

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА**

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фізичної географії та картографії

До захисту допустити
Зав. кафедри _____ доцент **Анатолій БАЙНАЗАРОВ**
« _____ » _____ 2025 р.

**ГІС-АНАЛІЗ ТА КАРТОГРАФУВАННЯ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ (НА
ПРИКЛАДІ БОГДАНІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ,
ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Виконала: студентка 2-го курсу д.ф.з.о.

групи ГД- 21

спеціальність: 106 Географія

освітня програма: Картографія, геоінформаційні
системи і дистанційне зондування Землі

Карина Сергіївна ВЕСЕЛОВА

Науковий керівник:

доцент, к.пед.н. Катерина БОРИСЕНКО

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК **Валентина РЕДІНА**

Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**
« _____ » _____ 2025 р.

Харків – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ.....	6
1.1. Медоносні ресурси як об’єкт географічних досліджень та їх екологічно-господарська роль.....	6
1.2. Сучасні підходи до просторового аналізу природних ресурсів за допомогою геоінформаційних технологій.....	10
1.3. Геоінформаційні технології як інструмент дослідження та моніторингу природних ресурсів.....	17
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БОГДАНІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	25
2.1. Природно-кліматичні умови Богданівської громади.....	25
2.2. Використання цифрової моделі рельєфу та ГІС-інструментів для аналізу просторової структури території.....	33
2.3. Вплив промислових ландшафтів на поширення медоносних рослин.....	48
РОЗДІЛ 3. КАРТОГРАФУВАННЯ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ В ARCGIS ONLINE.....	55
3.1. Використання ArcGIS Online для створення базових карт території дослідження.....	55
3.2. Просторовий аналіз та візуалізація отриманих картографічних даних.....	62
3.3. Рекомендації щодо раціонального використання медоносних ресурсів.....	80
ВИСНОВКИ.....	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89

ВСТУП

Бджільництво становить істотний елемент аграрної галузі нашої держави та виконує ключову функцію у забезпеченні продовольчої стабільності, охороні різноманіття живої природи й підтриманні нормального функціонування природних систем. Рослини-медоноси створюють фундамент харчової бази для бджолиних сімей, визначаючи як масштаби, так і часовий розподіл збору меду протягом сезону. Водночас сучасні процеси – інтенсифікація землеробства, зростання промислового впливу, роздроблення природних ландшафтів та кліматичні зміни – суттєво змінюють склад і доступність медоносних територій. Ці явища формують нові проблеми для практиків бджільництва і потребують впровадження сучасних наукових методів для вивчення просторового розміщення медоносних джерел.

Геоінформаційні технології та інструменти просторового дослідження на сьогодні є ключовими засобами для вивчення природних ресурсів, адже вони дають змогу об'єднувати інформацію різного характеру, створювати моделі, досліджувати зв'язки між природними та людськими факторами й формувати цілісне розуміння стану досліджуваної території. Застосування геоінформаційних систем у галузі бджільництва надає можливість для точного встановлення медоносної спроможності регіону, визначення екологічних загроз, раціонального планування локації пасічних господарств та формування підходів до збалансованого використання ландшафтних ресурсів.

Важливість цієї наукової роботи зумовлена тим, що Богданівська громада представляє собою аграрний регіон із широкою мережею сільськогосподарських угідь, лісозахисних насаджень, пасовищних територій та індустріальних зон, які разом створюють складну конфігурацію медоносної системи. Для успішного розвитку бджолярської справи необхідно володіти системним просторовим

баченням різноманітних категорій медоносних земель, міри їх досяжності та можливих обмежень. Саме тому розробка інтерактивної картографічної платформи медоносних ресурсів громади має прикладне значення для місцевих бджолярів, фермерських господарств і експертів зі сталого використання природи.

Під час виконання магістерського дослідження було продовжено й розвинено тематику, започатковану у бакалаврській кваліфікаційній роботі авторки. У роботі використано та уточнено попередні напрацювання, що дозволило поглибити вихідні положення і висновки, отримані на попередньому етапі, та забезпечити наступність у дослідженні.

Об'єктом дослідження виступають медоносні ресурси Богданівської територіальної громади.

Предметом дослідження є технології геоінформаційного дослідження та їх використання для визначення просторового поширення медоносних територій.

Метою роботи є розробка інтерактивної картографічної системи медоносних ресурсів Богданівської громади та формування практичних рекомендацій щодо оптимального розташування пасічних господарств і вдосконалення просторової організації медоносних угідь на основі ГІС-досліджень

Для реалізації визначеної мети необхідно вирішити такі ключові *завдання*:

1. Вивчити теоретичні концепції дослідження медоносних ресурсів та їх картографічного відображення.
2. Проаналізувати природні та людські фактори, що визначають становлення медоносної системи Богданівської громади.
3. Здійснити цифрове опрацювання основних категорій земель та компонентів ландшафту із застосуванням сучасних геоінформаційних інструментів.
4. Створити інтерактивну картографічну платформу медоносних ресурсів із використанням ArcGIS Online.

5. Запропонувати рекомендації щодо раціонального господарювання та вдосконалення медоносних ресурсів громади.

Методичний апарат дослідження охоплює технології ГІС-дослідження, картографічне моделювання, аналіз топографії, створення буферних зон, інтерполяційні методи, територіальне зонування, а також польові спостереження для уточнення локацій ключових медоносних видів рослин.

Наукова новизна роботи визначається створенням першої інтерактивної ГІС-платформи медоносних ресурсів Богданівської громади, яка інтегрує природні, агрокультурні та промислові дані. Дослідження також пропонує практичні механізми для оцінювання придатності територій для організації пасічних господарств та рекомендації щодо вдосконалення медоносної бази, які можуть застосовуватися як у даній громаді, так і в інших територіальних одиницях.

Практичне значення здобутих результатів визначається можливістю використання інтерактивної картографічної системи бджолярами, аграрними компаніями, фахівцями з територіального планування та місцевими органами влади для ухвалення науково обґрунтованих рішень щодо управління медоносними ресурсами, екологічного контролю та розвитку бджолярської галузі.

Окремі твердження та положення, що представлені в даній роботі пройшли апробацію в межах міжнародної науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія, сучасність, перспективи», присвяченої пам'яті проф. Г. П. Дубинського (м. Харків, 2025 р.) [59].

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (61 джерела). Робота викладена на 95 сторінках основного тексту і включає 18 ілюстрацій та 5 таблиць.

РОЗДІЛ 1. НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИВЧЕННЯ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ

1.1. Медоносні ресурси як об'єкт географічних досліджень та їх екологічно-господарська роль

Медоносні рослини – це види флори, які мають здатність утворювати нектар та пилок, що слугують кормовою базою для бджіл та інших запилювачів [21]. Вони представлені великою кількістю видів, що належать до різних родин, і відзначаються значною різноманітністю морфологічних та екологічних властивостей.

Медоносні рослини є досить різноманітними, вони включають в себе дерева, чагарники, трав'янисті рослини. Можуть бути однорічними, дворічними або багаторічними. До найбільш поширених медоносів належать липа, акація, клен, соняшник, гречка, лаванда та інші. За способом життя вони можуть як дикорослі, так і культурні.

Щодо цвітіння, то цей вид рослин характеризуються різними періодами цвітіння, що забезпечує безперервний доступ до нектару і пилку впродовж сезону. Ранньоквітучі види (наприклад, верба, проліски) починають цвісти навесні, тоді як пізньоквітучі (соняшник, золотарник) забезпечують ресурси в кінці літа та восени.

Квіти медоносних рослин мають різну будову, яка впливає на доступність нектару для запилювачів. Наприклад, відкриті квітки полегшують збирання нектару, тоді як квіти з глибокими трубками пристосовані для запилення комахами з довгим хоботком. Колір та запах квітів також слугують сигналами для залучення бджіл [33].

Обсяг і склад нектару залежать від виду рослини, кліматичних умов (температура, вологість, кількість опадів), родючості та кислотності ґрунту, сорту

рослини (різні сорти одного виду можуть відрізнятися за вмістом нектару і пилку), віку рослин (молоді рослини зазвичай менш медоносні, ніж дорослі), вологості повітря, інтенсивності освітлення, шкідників та хвороб (пошкодження рослин шкідниками та хворобами знижують медопродуктивність) та інших факторів. Нектар містить вуглеводи (переважно глюкозу, фруктозу та сахарозу), які є основним джерелом енергії для бджіл.

Медопродуктивність рослин є важливим показником для бджолярів, оскільки від неї залежить кількість меду, який можна отримати з певної ділянки. Таблиця наведена нижче містить дані про орієнтовну медопродуктивність різних видів рослин, що дозволяє оцінити їхню цінність як медоносів (табл. 1.1). Варто зазначити, що медопродуктивність може варіюватися залежно від кліматичних умов, сорту рослини та інших факторів.

Таблиця 1.1

Медопродуктивність деяких рослин [за автором]

Вид рослини	Медопродуктивність (кг/га)	Вид рослини	Медопродуктивність (кг/га)
Валеріана лікарська	260	Конюшина біла	120
Верба біла	100	Конюшина гібридна	140
Верес звичайний	200	Коріандр посівний	100
Вика волохата	170	Крушина ламка	120
Вишня	35	Липа серцелиста	600
Волошка лучна	130	Липа широколиста	800
Гіриця біла	120	Люцерна посівна	130
Ісоп лікарський	200	М'ята перцева	300
Гречка посівна	90	Малина садова	70
Диня	30	Огірочник лікарський	300
Еспарцет звичайний	400	Плакун верболистий	300
Синяк звичайний	350	Ріпак озимий	80
Сніжноягідник	400	Чебрець звичайний	140

Продовження таблиці 1.1

Вид рослини	Медопродуктивність (кг/га)	Вид рослини	Медопродуктивність (кг/га)
Собача кропива	325	Черешня	40
Соняшник	40	Шавлія мускатна	500

Серед сільськогосподарських культур, що дають бджолам багатий урожай нектару, виділяються такі рослини, як: гречка, еспарцет, ріпак, коріандр, соняшник, бавовник та деякі види буркуну. Разом з тим, і серед дикорослих рослин є чимало цінних медоносів, наприклад: різні види кленів і верб, жовта та біла акація, липа тощо [18].

Пилок є важливим компонентом харчування бджіл, оскільки забезпечує білками, жирами, вітамінами та мінералами. Кількість та якість пилку відрізняються залежно від виду рослини.

Медоносні рослини зростають у різних природних умовах: лісах, степах, луках, горах та сільськогосподарських угіддях. Їхній ареал визначається кліматом, типом ґрунту та ландшафтними особливостями території [24].

Щодо перспективи розвитку медоносної бази, то сюди можна включити селекцію нових сортів (створення сортів з підвищеною медопродуктивністю, стійкістю до хвороб та шкідників), розширення ареалу медоносних рослин (введення нових видів медоносів, адаптованих до різних кліматичних умов), а також створення медоносних агроценозів (створення спеціалізованих посівів медоносних рослин для забезпечення бджіл кормовою базою).

Ці характеристики дозволяють ефективно використовувати медоносні рослини як природний ресурс для підтримання життя запилювачів та формування продуктів бджільництва, адже їх роль є фундаментальною складовою бджільництва, оскільки вони забезпечують бджіл нектаром і пилом, які слугують основою для виробництва меду, воску, прополісу та інших продуктів. Нектар є

головним джерелом вуглеводів, необхідних для енергетичних потреб бджолої сім'ї, тоді як пилок забезпечує білки, жири, вітаміни та мінерали, що важливі для росту личинок і підтримки здоров'я дорослих бджіл. Багатий і різноманітний асортимент медоносних рослин сприяє створенню високоякісного меду з характерними властивостями, такими як липовий, акацієвий або гречаний мед.

У бджільництві медоносні рослини також визначають розташування пасік. Бджолярі обирають місця з багатим різноманіттям медоносних рослин, забезпечуючи тривалий період цвітіння для безперервного збирання нектару. Карти медоносних ресурсів дозволяють оптимізувати розміщення пасік, уникати бідних на нектар регіонів та запобігати негативному впливу антропогенного тиску, такого як використання пестицидів [34].

У природних екосистемах медоносні рослини мають вирішальне значення в підтриманні балансу біорізноманіття [50]. Вони є невід'ємною частиною харчових ланцюгів, забезпечуючи кормову базу не тільки для бджіл, але й для інших запилювачів, таких як джмелі, метелики та мухи. Завдяки процесу запилення ці рослини сприяють розмноженню дикорослих та сільськогосподарських культур, що, у свою чергу, підтримує стабільність екосистем та продуктивність агроландшафтів.

Окрім того, медоносні рослини сприяють збереженню екологічного балансу, відіграючи роль природного регулятора. Вони покращують якість ґрунтів, сприяють утриманню вологи та слугують буфером для боротьби з ерозією [11]. Їхнє існування підтримує здоров'я екосистем і дозволяє зменшувати вплив антропогенного впливу, сприяючи стійкому розвитку сільського господарства та природоохоронних територій [26].

Таким чином, медоносні рослини є не лише основою для бджільництва, але й невід'ємним елементом екологічної стійкості, що забезпечує гармонійне співіснування людини, природи та тваринного світу.

1.2. Сучасні підходи до просторового аналізу природних ресурсів за допомогою геоінформаційних технологій

Просторовий аналіз природних ресурсів – це сукупність методів і підходів, що дозволяють досліджувати розміщення, поширення, взаємозв'язки та закономірності розвитку природних об'єктів на території [13].

До природних ресурсів у такому аналізі відносять рослинність, водні ресурси, ґрунти, рельєф, корисні копалини, ліси та інші компоненти навколишнього середовища.

У контексті ГІС просторовий аналіз дає змогу:

- 1) виявляти просторові закономірності (де і чому поширені певні ресурси);
- 2) встановлювати фактори впливу (клімат, рельєф, землекористування);
- 3) моделювати потенційні зони розвитку або деградації;
- 4) оцінювати доступність та придатність територій для господарського використання.

Таким чином, просторовий аналіз є основою для раціонального природокористування, планування та моніторингу стану природних ресурсів [20].

Методи геоінформаційних систем відіграють ключову роль у дослідженні природних об'єктів, оскільки дають змогу виявляти просторові закономірності, визначати взаємозв'язки між компонентами довкілля та виконувати прогнозно-аналітичні оцінки стану територій (рис. 1.1).

Одним із базових методів просторового аналізу є *буферизація* – створення навколо точкових, лінійних або площинних об'єктів зон певного радіуса. Такий підхід дозволяє оцінити зони впливу або доступності природних ресурсів, визначити охоронні території чи просторові ареали, протягом яких діють природні або антропогенні фактори. У дослідженнях медоносних ресурсів буферизація може

застосовуватися для аналізу радіусу можливого збору нектару бджолами навколо пасік та оцінки доступної медоносної бази [10].



Рис. 1.1. Ключові методи ГІС у дослідженні природних об'єктів [за автором]

Іншим важливим інструментом є *інтерполяція* – метод побудови безперервної поверхні на основі значень, отриманих у дискретних точках. Завдяки інтерполяції можна моделювати просторовий розподіл різних природних характеристик, таких як температури, вологості, висоти поверхні чи щільності рослинності [8]. Для аналізу медоносної бази інтерполяція дає змогу виявити території з різним рівнем розвитку рослинного покриву та оцінити рівномірність поширення медоносних рослин.

Широко використовується й *моделювання придатності* (suitability analysis), яке дає змогу визначити, наскільки територія є сприятливою для певного виду природокористування. Воно базується на поєднанні різних факторів – рельєфу, ґрунтів, кліматичних умов, типів рослинності – та присвоєнні їм ваг відповідно до їхнього впливу на досліджуване явище. Результатом моделювання є карта, що

відображає ступінь придатності території для розміщення пасік, розвитку медоносних рослин або інших природних компонентів [52].

Накладання шарів є одним із найважливіших методів ГІС-аналізу, оскільки забезпечує комплексну оцінку території на основі поєднання кількох тематичних шарів даних. Цей метод дозволяє виявити взаємозв'язки між природними об'єктами, наприклад між рельєфом і рослинністю, між типами ґрунтів і рівнем зволоження, між землекористуванням і доступністю медоносних угідь. Накладання шарів лежить в основі багатьох аналітичних моделей, зокрема моделювання придатності, екологічного зонування та оцінки ресурсного потенціалу [54].

Аналіз рельєфу також є невід'ємною частиною дослідження природних територій, оскільки рельєф значною мірою визначає мікроклімат, умови зволоження, характер ґрунтоутворення та розподіл рослинності. За допомогою ГІС можна отримати показники ухилів, експозиції схилів, перепадів висот, а також моделювати шляхи стоку води. У комплексі ці дані формують точне уявлення про просторову структуру території та дозволяють оцінити, у яких умовах формуються медоносні ресурси та які ділянки є найбільш сприятливими для розвитку квітучих рослин [46].

ГІС є потужним інструментом для збору, аналізу, зберігання та візуалізації географічної інформації. У картографуванні ГІС забезпечують точне і детальне зображення просторових даних, що відкриває нові можливості для наукових досліджень, управління територіями та прийняття рішень у різних галузях.

ГІС дозволяють об'єднувати, аналізувати та відображати різноманітні просторові дані, зокрема:

- топографічні карти, знімки з супутників, дані з безпілотних літальних апаратів;
- інформацію про природні ресурси, клімат, рослинність, ґрунти та інші екологічні показники;

- тематичні дані, такі як розташування медоносних рослин або міграційні маршрути запилювачів.

Основні функції ГІС включають: створення точних карт і тривимірних моделей територій; застосування просторового аналізу для виявлення залежностей між різними об'єктами; оптимізацію управління ресурсами через моделювання сценаріїв.

У сучасному картографуванні ГІС забезпечують: автоматизацію процесів: замість ручної обробки даних використовуються алгоритми для створення високоточних карт; використання супутникових знімків і великих масивів даних (Big Data) дозволяє відображати найменші зміни в ландшафті; ГІС можуть відображати просторові дані на будь-якому масштабі, від локального до глобального; інтерактивні карти, створені в ГІС, можна регулярно оновлювати, забезпечуючи актуальність інформації [23].

У сфері картографування природних ресурсів, зокрема медоносних рослин, ГІС дозволяють створювати тематичні карти, які відображають розподіл медоносних рослин, їхні типи та продуктивність; аналізувати залежність поширення медоносних рослин від кліматичних та ґрунтових умов; та оцінювати вплив антропогенних факторів (сільськогосподарська діяльність, забруднення) на стан ресурсів.

До переваг використання ГІС-технологій можна віднести також точність (ГІС забезпечує високу просторову точність картографічної продукції), ефективність (швидка обробка даних економить час і ресурси), гнучкість (можливість інтеграції даних з різних джерел), а також візуалізацію (інтерактивні карти, тривимірні моделі та інші формати відображення роблять інформацію зрозумілою для широкого кола користувачів)

Попри очевидні переваги, використання ГІС у картографуванні стикається з певними викликами, такими як необхідність великих обсягів даних, потреба в

навчанні спеціалістів та висока вартість програмного забезпечення. Проте перспективи інтеграції ГІС у картографування залишаються значними завдяки їхньому потенціалу в таких напрямках, як прогнозування змін у ландшафтах, управління екологічними ресурсами та розробка інструментів для адаптації до кліматичних змін.

Таким чином, сучасні ГІС є невід'ємною частиною картографування, надаючи можливість створювати більш точні та інформативні карти, які сприяють вирішенню завдань у науці, управлінні та охороні навколишнього середовища.

Геоінформаційні системи широко застосовуються для дослідження рослинного покриву, оскільки дають змогу детально картографувати його структуру та визначати просторові закономірності. За допомогою супутникових знімків та векторних даних ГІС дозволяють класифікувати типи рослинності, визначати щільність та продуктивність зеленого покриву, аналізувати сезонну динаміку та зміни у багаторічній перспективі. Завдяки інструментам ГІС можна визначати ареали поширення окремих видів, у тому числі цінних або рідкісних, оцінювати стан рослинності після пожеж, вирубок чи інших порушень. Для медоносних ресурсів ГІС допомагають визначити райони з найвищою концентрацією медоносних рослин, оцінити періодичність цвітіння та подати просторову оцінку ресурсів для планування розміщення пасік.

У ландшафтознавстві ГІС дають змогу аналізувати складні природні комплекси через поєднання різних видів просторових даних – рельєфу, рослинності, ґрунтів, кліматичних показників та водних об'єктів. За допомогою цифрових моделей рельєфу визначаються ландшафтні форми, межі морфологічних структур і їхні взаємозв'язки. ГІС дозволяє виявляти ландшафтну мозаїку території, аналізувати екологічну стабільність природних комплексів, визначати ділянки з високою цінністю для рекреації або охорони природи. Такі підходи важливі для

планування природокористування та оцінки впливу людської діяльності на ландшафт.

У дослідженні екосистем ГІС використовуються для моделювання їхньої структури, функціональних взаємозв'язків і змін у часі. Завдяки просторовим даним можна аналізувати розподіл біорізноманіття, визначати осередки екологічної вразливості та моніторити процеси деградації – наприклад, опустелювання, ерозію ґрунтів чи зниження водності водойм. ГІС дозволяє оцінити антропогенний тиск, визначити ступінь фрагментації природних територій та моделювати наслідки різних сценаріїв впливу людини. В екологічному плануванні вони застосовуються для вибору територій під створення заповідників, визначення міграційних коридорів тварин або оцінки екологічної рівноваги.

В епоху прискорених екологічних змін та зростаючого тиску на природні ресурси, ефективність управлінських рішень набуває критичного значення. Геоінформаційні системи виступають як фундаментальний інструмент, що перетворює процес управління природним середовищем, переводячи його з інтуїтивного рівня на науково обґрунтований. Завдяки унікальній здатності ГІС збирати, інтегрувати, аналізувати та візуалізувати просторові дані, ці технології забезпечують органи влади та природоохоронні організації необхідною точністю для об'єктивної оцінки стану довкілля, стратегічного планування раціонального природокористування та, що найважливіше, для підвищення прозорості та екологічної безпеки територій.

1. Об'єктивна оцінка стану природного середовища. ГІС дозволяє збирати, оновлювати й аналізувати великі обсяги даних про землю, рослинність, водні ресурси та екосистеми. Це забезпечує керівників, екологів та планувальників точними й актуальними відомостями, що зменшує ризик помилкових рішень. Просторовий аналіз дозволяє швидко оцінити ситуацію на місцевості, виявити проблемні ділянки та відстежити зміни у природних компонентах.

2. Планування раціонального природокористування. Завдяки інструментам моделювання ГІС допомагає визначати найкращі території для ведення сільського господарства, збереження природи, розміщення інфраструктури чи рекреації. Це дозволяє узгодити потреби суспільства з екологічними обмеженнями. У контексті природних ресурсів ГІС використовують для визначення оптимального розміщення пасік, зони лісовідновлення, водоохоронних територій, зон ерозійної небезпеки чи ризику паводків.

3. Підтримка стратегічного та оперативного управління. ГІС-системи дають змогу створювати цифрові карти, панелі моніторингу та прогностичні моделі, що допомагає в короткостроковому й довгостроковому плануванні. Органи влади можуть на основі просторових даних прогнозувати наслідки певних рішень – наприклад, зміни землекористування або зведення нових об’єктів. Це значно підвищує ефективність управління природними ресурсами.

4. Підвищення екологічної безпеки. ГІС широко використовуються для моніторингу стихійних явищ, контролю за станом лісів, водойм, угідь і територій, що можуть піддаватися небезпечним процесам. Завдяки швидкому аналізу даних можна оперативно реагувати на пожежі, повені, зсуви або забруднення. Це критично важливо для збереження природних систем і мінімізації збитків.

5. Прозорість та обґрунтованість управлінських рішень. Геоінформаційні технології забезпечують наочність інформації, оскільки будь-які дані можуть бути представлені у вигляді карт і моделей. Це робить процес прийняття рішень більш зрозумілим для громадськості, дозволяє аргументувати вибір певних заходів та підвищує довіру до екологічної політики.

1.3. Геоінформаційні технології як інструмент дослідження та моніторингу природних ресурсів

Геоінформаційні системи є одним із ключових інструментів сучасних природничих досліджень, що поєднують методи збору та комплексного аналізу. Використання ГІС дозволяє виявляти закономірності просторової організації природних процесів, моделювати екологічні ситуації та підтримувати прийняття управлінських рішень у сфері раціонального природокористування.

У наукових дослідженнях ГІС базуються на кількох фундаментальних принципах, які визначають їх ефективність і достовірність результатів:

- *Принцип просторової організації даних.*

Усі природні об'єкти розглядаються як елементи простору, що мають певні координати, форму, площу, висоту й інші параметри. Це дозволяє аналізувати територіальні закономірності розподілу природних компонентів – наприклад, ареали медоносної флори, рельєфні умови, гідромережу чи типи ґрунтів [35].

- *Принцип багаторівневої інтеграції.*

ГІС забезпечує об'єднання різнотипних даних – картографічних, статистичних, дистанційних і польових – у єдиному інформаційному середовищі. Завдяки цьому можливо комплексно оцінювати взаємозв'язки між природними процесами, наприклад, вплив кліматичних факторів на цвітіння медоносних рослин або залежність біопродуктивності від вологості ґрунтів.

- *Принцип моделювання природних процесів.*

За допомогою ГІС можна створювати цифрові моделі рельєфу, гідрологічних мереж, земельного покриття, рослинності тощо. Моделювання дозволяє прогнозувати динаміку природних систем, зокрема – сезонні зміни медоносної бази або вплив кліматичних трендів на продуктивність рослин [39].

- *Принцип візуалізації та інтерпретації.*

Однією з найважливіших функцій ГІС є перетворення аналітичних даних у наочні картографічні форми – тематичні карти, 3D-моделі, графіки, діаграми. Візуалізація підвищує ефективність аналізу й сприяє інтерпретації складних просторових процесів.

- *Принцип динамічності та оновлення даних.*

ГІС дозволяє постійно оновлювати та коригувати бази даних завдяки супутниковим спостереженням і дистанційному зондуванню Землі. Це особливо важливо для моніторингу стану природних ресурсів, які мають сезонну або багаторічну мінливість.

- *Принцип масштабності та ієрархічності.*

Геоінформаційні технології дають змогу досліджувати природні об'єкти на різних рівнях – від локального (наприклад, окремої пасіки чи балки) до регіонального та глобального [40]. Це дозволяє адаптувати аналітичні методи під конкретні цілі дослідження.

Застосування зазначених принципів у природничих дослідженнях забезпечує комплексність і системність аналізу геопросторових даних. У контексті вивчення медоносних ресурсів ГІС дозволяє інтегрувати інформацію про рослинний покрив, кліматичні параметри, ґрунти, рельєф і землекористування, створюючи науково обґрунтовану основу для їх картографування та раціонального використання.

Загалом, геоінформаційні системи відіграють ключову роль у дослідженні біотичних ресурсів, адже дозволяють поєднати просторові дані про рослинність, ґрунти, клімат, рельєф і людську діяльність у єдиній аналітичній моделі. За допомогою ГІС можна здійснювати моніторинг стану природних екосистем, оцінювати динаміку лісових масивів, аналізувати структуру агроландшафтів та розподіл біорізноманіття (рис. 1.2).

Одним із найважливіших напрямів використання ГІС є дослідження рослинного покриву [15]. На основі супутникових знімків (Sentinel, Landsat,

MODIS) створюються карти NDVI – індексу вегетації, який відображає ступінь розвитку зеленої маси рослин. Такі карти дають змогу визначати стан луків, пасовищ і лісів, виділяти ділянки з високим потенціалом медоносності, а також виявляти деградовані території.

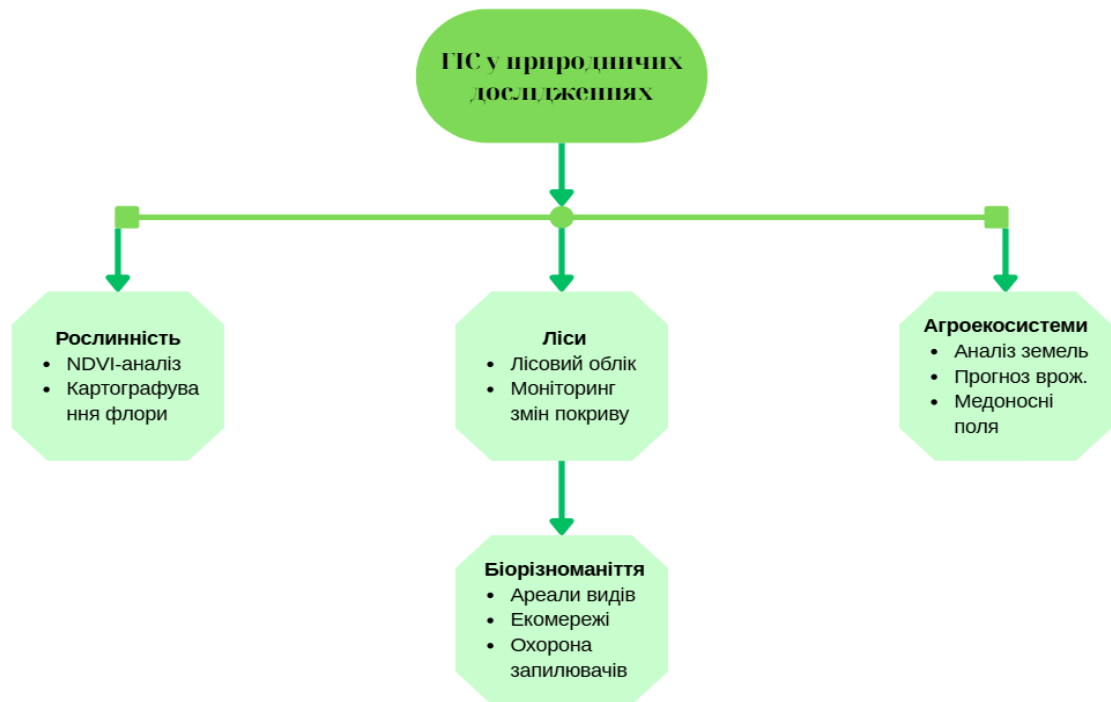


Рис. 1.2. Основні напрями застосування ГІС у дослідженні біотичних ресурсів [за автором]

Крім NDVI, у практиці досліджень застосовуються й інші вегетаційні індекси: EVI (Enhanced Vegetation Index) для територій з високою густотою рослинності, SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) для аридних зон, де вплив ґрунту значний, та LAI (Leaf Area Index) для оцінки площі листової поверхні [6, 48, 19]. Часові ряди вегетаційних індексів дозволяють відстежувати фенологічні фази розвитку рослин, прогнозувати періоди масового цвітіння та оцінювати вплив кліматичних змін на продуктивність екосистем.

У лісових екосистемах ГІС використовуються для інвентаризації лісів, оцінки запасів деревини, виявлення осередків шкідників, визначення змін у лісовому покриві внаслідок вирубок або пожеж. На основі даних дистанційного зондування Землі формуються бази даних про видовий склад, щільність і біомасу лісів, що має велике значення для екологічного моніторингу та планування лісокористування.

Сучасні ГІС-платформи інтегрують дані лідарного сканування (LiDAR), що забезпечує високоточну тривимірну модель лісового полог, дозволяє визначати висоту дерев, структуру ярусів та оцінювати біомасу з точністю до окремих насаджень [51]. Це особливо важливо для розрахунку депонування вуглецю лісами та оцінки їхньої ролі в глобальних кліматичних процесах. Крім того, ГІС дозволяють моделювати ризики лісових пожеж на основі даних про температуру, вологість, напрямок вітру та наявність горючого матеріалу, що сприяє своєчасному реагуванню служб охорони лісу.

У сфері агроєкосистем ГІС-технології застосовуються для аналізу землекористування, визначення агрокліматичних зон, моделювання врожайності та оцінки впливу агротехнічних заходів на стан довкілля. Зокрема, на основі просторових даних можливо прогнозувати періоди цвітіння культурних медоносів (соняшник, ріпак, гречка) і планувати кочівлю пасік для підвищення ефективності запилення.

Геоінформаційні системи використовуються також для точного землеробства (precision agriculture), де на основі просторової варіабельності ґрунтових показників, рельєфу та мікроклімату формуються диференційовані карти внесення добрив, поливу та обробітку культур. Це не лише підвищує врожайність, а й зменшує екологічне навантаження на довкілля. Окремим напрямом є аналіз ерозійних процесів: за допомогою ГІС моделюються схили, визначаються зони водної та вітрової ерозії, розробляються протиерозійні заходи та оптимізується розташування ползахисних лісосмуг.

Дуже важливою є роль ГІС у вивченні біорізноманіття. Просторовий аналіз дозволяє виявляти ареали видів, створювати моделі потенційного поширення флори та фауни, визначати екологічні коридори, що з'єднують природоохоронні території. Для бджільництва ці дослідження допомагають зберегти популяції запилювачів і забезпечити екологічну стійкість ландшафтів.

Методи моделювання екологічних ніш (species distribution modeling), такі як MaxEnt, GARP або Random Forest, інтегровані з ГІС, дають змогу прогнозувати потенційні місця існування рідкісних видів на основі кліматичних, топографічних та біотичних змінних [42]. Це має критичне значення для планування природоохоронних заходів, визначення пріоритетних територій для створення заповідників, а також для оцінки впливу зміни клімату на зміщення ареалів видів. ГІС застосовуються для моніторингу міграційних маршрутів птахів, шляхів переміщення великих ссавців, картування місць нересту риб та ідентифікації ключових біотопів для охорони.

Для оцінки стану природних кормових угідь ГІС дозволяють визначити продуктивність пасовищ, ступінь їх деградації, оптимальне навантаження худоби та періоди відновлення трав'яного покриву. Інтеграція польових досліджень із супутниковими даними забезпечує створення динамічних карт пасовищних ресурсів, що особливо важливо в умовах кліматичної мінливості та збільшення посушливості регіонів.

Загалом, використання ГІС у вивченні біотичних ресурсів забезпечує комплексний просторово-часовий аналіз природних систем, сприяє прийняттю екологічно збалансованих рішень і формує основу для сталого природокористування. Інтеграція ГІС із технологіями дистанційного зондування, машинного навчання та великих даних відкриває нові можливості для глибшого розуміння екосистемних процесів, прогнозування змін довкілля та розробки

адаптивних стратегій управління біологічними ресурсами в умовах глобальних екологічних викликів.

Інтеграція Географічних інформаційних систем, таких як ArcGIS Online, з сучасними веб-платформами відкриває значні можливості для оптимізації та підвищення ефективності бджільництва. Використання інтерактивних карт та хмарних сервісів дозволяє пасічникам і галузевим асоціаціям приймати геопросторово обґрунтовані рішення, що напряду впливає на продуктивність пасік, здоров'я бджіл та економічні показники (рис. 1.3).



Рис. 1.3. ГІС та Веб-платформи: 3 Кроки до Точного Бджільництва [за автором]

Оптимізація розміщення пасік та кочівлі

- Аналіз кормової бази: за допомогою ГІС можна візуалізувати та аналізувати розподіл медоносних угідь (ліси, поля культур, сади) у радіусі льоту бджіл. Це дозволяє точно визначити оптимальні місця для стаціонарних пасік або для кочівлі, максимізуючи збір нектару та пилку.

- Управління кочівлею (мобільне бджільництво): web-платформи дозволяють пасічникам відстежувати та планувати переміщення вуликів, враховуючи час цвітіння конкретних культур (наприклад, ріпаку, соняшника) та стан доріг.

- Захист від несприятливих факторів: нанесення на карту джерел потенційної небезпеки (великі промислові об'єкти, зони інтенсивного обробітку

пестицидами) допомагає уникати забруднених територій та вибирати екологічно чисті місця [59].

Моніторинг та управління здоров'ям бджіл

- Геопросторовий моніторинг захворювань: створення інтерактивних карт, що відображають спалахи захворювань (наприклад, варроатозу, американського гнильця) або випадки отруєння бджіл у регіоні. Це дозволяє швидко реагувати, вводити карантинні заходи та попереджати сусідніх пасічників.

- Картування якості води та ґрунту: Інтеграція даних про навколишнє середовище допомагає оцінити загальну екологічну ситуацію в місці розташування пасіки, що є критично важливим для здоров'я бджолиної сім'ї [53].

Співпраця та обмін інформацією

- Спільні інтерактивні карти: web-платформи, як-от ArcGIS Online, дозволяють створювати спільні картографічні портали для спілок бджолярів. Це сприяє координованому розміщенню пасік для уникнення перенасичення території (надмірної конкуренції) та більш ефективному використанню кормової бази.

- Інформування фермерів та громадськості: створення публічних інтерактивних карт, що показують розташування пасік, може слугувати інструментом для комунікації з агровиробниками щодо необхідності дотримання безпечних методів обробки полів (наприклад, обприскування вночі) [49].

Інтеграція з IoT (Інтернет речей) та точне бджільництво

- Візуалізація даних з датчиків: ГІС стануть платформою для інтеграції та візуалізації даних, отриманих з розумних вуликів (IoT-датчиків), які вимірюють вагу, температуру, вологість та акустику. Пасічник зможе бачити ці параметри на інтерактивній карті в режимі реального часу, порівнюючи показники різних пасік та прогножуючи їхню продуктивність.

- Прогнозування медозбору: комбінуючи географічні дані, метеорологічні прогнози та історичні дані про цвітіння, можна створити прогностичні моделі для визначення оптимального часу для відкачування меду [55].

Таким чином, інтеграція ГІС із сучасними веб-платформами перетворює бджільництво з традиційного заняття на високотехнологічну галузь. Це забезпечує прозорість, точність та оперативність в управлінні пасіками, що є ключовим для сталого розвитку бджільництва в умовах кліматичних змін та інтенсивного сільського господарства.

Теоретична база підтверджує, що медоносна продуктивність угідь залежить від комплексу природних, просторовий розподіл яких є ключовим для раціонального планування пасік. Застосування сучасних ГІС-методів, таких як буферизація, інтерполяція та моделювання придатності, є необхідним для об'єктивної оцінки стану медоносної бази та прогнозування її розвитку. Таким чином, науковий підхід до дослідження медоносних ресурсів базується на просторовому аналізі природних даних, що забезпечує обґрунтованість управлінських рішень та підвищує ефективність галузі бджільництва.

РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БОГДАНІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

2.1. Природно-кліматичні умови Богданівської громади

Адміністративне розташування та межі

Богданівська територіальна громада розташована в центральній частині Павлоградського району Дніпропетровської області, у межах Придніпровської височини [12]. Її територія розташована в східній частині України, належить до Степової зони, що зумовлює відповідні кліматичні, ґрунтові та біогеографічні умови (рис. 2.1). Адміністративним центром громади є село Богданівка. Загальна площа громади становить 496.9 км², а населення – 9737 осіб станом на 2022 рік [9].



Рис. 2.1. Розташування Богданівської ТГ в межах області [32]

Географічні координати центральної частини громади (села Богданівка) приблизно: 48°30' пн. ш., 36°14' сх. д.

За адміністративним устроєм, Богданівська ТГ межує з такими громадами та адміністративними одиницями:

- на півночі – з Межиріцькою та Вербківською територіальними громадами;
- на північному заході – з Павлоградською міською територіальною громадою;
- на південному заході – з Тернівською міською територіальною громадою;
- на півдні – з Першотравенською міською громадою та частково з Петропавлівською ТГ;
- на сході – з територіями Синельниківського району, зокрема, Верхньодніпровською ТГ.

Площа територіальної громади становить орієнтовно 216 км². Територія ТГ охоплює дев'ять населених пунктів, центральною садибою є село Богданівка. Громада має вигідне географічне розташування, адже прилягає до важливих транспортних коридорів між Павлоградом і Шахтарським, а також розміщується у безпосередній близькості до великих промислових центрів сходу області.

Таке розміщення зумовлює поєднання сільськогосподарського та промислового ландшафтів, що важливо враховувати при аналізі розміщення медоносних ресурсів та екологічного стану території.

Рельєф і геоморфологічна характеристика. Територія Богданівської ТГ розташована у межах південно-східної частини Придніпровської височини, яка характеризується хвилястим лесовим плато. Абсолютні висоти коливаються від 120 до 180 м над рівнем моря. Рельєф загалом рівнинний, проте місцями зустрічаються слабо виражені балкові системи й ерозійно-аккумулятивні форми. У межах балок

сформовані слабо заболочені пониження з лучною та чагарниковою рослинністю, що є важливими мікроосередками медоносної флори.

На південному заході громади спостерігаються невеликі денудаційно-аккумулятивні тераси вздовж річкових долин. Загальна сучасна геодинамічна активність невисока, але інтенсивна ерозійна діяльність на схилах балок і техногенний вплив сільського господарства сприяють локальному розмиванню ґрунтів.

Кліматичні умови. Богданівська ТГ розташована у межах помірно континентального клімату Степової зони України. Клімат характеризується теплим тривалим літом і помірно холодною малосніжною зимою [57].

- Середньорічна температура повітря становить $+9,0...+9,5$ °С.
- Середня температура липня – $+22,0...+23,0$ °С;
- Середня температура січня – $-4,0...-5,5$ °С.

Річна сума атмосферних опадів коливається в межах 450–520 мм, максимум яких припадає на кінець весни та початок літа, що сприяє формуванню сприятливих умов для розвитку медоносної флори у весняно-літній період. Кількість днів із стійким сніговим покривом – 30–45 днів на рік.

Кліматичні умови громади є загалом сприятливими для бджільництва, оскільки забезпечують тривалий період активної вегетації та цвітіння медоносної рослинності (від кінця березня до кінця вересня) [25].

Водні ресурси. Гідромережа Богданівської ТГ є порівняно слаборозвиненою. Територією громади протікає кілька дрібних приток річки Самара (басейн Дніпра), зокрема балкові водотоки та сезонні струмки, що активізуються у період весняного танення снігу й рясних літніх дощів. Постійні водотоки відсутні або мають слабкий стік у літній період.

Водні ресурси громади формують переважно підземні горизонти (свердловини для питного водопостачання) та дрібні ставки штучного походження,

створені для зрошення або водопою худоби. В прибережних зонах балок і ставків формуються осередки лучної та чагарникової медоносної рослинності, що мають локальне значення для бджолярів.

Типи ґрунтів. Територія Богданівської ТГ належить до Степової природної зони й характеризується високою однорідністю ґрунтового покриву. Провідним типом ґрунтів є чорноземи звичайні середньо- та малогумусні [16]. Вони формуються на лесових суглинках і мають високу природну родючість, що робить територію традиційно придатною для рільництва.

У пониженнях рельєфу та балкових системах зустрічаються лучно-чорноземні й лучні ґрунти зі збагаченим органічним горизонтом та підвищеною вологістю, що створює сприятливі умови для розвитку спонтанної лучної медоносної флори. На терасах балок та в умовах часткової деградації земель можна спостерігати еродовані чорноземи, що знижують свою продуктивність.

Структура землекористування. Основна частина земельного фонду громади припадає на рілля – близько 75–80 % території. На значних площах ведеться інтенсивне сільськогосподарське використання, з переважанням вирощування зернових культур (пшениця, ячмінь), соняшнику та технічних культур (ріпак).

Близько 10–12 % території становлять пасовища, перелоги, багаторічні трави та лісосмуги. Саме ці ділянки найбільш цінні з погляду потенційної медоносної бази, оскільки тут зберігаються осередки дикорослої флори.

Балкові системи займають до 5–7 % площі громади – вони вкриті степовою, лучною та чагарниковою рослинністю, яка є стабільним джерелом пилку й нектару протягом усього вегетаційного періоду.

Рослинний покрив громади можна умовно поділити на такі категорії:

- сільськогосподарська флора – культурні посіви (пшениця, ячмінь, соняшник, ріпак), які надають епізодичну нектаропродуктивність, переважно у весняно-літній період;

- лучно-степова рослинність балок, узбіч доріг, перелогів і старих полів – основний природний резервуар медоносної флори (деревій звичайний, буркун білий і жовтий, люцерна, конюшина, шавлія, чебрець, синяк звичайний тощо);
- дикі чагарникові зарості (глід, терен, шипшина, бузина чорна) – дають пилок і нектар у ранньовесняний та початковий літній періоди;
- лісосмуги – штучні насадження (акація біла, липа, клени, гледичія), які мають високу нектаропродуктивність у період цвітіння та є важливою підтримкою медоносної бази [28].

Загалом біорізноманіття дикої медоносної флори в Богданівській ТГ є значним, однак сильно залежить від антропогенного впливу, структури сівозмін і збереженості природних ландшафтів (насамперед балок і степових ділянок). Саме ці чинники визначають сезонні й територіальні особливості формування медоносної бази бджільництва у регіоні [31].

Екологічні та антропогенні чинники території Богданівської ТГ. На територію Богданівської територіальної громади значний вплив справляють антропогенні чинники, що пов'язані з інтенсивним сільськогосподарським використанням земель і близькістю до великих промислових центрів.

Основним видом господарської діяльності громади є рільництво, з домінуванням інтенсивних агротехнологій (широке застосування мінеральних добрив, гербіцидів, інсектицидів). Це створює певне екологічне навантаження на навколишнє середовище, зокрема на стан ґрунтових і водних ресурсів, а також на біоту, у тому числі на популяції диких медоносних рослин і запилювачів.

Ще одним важливим чинником є промисловий вплив з боку сусідніх промислових об'єктів – зокрема, шахт і відвалів Західного Донбасу (включаючи території Павлограда, Тернівки, Шахтарська) [7]. Продукти техногенного пилового та газового забруднення можуть мігрувати повітряними потоками на територію

громади, знижуючи якість природного середовища та впливаючи на біорізноманіття.

Окремим екологічним чинником є порушення балкових екосистем, які мають велике значення для збереження дикої медоносної флори. Через неконтрольовані випаси, механічне руйнування схилів і застосування агротехніки на схилах відбувається скорочення природних осередків медоносних рослин, що створює локальні «прогалини» у медозборі.

На території громади природоохоронних територій загальнодержавного рівня не створено, однак окремі стихійно сформовані осередки природної флори в балках і лісосмугах мають важливе значення для збереження біорізноманіття та формування стабільної медоносної бази.

Сукупний вплив антропогенних факторів зумовлює фрагментарність та нестійкість медоносної бази, а також підвищену вразливість території до кліматичних змін і деградаційних процесів. Тому для раціонального ведення бджільництва необхідне ретельне картографування стану природних ресурсів та постійний моніторинг екологічних умов.

Ефективне ведення бджільництва та забезпечення високої медової продуктивності безпосередньо залежить від стану та стабільності кормової бази, формування якої обумовлене унікальним комплексом природних умов конкретної території. Для Богданівської громади, розташованої у зоні лісостепу, цей комплексний вплив клімату, ґрунтів та рослинного покриву визначає як сприятливі чинники, що створюють потенціал для бджільництва, так і низку лімітуючих факторів, які вимагають управлінського коригування [3].

Аналіз показує, що потенціал медоносної бази регіону ґрунтується на помірно теплому кліматі з достатнім теплом, високій родючості чорноземів та значних площах сільськогосподарських медоносних культур (соняшник, ріпак). Додатковим вагомим ресурсом є різноманіття природних біотопів (балки, заплавні зони,

лісосмуги), які забезпечують неперервність цвітіння. Однак, стійкість медоносної бази піддається ризикам через природно-антропогенні обмеження. Зокрема, нерівномірність опадів та вітрове пересушування ґрунтів влітку можуть критично знижувати нектаропродуктивність. Водночас, висока залежність від монокультур призводить до нерівномірного розподілу взятку протягом сезону, створюючи «безвзяточні періоди» [2]. Детальний розгляд цих протилежних чинників дозволяє розробити стратегію раціонального використання медоносних ресурсів громади.

Формування стійкої та продуктивної медоносної бази на території Богданівської територіальної громади визначається складною взаємодією низки природно-кліматичних та ландшафтних факторів. Аналіз показує, що розташування громади в зоні Лісостепу обумовлює наявність потужних сприятливих умов, які включають родючі чорноземи, достатню кількість тепла та значні площі аграрних угідь із медоносними культурами (табл. 2.1). Однак, потенціал цих ресурсів може бути суттєво обмежений через низку лімітуючих факторів, серед яких ключове значення має нерівномірність опадів, висока залежність від монокультур та загроза ерозії (табл. 2.2). Детальний розгляд обох груп чинників є необхідною основою для розробки ефективної стратегії раціонального використання медоносних ресурсів.

Таблиця 2.1

Природні умови, що сприяють формуванню медоносної бази [за автором]

Фактор	Суть та характеристика	Значення для медоносів
1. Кліматичні умови Лісостепу	Помірно теплий клімат, достатня кількість сонячних днів і тепла протягом вегетаційного періоду.	Сприяє тривалому цвітінню різних груп медоносів (ранньовесняних до осінніх).

Продовження таблиці 2.1

Фактор	Суть та характеристика	Значення для медоносів
2. Родючі ґрунти (чорноземи)	Переважно високородючі чорноземи, поширені на території громади.	Забезпечують гарні умови для росту як диких, так і культурних медоносів (люцерна, соняшник, гречка, різнотрав'я).
3. Сільськогосподарські угіддя	Значні площі ріллі, зайняті потужними медоносними культурами (соняшник, ріпак, багаторічні бобові).	Формує стабільну кормову базу та джерело нектару у літній період.
4. Наявність балок, лісосмуг	Лісосмуги, узлісся та заплавні зони.	Забезпечує різноманіття дикої медоносної флори (акація, липа, верба, малина), що важливо для ранньовесняного та післяжнивного взятку.
5. Різноманітність біотопів	Поєднання степових, заплавних, польових і лісосмугових екосистем.	Забезпечує неперервність цвітіння та високу флористичну різноманітність протягом сезону.

*Таблиця 2.2***Природні умови, що обмежують формування медоносної бази [за автором]**

Фактор	Характеристика та прояв	Вплив на медоноси
1. Нерівномірність опадів	Часті періоди посухи влітку в регіоні	Брак вологи призводить до слабого цвітіння або передчасного відцвітання медоносних культур
2. Вітрова ерозія та пересушування	Відкрита рельєфна структура та недостатня кількість лісосмуг	Посилює висихання ґрунту та знижує загальну продуктивність нектару.
3. Висока залежність від монокультур	Панування однієї культури (особливо соняшника) в сівозмінах.	Створює пікове, але короткочасне джерело нектару, після чого виникає «безвзяточний період».
4. Обмежена площа природних лісів	Наявність переважно штучних лісосмуг, а не великих природних лісових масивів.	Зменшує потенціал весняних медоносів (таких як липа) та ранніх чагарників.
5. Температурні коливання	Пізні весняні заморозки у міжсезоння.	Можуть пошкоджувати квіткові бруньки ранньоквітучих медоносів, обмежуючи ранній взяток.

Проведений аналіз демонструє, що медоносна база Богданівської громади характеризується високим природним потенціалом, закладеним у родючих ґрунтах та різноманітні біотопів (балки, лісосмуги). Водночас, її стійкість критично

залежить від антропогенної діяльності та кліматичної нестабільності. Основними викликами є дефіцит вологи влітку та прогалини у взятку через домінування монокультур. Управлінські рішення, спрямовані на раціональне використання ресурсів, мають бути зосереджені на мінімізації ризиків (боротьба з посухою та ерозією) та підтримці неперервності цвітіння шляхом диверсифікації сівозмін та захисту природних ділянок різнотрав'я, що дозволить повною мірою реалізувати апікультурний потенціал громади.

2.2. Використання цифрової моделі рельєфу та ГІС-інструментів для аналізу просторової структури території

Цифрова модель рельєфу (далі ЦМР) – це цифрове представлення форми земної поверхні, створене на основі висотних даних. Вона відображає висоту кожної точки території у вигляді регулярної сітки (растрової моделі) або нерегулярної трикутної мережі (TIN-моделі). ЦМР дає змогу точно передавати такі характеристики як підвищення, зниження, схили, форми та елементи рельєфу [4].

Цифрові моделі рельєфу створюють на основі даних дистанційного зондування Землі (лідар, космічні знімки, аерофотозйомка), топографічних карт або польових вимірювань. Завдяки ЦМР можна виконувати широкий спектр просторових аналізів, зокрема оцінювати крутість і експозицію схилів, моделювати стік води, визначати зони затоплення, аналізувати придатність територій для рослинності чи господарської діяльності.

У геоінформаційних системах ЦМР є базовим інструментом, адже забезпечує тривимірне уявлення про територію та дозволяє більш глибоко зрозуміти просторові процеси, що відбуваються в межах досліджуваної місцевості.

Для аналізу ландшафту в інтересах бджільництва використовується широкий спектр джерел даних, що включають картографічні матеріали, цифрові моделі

рельєфу та супутникові знімки. Топографічні карти є одним із базових джерел інформації, що містять детальні відомості про висоти, гідрографію, рослинний покрив, дорожню мережу та населені пункти. Вони дозволяють оцінити рельєф території, розташування лісових масивів і відкритих ділянок, що важливо для визначення місць розташування пасік і джерел нектару.

Супутникові знімки надають актуальні та детальні дані про земну поверхню. Використання знімків Sentinel-2 та Landsat дозволяє отримати інформацію про стан рослинності, типи земного покриття, зміну екосистем у часі [56]. Зокрема, багатоспектральні знімки дають змогу проводити аналіз індексів рослинності, таких як NDVI, що допомагає оцінити стан медоносних культур та наявність ресурсів для бджіл. Крім того, використання супутникових даних допомагає відстежувати сезонні зміни в рослинному покриві, що має важливе значення для прогнозування медозбору.

Для детальної оцінки рельєфу застосовуються ЦМР, що створюються на основі даних NASA SRTM та ASTER GDEM [36]. Вони дозволяють визначати висотні характеристики місцевості, ухили та експозицію схилів, що впливає на мікрокліматичні умови та розподіл рослинності. Це особливо важливо при розташуванні пасік, оскільки височини та долини можуть створювати специфічні умови для розвитку рослин і діяльності бджіл. Дані ЦМР також використовуються для моделювання водозборів і аналізу потенційних джерел води для бджіл.

Обробка та аналіз даних здійснюється за допомогою сучасного геоінформаційного програмного забезпечення, зокрема ArcGIS і QGIS. Ці платформи дозволяють працювати з просторовими даними, виконувати картографічний аналіз, створювати тематичні карти та здійснювати геостатистичне моделювання. Використання ГІС-технологій дозволяє інтегрувати різні джерела даних, здійснювати просторовий аналіз і будувати моделі, що відображають оптимальні зони для розміщення пасік та визначають найсприятливіші умови для

медозбору. Таким чином, комплексний підхід до аналізу ландшафту із застосуванням картографічних, супутникових та ГІС-методів сприяє підвищенню ефективності бджільництва та забезпечує раціональне використання природних ресурсів.

Методи ландшафтного аналізу є важливими для оцінки природних умов, особливо у сфері бджільництва, де від якості ландшафту залежить продуктивність пасік. Традиційні методи ландшафтного аналізу включають польові дослідження та картографію. Польові дослідження передбачають безпосереднє вивчення території, збір зразків рослинності, ґрунтів, а також визначення особливостей рельєфу.

Картографія є ще одним традиційним методом аналізу, що включає створення карт рослинності, ґрунтів, кліматичних умов і гідрографічної мережі (рис. 2.2). Використання картографічних матеріалів допомагає визначити оптимальні місця для розташування пасік, враховуючи природні умови та доступність кормових ресурсів для бджіл. Поєднання картографічних даних із польовими спостереженнями дає змогу отримати комплексне уявлення про стан і динаміку ландшафту.

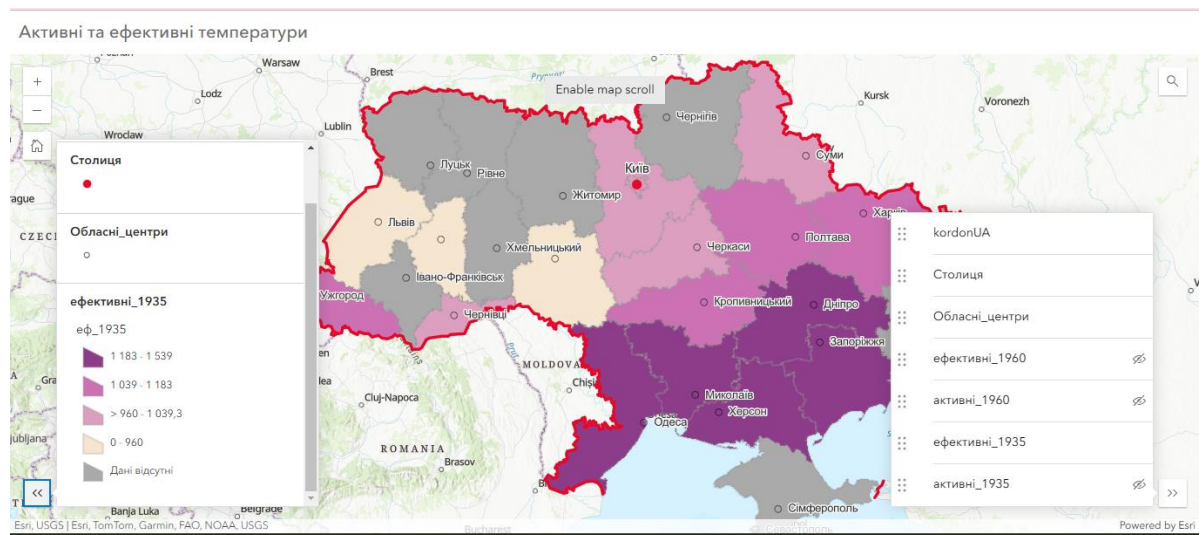


Рис. 2.2. Інтерактивна карта розподілу активних та ефективних температур на території України за різні періоди [61]

Сучасні технології значно розширюють можливості ландшафтного аналізу [29]. Використання геоінформаційних систем дозволяє проводити детальний аналіз територій, інтегруючи різні набори просторових даних. ГІС-технології застосовують для створення цифрових карт, моделювання територій та прогнозування змін у навколишньому середовищі. У сфері бджільництва ГІС допомагає аналізувати поширення медоносних рослин, визначати найкращі маршрути для кочових пасік, а також оцінювати вплив змін клімату та антропогенного навантаження на природні екосистеми.

Однією з ключових переваг ГІС є можливість створення цифрових моделей рельєфу, які широко використовуються для прогнозування поширення медоносних рослин [27]. Цифрова модель рельєфу дозволяють аналізувати висотні характеристики місцевості, експозицію схилів, рівень вологості ґрунтів, що є важливими факторами для росту рослинності.

Завдяки цифровому моделюванню можна визначити потенційно сприятливі місця для зростання медоносних культур, прогнозувати продуктивність угідь та планувати ефективне використання пасік. Крім того, ЦМР допомагає оцінити ризики ерозії ґрунтів та зміни гідрологічного режиму, що може впливати на доступність нектароносних рослин для бджіл.

Цифрова модель рельєфу є ключовим інструментом для аналізу геопросторових даних, просторового моделювання та картографічної візуалізації. Створення ЦМР передбачає низку послідовних етапів, які включають збір вихідних даних, їх обробку, інтерполяцію, аналіз схилів та експозиції, а також використання геоінформаційних систем для просторового аналізу та моделювання.

На першому етапі здійснюється отримання вихідних даних, які, у цьому випадку, базуються на даних SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) [58]. Ці дані завантажуються у форматі GeoTIFF та імпортуються у середовище ArcGIS. Далі виконується їх попередня обробка, яка передбачає злиття окремих растрових файлів

у єдину модель рельєфу, за потреби. Об'єднання даних здійснюється за допомогою інструменту «Mosaic to New Raster», що дозволяє створити єдиний безперервний растровий шар, придатний для подальшого аналізу.

Після об'єднання даних необхідно виконати обрізку моделі відповідно до меж досліджуваної території. Це забезпечує зменшення обсягу оброблюваних даних та підвищення ефективності аналізу. Для цього застосовується інструмент «Clip», який дозволяє отримати модель рельєфу, що відповідає просторовим контурам регіону дослідження.

Наступним важливим етапом є обробка отриманих даних для генерації додаткових похідних параметрів рельєфу, таких як крутизна та експозиція схилів. Інтерполяція є основним методом для згладжування цифрових даних та отримання безперервного рельєфу. Вона дозволяє відтворити висотні значення в місцях, де відсутні конкретні виміри. У ArcGIS використовуються методи, такі як IDW (Inverse Distance Weighting) або сплайнова інтерполяція, які дозволяють отримати більш детальну та реалістичну модель рельєфу (рис. 2.3).

Геоінформаційні системи відіграють важливу роль у просторовому аналізі ЦМР. Вони дозволяють інтегрувати цифрові моделі рельєфу з іншими геоданими, виконувати моделювання водозборів, прогнозування природних катастроф та аналіз ландшафтної структури території. Використання 3D-візуалізації у середовищі ArcScene дозволяє не лише отримати реалістичне уявлення про рельєф, але й проводити детальні дослідження взаємозв'язків між рельєфом і природними чи антропогенними процесами

Взаємозв'язок рельєфу та рослинності, зокрема медоносних рослин, є важливим фактором формування флористичних комплексів у певних регіонах. Рельєф визначає умови зростання рослин через вплив на температуру, вологість, склад і глибину ґрунту, а також доступність сонячного світла. Основні параметри

рельєфу, які впливають на розподіл медоносних рослин, це висота над рівнем моря, крутизна схилів та їхня експозиція.

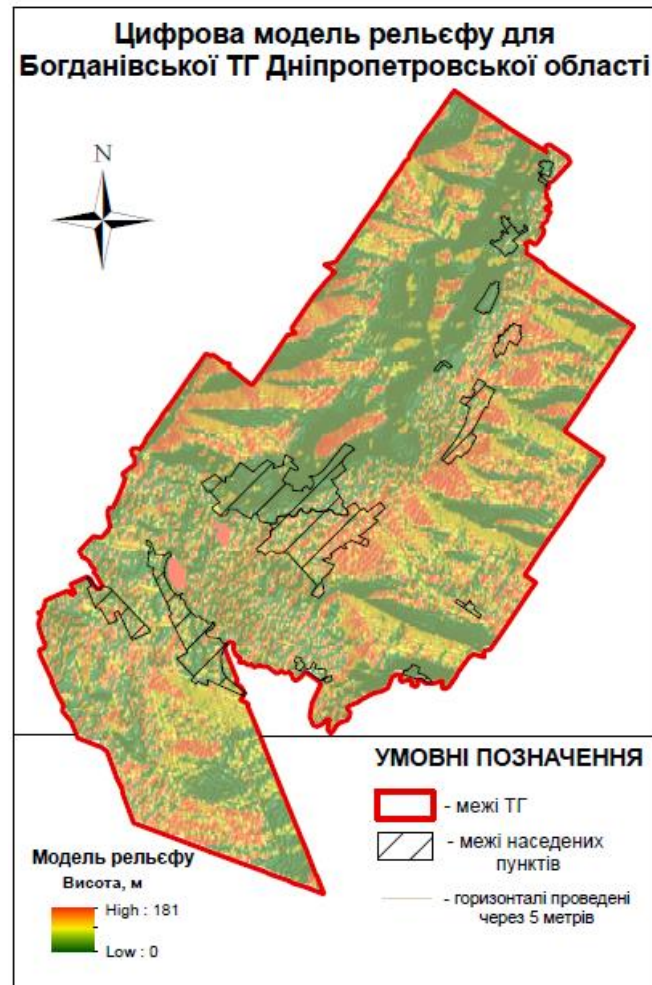


Рис. 2.3. ЦМР Богданівської ТГ в ArcMap [за автором]

Висота над рівнем моря відіграє ключову роль у поширенні медоносних рослин. Зі збільшенням висоти температура повітря знижується в середньому на $0,6^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 метрів, що впливає на фенологічні цикли цвітіння рослин та активність бджіл. На рівнинних територіях і в низькогірних районах з помірним кліматом зростає більшість відомих медоносних культур, таких як липа серцелиста (*Tilia cordata*), акація біла (*Robinia pseudoacacia*), конюшина лучна (*Trifolium pratense*), фацелія (*Phacelia tanacetifolia*) та гречка (*Fagopyrum esculentum*). У передгірських і гірських районах зустрічаються більш холодостійкі види, зокрема

малина (*Rubus idaeus*), верес звичайний (*Calluna vulgaris*), чорниця (*Vaccinium myrtillus*), а також різноманітні види дикорослих трав, які служать джерелом нектару і пилку.

Крутизна схилів впливає на збереження ґрунту та його родючість. На крутих схилах часто спостерігається поверхневий стік води, що може призводити до вимивання поживних речовин і ерозії ґрунтів. Це обмежує зростання деяких глибококоренових медоносів, таких як гречка та соняшник. Проте, на схилах середньої крутизни добре ростуть чагарникові та деревні медоноси, такі як терен (*Prunus spinosa*), шипшина (*Rosa canina*), жовта акація (*Caragana arborescens*) та глід (*Crataegus* spp.), що забезпечують хороший взяток для бджіл. У більш посушливих районах на схилах переважають ксерофітні види, зокрема чебрець (*Thymus* spp.) та лаванда (*Lavandula angustifolia*), які добре пристосовані до нестачі вологи і водночас є цінними медоносами.

Експозиція схилу визначає кількість сонячного світла та рівень зволоження, що суттєво впливає на розвиток рослинності. Південні схили отримують більше сонячного випромінювання, мають вищу температуру і нижчу вологість, що сприяє зростанню теплолюбних і посухостійких медоносів. Серед них – шавлія (*Salvia officinalis*), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), материнка (*Origanum vulgare*), які забезпечують високий вміст нектару в умовах сухого клімату. Північні схили, навпаки, є більш прохолодними та вологими, що створює сприятливі умови для росту таких медоносних рослин, як малина, верес, дягель лікарський (*Angelica archangelica*) та іван-чай (*Chamerion angustifolium*). Завдяки підвищеній вологості ґрунту на таких ділянках добре розвиваються багаторічні лучні трави, що слугують важливим джерелом пилку для бджіл.

Мікрокліматичні умови, зокрема освітленість і вологість, значною мірою залежать від рельєфу. У низинах та улоговинах часто накопичується волога, що сприяє росту вологолюбних медоносних рослин, таких як м'ята (*Mentha* spp.),

меліса (*Melissa officinalis*) та верба (*Salix spp.*). Водночас, відкриті рівнинні території зазнають більшої дії вітрів, що може зменшувати рівень вологості ґрунту. У гірських районах мікроклімат може значно змінюватися навіть на невеликих відстанях, залежно від висоти та експозиції схилу.

Вплив водних об'єктів також відіграє важливу роль у формуванні рослинності. Наявність річок, озер і боліт створює сприятливі умови для вологолюбних медоносів, таких як різні види верб, очерет (*Phragmites australis*) та валеріана (*Valeriana officinalis*). Біля водних об'єктів утворюються специфічні біоценози, що забезпечують довготривалий період цвітіння і стабільний медозбір для бджіл.

Ґрунтово-геологічні умови також впливають на розподіл рослин. Легкі піщані ґрунти добре прогріваються і є сприятливими для таких медоносів, як верес, конюшина та люцерна (*Medicago sativa*). Вапнякові ґрунти часто підтримують ріст таких рослин, як чебрець та шавлія, тоді як суглинкові та чорноземні ґрунти є ідеальними для культивованих медоносних культур, зокрема соняшника та гречки. Кам'янисті та гірські ґрунти сприяють зростанню ксерофітних видів, що адаптовані до обмеженої кількості вологи.

Отже, рельєф є важливим фактором, який визначає видовий склад і продуктивність медоносної флори в певному регіоні. Висота над рівнем моря, крутизна схилів, експозиція, а також наявність водних об'єктів та ґрунтові умови формують умови для росту різних груп рослин, що впливає на якість та кількість медозбору. Оптимальне використання рельєфних особливостей може сприяти підвищенню ефективності бджільництва та забезпеченню стабільних медозборів.

Висотний розподіл території Богданівської територіальної громади є неоднорідним, що добре відображено на цифровій моделі рельєфу. Згідно з нею, висоти варіюються від 0 до 181 метрів над рівнем моря (рис. 2.3). Найнижчі ділянки розташовані переважно в долинах річок і балках, а найвищі – на підвищеннях та

вододілах. Така диференціація висотних зон впливає на особливості мікроклімату та розподіл рослинності, зокрема медоносних рослин.

Висота місцевості є одним із ключових факторів, що визначає температурний режим, вологість ґрунту та швидкість стоку води. У низинних районах з більшою вологістю і родючими ґрунтами сприятливі умови для вирощування різнотрав'я, у тому числі медоносних рослин, таких як конюшина, люцерна, верба і м'ята. У середньовисотних зонах з висотами 50-120 метрів спостерігаються оптимальні умови для росту таких медоносів, як липа, акація та гречка. Підвищені райони (понад 120 метрів) зазвичай мають менш родючі ґрунти, але можуть бути придатними для вирощування посухостійких медоносів, таких як еспарцет та чебрець.

Оптимальні зони для розведення медоносів у Богданівській ТГ визначаються комбінацією висоти, вологості та ґрунтових умов. Найкращі території розташовані на середніх висотах (70-120 м), оскільки вони забезпечують стабільний рівень вологості, достатню кількість сонячного світла та помірний рівень ерозії ґрунту (рис. 2.4). У таких умовах добре розвиваються різнотрав'я, липові та акацієві насадження, що є цінними медоносами. Низинні райони також можуть бути придатними, особливо в заплавах річок, де ростуть верби та інші вологолюбні рослини, проте в них можливе перезволоження ґрунту, що може негативно впливати на окремі види рослин. У високих зонах, де ґрунти менш родючі, варто зосередитися на висаджуванні посухостійких культур, що також можуть слугувати гарною базою для збору нектару.

Таким чином, аналіз висотного розподілу території Богданівської ТГ дозволяє визначити найбільш продуктивні зони для розвитку бджільництва. Найкращими для розміщення пасік та вирощування медоносних рослин є середньовисотні райони, які поєднують оптимальні кліматичні умови, родючі ґрунти та різноманіття медоносної рослинності.

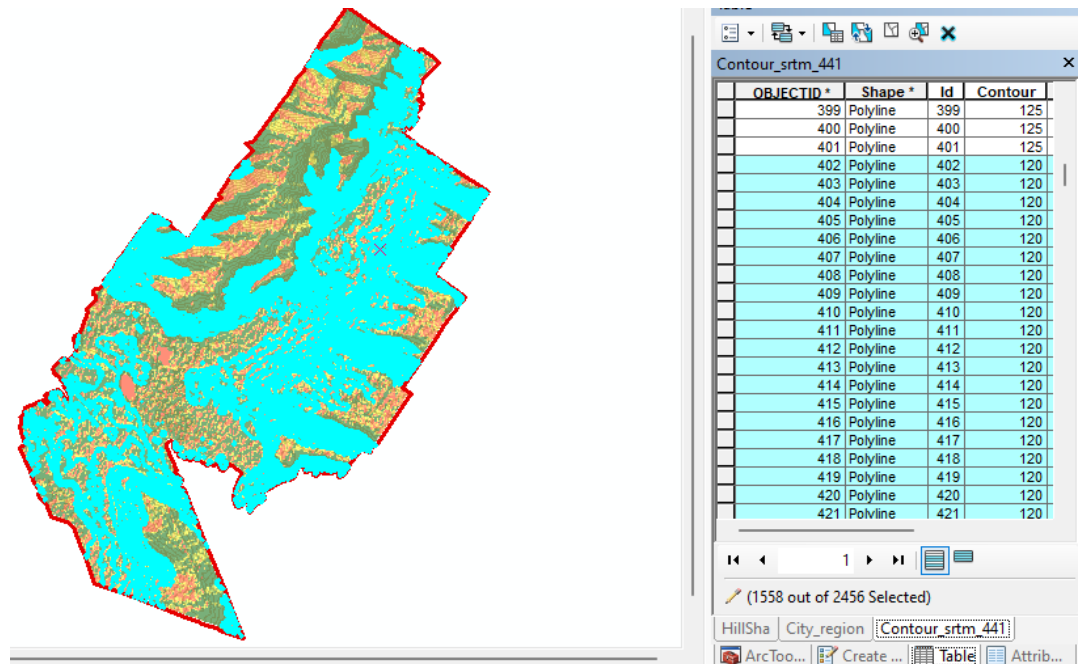


Рис. 2.4. Виділення горизонталей із значенням висот 70-120 м [за автором]

Використання цієї інформації сприятиме підвищенню продуктивності бджолиних сімей та збільшенню медозбору в громаді.

Територія громади в основному представлена рівнинними та слабкохвилястими ділянками, де кут нахилу не перевищує $2,37^\circ$. Вони займають більшу частину площі, що видно з переважання зеленого кольору на карті. Такі рівнинні території характеризуються рівномірним розподілом вологи, мінімальними ризиками ерозії та є сприятливими для землеробства. Дещо крутіші схили з нахилом від $2,37^\circ$ до $4,12^\circ$ розташовані локальними ділянками, особливо вздовж річкових долин, де відбувається природний розмив ґрунту. На таких територіях може спостерігатися часткове вимивання верхнього родючого шару, що впливає на особливості рослинності. Найбільш круті схили, що перевищують $4,12^\circ$, представлені вузькими смугами вздовж водотоків та в південно-східній частині громади (рис. 2.5). Вони характеризуються підвищеним ризиком ерозійних процесів і, відповідно, меншою вологозабезпеченістю верхніх частин схилів, тоді як в нижніх частинах може накопичуватися ґрунтова волога.

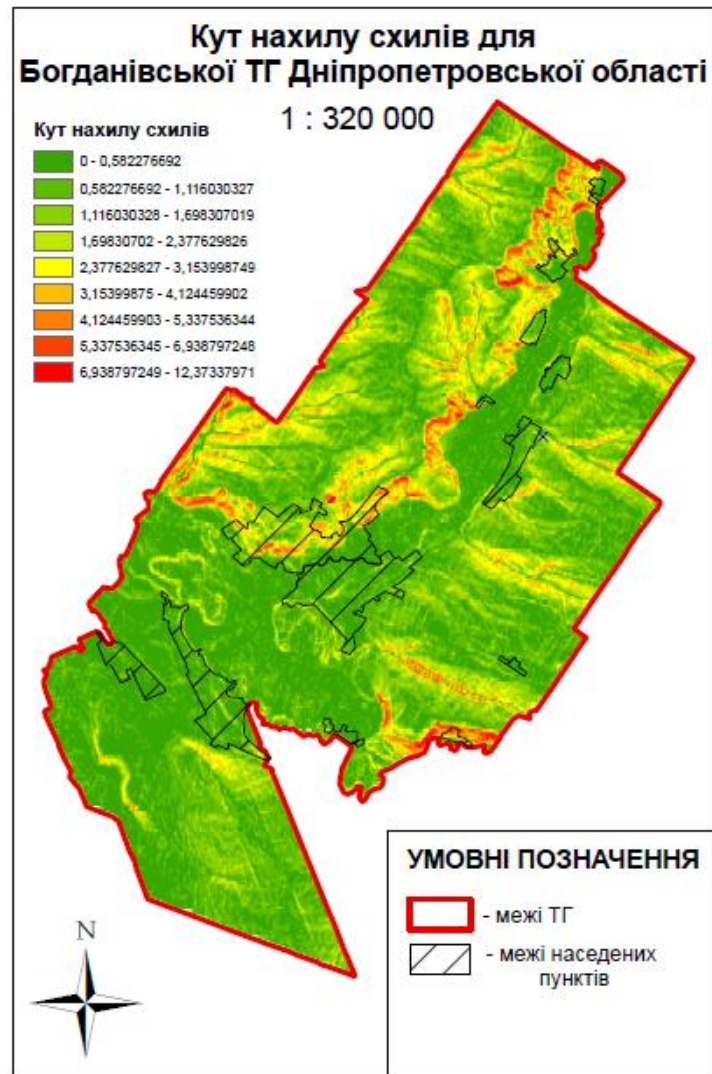


Рис. 2.5. Кут нахилу схилів Богданівської ТГ [за автором]

Крутизна схилів суттєво впливає на вологозабезпеченість територій. Пологі ділянки сприяють кращому проникненню опадів у ґрунт, що позитивно впливає на розвиток рослинності. Водночас круті схили, особливо з нахилом понад 4° , спричиняють швидке стікання води, що зменшує її утримання в ґрунті та може призводити до посилення ерозії. Це впливає на видовий склад рослин: на крутих схилах зростають посухостійкі види, тоді як у знижених частинах формуються вологолюбні угруповання. Освітленість територій також залежить від нахилу схилів: південні схили отримують більше сонячного світла, що сприяє розвитку

теплолюбних рослин, тоді як північні схили отримують менше прямих сонячних променів, що створює умови для зростання вологолюбних і тіньовитривалих рослин.

Дніпропетровська область належить до степової зони з недостатнім зволоженням, тому крутизна схилів посилює дефіцит вологи на підвищених ділянках. На крутих схилах Богданівської ТГ ґрунтова волога швидше випаровується та стікає, що впливає на нектаропродуктивність медоносів. Балки та яри, характерні для цієї місцевості, створюють мікрокліматичні умови з кращим вологозабезпеченням, де медоноси розвиваються краще і довше цвітуть. Понижені ділянки з пологими схилами забезпечують більш стабільну вологість, що сприяє розвитку різнотрав'я та медоносів

Південні схили у Богданівській ТГ отримують більше сонячного світла, що призводить до більш раннього цвітіння медоносів порівняно з північними схилами. На добре освітлених схилах спостерігається більш інтенсивне нектаровиділення у першій половині дня. Різна освітленість схилів різної експозиції дозволяє подовжити загальний період медозбору для пасік, розташованих у різних частинах громади. Крутіші південні схили часто характеризуються посушливішими умовами, що може скорочувати період цвітіння

З огляду на ці фактори, найкращі ділянки для медоносної рослинності розташовані на схилах середньої крутизни, з нахилом від 1° до 4° , оскільки вони забезпечують достатню кількість вологи та добре прогріваються сонцем. Особливо сприятливими є південно-західні та південно-східні експозиції, де зберігається оптимальний баланс освітлення і вологи. Рівнинні ділянки також придатні для розташування пасік, оскільки забезпечують стабільний розвиток рослин і доступність нектару для бджіл. Натомість надто круті схили слід уникати через ризик пересихання верхніх шарів ґрунту та нестабільні умови для розвитку квітух рослин.

Аналіз експозиції схилів Богданівської територіальної громади Дніпропетровської області показує значну варіативність орієнтації схилів, що безпосередньо впливає на мікрокліматичні умови та розподіл рослинності. Відкриті південні, південно-східні та південно-західні схили (157.5° - 247.5°) отримують більше сонячного випромінювання, що сприяє швидшому прогріванню ґрунту і кращим умовам для теплолюбних та світлолюбних рослин, зокрема медоносів (рис. 2.6). Такі умови сприятливі для зростання липи, акації, різнотрав'я, що забезпечують хороший нектарний потік для бджільництва.

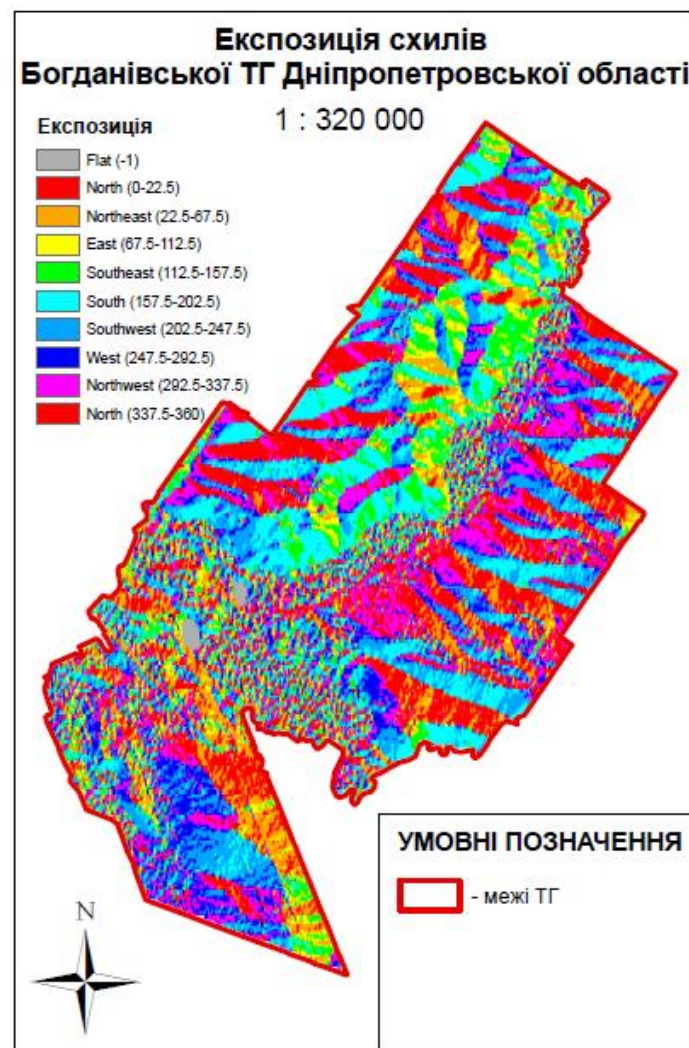


Рис. 2.6. Експозиція схилів Богданівської ТГ [за автором]

Північні схили (337.5° - 22.5°) навпаки отримують менше сонячного випромінювання, що призводить до більш вологого мікроклімату, меншого випаровування і відповідно – домінування тіньовитривалих видів рослинності, таких як мохи, папороті, деякі види чагарників. Вони менш сприятливі для активного росту медоносних рослин.

Західні та східні схили (247.5° - 337.5° і 67.5° - 112.5° відповідно) мають середні показники освітленості, що створює баланс між вологістю та температурою. Вони можуть бути придатними для різних видів рослинності, включаючи злакові, різнотрав'я та чагарники, що також мають певне значення для медозбору.

Таким чином, Південні схили характеризуються більшою інсоляцією та вищими температурами, рослинність тут переважно посухостійка, ксерофітна. Характерне раннє цвітіння (на 7-14 днів раніше порівняно з північними схилами), високий вміст цукрів у нектарі, але короткий період нектаровиділення, тобто ці ділянки оптимальні для раннього весняного медозбору.

Північні схили мають меншу інсоляцію, нижчі температури, краще вологозабезпечення, тут буде рости більш мезофітна рослинність з тривалішим періодом вегетації. Характерне пізніше цвітіння, але триваліший період нектаровиділення, нижча концентрація цукрів у нектарі, але більша загальна кількість. Такі ділянки важливі для підтримуючого медозбору в літній період.

Східні та західні схили займають проміжне положення за умовами зволоження та освітлення, збалансовані угруповання рослинності, вони важливі для підтримання безперервності медозбору.

Балки та яри створюють мозаїчність рослинного покриву через різноманітність умов. У нижніх частинах - вологолюбна рослинність (верба, акація) [17]. На схилах - степове різнотрав'я з високою нектаропродуктивністю. Такі ділянки захищені від вітрів місця сприяють активному льоту бджіл.

Практичне значення для бджільництва:

- розташування пасік на межі різних експозицій збільшує різноманіття доступних медоносів;
- кочівля пасік, починаючи з південних схилів (рання весна) з подальшим переміщенням до північних схилів (літо);
- моніторинг цвітіння на різних схилах дозволяє скласти оптимальний графік медозбору;
- різноманіття рослинності забезпечує збалансований склад меду з території Богданівської ТГ.

Така мозаїчність рослинного покриву, обумовлена різною експозицією схилів, є сприятливим фактором для розвитку бджільництва в Богданівській ТГ, оскільки забезпечує подовжений період медозбору та різноманіття медоносної бази.

Найкращі ділянки для медоносної рослинності в межах території варто шукати на південних і південно-східних схилах, які мають найкраще освітлення та тепло. Важливо також враховувати рельєф та доступність джерел вологи, оскільки навіть сприятлива експозиція не гарантує високої продуктивності без відповідних ґрунтових і кліматичних умов.

На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що визначення найкращих ділянок для медоносної рослинності в Богданівській територіальній громаді Дніпропетровської області базується на ландшафтних характеристиках, таких як висота над рівнем моря, крутизна схилів та їх експозиція. Найсприятливішими для розвитку медоносних рослин є середньовисотні райони (70-120 м), оскільки вони забезпечують оптимальні умови вологості, достатнє освітлення та стабільний мікроклімат. Пологі схили (1° - 4°) також є сприятливими, оскільки вони дозволяють утримувати вологу і мінімізують ризик ерозії ґрунтів.

Південні та південно-східні схили вважаються найбільш придатними для розвитку медоносних культур завдяки їхньому кращому освітленню та тепловому

режиму, що сприяє активному нектаровиділенню. Водночас північні схили можуть бути корисними для підтримуючого медозбору в літній період через триваліший вегетаційний сезон. Поєднання різних природних умов у межах громади забезпечує довготривалий період цвітіння медоносних рослин, що позитивно впливає на розвиток бджільництва. Отримані результати можуть бути використані для раціонального планування розміщення пасік та підвищення продуктивності медозбору.

Окрім рельєфних факторів, значний вплив на продуктивність медоносної рослинності мають ґрунтові та кліматичні умови. Родючі чорноземи, характерні для території Богданівської громади, створюють сприятливе середовище для вирощування таких культурних медоносів, як соняшник, гречка та ріпак. Водночас природна степова рослинність, зокрема шавлія, буркун і синяк звичайний, добре адаптована до місцевих умов та забезпечує стабільний медозбір. Наявність водних об'єктів, зокрема річок і балок, сприяє зростанню вологолюбних медоносів, таких як верба, м'ята та валеріана, що є цінним джерелом нектару для бджіл у посушливі періоди.

Застосування сучасних методів аналізу, зокрема геоінформаційних систем та цифрового моделювання рельєфу, дозволяє більш точно визначати оптимальні зони для медоносної рослинності. Виявлення найбільш сприятливих територій сприяє ефективному плануванню пасічництва, зменшенню ризиків сезонних втрат нектару та підвищенню врожайності меду. Використання отриманих даних у практичному бджільництві допоможе покращити розташування пасік, оптимізувати медозбір та підтримувати біорізноманіття регіону. Таким чином, детальний аналіз ландшафтних умов є важливим інструментом для розвитку галузі та підвищення продуктивності бджільництва в Богданівській територіальній громаді.

2.3. Вплив промислових ландшафтів на поширення медоносних рослин

Промислові ландшафти значно впливають на екологічний стан територій, змінюючи склад ґрунтів, мікроклімат і біорізноманіття. У Богданівській територіальній громаді, що розташована у Дніпропетровській області, наявність шахт, териконів та інших об'єктів створює додаткові фактори, які можуть обмежувати поширення медоносних рослин.

Промислові ландшафти – це території, трансформовані внаслідок господарської діяльності людини, зокрема промислового виробництва, добувної промисловості, транспорту та енергетики. Вони характеризуються значною антропогенною модифікацією природних умов, забрудненням довкілля, порушенням ґрунтового покриву та зміною рослинного і тваринного світу.

Залежно від виду промислової діяльності, промислові ландшафти можна класифікувати наступним чином [1]:

- Добувні ландшафти – шахти, кар'єри, терикони, хвостосховища, зони нафтовидобутку.
- Переробні ландшафти – металургійні комбінати, хімічні заводи, цементні підприємства.
- Енергетичні ландшафти – території теплових, гідро- та атомних електростанцій.
- Складські та логістичні ландшафти – елеватори, нафтобази, великі складські комплекси.
- Військові ландшафти – полігони, військові бази, випробувальні майданчики.

У контексті Богданівської територіальної громади основними промисловими ландшафтами є добувні (шахти, терикони), складські (зернові елеватори) та військові (полігон).

Найбільший вплив мають території шахт та териконів, які є джерелами забруднення ґрунтів важкими металами та токсичними сполуками. Через фізико-хімічні процеси в териконах (зокрема окиснення піриту) відбувається підвищене виділення сірчаної кислоти та інших хімічних елементів, що спричиняє підкислення ґрунтів і деградацію природної рослинності. Радіус забруднення біля териконів і шахт зазвичай 100 м – 1 км [5].

Військовий полігон, розташований у межах громади, також впливає на стан навколишнього середовища. Внаслідок військових навчань та вибухової діяльності відбувається зміна рельєфу, руйнування ґрунтового покриву та часткове знищення рослинного покриву. Такі території не є сприятливими для поширення медоносів, оскільки частина їх періодично зазнає механічного впливу. Зона потенційного забруднення становить до 500 м від меж полігону.

Зернові елеватори та відстійники мають інший характер впливу на екологічний стан громади. У зоні елеваторів можливе локальне забруднення повітря пилом від обробки зерна, що певним чином впливає на комах-запилювачів. Відстійники, які використовуються для накопичення та фільтрації промислових стічних вод, можуть спричиняти забруднення підземних вод, що позначається на стані довколишньої рослинності. Тут зона потенційного забруднення становить 500 м і 1 км відповідно.

За допомогою функціоналу ArcGis Desktop було побудовано буферні зони навколо основних промислових об'єктів Богданівської територіальної громади, зокрема шахт, териконів, відстійників, зернових елеваторів та полігонного майдану (рис. 2.7).

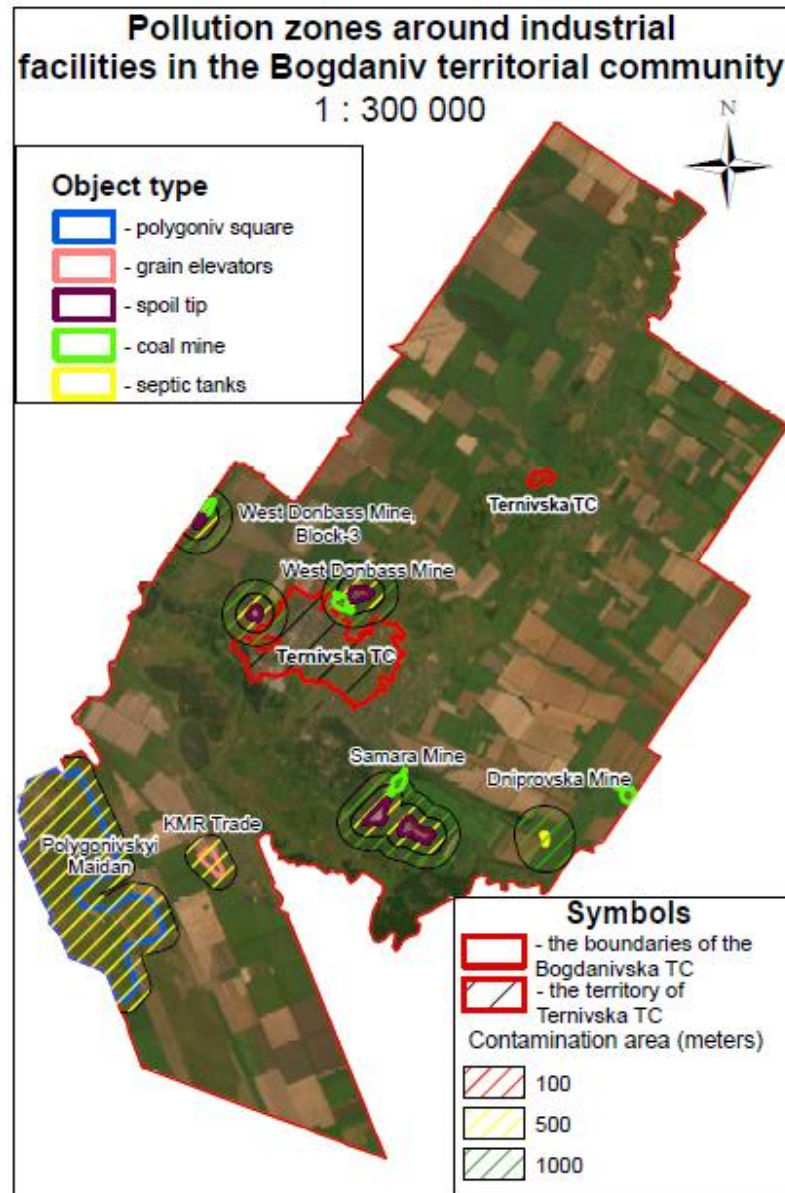


Рис. 2.7. Зони забруднення навколо промислових об'єктів Богданівської ТГ, Дніпропетровської області [за автором]

Особливу увагу приділено оцінці впливу териконів, оскільки вони є потенційними джерелами забруднення довкілля. Для визначення рівня їхнього впливу було побудовано буферні зони різного ступеня екологічної небезпеки: 100 м – зона найвищого ризику, де можливе активне виділення токсичних газів (зокрема оксидів сірки та азоту), важких металів (свинцю, кадмію, ртуті) та утворення

кислотних дощів. В цій зоні також може відбуватися самозаймання відвалів, що погіршує якість повітря та ґрунтів. 500 м – це помірно забруднена зона, де рівень токсичних речовин ще залишається високим, але поступово зменшується внаслідок природних процесів самоочищення. У межах 1 км та більше розташована умовно безпечна або перехідна зона, де концентрація шкідливих речовин значно нижча, хоча їхній вплив все ще може проявлятися через забруднення ґрунтів та поверхневих вод.

Проведений аналіз показав, що частина сільськогосподарських угідь, зокрема території з медоносними культурами, знаходиться у безпосередній близькості до зон техногенного впливу (рис. 2.8).



Рис. 2.8. Недопустима близькість терикону з полем [за автором]

Особливо це стосується тих ділянок, що розташовані в межах 500-метрової зони, де можливе накопичення токсичних елементів у ґрунтах, рослинах і водних ресурсах. Деякі поля навіть потрапляють у 100-метрову зону навколо териконів, що створює додаткові ризики для безпечності медопродукції. Це вказує на необхідність

проведення екологічного моніторингу якості ґрунтів та меду, а також впровадження заходів з біоре mediaції та рекультивації порушених земель.

Проведене просторове моделювання за допомогою функціоналу ArcGis Desktop дозволило не лише ідентифікувати, але й кількісно оцінити зони ризику. Шляхом побудови буферних зон навколо основних промислових об'єктів (шахт, териконів, полігону та елеваторів) було встановлено, що значна частина сільськогосподарських угідь, зокрема території з медоносними культурами, знаходиться у межах 500-метрової та 1-кілометрової зон техногенного впливу. Це створює прямі ризики: у 100-метровій зоні териконів можливе накопичення токсичних елементів, а також виділення важких металів та кислотних сполук, що спричиняє деградацію рослинності та може призводити до погіршення якості повітря та ґрунтів. Факт потрапляння полів навіть у 100-метрову зону найвищого ризику є критичним індикатором необхідності негайного впровадження моніторингу та природоохоронних заходів.

Промислові ландшафти Богданівської територіальної громади створюють значні екологічні ризики для розвитку бджільництва [14]. Викиди з териконів, шахт та відстійників містять токсичні сполуки, що потрапляють у ґрунт і воду, змінюючи хімічний склад середовища та знижуючи якість сільськогосподарської продукції. Крім того, техногенні об'єкти спричиняють локальне підвищення температури повітря через виділення тепла при горінні відвалів, що може порушувати природний цикл розвитку рослин і впливати на періоди цвітіння медоносів.

Окрім забруднення, негативний вплив на бджільництво спричиняє і зменшення площ природних кормових угідь через індустріалізацію території. Вирубка лісосмуг, зміна водного режиму через гірничі роботи призводять до зменшення популяцій диких медоносних рослин. Це особливо критично в умовах степової зони, де природна флора вже зазнає значного антропогенного навантаження.

Окрему загрозу становлять пестициди та агрохімікати, які застосовуються на полях та можуть бути небезпечними для бджіл.

Для покращення умов розвитку медоносних рослин і бджільництва необхідно впроваджувати комплексні заходи екологічного моніторингу та раціонального управління земельними ресурсами. Ефективними стратегіями є створення буферних лісосмуг, висадження стійких до забруднення медоносів та розміщення пасік поза зонами інтенсивного техногенного впливу. Додатково слід здійснювати постійний контроль якості медопродукції для забезпечення її безпечності та екологічної відповідності.

РОЗДІЛ 3. КАРТОГРАФУВАННЯ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ В ARCGIS ONLINE

3.1. Використання ArcGIS Online для створення базових карт території дослідження

Для створення інтерактивної карти медоносних ресурсів Богданівської територіальної громади було обґрунтовано обрано платформу ArcGIS Online компанії Esri – провідного світового постачальника геоінформаційних технологій [38]. Ця хмарна платформа забезпечує широкий спектр інструментів для веб-картографування, спільного доступу до даних та інтерактивної взаємодії користувачів із просторовою інформацією, що робить її оптимальним рішенням для створення публічних картографічних додатків [45].

На відміну від традиційних настільних ГІС-систем, які вимагають встановлення спеціалізованого програмного забезпечення на локальних робочих станціях і потребують значних технічних знань для роботи, ArcGIS Online є веб-орієнтованою платформою з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом [41]. Це дозволяє легко публікувати готові картографічні продукти, робити їх доступними для різних груп користувачів – від науковців і державних службовців до пасічників-практиків та громадськості. Платформа забезпечує можливість перегляду карт з будь-яких пристроїв: настільних комп'ютерів, планшетів, смартфонів, що особливо важливо для користувачів, які працюють безпосередньо в полі та потребують оперативного доступу до просторової інформації [30].

Важливою перевагою ArcGIS Online є її глибока інтеграція з іншими сервісами та продуктами екосистеми Esri, включаючи ArcGIS Pro, ArcGIS Enterprise, Survey123, Collector for ArcGIS та інші спеціалізовані додатки. Це створює гнучке середовище для комплексної роботи з геопросторовими даними –

від збору інформації в польових умовах до її аналітичної обробки та публічної презентації результатів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Порівняння ролі ArcMap Desktop 10.8 та ArcGIS Online у створенні
інтерактивної карти [за автором]

Етап роботи	ArcMap Desktop 10.8	ArcGIS Online
Підготовка даних	Обробка просторових шарів, редагування геометрії, створення атрибутів, проекції	Дані імпортуються вже готовими
Аналіз території	Аналіз рельєфу (ЦМР), класифікація медоносних угідь, накладання шарів, моделювання	Мінімальні аналітичні функції, більше візуалізація
Створення карти	Створення базової картографічної моделі	Формування інтерактивної веб-карти, поп-апи, фільтри, стиль
Публікація	Немає можливості веб-публікації	Просте онлайн-розміщення інтерактивної карти
Доступ до карти	Локальний доступ з ПК	Онлайн доступ з будь-якого пристрою
Взаємодія користувачів	Відсутня	Спільна робота, перегляд, редагування (за правами)

Значною перевагою платформи є можливість створення динамічних картографічних шарів, які автоматично оновлюються при зміні вихідних даних. ArcGIS Online підтримує застосування складної стилізації за атрибутами – можна візуалізувати дані за різними параметрами (тип медоносної рослинності, щільність насаджень, прогнозована медопродуктивність, фенологічні фази цвітіння тощо), використовуючи різні методи картографічної генералізації: градуйовані символи, теплові карти, кластеризацію, категоріальне забарвлення.

Платформа дозволяє створювати інформативні спливаючі вікна (поп-апи), які відображаються при натисканні на об'єкт карти і можуть містити детальну атрибутивну інформацію, фотографії, діаграми, графіки, зовнішні посилання на додаткові матеріали. Можливість побудови вбудованих діаграм та графіків дозволяє візуалізувати статистичні дані безпосередньо в інтерфейсі карти –

наприклад, співвідношення площ різних типів медоносних угідь, сезонну динаміку цвітіння, розподіл медопродуктивності за місяцями вегетаційного періоду.

Функціонал інтерактивних фільтрів та запитів дає змогу користувачам самостійно налаштовувати відображення інформації відповідно до своїх потреб: фільтрувати медоноси за періодом цвітіння, відбирати ділянки з певним рівнем продуктивності, шукати конкретні види рослин або типи угідь. Інструменти вимірювання відстаней та площ, побудови буферних зон, визначення координат допомагають у практичному плануванні розміщення пасік, розрахунку оптимальної кількості бджолосімей для конкретної території, аналізі доступності медоносних ресурсів [22].

Початкові дані для побудови інтерактивної карти – адміністративні контури території громади, розташування міської/сільської забудови, класифіковані медоносні угіддя, дорожня та водна мережа – були ретельно оцифровані та підготовлені у настільному середовищі ArcMap Desktop версії 10.8 [37]. Ця потужна настільна ГІС-платформа забезпечує розширені інструменти просторового аналізу, редагування геометрії об'єктів, складної обробки атрибутивних даних та професійної підготовки геопросторової інформації до публікації.

Використання повнофункціонального настільного середовища ArcMap дозволило виконати комплексну попередню обробку вихідної інформації. На етапі підготовки геометричних даних проводилося цифрування всіх шарів. Велика увага приділялася узгодженню систем координат усіх просторових даних, їх трансформуванню до єдиної проекції для забезпечення точності просторових розрахунків.

Створювалися деталізовані атрибутивні таблиці для кожного картографічного шару, які містили всю необхідну інформацію про об'єкти: для медоносних угідь – тип рослинності, площа ділянки.

Особливо важливим етапом був аналіз рельєфу за допомогою цифрової моделі рельєфу. Використовуючи інструменти просторового аналізу ArcMap, проводилося моделювання морфометричних характеристик території: розраховувалися похідні поверхні крутизни схилів, експозиції, вертикальної та горизонтальної кривизни, затінення рельєфу (hillshade). Ці параметри важливі для розуміння мікрокліматичних умов, які впливають на розвиток медоносної рослинності, інтенсивність цвітіння та доступність угідь для розміщення пасік.

Оцифрування полів у середовищі ArcMap Desktop 10.8 дозволило створити точну просторову модель медоносної бази Богданівської громади. Початковим кроком було завантаження у проект підкладок – супутникового знімка, а також наявної базової карти, на основі яких виконувалось подальше оцифрування. Після цього було створено новий полігональний шар (feature class), призначений для нанесення контурів сільськогосподарських угідь та інших територій, де розміщені медоносні рослини.

Для оцифрування застосовувався режим Editor, у якому користувач вручну обводив межі полів відповідно до видимих контурів на зображенні. У процесі роботи використовувалися інструменти збільшення, прив'язки (snapping), корекції вершин та перевірки топології, що забезпечувало точність меж і уникнення накладання полігонів. Після завершення оцифрування формувалась набір полігональних об'єктів, кожен з яких відповідав окремому медоносному угіддю. Метою цього налаштування було забезпечення видимості об'єктів та зручності подальшої підготовчої роботи.

Наступним етапом було наповнення атрибутивної таблиці. До шару було додано нові поля, зокрема або “Тип медоносу”, а також площі. Значення для цих полів заповнювалися вручну на основі даних, отриманих у ході польових досліджень, під час яких визначалися реальні типи медоносної рослинності.

здійснювалося шляхом точкового нанесення вершин уздовж дорожнього полотна, з корекцією траєкторії та застосуванням прив'язки (snapping), що забезпечувало точність. Водойми – ставки, заплавні ділянки та русла малих річок – були оцифровані як полігони з урахуванням видимих меж водного дзеркала.

Дані про адміністративні межі території громади та межі населених пунктів були отримані з відкритих джерел (наприклад, Публічної кадастрової карти та геопорталів відкритих даних), що забезпечило їх офіційну актуальність та точність. Ці межі були імпортовані у проект ArcMap та використані як опорний каркас для подальшого просторового аналізу.

У ході польових досліджень було також визначено точні місцезнаходження насаджень білої акації в лісосмугах, яка є одним із ключових медоносів для території Богданівської громади. Під час виїздів фіксувалися координати локацій із значними концентраціями акації, після чого ці дані були перенесені в середовище ArcMap. На карті акація була відображена у вигляді точкових об'єктів, що дозволило візуалізувати її просторове розміщення. Додавання цього шару значно підвищило детальність та точність моделі медоносної бази, особливо на ранній літній період.

Окремо було виконано оцифрування промислових об'єктів, важливих для оцінювання екологічної ситуації та можливих ризиків для бджільництва. До цього шару увійшли шахти, терикони та відстійники, які були нанесені на основі космічних знімків та відкритих картографічних матеріалів. Включення цих об'єктів дозволило врахувати їх близькість до сільськогосподарських угідь, що є суттєвим чинником для пасічників, оскільки промислові зони можуть впливати на якість нектару, пилку та загальний стан медоносної бази.

І останнім були оцифровані балки, яри та пасовища, що виступають потенційними осередками різнотрав'я та забезпечують медозбір у період між основними фазами цвітіння сільськогосподарських культур.

Усі створені шари – дороги, водойми, поля, промислові об'єкти та межі – були інтегровані в єдину ГІС-модель, що забезпечило комплексність просторового аналізу та підвищило інформативність наступної інтерактивної карти медоносних ресурсів.

Після завершення аналітичної обробки в ArcMap усі підготовлені просторові дані були експортовані у формати, повністю сумісні з ArcGIS Online. Використовувалися векторні формати Shapefile та File Geodatabase, які підтримують збереження складної атрибутивної інформації, символіки та метаданих.

Особлива увага приділялася оптимізації розміру файлів для забезпечення швидкої завантаження карти в веб-браузері. Векторні дані спрощувалися до оптимальної деталізації без втрати інформативності, растрові зображення стискалися з використанням ефективних алгоритмів компресії.

Дані завантажувалися до ArcGIS Online через веб-інтерфейс платформи. Це забезпечило безперервність технологічного процесу, коректність відображення всіх геометричних об'єктів та атрибутивної інформації у веб-середовищі, збереження налаштованої символіки та стилів візуалізації (рис. 3.2).

Таким чином, поєднання настільного ГІС-середовища ArcMap 10.8 для глибокої просторової аналітики та обробки геоданих з хмарною платформою ArcGIS Online для інтерактивної публікації та широкого розповсюдження результатів дозволило створити сучасну, наочну та функціональну карту медоносних ресурсів Богданівської територіальної громади.

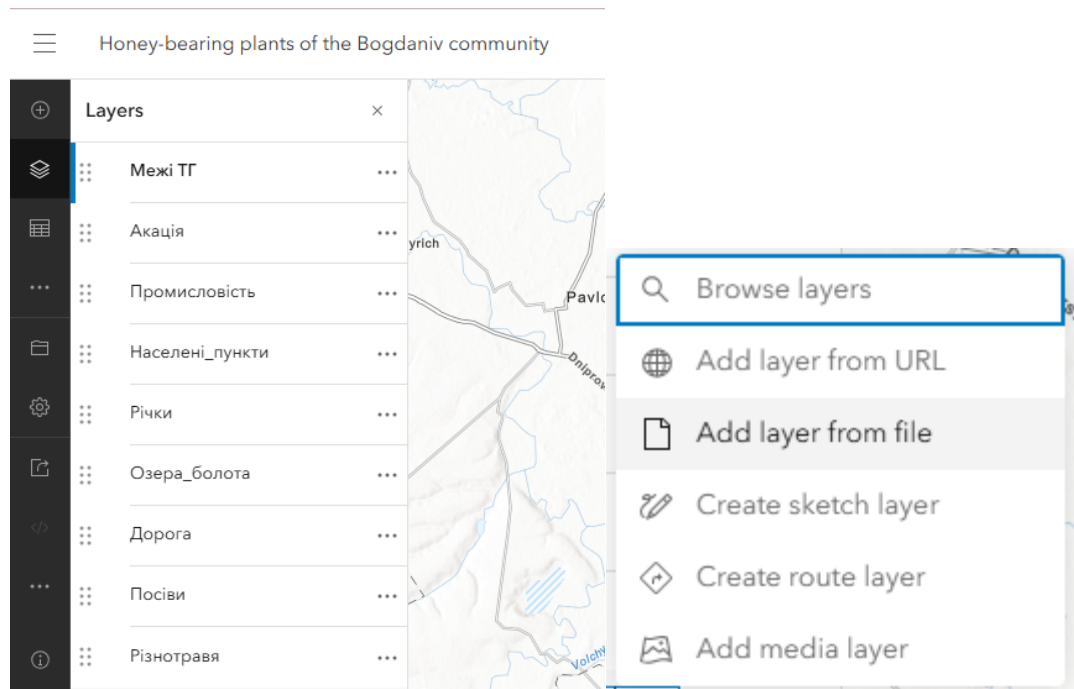


Рис. 3.2. Додавання шарів в ArcGIS Online [за автором]

Створений картографічний продукт є придатним як для наукових досліджень у галузі ландшафтної екології, бджільництва, раціонального природокористування, так і для практичного використання фахівцями у сфері бджільництва (визначення оптимальних місць для пасік, планування кочівлі, розрахунок кормової бази), територіального планування (врахування медоносного потенціалу при плануванні землекористування, збереження цінних медоносних угідь), лісового та сільського господарства (оптимізація структури насаджень з метою підвищення медопродуктивності ландшафтів).

3.2. Просторовий аналіз та візуалізація отриманих картографічних даних

Для створення інтерактивної карти медоносних ресурсів Богданівської територіальної громади було застосовано комплекс сучасних геоінформаційних методів просторового аналізу, що дозволили отримати точне, структуроване,

багатошарове та аналітично цінне представлення території з урахуванням усіх факторів, які впливають на розвиток бджільництва та раціональне використання медоносного потенціалу ландшафту.

1. Метод буферизації (Buffer Analysis)

Метод буферизації є одним із базових інструментів просторового аналізу в ГІС і був активно використаний для визначення зон впливу та доступності різних природних та антропогенних об'єктів на території громади. Буферизація передбачає створення полігональних зон на заданій відстані навколо точкових, лінійних або площинних об'єктів, що дозволяє моделювати просторові відношення між різними елементами ландшафту [44].

Тут увагу було приділено створенню буферних зон навколо промислових об'єктів, які характерні для регіону: діючих та закритих шахт, териконів породних відвалів, відстійників стічних вод, промислових підприємств (рис. 2.7). Ці об'єкти є джерелами техногенного забруднення довкілля важкими металами, пилом, токсичними речовинами, що може негативно впливати на здоров'я бджіл та якість меду.

Для кожного типу промислового об'єкта визначалися науково обґрунтовані радіуси санітарно-захисних зон відповідно до санітарних норм України. Зокрема, для териконів створювалися буфери радіусом 1-2 км, для промислових підприємств III класу небезпеки – 500-1000 м, для відстійників – 300-500 м. Ці зони маркувалися як небажані або категорично непридатні для розміщення пасік, що допомагає пасічникам уникати ділянок з підвищеним екологічним ризиком.

Буферний аналіз також дозволив виявити так звані «чисті зони» – території, максимально віддалені від промислових об'єктів, де можливе виробництво органічного меду високої якості, що має підвищену ринкову вартість і користується зростаючим попитом серед споживачів.

2. Метод класифікації (Classification)

Класифікація просторових даних була застосована для систематизованого поділу території громади за типами землекористування, характеристиками рослинного покриву та медоносним потенціалом. Цей метод передбачає групування об'єктів зі схожими характеристиками в однорідні класи згідно з визначеними критеріями [43].

За допомогою класифікаційного аналізу територія була розділена на функціональні категорії землекористування, кожна з яких має специфічний медоносний потенціал:

Поля технічних культур – включають посіви соняшнику, ріпаку, ячменю, пшениці, кукурудзи та сої, які є основними сільськогосподарськими медоносами та пилюконосами регіону (рис. 3.3).

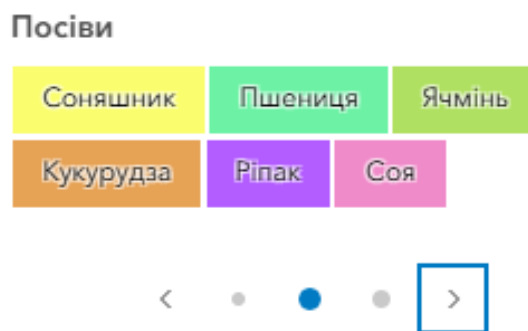


Рис. 3.3. Класифікація полів технічних культур [за автором]

Пасовища та лісові масиви – природні та поліпшені кормові угіддя з різнотравно-злаковою та бобово-злаковою рослинністю, які забезпечують медозбір протягом весняно-літнього періоду.

Яри та балки – унікальні місцезростання степового та лучного різнотрав'я, часто з реліктовими видами рослин. Ці ділянки практично не використовуються в сільському господарстві, тому мають високу екологічну цінність і можуть забезпечувати медозбір без ризику пестицидного забруднення.

Локації медоносних дерев, зокрема акації – це, в даному випадку, штучні лінійні насадження, переважно з білої акації, гледичії, абрикоси, шовковиці, які виконують протиерозійну функцію і водночас є важливими медоносними об'єктами, особливо у весняний період до початку цвітіння польових культур.

Промислові та урбанізовані зони – території населених пунктів з присадибними ділянками, паркові зони, промислові об'єкти, які мають обмежений або відсутній медоносний потенціал, але важливі для комплексного аналізу території (рис. 3.4).

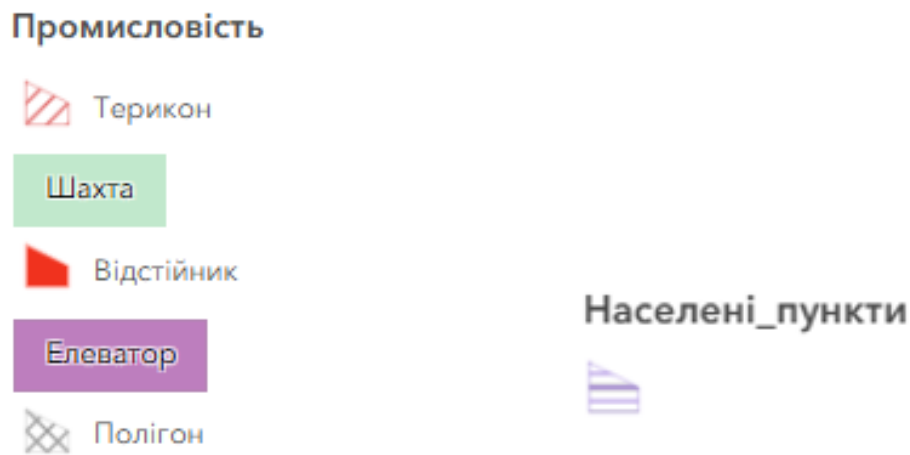


Рис. 3.4. Класифікація Промислові та урбанізовані зони [за автором]

3. Метод фільтрації (Data Filtering)

Фільтрація просторових даних є потужним інструментом, що дозволив деталізувати інтерактивну карту за окремими критеріями та забезпечити швидке перемикання між різними аспектами медоносної бази території відповідно до потреб користувача.

Метод використовувався для виділення конкретних сільськогосподарських культур або груп медоносних рослин. Наприклад, користувач може вибрати відображення тільки полів соняшнику, щоб оцінити потенціал літнього медозбору, або тільки ріпакових посівів для планування раннього весняного медозбору. Можливість виділити лісосмуги з акацією дозволяє пасічникам спланувати

розміщення кочових пасік саме у весняний період для отримання високоякісного акацієвого меду.

Фільтрація за видовим складом природної рослинності дає змогу виявити ділянки з конкретними медоносами: липові ліси для отримання липового меду, зарості верболозу для раннього весняного медозбору, масиви різнотрав'я для виробництва польового меду з високими органолептичними характеристиками.

Реалізована можливість відображення лише інфраструктурних об'єктів (дороги, населені пункти, промислові зони, існуючі пасіки) або лише природних медоносних угідь (ліси, луки, балки, водні об'єкти). Це допомагає пасічникам аналізувати доступність ділянок, планувати логістику обслуговування пасік, оцінювати відстані до джерел води, яка необхідна бджолам особливо в спекотний період.

Можливість перегляду даних певної категорії землекористування без надлишкової інформації значно підвищує зручність роботи з картою. Наприклад, спеціаліст з територіального планування може відфільтрувати лише сільськогосподарські угіддя для оцінки впливу структури посівів на медоносну базу. Еколог може виділити лише природні екосистеми (ліси, балки, заплави) для оцінки їх ролі у підтримці популяцій запилювачів.

Фільтрація зробила карту максимально зручною та гнучкою для користувача: не потрібно переглядати зайві шари та перевантажувати інтерфейс інформацією, можна швидко отримати саме ті дані, що потрібні для вирішення конкретної задачі у конкретний момент часу. Це значно підвищує практичну цінність картографічного продукту.

4. Метод зонування (Zoning Analysis)

Зонування є комплексним методом просторового аналізу, що застосовувався для виділення територій із різними характеристиками, пов'язаними з умовами медозбору та рівнем придатності земель для розвитку бджільництва. На відміну від

простої класифікації, зонування інтегрує множину різнорідних факторів для створення синтетичних зон з узагальненими характеристиками [47].

Виділялися території, обмежені техногенним впливом різного ступеня інтенсивності:

Зони високого ризику – у радіусі 1-2 км від активних промислових об'єктів, териконів, хвостосховищ, де концентрації забруднювачів можуть перевищувати гранично допустимі рівні. Розміщення пасік категорично не рекомендується.

Зони помірного ризику – прилеглі до автомагістралей, великих населених пунктів, інтенсивно використовуваних сільськогосподарських угідь з частим застосуванням пестицидів. Вимагають додаткового моніторингу якості меду та погодження графіків хімічних обробок полів.

Зони мінімального ризику – віддалені від джерел забруднення території з переважанням природних екосистем або екстенсивним сільським господарством. Оптимальні для органічного бджільництва та виробництва преміального меду.

Комплексне застосування описаних геоінформаційних методів – буферизації, класифікації, фільтрації та зонування – забезпечило створення багатофункціональної інтерактивної карти медоносних ресурсів Богданівської територіальної громади. Ця карта є не просто картографічним зображенням, а потужним аналітичним інструментом для прийняття обґрунтованих управлінських та господарських рішень.

Інтеграція різних методів дозволила виявити просторові закономірності розподілу медоносних ресурсів, зони конфліктів між бджільництвом та промисловістю, оптимальні маршрути кочівлі, резерви для розширення галузі. Інтерактивний характер карти з можливостями фільтрації та багатошарового аналізу робить її зручною для різних категорій користувачів – від пасічників-практиків до фахівців з територіального планування та охорони природи.

Створена методика може бути адаптована та застосована для аналізу медоносних ресурсів інших територіальних громад, що сприятиме розвитку бджільництва як важливої галузі сільського господарства України та збереженню популяцій диких запилювачів.

Візуалізація є ключовим та критично важливим етапом створення інтерактивної картографічної продукції, адже саме від правильного, науково обґрунтованого та естетично виваженого підбору кольорових схем, символів, підписів, легенди та інтерактивних елементів безпосередньо залежить зрозумілість, інформативність, аналітична цінність і зручність сприйняття просторових даних різними категоріями користувачів. Якісна візуалізація перетворює набір геопросторових даних на ефективний інструмент комунікації, що дозволяє швидко виявляти закономірності, приймати обґрунтовані рішення та планувати господарську діяльність.

У процесі створення інтерактивної карти медоносних ресурсів Богданівської територіальної громади було застосовано комплекс сучасних картографічних та дизайнерських прийомів, що базуються на принципах картографічної семіотики, теорії кольору, ергономіки користувацького інтерфейсу та передового досвіду веб-картографії.

1. Науково обґрунтований вибір кольорових схем

Для різних типів медоносних угідь, інфраструктурних об'єктів, природних ландшафтних елементів та антропогенних утворень були ретельно підібрані контрастні, логічні та семантично виправдані кольорові схеми, що максимально полегшують їхнє розрізнення на карті та забезпечують інтуїтивне розуміння просторової інформації навіть користувачами без спеціальної картографічної підготовки.

Поля технічних культур позначено теплими, яскравими та насиченими відтінками жовтого, зеленого та рожевого кольорів, що на підсвідомому рівні

асоціюються з квітучими сільськогосподарськими ландшафтами, достиглими посівами, літнім сонцем та продуктивністю землеробства. Ця кольорова гама є природною для людського сприйняття агроландшафтів і миттєво сигналізує про антропогенний характер угідь.

Для диференціації окремих культур використовувалися різні відтінки та насиченість кольорів у межах теплої палітри:

Соняшник – яскраво-жовтий (№ fafd6d), що відповідає природному кольору його суцвіть;

Ріпак – лимонно-жовтий (№ FF8000), що нагадує колір його масового цвітіння навесні;

Пшениця – світло зелений (№ 6df2a5), що нагадує зеленуваті посіви навесні.

Кукурудза – коричнево-помаранчевий (№ e6a255), що нагадує качани кукурудзи.

Ячмінь – зелений (№ afe061), що асоціюється з колосками.

Соя – світло-рожевий (№ f08bc9), що добре контрастує з іншими кольорами, що робить її помітною на карті.

Така диференціація дозволяє миттєво визначити структуру посівів на території громади, оцінити переважання певних культур, виявити сівозміни та спланувати кочівлю пасік відповідно до фенології цвітіння різних медоносів.

Лісові масиви та лісосмуги традиційно позначено зеленим відтінком, що відповідає універсальному картографічному конвенціалізму та асоціюється з природною рослинністю, екологічною цінністю та життям.

Для відображення різних типів лісової рослинності з неоднаковим медоносним потенціалом використовувалася градація зелених тонів:

Лісосмуги з білою акацією – яскраво-салатовий (№ 2eff31), що виділяє ці об'єкти як найцінніші весняні медоноси степової зони.

Яри, балки, пасовища та інші природні трав'яні угіддя позначено нейтральними природними кольорами земної палітри – оливковими, світло-коричневими, бежевими, охристими відтінками, що асоціюються зі степовими ландшафтами, сухими луками, відкритими просторами та природною рослинністю без деревного ярусу.

Конкретна диференціація:

Балки зі збереженим степовим різнотрав'ям – оливковий (№ 808000), що підкреслює природний характер і високу екологічну цінність;

Яри – коричневий з жовтим відтінком (№ e67017), що відображає продуктивність;

Пасовища – світло-коричневий (№ D2B48C), що сигналізує про низьку продуктивність та потребу у відновленні;

Ця кольорова диференціація допомагає виявити збережені осередки природного різнотрав'я, оцінити ступінь деградації пасовищ та визначити ділянки з потенціалом відновлення медоносної рослинності.

Промислові об'єкти, терикони, відстійники та інші потенційно небезпечні антропогенні утворення позначено штриховками, щоб не створювати кольорових шумів на карті.

- При розробці загальної кольорової схеми карти дотримувалися наступних картографічних та дизайнерських принципів:

Принцип контрастності – кольори сусідніх або тематично протилежних об'єктів мають достатній контраст для чіткого розрізнення меж на карті. Наприклад, зелені ліси чітко контрастують з жовтими полями.

Принцип семантичної відповідності – кольори відповідають природному кольору об'єктів або культурним асоціаціям з ними. Зелений для лісів, жовтий для полів, блакитний для води є універсальними картографічними конвенціями.

Принцип ієрархічності – насиченість та яскравість кольору відповідає важливості або цінності об'єкта. Високопродуктивні медоноси позначено більш насиченими кольорами, низькопродуктивні – блідими відтінками.

Принцип доступності – кольорова схема враховує особливості кольоросприйняття людей з порушеннями кольорового зору (дальтонізмом). Уникалося поєднання червоного та зеленого кольорів для критично важливих об'єктів, використовувалися додаткові візуальні маркери (штрихування, символи).

Такий комплексний підхід до колористики забезпечує інтуїтивне сприйняття просторової структури території, дозволяє швидко орієнтуватися в багатоваріантній карті та робить візуалізацію не лише функціональною, але й естетично привабливою (рис. 3.5).

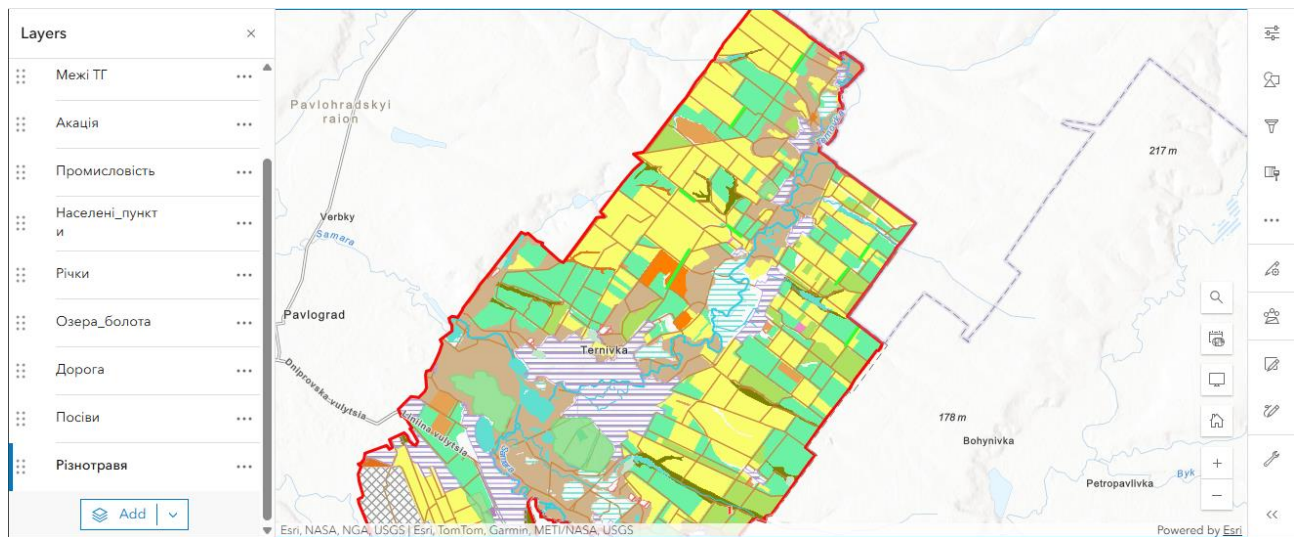


Рис. 3.5. Кінцевий результат налаштування колористики [за автором]

Структурована та інтерактивна легенда карти

Легенда є невід'ємним елементом будь-якої картографічної продукції, що виконує функцію "словника" карти – пояснює значення всіх використаних символів, кольорів, штрихувань та умовних позначень. Для інтерактивної карти медоносних ресурсів було створено детальну, зрозумілу, логічно структуровану та функціональну легенду.

Структура та зміст легенди організована за ієрархічним принципом та включає наступні основні розділи:

1. Медоносні сільськогосподарські культури, з класифікацією посівів;
2. Лісові насадження;
3. Природні трав'яні угіддя з різнотрав'ям;
4. Інфраструктурні об'єкти;
5. Промислові та обмежені об'єкти.

Кожен елемент легенди супроводжується назвою об'єкта, графічним символом, який ідентичний відображенню на карті.

Одна з ключових переваг легенди в ArcGIS Online – її повна інтерактивність та динамічність:

Увімкнення/вимкнення шарів: користувач може натиснути на будь-який елемент легенди, щоб миттєво увімкнути або вимкнути відображення відповідного шару даних на карті. Це дозволяє сфокусуватися лише на тих категоріях об'єктів, які мають актуальне значення для поточного аналізу. Наприклад, пасічник, який планує весняну кочівлю на акацію, може вимкнути всі шари крім лісосмуг та доріг, отримавши «чисту» карту для планування маршруту.

Регулювання прозорості шарів: для кожного шару можна налаштувати рівень прозорості від 0% (повністю непрозорий) до 100% (невидимий). Це дозволяє накладати кілька шарів один на одного, контролюючи їхню видимість. Наприклад, можна зробити напівпрозорими поля культур, щоб одночасно бачити базову супутникову карту або рельєф під ними.

Динамічне оновлення легенди: легенда автоматично адаптується до масштабу та екстенту карти, відображаючи лише ті категорії об'єктів, які присутні у видимій області. Якщо користувач збільшує масштаб на ділянку без промислових об'єктів, відповідний розділ легенди автоматично згортається або позначається як неактивний. Це запобігає перевантаженню інтерфейсу зайвою інформацією.

Групування та ієрархія: легенда організована у вигляді дерева з розгортанням/згортанням категорій. Основні групи (наприклад, «Медоносні культури») можна згорнути, приховавши всі підкатегорії, або розгорнути для детального перегляду. Це забезпечує зручність навігації у багатошаровій карті з десятками типів об'єктів.

Візуальна відповідність: символи в легенді повністю ідентичні тим, що використовуються на карті, включаючи колір, розмір, форму, штрихування. Це виключає будь-яку неоднозначність інтерпретації картографічної інформації.

Така структурована, інформативна та інтерактивна легенда перетворює карту на самодостатній аналітичний інструмент, що не потребує додаткових пояснювальних матеріалів або інструкцій.

Інтерактивність є фундаментальною перевагою веб-картографії взагалі та ArcGIS Online зокрема, що якісно відрізняє цифрові інтерактивні карти від традиційних паперових або статичних електронних картографічних продуктів. Інтерактивні елементи перетворюють карту медоносних ресурсів з пасивного зображення на активний інструмент дослідження, аналізу та прийняття рішень.

Спливаючі вікна є центральним елементом інтерактивності, що дозволяє отримати детальну інформацію про будь-який об'єкт карти одним кліком миші. Для карти медоносних ресурсів були розроблені спеціалізовані шаблони спливаючих вікон для різних типів об'єктів.

Перемикачі шарів (Layer Toggles) надають користувачеві повний контроль над візуалізацією та дозволяють створювати власні аналітичні набори даних. У списку шарів користувач може вмикати або вимикати будь-який шар. Наприклад, можна залишити увімкненими лише "Локації акації" та "Промисловість", щоб оцінити ризики для весняного взятку, або ж залишити лише "Поля соняшника" та "Межі ТГ" для розрахунку загального літнього потенціалу. Вони забезпечують

гібкість аналізу та дозволяють фокусуватися на конкретному питанні без візуального перевантаження карти зайвими даними.

Інструменти масштабування та навігації забезпечують доступність карти для широкого кола користувачів, незалежно від їхнього досвіду роботи з ГІС. Дозволяють збільшувати (Zoom In) або зменшувати (Zoom Out) масштаб карти, а також швидко повертатися до попереднього або початкового (повного) огляду території громади. Це робить карту зручною для використання як на великому моніторі, так і на мобільних пристроях, дозволяючи швидко переходити від огляду всієї громади до детального вивчення конкретної ділянки пасіки (рис. 3.6).

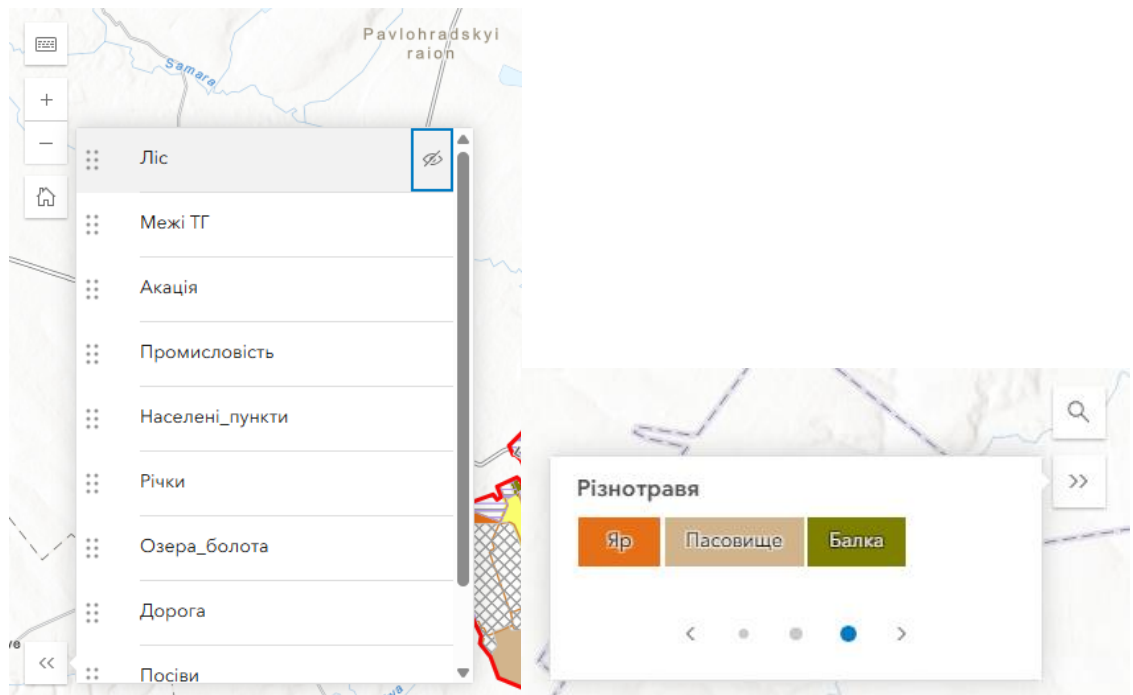


Рис. 3.6. Наявність інтерактивних елементів [за автором]

Можливість зміни базової карти (Basemap Switcher) дозволяє обрати найбільш контекстуально доцільне тло для аналізу в певний момент. Користувач може легко перемкнутися з нейтральної, сірої базової карти (ідеальної для підкреслення даних) на World Imagery (супутниковий знімок). Перемикання на супутниковий знімок дозволяє візуально верифікувати дані (наприклад,

підтвердити наявність лісосмуги чи уточнити межу поля) або краще візуалізувати рельєфні особливості (балки, яри), що не відображаються на тематичних шарах, але є важливими для розуміння природних умов.

На сторінці елемента інтерактивної карти в ArcGIS Online було налаштовано всі основні інформаційні блоки, необхідні для повноцінної презентації та публікації вебкарти. Спершу було встановлено назву елемента англійською мовою – *Honey-bearing plants of the Bohdanivska community*, що забезпечує професійний вигляд та можливість використання карти міжнародною аудиторією. Також додано мініатюру (*thumbnail*), яка відображає загальний вигляд карти та полегшує її ідентифікацію в каталозі. У полі короткого опису (*summary*) розміщено стислий зміст про те, що саме відображає карта: «На цій карті відображено просторовий розподіл медоносних угідь доріг, водойм та промислових об'єктів (шахти, терикони, відстійники та ін.) у Богданівській територіальній громаді.

Карта також містить лісосмуги з акації та розташування балок, ярів та пасовищ (визначених в польових дослідженнях), що дозволяє пасічникам оцінити близькість медоносних джерел.».

Основний розділ *Description* містить розгорнутий опис карти, її структури, мети створення та типів даних, що були використані. Тут пояснюється, як природні, сільськогосподарські й техногенні чинники впливають на медоносну базу громади та як карта може застосовуватися для аналізу умов розвитку бджільництва: «Інтерактивна карта відображає просторову організацію медоносної бази Богданівської територіальної громади та слугує інструментом для аналізу умов розвитку бджільництва. Карта містить багат шаровий набір даних, які разом формують комплексне уявлення про природні, сільськогосподарські та техногенні фактори, що впливають на стан і доступність медоносних ресурсів.

Інтерактивна карта відображає просторову організацію медоносних ресурсів Богданівської територіальної громади та дозволяє комплексно оцінити умови

розвитку бджільництва. В її основі лежить багат шаровий підхід до представлення даних, що охоплює як природні, так і антропогенні компоненти ландшафту, які визначають якість і доступність медоносної бази.

Одним із ключових елементів карти є виділення зон медоносного потенціалу, сформованих на основі дешифрування супутникових знімків та аналізу відкритих земельно-кадастрових даних. У структурі цих зон представлено сільськогосподарські угіддя з технічними культурами, такими як соняшник, ріпак та соя, що забезпечують основний нектарний ресурс у літній період. Додатково враховано злакові культури – пшеницю, ячмінь і кукурудзу, які виступають джерелами пилку та підсилюють кормову базу бджіл. Важливе місце займають також лісові масиви, що забезпечують ранній весняний нектарний ресурс. Окремо на карті виділено балки, яри та пасовища, які, завдяки природному різнотрав'ю, є важливими резервами медозбору в періоди, коли сільськогосподарські культури не цвітуть. Усі ці типи медоносних угідь відображені окремими шарами та стилізовані різними кольорами, що покращує їх візуальне сприйняття та порівняння.

Особливо цінною складовою карти є дані про локалізацію медоносних дерев – насамперед білої акації. Її лісосмуги були зафіксовані під час польових досліджень та відображені у вигляді точкових і лінійних об'єктів. Наявність цих даних дозволяє більш детально оцінити продуктивність весняного медозбору, визначати реальну відстань від пасік до деревних медоносів та аналізувати стан акацієвих насаджень, що мають ключове значення для бджільництва Богданівської громади.

Важливим доповненням є інфраструктурні елементи, включені до карти для оцінки умов розвитку пасічництва та можливих ризиків. До них належать автомобільні дороги, водні об'єкти – річки, болота та ставки, межі населених пунктів, а також промислові об'єкти, серед яких шахти, терикони, промислові майданчики та відстійники. Врахування цих даних дозволяє оцінювати

техногенний вплив на навколишнє середовище, ідентифікувати потенційно небезпечні зони та визначати території, найбільш придатні для розміщення пасік.

Інтерактивні можливості карти дають змогу користувачам виконувати фільтрацію шарів за типами угідь, інфраструктурою чи промисловими об'єктами, порівнювати різні ділянки території громади та оцінювати доступність медоносної бази у просторі. Це робить карту практичним і зручним інструментом для пасічників, науковців та фахівців, які займаються плануванням землекористування й екологічним аналізом.

Головною метою створення цієї карти є систематизація інформації про просторовий розподіл медоносних ресурсів Богданівської громади, виявлення чинників, що впливають на їх продуктивність, та формування аналітичної основи для прийняття рішень у сфері розвитку бджільництва. Вона також сприяє екологічним дослідженням та підтримує процеси сталого природокористування, об'єднуючи дані природного та антропогенного середовища в єдиному ГІС-просторі. Карта об'єднує природні та антропогенні дані в єдиному ГІС-середовищі, що забезпечує комплексне розуміння стану медоносної бази Богданівської громади».

Також додано ряд правил користування, щоб забезпечити безпеку файлів: *Доступність даних.* Карта призначена для інформаційних, навчальних та наукових цілей. Дані не є офіційними і можуть містити неточності, пов'язані з оновленням джерел.

Обмеження відповідальності. Автор карти не несе відповідальності за рішення, прийняті на основі відображених даних, включно з розміщенням пасік чи оцінкою стану медоносних угідь.

Дозволене використання. Користувачам дозволяється переглядати карту, користуватися шарами, вимірюваннями та іншими інструментами лише у межах вебзастосунку.

Заборонені дії. Заборонено копіювати, змінювати, завантажувати або поширювати просторові дані без дозволу автора.

Авторські права. Всі матеріали карти (оцифровані шари, польові дані, аналітичні матеріали) належать автору. При використанні карти в дослідженнях необхідне посилання на джерело.

Технічні обмеження. Робота карти залежить від стабільності сервісу ArcGIS Online. У разі технічних збоїв доступ може бути тимчасово обмежений».

Для поліпшення навігації та пошуку було додано набір тегів, пов'язаних із медоносними рослинами, територією дослідження, агроландшафтами та ГІС. Крім того, для карти налаштовано публічний доступ, що дає змогу відкривати її всім користувачам за посиланням без авторизації. Усі текстові блоки були відредаговані через інструменти Edit, а також налаштовано відображення застосунку типу Instant App, через який карта відкривається. Завдяки цим налаштуванням сторінка елемента містить структуровану, інформативну та професійно оформлену інформацію про створену інтерактивну карту.

В результаті ГІС-аналізу і створення інтерактивної карти медоносних ресурсів для Богданівська територіальна громада вдалося отримати кілька важливих висновків, які мають як наукове, так і практичне значення. По-перше, карта показала чітку просторову диференціацію медоносних угідь: серед сільськогосподарських полів добре виокремилися масиви з технічними та кормовими культурами – потенційні джерела літніх медозборів; поруч із ними карта виявила значну площу балок, ярів, пасовищ та інших ділянок природної чи напів-природної рослинності, які можуть забезпечити «перехідний» або вторинний медозбір, особливо в проміжках між посівами.

По-друге, нанесення на карту точкового шару з зареєстрованими під час польових досліджень насадженнями білої акації у лісосмугах надало чітке уявлення про осередки весняних медоносів – це дає змогу планувати розміщення пасік з

урахуванням сезону їх цвітіння та найбільшої медозбірної здатності, що підвищує ефективність бджільництва.

По-третє, в результаті буферизації та зонування на карті визначено зони з підвищеним і зниженим екологічним чи медоносним потенціалом. Наприклад, території в межах впливу промислових об'єктів (шахт, териконів, відстійників) або поблизу великих доріг – як потенційно менш сприятливі для розміщення пасік через екологічні ризики або зниження ресурсної якості. Навпаки, віддалені ділянки з поєднанням полів, природних луків, балок і водойм виявились найбільш придатними для бджільництва. Це дає практичну рекомендацію для раціонального розміщення пасік і забезпечення стабільного медозбору.

Також карта підсвітила важливість просторової мозаїки – поєднання різних типів угідь (поля + пасовища + природні ділянки + дерева-медоноси) на невеликій відстані. Така мозаїчна структура забезпечує сезонну безперервність цвітіння, що особливо цінною є для бджіл і медопродуктивності (рис. 3.7).

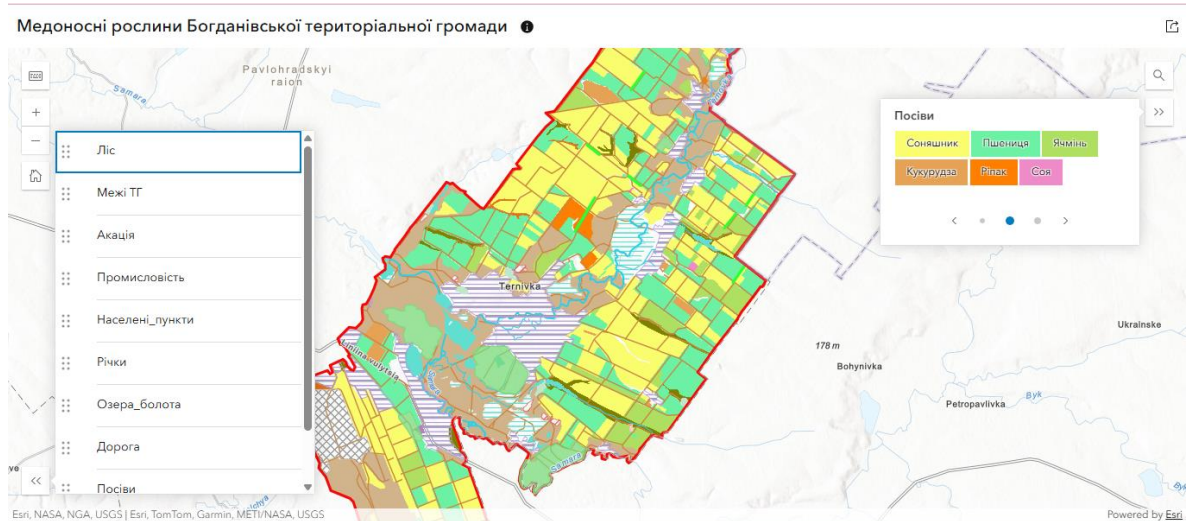


Рис. 3.7. Кінцевий результат інтерактивної карти [за автором]

Посилання на кінцевий результат інтерактивної карти:
<https://karazingeo.maps.arcgis.com/apps/instant/basic/index.html?appid=e5c771a4a1564018a48321c0c443dccd>.

Отже, результати проекту підтвердили, що аналіз території за допомогою ГІС – буферизації, класифікації, зонування та точкового картування – дає не просто картографічне зображення, а практичну основу для прийняття рішень: де і коли можна розміщувати пасіки, які ділянки мають найбільший медоносний потенціал, а які краще уникати. Цей підхід робить медоносну базу громади більш прозорою, структурованою та керованою, що має значення і для біологічного, і для економічного ефекту від бджільництва.

3.3. Рекомендації щодо раціонального використання медоносних ресурсів

Пропозиції щодо покращення медоносної бази Богданівської громади передбачають системний комплекс заходів, спрямованих на підвищення продуктивності як природних, так і штучно створених медоносних угідь, а також забезпечення стабільного та різноманітного медозбору впродовж усього активного сезону бджолярства. Ці заходи мають стратегічне значення як для розвитку місцевого бджільництва, так і для підтримання екологічної рівноваги та продуктивності сільськогосподарських культур через забезпечення їх якісного запилення.

1. Охорона та відновлення природних екосистем

Найважливішим напрямом є охорона та відновлення природних трав'яних екосистем, оскільки саме вони забезпечують багате різнотрав'я, що формує різноманітну та збалансовану кормову базу для бджіл. Природні луки є невід'ємним джерелом пилку та нектару, особливо у весняний та ранньолітній періоди, коли культурні медоноси ще не цвітуть або вже відцвіли.

Збереження природних луків передбачає цілий ряд заходів: недопущення їх необґрунтованої оранки під посіви, заліснення ерозійно небезпечних та непридатних для землеробства ділянок схилів і балок з використанням медоносних

порід дерев та чагарників, а також впровадження помірного та регульованого режиму випасу худоби на пасовищах. Помірний випас сприяє природному оновленню рослинності, запобігає надмірному задернінню і підтримує оптимальне видове різноманіття трав'яного покриву. Навпаки, перевипас призводить до деградації лучних угідь і зникнення цінних медоносних рослин.

Додатково важливо проводити моніторинг стану природних медоносних угідь, виявляти рідкісні та зникаючі види медоносів і вживати заходів для їх збереження. Це може включати створення природоохоронних територій, обмеження господарської діяльності на особливо цінних ділянках та просвітницьку роботу серед місцевого населення щодо важливості збереження біорізноманіття.

2. Екологізація сільськогосподарського виробництва

Критично важливим є обмеження використання хімічних засобів захисту рослин у сільському господарстві. Мінімізація застосування пестицидів, особливо системних неоникотиноїдів та інших препаратів, токсичних для запилювачів, а також поступовий перехід на більш екологічні технології вирощування (інтегрований захист рослин, біологічні методи боротьби зі шкідниками, органічне землеробство) дозволяють істотно зменшити загрозу для бджіл та інших корисних комах.

Важливо також дотримуватись правил безпечного застосування засобів захисту рослин: уникати обробок під час цвітіння медоносів, проводити обприскування в нічні або ранкові години, коли бджоли неактивні, своєчасно інформувати бджолярів про заплановані обробки. Зменшення хімічного навантаження на агроєкосистеми не лише підвищує безпеку для бджіл, а й покращує загальну екологічну ситуацію, підвищує врожайність медоносних культур завдяки якіснішому запиленню та сприяє отриманню екологічно чистої продукції бджільництва.

3. Створення квітучих коридорів

Однією з найперспективніших та інноваційних стратегій є створення безперервних квітучих коридорів – спеціально сформованих смуг медоносної рослинності уздовж доріг, польових шляхів, лісосмуг, балок, заплав річок та струмків. Такі коридори виконують множинні функції: вони забезпечують стабільну та доступну кормову базу для бджіл протягом усього сезону, створюють міграційні шляхи для диких запилювачів, підвищують загальну екосистемну стійкість та біологічну різноманітність ландшафтів, сприяють запиленню прилеглих сільськогосподарських культур.

Квітучі коридори можуть складатися з різних ярусів рослинності – від низькорослих трав'яних медоносів (конюшина, еспарцет, люцерна, фацелія) до чагарникових порід (акація жовта, смородина золотиста) та деревних видів (липа, акація біла, клен). Важливо підібрати асортимент рослин таким чином, щоб забезпечити конвеєр цвітіння з ранньої весни до пізньої осені. Це дозволить компенсувати періоди недостатнього медозбору та підтримувати бджолосім'ї в активному стані протягом усього сезону.

4. Цілеспрямована висадка медоносних рослин

Додатковою важливою рекомендацією є систематична висадка спеціально підібраних рослин-медоносів у найбільш придатних для цього місцях. Асортимент може включати: липу дрібнолисту та серцелисту (відмінний літній медонос, медопродуктивність до 800-1000 кг/га), акацію білу (ранніх літній медонос, до 600-800 кг/га), різні види конюшини (лучна, біла, гібридна – 100-150 кг/га), фацелію пижмолисту (універсальний швидкоростучий медонос, 200-300 кг/га), еспарцет піщаний та посівний (цінний кормовий та медоносний багаторічник, 100-200 кг/га), лаванду (довгоквітучий медонос із цінними лікарськими властивостями), гречку (традиційний медонос, 70-200 кг/га), соняшник, гірчицю білу, донник, а також дикорослі медоноси місцевої флори.

Висадку доцільно здійснювати в лісосмугах та полезахисних насадженнях, на необроблюваних та малопродуктивних землях, деградованих ділянках після їх рекультивації, уздовж меж полів, на схилах балок та ярів, біля водних об'єктів та безпосередньо поблизу пасік. Це сприятиме формуванню більш рівномірного сезонного медозбору, зменшить залежність бджолярів від коливань структури посівних площ сільськогосподарських культур і дозволить отримувати різноманітні види меду з особливими смаковими та лікувальними властивостями.

5. Організаційні та просвітницькі заходи

Для успішної реалізації програми покращення медоносної бази необхідно передбачити організаційні заходи: створення детального плану розміщення медоносних насаджень з урахуванням радіусу продуктивного польоту бджіл (зазвичай 2-3 км), залучення фахівців-агрономів та бджолярів до планування заходів, організацію спільних закупівель насіння та саджанців медоносних рослин для зменшення витрат, надання консультаційної підтримки місцевим бджолярам щодо сучасних технологій бджільництва та роботи з органами місцевої влади для включення заходів до програм розвитку громади.

Важливою є також просвітницька робота серед фермерів та землевласників щодо важливості бджіл для запилення сільськогосподарських культур і необхідності дбайливого ставлення до природних медоносних угідь.

Усі ці взаємопов'язані заходи спрямовані на досягнення кількох стратегічних цілей: підвищення біологічного та ландшафтного різноманіття території громади, зміцнення екологічної стійкості та адаптаційної здатності агроєкосистем до змін клімату та інших несприятливих факторів, забезпечення сталого та прибуткового розвитку бджільництва як важливої галузі місцевої економіки, підвищення врожайності ентомофільних сільськогосподарських культур завдяки поліпшенню запилення, створення нових робочих місць у сфері бджільництва та переробки бджолопродукції.

Реалізація цих пропозицій вимагає координації зусиль місцевої влади, сільськогосподарських підприємств, фермерських господарств, бджолярів та громадських організацій, але потенційні вигоди як для економіки, так і для екології громади значно перевищують необхідні інвестиції.

Пропозиції щодо розміщення пасік на території Богданівської громади з урахуванням результатів ГІС-аналізу ґрунтуються на поєднанні даних про медоносні угіддя, інфраструктуру, техногенні об'єкти та природні ландшафтні особливості. Насамперед, оптимальними для встановлення пасік є ділянки, розташовані поблизу найбільш продуктивних медоносів – полів технічних культур (соняшник, ріпак), лісосмуг з акацією та природних різнотравних територій, таких як балки, яри та пасовища. Бажано, щоб відстань до основних медоносних масивів становила не більше 1–2 км, що сприятиме ефективному медозбору та зменшить витрати енергії бджолиних сімей.

Також важливим є уникнення зон потенційного техногенного впливу. ГІС-аналіз дозволив визначити розташування шахт, териконів, відстійників та прилеглих до них територій, де існує ризик забруднення. Пасіки рекомендується розміщувати на відстані не менше 2–3 км від таких об'єктів, щоб мінімізувати ймовірність потрапляння шкідливих речовин у продукти бджільництва. Аналогічно небажано наближатися до великих транспортних вузлів та жвавих доріг, що можуть створювати пилове та шумове навантаження.

Крім того, при виборі локацій слід враховувати доступність води. За результатами оцифрування річок і ставків визначено низку ділянок з достатньою кількістю природних водних джерел, що є необхідною умовою для життєдіяльності бджіл. Оптимально, якщо водні об'єкти розташовані в межах 300–500 метрів від пасіки, але при цьому сама пасіка не має стояти у вологих низинах, де можливе перезволоження чи холодне повітря.

ГІС-аналіз рельєфу та моделювання схилів дозволили виокремити ділянки з найкращими мікрокліматичними умовами. Пасіки бажано розміщувати на сухих, рівних або слабо похилих ділянках, переважно на південних та південно-східних експозиціях, де краще прогрівається повітря та раніше починається сезон льоту бджіл. Натомість уникати варто холодних улоговин, затінених ярів та ділянок із високим ризиком підтоплення.

У підсумку, оптимальне розміщення пасік має поєднувати близькість до медоносної бази, екологічну безпеку, наявність води та сприятливі кліматичні умови. Використання ГІС дозволяє визначити такі ділянки максимально точно, що забезпечує підвищення продуктивності пасік та зменшує потенційні ризики для бджіл і бджільницької продукції.

Розвиток медоносної бази та підтримка бджільництва в Богданівській громаді має стратегічне значення, оскільки цей сектор поєднує екологічні, економічні та соціальні вигоди. Бджільництво є не лише джерелом якісної продукції, а й важливим елементом екосистемних процесів, що забезпечують сталий розвиток території. Використання медоносних ресурсів та їх раціональне управління здатні створити додаткові можливості для громади, підвищити її природний потенціал і сприяти зміцненню місцевої економіки (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Переваги для громади [за автором]

Категорія переваг	Опис та вплив на громаду
Екологічні	Покращення біорізноманіття: Підтримка природних луків та створення квітучих коридорів збільшує видову різноманітність флори. Здоров'я ґрунтів: Зменшення хімічного навантаження та введення багаторічних медоносів у сівозміну покращує структуру ґрунту та зменшує ерозію. Посилення запилення: Збільшення кількості бджіл та медоносів підвищує ефективність запилення всіх сільськогосподарських культур, забезпечуючи вищу врожайність.

Продовження таблиці 3.2

Категорія переваг	Опис та вплив на громаду
Економічні	Зростання доходів агросектору: Збільшення врожайності запилюваних культур (соняшник, ріпак) через краще запилення. Розвиток бджільництва: Стабільна та різноманітна кормова база дозволяє збільшити обсяги виробництва меду та бджолопродуктів (пилок, віск), підвищуючи доходи місцевих пасічників. Бренд і додана вартість: Створення бренду «Екологічно чистий мед Богданівської громади» для виходу на вигідніші ринки збуту.
Соціальні	Створення робочих місць: Стимулювання розвитку малих підприємств у сфері бджільництва та переробки продукції. Підвищення безпеки продуктів: Контроль за хімічною обробкою полів забезпечує виробництво безпечного та якісного меду для споживачів. Сприяння освіті та туризму: Використання інтерактивної ГІС-карти для освітніх цілей та потенційний розвиток «зеленого туризму» (апітуризм).

Комплексний розвиток медоносної бази та підтримка бджільництва приносять Богданівській громаді значні екологічні, економічні й соціальні переваги, формуючи підґрунтя для сталого територіального розвитку. Збагачення рослинного різноманіття, покращення стану екосистем, створення нових робочих місць, підвищення доходів місцевого населення та зміцнення соціальної взаємодії роблять цей напрям одним із найперспективніших для сільських громад. Рациональне використання медоносних ресурсів здатне стати важливим інструментом розвитку як природного, так і людського потенціалу території.

ВИСНОВКИ

Таким чином, у результаті проведеного дослідження було отримано такі результати:

1. Вивчено теоретичні концепції дослідження медоносних ресурсів та їх картографічного відображення. Проаналізовано сучасні підходи до визначення медоносних угідь, їх екологічно-господарської ролі та особливостей просторової організації. Узагальнено основні принципи картографування природних ресурсів і розглянуто можливості геоінформаційних систем у вивченні структури медоносної бази. Це створило фундамент для застосування ГІС-методів у подальших етапах дослідження.

2. Проаналізовано природні та антропогенні фактори, що формують медоносну систему Богданівської громади. Визначено особливості клімату, рельєфу, ґрунтів, структури землекористування, наявність лісосмуг, водойм, техногенних об'єктів та інших компонентів ландшафту, що впливають на продуктивність і доступність медоносів. Виявлено ключові чинники, які сприяють розвитку медоносної бази (наявність технічних культур, різнотрав'я, акацієвих лісосмуг) та ті, що можуть її обмежувати (промислові зони, транспортні коридори, фрагментація території).

3. Здійснено цифрове опрацювання основних категорій земель та компонентів ландшафту за допомогою ГІС. Оцифровано поля, лісосмуги, водойми, дорожню мережу, промислові об'єкти, балки та пасовища; сформовано атрибутивні таблиці з характеристиками кожного типу об'єктів. Використано інструменти буферизації, накладання шарів, аналізу рельєфу та класифікації. Це дозволило отримати комплексне просторове уявлення про структуру медоносних угідь та взаємозв'язок природних і техногенних компонентів ландшафту.

4. Створено інтерактивну картографічну платформу медоносних ресурсів Богданівської громади на базі ArcGIS Online. Розроблено багат шарову карту з можливістю фільтрації, візуалізації та аналізу медоносної бази. Користувач може переглядати розташування медоносних угідь, лісосмуг з білою акацією, водойм, доріг та промислових зон, а також оцінювати їх взаємне положення. Інтерактивність карти забезпечує її практичну застосовність у бджільництві, природокористуванні та плануванні території.

5. Запропоновано рекомендації щодо раціонального використання та покращення медоносних ресурсів громади. Надані рекомендації спрямовані на підвищення ефективності медоносної бази та забезпечення сталого розвитку бджільництва в умовах Богданівської громади.

Проведене дослідження підтвердило ефективність геоінформаційних технологій у виявленні закономірностей просторової організації медоносних ресурсів та плануванні розвитку бджільництва на локальному рівні. Крім того, результати роботи засвідчили, що така інформаційна підтримка є вкрай необхідною для пасічників і фермерів, оскільки сприяє їхній взаємодії та узгодженому управлінню земельними ресурсами. Опитування місцевих пасічників показало, що наявність інтерактивної карти значно полегшує вибір безпечних і продуктивних ділянок для розміщення пасік та підтримує сталий розвиток громади [60]. У перспективі подальші роботи можуть бути спрямовані на деталізацію картографічних моделей, розширення набору польових даних, включення фенологічної інформації про періоди цвітіння, а також інтеграцію інструментів моніторингу у реальному часі. Це дозволить підвищити точність оцінки медоносного потенціалу громади та сприятиме сталому розвитку бджільництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроєкологія та пермакультура: продовольча безпека, повоєнне відновлення, нульове забруднення, сталий розвиток : підручник / ред. П. Є. Арданов. Київ : Талком, 2023. 241 с.
2. Адамчук Л. О. Для забезпечення бджіл кормами. *Науково-технічний бюлетень*. 2016. № 116. С. 5–15.
3. Бджільництво : Посіб. для вивч. дисципліни для студентів напряму 201 – Агрономія. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. 142 с.
4. Белов О. Цифрові моделі рельєфу. *Інноваційні методи проектних та геодезичних робіт* : матеріали 84-ї міжнар. студент. наук. конф., м. Харків, 13 квіт. 2022 р. / ред.: А. Подорожня, А. Батракова. Харків, 2022. С. 16–21.
5. Босак П. В. Моделювання поширення забруднюючих речовин у довкілля з породних відвалів вугільних шахт нововолинського гірничопромислового району. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2022. Т. 26. С. 5–13.
6. Васільєв Д. П., Ільєнко Т. В. Оцінка ефективності модифікованого індексу EVI-S у системі моніторингу рослинного покриву. *Агроєкологічний журнал*. 2025. № 2. С. 55–67.
7. Видобуток і збагачення вугілля DTEK в Україні: енергія, світло та тепло для суспільства. *energo.dtek.com*. URL: <https://energo.dtek.com/business/coal-industry/> (дата звернення: 29.11.2025).
8. Геоінформаційні системи й бази даних : монографія / ред.: В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Жезезняк, А. О. Терещенко. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 237 с.
9. Децентралізація в Україні. *Децентралізація в Україні*. URL: <https://decentralization.ua/newgromada/3618> (дата звернення: 06.03.2025).

10. Донченко М. В. , Коваленко І. І. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.
11. Дронова О.І., Запотоцький С. П. Сучасне природокористування: суспільно-географічний контекст : Навч.-метод. посіб. Київ : Прінт-Сервіс, 2018. 214 с.
12. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. Дніпро, 2021. 240 с. URL: <https://surl.li/hirbee> (дата звернення: 28.11.2025).
13. Жуков О. В. Аналіз просторових даних в екології та сільському господарстві : навч. посіб. Дніпро : ДНУ, 2015. 124 с.
14. Жученко Д. Б. Передумови ефективного функціонування галузі бджільництва. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. № 83. С. 275–282.
15. Зацерковний В. І., Оберемок Н. В. Застосування геоінформаційних систем та геоінформаційних технологій у дослідженні ландшафтів. *Управління розвитком складних систем*. 2018. № 34. С. 92–103.
16. Інтерактивна карта ґрунтів України. *Superagronom.com*. URL: <https://superagronom.com/karty/karta-gruntiv-ukrainy> (дата звернення: 28.11.2025).
17. Коваленко І. М. Трав'яно-чагарничковий ярус як структурна складова лісових фітоценозів Північного Сходу України. *Чорномор. ботан. журн.* 2015. Т. 11, № 2. С. 146–155.
18. Корнієнко Ю. О., Кушовська А. В. Польові медоносні рослини. *Освіта та наука у вимірах ХХІ століття* : Матеріали студент. звіт.-наук. конф., м. Київ, 11 квіт. 2016 р. – 16 квіт. 2016 р. 2016. С. 106–108.
19. Кучерявий В. П., Гоцій Н. Д. Індекс листової площі (lai) ліан роду *parthenocissus planch.* та його вплив на показник озеленення (gnpr). *Лісівництво*. 2019. Т. 11, № 5-6. С. 148–154.

20. Мамонов К. А., Гой В. В. ГІС у системі геопросторового моніторингу використання земель житлової та громадської забудови регіонів. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту*. 213-те вид. Харків, 2025. С. 92–100.
21. Мегедь О. Бджільництво. навч. посіб. / О. Г. Мегедь, В. П. Поліщук. – К.: Вища шк., 1987. – 336 с.
22. Миклуш С. Використання ГІС-технологій у природозаповідній справі. *Проблеми природоохоронного менеджменту територій з інтенсивним веденням господарства, прийнятих до складу національних природних парків* : Матеріали II науково-практ. конф., м. Кременець, 3 жовт. 2012 р. Кременець, 2012. С. 52–57.
23. Опара В. Теоретичні й методичні основи використання ГІС-технологій та створення електронних карт при проведенні землеустрою. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2020. № 31. С. 50–59.
24. Поліщук В.П., Білоус В.І. Медоносні дерева і кущі. – Київ:Урожай, 1972. – 159 с.
25. Посівна онлайн 2023/24. *Latifundist.com*. URL: <https://latifundist.com/posevnaya-online-2025> (дата звернення: 28.11. 2025).
26. Разанов С. Ф., Швець В. В. Вплив органічних і мінеральних добрив та рівня зволоження ґрунтів на концентрацію свинцю у квітковому пилку. *Агроекологічний журнал*. 2012. № 4. С. 38–41.
27. Садова Д. Ш. Цифрова модель рельєфу як просторова основа для картування ґрунтів за допомогою дистанційних методів. *Вісник аграрної науки причорномор'я*. 2019. Т. 23, № 2. С. 69–74.
28. Соломаха І. В. Польові лісосмуги Середнього Лісостепового Придніпров'я як сировинні угіддя для бджільництва. *Агроекологічний журнал*. 2023. Т. 1. С. 13–19.

29. Сорокіна Л., Зарудна Р., Голубцов О. Геоінформаційне картографування ландшафтів України. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2014. № 19. С. 96–102. URL: <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/3778> (дата звернення: 05.03.2025).
30. Степаненко В. Ф. Геоінформаційні системи : навч. посіб. Київ : Каравела, 2020. 122 с.
31. Тарасов В. В. Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. 2-ге вид. Дніпро : ДНУ та ЛІРА, 2012. 309 с. URL: <https://www.zoology.dp.ua/wp-content/downloads/KEDU/Tarasov.pdf> (дата звернення: 28. 11. 2025).
32. Територіальні громади у межах новостворених районів області. URL: <https://adm.dp.gov.ua/pro-oblast/rozvitok-regionu/decentralizaciya/obyednani-teritorialni-gromadi-u-mezhah-novostvorenih-rajoniv-oblasti> (дата звернення: 05.03.2025).
33. Черкасова А., Блонська В. Бджільництво. Київ : Врожай, 1989. 304 с.
34. Черчик М. І. Кормова база бджільництва. Київ : Урожай, 1976. 170 с.
35. Abou-Shaara H. F. Geographical information system for beekeeping development. *Journal of apicultural science*. 2019. Vol. 63, № 1. P. 5–16. URL: <https://scispace.com/pdf/geographical-information-system-for-beekeeping-development-2oztdr7ci4.pdf> (date of access: 29.11.2025).
36. Abrams M., Crippen R. ASTER GDEM V3 : User Guide. National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2019. 10 p. URL: https://lpdaac.usgs.gov/documents/434/ASTGTM_User_Guide_V3.pdf (date of access: 29.11.2025).
37. ArcGIS Desktop 10.7: ArcMap Functionality Matrix. New York : Esri, 2019. 51 с. URL:

[us/media/pdf/product/desktop/arcgis-10.7-desktop-arcmap-functionality-matrix.pdf](https://media/pdf/product/desktop/arcgis-10.7-desktop-arcmap-functionality-matrix.pdf)

(дата звернення: 28.11.2025).

38. ArcGIS. URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (date of access: 29.11.2025).

39. Ausseil, A. G., Dymond, J. R., & Newstrom, L. Mapping floral resources for honey bees in New Zealand at the catchment scale. *Ecological Applications*. 2018. Vol. 28, №5. P. 1182-1196.

40. Berardinelli, I., & Vedova, G.D. Use of GIS in the management of apiculture: preliminary note. *APOidea - Rivista Italiana di Apicoltura*. 2019. Vol. 1, № 1. P. 31-36.

41. Burrough P.A., McDonnell R. Principles of Geographical Information Systems. *Oxford University Press*, 1998. P. 42-51.

42. Comino E., Rosso M. Vegetation and Glacier Trends in the Area of the Maritime Alps Natural Park (Italy): MaxEnt Application to Predict Habitat Development. *Climate*. 2021. Vol. 9, № 4. P. 54–67.

43. Data classification methods–ArcGIS Pro | Documentation. URL: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm> (date of access: 29.11.2025).

44. Dong P. An effective buffer generation method in GIS. *Geoscience and Remote Sensing Symposium* : Proceedings of the international conference, 6 August 2003. 2003. P. 37006–37008.

45. ESRI. Best Practices for Web Mapping. Esri Press, 2021. P. 22 p. URL: https://mediaspace.esri.com/media/t/1_48k81wuz (date of access: 29.11.2025).

46. Florinsky I. V. Digital Terrain Analysis. 3rd ed. Elsevier, 2025. 124 p.

47. GIS in Land use and Zoning analysis for better city planning. *MAPOG*. URL: <https://www.mapog.com/gis-in-land-use-and-zoning-analysis-for-better-city-planning/> (date of access: 29.11.2025).

48. Huete A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. of Environ.* 1988. № 25. P. 295–309.
49. Kotovs D., Zacepins A. GIS-Based Interactive Map to Improve Scheduling Beekeeping Activities. *Agriculture*. 2023. Vol. 13, № 3. P. 123–135.
50. Kukurudza S. Biogeography : Textbook. Lviv : Lviv Ivan Franko National University Publishing Center, 2006. 504 p.
51. LiDAR for Vegetation Analysis - GeoAI. *Geospatial Artificial Intelligence | GeoAI*. URL: <https://geoai.au/lidar-for-vegetation-analysis/> (date of access: 09.10.2025).
52. Malczewski J. GIS-based Land-use Suitability Analysis: A Critical Overview. *Progress in Planning*. 2004. Vol. 62. P. 3–65.
53. Matthew S., Clint O. Using Colony Monitoring Devices to Evaluate the Impacts of Land Use and Nutritional Value of Forage on Honey Bee Health. *Forestry and Natural Resources*. 2018. Vol. 8. P. 12–26.
54. Overlay Layers–ArcGIS Online | Documentation. *ArcGIS*. URL: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/analyze/overlay-layers-mv.htm> (date of access: 28.11.2025).
55. Pal P., Sahu M. Utilising Iot Technologies To Improve Beekeeping Through Remote Hive Monitoring. *Journal of Survey in Fisheries Sciences*. 2022. P. 36–372.
56. Sentinel Hub. *Sentinel Hub*. URL: <https://www.sentinel-hub.com> (date of access: 29.11.2025).
57. SINOPTIK: Погода у Богданівці. Прогноз погоди Богданівка у Дніпропетровській області, Павлоградському районі на тиждень, Україна. *Sinoptik*. URL: <https://sinoptik.ua/pohoda/bohdanivka> (дата звернення: 29.11.2025).
58. SRTM Data – CGIAR-CSI SRTM. *CGIAR-CSI SRTM – SRTM 90m DEM Digital Elevation Database*. URL: <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/> (date of access: 06.03.2025).

59. Veselova, K. S. Analysis of the impact of industrial landscapes on the distribution of honey plants: a case study of the Bohdanivska Territorial Community, Dnipropetrovsk region. *Geographical Research: History, Present, Prospects*: Collection of Scientific Papers Based on the Annual Scientific Conference of Students and Postgraduates Dedicated to the Memory of Prof. H. P. Dubynskyi, April 10, 2025. Issue 17. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 2025, pp. 68–72.

60. Veselova K. S. Efficiency and perspectives of using interactive maps for analysis of honey resources. *Geographical Research: History, Present, Prospects*: Collection of Scientific Papers Based on the Annual Scientific Conference of Students and Postgraduates Dedicated to the Memory of Prof. H. P. Dubynskyi, April 11, 2024. Issue 16. Kharkiv: V. N. Karazin Kharkiv National University, 2024, pp. 60-63.

61. Veselova K. S. Активні та ефективні температури. *arcgis.com*. URL: <https://karazingeo.maps.arcgis.com/apps/instant/basic/index.html?appid=f93ad8597e904db8ba2857825c58a6e0> (дата звернення: 29.11.2025).