

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Агробіотехнологічний факультет

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

Допускається до захисту

Зав. кафедри лісового господарства

проф. Хрик В.М.

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«29» листопада 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗМІН ВКРИТИХ ЛІСОВОЮ
РОСЛИННІСТЮ ЛІСОВИХ ДІЛЯНОК ЗА РАДАРНИМ ДАНИМИ
(НА ПРИКЛАДІ ВП НУБІП УКРАЇНИ
«БОЯРСЬКА ЛІСОВА ДОСЛІДНА СТАНЦІЯ»)

Виконав: Попок Микола Олександрович

прізвище, ім'я, по батькові

підпис

Керівник к. с.-г. н., асистент Ситник О.С.

вчене звання, прізвище, ініціали

підпис

Рецензент

Котерий А.О.

вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Я, Попок Микола Олександрович, засвідчую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2024

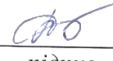
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет агробіотехнологічний

Спеціальність 205 «Лісове господарство»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОП «205 Лісове господарство»

 доцент Левандовська С.М.
підпис, вчене звання, прізвище, ініціали
«28» листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу здобувачу

Попка Миколи Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема: **Геоінформаційний моніторинг змін вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за радарним даними на прикладі ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція»**

керівник роботи: к. с.-г. н., асистент Ситник Олександр Сергійович.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджено наказом ректора № 48/С від 07 лютого 2024 р.

Термін здачі здобувачем виконаної роботи «08» листопада 2024 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: картографічні матеріали території ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція», набір супутникових знімків Sentinel-2 та повидільна таксаційна характеристика лісового фонду.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Геоінформаційні технології засобами дистанційного зондування землі при дослідженні лісових ресурсів.
2. Характеристика та методика отримання дослідних даних.
3. Результати дослідження запасів лісових насаджень за мультиспектральними космічними знімками.
4. Охорона праці та навколишнього середовища.

Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Карта-схема поділу території на лісництва.
2. Розташування кругових пробних площ.
3. Приклад географічної прив'язки цифрової карти території.
4. Розподіл лісового фонду за панівними деревними видами
5. Видовий склад лісових насаджень за даними дешифрування космічних знімків.
6. Запас лісових насаджень за даними дешифрування космічних знімків.
7. Створення випадкової стратифікованої вибірки в програмному продукті QGIS

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	Грудень 2023	Виконано
Методична частина	Січень-лютий 2024	Виконано
Дослідницька частина	Березень-серпень 2024	Виконано
Оформлення роботи	Вересень-жовтень 2024	Виконано
Перевірка на плагіат	Листопад 2024	Виконано
Попередній розгляд на кафедрі	Листопад 2024	Виконано
Подання на рецензування	Листопад 2024	Виконано

Керівник кваліфікаційної роботи
О.С.



к. с.-г. н., асистент **Ситник**

підпис

вчене звання, прізвище, ініціали

Здобувач



Попок М.О.
прізвище, ініціали

Дата отримання завдання «29» листопада 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1.....	11
ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ	11
1.1. Поняття дистанційного зондування Землі, як основи геоінформаційних технологій	11
1.2. Сучасні технології у дослідженні лісових масивів	20
1.3. Дослідження і моніторинг територій з лісовою рослинністю	24
РОЗДІЛ 2.....	36
ХАРАКТЕРИСТИКА ТА МЕТОДИКА ОТРИМАННЯ ДОСЛІДНИХ ДАНИХ.....	36
2.1. Загальна характеристика ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція»	36
2.2. Аналіз й обробка інформації про динаміку лісового фонду ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція»	39
2.3. Методика моніторингу лісових ресурсів для практичної реалізації	49
РОЗДІЛ 3.....	54
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАПАСІВ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ЗА МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНИМИ КОСМІЧНИМИ ЗНІМКАМИ	54
3.1. Дослідження властивостей деревних порід за спектральними знімками із створенням картографічних матеріалів	54
3.2. Аналіз та верифікація неперервної карти запасів лісових насаджень	59
Розділ 4.....	69
ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ	69
4.1. Організація охорони праці в лісовому господарстві	69
4.2. Охорона лісів та навколишнього природного середовища від пожеж.....	71
ВИСНОВКИ.....	75
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77
ДОДАТКИ.....	83

АНОТОЦІЯ

Попок Микола Олександрович. Геоінформаційний моніторинг змін вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за радарним даними на прикладі ВП НУБіП України «Боярська лісова дослідна станція»

Метою дослідження є виявлення, аналіз і оцінка динаміки змін лісових площ за результатами дистанційного зондування, що дозволяє забезпечити точний контроль за станом лісового покриву. Використання радарних даних дає можливість отримати інформацію про лісові ділянки незалежно від погодних умов та часу, що сприяє ефективному управлінню лісовими ресурсами та запобіганню негативним змінам в екосистемах. У результаті дослідження:

- узагальнено сучасні методи ДЗЗ для моніторингу лісових екосистем;
- проаналізовано можливості супутникових даних для картографування лісових екосистем;
- досліджено алгоритми створення безхмарних супутникових мозаїк;
- опрацьовано алгоритми в середовищі програмування R для розмежування лісових і нелісових ділянок;
- розроблено класифікаційну модель для мультиспектральних композитів Sentinel-2;
- створено тематичну карту породного складу лісових насаджень на території ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»;
- відтворено просторовий розподіл запасу лісових насаджень об'єкта дослідження на основі дешифрування супутникових знімків Sentinel-2.

Кваліфікаційна робота викладена на 90 сторінках комп'ютерного тексту, з них 73 – основного тексту, складається із 4 розділів, висновків, пропозицій виробництву, списку використаної літератури із 61 джерела та ілюстрована 7 таблицями і 30 рисунками.

Ключові слова: геоінформаційні технології, геоінформаційні системи, дистанційне зондування землі, лісова рослинність, лісові ділянки, мультиспектральні супутникові знімки, радарні дані.

ABSTRACT

Popok Mykola Oleksandrovykh. Geoinformational monitoring of changes in forest areas covered by forest vegetation using radar data on the example of the VP NULES of Ukraine «Boyar Forest Research Station»

The purpose of the research is to identify, analyze and evaluate the dynamics of changes in forest areas based on the results of remote sensing, which allows for accurate monitoring of the state of the forest cover. The use of radar data makes it possible to obtain information about forest areas regardless of weather conditions and time, which contributes to the effective management of forest resources and prevention of negative changes in ecosystems. As a result of the study:

- modern methods of forest ecosystems monitoring are summarized;
- the possibilities of satellite data for mapping forest ecosystems were analyzed;
- algorithms for creating cloudless satellite mosaics were studied;
- algorithms were developed in the R programming environment for the demarcation of forest and non-forest areas;
- a classification model for Sentinel-2 multispectral composites was developed;
- a thematic map of the species composition of forest plantations on the territory of the VP NULES of Ukraine "Boyaka RFS" was created;
- the spatial distribution of the stock of forest stands of the research object is reproduced based on the interpretation of Sentinel-2 satellite images.

The qualification work is laid out on 90 pages of computer text, of which 73 are the main text, consists of 4 chapters, conclusions, proposals for production, a list of used literature from 61 sources and is illustrated with 7 tables and 30 figures.

Keywords: geoinformation technologies, geoinformation systems, remote sensing of the earth, forest vegetation, forest areas, multispectral satellite images, radar data.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білінський Й.Й., Книш Б.П., Кулик Я.А. Обробка та використання мультиспектральних зображень в агромоніторингу. *Наукові праці ВНТУ*. 2020. № 4. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/619/581>.
2. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Пивовар Т.С. Рекомендації щодо розбудови державної системи моніторингу лісів України. Харків, УкрНДІЛГА, 2019. 35 с.
3. Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Боярська лісова дослідна станція». Офіційний сайт. URL: <http://www.blds.com.ua/lisogospodarska.html>.
4. Гірс О.А., Миронюк В.В., Кутя М.М. Розпізнавання лісопаркових ландшафтів зеленої зони м. Києва за даними ДЗЗ. *Наук. доповіді НУБіП України*. 2012. № 7. С. 36. URL : <http://www.nbu.gov.ua>.
5. Глотка Д.В. Геодані Global Forest Change для уточнення лісистості суббасейнів річки Десна. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2013. Вип. 265. С. 34–39.
6. Держане агентство лісових ресурсів. Офіційний сайт. URL: <https://forest.gov.ua/>
7. Джулай Б.Р., Беленок В. Ю. Геоінформаційний аналіз змін лісовкритих площ регіону за даними ДЗЗ: XXIII всеук. наук.-практ. конф., м. Київ, 4–7 квіт. 2023 р., Київ, 2023. С. 14–15.
8. Зібцев С.В., Миронюк В.В., Гілітуха Д.В. Динаміка лісового покриття Чорнобильської зони відчуження за даними глобальної карти лісових екосистем високого просторового розрізнення. *Лісове і садово-паркове господарство*. 2015. № 6. URL: http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-6/ukr/zibtsev_myronyuk.
9. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Ч. 1: Польові роботи. Ірпінь, 2006. 75 с.
10. Київське обласне та по м. Києву управління лісового та мисливського господарства. URL: <https://kyivlis.gov.ua/lisy-kyuyivshhyny> (дата звернення: 15.06.2024).

11. Кочеригін Л.Ю., Кімейчук І.В. Геоінформаційний моніторинг змін вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черкаської області за радарними даними. *Вісник Малинського фахового коледжу*. 2023. Вип. 2. С. 157–175.

12. Кочеригін Л.Ю., Кімейчук І.В. Моніторинг змін вкритих лісових площ за радарними даними на прикладі Черкаської області. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві»: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 26 жовтня 2023 року*. Білоцерківський НАУ. С. 83–86.

13. Кочеригін Л.Ю. Фотограмметрія: навч. посіб. для студ. аграрних закладів вищої освіти галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Біла Церква : БНАУ, 2019. 496 с. ISBN 978-966-2122-72-5.

14. Кохан С.С., Востоков А.Б., Леонтьєв О.О. Дистанційне зондування Землі. Навчально-методичний посібник для студентів напряму 1304 – «Лісове та садово-паркове господарство». 2011. Вип. 1. С. 198–200.

15. Лакида П.І., Миронюк В.В., Гілітуха Д.В. Аналіз та інтерпретація карти високого просторового розрізнення лісових екосистем Полісся України. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 4. С. 5–9.

16. Лакида П.І., Гілітуха Д.В. Надземна фітомаса сосняків Київського Полісся за даними дистанційного зондування Землі. *Монографія*. Корсунь-Шевченківський : ФОП Гавришенко В.М., 2016 С. 31–40, 68–78.

17. Лакида І.П. Лакида П.І. Моніторинг продуктивності приміських лісостанів м. Києва на прикладі хвойних насаджень КП «Дарницьке лісопаркове господарство». *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 2008. Вип. 118. С.204–208

18. Лесів М.Ю., Щепашенко Д.Г., Швіденко А.З., Бунь Р.А. Побудова карти лісів України за даними глобальних цифрових карт земельного покриття. *Наук. Вісн. НЛТУ України*. 2012. Вип. 22.9. С. 24–30.

19. Лесів М.Ю., Карась Р.М., Топилко П.І., Сорочич М.П. Просторове моделювання процесів емісії парникових газів: генерування тепло- та електроенергії у південній Польщі. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2012. № 6. С. 23–28.

20. Лісовий кодекс України. Закон, Кодекс № 3852-ХІІ від 21.01.1994 р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>

21. Миклуш С.І. Гаврилюк С.А. Виділення «лісової маски» для Західного Лісостепу України. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2006. Вип. 110. С. 60–66.

22. Миклуш С.І., Часковський О.Г., Гаврилюк С.А. Дешифрування різнопланових космічних знімків для оцінювання груп порід. *Наук. Праці Лісівничої академії наук України: збірник наук. праць*. 2013. Вип. 11. С. 144–150.

23. Миклуш, С.І., Гаврилюк С.А., Часковський О.Г. Дистанційне зондування землі в лісовому господарстві : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Нац. лісотехн. ун-т України. Л., ЗУКЦ, 2012. С. 316–319.

24. Миронюк В.В. Сучасні методи оцінки таксаційних показників лісових насаджень на основі дешифрування космічних знімків. *Наук. вісник НУБіП України*. 2013. № 183. Ч. 1. С. 209–215.

25. Миронюк В.В. Класифікація лісового покриву за сезонними композитними мозаїками Landsat. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2018 р., т. 28, С. 28–33.

26. Миронюк В.В. Перспективи використання k-pp методу класифікації космічних знімків для лісової інвентаризації України. *Збалансоване природокористування*. – 2015. – № 2. С. 9–15.

27. Охорона праці на підприємстві: основні вимоги. URL: https://bilgorodd.gov.ua/page/ohorona_prac_na_pdprimstv_osnovn_vimogi.

28. Постельняк А. А. Геометрична точність ортотрансформованих знімків із супутника Landsat 8. *Вісник геодезії та картографії*. 2013. № 6(87). С. 30–34.

29. Про внесення змін до Лісового кодексу України щодо проведення національної інвентаризації лісів. Закон України № 643-ІХ від 02.06.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/643-20#Text>.

30. Про затвердження Порядку здійснення лісовпорядкування. Постанова Кабінету міністрів України № 112 від 7 лютого 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/112-2023-%D0%BF#Text>.

31. Про національну інфраструктуру геопросторових даних. Закон України № 554-IX від 13.04.2020 р. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#n295>.

32. Савков П., Левінськова Н., Бондарчук Г., Постарниченко Н. Геоінформаційні системи в моніторингу лісових ресурсів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки*, № 1 (45), 2021. С. 71–74.

33. Leckie D.G., Gougeon F.A., Tinis S. et al. Automated tree recognition in old grown conifer stands with high resolution digital imagery. *Remote sensing of Environment*. 2005. № 94. P. 311– 326.

34. Barnoaiea I. Aspects regarding the use Ikonos images in stand volume assessment. *Proceedings of the Romanian Academy : Series B: Chemistry, Life Sciences and Geosciences*. 2007. № 2. P. 159– 163.

35. Berberoglu S., Donmez C., Ozkan C., Sunar F. Percent tree cover mapping from Evisat MERIS and MODIS data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2008. Vol. XXXVII. Part. B8. P. 1115–1119.

36. Breiman L. Random Forest. *Machine Learning*. 2001. Vol. 45. № 1. P. 5– 32.

37. Chavez P.S. An Improved Dark-Object Subtraction Technique for Atmospheric Scattering Correction of Multispectral Data. *Remote Sensing of the Environment*. 1988. Vol. 24. P. 459–479.

38. FAO. Global forest resources assessment 2010. Terms and definition – 2010: Rome, FAO. URL: <http://www.fao.org/docrep/014/am665e/am665e00.pdf>

39. Schepaschenko D., See L., Lesiv M. et all. Development of a global hybrid forest mask through the synergy of remote sensing, crowdsourcing and FAO statistics. *Remote Sensing of Environment*. 2015. Vol. 162. P. 208–220.

40. DiMiceli C.M. Carroll M.L., Sohlberg R.A. at all. Annual Global Automated

MODIS Vegetation Continuous Fields (MOD44B) at 250 m Spatial Resolution for Data Years Beginning Day 65, 2000–2010. Collection 5 Percent Tree Cover University of Maryland, College Park, MD, USA. 2011. URL: <http://glcf.umd.edu/data/vcf>.

41. Gougeon F.A. A crown-following approach to the automatic delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images. *Can. J. Remote Sensing*. 1995. Vol. 21. № 3. P. 274–284.

42. Gougeon F.A. Leckie D.G. The individual tree crown approach applied to Ikonos images of a coniferous plantation area. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2006. Vol. 72. № 11. P. 1287–1297.

43. Haapanen R. Tuominen S. Data combination and feature selection for multi-source forest inventory. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2008. Vol. 74. № 7. P. 869–880.

44. Helmer E.H., Ruefenacht B. Cloud-Free Satellite Image Mosaics with Regression Trees and Histogram Matching. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2005. Vol. 71. № 9. P. 1079–1089.

45. Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*. 2013. Vol. 342. P. 850–853.

46. Hudak A.T., Crookston N.L., Evans J.S. et. all. Nearest neighbor imputation of species-level, plotscale forest structure attributes from LIDAR data. *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112. P. 2232–2245.

47. Lesiv M. Schvidenko A., Schepaschenko D., See L., Fritz S. Development of hybrid forest map using Ukraine as a key study. *Forestry: Bridge to the future. 90 years Higher Forest Education on Bulgaria*, 6–9 May, 2016, Sofia, Bulgaria. 2015. P. 71–72.

48. Olofsson P., Foody G.M., Stehman S.V., Woodcock C.E. Making better use of accuracy data in land change studies: Estimating accuracy and area and quantifying uncertainty using stratified estimation. *Remote Sensing of Environment*. 2013. Vol. 129. P. 122–131.

49. Map Accuracy Assessment and Area Estimation. A Practical Guide. National

forest monitoring assessment working paper No. 46/E. Rome : FAO, 2016. 60 p.

50. Beaudoin A., Bernier P.Y., Guindon L. et al. Mapping attributes of Canada's forests at moderate resolution through kNN and MODIS imagery. *Canadian Journal of Forest Resources*. 2014. Vol. 44. P. 521–532.

51. Maselli F., Chiesi M. Evaluation of statistical method to estimate forest volume in a Mediterranean Region. *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*. 2006. Vol. 44. № 8. P. 2239–2250.

52. McRoberts R.E., Tomppo E.O. Remote sensing support for national forest inventories. *Remote Sensing of Environment*. 2007. № 110. P. 412–419.

53. McRoberts R.E., Nelson M.D., Wendt D.G. Stratified estimation of forest area using satellite imagery, inventory data, and the k-Nearest Neighbor technique. *Remote Sensing of Environment*. 2002. Vol. 82. P. 457–468.

54. Coulston J.W., Gretchen M.G., Wilson B.T. et al. Modeling Percent tree canopy cover: a pilot study. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2012. Vol. 78. № 7. P. 715–727.

55. Ohmann J.L., Gregory M.J. Predictive mapping of forest composition and structure with direct gradient analysis and nearest-neighbor imputation in coastal Oregon, USA. *Canadian Journal Remote Sensing*. 2002. Vol. 32. P. 725–741

56. Pouliot D., King D. Approaches for optimal automated individual tree crown detection in regenerating coniferous forests. *Can. J. Remote Sensing*. – 2005. – Vol. 31. – № 3. P. 255– 267.

57. Sentinel-2A, 2B. URL: <https://innoter.com/sputniki/sentinel-2a-2b/> (дата звернення: 19.09.2024).

58. Sentinel-Hub by Sinergise. Normalized difference vegetation index. Sentinel-Hub custom scripts. URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndvi>. (дата звернення: 14.09.2024).

59. The Comprehensive R Archive Network. URL: <http://cran.r-project.org>.

60. Tomppo E., Haakana M., Kalita M., Perasaari J. Multisource forest inventory: method and applications. *Series: Managing Forest Ecosystems*. 2008. Vol. 18. 373 p.