



Ukrainian Journal of Natural Sciences
Issue 2
Український журнал природничих наук
Випуск 2

ISSN: 2786-6335 print
ISSN: 2786-6343 online

УДК 528.88: 332.1:338.43

DOI 10.35433/naturaljournal.2.2023.95-117

АНАЛІЗ ЗЕМНОГО ПОКРИВУ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

П. В. Пивовар¹, О. М. Николіук², П. П. Топольницький³

На сьогодні глибоке та широке впровадження геоінформаційних технологій у сферу діяльності людини зумовлено потужним розвитком трьох науково-технічних складових: статистичної, програмно-технічної та космічних технологій. В цій статті на основі ГІС-технологій було проведено аналіз стану землекористування та його зміни на території Житомирської області та як російська агресія проти України вплинула на ці процеси. Було проаналізовано структуру та динаміку основних класів земного покриву Житомирської області за 7 років, визначено основні причини і наслідки таких трендів, проведено аналіз зміни земного покриву. Для досягнення цієї мети було використано набори даних згенеровані на платформі GEE за допомогою продукту GOOGLE/DYNAMICWORLD/V1 і безпосередньо експортовані для подальшої обробки в середовище ArcGIS PRO. Остаточні результати були згенеровані програмній мові R. Відповідно до результатів цього дослідження у 2022 році 52% території Житомирської області знаходились під лісовкритими територіями які складаються з двох категорій: лісів та інших лісовкритих територій. Перша категорія за досліджуваній період залишалася без змін, тоді як друга категорія суттєво зменшувалась у зв'язку із тим що дрова є найбільш доступними із паливних ресурсів для обігріву житла, тому населення почало здійснювати заготівлю деревини у формі вирубування та зачищення старих садків, заліснених чагарників та річок (іригаційних каналів), лісосмуг. Сільське господарство Житомирської області розвивається за рахунок екстенсифікації. Відповідно даних Google Dynamic World у 2022 році 34% території Житомирської області систематично використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. За останні сім років

¹ кандидат економічних наук, доцент
керівник навчально-наукового центру
космічних та геоінформаційних технологій
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: symon-pivovar@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-7668-2552

² доктор економічних наук, професор
завідувач кафедри комп'ютерних технологій
і моделювання систем,
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: nikolyukolya@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-1705-3606

³ кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних технологій
і моделювання систем,
(Поліський національний університет, м. Житомир)
e-mail: topolua@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-7460-1130

відбулось суттєве зростання площ культивованих угідь на 27%. В структурі земного покриття Житомирської області трав'янистий покрив займає 4,9%, але поступово зменшується. По всіх типах територіальних громад спостерігалось зменшення до 2021 року (в середньому щорічно 10%), тоді як у 2022 році падіння суттєво сповільнилося в сільських та селищних територіальних громадах, а у міських - зупинилося. Така динаміка пов'язана із двома факторами: 1) частина городів сільських домогосподарств засіяли травою у зв'язку з тим, що чоловіки були мобілізовані до ЗСУ в результаті російської агресії, а вирощування трави вимагає найменше людських затрат; 2) російська агресія спричинила нестачу певних продуктів харчування та їх значне удорожчання, при цьому утримання великої рогатої худоби забезпечує харчами сільське домогосподарство, тому у 2022 році більшість приплоду від ВРХ було не реалізовано і залишено для подальшого утримання, в свою чергу збільшення ВРХ вимагає більше кормів, важливим компонентом яких є трава.

Ключові слова: землекористування, зміна земного покриття, сільські території, міські території, ГІС-технології.

LAND COVER ANALYSIS OF TERRITORIAL COMMUNITIES OF ZHYTOMYR REGION USING GIS TECHNOLOGIES

P. P. Pyvovar, O. M. Nikoluk, P. P. Topolnitskyi

Today, the deep and wide implementation of geoinformation technologies in the many fields of human activity is due to the powerful development of three scientific and technical components: statistical, software, technical and space technologies. In this article, based on GIS technologies, an analysis of the state of land use and its changes in the territory of Zhytomyr oblast was carried out, also how russian aggression against Ukraine affected these processes. The structure and the dynamics of the main classes of the land cover of the oblast for past 7 years were analyzed, the main causes and consequences of such trends were determined, and the analysis of changes in the land cover was carried out. According to the results of this study, in 2022, 52% of the territory of the Zhytomyr oblast was under forested areas, which consist of two categories: forests and other forested areas. The first category remained unchanged during the studied period since the government system of protection and reproduction of forest resources functions effectively. While the second category significantly decreased due to the fact that firewood is the most available of the fuel resources for heating building, so the population began to harvest wood in the form of felling and clearing old gardens, forested bushes and rivers (irrigation canals), forest strip. Agriculture of the Zhytomyr oblast is developing due to extensification. According to Google Dynamic World data, in 2022, 34% of the territory of the Zhytomyr oblast is systematically used for growing agricultural crops. Over the past seven years, there has been a significant increase cultivated land by 27%. In the structure of the land cover of the Zhytomyr oblast, the grass cover is 4.9%, but it is gradually decreasing. A decrease was observed for all types of territorial communities until 2021 (10% annually on average), while in 2022 the decline slowed down significantly in rural and village territorial communities and stopped in urban ones. This dynamic is connected with two factors: 1) part of the gardens of rural households were sown with grass due to the fact that men were mobilized to the Armed Forces of Ukraine as a result of russian aggression, and growing grass requires the least human costs; 2) russian aggression caused a shortage of certain food products and their significant increase in price, while keeping cattle provides food for the rural household, so in 2022 most of the offspring from cattle were not sold and left for further maintenance, in turn, the increase in cattle requires more feed, an important component of which is grass.

Key words: land-use, land cover change, rural area, urban area, GIS technologies

Вступ
Зміна ґрунтового покриття характеризує зміну певних функціональних характеристик землі, таких як зміна типу ценозу у вигляді трансформації природних біогеоценозів в агроценози і навпаки,

тоді як зміна землекористування полягає у зміні способу використання певної ділянки землі або частота відкритості (культивування) ґрунту тощо. Тому для вивчення глобальних змін навколишнього середовища та сталого розвитку дослідження

земельного покриття (ЗП) та його зміни привертають все більшу увагу в світі. В багатьох країнах світу чисельні групи науковців займаються питаннями дослідження стану ЗП та його зміни в контексті розвитку сільських та міських територій. Аналіз стану та тенденцій зміни земного покриття на сьогодні використовується в наступних сферах соціально-економічної діяльності людини: сільське господарство (класифікація та моніторинг стану розвитку сільськогосподарських культур, ґрунтового покриття, стану забур'яненості тощо); моніторинг стану навколишнього середовища; аналіз та моніторинг наслідків настання природних та антропогенних катастроф, міський та сільський розвиток тощо.

Проте вивчення процесу та тенденцій ЗП та його зміни за допомогою ідентифікації змін земного покриття з використанням зображень дистанційного зондування є одним із важливих методів розуміння та адаптації земельних ресурсів як невеликої громади так і країни в цілому. Також результати даного аналізу є необхідною умовою для глибшого розуміння стану земельного покриття та його зміни і допомоги особам, які розробляють регіональну та національну політику, встановлення цілей покращення в сферах наближених до національної та продовольчої безпеки країни.

Мета статті. Метою дослідження є аналіз стану та зміни земного покриття на основі ГС у Житомирській області протягом 2016-2022 рр. та визначення впливу російської агресії на ці процеси. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання: 1) ГС-аналіз динаміки поширення типів земного покриття (лісистість, рілля, пасовища та сіножаті, поверхневі водойми, забудовані землі) у розрізі сільської та міської місцевості; 2) ГС-аналіз динаміки зміни ЗП в розрізі сільських, селищних та міських територій; 3)

аналіз структури земного покриття в розрізі територіальних громад Житомирської області; 4) аналіз впливу російської агресії на процеси землекористування в Житомирській області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З початку отримання першого знімку Землі з космосу (1946 р.) розуміння використання та зміни земного покриття еволюціонувало від простоти та абстракції до реалізму та складності. На перших етапах дослідження використання та зміни земного покриття стосувалося вивчення фізичного факту змін, тоді як на сьогодні – виявлення факторів глобальних змін навколишнього середовища та розроблення моделей прогнозування його розвитку. Першими важливими результатами вивчення стану земного покриття (1970-ті), було розуміння того, що процеси які відбуваються на поверхні землі у вигляді зміни земного покриття впливають на формування регіонального клімату (Mohanta, 2021). В подальшому відбувалось розширення напрямків застосування результатів досліджень (стан екосистеми, структура імпорту та експорту тощо). Але найбільше зацікавлення у науковців викликає дослідження впливу зміни ЗП на біотичне різноманіття як на регіональному так і на глобальному рівнях (Sala et al., 2000), негативна динаміка деградаційних процесів ґрунту (Trimble & Crosson, 2000), стан та прогнозування здатності біологічних систем задовольняти потреби людини (Praveen & Gupta, 2019; Vitousek et al., 1997).

В рамках цього дослідження найбільший інтерес представляють роботи Prakasam C., Javed A. та Khan I., Mark M. та Kudakwashe M. Prakasam C. досліджував динаміку зміни земного покриття у Кодайканал Талук, Таміл Наду протягом 40 років, в результаті він виявив значне збільшення забудованих та культивованих земель, в той же час площі під лісом та

водоймами зменшилися (Prakasam, 2010). Javed A. та Khan I. в рамках вивчення гірничодобувної промисловості Індії досліджували зміну процесів землекористування з 2001 по 2010 роки. Дослідниками було встановлено факт значного зменшення лісовкритих площ, культивованих земель та водойм, в той же час площі забудованих земель, пустирів і необроблених земель збільшилася, при цьому основним фактором таких змін була антропогенна діяльність (Javed & Khan, 2012). Mark M. та Kudakwashe M. вивчали зміни процесів землекористування в районі Шуругві в провінції Мідлендс Зімбабве за період з 1992 по 2002 роки і як результат виявили значне збільшення культивованих площ за рахунок зменшення площі заліснених територій. Такі зміни вони пояснювали «Програмою земельної реформи та переселення». Значна площа заліснених територій була вирубана для різних видів діяльності, пов'язаних із сільським господарством, використання деревини для опалювання будинків, матеріалу для будівництва будинків і загонів для худоби тощо (Mark & Kudakwashe, 2010). Cegielska K та інші провели подібне дослідження для Угорщині та Польщі за 2000 та 2012 роки, в результаті було виявлено тенденції до зменшення сільськогосподарських угідь та збільшення забудованих. При цьому зміни в Польщі були більш інтенсивними, ніж в Угорщині (Cegielska. et al., 2018). Цікаві результати були отримані групою італійських та австрійських науковців, які дослідили динаміку змін земного покриву Європейського союзу з 2000 по 2018 рік. В загалом було виявлено зменшення сільськогосподарських угідь, за рахунок інтенсифікації сільського господарства, відповідно в цей період відбулось збільшення пасовищ, сінокосів, луків та незначне зростання площі забудованих земель (Schirpke & Tasser, 2021). Глибокий аналіз динаміки зміни земного покриву

та його впливу на економічну та екологічну систему здійснила команда науковців з Бангладешу. Для аналізу вони користувалися знімками з угруповання космічних апаратів Landsat за період з 1999 по 2019 роки. В результаті проведеного наукового дослідження було виявлено динаміку зменшення площ сільськогосподарських угідь у зв'язку із збільшенням забудованих територій, лісів, водойм, солончаків (Hoque et al., 2022).

Важливим кроком в розвитку аналізу земного покриву та його зміни було зроблено командою вчених із Сполучених Штатів Америки, які підготували еталонний набір даних земного покриву, які в подальшому були використані в багатьох проектах по класифікації земного покриву (Stehman et al., 2021). Як результат, такі дослідження були використані багатьма науковими командами з різних країн світу для розробки достовірних моделей класифікації та, загалом, отримати більше довіри до супутникових зображень. Визначальне наукове дослідження для розвитку ГІС-технологій в сфері розробки прогнозів та сценаріїв майбутніх змін у земному покриві було зроблено командою вчених з Бразилії, які розробили сценарні прогнози змін у земному покриві під впливом розвитку сільського господарства в районі басейну річки Прата до 2033, 2050, 2080 та 2100 років. Розроблені сценарії зміни структури земного покриву вказують на розвиток агровиробництва та зменшення водно-болотних угідь, саван, прибережних лісів, сезонних лісів та вологих луків (da Cunha, 2021). Португальські вчені провели довгостроковий аналіз земного покриву сільських територій на основі знімків з космічних апаратів Landsat за період з 1995 по 2015 роки. Команда на основі відібраних навчальних даних застосувала статистичний метод кластеризації К-середніх спектральних сигнатур для кожного класу земного покриву та

досягла точності 76%, при цьому така низька точність у довгостроковій перспективі забезпечила розуміння динаміки основних змін земного покриття (Viana et al., 2019).

Удосконалення продуктів аналізу земного покриття та його зміни (збільшення роздільної здатності карт) на пряму залежить від роздільної здатності супутникових даних, включаючи радіолокаційні сенсори. Найбільш затребуваними продуктами в сфері використання та зміни земного покриття є набір даних Національного управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA) MCD12Q1 з роздільною здатністю 500 м (2001–2018) (Sulla-Menashe, 2022), набір даних Європейського космічного агентства (ESA) Global Land Service (GLS) Land Cover 100 м (2015–2019) (Buchhorn et al., 2020) і GlobLand30 (2010) (Chen et al., 2015). Не дивлячись на широку затребуваність цих продуктів на національному та глобальних рівнях, вони мають один суттєвий недолік – їх просторова роздільна здатність не дає можливості провести моніторинг незначних за площею ділянок, які є важливими для моніторингу та аналізу місцевого землекористування (присадибні ділянки сільських домогосподарств, лісосмуги, вимоки, болота тощо). Одним із перших хто взявся за нівелювання цього недоліка є Європейське космічне агентство (ESA). Запроваджена ESA програма Copernicus дає можливість отримати оптичні та радарні дані із супутників Sentinel (роздільна здатність 10–20 м) з 2014 року на умовах відкритого доступу. Завдяки прогресу в алгоритмах машинного навчання та платформах хмарних обчислень для спостереження Землі, таких як Google Earth Engine (GEE) (Gorelick et al., 2017) і openEO (Schramm M., 2021), супутники Sentinel уможливили створення великомасштабних карт земного покриття з роздільною здатністю 10 м (Phiri, 2020). І як результат у 2021 році було

опубліковано три глобальні 10-метрові карти земного покриття на основі КА Sentinel: Google Dynamic World (DW) (Prakasam, 2010), ESA World Cover 2020 (WC) і Esri 2020 Land Cover (Esri) (Zanaga et al., 2021). Спільною характеристикою всіх трьох продуктів є багаточасове бачення, при цьому суттєвою відмінністю є те що WC і Esri оновлюються один раз на рік із суттєвим часовим лагом (до 1 року), тоді як DW оперативно надає карти земного покриття майже в реальному часі (із часовим лагом в 7 днів).

Потрібно відмітити, що глибока та широка імплементація геоінформаційних технологій в сфері людської діяльності обумовлена потужним розвитком трьох науково-технічних компонент: статистична компонента, програмно-технічна компонента та космічні технології.

Статистична компонента. Поглиблення розвитку ІС-технологій на пряму пов'язано із імплементацією в процес аналізу геоінформаційної інформації статистичних методів аналізу великих масивів даних. Особливо важливу роль відіграють такі методи як: машинне навчання під контролем (з викладачем), неконтрольоване машинне навчання (без викладача) (Halder et al., 2011; Talukdar et al., 2020); машинне навчання на основі опорних векторів (SVM) (Adulaimi A. A., 2021), метод випадкового ліса (RF) (Sahani & Ghosh, 2021), відображення спектрального кута (SAM) (Talukdar et al., 2020), нечітке адаптивне відображення з теорією резонансу (Fuzzy ARTMAP), відстань Махаланобіса (MD), радіальна базисна функція RBF), дерево рішень (DT), багатощарове сприйняття (MLP), наївний байєсівський класифікатор (MLC) і нечітка логіка, алгоритми нечітких С-середніх, алгоритм К-середніх, ISODATA (ітераційні самоорганізуючі дані) тощо. (Halder et al., 2011; Hashem & Balakrishnan, 2015).

Програмно-технічна компонента є фундаментальною основою обробки та

інтерпретації геоінформації, яка створюється в результаті збору, обробки та публікації географічних або просторових даних з використанням комп'ютеризованої системи. Системи можуть включати комп'ютери та мережі, стандарти та протоколи для використання та обміну даними між користувачами в межах ряду різних програм. Типовими застосуваннями є реєстрація землі, гідрологія, кадастрові дослідження, оцінка землі, планування або спостереження за навколишнім середовищем. Геодані мають багато різних форм, наприклад карти чи зображення, зроблені з повітря чи космосу, тобто дані дистанційного зондування. Геодані можуть зберігатися в базі даних, яка може мати спеціальні розширення для зберігання, обробки та маніпулювання просторовими даними. Геоінформація – це результат, отриманий шляхом аналізу даних за допомогою спеціальної комп'ютерної програми, яка називається «геоінформаційна система» або ГІС. Середовище, в якому працює ГІС (машини, люди, мережі), називається «системою просторової інформації», яка розроблюється та створюється для відповіді на потреби людей або організацій у просторовій інформації (Siebritz et al., 2022).

Космічні технології. На сьогодні більшість країн розвивають власні космічні програми для підтримки прийняття управлінських рішень в сфері комунікацій, промисловості, національної безпеки та вивчення зміни клімату (Economic, Social, and ..., 2022). В результаті такої діяльності на навколосезонній орбіті Землі, станом на 2021 рік, знаходилось 7,5 тис. активних космічних апаратів, що на 28% більше, ніж у 2020 році (Mohanta, 2021). Такий активний розвиток та застосування космічних технологій у всіх сферах господарської діяльності є одним із важливих інструментів досягнення цілей глобального розвитку за рахунок надання оперативної та високоякісної інформації (Plugar et al., 2021).

Матеріал і методи

Територія дослідження. Житомирська область знаходиться на півночі України, в межах Поліської низовини, на півдні в межах Придніпровської височини. Адміністративний центр – місто Житомир. До складу області входять 4 райони: Житомирський, Бердичівський, Коростенський, Новоград-Волинський. Має 5 міст обласного значення (Бердичів, Житомир, Коростень, Малин, Новоград-Волинський), 7 міст районного значення (Андрушівка, Баранівка, Коростишів, Овруч, Олевськ, Радомишль, Чуднів), 43 селища міського типу; 1619 сільських населених пунктів. Населення – 1 231 239 осіб. Площа 29 832 км². В результаті реформи децентралізації на території області створено 66 територіальних громад, з них 12 – міських, 22 – селищних та 32 сільських (рис.1). Відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування» територіальна громада – жителі, об'єднані постійним проживанням у межах села, селища, міста, що є самостійними адміністративно-територіальними одиницями, або добровільне об'єднання жителів кількох сіл, селищ, міст, які мають єдиний адміністративний центр (Про місцеве самоврядування в Україні..., 1997). Відповідно до статті 140 Конституції України територіальною громадою є житель села, селища, міста або добровільне об'єднання жителів кількох сіл у сільську громаду (Constitution of Ukraine, 1996). Станом на 2021 рік в Україні налічується 1469 громад, утворених шляхом об'єднання сіл, селищ і міст. Територіальна громада, адміністративним центром якої є місто, є міською територіальною громадою, центром якої визначено селище міського типу – селищною, центром якого визначено село – сільською. У дослідженні під міськими територіями будемо розуміти території міських територіальних громад, а під

сільськими – території сільських та селищних територіальних громад.

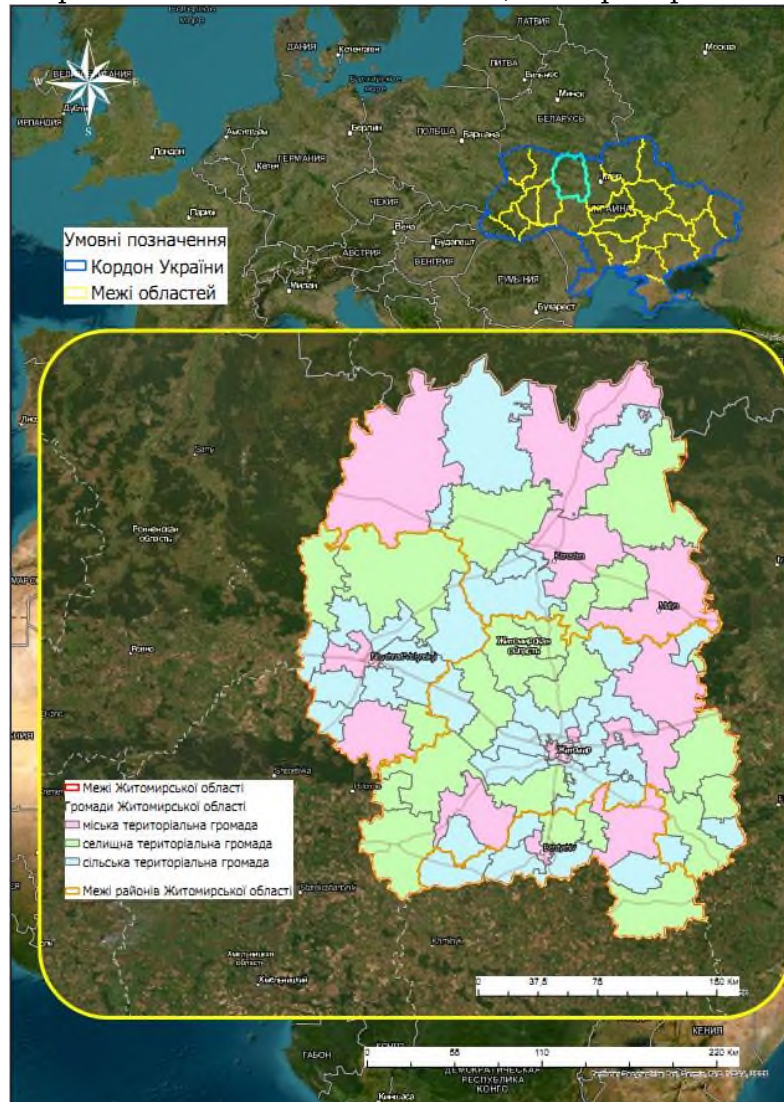


Рис. 1. Географічне положення України та її адміністративно-територіальний поділ

Джерела даних. В цьому дослідженні використано автоматизований підхід для глобально узгодженої класифікації земельного покриву із високою роздільною здатністю в масштабі часу близькому до реального, використовуючи глибоке навчання на зображеннях KA Sentinel-2 з просторовим розрізненням 10 м, розроблений командою обробників компанії Google та науковців з National Geographic Society, Boston University, World Resources Institute (Brown et al., 2022). Набори даних згенеровані на платформі GEE за допомогою продукту

GOOGLE/DYNAMICWORLD/V1 та безпосередньо експортовані для подальшої обробки в ArcGIS PRO та R за період з 2016 по 2022 роки. Продукт Dynamic World V1 дає можливість отримати інформацію для дев'яти класів поверхні Вода, Деревя, Трава, Затоплена рослинність, Культури, Чагарники, Забудована територія, Гола земля, Сніг і Лід.

Класифікацію земельного покриву Житомирської області за методологією Google Dynamic World станом на 2022 рік представлено на рис. 2.

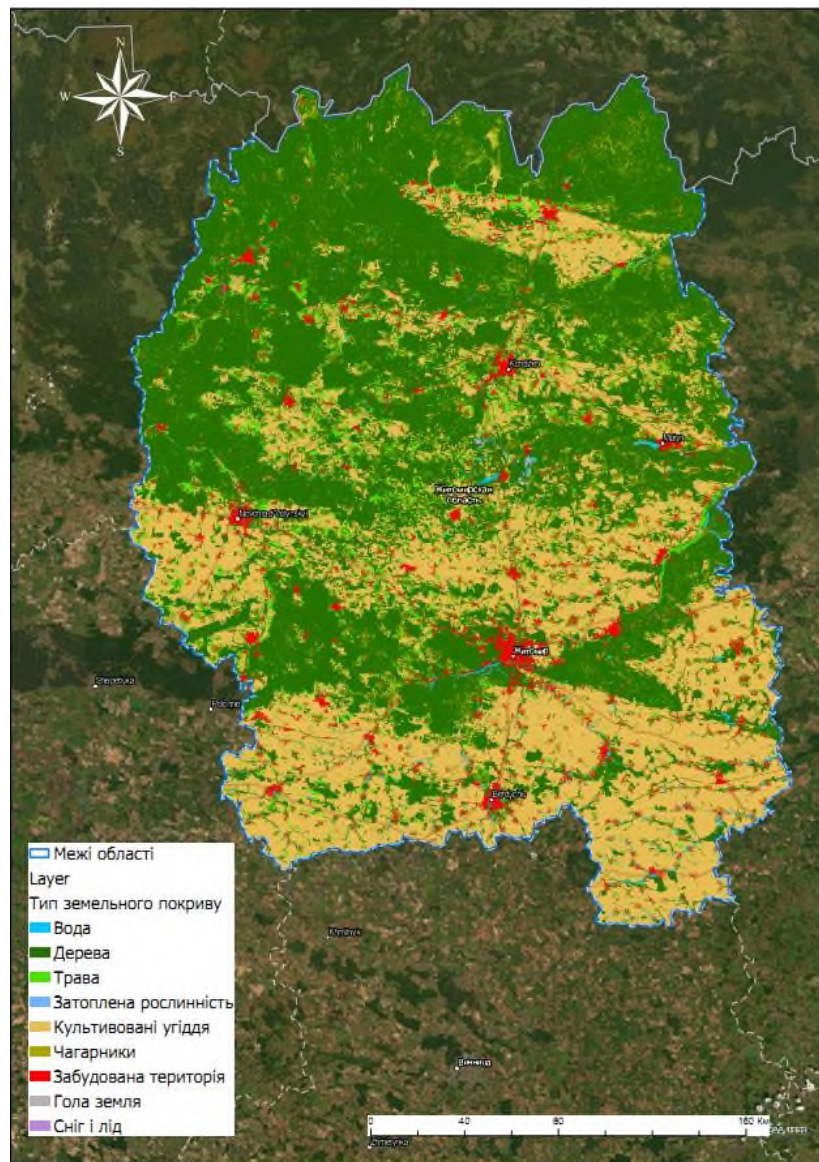


Рис. 2. Класифікація земельного покриття Житомирської області за методологією Google Dynamic World

Результати та обговорення

Аналіз земного покриття у 2022 році (рис.3) свідчить про те що 52% площі Житомирської області становлять лісовкриті території, які зосереджені в основному в північній та центральній частині області вздовж річки Тетерів. При цьому сільськогосподарські землі, в основному зосереджені в трьох локаціях: 1) південна частина області (Бердичівський район); 2) центральний

пояс шириною 40-60 км; 3) на півночі – Овруцький кряж. Десяту частину площі області займають чагарники та трава, які в основному зосереджені у вздовж доріг та водних об'єктів, частка яких становить 0,63%. Частка забудованих земель становить 3,7% вони рівномірно розподілені на всій площині області з значною концентрацією в містах обласного значення.

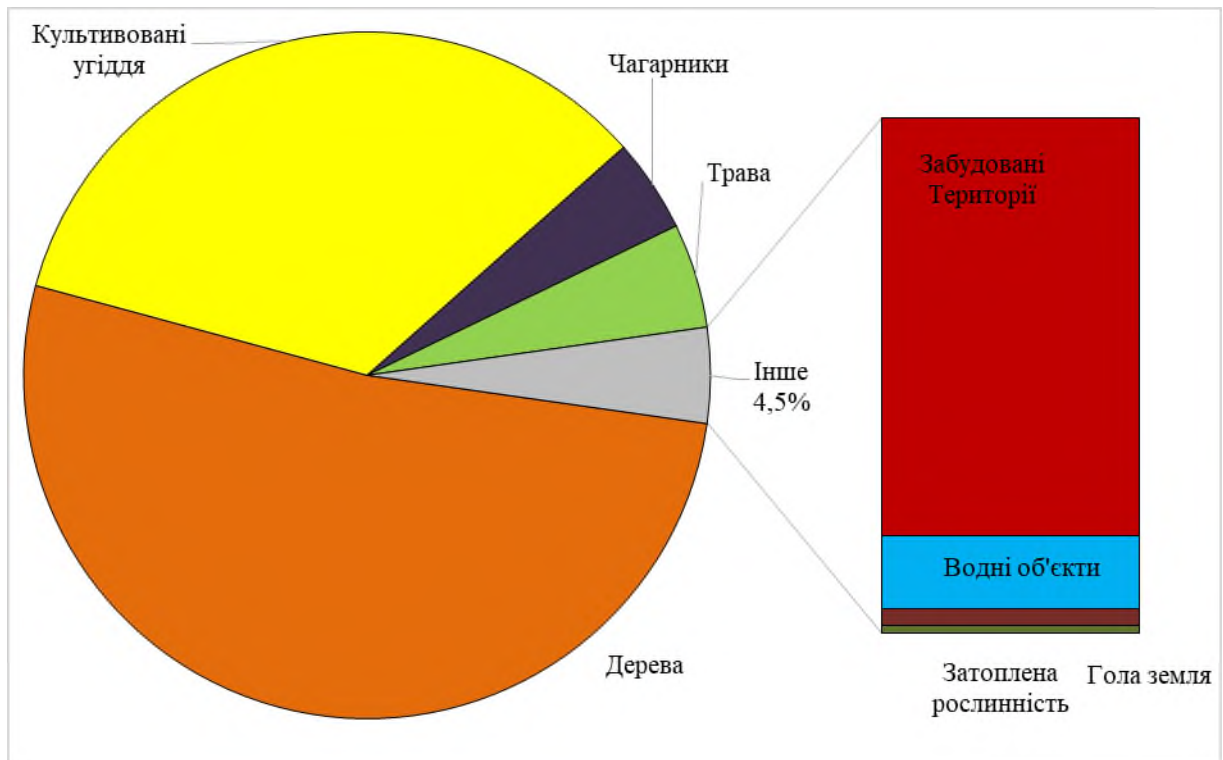


Рис. 3. Структура земного покриття Житомирської області у 2022 році

Потрібно відмітити, що структура земельного покриття отримана в результаті обробки супутникових знімків та даних офіційної статистики дещо відрізняються (табл.1). За допомогою ГС-технологій неможливо виокремити всі землі певного класу в рамках офіційної статистики, так як супутники класифікують земельні ділянки виключно за відбивними властивостями поверхні Землі у певному спектральному діапазоні, тоді як офіційна статистика базується на юридичному статусі земельних ділянок. Нижче наведений перелік основних відмінностей по найважливіших класах земного покриття.

1) Сільськогосподарські землі. Відповідно методології Dynamic World сільськогосподарські землі представлені такими типами як культивовані угіддя та трава. В свою чергу відповідно до офіційної методики збору статистичної інформації в Україні дані про сільськогосподарські землі включають три категорії: 1) рілля, 2) перелоги і 3) багаторічні насадження, сіножаті, пасовища. В результаті порівняння

класу культивовані угіддя (землі які протягом року піддавалися культивуванню) від Dynamic World та Орна земля від офіційної статистики ми бачимо відмінність в 1,7%. Це пояснюється тим що статистичне управління збирає таку інформацію лише у частини сільськогосподарських товаровиробників (сільськогосподарські підприємства та сільські домогосподарства) і в подальшому розповсюджує ці дані на всю область. Відмінність між класами трава від Dynamic World та перелоги від офіційної статистики пояснюється тим що до класу трава входять всі землі, на яких зростала трава (пасовища, сіножаті, луки, земельні ділянки під травою біля річок, лісів тощо) тоді як до класу перелоги у офіційній статистиці входять виключно земельні ділянки під травою призначені для сільськогосподарського виробництва (продаж сіна, силосу, використання на корм сільськогосподарських тварин). Також відповідно офіційної статистики до сільськогосподарських площ включено багаторічні насадження, сіножаті,

пасовища тоді як відповідно Dynamic World багаторічні насадження

віднесено до дерев, а сіножаті і пасовища до трави.

Таблиця 1.

Порівняння структури класів рослинності Житомирської області у 2021 році на основі статистики Google Dynamic World та офіційної статистики України

| Type | Google Dynamic World – 2021, % | Official statistics – 2021, % [0] | |
|-----------------------|--------------------------------|--|------|
| Культивовані угіддя | 39,4 | Орані землі | 37,7 |
| Трава | 5,4 | Перелоги | 2,1 |
| | | Багаторічні насадження, сіножаті, пасовища | 10,8 |
| Дерева | 45,3 | Ліс | 37,7 |
| Забудовані території | 5,5 | Забудовані землі | 3 |
| Чагарники | 3,3 | | |
| Гола земля | 0,1 | Відкриті землі | 1,3 |
| Затоплена рослинність | 0,1 | Водно-болотні угіддя | 3,4 |
| Вода | 0,9 | Відкриті водойми | 1,6 |
| | | Інше | 2,4 |
| Разом | 100 | Разом | 100 |

2) Лісовкриті території. Відповідно методології Dynamic World визначається будь-яка територія, яка включає первинні та вторинні ліси, а також великі насадження, тоді як офіційна статистика подає території, які зареєстровані в Державному агентстві лісових ресурсів України, тобто промислові сади, парки, тимчасово заліснені території в результаті припинення ведення сільськогосподарської діяльності тощо в цих даних не враховано, що в результаті і формує похибку в 7,6 %.

3) Забудовані землі. Реєстр забудованих земель ведеться Державним земельним кадастром України, до даного класу відносяться землі на яких розташовані будівлі: одно- і двоповерхові; з трьома і більше поверхами; промислові; відкриті розробки, кар'єри, шахти; будівлі, які використовуються в комерційних цілях; споруди громадського призначення; змішаного використання; які використовуються для транспорту та зв'язку (дороги, залізниці, аеропорти та інші); які використовуються для технічної інфраструктури (для видалення відходів, водозабезпечення

та очищення стічних вод, для виробництва та розподілення електроенергії); які використовуються для відпочинку та інші відкриті землі (зелені насадження загального користування, кемпінги та будинки відпочинку, зайняті поточним будівництвом і відведені під будівництво, під гідротехнічними спорудами, вулицями, площами, набережними, кладовищами). В той же час, відповідно методології Dynamic World до забудованих земель віднесено забудови низької та високої щільності, дороги та міські відкриті простори. Не дивлячись, на те що всі типи забудованих земель за методологією Dynamic World відповідають типам офіційної статистики (яких є набагато більше), частка забудованих земель за методологією Dynamic World на 1,5 % більше ніж звітує офіційна статистика. Така відмінність може свідчити, що ці 1,5 % або 44,4 тис. га є незареєстрованими забудованими землями.

4) Водні об'єкти. Важливою особливістю методології Dynamic World є використання супутникових знімків з роздільною здатністю 10 м, тобто площа

проекції піксела на поверхню Землі дорівнює 100 м², що дуже часто є недостатнім при ідентифікації малих річок, струмків та каналів. Враховуючи це потрібно відмітити значну похибку при порівнянні цих даних з даними офіційної статистики. При цьому, на нашу думку, стан (площа) великих річок та водойм адекватно описує динаміку змін водних об'єктів.

Одним із важливих елементів аналізу земельного покриття будь-якої території є дослідження динаміки змін (табл.2) в розрізі класів рослинного покриття Житомирської області. За досліджуваний період найбільші зміни 259 тис. га або майже на третину,

відбулись в такому типі земного покриття як культивовані угіддя, таке збільшення відбувались в основному за рахунок таких класів як трава (-112 тис. га або -46%), дерева (-122 тис. га або -1%) та чагарники (-27 тис. га або -39%). Заслуговує на увагу поступове збільшення водних об'єктів на 2 тис. га або на 8%, що виступає базисом для збільшення культивованих угідь, так як дуже часто сільгоспвиробники використовують зрошуване землеробство. Фактом покращення водного режиму Житомирської області є збільшення такого типу класів ґрунтового покриття як затоплена рослинність на 3,8 тис. га або на 53%.

Таблиця 2.

Динаміка зміни земного покриття Житомирської області на основі Google Dynamic World

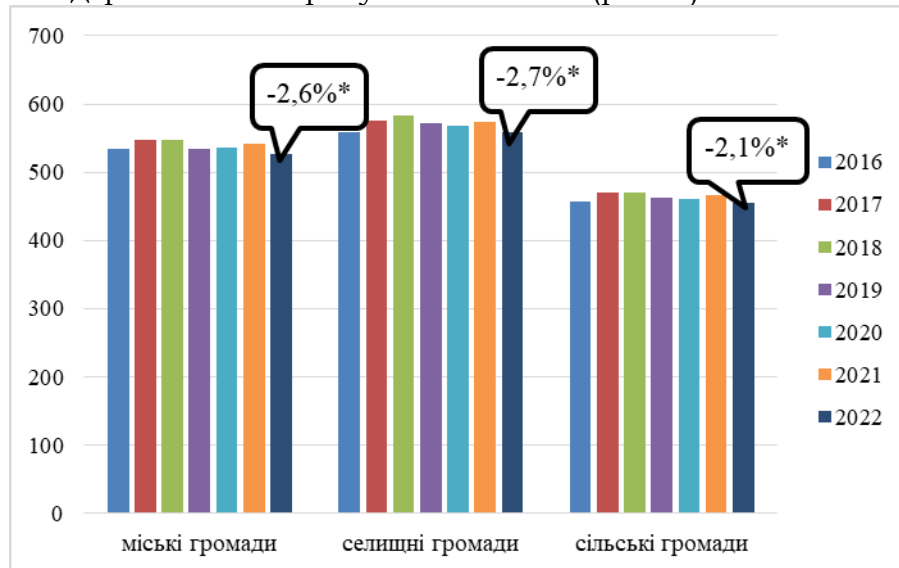
| Тип | Рік | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022* | Зміна 2016/2022 | |
|--------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------|-------|
| | | | | | | | | | тис. га | % |
| Гола земля, тис. га | | 4,1 | 2,9 | 3,3 | 5,2 | 5,1 | 3,6 | 4,4 | 6,7 | 7,6 |
| Зміна, % | | - | -28,2 | 11,6 | 59,8 | -2,8 | -29,7 | 23,1 | - | - |
| Забудовані території, тис. га | | 117,8 | 115,6 | 115,2 | 114,3 | 110,3 | 112,8 | 108,1 | -15,5 | -8,2 |
| Зміна, % | | - | -1,8 | -0,3 | -0,8 | -3,5 | 2,3 | -4,2 | - | - |
| Культивовані угіддя, тис. га | | 777,6 | 857,4 | 907,5 | 921,9 | 950,0 | 969,5 | 1012,4 | 259,4 | 30,2 |
| Зміна, % | | - | 10,3 | 5,8 | 1,6 | 3,0 | 2,1 | 4,4 | - | - |
| Затоплена рослинність, тис. га | | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,9 | 3,8 | 53,1 |
| Зміна, % | | - | -4,1 | 8,8 | -3,9 | -0,2 | -15,2 | 80,6 | - | - |
| Трава, тис. га | | 270,5 | 247,7 | 206,8 | 191,3 | 160,8 | 153,7 | 145,4 | 112,0 | -46,2 |
| Зміна, % | | - | -8,4 | -16,5 | -7,5 | -16,0 | -4,4 | -5,4 | - | - |
| Чагарники, тис. га | | 214,3 | 123,8 | 105,9 | 137,8 | 148,7 | 119,4 | 130,3 | -26,7 | -39,2 |
| Зміна, % | | - | -42,2 | -14,5 | 30,1 | 7,9 | -19,7 | 9,1 | - | - |
| Дерева, тис. га | | 1551,3 | 1594,6 | 1601,3 | 1569,3 | 1565,8 | 1582,0 | 1537,5 | 121,6 | -0,9 |
| Зміна, % | | - | 2,8 | 0,4 | -2,0 | -0,2 | 1,0 | -2,8 | - | - |
| Вода, тис. га | | 17,2 | 17,5 | 18,8 | 18,7 | 17,7 | 18,5 | 18,6 | 2,1 | 8,3 |
| Зміна, % | | - | 2,1 | 7,3 | -0,8 | -5,2 | 4,3 | 0,7 | - | - |
| Разом, тис. га | | 2954,0 | 2960,7 | 2960,1 | 2959,8 | 2959,5 | 2960,6 | 2958,6 | -4,0 | 0,2 |
| Зміна, % | | - | 0,23 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | -0,1 | - | - |

Станом на 25 жовтня 2022 року

Потрібно відмітити що динаміка зміни кожного з класів земного покриття є унікальною і потребує детального вивчення, як на рівні області в цілому так і на рівні територіальних громад різних типів (міських, селищних та сільських).

Заліснені території – площа земного покриття будь-якої території, на якій частка деревного покриття

становить не менше 10 %. До таких територій належать ліси, полезахисні лісосмуги, сільськогосподарські сади, лісопарки. Відповідно даних Google Dynamic World у 2022 році, 51,2% території Житомирської області є залісненою. З цих територій 34% припадали на міські територіальні громади, 36% на селищні і 30% на сільські (рис. 4).

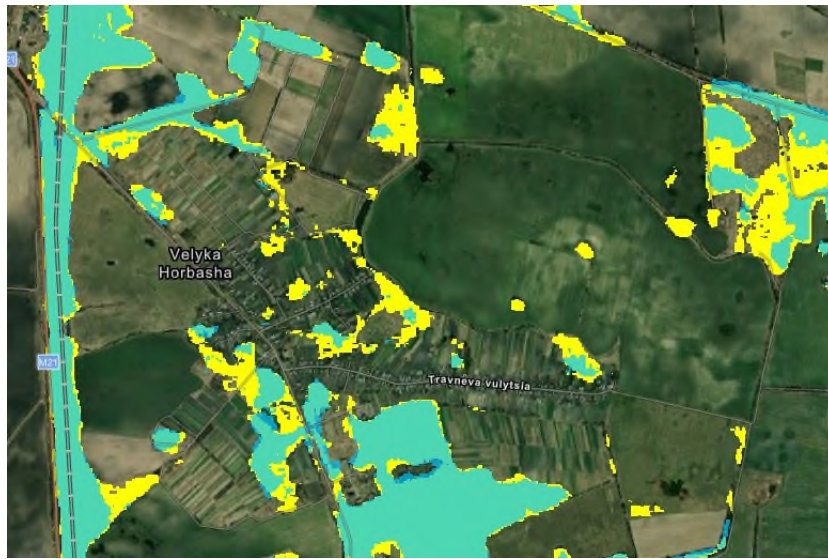


* відношення значення показника 2022 року до 2021 року, у відсотках

Рис. 4. Площа заліснених територій Житомирської області у 2022 році за даними Google Dynamic World

Станом на 2022 рік спостерігається суттєве зменшення заліснених територій області у всіх типах територіальних громад приблизно на 3%. Таке зменшення пов'язано із російською агресією проти України, яка негативно вплинула на ціну та стабільність поставок основних ресурсів для опалення житла (дрова, газ, електроенергія). Враховуючи те що дрова є найбільш доступними із цих трьох ресурсів для опалення житла, тому населення почало здійснювати

заготівлю деревини у формі вирубування та зачищення старих садків, заліснених чагарників та річок (іригаційних каналів), лісосмуг (рис. 5). Враховуючи все вище представлене – відбулось зменшення заліснених територій в загальній структурі класів земельного покриття, при цьому на території міських територіальних громад зменшення становить 2,8 відсоткових пунктів, селищних – 3,1, сільських – 2,6.



Жовтий - заліснені території 2021 року; Голубий - заліснені території 2022 року
 Рис. 5. Приклад зміни лісистості у 2022 році порівняно з 2016 р.
 (На прикладі села Велика Горбаша, Черняхівська селищна територіальна громада, Житомирська область)

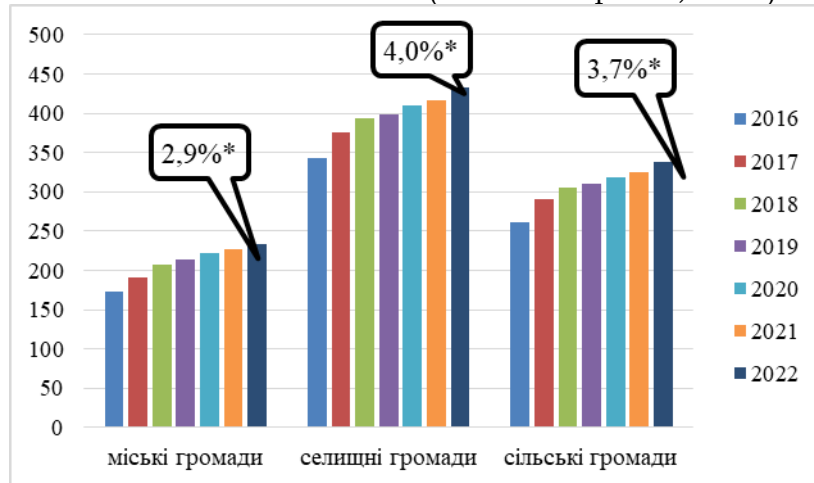
Культивовані угіддя – угіддя на яких систематично вирощуються сільськогосподарські культури з метою отримання прибутку або забезпечення продовольством членів сільського домогосподарства. Тобто це земельні угіддя, що систематично обробляються і використовуються для посіву різноманітних сільськогосподарських культур для одержання сільськогосподарської продукції. Ці угіддя є головним засобом у сільськогосподарському виробництві як сільськогосподарських підприємств так і сільських домогосподарств. Відповідно даних Google Dynamic World у 2022 році 34,2% території Житомирської області систематично використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. З цих територій 23% припадали на міські територіальні громади, 43% на селищні і 33% на сільські. Відповідно рис. 6 за останні сім років відбулось суттєве зростання площ культивованих угідь на 30%. Таке зростання відбувалось в основному за рахунок зменшення поголів'я великої рогатої худоби як в Житомирській області так і в Україні в цілому, яке вплинуло на трансформацію трав'янистих агроценозів в культивовані (рис. 7).

При цьому найбільше зростання культивованих угідь припадало на міські територіальні громади – на 37,2%, що в свою чергу пов'язано із логістичними витратами підприємств на перевезення товарів та обладнання: великі агрокомпанії прагнуть інвестувати в ті території де найкращі дороги та присутня залізнична станція, що є неодмінним атрибутом всіх міських територій.

Представлені зміни в сторону експансії сільського господарства також пов'язані із зміною клімату. Так дослідження (Herasymchuk et al., 2018; Горобець і Євпак, 2017) проведені за період з 2000 по 2015 рр. демонструють що на території Житомирської області в усі пори року спостерігається перевищення температурних показників порівняно з нормою: взимку – на 1,3-2,5°C, весною – на 1,0-1,9°C, влітку – на 0,8-2,4°C, восени – на 0,5-1,7°C. Отже, спостерігається тенденція до зростання середньомісячних температур, які свідчать про зміну клімату у бік потепління. Причому потепління більш відчутне у зимові місяці. В середньому за 2000-2015 рр. річна температура по області збільшилась на 1,8 °C. В свою чергу потепління впливає на

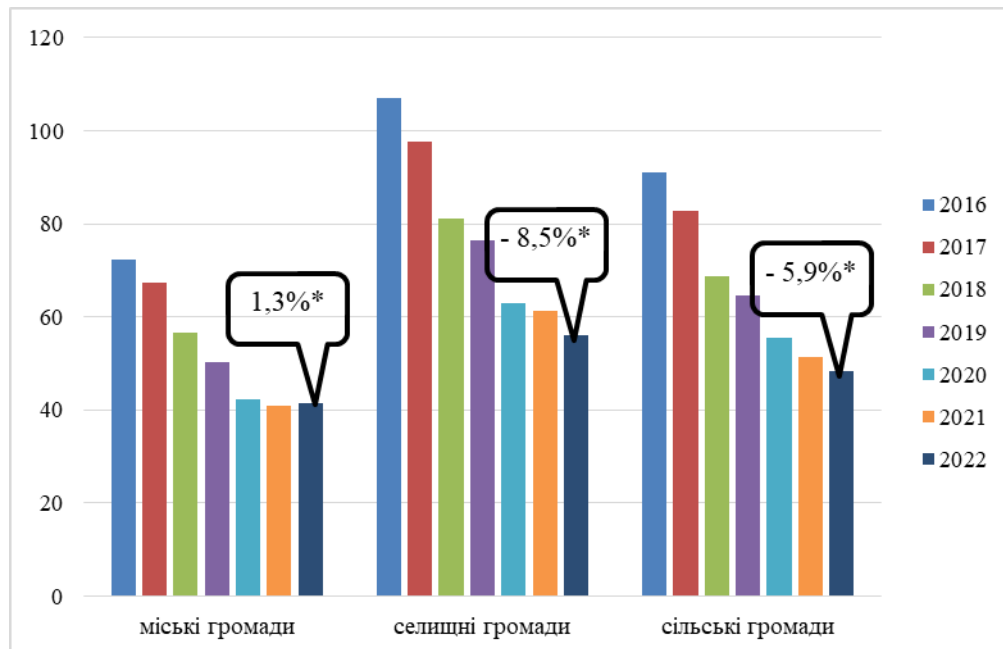
активізації процесів розкладання гумусу в грантах та підвищення ефективності внесення добрив, продуктивності фотосинтезу внаслідок збільшення вмісту вуглекислого газу в атмосфері та подовження сезону вегетації на всій території області. В зоні Полісся за останні 10 років сформувався більш теплий зимовий і

ранньовесняний періоди які сприятимуть росту і розвитку південних, нетипових для цих територій культур: соя (збільшення в 6 разів у 2020 у порівнянні із 2010), соняшник (збільшення у 15 разів), ріпак (збільшення у 2,5 рази), кукурудза (збільшення у 15 разів) (Регіони України, 2020).



* відношення значення показника 2022 року до 2021 року, у відсотках

Рис. 6. Площі культивованих угідь Житомирської області у 2022 році за даними Google Dynamic World



* відношення значення показника 2022 року до 2021 року, у відсотках

Рис. 7. Площа під травою Житомирської області у 2022 році за даними Google Dynamic World

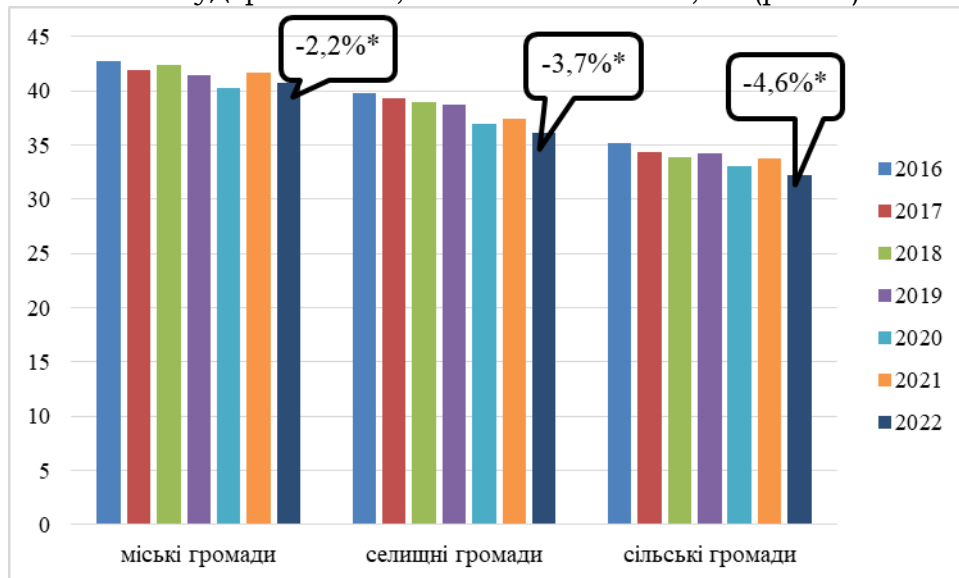
Трав'янистий покрив є важливим компонентом як аграрних так і екологічних агроценозів та є одним із

індикаторів розвитку тваринництва в регіоні. В структурі земного покриву Житомирської області трав'янистий

покрив займає 4,9%, але поступово зменшується. По всіх типах територіальних громад спостерігалось зменшення до 2021 року (в середньому щорічно 5 %), тоді як у 2022 році падіння суттєво сповільнилося в сільських та селищних територіальних громадах, тоді як у міських - зупинилося (див. рис. 7). Така динаміка пов'язана із двома факторами: 1) частина городів сільських домогосподарств засіяли травою у зв'язку з тим, що чоловіки були мобілізовані до ЗСУ в результаті російської агресії, а вирощування трави вимагає найменше людських затрат; 2) російська агресія спричинила нестачу певних продуктів харчування та їх значне удорожчання,

при цьому утримання великої рогатої худоби забезпечує харчами сільське домогосподарство, тому у 2022 році більшість приплоду від великої рогатої худоби (ВРХ) було не реалізовано і залишено для подальшого утримання, в свою чергу збільшення ВРХ вимагає більше кормів, важливим компонентом яких є трава.

Забудовані землі Житомирської області становлять 3,7% у 2022 році, при цьому спостерігається суттєве зменшення на 9,7% по зрівнянню з 2021 роком (див. табл. 2). Якщо розглянути зменшення в розрізі міських та сільських громад то можна відмітити що в міських громадах падіння становить -2,9% тоді як в сільських - 5,1% (рис. 8).



* відношення значення показника 2022 року до 2021 року, у відсотках

Рис. 8. Площа забудованої території Житомирської області у 2022 році за даними Google Dynamic World

Таке суттєве зменшення пояснюється закриттям значної кількості підприємств на міських територіях, території яких починають заростати чагарниками та травою, тоді як на сільських територіях відбувається різке руйнування старих колгоспних будівель, таких як закинуті комплекси для утримання сільськогосподарських тварин, сховища для сільськогосподарської продукції тощо (рис.9).

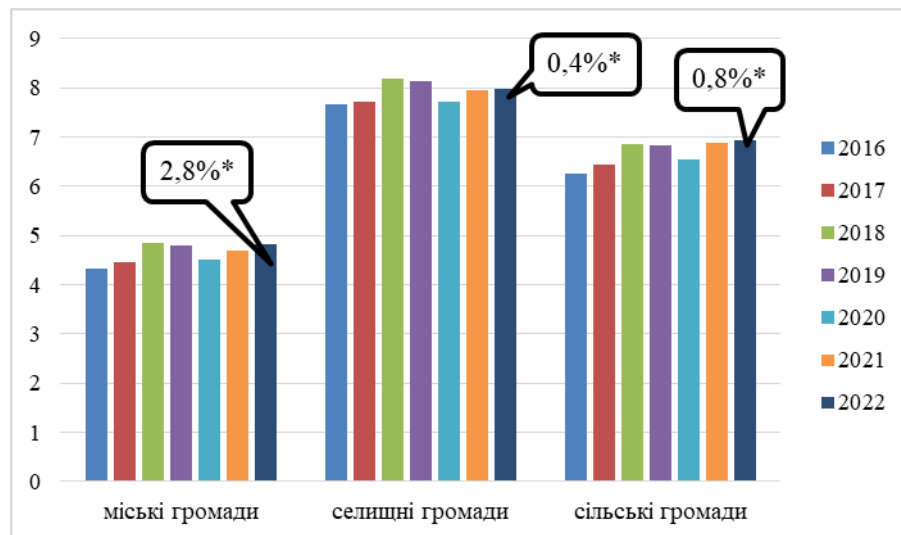
В загальній структурі земельного покриття відкриті водойми у 2022 році займали 0,63% при чому за досліджуваний період спостерігається поступове збільшення площі відкритих водойм на 8,3%. 24% відкритих водойм припадає на міські території, 41% - на селищні і 35% - на сільські. Потрібно відміти що найбільше збільшення площі відкритих водойм спостерігалось на міських територіях 13%, в той же час зростання в селищних та сільських громадах

становило 4% та 7% відповідно (Рис.10). Таке поступове нарощення водного потенціалу області сприяє як зміні структури посівних площ, так і зміні (вдосконаленню) технологій вирощування сільськогосподарських

культур за запровадження системи зрошення, відмова від глибокої оранки, імплементація технологій Notill та Stripill. товаровиробниками: зрощення, глибокої оранки, технологій Notill та Stripill.



Рис. 9. Трансформація забудованої території Житомирської області з 2016 по 2022 рік за даними Google Dynamic World



* відношення значення показника 2022 року до 2021 року, у відсотках

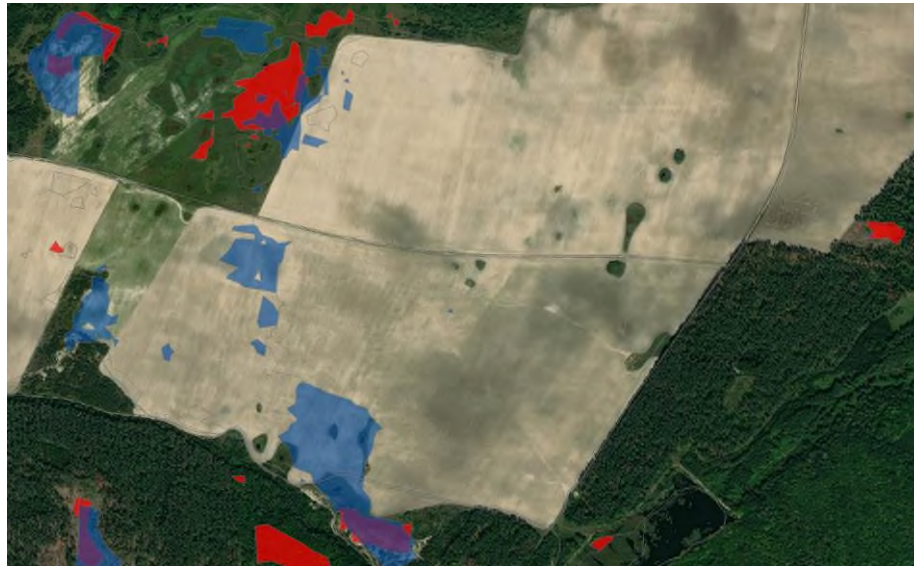
Рис. 10. Площа водяних об'єктів Житомирської області у 2022 році за даними Google Dynamic World

До класу кущі та чагарники відносяться невелика деревна рослина, зазвичай з кількома стеблами, які ростуть не високо від землі (25-50 см). Чіткої різниці між маленьким деревом і

великим чагарником немає. Деякі види можуть мати форму куща, коли ростуть у відкритих умовах, але розвиваються у невелике дерево у вологих захищених місцях. До

чагарників на території Житомирської області можна віднести: закинуті сільськогосподарські ділянки, молодий ліс від 3 до 7 років, заболочені ділянки 3-7 років після очищення. Чагарники осінню та весною перетворюючись на сухостій дуже часто стають причинами пожеж. Кущі та чагарники у 2022 році становили 4,4% від всіх територій, при

цьому спостерігалось суттєве зменшення за досліджуваний період на 39%, або на 27 тис. га. Таке суттєве зменшення пов'язано в першу чергу з експансією сільського господарства. Сільськогосподарські товаровиробники поступово розчищають та захоплюють попередньо закинуті або заболочені сільськогосподарські ділянки (рис.11).



*Блакитні полігони – чагарники у 2016, червоні – чагарники у 2022
Рис. 11. Приклад трансформації площ під чагарниками Житомирської області з 2016 по 2022 рік за даними Google Dynamic World

В процесі аналізу зміни земного покриву важливим є не тільки виявлення факту та обсягу змін, але й напрямів змін, тобто в які типи земельного покриву були трансформовані через певний період

часу. В процесі проведення дослідження було праналізовано як класи земельного покриву 2016 року трансформувалась в класи 2022 року (Табл. 3).

Таблиця 3.
Матриця перерозподілу земельного покриву Житомирської області з 2016 по 2022 роки, %

| з 2016 у 2022 | Гола земля | Забудовані території | Культивовані угіддя | Затоплена рослинність | Трава | Чагарники | Дерева | Вода |
|-----------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-------|-----------|--------|------|
| Гола земля | 13,9 | 0,1 | 0 | 0,7 | 0 | 1 | 0 | 1,3 |
| Забудовані території | 0,8 | 89,6 | 0,2 | 0,1 | 1 | 5,8 | 0,5 | 0,5 |
| Культивовані угіддя | 34,9 | 3,4 | 77,7 | 6,2 | 16,2 | 10,5 | 0,6 | 0,8 |
| Затоплена рослинність | 0 | 0 | 3,3 | 9 | 0 | 3,4 | 0 | 2,2 |
| Трава | 13,3 | 0,6 | 17,8 | 22,4 | 56,9 | 15,1 | 1,1 | 2,2 |
| Чагарники | 9 | 1,2 | 0,3 | 3,9 | 10,2 | 34,7 | 1,7 | 0,3 |
| Дерева | 26,3 | 5,1 | 0,7 | 52,7 | 15,7 | 105,4 | 96,1 | 13,5 |
| Вода | 1,8 | 0,1 | 0 | 4,9 | 0,1 | 23,9 | 0 | 79,2 |

Відповідно аналізу змін земного покриву 96% заліснених територій залишилися без змін, а інші 4% були трансформовані в: 1,7% - чагарники; 1,1% - трава; 0,6% - культивовані угіддя; 0,5% - будівлі. Такі результати свідчать про те, що державна система захисту та відтворення лісових ресурсів працює ефективно. При цьому основні трансформаційні процеси відбуваються із залісненими територіями, які не підлягають державному захисту: заліснені чагарники, заліснені ділянки біля відкритих водойм, заліснені болота та закинуті фруктові сади.

77,7 % культивованих земель залишилися без змін, при цьому найбільша частка угідь 17,8% та 3,3% трансформувалася в трав'янистий покрив та затоплену рослинність, інші 1,2% у голу землю, забудовані території та чагарники. Такі тенденції з трансформуванням культивованих земель в траву свідчить про присутність трави в сівозмінах сільськогосподарських товаровиробників. Також трансформація в затоплену рослинність є результатом відвоювання природних агроценозів сільськогосподарській експансії, так частина осушених природних боліт сільськогосподарськими підприємствами з часом стають непридатними для подальшого сільськогосподарського використання.

57% трав'янистого покриву 2016 року залишилися без змін, тобто 83 тис. га Житомирської області можна віднести до природних трав'янистих біоценозів (лука, природні сіножаті). В свою чергу інші 43% були трансформовані в орні землі (16,2%), чагарники (10%), дерева (15,7%), причому два останні свідчать про дерев свідчить про присутність системи відтворення лісових ресурсів.

Висновки

У цій статті було проведено аналіз земного покриву та його зміни на основі ГІС у Житомирській області протягом 2016-2022 рр. Для

досягнення цієї мети було використано набори даних згенеровані на платформі GEE за допомогою продукту GOOGLE/DYNAMICWORLD/V1 і експортовані для подальшої обробки в середовище ArcGIS PRO та мову програмування R за період з 2016 по 2022 роки. В результаті проведеного аналізу було отримано наступні висновки:

1. У 2022 році 51,2% площі Житомирської області знаходились під лісовкритими територіями. З цих територій 34% припадали на міські територіальні громади, 36% на селищні і 30% на сільські. Заліснені території складаються з лісів та інших лісовкритих територій таких як (сади, посадки, заліснені ділянки землі, болота, закинуті землі тощо). Саме друга категорія піддається вирубуванням у зв'язку із російською агресією проти України, яка негативно вплинула на ціну та стабільність поставок основних енергетичних ресурсів для опалення житла (дрова, газ, електроенергія). Враховуючи що дрова є найбільш доступними із цих трьох ресурсів для опалення житла, тому населення почало здійснювати заготівлю деревини у формі вирубування та зачищення старих садків, заліснених чагарників та річок (іригаційних каналів), лісосмуг.

2. Сільське господарство Житомирської області розвивається за рахунок екстенсифікації. Відповідно даних Google Dynamic World у 2022 році 34,2% території Житомирської області систематично використовуються для вирощування сільськогосподарських культур. З цих територій 23% припадали на міські територіальні громади, 43% на селищні і 33% на сільські. За останні сім років відбулось суттєве зростання площ культивованих угідь на 30%. Зростання площ культивованих угідь впливає на збільшення рівня розораності, який в Житомирській області становить 37% всієї території і 74% сільськогосподарських угідь. Експансія людини в природне

середовище у вигляді розорювання природних біоценозів більше присутня на міських територіях, за рахунок розвитку логістичної інфраструктури (дороги, залізниця, залізничні станції) як фактор інвестиційної привабливості.

3. В структурі земного покриву Житомирської області трав'янистий покрив займає 4,9%, але поступово зменшується. По всіх типах територіальних громад спостерігалось зменшення до 2021 року (в середньому щорічно на 10%), тоді як у 2022 році падіння суттєво сповільнилося в сільських та селищних територіальних громадах, тоді як у міських - зупинилося. Така динаміка пов'язана із двома факторами: 1) частина городів сільських домогосподарств засіяли травою у зв'язку з тим, що чоловіки були мобілізовані до ЗСУ в результаті російської агресії, а вирощування трави вимагає найменше людських затрат; 2) російська агресія спричинила нестачу певних продуктів харчування та їх значне удорожчання, при цьому утримання великої рогатої худоби забезпечує харчами сільське домогосподарство, тому у 2022 році більшість приплоду від ВРХ було не реалізовано і залишено для подальшого утримання, в свою чергу збільшення ВРХ вимагає більше кормів, важливим компонентом яких є трава.

4. Забудовані землі виступають одним із індикаторів розвитку промисловості на міських територіях та галузі тваринництва на сільських територіях. Забудовані землі

Житомирської області становлять 3,7% у 2022 році, при цьому спостерігається суттєве зменшення на 9,7% по зрівнянню з 2021 роком. Таке суттєве зменшення пояснюється закриттям значної кількості підприємств на міських територіях, території яких починають заростати чагарники та дерева, тоді як на сільських територіях відбувається різке руйнування старих колгоспних будівель, таких як закинуті комплекси для утримання сільськогосподарських тварин, сховища для сільськогосподарської продукції тощо.

5. Кущі та чагарники у 2022 році становили 4,4% всіх територій, при цьому спостерігалось суттєве зменшення за досліджуваний період на 39%, або на 27 тис. га. Таке суттєве зменшення пов'язано в першу чергу з експансією сільського господарства. Сільськогосподарські товаровиробники поступово розчищають та захоплюють попередньо закинуті або заболочені сільськогосподарські ділянки.

Класифікація ґрунтового покриву на основі супутникових зображень є життєво необхідною для прийняття рішень у бізнесі та регіональному та національному управлінні. Підприємства отримують актуальну інформацію про стан природного об'єкта – об'єкта виробництва, а державні та регіональні органи влади можуть використовувати цю інформацію для планування стратегічного розвитку, розробки програм підтримки тощо.

Список використаних джерел

Chen J., Liao A., Cao X., Chen L., Chen X., He C., et al. Global Land Cover Mapping at 30 m Resolution: A POK-Based Operational Approach. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens*, 2015. Vol. 103, P. 7–27.

Constitution of Ukraine. (1996, June). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/~93~254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#n4603/>.

Abdelouhed F., Algouti A., Algouti A. Contribution of GIS and remote sensing in geological mapping, lineament extractions and hydrothermal alteration minerals mapping using aster satellite images: case study of central jebilets-morocco. *Disaster Adv.*, 2021. Vol. 14. P. 15-25.

Buchhorn M., Lesiv M., Tsendbazar N.-E. Copernicus Global Land Cover Layers - Collection 2. *Remote Sens*, 2020. Vol. 12. Article 1044.

Brown C. F., Brumby S. P., Guzder-Williams B. Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Scientific Data*. 2022. Vol. 9(1). P. 1-17.

Economic, Social, and Policy Analyses – Orbital Debris and Space Sustainability (NASA). Federal Grants & Contracts. 2022. Vol. 46, no. 10. P. 6. URL: <https://doi.org/10.1002/fgc.32334> (date of access: 22.12.2022).

Zanaga D., Van De Kerchove R., De Keersmaecker W. ESA WorldCover 10 m 2020 V100 *OpenAIRE*: веб-сайт. 2021. URL: <https://worldcover2020.esa.int/downloader>.

da Cunha E. R., Santos C. A. G., da Silva R. M. Future scenarios based on a CA-Markov land use and land cover simulation model for a tropical humid basin in the Cerrado. *Atlantic forest ecotone of Brazil. Land Use Policy*. 2021. Vol. 101. Article 105141.

Gorelick N., Hancher M., Dixon M. Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone. *Remote Sens. Environ*. 2017. Vol. 202. P. 18–27.

Halder A., Ghosh A., Ghosh S. Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems. *Applied Soft Computing*. 2011. Vol. 11(8). P. 5770–5781.

Hashem N., Balakrishnan P. Change analysis of land use/land cover and modelling urban growth in Greater Doha, Qatar. *Annals of GIS*. 2015. Vol. 21(3). P. 233–247.

Herasymchuk R., Valerko L., Marteniuk G. Climate change tendencies on the territory of the city of Novohrad-Volynskiy in Zhytomyr region. *Scientific Horizons*. 2018. Vol. 65, № 2. P. 42–50. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2018-65-2-42-50> (дата звернення: 15.11.2022).

Sulla-Menashe D., Gray J. M., Abercrombie S. P., Friedl M. A. Hierarchical Mapping of Annual Global Land Cover 2001 to Present: The MODIS Collection 6 Land Cover Product. *Remote Sens. Environ*. 2019. Vol. 222. P. 183–194.

Javed A., Khan I. Land use/land cover change due to mining activities in Singrauli industrial belt, Madhya Pradesh using remote sensing and GIS. *Journal of Environmental Research And Development*. 2012. Vol. 6(3A).

Cegielska K., Noszczyk T., Kukulska A. Land use and land cover changes in post-socialist countries: Some observations from Hungary and Poland. *Land use policy*. 2018. Vol. 78. P. 1–18.

Mark M., Kudakwashe M. Rate of land-use/land-cover changes in Shurugwi district, Zimbabwe: drivers for change. *Journal of Sustainable Development in Africa*. 2010. Vol. 12(3). P. 107-121.

Mohanta, N. How many satellites are orbiting the Earth in 2021? *Geospatial World*. 2021, no. 05/28.

Plugar E., Plugar D., Stakhno N. Space technologies in achieving the aims of sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 853 (1), 012039.

Prakasam C. Land use and land cover change detection through remote sensing approach: A case study of Kodaikanal taluk, Tamil nadu. *International journal of Geomatics and Geosciences*. 2010. Vol. 1, № 2. P. 150.

Praveen B., Gupta D. Multispectral-TIR Data Analysis by Split Window Algorithm for Coal Fire Detection and Monitoring. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*. 2019. Vol. 6. P. 33-37.

Sahani N., Ghosh T. GIS-based spatial prediction of recreational trail susceptibility in protected area of Sikkim Himalaya using logistic regression, decision tree and random forest model. *Ecological Informatics*. 2021. Vol. 64. Article 101352.

Sala, O.E. Chapin, F.S. Armesto, J.J. Berlow, E. Bloomfield, J. Dirzo, R., ... and Leemans, R. Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. 2000. vol. 287(5459), pp. 1770–1774.

Schirpke U., Tasser E. Trends in Ecosystem Services across Europe Due to Land-Use/Cover Changes. *Sustainability*. 2021. Vol. 13, Iss. 13. Article 7095.

Phiri D., Simwanda M., Salekin S. Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sens.* 2020. Vol. 12. Article 2291.

Siebritz L.A., Desai A., Cooper, A.K., Coetzee S. The South African Spatial Data Infrastructure—Where are the Municipalities? *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research.* 2022. Vol. 15. P. 143–170.

Hoque M. Z., Islam I., Ahmed M. Spatio-temporal changes of land use land cover and ecosystem service values in coastal Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.* 2022. Vol. 25, Iss. 1. P. 173–180.

Talukdar S., Singha P., Mahato S., Praveen B., Rahman A. Dynamics of ecosystem services (ESs) in response to land use land cover (LU/LC) changes in the lower Gangetic plain of India. *Ecological Indicators.* 2020. Vol. 106 – 121.

Schramm M., Pebesma E., Milenković M. The OpenEO API—Harmonising the Use of Earth Observation Cloud Services Using Virtual Data Cube Functionalities. *Remote Sens.* 2021. Vol. 13. Article 1125.

Adulaimi A. A., Pradhan B., Chakraborty S., Alamri A. Traffic Noise Modelling Using Land Use Regression Model Based on Machine Learning, Statistical Regression and GIS. *Energies.* 2021. Vol. 14, Iss. 16. Article 5095.

Trimble S.W., Crosson P. US soil erosion rates—myth and reality. *Science*, 2000. vol. 289(5477), pp. 248–250.

Stehman S. V., Pengra B. W., Horton J. A., Wellington D. F. Validation of the US geological survey's land change monitoring, assessment and projection (LCMAP) collection 1.0 annual land cover products 1985–2017. *Remote Sensing of Environment.* 2021. Vol. 265. Article 112646.

Viana C. M., Girão I., Rocha J. Long-term satellite image time-series for land use/land cover change detection using refined open source data in a rural region. *Remote Sensing.* 2019. Vol. 11, Iss. 9. Article 1104.

Vitousek, P.M. Mooney, H.A. Lubchenco, J. and Melillo, J.M. Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 1997. vol. 277(5325), pp. 494–499.

Горобець О. В., Євпак І. І. Тенденції зміни клімату у Житомирській області. Кліматичні зміни та їх наслідки на території Житомирської області. *Наука. Молодь. Екологія – 2017* : зб. матеріалів XIII Всеукр. наук.-практ. конф. студ., асп. та молодих вчених, 25 трав. 2017 р. Житомир, 2017. С. 153–157.

Екологічний паспорт Житомирської області. Житомир: Житомир. облдержадмін., 2022. 187 с. URL: <https://cutt.ly/RVnNFOV>

Про місцеве самоврядування в Україні: Закон України від 21.05.1997 № 280/97-ВР. *Відомості Верховної Ради України.* 1997. № 24, ст. 170.

Регіони України : стат. збірник за 2020 рік : [у 2-х ч.]. Київ : Держ. служба статистики України, 2020. Ч. 1. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.

References (translated & transliterated)

Chen, J., Liao, A., Cao, X., Chen, L., Chen, X., He, C., et al. (2015). Global Land Cover Mapping at 30 m Resolution: A POK-Based Operational Approach. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 103, 7–27. [in English]

Constitution of Ukraine. (1996). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/~93~254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#n4603/>. [in Ukrainian].

Abdelouhed, F., Algouti, A., Algouti, A. (2021) Contribution of GIS and remote sensing in geological mapping, lineament extractions and hydrothermal alteration minerals mapping using aster satellite images: case study of central jebilets-morocco. *Disaster Adv.* 14. 15–25. [in English]

Buchhorn, M., Lesiv, M., Tsendbazar, N. E. (2020) Copernicus Global Land Cover Layers - Collection 2. *Remote Sens.* 12. 1044. [in English]

Brown, C. F., Brumby, S. P., Guzder-Williams, B. (2022). Dynamic World, Near real-time global 10 m land use land cover mapping. *Scientific Data.* 9(1). 1–17 [in English]

Economic, Social, and Policy Analyses – Orbital Debris and Space Sustainability (NASA). Federal Grants & Contracts. 2022. 46, 10. 6. URL: <https://doi.org/10.1002/fgc.32334> (date of access: 22.12.2022). [in English]

Zanaga, D., Van, De Kerchove, R., De Keersmaecker, W. (2021). ESA WorldCover 10 m 2020 V100 *OpenAIRE*. [Electronic resource] URL: <https://worldcover2020.esa.int/downloader>. [in English]

da Cunha, E. R., Santos, C. A. G., da Silva, R. M. (2021). Future scenarios based on a CA-Markov land use and land cover simulation model for a tropical humid basin in the Cerrado. *Atlantic forest ecotone of Brazil. Land Use Policy*. 101. 105141. [in English].

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M. (2017). Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone. *Remote Sens. Environ.* 202. 18–27. [in English]

Halder, A., Ghosh, A., Ghosh, S. (2011). Supervised and unsupervised landuse map generation from remotely sensed images using ant based systems. *Applied Soft Computing*. 11(8). 5770–5781. [in English].

Hashem, N., Balakrishnan, P. (2015). Change analysis of land use/land cover and modelling urban growth in Greater Doha, Qatar. *Annals of GIS*. 21(3). 233–247.. [in English]

Herasymchuk, R., Valerko, L., Marteniuk, G. (2018). Climate change tendencies on the territory of the city of Novohrad-Volynskiy in Zhytomyr region. *Scientific Horizons*. 65. 2. 42–50. URL: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2018-65-2-42-50>. [in English]

Sulla-Menashe, D., Gray, J. M., Abercrombie, S. P., Friedl, M. A. (2019). Hierarchical Mapping of Annual Global Land Cover 2001 to Present: The MODIS Collection 6 Land Cover Product. *Remote Sens. Environ.* 222. 183–194. [in English]

Javed, A., Khan, I. (2012). Land use/land cover change due to mining activities in Singrauli industrial belt, Madhya Pradesh using remote sensing and GIS. *Journal of Environmental Research And Development*. 6 (3A). [in English]

Cegielska, K., Noszczyk, T., Kukulska, A. (2018). Land use and land cover changes in post-socialist countries: Some observations from Hungary and Poland. *Land use policy*. 78. 1–18. [in English]

Mark, M., Kudakwashe, M. (2010). Rate of land-use/land-cover changes in Shurugwi district, Zimbabwe: drivers for change. *Journal of Sustainable Development in Africa*. 12(3). 107-121. [in English]

Mohanta, N. (2021). How many satellites are orbiting the Earth in 2021? *Geospatial World*. 05/28. [in English]

Plugar, E., Plugar, D., Stakhno, N. (2021). Space technologies in achieving the aims of sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 853 (1), 012039. [in English]

Prakasam, C. (2010). Land use and land cover change detection through remote sensing approach: A case study of Kodaikanal taluk, Tamil nadu. *International journal of Geomatics and Geosciences*. Vol. 1, № 2. P. 150. [in English]

Praveen, B., Gupta, D. (2019). Multispectral-TIR Data Analysis by Split Window Algorithm for Coal Fire Detection and Monitoring. *International Journal of Humanities and Social Science Invention*. Vol. 6. P. 33-37. [in English]

Sahani, N., Ghosh, T. (2021). GIS-based spatial prediction of recreational trail susceptibility in protected area of Sikkim Himalaya using logistic regression, decision tree and random forest model. *Ecological Informatics*. Vol. 64. Article 101352. [in English]

Sala, O.E. Chapin, F.S. Armesto, J.J. Berlow, E. Bloomfield, J. Dirzo, R., ... and Leemans, R. (2000). Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science*. vol. 287(5459), pp. 1770–1774. [in English]

Schirpke, U., Tasser, E. (2021). Trends in Ecosystem Services across Europe Due to Land-Use/Cover Changes. *Sustainability*. Vol. 13, Iss. 13. Article 7095. [in English]

- Phiri, D., Simwanda, M., Salekin, S. (2020). Sentinel-2 Data for Land Cover/Use Mapping: A Review. *Remote Sens.* Vol. 12. Article 2291. [in English]
- Siebritz, L.A., Desai, A., Cooper, A.K., Coetzee, S. (2022). The South African Spatial Data Infrastructure—Where are the Municipalities? *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research.* Vol. 15. P. 143-170. [in English]
- Hoque, M. Z., Islam, I., Ahmed, M. (2022). Spatio-temporal changes of land use land cover and ecosystem service values in coastal Bangladesh. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science.* Vol. 25, Iss. 1. P. 173–180. [in English]
- Talukdar, S., Singha, P., Mahato, S., Praveen, B., Rahman, A. (2020). Dynamics of ecosystem services (ESs) in response to land use land cover (LU/LC) changes in the lower Gangetic plain of India. *Ecological Indicators.* Vol. 106 – 121. [in English]
- Schramm, M., Pebesma, E., Milenković, M. (2021). The OpenEO API—Harmonising the Use of Earth Observation Cloud Services Using Virtual Data Cube Functionalities. *Remote Sens.* Vol. 13. Article 1125. [in English]
- Adulaimi, A. A., Pradhan, B., Chakraborty, S., Alamri, A. (2021). Traffic Noise Modelling Using Land Use Regression Model Based on Machine Learning, Statistical Regression and GIS. *Energies.* Vol. 14, Iss. 16. Article 5095. [in English]
- Trimble, S.W., Crosson, P. (2000). US soil erosion rates--myth and reality. *Science*, vol. 289(5477), pp. 248–250. [in English]
- Stehman, S. V., Pengra, B. W., Horton, J. A., Wellington, D. F. (2021). Validation of the US geological survey's land change monitoring, assessment and projection (LCMAP) collection 1.0 annual land cover products 1985-2017. *Remote Sensing of Environment.* Vol. 265. Article 112646. [in English]
- Viana, C. M., Girão, I., Rocha, J. (2019). Long-term satellite image time-series for land use/land cover change detection using refined open source data in a rural region. *Remote Sensing.* Vol. 11, Iss. 9. Article 1104.
- Vitousek, P.M. Mooney, H.A. Lubchenco, J. and Melillo, J.M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science.* vol. 277(5325), pp. 494–499. [in English]
- Horobets, O. V., Yevpak, I. I. (2017). Tendenciji zminy klimatu u Zhytomyrs'kij oblasti. Klimatychni zminy ta jikh naslidky na terytoriji Zhytomyrs'kohoji oblasti. Nauka. [Climate change trends in Zhytomyr region. Climatic changes and their consequences on the territory of Zhytomyr region. Science.] Young. Ecology: coll. materials of the 13th All-Ukrainian science and practice conf. students, graduate students and young scientists. May 25, 2017. P. 153–157. (Zhytomyr, 2017) [in Ukrainian].
- Ekologichnyj pasport Zhytomyrs'kohoji oblasti. (2022). [Environmental passport of the Zhytomyr region]. 187 p. (Zhytomyr. Regional State Administration, Zhytomyr, 2022). Retrieved from <https://cutt.ly/RVnNFOV> [in Ukrainian].
- Pro misceve samovrjaduvannja v Ukrajinі: Zakon Ukrajinы vid 21.05.1997 № 280/97-VR. [About local self-government in Ukraine : Law of Ukraine dated May 21, 1997 No. 280/97-VR]. Information of the Verkhovna Rada of Ukraine. Vol. 24 (170) (1997). [in Ukrainian].
- Reghiony Ukrajinы. (2020). [Regions of Ukraine]: Art. collection for 2020 : [in 2 parts]. (State. Statistics Service of Ukraine, Kyiv, 2020). Retrieved from <http://www.ukrstat.gov.ua/> [in Ukrainian].

Отримано: 15 жовтня 2022
Прийнято: 17 листопада 2022