

DOI: 10.26565/2075-1893-2024-39-02
УДК 910.2:[911.3:332.3](477.64)

Кирило Бібік*

магістр географії кафедри фізичної географії та картографії
e-mail: kirillbibik110@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-5221-8173>

Наталія Попович*

к. геогр. наук, доцент ЗВО кафедри фізичної географії та картографії; e-mail: n.v.popovych@karazin.ua;
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4968-6296>

Владислав Попов*

завідувач лабораторії геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі; e-mail: v.popov@karazin.ua;
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5960-631X>

Олена Сінна*

к. геогр. наук, доцент ЗВО кафедри фізичної географії та картографії; e-mail: o.sinna@karazin.ua;
ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7693-7348>

* Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна

Структура землекористування в басейні річки Молочної: аналіз за дистанційними даними

Метою цієї статті є аналіз структури землекористування в басейні річки Молочної з використанням дистанційних даних станом на 2021 рік, а також аналіз впливу землекористування на екологічний стан території.

Основний матеріал. Річка Молочна протікає в межах Запорізької області і має статус найдовшої річки північно-західного Приазов'я. Фізико-географічні умови басейну річки площею 3450 км² є сприятливими для ведення сільського господарства, що і спричиняє активне землекористування. Аналіз структури земного покриття виконаний нами за методологією проекту LUCAS, вихідними даними слугували супутникові знімки Sentinel-2 за 2021 рік, коли територія ще не перебувала під окупацією. У програмному забезпеченні ArcGIS Desktop на територію нанесено сітку з розміром комірок 2х2 км, у центрі яких встановлено 877 контрольних точок. З метою мінімізації кількості помилок класифікацію усіх точок вибірки виконано методом візуального дешифрування, інформацію про присвоєний кожній точці клас земного покриття введено до атрибутивної таблиці. Укладена карта структури земного покриття басейну річки Молочної показує, що близько 69% земель використовуються для виробництва сільськогосподарської продукції, ще 12% складають землі населених пунктів, промисловості та транспорту, а 8,6% – ліси і лісовкриті площі. Для оцінки впливу наявної структури земель на екологічний стан території використано коефіцієнти антропогенного навантаження, екологічної стабільності та показник розораності території. За результатами розрахунків територія басейну річки Молочної зазнає високого рівня антропогенного навантаження, є екологічно нестабільною і характеризується кризовим рівнем розораності (67,17%), що значно перевищує середній показник розораності земель по Україні (54%). Таким чином, структура земель території інтересу не є збалансованою. Военні дії та окупація російськими військами також чинять негативний вплив на стан природних комплексів, однак повною мірою оцінити масштаб наслідків стане можливим лише після повної деокупації території.

Висновки. Пріоритетним завданням оптимізації землекористування в басейні річки є зменшення площі ріллі й збільшення площі лісової та лучної рослинності, що дозволить стабілізувати агроландшафти і зупинити деградацію ґрунтів, посприятиме збереженню біологічного різноманіття. Серед перспектив подальших досліджень – удосконалення методики класифікації землекористування в Україні та її гармонізація з європейськими стандартами, враховуючи оголошений країною курс на євроінтеграцію. Після закінчення воєнних дій і деокупації території слід приділити увагу створенню безпекової карти для аналізу структури і стану земного покриття у басейні річки Молочної та розробити проєкт оптимізації землекористування в регіоні для покращення екологічної ситуації.

Ключові слова: *землекористування, структура земного покриття, антропогенне навантаження, екологічна стабільність, розораність території, дані ДЗЗ, басейн річки Молочної.*

Як цитувати: Бібік К., Попович Н., Попов В., Сінна О. Структура землекористування в басейні річки молочної: аналіз за дистанційними даними. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2024. Вип. 39. С. 17-26. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2024-39-02>

In cites: Bibik, K., Popovych, N., Popov, V., Sinna, O. (2024) Geography and mass media lessons: touch points in education (case of a travel show). *The problems of continuous geographical education and cartography*, (39), 17-26. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2024-39-02> (in Ukrainian)

Вступ. Земельні ресурси є основним засобом виробництва у первинному секторі економіки і джерелом задоволення життєвих потреб цивілізації. Нераціональні зміни в землекористуванні впливають на водні та енергетичні баланси, спричиняють непередбачувані зміни в середовищі існування видів. Неефективне використання земель призводить до втрати біорізноманіття, порушення стійкості екосистем і їхньої здатності до саморегуляції.

Хоча в Україні структура і порядок землекористування законодавчо регламентовані, проблема нераціонального землекористування і, як наслідок, деградації ґрунтів є нагальною для держави. За даними Національної академії аграрних наук України станом на 2022 р. показник розораності земель становив 54%, а в деяких областях – 70% і більше. Така ситуація пов'язана з незбалансованим веденням сільського господарства та відсутністю чіткої стратегії землекористування в країні [3].

Повномасштабне російське вторгнення в Україну загострює існуючі проблеми і створює нові виклики, а актуальність вивчення землекористування лише посилюється з низки причин. Дослідження в цій галузі дозволяють покращувати аграрну продуктивність та забезпечувати продовольчу безпеку, виявляти та запобігати негативним наслідкам, спричиненим невідповідним використанням земельних ресурсів, а також є важливою складовою територіального планування.

Сучасним напрямом досліджень, який розробляють фахівці-географи, є застосування дистанційних даних для моніторингу земельних ресурсів і розробки рекомендацій щодо оптимізації використання земель. Залучення супутникових знімків у дослідження, пов'язані з вивченням структури земного покриву й землекористування, має низку переваг: дані є об'єктивними, зібрані з урахуванням особливостей земної поверхні і надаються у цифровій формі з можливістю подальшого оброблення в геоінформаційному середовищі.

Вихідні передумови. У працях вітчизняних і зарубіжних науковців дослідження землекористування розглядаються через призму низки підходів. Найбільш актуальними в контексті нашого дослідження є просторовий та екологічний підходи. Просторовий підхід включає в себе використання як загальнонаукових (аналізу і синтезу, математичний, статистичний, індукції та дедукції тощо), так і спеціальних географічних методів (морфологічного, картографічного, аерокосмічного).

Екологічний підхід має на меті оцінку екологічної ситуації в межах території, що зазнає постійного антропогенного впливу, шляхом розрахунку спеціальних показників. Зокрема, А.М. Третяк, І. Риборські та Е. Гойке для оцінки стану агроландшафтів запропонували використовувати коефіцієнти антропогенного навантаження та екологічної стабільності [4, 6], а Н.О. Бубир у своєму дослідженні, присвяченому оцінці ступеня оптимальності розподілу земельних угідь територіальної громади, додала до цього переліку показник розораності території [2].

Розвинені країни світу усвідомлюють важливість постійного моніторингу стану земної поверхні. Як підтвердження, у межах країн Європейського Союзу (ЄС) наразі діють два великі проєкти з вивчення земного покриву й землекористування: CORINE Land Cover (частина програми CORINE – Coordination of Information on the Environment) і LUCAS (Land Use / Cover Area frame Survey).

CORINE Land Cover – це проєкт, спрямований на створення й постійне оновлення бази даних земного покриву на території держав-членів європейського співтовариства. Методологія ґрунтується на фотоінтерпретації супутникових знімків високої роздільної здатності з подальшим геоінформаційним картографуванням земного покриву в масштабі 1:100 000. Процес дослідження є достатньо трудомістким і передбачає оцифрування результатів інтерпретації зображень за векторними шарами земного покриву [7].

LUCAS – це рамкова ініціатива, націлена на регулярний, з періодичністю трьох років, збір даних про агроєкологічний стан території держав-членів ЄС під керівництвом Статистичного офісу Європейських співтовариств [8]. Методологія саме цього проєкту використана в нашій роботі, оскільки її простіше адаптувати до завдань дослідження.

В Україні теж є значні напрацювання щодо класифікації земного покриву з використанням супутникових зображень. Так, Інститутом космічних досліджень НАН України та Державним космічним агентством України, в межах європейського проєкту SIGMA, розроблено інформаційну технологію для класифікації значних площ поверхні землі за дистанційними даними [9]. Цими ж інституціями, у межах європейського проєкту Sen2-Agri, розгорнуто однойменну пілотну автоматизовану систему для демонстрації використання супутникових даних Sentinel-2 для задач агромоніторингу [5].

Метою статті є аналіз структури землекористування в басейні річки Молочної з використанням дистанційних даних станом на 2021 рік, а також аналіз впливу землекористування на екологічний стан території.

Матеріали та методи дослідження. Вихідними матеріалами для виконання дослідження слугували супутникові знімки Sentinel-2 за 2021 рік, обробка яких здійснювалася в програмному середовищі ArcGIS Desktop. Програмне забезпечення Google Earth Pro використано для уточнення фотоінтерпретації космічних зображень.

Для дослідження структури земного покриву і землекористування в басейні річки Молочної за основу взято методологію проєкту LUCAS [1], яка передбачає комбінацію камеральних і польових етапів роботи:

1. Формування вибірки першої фази: сітки точок, розміщених на відстані 2 км одна від одної.
2. Фотоінтерпретація кожної точки вибірки першої фази на основі орторектифікованих аерокосмічних зображень. На цьому етапі кожну точку відносять до одного з класів земного покриву: сільськогосподарські землі, землі населених пунктів, промисловості та транспорту, ліси і лісовкриті площі, луки та пасовища, водно-болотні угіддя, відкритий ґрунт, поверхневі води, чагарники.

3. Формування вибірки другої фази: збір даних про параметри земного покриву і землекористування за допомогою наземних спостережень у місці знаходження контрольних точок (для оптимізації витрат обстежуються лише точки, розташовані в зоні 1500 м від дорожньої мережі).

4. Об'єднання інформації про земний покрив і землекористування в контрольних точках, отриманої на першій фазі дослідження, з даними польових спостережень.

У подальшому в нашому дослідженні назви і вміст класів земного покриву дещо адаптовані до вітчизняного досвіду і реалій землекористування в Україні, але за суттю відповідають змісту, запропонованому в проєкті LUCAS (рис.1).

Оскільки провести польові дослідження басейну річки Молочна наразі не є можливим через окупацію території, ми обмежилися першими двома етапами. Номенклатура класів, що застосовується в LUCAS, узгоджується з іншими міжнародними стандартами. Класифікацію земного покриву виконано вручну шляхом візуального аналізу кожної контрольної точки, якій присвоєно один із восьми основних класів даних.

Для аналізу впливу землекористування на екологічний стан території дослідження використано такі коефіцієнти:

Land cover			
A00	ARTIFICIAL LAND	A10	Roofed built-up areas
		A20	Artificial non-built up areas
		A30	Other artificial areas
B00	CROPLAND	B10	Cereals
		B20	Root crops
		B30	Non-permanent industrial crops
		B40	Dry pulses, vegetables and flowers
		B50	Fodder crops
		B70	Permanent crops: fruit trees
		B80	Other permanent crops
C00	WOODLAND	C10	Broadleaved woodland
		C20	Coniferous woodland
		C30	Mixed woodland
D00	SHRUBLAND	D10	Shrubland with sparse tree cover
		D20	Shrubland without tree cover
E00	GRASSLAND	E10	Grassland with sparse tree/shrub cover
		E20	Grassland without tree/shrub cover
		E30	Spontaneously re-vegetated surfaces
F00	BARE LAND AND LICHENS/MOSS	F10	Rocks and stones
		F20	Sand
		F30	Lichens and moss
		F40	Other bare soil
G00	WATER AREAS	G10	Inland water bodies
		G20	Inland running water
		G30	Transitional water bodies
		G40	Sea and ocean
		G50	Glaciers, permanent snow
H00	WETLANDS	H10	Inland wetlands
		H20	Coastal wetlands

Рис.1. Класифікація земного покриву за методологією LUCAS [8]

– коефіцієнт антропогенного навантаження ($K_{ан.}$):

$$K_{ан.} = \frac{P_i \times B}{\sum P_i}, \quad (1)$$

де P_i – площа земель певного виду; B – бал рівня антропогенного навантаження, присвоєний певному виду земель (5 – землі населених пунктів, промисловості та транспорту; 4 – рілля, багаторічні насадження; 3 – луки, кормові угіддя; 2 – ліси, чагарники, болота; 1 – природні заповідники); $\sum P_i$ – загальна площа території.

Виділяють такі рівні антропогенного навантаження на територію: високий – від 3,5 балів, помірний – 3,1–3,5 балів і низький – нижче 3 балів [6].

– коефіцієнт екологічної стабільності ($K_{ек.ст.}$):

$$K_{ек.ст.} = \frac{K_i \times P_i}{\sum P_i}, \quad (2)$$

де K_i – коефіцієнт екологічної стабільності земель певного виду; P_i – площа земель певного виду; $\sum P_i$ – загальна площа території.

За результатами обчислення цього коефіцієнта виділяються такі класи екологічної стабільності територій: 0,67 і вище – стабільні території; 0,51–0,66 – середньо-стабільні території; 0,34–0,50 – нестійкі території; 0,33 – нестабільні території [4].

– показник розораності території ($P_{роз.}$):

$$P_{роз.} = \frac{P_{орних земель}}{\sum P_i} \times 100, \quad (3)$$

де $P_{орних земель}$ – площа земель, що зазнають розорювання; $\sum P_i$ – загальна площа території.

Виділяють п'ять рівнів розораності території: <20% – оптимальний; 20–36% – задовільний; 37–55% – критичний; 56–70% – кризовий; >70% – катастрофічний.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Річка Молочна протікає в межах Запорізької області і має статус найдовшої річки північно-західного Приазов'я з площею басейну 3450 км² - 345 000 га (рис.2).

Рельєф території рівнинний, характерними є флювіальні форми (річкові долини, яри, балки) і гравітаційні процеси (зсуви, обвали). Територія басейну річки поділяється на три кліматичні зони з сумами активних температур від 3000 до 3500°C, сумами опадів у межах 370–450 мм на рік і тривалістю безморозного періоду 150–210 днів. Ґрунти: для північної і північно-східної частини басейну річки характерні чорноземи звичайні малогумусні. У центральній частині поширені чорноземи південні малогумусні, а на окремих ділянках правобережжя – чорноземи дернові і глинисто-піщані. Для південної частини території басейну характерні каштанові й темно-каштанові ґрунти, а для заплав річок – лучно-чорноземні ґрунти. Загалом, географічні умови басейну річки Молочна є сприятливи-

ми для ведення сільського господарства, що і спричинило активне землекористування на території протягом багатьох століть.

Станом на 2022 р. територія басейну річки Молочної перебувала під окупацією російськими військами, що продовжилось в 2023–2024 рр. і вкрай негативно впливає на стан довкілля загалом, змінює ведення господарства, а також унеможливорює проведення комплексних досліджень, у тому числі на місцевості. Тому у цій роботі нами використано супутникові знімки Sentinel-2 за 2021 рік, що дає змогу оцінити стан структури землекористування дистанційними методами до початку бойових дій та окупації, та у перспективі використати ці результати для аналізу наслідків російської воєнної агресії та відновлення територій. Обробка супутникових зображень здійснена в середовищі ArcGIS Desktop 10.8.

До середовища проєкту знімки Sentinel-2 були завантажені у комбінації каналів «false color», встановлена система координат – WGS 1984 UTM Zone 36N. Для створення композиту спектрального знімку використаний інструмент Composite Bands. Для оптимізації роботи знімки, переформатовані у TIFF, були об'єднані в єдине растрове зображення з використанням інструменту Mosaic To New Raster. Далі, з використанням полігонального шару уточнених меж басейну річки Молочної та інструменту Extract by Mask, зону інтересу вилучено зі супутникового зображення. За допомогою інструменту Create Fishnet утворено сітку з розміром комірок 2×2 км, у центрі яких встановлено 877 контрольних точок (рис.3).

З метою мінімізації кількості помилок класифікацію усіх точок вибірки виконано методом візуального дешифрування, а для уточнення фотоінтерпретації знімків використано програму Google Earth Pro. Інформацію про присвоєний кожній точці клас земного покриття введено до атрибутивної таблиці, а для візуалізації результатів укладено карту структури земного покриття в басейні річки Молочної (рис.4). На основі цієї карти можна зробити висновки і про землекористування у регіоні до повномасштабного вторгнення та окупації.

Згідно з отриманими результатами, більша частина досліджуваної території (майже 69%) використовується для виробництва сільськогосподарської продукції, ще 12% складають землі населених пунктів, промисловості та транспорту, а 8,6% – ліси та лісовкриті площі. Інші категорії земель у сукупності складають трохи більше 10% від загальної площі басейну річки.

Для кількісної оцінки стану і ступеня перетвореності ландшафтів під впливом господарської діяльності визначено коефіцієнти антропогенного навантаження, екологічної стабільності і показник розораності території (за формулами, наведеними вище). Для їх розрахунку спочатку конвертовано

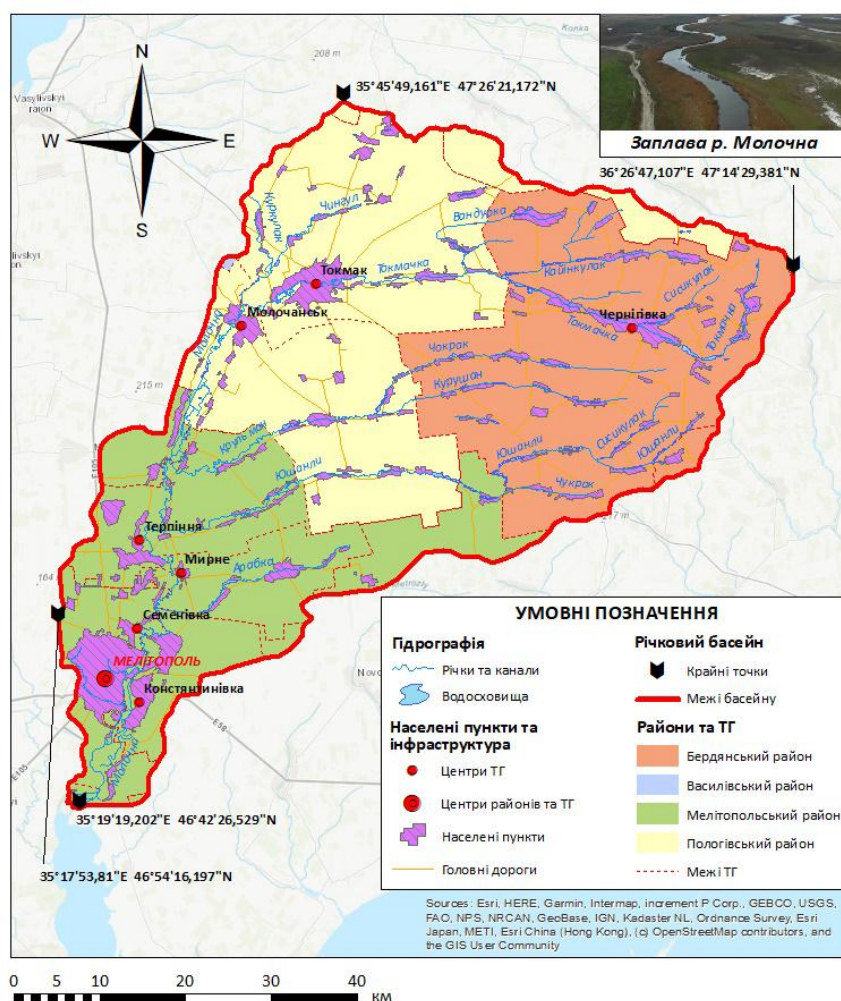


Рис.2. Басейн річки Молочної

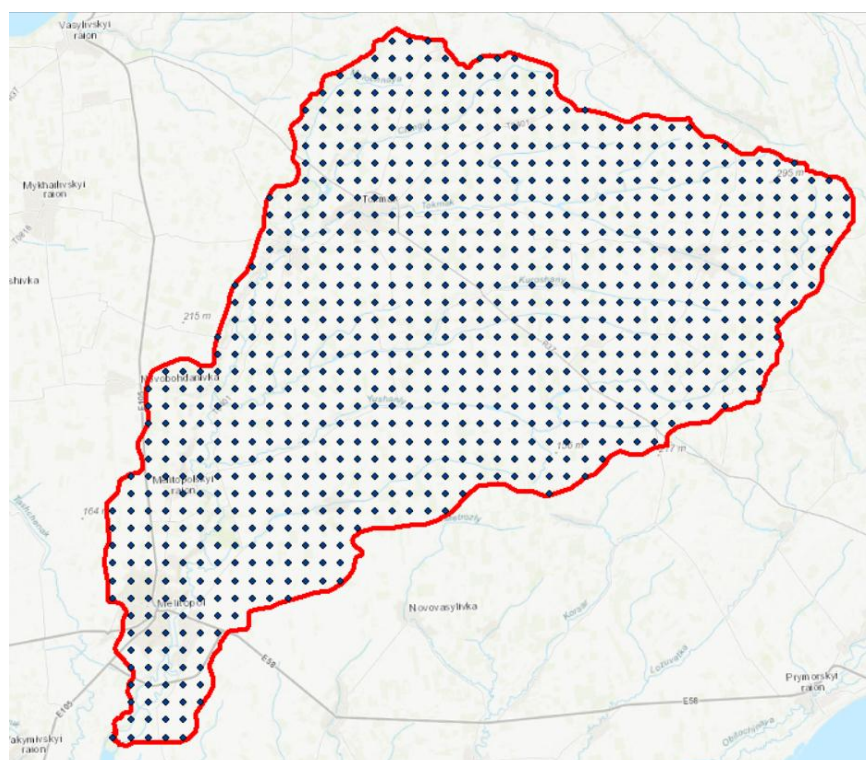


Рис.3. Сітка контрольних точок в басейні річки Молочної

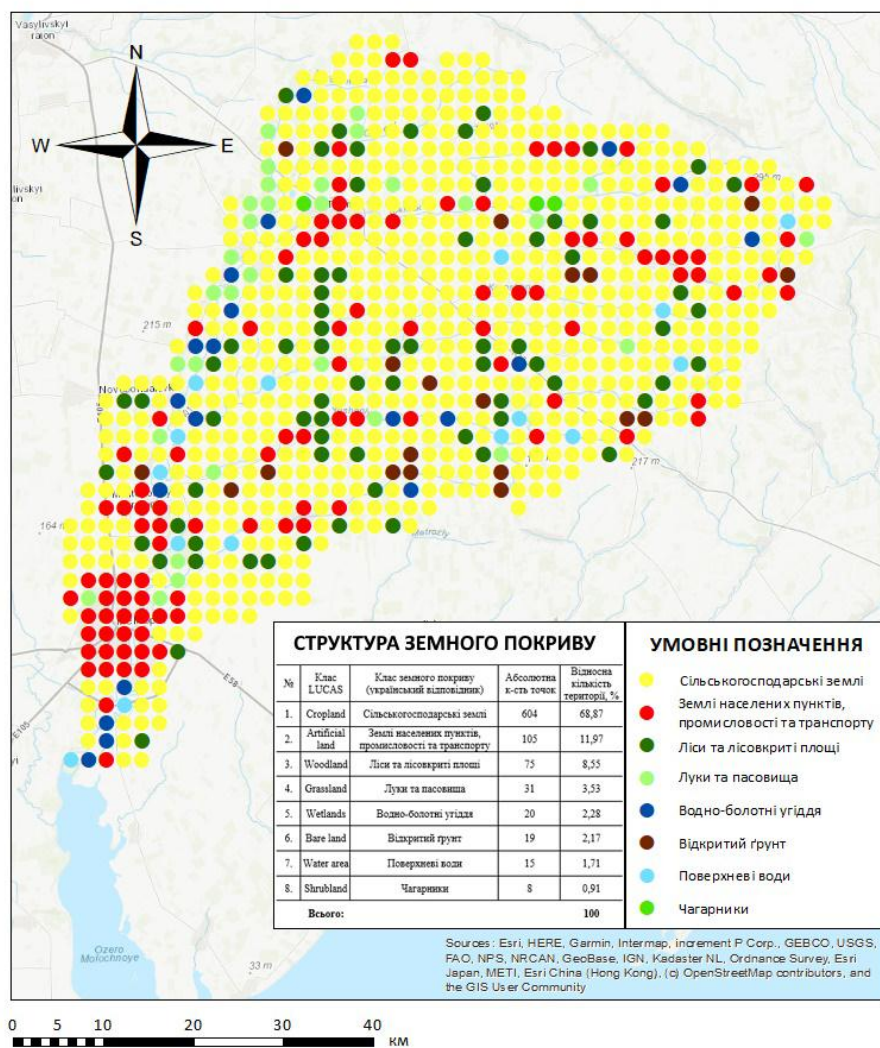


Рис.4. Структура земного покриття в басейні річки Молочної

відносні показники структури земного покриття в абсолютні площинні показники, виражені у гектарах (табл.1). Площі класів земного покриття розраховано пропорційно визначеній в ArcGIS площі басейну річки – 345 000 га.

Таблиця 1

Структура земного покриття в басейні річки Молочної

№	Клас земного покриття	Відносна к-сть точок, %	Площа, га
1.	Сільськогосподарські землі	68,87	237605,47
2.	Землі населених пунктів, промисловості та транспорту	11,97	41305,59
3.	Ліси та лісовкриті площі	8,55	29503,99
4.	Луки та пасовища	3,53	12194,98
5.	Водно-болотні угіддя	2,28	7867,73
6.	Відкритий ґрунт	2,17	7474,34
7.	Поверхневі води	1,71	5900,80
8.	Чагарники	0,91	3147,09
Усього:		100	345 000

Розраховуючи коефіцієнт антропогенного навантаження за формулою (1), наявним класам земного покриття ми надавали бал навантаження, шукаючи відповідник серед категорій угідь. До класу земного покриття «відкритий ґрунт» включено еродовані ділянки, які часто розташовані на сільськогосподарських землях і майже не мають рослинного покриття, а також ґрунтові дороги, прокладені у межах та до сільськогосподарських угідь, які не є ріллею чи повноцінними дорогами з покриттям. Однак ці території піддаються такому ж інтенсивному впливу, що і рілля, тому бал рівня антропогенного навантаження для них – 4.

Аналізуючи результати розрахунків коефіцієнту антропогенного навантаження у басейні річки Молочної (табл.2), можна відзначити, що антропогенне навантаження на територію є високим, адже сумарний показник ($K_{ан.} = 3,82$) вищий за значення 3,5.

Вважаємо за потрібне аргументувати присвоєння окремим класам земного покриття у нашому дослідженні коефіцієнтів екологічної стабільності (K_i), що дещо відрізняються від стандартних по-

казників, запропонованих для різних категорій земельних угідь (табл.3).

Лісам та лісовкритим площам присвоєно $K_i = 0,38$ через те, що більшість з них мають антропогенне походження, на відміну від природних лісів, які мають $K_i = 1,0$. Оскільки луки ($K_i = 0,62$) та пасовища ($K_i = 0,68$) об'єднані в одну категорію земель, то коефіцієнту екологічної стабільності для них присвоєно середнє значення $K_i = 0,65$. Ділянки, що відносяться до відкритого ґрунту, мають $K_i = 0,14$, так само, як і сільськогосподарські землі.

За формулою (2) розраховували коефіцієнт екологічної стабільності. Для басейну річки Молочної – $K_{ек.ст.} = 0,19$, відповідно досліджувана територія визначається як екологічна нестабільна, що відповідає найнижчому (найгіршому) класу у градації значень цього показника.

Використовуючи шар структури земного покриву за класифікацією LUCAS, ми встановили, що до класу сільськогосподарських угідь (604 точки) входять 589 точок, які можна класифікувати як рілля. Інші 15 точок ідентифіковано як фруктові сади за результатами візуального аналізу супутникових знімків і топографічних карт.

Відповідно, для визначення показника розораності території ($P_{роз.}$) басейну річки Молочної, необхідно було розрахувати площу рілля. Площа сільськогосподарських угідь – 237605,47 га, а рілля складає

97,52% від цієї категорії земель, або 231704,67 га. Скориставшись формулою (3), отримали значення $P_{роз.} = 67,17\%$, що підпадає під категорію кризового рівня розораності земель (56–70%). Показник розораності території басейну є вищим за середнє значення по Україні (54%).

За результатами наших розрахунків територія басейну річки Молочної зазнає високого рівня антропогенного навантаження, є екологічно нестабільною і характеризується кризовим значенням показника розораності земель. Як висновок, структура землекористування території інтересу не є раціональною і потребує оптимізації. Пріоритетним завданням такої оптимізації є зменшення в басейні річки площі рілля й збільшення площі лісової та лучної рослинності, що дозволить стабілізувати агроландшафти і зупинити деградацію ґрунтів, посприє збереженню та відновленню біологічного різноманіття.

Лінія протистояння сил оборони України та окупаційної армії проходить поблизу північних меж басейну річки Молочної (станом на лютий 2024 року). Воєнні дії та окупація чинять негативний вплив на стан природних комплексів та господарювання, однак повною мірою оцінити масштаб наслідків стане можливим лише після повної деокупації території. Подальше відновлення звільнених територій було б доцільно здійснювати одночасно з оптимізацією

Таблиця 2

Коефіцієнт антропогенного навантаження для території басейну річки Молочної

№	Клас земного покриву	Площа, га (Pi)	Бал за рівнем антропогенного навантаження (Б)	Коефіцієнт антропогенного навантаження (Ка.н.)
1.	Сільськогосподарські землі	237605,47	4	2,75
2.	Землі населених пунктів, промисловості та транспорту	41305,59	5	0,60
3.	Ліси та лісовкриті площі	29503,99	2	0,17
4.	Луки та пасовища	12194,98	3	0,11
5.	Водно-болотні угіддя	7867,73	2	0,05
6.	Відкритий ґрунт	7474,34	4	0,09
7.	Поверхневі води	5900,80	2	0,03
8.	Чагарники	3147,09	2	0,02
Усього:		345 000		3,82

Таблиця 3

Коефіцієнт екологічної стабільності для території басейну річки Молочної

№	Клас земного покриву	Площа, га (Pi)	Коефіцієнт екологічної стабільності (Ki)	Коефіцієнт екологічної стабільності (Кек.ст.)
1.	Сільськогосподарські землі	237605,47	0,14	0,096
2.	Землі населених пунктів, промисловості та транспорту	41305,59	0,0	0,000
3.	Ліси та лісовкриті площі	29503,99	0,38	0,032
4.	Луки та пасовища	12194,98	0,65	0,023
5.	Водно-болотні угіддя	7867,73	0,79	0,018
6.	Відкритий ґрунт	7474,34	0,14	0,003
7.	Поверхневі води	5900,80	0,79	0,014
8.	Чагарники	3147,09	0,43	0,004
Усього:		345 000		0,19

землекористування там, де це буде можливим реалізувати.

Враховуючи результати аналізу стану використання земель у басейні річки Молочної на 2021 рік на основі даних супутникових знімків Sentinel-2 та тимчасову окупацію цієї території, на майбутнє пропонуємо такі заходи щодо збільшення ефективності землекористування:

Після деокупації Запорізької області розробити безпекову карту басейну річки Молочної на основі супутникових знімків високої роздільної здатності для оцінення збитків, спричинених воєнними діями в регіоні, і ризиків подальшого використання земель.

Провести інвентаризацію земель басейну річки Молочної та перевірити їх відповідність цільовому призначенню та типам угідь, використовуючи супутникові знімки, дані Державного земельного і водного кадастрів, Державного кадастру об'єктів природно-заповідного фонду. Після цього має бути припинена будь-яка діяльність, пов'язана з незаконним використанням природних ресурсів на цій території. В окремих випадках доцільним є примусове позбавлення власника прав на земельну ділянку згідно з рішенням суду.

З метою подальшої оптимізації землекористування для певних, чітко визначених локацій заборонити (обмежити) продаж і оренду для господарської діяльності земельних ділянок державної та комунальної власності. Проводити обґрунтовані заходи щодо відновлення природного стану ландшафтів, підвищення природного біорізноманіття, створення об'єктів природно-заповідного фонду.

Висновки. Використана для аналізу структури земного покриву і землекористування в басейні річ-

ки Молочної методологія проекту LUCAS, адаптована для потреб і умов нашого дослідження, показала свою високу ефективність і зручність. Безумовно, для отримання більш точних результатів бажано поєднувати фотоінтерпретацію аерокосмічних зображень з наземними спостереженнями у місці знаходження контрольних точок. Однак для випадків, коли польові дослідження на території є неможливими, можемо рекомендувати застосовувати методику, описану в цій статті.

Усі обраховані нами показники (коефіцієнт антропогенного навантаження, коефіцієнт екологічної стабільності й показник розораності території) дають змогу охарактеризувати басейн річки Молочної як екологічно нестабільну територію з високими значеннями розораності й антропогенного навантаження. Це можна пояснити структурою землекористування, адже майже 69% території займають сільськогосподарські землі. Відповідно, пріоритетним завданням (після деокупації регіону) є зменшення в басейні річки площі ріллі й збільшення площі лісової та лучної рослинності.

Серед перспектив подальших досліджень – удосконалення методики класифікації землекористування в Україні та її гармонізація з європейськими стандартами, враховуючи оголошений країною курс на євроінтеграцію. Після закінчення воєнних дій і деокупації території слід приділити увагу створенню безпекової карти для аналізу структури і стану земного покриву у басейні річки Молочної та розробити проєкт оптимізації землекористування в регіоні для покращення екологічної ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Аналітичний огляд європейських проєктів LUCAS і CORINE для моніторингу та валідації земного покриву і землекористування на основі супутникових та наземних спостережень та досвід картографування земного покриву в Україні / Я. І. Зелик, Н.М. Куцуль, А.Ю. Шелестов, Б.Я. Яйлимов. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2017. № 12. С. 10–36.
2. Бубир Н. Оптимізація використання земель територіальної громади як елемент управління земельними ресурсами для досягнення екологічної рівноваги агроландшафтів регіону. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2021. Вип. 33. С. 16–23. DOI : <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2021-33-02>
3. Врятувати українську землю. Як війна впливає на стан ґрунтів і що чекає на органічне виробництво. ePravda [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/11/700021/> (дата звернення: 06.02.2024).
4. Риборські І., Гойке Е. Вплив складу угідь на екологічну стабільність території. Землевпорядні роботи в спеціальних умовах. Татранська Ломниця. 1988. С. 19–26.
5. Супутниковий агромоніторинг в Україні (Міжнародний симпозіум за проєктом Європейського космічного агентства «Sentinel-2 for Agriculture») / Н. М. Куцуль та ін. Вісник Національної академії наук України. 2016. № 12. С. 99–104. DOI : <https://doi.org/10.15407/visn2016.12.099>
6. Третяк А. М. Наукові основи економіки та землевпорядкування: Монографія. Київ, ЦЗРУ, 2003. - 337 с.
7. CORINE Land Cover. Copernicus Land Monitoring Service portfolio. [Електрон. ресурс]. - Режим доступу: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover> (дата звернення: 12.02.2024).
8. LUCAS – Land use and land cover survey. Eurostat. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCAS_-_Land_use_and_land_cover_survey (дата звернення: 12.02.2024).
9. Regional Retrospective High Resolution Land Cover For Ukraine: Methodology And Results / M. Lavreniuk et al. International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2015 (IGARSS 2015). P. 3965–3968. DOI : 10.1109/IGARSS.2015.7326693.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2024

Стаття рекомендована до друку 10.05.2024

Bibik Kyrylo Igorovich – Master of Geography, Department of Physical Geography and Cartography. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University; e-mail: n.v.popovych@karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4968-6296>

Popovych Nataliia Valeriivna – Ph.D. in Geography, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Cartography. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University; e-mail: n.v.popovych@karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4968-6296>

Popov Vladyslav Serhiyovych – Head of the GIS and Remote Sensing Laboratory. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University; e-mail: v.popov@karazin.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5960-631X>

Sinna Olena Ivanivna – Ph.D. in Geography, Associate Professor of the Department of Physical Geography and Cartography. The Faculty of Geology, Geography, Recreation and Tourism. V.N. Karazin Kharkiv National University; e-mail: o.sinna@karazin.ua; ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7693-7348>

LAND USE STRUCTURE IN THE MOLOCHNA RIVER BASIN: ANALYSIS BY REMOTE SENSING DATA

The purpose of the article is to analyze the land use structure in the Molochna River basin using remote data for 2021, as well as to analyze the impact of land use on the environmental state of the territory.

The main material. The Molochna River flows within the boundaries of the Zaporizhzhia region and has the status of the longest river in the northwestern Azov region. The physical and geographical conditions of the river basin with an area of 3450 km² are favorable for agriculture, which causes active land use. The analysis of the structure of the land cover was performed according to the methodology of the LUCAS project, the initial data were Sentinel-2 satellite images for 2021, when the territory was not yet under occupation. In the ArcGIS Desktop software, a grid of 2×2 km cells with 877 control points in the center of the cells was set on the territory. In order to minimize the number of errors, the classification of all control points was performed by the method of visual interpretation, information about the land cover class assigned to each point was entered into the attribute table. The created map of the land cover structure of the Molochna River basin shows that about 69% of the land is used for the production of agricultural products, another 12% is the artificial land, and 8.6% is woodland. To assess the impact of the existing land structure on the environmental state of the territory, the coefficients of anthropogenic load, environmental sustainability and the indicator of arable land were used. According to the results of calculations, the territory of the Molochna River basin is subject to a high level of anthropogenic load, is environmentally unsustainable and is characterized by a critical level of plowing (67.17%), which significantly exceeds the average indicator of arable land in Ukraine (54%). Thus, the land structure of the territory of interest is not balanced. Military operations and the occupation by Russian troops also have a negative impact on the state of natural complexes, but it will be possible to fully assess the scale of the consequences only after the territory is completely de-occupied.

Conclusions and further research. The priority task of optimizing land use is to reduce the area of arable land in the river basin and increase the area of woodland and grassland, which will stabilize agricultural landscapes, stop soil degradation, and contribute to the preservation of biological diversity. Among the prospects for further research is the improvement of land use classification methods in Ukraine and their harmonization with European standards, considering the country's declared course for European integration. After the end of hostilities and the de-occupation of the territory, attention should be paid to the creation of a map for the analysis of the land cover structure and state in the Molochna River basin, and to the development of a project to optimize land use in the region for the improvement of the environmental situation.

Keywords: *land use, land cover structure, anthropogenic load, environmental sustainability, arable land, remote sensing data, the Molochna River basin.*

REFERENCES:

1. Zyelyk, Ya. I., Kussul, N.M., Shelestov, A.Yu., Yailymov, B.Ya. (2017). Analitichnyi ohliad yevropeiskyykh proektiv LUCAS i CORINE dlia monitorynhu ta validatsii zemnoho pokryvu i zemlekorystuvannya na osnovi suputnykovykh ta nazemnykh sposterezhen ta dosvid kartohrafuvannya zemnoho pokryvu v Ukraini [Analytical review of European projects LUCAS and CORINE for monitoring and validation of land cover and land use on the basis of satellite and ground observations and experience of land cover mapping in Ukraine]. Ukrainian Journal of Remote Sensing, 12, 10–36 [in Ukrainian].
2. Buby, N. (2021). Optymizatsiia vykorystannya zemel terytorialnoi hromady yak element upravlinnia zemelnymy resursamy dlia dosiahnennia ekolohichnoi rovnovahy ahrolandshaftiv rehionu [Land use optimization of territorial community's land fund as an element of land resources management to achieve an ecological balance of agricultural landscapes in the region]. Problems of Continuous Geographic Education and Cartography, 33, 16–23. DOI : <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2021-33-02> [in Ukrainian].
3. Vriatuvaty ukrainsku zemliu. Yak viina vplyvaie na stan gruntiv i shcho chekaie na orhanichne vyrobnytstvo [To save the Ukrainian land. How war affects soil conditions and what awaits organic production]. ePravda. Available at: <https://www.epravda.com.ua/columns/2023/05/11/700021/> Date of appeal: 06.02.2024 [in Ukrainian].
4. Ryborski, I., Hoike, E. (1988). Вплив складу угідь на екологічну стабільність території. Землевпорядні роботи в спеціальних умовах. [The impact of land structure on the ecological stability of the territory. In: Land management works in special conditions]. Tatranska Lomnytsia, 19–26 [in Slovakian].
5. Kussul, N.M., Shelestov, A.Yu., Lavreniuk M.S., Kolotii, A.V., Yailymov, B.Ya., Yailymova, G.O. (2016). Suputnykovyi ahromonitorynh v Ukraini: Mizhnarodnyi sympozium za proektom Yevropeiskoho kosmichnoho ahentstva «Sentinel-2 for Agriculture» [Satellite

agromonitoring in Ukraine: results of Sentinel-2 for Agriculture project and further prospects]. Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine, 12, 99–104. DOI : <https://doi.org/10.15407/vsn2016.12.099> [in Ukrainian].

6. Tretiak, A.M. (2003). Naukovi osnovy ekonomiky ta zemlevporiadkuvannia: Monografiya [Scientific foundations of economics and land management: Monograph]. Kyiv, TsZRU, 337 [in Ukrainian].

7. CORINE Land Cover: Copernicus Land Monitoring Service portfolio. Available at: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover>. Date of appeal: 12.02.2024 [in Ukrainian].

8. LUCAS – Land use and land cover survey. Eurostat. Available at: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=LUCASand_use_and_land_cover_survey. Date of appeal: 12.02.2024 [in English].

9. Lavreniuk, M., Kussul, N., Skakun, S., Shelestov, A., Yailymov, B. (2015). Regional Retrospective High Resolution Land Cover For Ukraine: Methodology And Results. International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2015 (IGARSS 2015), 3965–3968. DOI : <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2015.7326693> [in English].

The article was received by the editors 02.04.2024

The article is recommended for printing 10.05.2024