh zemel' r. Obi na osnove kompleksnogo deshifrirovaniya materialov aerokosmicheskoy skhemki [Typology of floodplain lands p. Ob based on integrated decoding of aerospace schematic materials]. *Vestnik MGU. Seriya 17 Pochvovedeniye – Bulletin of Moscow State University. Series 17 Soil Science*, 4, 3-9. [In Russian].

**Davis, Sh. M.**, Landgrebe, D. M., Phillips, T. L., Svein F. (ed.), Davis S. (ed.). (1983). Distantionnoye zondirovaniye: kolichestvennyy podkhod [Remote Sensing: A Quantitative Approach]. Moscow: Nedra. [In Russian].

**Rex, L. M.** (2009). Prakticheskiye osnovy agrokosmicheskogo monitoringa [Practical principles of agro-space monitoring]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU – Scientific journal KubSAU*, 48 (04), II, 13-14. [In Russian].

**Eltner, A.**, Mulsow, C., H.-G., Maas. (2013). Quantitative measurement of soil erosion from tls and UAV data. *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 9, 119–124.

**Nigel, King**. UAV Image Interpretation Dramatically Increases the Lifetime of the World's Largest Pineapple Plantation. URL: <https://www.questuav.com/media/case-study/photogrammetry-dramatically-increases-lifetime-worlds-largest-pineapple-plantation-questuav-news/>

**Mary, A.** (2017). Young & Daniel Ierodiaconou, Sarah L. Murfitt, Blake M. Allan, Alecia Bellgrove, Alex Rattray. Applications of unmanned aerial vehicles in intertidal reef monitoring, 7. URL : <https://www.nature.com/articles/s41598-017-10818-9.pdf>

**Turner, D.**, Lucieer, A., Watson, C. (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *Remote Sensing*, 4, 1392–1410.

**d'Oleire-Oltmanns, S.**, Marzoff, I., Peter, K. D., Ries, J. B. (2012). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. *Remote Sensing*, 11, 3390–3416.

**Chaves, A. A.**, La Scalea, R. A., Colturato, A. B., et al. (2015). Using UAVs and digital image processing to quantify areas of soil and vegetation. *4th International Conference on Mathematical Modeling in Physical Sciences*.