



УДК 528.8

DOI 10.32999/ksu2413-7391/2022-16-3

Мельник А.А.,
кандидат географічних наук,
доцент кафедри геодезії, картографії та управління територіями
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
a.melnik@chnu.edu.ua
orcid:

Ячнюк М.О.,
кандидат географічних наук,
доцент кафедри економічної географії та екологічного менеджменту
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
m.yachniuk@chnu.edu.ua
orcid:

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ЛІСОВИМ ПОКРИВОМ

Метою роботи є дослідження просторово-часових особливостей лісових ресурсів засобами ГІС-технологій території Селятинської територіальної громади Вижницького району Чернівецької області.

Кількісні показники часового розподілу зникнення деревного покриву онлайн-ресурсу Global Forest Watch для території громади з 2001 по 2020 рік показали, що найнижчі значення площі були характерні на початок 2000-х років, зокрема у 2001 р. показник становив 53 га, а найвищим він був у 2007 р. і становив 426 га. Протягом 2001–2021 років загальна площа втрати становила 4398 га.

Проаналізовано дані електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини Державного агентства лісових ресурсів України. Завдяки функціональним можливостям геопорталу вдалось виділити межі Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з позначеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок. Визначена площа виділених ділянок, які піддавались вирубці, становить 18,64 га.

Здійснено дешифрування та аналіз космічних знімків Sentinel 2 в географічній інформаційній системі QGIS. У 2021 р. було виявлено на територіях під лісовим покривом ділянки із вирубкою лісової рослинності. Для оцінки просторово-часових змін лісовкритих площ території досліджень здійснено порівняння серії космоснімків та проведено ручне дешифрування. Виділено майже 30 ділянок загальною площею близько 110 га. Було створено окремий векторизований тематичний шар ділянок за 2016 р. Результат показав, що кількість виділених об'єктів становила 68 одиниць загальною площею майже 251 га. За аналогічний період, за даними онлайн-ресурсу Globalforestwatch, площа під вирубкою становила 253 га. Це підтверджує вдале використання ГІС у цілях просторово-часового аналізу лісовкритих площ.

Проаналізовано імпортовані в ГІС знімки Sentinel 2 (Earthexplorer), на яких вдалось виділити ділянки із вирубкою, та космічні знімки популярних геоплатформ. Встановлено, що більшість космоснімків є застарілими, а геооб'єкти, що на них, не зовсім відповідають їхньому сучасному стану. Причому на деяких геоплатформах космічні знімки не оновлювались декілька років.

Ключові слова: ГІС, лісовий покрив, космічні знімки.

Melnik A.A., Yachniuk M.O. Application of geoinformation technologies for observation of the forest cover

The aim of the work is to study the spatio-temporal features of forest resources by means of GIS-technologies of the Selyatyn territorial community of Vyzhnytskyi district of Chernivtsi region.

Quantitative indicators of the time distribution of the disappearance of wood cover of the online resource Global Forest Watch for the community from 2001 to 2020 showed that the lowest values of the

area were in the early 2000s, in 2001 it was 53 hectares, and the highest in 2007 and amounted to 426 hectares. During 2001–2021, the total area of loss was 4398 hectares.

The data of the electronic register of logging tickets for timber harvesting of the State Agency of Forest Resources of Ukraine are analyzed. Thanks to the functional capabilities of the geoportal, it was possible to identify the boundaries of Putyla forestry, Selyatyn forestry with marked boundaries of forests, neighborhoods, allotments and fellings. The determined area of the allocated plots that were subject to felling is 18.64 ha.

Decoding and analysis of Sentinel 2 space images in the geographic information system – QGIS. In 2021, areas with deforestation were discovered in the areas under forest cover. To assess the spatio-temporal changes of the forested areas of the study area, a series of space images were compared and manually deciphered. Almost 30 plots with a total area of about 110 hectares have been identified. A separate vectorized thematic layer of sites was created for 2016. The result showed that the number of selected facilities was 68 units with a total area of almost 251 hectares. During the same period, according to the online resource Globalforestwatch, the area under felling was 253 hectares. This confirms the successful use of GIS for spatial and temporal analysis of forested areas.

Sentinel 2 (Earthexplorer) images imported into GIS were analyzed, in which areas with felling and space images of popular geoplatforms were identified. Most of the space images have been found to be out of date, and the geo-objects on them do not quite correspond to their current state. And on some geoplatforms, space images have not been updated for several years.

Key words: GIS, forest cover, space images.

Постановка проблеми. Пошкодження лісового покриву визначають як великі імпульси відмирання дерев внаслідок таких подій та явищ, як пожежі, шкідники, сильні вітри та лісозаготівля. Найбільша небезпека пошкодження лісового покриву полягає в тому, що це може призвести до порушення сталої динаміки змін лісового середовища, породного складу лісів, їхньої структури та функціональності. Саме тому кількісне оцінювання лісових порушень, що придатне для фіксування наявних лісових ресурсів, натепер набуває особливого значення з огляду на те, що відповідальні особи в державі нині мають змогу контролювати таку людську діяльність та прогнозувати її наслідки.

Доступність використання ГІС нині дозволяє ефективно, швидко, надійно та з високою точністю забезпечити можливість здійснювати спостереження за змінами лісових ресурсів практично будь-якої території.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженнями у вказаному вище напрямі свого часу займалися Х.В. Бурштинська, Є.М. Варламов, О.С. Волошкіна, В.С. Готинян, С.О. Довгий, Г.М. Жолобак, В.І. Зацерковний, Ю.Ю. Косенко, Г.К. Коротаєв, Г.Я. Красовський, М.Ю. Лесів, В.І. Лялько, Є.Л. Макаровський, С.І. Миклуш, В.В. Миронюк, В.І. Осадчий, М.О. Попов, М.П. Слободяник, О.М. Трофимчук, А.М. Цуняк та ін. Питання моніторингу лісових ресурсів вивчали А.В. Абросімов,

О.С. Алексєєв, Ю.М. Архангельська, В.М. Боголюбов, І.А. Вуколова, В.О. Глаголев, О.С. Ісаєв, В.В. Куртєєв, Н.В. Оберемок, О.В. Смирнова, Р.В. Норчевський, Р.С. Філософ, М.А. Хвесик, А.С. Яцик та багато інших дослідників (Бурштинська, 2013; Жолобак, 2010; Зацерковний, 2016; Косенко, 2013; Лесів, 2012; Миклуш, 2006; Миронюк, 2020; Слободяник, 2014). Нині є чимало наукових публікацій зі згаданої проблематики, проте дослідження на тему використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів трапляються набагато рідше. Тому натепер ця проблема далека від вирішення і потребує подальших досліджень.

Формулювання цілей статті. Метою роботи є дослідження просторово-часових особливостей лісових ресурсів засобами ГІС-технологій в умовах децентралізації. Для досягнення поставленої мети було визначено такі завдання: 1) проаналізувати просторово-часове поширення лісових ресурсів за допомогою ресурсу Global Forest Watch (<https://www.globalforestwatch.org/>) та проекту електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини Державного агентства лісових ресурсів України (<https://lk.ukrforest.com/>); 2) за допомогою космічних знімків Sentinel 2 архіву Геологічної служби США у ГІС – QGIS дослідити існування та особливості ділянок вирубки лісових ресурсів, створивши окремі векторизовані шари території Селятинської



територіальної громади Вижницького району Чернівецької області.

Виклад основного матеріалу. Наявні кількісні статистичні показники, що характеризують земельні ресурси, зазвичай є застарілими, а їхнє використання в дослідженнях є не зовсім об'єктивним. Проблема сучасного аналізу земельних ресурсів може бути вирішена за допомогою космічних знімків, що можна отримати з безкоштовних геопорталів та інтернет-ресурсів.

Окрім стаціонарних геоінформаційних систем, для дистанційного моніторингу лісистості для території Селятинської громади на території Чернівецької області нами було використано інтерактивний онлайн-ресурс "Global Forest Watch". Це вебдодаток з відкритим кодом для моніторингу лісів майже в режимі реального часу (Миклуш, 2006; Миронюк, 2020).

На цьому онлайн-ресурсі є можливість здійснювати аналіз різних показників по межах та кордонах, які є в наборі просторової інформації. Природно, що межі нового територіального утворення – територія Селятинської територіальної громади – не можуть бути візуально відображені, тому вказані межі потрібно імпортувати в такий програмний продукт.

Було досліджено «втрату деревного покриву» (рис. 1). У зазначеному наборі даних «деревне покриття» розглядається як уся рос-

линність, що перевищує 5 метрів у висоту, і може мати форму природних лісів або насаджень у діапазоні щільності купола. Це забезпечило відображення на карті ділянок зникнення деревного покриву, що зафарбовані у червоний колір.

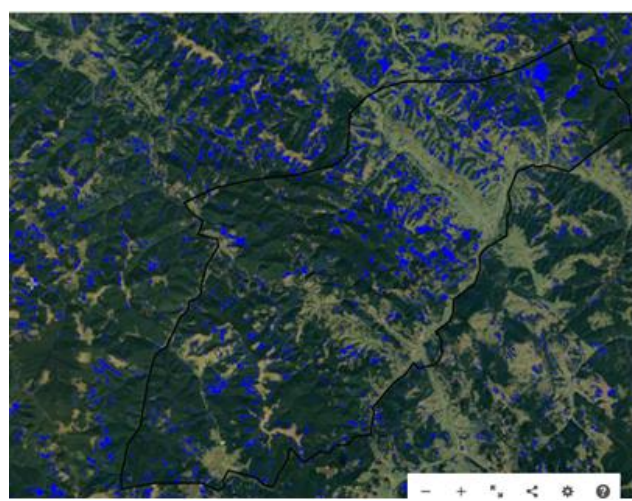
Зазначена втрата деревного покриву може здійснюватись з багатьох причин, це може бути і вирубування лісів, вогонь та вирубування лісу в ході сталого ведення лісового господарства.

Вдалось імпортувати кількісні показники часового розподілу зникнення деревного покриву з 2001 по 2020 рік. Найнижчі значення площі втрат деревного покриву для території Селятинської територіальної громади були характерні на початок 2000-х років, зокрема у 2001 р. показник становив 53 га, а найвищим він був у 2007 р. і становив 426 га. Загалом, протягом 2001–2021 років загальна площа втрати деревного покриву становила 4398 га. Якщо розглядати приріст деревного покриву, то протягом 2001–2012 рр. площа зросла на 2200 га.

Державне агентство лісових ресурсів України запустило пілотний проєкт електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини. Завдяки функціональним можливостям геопорталу вдалось виділити межі Путильського лісового господарства Селятинського лісництва з позначеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок вибраної території



А) 2001–2020 рр.



Б) 2001–2012 рр.

Рис. 1. Зникнення (А) та приріст (Б) деревного покриву на території Селятинської територіальної громади вебдодатка Global Forest Watch (GFW)

(рис. 2). Для території досліджень виділено ділянки, які піддавались вирубці, з площею 18,64 га.

За допомогою архіву Геологічної служби (ГС) США (USGS), що розмістив свої відкриті дані на сайті EarthExplorer, вдалось отримати космічні знімки Sentinel 2 (Зацерковний, 2016; Косенко, 2013).

Спочатку було створено зображення у природних кольорах, використовуючи канали B04, B03, B02 (рис. 3).

Для оцінки просторово-часових змін лісовкритих площ найбільш об'єктивним є порівняння серії космознімків та ручне чи напівавтоматичне дешифрування. Експортовані знімки 2016 та 2021 років у ГІС-продукт дають можливість це зробити. У разі дрібномасштабного дешифрування чітко та добре проявляються відмінності з наявності лісовкритих площ. Прослідковується тенденція до зменшення територій під лісовою рослинністю для всієї громади, окрім пів-

денної частини. Було імпортовано знімки за 2016 та 2021 рр.

З ресурсу Global Forest Watch (GFW) було імпортовано зображення території з увімкненими шарами вирубки лісів протягом 2016–2021 рр. Встановлено, що локація таких ділянок співпадає.

Такий підхід є трудомістким та займає значний період часу для здійснення дешифрування. Саме тому функціональні можливості використовуваного ГІС-продукту дають можливість змінити комбінацію каналів космознімків, що полегшить візуальне відображення саме ділянок під вирубкою та зменшить суттєво час дешифрування (Лесів, 2012; Миклуш, 2006). Для цього найкраще підходить синтез каналів 2, 8, 12 космічного знімка (рис. 4).

Створено векторний шар та проведено оцифрування вирубки. У нашому випадку вигляд вирубки на синтезованому космічному знімку Sentinel 2 представлений у комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red – 11, 8, 4 канали), де

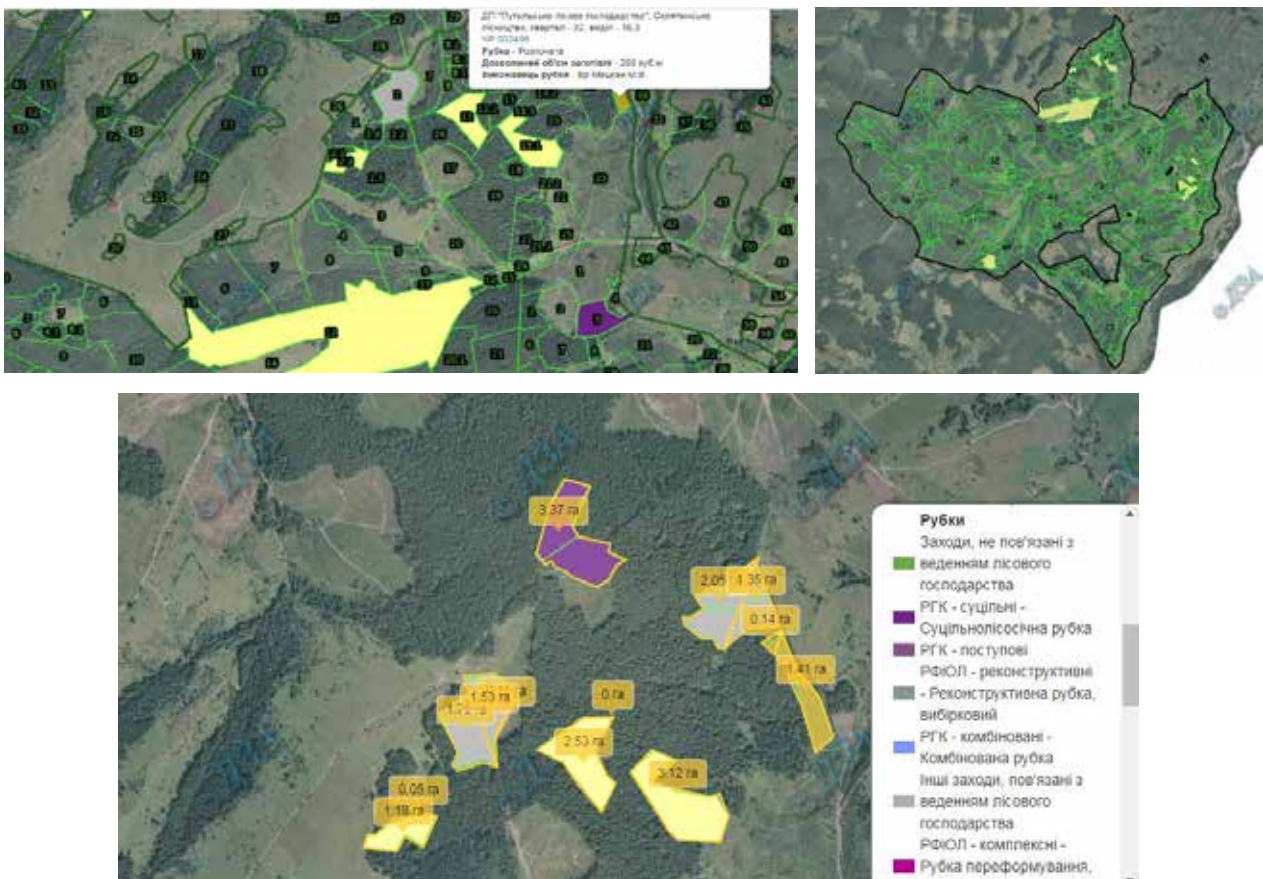


Рис. 2. Картохема території Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з нанесеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок

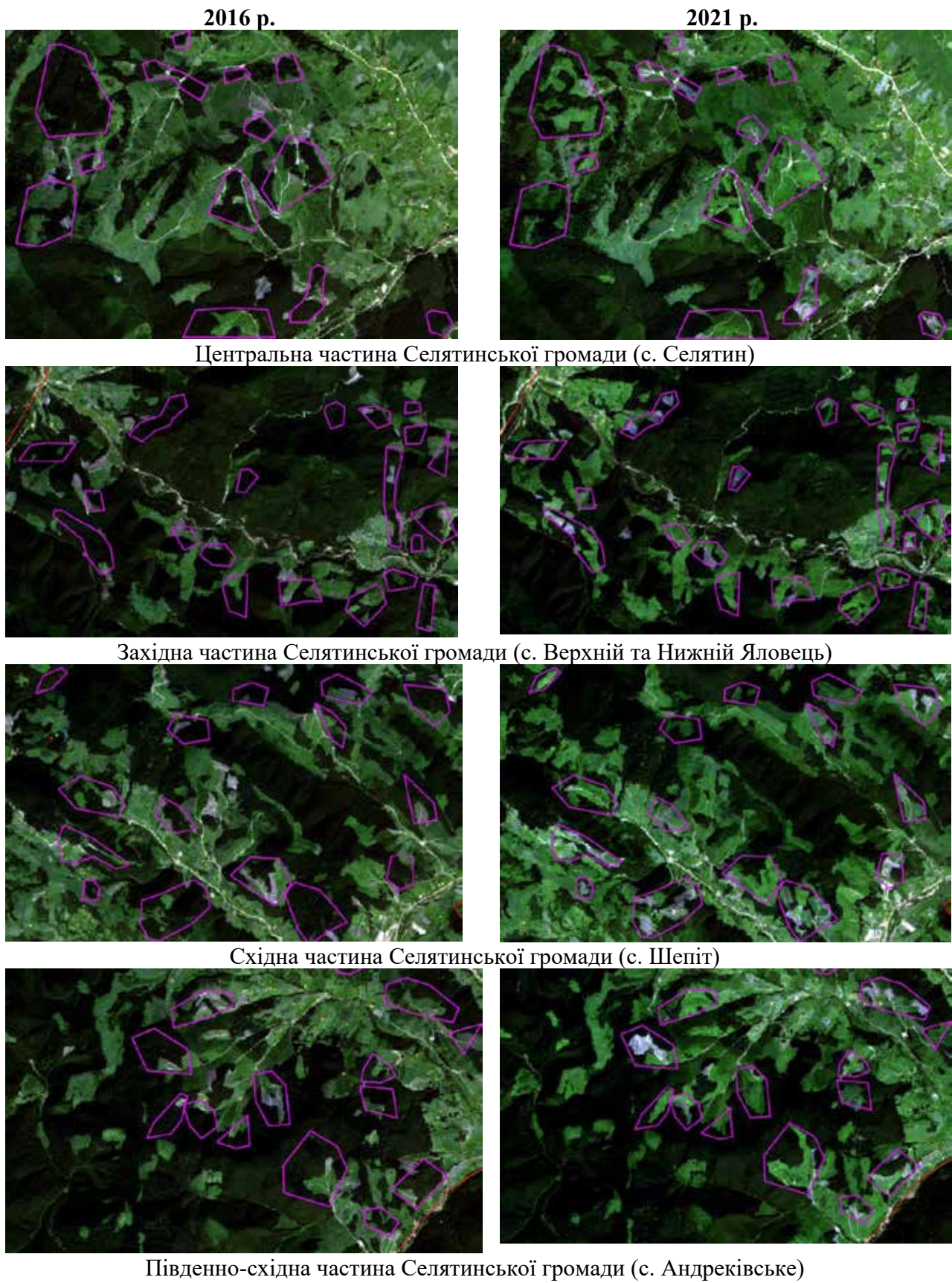


Рис. 3. Просторово-часові відмінності ділянок під лісовою рослинністю території Селятинської територіальної громади протягом 2016–2021 рр.

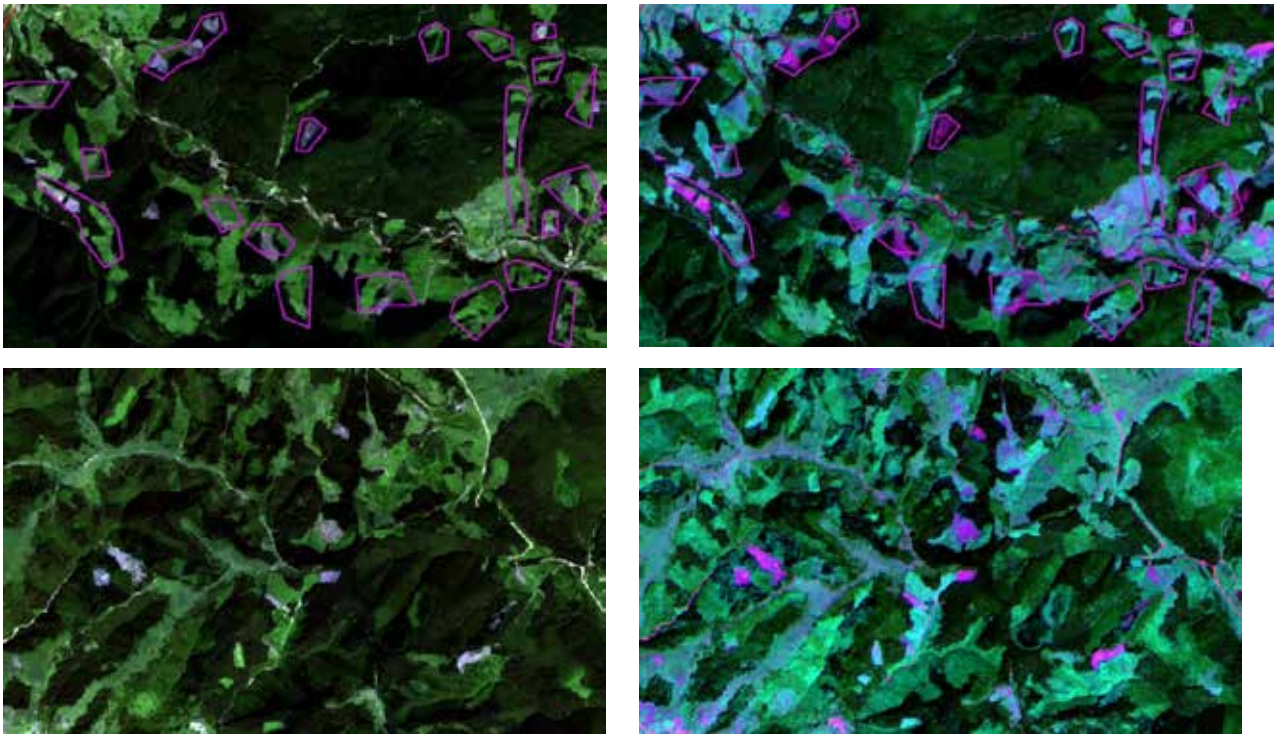


Рис. 4. Вигляд вирубки на синтезованому космічному знімку Sentinel 2 представлений у комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red)

їх легко можна впізнати за червоним кольором на фоні зеленого лісу.

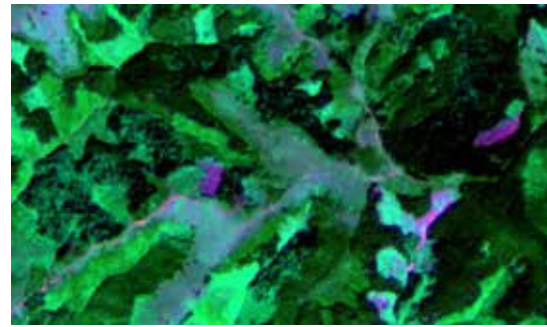
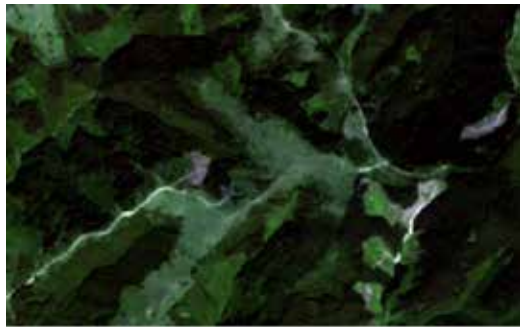
Запропонований метод оцінки вирубки лісів через синтезований космічний знімок Sentinel 2, що представлений у комбінації кольорів (SWIR, NIR, Red), дає досить хороші результати в плані кращого візуального сприйняття самих ділянок, де проводились вирубки. Крім того, цей спосіб дає можливість оцінити (за інтенсивністю рожевого/червоного кольору) вирубку за малий період спостережень (за рік, сезон, квартал і т.д.) (рис. 5).

Завдяки ГІС-продукту QGIS вдалось створити окремий векторизований шар та здійснити дешифрування території досліджень щодо ділянок під вирубкою. Протягом дослідження виділено майже 30 зазначених ділянок загальною площею близько 110 га. Порівнюючи з попередніми даними щодо вирубки з онлайн-ресурсу Global Forest Watch (GFW), такий низький показник зумовлений тим, що дослідження проводилось по космічному знімку станом на 1 серпня 2021 р., не врахувавши вирубку, яка запланована на осінній період.

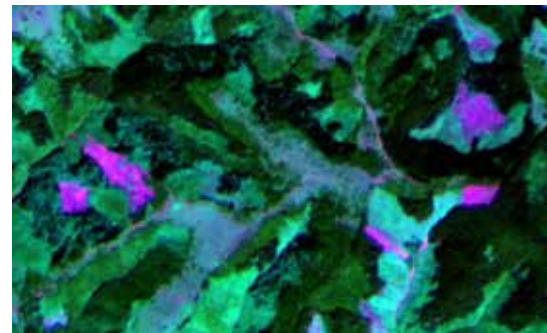
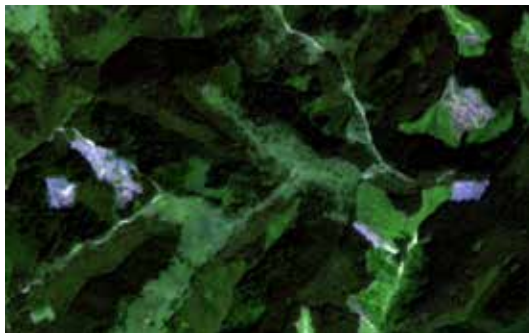
З ресурсу GFW не є можливим здійснити порівняння результатів спостережень щодо

зникнення лісового покриву, позаяк останні дані на сайті за 2020 р. Тому щоб підтвердити чи спростувати ефективність такого способу визначення площ ділянок під вирубкою, було створено окремий векторизований тематичний шар ділянок за 2016 р. Результат показав, що кількість виділених об'єктів становила 68 одиниць загальною площею майже 251 га. За даними онлайн-ресурсу площа під вирубкою становила 253 га за 2016 рік. Це говорить про хороше співпадіння показників двох джерел. Причиною невеликого зменшення показника, розрахованого за допомогою ГІС – QGIS, є у тому числі середня роздільна здатність космічних знімків (10 метрів).

На сьогодні чимало сайтів та геопорталів пропонують у тому числі і безкоштовні послуги щодо імпортування космічних знімків певної території різної роздільної здатності. Проте відповідність візуалізованого зображення на космоснімках більшості безкоштовних геоплатформ сучасності бажає бути кращою. Так, у роботі вдалось проаналізувати уже імпортовані в ГІС-продукт знімки Sentinel 2 (Earthexplorer), на яких вдалось виділити ділянки із вирубкою для території досліджень



2016 р.



2021 р.

Рис. 5. Вигляд вирубки на синтезованому космічному знімку Sentinel 2 за 2016 та 2021 р.

та космічні знімки популярних геоплатформ OpenStreetMap, GoogleEarth, Sasplanet, вужче спеціалізованих (аналіз лісових ресурсів) ukrforest, globalforestwatch, геопорталу публічної кадастрової карти України.

У першому випадку представлені космічні знімки, де для території досліджень відсутнє лісове покриття (наявна вирубка), це зокрема для Globalforestwatch, GoogleEarth, SasPlanet, Earthexplorer. А для космічних зображень у другому випадку характерною є присутність рослинного покриву, зокрема для платформ OpenStreetMap, Публічна кадастрова карта України, Ukrforest. Останнє є підтвердженням того, що космоснімки є застарілими.

Висновки. Кількісні показники часового розподілу зникнення деревного покриву ресурсу Global Forest Watch для території громади з 2001 по 2020 рік показали, що найнижчі значення площі були характерні на початок 2000-х років, зокрема у 2001 р. показник становив 53 га, а найвищим він був у 2007 р. і становив 426 га. Протягом 2001–2021 років загальна площа втрати становила 4398 га.

Проаналізовано дані електронного реєстру лісорубних квитків на заготівлю деревини Державного агентства лісових ресурсів України. Завдяки функціональним можливостям геопорталу вдалось виділити межі Путильського лісового господарства, Селятинського лісництва з позначеними межами лісництв, кварталів, виділів та рубок. Визначена площа виділених ділянок, які піддавались вирубці, становить 18,64 га.

Здійснено дешифрування та аналіз космічних знімків Sentinel 2 в географічній інформаційній системі QGIS. У 2021 р. було виявлено на територіях під лісовим покривом ділянки із вирубкою лісової рослинності. Для оцінки просторово-часових змін лісовкритих площ території досліджень здійснено порівняння серії космоснімків та проведено ручне дешифрування. Виділено майже 30 ділянок загальною площею близько 110 га. Було створено окремий векторизований тематичний шар ділянок за 2016 р. Результат показав, що кількість виділених об'єктів становила 68 одиниць загальною площею майже 251 га. За аналогічний період, за даними онлайн-ресурсу

Globalforestwatch, площа під вирубкою становила 253 га. Це підтверджує вдаль використання ГІС у цілях просторово-часового аналізу лісовкритих площ.

Проаналізовано імпортовані в ГІС знімки Sentinel 2 (Earthexplorer), на яких вдалось виділити ділянки із вирубкою та космічні знімки популярних геоплатформ. Встановлено, що більшість космоснімків є застарілими, а геооб'єкти, що на них, не зовсім відповідають їхньому сучасному стану. Причому на деяких геоплатформах космічні знімки не оновлювались декілька років.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бурштинська, Х.В., Поліщук, Б.В., & Ковальчук, О.Ю. (2013). Дослідження методів класифікації лісів з використанням космічних знімків високого розрізнення. *Геодезія, картографія і аерофотознімки*, 78, 101–110. [Burshtynska, H.V., Polishchuk, B.V., & Kovalchuk, O.Yu. (2013). Investigation of forest classification methods using high-resolution space images. *Geodesy, cartography and aerial*, 78, 101–110.]
2. Жолобак, Г.М. (2010). Вітчизняний досвід супутникового монітору лісових масивів України. *Космічна наука і технологія*, 16, 46–54. [Zholobak, G.M. (2010). Domestic experience of the satellite monitor of forests of Ukraine. *Space Science and Technology*, 16, 46–54.]
3. Зацерковний, В.І., Тішаєв, І.В., Віршило, І.В., & Демидов, В.К. (2016). Геоінформаційні системи в науках про Землю. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 510 с. [Zatserkovny, V.I., Tishaev, I.V., Vershilo, I.V., & Demidov, V.K. (2016). Geographic information systems in the Earth sciences. Nizhyn: NDU M. Gogol, 510 p.]
4. Косенко, Ю.Ю., & Сонько, С.П. (2013). Геоінформаційні системи в охороні довкілля, сільському та лісовому господарстві. Умань: УНУС, 127 с. [Kosenko, Yu.Yu., & Sonko, S.P. (2013). Geographic information systems in environmental protection, agriculture and forestry. Uman: UNUS, 127 p.]
5. Лесів, М.Ю., Щепашенко, Д.Г., Швиденко, А.З., Бунь, Р.А. (2012). Побудова карти лісів України за даними глобальних цифрових карт земельного покриву. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*, 22.9, 24–30. [Lesiv, M.Yu., Shchepashchenko, D.G., Shvydenko, A.Z., & Bun, R.A. (2012). Construction of a map of Ukraine's forests according to global digital land cover maps. *Scientific Bulletin of the National Forestry University of Ukraine*, 22.9, 24–30.]
6. Миклуш, С.І., Горошко, М.П., & Часковський, О.Г. (2006). Геоінформаційні системи в лісовому господарстві: навчальний посібник. Львів: НЛТУ України, 128 с. [Miklush, S.I., Goroshko, M.P., & Chaskovsky, O.G. (2006). Geographic information systems in forestry: textbook. Lviv: NLTU of Ukraine, 128 p.]
7. Миронюк, В.В. (2020). Інвентаризація рівнинних лісів України за даними супутникової зйомки: монографія. Харків: АТ «Харківська книжкова фабрика «ГЛОБУС», 240 с. [Mironyuk, V.V. (2020). Inventory of plain forests of Ukraine according to satellite imagery. Monograph. Kharkiv: JSC "Kharkiv Book Factory" GLOBUS". 240 p.]
8. Миронюк, В.В. (2015). Перспективи використання методу класифікації космічних знімків для лісової інвентаризації України. *Збалансоване природокористування*, 2, 9–15. [Mironyuk, V.V. (2015). Prospects for the use of the method of classification of space images for the forest inventory of Ukraine. *Balanced Nature Management*, 2, 9–15.]
9. Слободяник, М.П. (2014). Використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів. *Вісник геодезії та картографії*, 1, 27–31. [Slobodyanik, M.P. (2014). Using remote sensing methods and GIS technologies for monitoring forest resources. *Bulletin of Geodesy and Cartography*, 1, 27–31.]
10. Цуняк, А.М., Часковський, О.Г., & Король, М.М. (2013). Розподіл наземного вкриття Стрийсько-Сянської Верховини на основі супутникових знімків LANDSAT. *Науковий вісник НЛТУ України*, 23, 27 – 32. [Tsuniyak, A.M., Chaskovsky, O.G., & Korol, M.M. (2013). Distribution of the ground cover of the Stryj-Sian Verkhovyna on the basis of LANDSAT satellite images. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 23, 27–32.]

Стаття надійшла до редакції 07.06.2022.

The article was received 07 June 2022.