

УДК 631:659.78:528(075)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.107.22>

МОНІТОРИНГ ҐРУНТОВИХ КОНТУРІВ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ НА ОСНОВІ АЕРОФОТОЗЙОМКИ

Солоха М.О. – к.геогр.н.,

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

Показано результати аерофотозйомки з безпілотної літакої над територією лісових масивів. Описано методичний підхід щодо встановлення ґрунтових контурів під лісовими насадженнями на основі ортофотопланів, отриманих із безпілотної літакої. Показано результати залежностей між даними з ортофотоплану (сухостій дерев) та даними агрохімічного аналізу.

Ключові слова: моніторинг, ґрунтові контури, дистанційно керований літальний апарат, аерофотозйомка, лісові насадження.

Солоха М.А. Мониторинг почвенных контуров лесной растительности на основе аэрофотосъёмки

Показаны результаты аэрофотосъёмки с беспилотника над территорией лесных массивов. Описан методический подход по установлению почвенных контуров под лесными насаждениями на основе ортофотопланов, полученных с беспилотника. Показаны результаты зависимостей между данными с ортофотоплана (сухими деревьями) и данными агрохимического анализа.

Ключевые слова: мониторинг, почвенные контуры, беспилотник, аэрофотосъёмка, лесные насаждения.

Solokha M.O. Monitoring soil contours of forest vegetation on the basis of aerial photography

The results of aerial photography from the drone are shown above the territory of the forest massifs. The methodical approach for the establishment of soil contours under forest plantations on the basis of orthophotomaps obtained from a drone machine is described. The results of the dependencies between the data from the orthophotomap (dry trees) and the data of agrochemical analysis are shown.

Key words: monitoring, soil contours, drone, aerial photography, forest plantations.

Постановка проблеми. Дослідження лісових ґрунтів необхідно для встановлення реальної ситуації щодо обсягу та стану лісових ґрунтів України. З початку проведення ґрунтових зйомок та побудови ґрунтових картосхем (50–70-і рр. ХХ ст.) і до 2018 р. оновлення цих картосхем щодо змін кордонів лісових насаджень не проводилося. На цих картосхемах замість відокремлення різних типів ґрунтів просто окреслено площу держлісфонду. В інших державах уже декілька десятиліть накопичують дані щодо стану ґрунтових ресурсів під лісовим фондом держави.

Оцінка стану ґрунтів під лісовими й іншими насадження є проблемою через недостатній, застарілий картографічний матеріал щодо цих ґрунтів. Інформативний складник цієї проблеми теж потребує вирішення через складність проведення оконтурювання ґрунтів під цими насадженнями.

Одним із варіантів є використання безпілотної літакої, приклади застосування яких для вирішення цих питань наведені нижче.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Колектив фінських авторів (Eugene Lopotin, Alpo Hassinen) провів декілька турів зйомок лісових насаджень їхньої країни, вони детально описують кожний крок у своїй роботі, усі технічні деталі:

особливості зйомки над лісними кварталами центральної частини Фінляндії, технічний складник безпілотників, юридичні проблеми їх використання в повітряному просторі Фінляндії та шляхи їх вирішення [5].

Результати зйомки перетворювалися на ортофотоплан за допомогою програмного забезпечення Pix4D, висота польоту безпілотної становила 146 м (рис. 1).



Рис. 1. Приклад побудови ортофотоплану лісових ґрунтів одного туру зйомки (площа 100 га)

Аналіз рис. 2 демонструє, що існує можливість камери реєструвати ґрунтові контури перед посадкою (ліворуч) та після неї (праворуч) згідно з куртинам дерев та їх розповсюдженням. Використовувалась побутова камера Canon, яку модифікували для серійної зйомки. Автори аналізували біомасу лісів та систематизували, окреслюючи її від очерету (рис. 2).

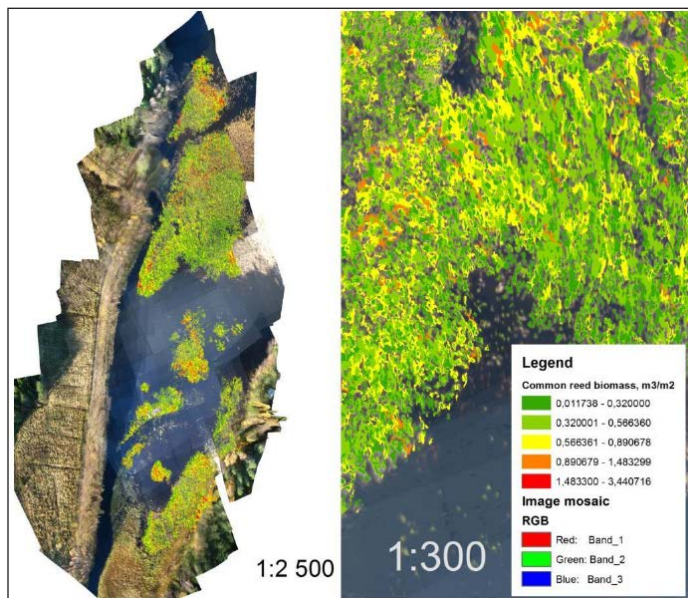


Рис. 2. Побудований ортофотоплан лісових угідь на основі знімків із ДКЛА

Праворуч на рис. 2 показано просторове розподілення біомаси лісів і очерету на всій площі об'єкта дослідження, що дозволило оптимізувати заходи щодо внесення засобів захисту лісу. Залежно від наявності поживних речовин на лісових ґрунтах можуть зростати різні породи дерев і чагарників. Вони по-різному «виробляють» біомасу й відображаються на знімках. Результати цього дослідження розвинуті іншими дослідниками [5], які перевіряли різний породний склад дерев у штаті Мериленд (Балтимор, Сполучені Штати Америки) та досліджували динаміку змін їхніх листових покривів і шукали зв'язки з наземними дослідженнями густоти лісу, ґрунтів, на яких вони зростали тощо.

Sabina Rosca, Juha Suomalainen, Harm Bartholomeus, Martin Herold (2017 р.) проводили дослідження у тропічних лісах Гани з метою інвентаризації лісового покриву та побудови тематичних картосхем [4]. Автори зазначають, що безпілотники, які оснащені CCD-камерами, показують результати, які за якістю практично однакові із професійними камерами, але все ще потребують доробок та поступаються професійному обладнанню для таксаційної зйомки (рис. 3). За результатами роботи авторів проводити аналіз лісових ґрунтів складно через відсутність досліджень із встановлення кореляції спектральної яскравості ґрунтів та лісового фонду.

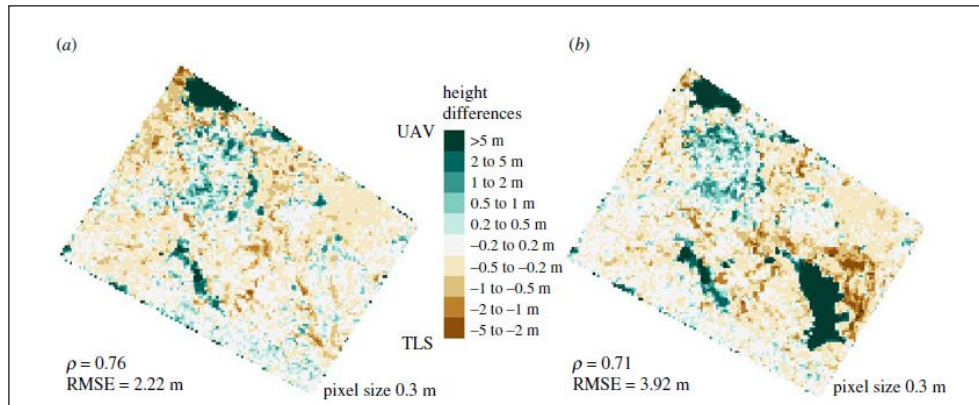


Рис. 3. Різниця за висотою дерев за результатами зйомок [4]:
а) до дозрівання; б) після дозрівання

Дослідження ґрунтів під лісовим покривом проводилося в основному опосередковано та не ставилося за основну мету.

На теренах України таких робіт взагалі не було, оновлення інформації щодо земель держлісфонду проводиться дуже повільно. Інформація про ґрунти оновлювалася фрагментарно за допомогою дистанційного зондування під держлісфондом із моменту створення ґрунтових картосхем [3, с. 1]. Це призводить до економічних і екологічних врат, тому що ускладнено надходження оперативної інформації про стан ґрунтів під лісами України до управлінської ланки міністерств держави.

Постановка завдання. Одночасно виявити ареал сухих дерев, їхні захворювання за візуальною ідентифікацією крони, встановити залежності між ґрунтовими контурами, що знаходяться під цим ареалом дерев, було основною ідеєю дослідження. Вирішення завдань із картування захворюваності дерев (виявлення сухостою), чагарників, нанесення цих ареалів на ортофотоплани в геоінформаційній системі було другорядним завданням, яке вирішувалася паралельно з першочерговим.

Під час проведення дослідження основним задумом було встановлення залежності між станом чагарників і плодових насаджень та ґрунтовим покритвом. Якщо стан дерев незадовільний, наявні захворювання, то є підстава для більш детального вивчення ключової ділянки під цим ареалом дерев для встановлення залежності. Водночас головною метою проведення цього огляду є одержання необхідної інформації для складання прогнозів і сигналізації про розвиток шкідливих організмів, хвороб і ухвалення рішення щодо проведення захисних заходів.

Передусім під час проведення моніторингу лісових, чагарникових насаджень встановлювалися висоти як дерев, що стоять окремо, так і групи таких дерев (куртини).

Виклад основного матеріалу дослідження. Відомо, що промениста енергія Сонця поглинається рослинами, в основному хлорофілом (а, б, с, д). Хлорофіл, каротиноїди поглинають сонячну енергію залежно від періоду вегетації або кількості вологи. У результаті цього формується спектральна характеристика листової маси, яка для ока людини має зелений колір [5]. Для визначення стану порід дерев розділяють АЗ на спектри, обирають або їх комбінацію, або найбільш інформативний спектр. Проводять подальший аналіз, визначають потрібну спектральну характеристику та підраховують значення пікселів на знімку, щоби визначити їхню площу.

Під час аерофотозйомки встановлено, що чітко відрізняється сухостій дерев у процесі їхньої вегетації. Для більш наочного сприйняття знімок оброблено відповідним чином у вигляді ортофотоплану окремого кварталу лісу (рис. 4).



Рис. 4. Квартал лісу з наявністю сухостою

Примітка. Дата зйомки: 13 травня 2016 р. Висота зйомки: 100 м. Південне лісництво м. Харків

Обробка АЗ проводилася за допомогою програмного комплексу Erdas Image 9.1 Усі аерофотознімки, які отримано за допомогою безпілотної літака, оброблено із застосуванням цього методичного підходу. Усього під час дослідження отримано понад 200 знімків із висот від 50 до 100 м (рис. 5).

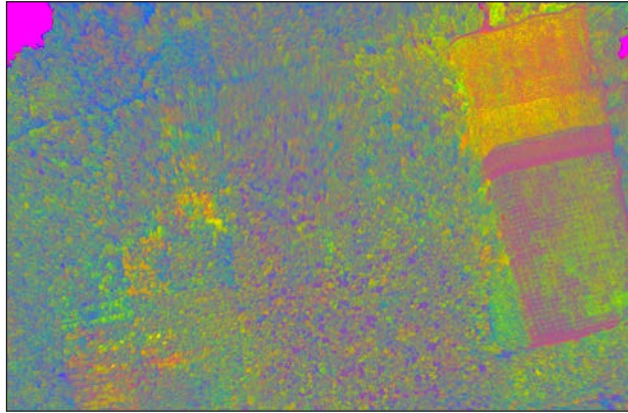


Рис. 5. Результат спектрального аналізу рисунка 4

Рисунок 5 показує наявність сухоостою в районі дослідження. Він дає змогу чітко відокремити та підрахувати кількість сухоостою на основі спектральної характеристики, дати оцінку його стану в даний період вегетації. Площа тестового кварталу лісу становить 4,8 га, з них сухоостою – 2,5 га.

На основі отриманих даних запропоновано гіпотезу щодо оцінки стану (оконтурювання) ґрунтового покриву під дерева сухоостоєм, які, не маючи достатньої кількості поживних речовин, можуть пригнічуватися та засихати. Для підтвердження гіпотези було відібрано та проаналізовано зразки за агрохімічними показниками (табл. 1–2).

Таблиця 1

Агрохімічні показники ґрунту під сухоостоєм і фоном (звичне дерево)

№	Область, район Назва ґрунту Дата відбирання зразків	Амонійний та нітратний азот ДСТУ 4729:2007		За Чириковим ДСТУ 4115–2002		Органічна речовина ДСТУ 4289:2004		рН водний ДСТУ 8346:2015
		N – NO ₃ мг/кг	N – NH ₄ мг/кг	P ₂ O ₅ мг/кг	K ₂ O мг/кг	C %	Гумус %	Одиниці рН
1.	Сухостій (сер.)	10,08	11,23	63,26	156,65	1,54	2,65	5,74
2.	Фон (сер.)	2,55	8,46	59,83	162,67	2,30	3,96	6,20

Фактично не спостерігалось будь-якої різниці і під час визначення катіонно-аніонного складу водної витяжки табл. 6.3. (ДСТУ 8346:2015 та інш.) у ґрунтовому зразку.

Таблиця 2

Катіонно-аніонний склад ґрунтового зразка

№ зразка	HCO ₃ ⁻		Cl ⁻		SO ₄ ⁻		Ca ²⁺	
	Кіл-ть еквівалентів, ммоль / 100 г	Масова частка, %	Кіл-ть еквівалентів, ммоль / 100 г	Масова частка, %	Кіл-ть еквівалентів, ммоль / 100 г	Масова частка, %	Кіл-ть еквівалентів, ммоль / 100 г	Масова частка, %
Сухостій (сер.)	0	0	0,04	0,001	0,26	0,012	0,11	0,002
Фон (сер.)	0,03	0,0018	0,04	0,001	0,25	0,012	0,11	0,002

Продовження таблиці 2

№ зразка	Mg ²⁺		Na ⁺		K ⁺	
	Кіл-ть еквівалентів, ммоль /100 г	Масова частка, %	Кіл-ть еквівалентів, ммоль /100 г	Масова частка, %	Кіл-ть еквівалентів, ммоль /100 г	Масова частка, %
Сухостій (сер.)	0,13	0,001	0,02	0,0005	0,04	0,0016
Фон (сер.)	0,13	0,001	0,04	0,001	0,04	0,0016

Згідно з отриманими даними, за азотом мінеральним, фосфором та калієм (за Чириковим), рН водним жодної систематичної різниці не спостерігалось. Суттєвої різниці в катіонно-аніонному складі ґрунтового зразку також не виявлено.

Однак суттєву різницю виявлено в даних органічної речовини, практично на одну одиницю на користь фону (деревам, що ростуть звично). Згідно із задумом, нанесення ґрунтового контуру на картосхему ґрунтових контурів проводилося за межею сухоюстю та, на думку автора, потребує моніторингу впродовж декількох років.

Висновки і пропозиції:

Використання безпілотника для моніторингу лісових насаджень можливе та може стати невід'ємною ланкою постійного моніторингу, однак потребує збільшення часу й дальності польотів якнайменше на порядок (до години і декілька десятків кілометрів).

Встановлено суттєву різницю органічної речовини під сухоюстю порівняно з фоном, практично на одну одиницю в бік фону.

З робочих висот (50–100 м) є можливість розрізнити необхідні об'єкти, якщо зйомка проводиться з 9.00 до 11.30, в інший час визначення потрібних об'єктів ускладнено сонячним світлом. Виправити ситуацію можна встановленням більш потужної фотоапаратури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Жирин В. Дистанционные методы для оценки состояния еловых лесов Европейской части России. Система мероприятий по улучшению лесопатологического состояния ельников Европейской части России : тезисы докладов Научно-практической конференции, Голицыно Московской обл., 23–24 апреля 2002 г. Москва, 2002. С. 43–48.

2. Солоха М. Моніторинг лісових ресурсів за допомогою ДПЛА (дистанційно керованого літального апарату) на прикладі південного лісництва Харківської області. *Землевпорядний вісник*. 2012. № 5. С. 38–41.

3. Солоха М. Аеромоніторинг стану плодкових насаджень. *Вісник аграрної науки*. 2013. Вип. 10. С. 52–54.

4. Comparing terrestrial laser scanning and unmanned aerial vehicle structure from motion to assess top of canopy structure in tropical forests / Sabina Rosca et al. 2017. URL: <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Comparing-terrestrial-laser-scanning-and-unmanned-aerial-vehicle-structure-from-motion-to-assess-top-of-canopy-structure-in-tropical-forests.htm>.

5. Lopatin E., Hassinen A. Application of unmanned aerial vehicles (UAV) for landscape inventory. 2014. Report № 25. URL: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/projektwebbplatser/baltic-landscape/reports/report-no-25-e.-lopatin-a.hassinen-may-2015-application-of-unmanned-a....pdf>.