

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

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фізичної географії та картографії

Зав. кафедри _____ До захисту допустити
доцент **Анатолій БАЙНАЗАРОВ**
« _____ » _____ 2024 р.

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ
МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Виконав: студентка 4-го курсу д.ф.н,
групи ГК- 41

спеціальність: 106 Географія
освітня програма: Картографія,
геоінформатика і кадастр

Карина Сергіївна ВЕСЕЛОВА

Науковий керівник:

доцент, к.пед.н. Катерина БОРИСЕНКО

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК **Олександр САВВІЧ**

Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**

« _____ » _____ 2024 р.

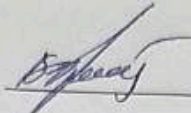
Харків – 2024

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

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

Кафедра фізичної географії та картографії

Зав. кафедри



До захисту допустити
доцент **Анатолій БАЙНАЗАРОВ**
« 17 » серпня 2024 р.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ
МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

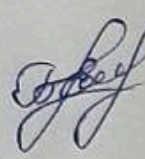
Виконав: студентка 4-го курсу д.ф.н,
групи ГК- 41

спеціальність: 106 Географія
освітня програма: Картографія,
геоінформатика і кадастр

 **Карина Сергіївна ВЕСЕЛОВА**

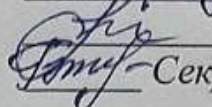
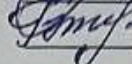
Науковий керівник:

доцент, к.пед.н. **Катерина БОРИСЕНКО**



Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

98 (відмінно)

 Голова ЕК **Олександр САВВІЧ**
 Секретар ЕК **Тетяна БУЛГАКОВА**

« 20 » серпня 2024 р.

Харків – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КАРТОГРАФІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	6
1.1 Основні поняття та методи картографічного забезпечення.....	6
1.2 Роль карт у сучасному бджільництві.....	14
1.3 Сучасні тенденції у картографічному забезпеченні аграрних галузей.....	22
РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У БДЖІЛЬНИЦТВІ	29
2.1 Огляд сучасних ГІС-технологій та їх роль у бджільництві.....	29
2.2 Проблемні питання у сфері бджільництва, які можна вирішити використовуючи ГІС.....	37
2.3 Моделювання розподілу медоносних ресурсів за допомогою геоінформаційних систем.....	43
РОЗДІЛ 3. КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС	51
3.1 Визначення оптимальних місць для розміщення пасік з використанням ГІС.....	51
3.2 Створення інтерактивної карти розподілу медоносних ресурсів на території України.....	61
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	74

ВСТУП

Бджільництво є однією з найдавніших галузей сільського господарства, що має велике значення для забезпечення продовольчої безпеки та збереження біорізноманіття. Медоносні рослини відіграють ключову роль у цьому процесі, забезпечуючи бджолам необхідні ресурси для виробництва меду та інших продуктів бджільництва. Однак, через зміни клімату, урбанізацію та інтенсивне сільськогосподарське виробництво, ареали поширення медоносних рослин зазнають значних змін, що може негативно вплинути на дану галузь.

Геоінформаційні системи та методи просторового моделювання стають все більш важливими інструментами для вивчення та аналізу розподілу медоносних ресурсів на великих територіях. Використання геоінформаційних систем дозволяє збирати, обробляти та аналізувати просторові дані про поширення медоносних рослин, їх фенологію, продуктивність, а також враховувати вплив кліматичних, топографічних та антропогенних чинників

На сьогоднішній день, питання вивчення картографічного забезпечення бджільництва в Україні є досить актуальним. Це обумовлено тим фактом, що Україна наразі є лідером на світовій арені у галузі бджільництва. У зв'язку зі зростанням роздробленості земель та збільшенням кількості землевласників і землекористувачів, перед пасічниками постає завдання вибору територій для розміщення пасік, які б забезпечували оптимальну кормову базу для бджіл та високу продуктивність пасіки. Тому *актуальним* є питання оцінки та моделювання розподілу медоносних ресурсів на території України з метою раціонального планування розміщення пасік та забезпечення їх необхідною кормовою базою.

Значимість картографічних досліджень бджільництва підвищується тим, що при їх проведенні застосовується комплексний підхід, що дозволяє оцінити всі фактори у взаємозв'язку, та у просторовому аспекті, оскільки розвиток галузі бджільництва є високою мірою територіально обумовленим.

Об'єктом дослідження є територія України та медоносні ресурси на її території.

Предметом дослідження є геоінформаційне моделювання для оцінки та прогнозування розподілу медоносних ресурсів на території України.

Метою даного дослідження є розробка та апробація методології геоінформаційного моделювання розподілу медоносних ресурсів на території України з метою оптимізації розміщення пасік та підвищення ефективності бджільництва. Це допоможе визначити найбільш перспективні регіони для розвитку бджільництва, оцінити наявність та доступність медоносних ресурсів, а також спрогнозувати можливі зміни в їх розподілі у майбутньому.

Відповідно до мети, були поставлені наступні *задачі*:

1. Проаналізувати теоретичні аспекти картографічного забезпечення.
2. Виявити можливості використання сучасних геоінформаційних технологій та їх роль у бджільництві.
3. Скласти методики аналізу розподілу медоносних рослин на території України з використанням геоінформаційних систем.
4. Розробити інтерактивну карту, яка відобразить розподіл медоносних ресурсів по території України.

Методичний апарат включає стандартні прийоми геоінформаційного аналізу, статистичні методи та програмне забезпечення для візуалізації результатів. Важливу роль відіграють статистичні методи обробки даних та моделювання.

Наукова новизна даної роботи полягає у розробці методології геоінформаційного моделювання розподілу медоносних ресурсів на території України, використанні сучасних геоінформаційних технологій для визначення оптимальних місць розміщення пасік, створенні інтерактивної карти розподілу медоносних ресурсів, а також апробації нових моделей просторового аналізу та прогнозування, що підвищує ефективність управління медоносними ресурсами та сприяє розвитку бджільництва в Україні.

Практичне значення результатів полягає у створенні інтерактивної карти розподілу медоносних ресурсів України, що надає бджолярам доступ до актуальної інформації для оптимального розміщення пасік, підвищення продуктивності та ефективного використання медоносних ресурсів; використанні геоінформаційних технологій для управління медоносними ресурсами та прийняття обґрунтованих рішень; впровадженні комплексного підходу до моніторингу медоносних ресурсів, що може бути застосовано в інших регіонах та галузях.

Окремі твердження та положення, що представлені в даній роботі пройшли апробацію в рамках міжнародної науково-практичної конференції студентів та аспірантів «Географічні дослідження: історія, сучасність, перспективи», присвяченої пам'яті професора Г. П. Дубинського (Харків, 2024 р.).

Робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (77 джерел). Робота викладена на 80 сторінках основного тексту і включає 25 ілюстрацій та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ КАРТОГРАФІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1. Основні поняття та методи картографічного забезпечення

Картографічне забезпечення є фундаментальним елементом у дослідженні та управлінні просторовими даними, що дозволяє ефективно візуалізувати, аналізувати та використовувати інформацію про території [37]. В сучасному світі, де геопросторові дані відіграють критичну роль у різних галузях, від аграрного сектора до урбаністики, розуміння основних понять і методів картографічного забезпечення стає особливо важливим.

Основними поняттями, що лежать в основі картографічного забезпечення, є карта, картографування та геоінформаційні системи. Ми ще розглянемо таке поняття, як медоносні ресурси.

Методи картографічного забезпечення включають в себе кілька основних етапів: збір даних, їх обробку, картографічне моделювання та візуалізацію результатів [18]. Збір даних може здійснюватися за допомогою топографічних зйомок, дистанційного зондування та геодезичних вимірювань. Обробка даних передбачає створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР), аналіз просторових даних і тематичне картографування. Картографічне моделювання включає в себе використання ГІС-технологій для аналізу просторових закономірностей та створення тематичних карт. Візуалізація результатів здійснюється через створення карт і планів, що дозволяють користувачам легко інтерпретувати та використовувати інформацію.

У цьому підрозділі детально розглядаються зазначені поняття та методи, що є основою для подальшого дослідження і застосування у сфері картографічного забезпечення, зокрема в контексті дослідження медоносних ресурсів на території України.

За традиційним уявленням, карта – це зменшене узагальнене зображення поверхні Землі або іншого небесного тіла, виконане на площині за певними математичними законами та з використанням умовних знаків [42].

Відповідно до Держстандарту України, карта представляє собою зменшене та узагальнене зображення земної поверхні або інших небесних тіл, яке побудоване на математичній основі та відображає об'єкти за допомогою встановленої системи умовних позначень [12]. Карти є основним засобом відображення просторової інформації в картографії.

Загалом, державні стандарти, енциклопедичні видання, довідники та підручники з картографії пропонують різні трактування, які часто відрізняються лише редакційно, акцентуючи увагу на різних властивостях картографічного зображення. З появою нових типів карт, таких як електронні зображення на комп'ютерних екранах, здійснюються спроби змінити попередні визначення з урахуванням нових характеристик та особливостей карт.

Таким чином, Клавдій Птолемей (близько 90-168 рр. н.е.) – давньогрецький астроном і географ, визначив карту як «зображення відомої частини світу на поверхні» [65].

Американський картограф Артур Х. Робінсон у роботі «Погляд карти» запропонував таке визначення: «Карта – це зменшена, узагальнена вибірка просторових відношень систематичних концепцій, які передбачають використання знаків для конструювання узагальнених моделей просторових відносин» [67].

А, наприклад, Ральф Ерл Буч – сучасний американський картограф, визначив карту як «символічну виставу географічних реалій, що показує просторові взаємини на визначеній території Землі або іншої сфери» [48].

Карти можуть відображати різні аспекти географічних даних, від фізичних особливостей ландшафту до розміщення населених пунктів та економічних об'єктів. Вони створюються на основі збору та аналізу інформації, яка потім відображається на площині відповідно до встановленої

системи координат і символіки. Карти використовуються у багатьох галузях, включаючи географію, геологію, сільське господарство, туризм, міське планування та інші. Наведені нижче основні характеристики карт сприяють їх ефективному використанню в різних сферах діяльності (рис. 1.1) [21].



Рис. 1.1 Основні властивості карт [за автором]

Карти виконують різноманітні функції, такі як інвентаризація та облік природних і економічних ресурсів, просторовий аналіз та моделювання, планування та проектування, навігація та орієнтування на місцевості, освітня та наукова діяльність.

Таким чином, карта є невід'ємним інструментом для відображення, аналізу та дослідження просторових даних у різних галузях діяльності людини.

Картографування – це процес створення карт, що включає збір, аналіз, обробку та представлення географічних даних. Це науково-технічна діяльність, яка дозволяє візуалізувати просторові дані і забезпечує точне зображення різноманітних об'єктів та явищ на земній поверхні [4].

Американський картограф Артур Х. Робінсон розглядав картографування як «мистецтво, науку і технологію створення карт,

включаючи конструювання проєкцій, розробку змісту та дизайну карт, а також друк карт» [66].

Німецький картограф Едуард Імгоф у роботі «Картографічні твори» (1967) визначив картографування як «створення справжніх образів реальних об'єктів з метою полегшити розуміння та оцінку їх взаємних відносин і властивостей» [60].

Процес картографування включає такі основні етапи:

1. Збір вихідних даних (польові вимірювання, дані дистанційного зондування, статистичні дані тощо).
2. Обробка та аналіз зібраних даних.
3. Генералізація та узагальнення даних відповідно до масштабу і призначення майбутньої карти.
4. Вибір картографічної проєкції та математичної основи.
5. Розробка умовних знаків та легенди карти.
6. Створення картографічного зображення (креслення або комп'ютерна візуалізація).
7. Редагування, коригування та оформлення карти.

Сучасне картографування значною мірою залежить від технологічних досягнень, включаючи використання комп'ютерів та ГІС. Ці технології дозволяють створювати більш точні та детальні карти, що можуть включати інтерактивні елементи та підтримувати багатовимірний аналіз даних.

Таким чином, картографування є складним та багатогранним процесом, що поєднує науку, техніку та мистецтво для створення карт, які відіграють важливу роль у багатьох аспектах сучасного життя [30].

Геоінформаційні системи (далі ГІС) – це комп'ютерні системи, призначені для збору, зберігання, аналізу, управління та візуалізації географічних даних. ГІС об'єднує апаратні засоби, дані, програмне забезпечення та користувачів для створення інтегрованих рішень, що дозволяють ефективно працювати з просторовою інформацією [26].

ГІС визначаються як «системи для аналізу, зберігання, збору та візуалізації географічних даних», – Джек Дангермонд, засновник компанії Esri, однієї з провідних компаній у даній сфері [77].

Згідно з визначенням Асоціації геоінформаційних систем (URISA), «ГІС – це система для введення, зберігання, маніпулювання, аналізу та відображення географічних даних» [73].

А ось американський вчений Майкл Ф. Гудчайлд у книзі «Географічні інформаційні системи та наука» зазначав, що ГІС – це «інтегрована комп'ютерна система, яка дозволяє збирати, зберігати, обробляти, аналізувати та візуалізувати просторові дані» [56].

Основними компонентами ГІС є:

1. Апаратні засоби: комп'ютери, сервери, мобільні пристрої та інші апаратні засоби, що забезпечують роботу системи.
2. Програмне забезпечення: спеціалізовані програми для збору, аналізу та візуалізації географічних даних. Одним із найвідоміших програмних продуктів є ArcGIS, розроблений компанією Esri [23].
3. Дані: географічні та просторові дані, включаючи супутникові знімки, цифрові моделі рельєфу, картографічні дані, соціально-економічні показники тощо.
4. Методи: методології та алгоритми, які використовуються для аналізу даних та створення картографічних зображень.
5. Люди: користувачі та фахівці, які працюють з ГІС, включаючи картографів, аналітиків, програмістів та інших спеціалістів.

Загалом, розвиток ГІС почався у 1960-х роках, коли канадський географ Роджер Томлінсон розробив першу систему для аналізу та управління географічними даними, відому як Канадська географічна інформаційна система (CGIS). З того часу ГІС технології значно розвинулися, включаючи інтеграцію супутникових даних, розвиток програмного забезпечення та підвищення обчислювальної потужності комп'ютерів.

ГІС дозволяють ефективно обробляти великі обсяги просторових даних, виконувати різноманітні аналітичні операції (запити, буферизацію, накладання шарів, інтерполяцію та ін.), створювати тематичні карти, моделювати просторові процеси та явища, підтримувати прийняття рішень.

Застосування ГІС охоплює численні сфери діяльності, такі як: містобудування, управління ресурсами, транспорт, екологію, геологію, землеустрій, лісове та сільське господарство, маркетинг та багато інших.

Сьогодні ГІС є невід'ємною частиною багатьох наукових досліджень та практичних застосувань, що сприяють покращенню управління територіями, природними ресурсами та іншими аспектами нашого життя.

Що стосується медоносних ресурсів, то – це природні та культивовані рослини, які виробляють нектар і пилок, що служать основними джерелами живлення для медоносних бджіл та інших запилювачів [1]. Як вже сказалося раніше, вони відіграють важливу роль у підтримці здоров'я та продуктивності бджолиних сімей, а також у забезпеченні стабільного виробництва меду та інших бджолопродуктів. Медоносні рослини можна поділити на дві основні групи: дикорослі та культурні (рис. 1.2) [2].



Рис. 1.2 Основні медоносні рослини [за автором]

Медоносні ресурси є критично важливими для виживання та продуктивності медоносних бджіл. За словами відомого бджолознавця Карла

фон Фріша, бджоли потребують постійного доступу до різноманітних джерел нектару та пилку для забезпечення своїх енергетичних та поживних потреб [61]. Нестача медоносних ресурсів може призвести до зниження продуктивності пасік і навіть загибелі бджолиних сімей.

Раціональне використання медоносних ресурсів передбачає врахування різних факторів, таких як:

- Агротехнічні заходи: створення медоносних полів, посадка медоносних культур, зміна сівозмін для забезпечення безперервного цвітіння рослин протягом сезону.
- Збереження та відновлення природних медоносних угідь: охорона лісів, луків і степів, де ростуть дикорослі медоноси.
- Моніторинг та управління медоносними ресурсами: використання геоінформаційних систем для картографування медоносних ресурсів та планування розташування пасік.

Медоносні ресурси відіграють ключову роль у підтримці екологічного балансу та біорізноманіття. Бджоли, запилюючи рослини, сприяють їх розмноженню та підтримці екосистемних послуг, таких як виробництво їжі, збереження ґрунтів і водних ресурсів. Збереження та ефективне управління медоносними ресурсами є важливими для стійкого розвитку сільського господарства та збереження навколишнього середовища.

Таким чином, медоносні ресурси є невід'ємною складовою природних та агроекосистем, забезпечуючи життєдіяльність бджолиних сімей та підтримку біорізноманіття. Раціональне використання та збереження цих ресурсів сприяє стабільності та продуктивності бджільництва, а також екологічному благополуччю [41].

Картографічне забезпечення медоносних ресурсів включає в себе використання різноманітних методів і технологій для створення карт, які відображають розподіл та стан медоносних рослин, важливих для бджільництва. Основні із цих методів включають:

- Традиційні картографічні методи

Полеві дослідження. Включають збір даних про розподіл медоносних рослин безпосередньо на місцевості. Це найстаріший метод, який залишається актуальним завдяки високій точності отриманих даних.

Аналіз аерофотознімків. Використання фотографій, зроблених з літаків або дронів, для вивчення розподілу рослинності. Це дозволяє створювати детальні карти на основі візуальних спостережень.

- ГІС

Збір і обробка даних. Використання ГІС для збору, зберігання та обробки просторових даних про медоносні рослини. ГІС дозволяє інтегрувати дані з різних джерел та створювати комплексні карти.

Аналіз просторових даних. Використання ГІС для аналізу розподілу медоносних ресурсів, моделювання їх змін та оцінки впливу різних факторів (кліматичних, антропогенних тощо).

- Дистанційне зондування

Супутникові знімки. Використання даних з супутників для моніторингу стану рослинності на великих територіях. Супутникові знімки дозволяють оцінювати біомасу, вологість ґрунту та інші параметри, важливі для медоносних ресурсів.

Інфрачервоні знімки. Використання інфрачервоних знімків для визначення здоров'я та продуктивності рослин. Це дозволяє виявляти стресові стани рослин, що можуть впливати на їх медоносність.

- Моделювання та прогнозування

Екологічні моделі. Використання математичних моделей для прогнозування змін у розподілі медоносних ресурсів під впливом кліматичних змін, антропогенних факторів та інших впливів.

Прогнозування продуктивності пасік. Моделі, що дозволяють оцінити потенційну продуктивність пасік на основі даних про медоносні ресурси.

- Інтерактивні карти та веб-додатки

Веб-ГІС додатки. Створення інтерактивних карт, доступних через інтернет, що дозволяють пасічникам та дослідникам отримувати актуальну інформацію про медоносні ресурси в режимі реального часу.

Сучасні методи картографічного забезпечення медоносних ресурсів базуються на поєднанні традиційних польових досліджень з новітніми технологіями ГІС та дистанційного зондування. Це дозволяє створювати точні, актуальні та інформативні карти, що є важливими для ефективного управління медоносними ресурсами та підтримки продуктивності бджільництва.

1.2 Роль карт у сучасному бджільництві

Використання карт у бджільництві має важливе значення для ефективного управління пасіками, забезпечення здоров'я бджолиних сімей та оптимізації виробництва меду. Карти надають пасічникам візуальне уявлення про просторовий розподіл медоносних ресурсів, що допомагає приймати обґрунтовані рішення щодо розміщення пасік і управління ними.

Визначення найбільш придатних ділянок для розміщення вуликів та їх картографування є дуже важливим завданням, оскільки це може зменшити втрати колоній, і в той же час може забезпечити затребувані послуги із запилення [9]. Бджільництво забезпечує сталість і збереження природних ресурсів завдяки запиленню великої кількості місцевих і культивованих рослин. Проте в останні десятиліття багато сільськогосподарських методів було розроблено з метою підвищення виробництва сільськогосподарських культур, але вони призвели до тривалого тиску на природне середовище, таким чином негативно впливаючи на місцевих запилювачів і зменшуючи послуги із запилення. Насправді, біорізноманіття та виробництво їжі значною мірою залежать від запилення, яке здійснюють бджоли. В даний час існує широке занепокоєння через зменшення кількості вуликів, дивного явища, яке відбувається в усьому світі і до сьогодні мало відомо про його причини. Звідси

важливість картографування даної сфери для посилення діяльності та збереження бджіл.

У сучасній науковій літературі набуває значної популярності вивчення можливостей тематичного геоінформаційного картографування та створення баз даних для цієї цілі [40]. Проте, дослідження з застосування геоінформаційного аналізу розглядаються менш часто. Варто відзначити, що більшість робіт з цієї тематики базуються на фізико-географічних дослідженнях, а в сфері суспільної географії наводяться приклади аналізу демографічних процесів.

Екологічні характеристики місцевості, де розташована пасіка, мають велике значення для планування діяльності у бджільництві. Бджоли, хоча й є домашніми тваринами, відіграють важливу роль у природних екосистемах. Вони є ключовими факторами у зоохоричних зв'язках, оскільки екосистема формується навколо рослинного елементу – фітоценозу, зокрема, квіткових рослин, більшість з яких залежать від запилення комахами, зокрема бджолами.

Використання карт відіграє ключову роль у визначенні оптимального розташування пасік, оскільки вони надають візуальне уявлення про просторовий розподіл медоносних ресурсів. З допомогою карт пасічники можуть ідентифікувати території з високою концентрацією медоносних рослин, таких як липа, акація, гречка та соняшник, що є критичними для продуктивності пасік. Крім того, карти допомагають враховувати екологічні фактори, такі як доступність водних джерел, тип ґрунту та кліматичні умови, що впливають на здоров'я і продуктивність бджіл. Таким чином, використання карт дозволяє обрати найкращі місця для розміщення пасік, забезпечуючи бджолам оптимальні умови для збирання нектару та пилку.

Кarti також сприяють мінімізації ризиків, пов'язаних із розташуванням пасік. За допомогою карт можна уникати зон із високим рівнем забруднення або зон, де активно використовуються пестициди, що можуть негативно впливати на здоров'я бджіл. Також карти допомагають враховувати наявність природних бар'єрів або конкуренцію з іншими пасіками в регіоні, що дозволяє

уникати перенасичення бджолами певних територій. Завдяки цьому, пасічники можуть раціонально розподіляти свої пасіки, збільшуючи їхню продуктивність та стійкість до негативних факторів, що в кінцевому результаті веде до підвищення ефективності та прибутковості бджільництва.

Використання карт суттєво покращує моніторинг та управління медоносними ресурсами, надаючи пасічникам точні та актуальні дані про розподіл і стан медоносних рослин. Карти дозволяють візуалізувати просторові зміни в розподілі медоносних ресурсів, такі як зростання або зменшення площі насаджень липи, акації, гречки та інших важливих рослин. Завдяки цьому пасічники можуть своєчасно реагувати на зміни, наприклад, висаджувати додаткові медоносні рослини або змінювати місцезнаходження пасік, щоб забезпечити бджолам достатньо кормової бази. Крім того, регулярне оновлення карт допомагає відстежувати сезонні зміни та вплив кліматичних умов на продуктивність медоносних рослин, що є критичним для планування робіт на пасіках.

Карти також сприяють ефективному управлінню медоносними ресурсами шляхом інтеграції різноманітних даних, таких як вологість ґрунту, рівень опадів та наявність шкідників. Це дозволяє пасічникам здійснювати комплексний аналіз і приймати обґрунтовані рішення щодо догляду за медоносними рослинами та захисту їх від хвороб і шкідників. Наприклад, на основі карт можна планувати розміщення додаткових водних джерел або зон збагачення ґрунту, що сприятиме підвищенню якості та кількості медоносних рослин. Загалом, використання карт у моніторингу та управлінні медоносними ресурсами дозволяє пасічникам оптимізувати свої діяльність, підвищуючи ефективність та продуктивність своїх пасік.

Використання карт сприяє підвищенню продуктивності пасік шляхом точного визначення оптимального розташування та управління медоносними ресурсами. З допомогою карт пасічники можуть ідентифікувати території з високою концентрацією медоносних рослин і стратегічно розміщувати свої пасіки для максимізації збору нектару та пилку. Крім того, картографічні дані

дозволяють враховувати різноманітні фактори, такі як кліматичні умови та доступність водних джерел, що впливають на здоров'я та продуктивність бджіл. Це допомагає пасічникам раціонально розподіляти свої ресурси та ефективно керувати пасічним господарством, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення виробничого потенціалу пасік та збільшення врожайності бджіл.

Використання карт важливо для забезпечення екологічної стійкості бджільництва через точне визначення місць розташування пасік та контроль за впливом людської діяльності на навколишнє середовище. З допомогою карт можна виявляти та моніторити екологічно чисті зони, де відсутні промислові та сільськогосподарські забруднення, що забезпечує надійне джерело нектару та пилку для бджіл. Крім того, картографічні дані дозволяють враховувати ризики екологічного забруднення та вплив кліматичних змін на медоносні ресурси, що дає змогу приймати заходи з їх захисту та збереження. Таке використання карт сприяє створенню стійких та екологічно безпечних умов для життєдіяльності бджіл, збереженню біорізноманіття та збалансованому використанню природних ресурсів, що є важливими аспектами забезпечення екологічної стійкості в бджільництві.

І останнє, використання карт відіграє ключову роль у підтримці наукових досліджень у галузі бджільництва, забезпечуючи науковцям доступ до точних геопросторових даних про розташування пасік та медоносних ресурсів. Карти дозволяють аналізувати просторові зміни в розподілі медоносних рослин та структуру пасічних комплексів на різних територіях. Це важливо для вивчення впливу кліматичних змін, антропогенних факторів та інших екологічних чинників на здоров'я та продуктивність бджіл. Крім того, картографічні дані можуть бути використані для моделювання та прогнозування динаміки розвитку пасічництва та оцінки ефективності заходів щодо його управління. Таке використання карт сприяє розвитку наукових досліджень у галузі бджільництва та сприяє вдосконаленню методів

управління пасічним господарством для забезпечення його стійкості та стійкості у майбутньому.

Таким чином, карти відіграють ключову роль у сучасному бджільництві, забезпечуючи ефективне управління пасіками, оптимізацію виробництва меду та підтримку екологічної стійкості. А їх використання дозволяє пасічникам приймати обґрунтовані рішення, адаптуватися до змінних умов та підвищувати продуктивність своїх господарств.

Загалом, у бджільництві використовують різноманітні типи карт для планування, моніторингу та управління пасічними комплексами та медоносними ресурсами. Серед них переважають топографічні карти, які надають детальну інформацію про ландшафт, рельєф та географічні особливості території. Спеціалізовані картографічні матеріали, такі як карти флори, агрокліматичні карти та картографічні зображення ґрунтів, також широко використовуються для аналізу розподілу медоносних рослин та визначення оптимальних місць розміщення пасік. Крім того, цифрові карти та геоінформаційні системи дозволяють пасічникам створювати інтерактивні картографічні моделі, використовуючи дані з супутникових знімків та наземних вимірювань. Ці інструменти допомагають збирати, аналізувати та візуалізувати інформацію про стан медоносних ресурсів та динаміку розвитку пасічного господарства.

Для більш детального вивчення даного питання було проведено опитування серед пасічників [75]. Воно доступне за посиланням [13]. Це дозволило отримати важливі відгуки та пропозиції від фахівців у галузі бджільництва та визначити їхні очікування та потреби в такому інструменті для своєї роботи.

Опитування було проведено за допомогою стандартної форми Google, яка представляла собою анкету. Результати опитування можна переглянути за посиланням [29]. Усі учасники добровільно приймали участь в опитуванні, яке відбулося у 2024 році та мало анонімний характер. Результати опитування

мали використовуватися лише узагальнено. У опитуванні взяли участь 35 респондентів, які представляли бджолярів з різних регіонів України (рис.1.3).

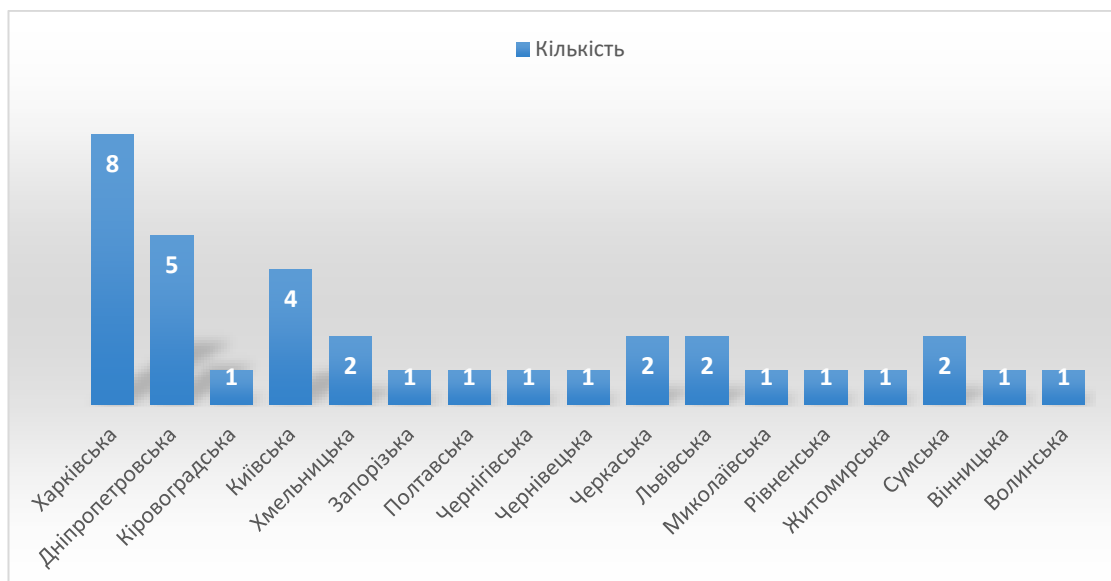


Рис. 1.3 Географічне розташування респондентів

Найбільший відсоток респондентів (80,6%) відзначив, що в даний час вони не користуються жодними картами або інструментами для визначення розташування медоносних ресурсів (рис. 1.4). У ряді недоліків основними були відзначені «Потреба в платному доступі» (44,4%) та «Відсутність актуальної інформації» (66,7%) [29].

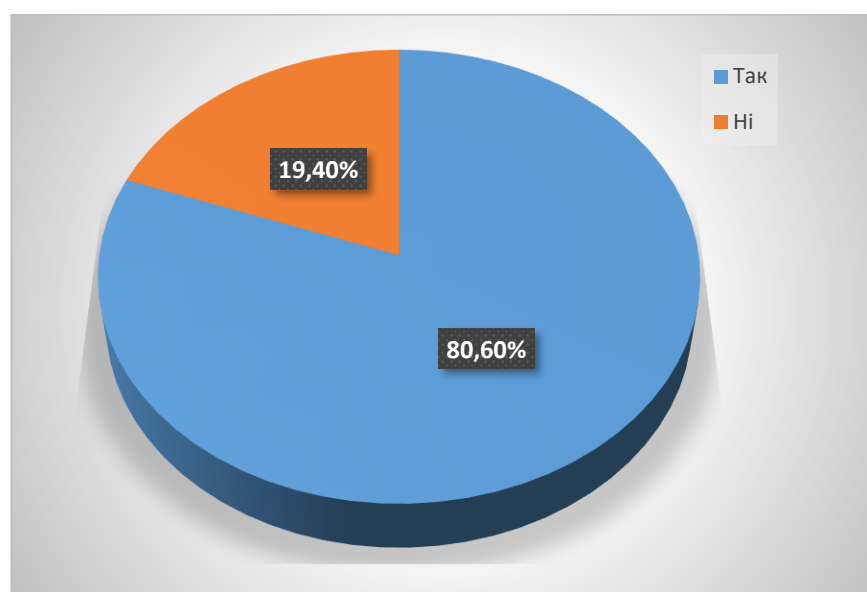


Рис. 1.4 Відповіді респондентів, щодо використання інструментів для визначення розташування медоносних ресурсів

У цьому опитуванні основна увага була зосереджена на оцінці актуальності карти розподілу медоносних ресурсів для бджолярів. 91,7% респондентів висловили думку, що така карта є корисною, тоді як 8,3% мали протилежну думку (рис. 1.5). За результатами дослідження, найбільший інтерес викликали можливості, які відкриває ця карта: визначення оптимальних місць розташування пасік (61,1%), оптимізація маршрутів кочового бджільництва (55,6%), прогнозування обсягів медозбору (30,6%), ефективніше розподілення зусиль при зборі меду (25%) та спрямоване використання ресурсів для збору меду у найбільш прибуткових районах (19,4%).

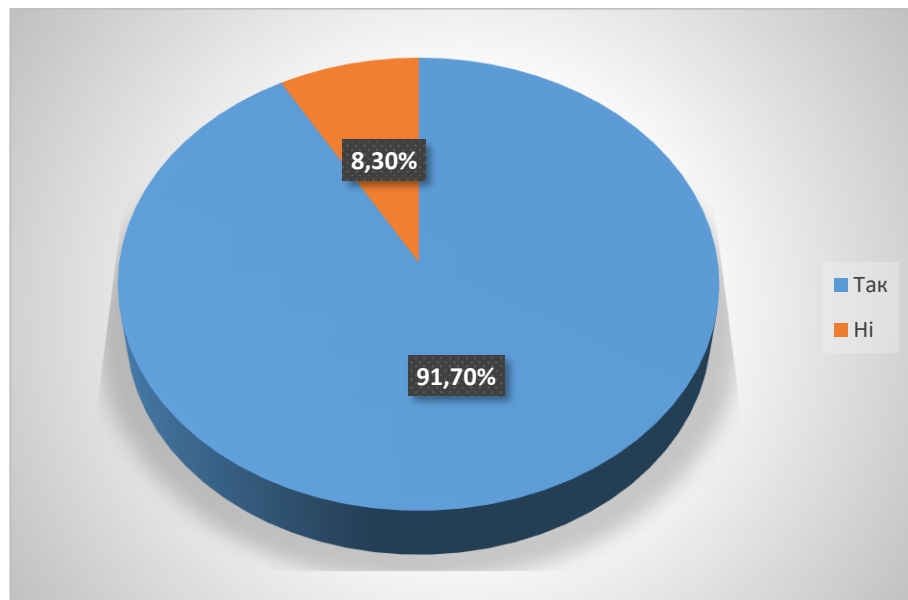


Рис. 1.5 Відповіді респондентів, щодо доцільності карти

За результатами опитування виявлено, що більшість респондентів висловили зацікавленість у включенні додаткового функціоналу до інтерактивної карти розподілу медоносних ресурсів. Деякі із найпопулярніших пропозицій включають включення видів медоносних рослин (86,1%), даних про якість ґрунту та використання пестицидів (50%), можливість додавати власні дані (41,7%), можливість відображення інформації про кліматичні умови в різних районах (33,3%). Було

запропоновано також декілька власних варіантів від респондентів – наявність різних видів пасік; додавати самостійно райони розташування тих чи інших медоносів, а також забезпечити охорону законом певного відсотку площі; дані про нектарування місцевості; можливість вказання пасічником планованого місця та дати розташування своєї пасіки, яке буде доступно іншим. У пасічників є таке поняття «став на перелеті», вони його суворо дотримуються та ретельно планують та узгоджують один з одним, коли в один район виїжджає чи мала кількість пасік. Ці відповіді свідчать про потребу у подальшому дослідженні та розробці інструментів, які задовольнятимуть конкретні потреби пасічників і сприятимуть їхній продуктивності.

Загалом, більша частина респондентів, а саме 88,9% мають позитивну думку, щодо впровадження інтерактивної карти у їх роботу та вважають, що це буде корисним інструментом. Але є і ті, що мають стаціонарні пасіки, та вважають подібний інструмент непотрібним (5,6%).

Все це розкриває значний потенціал інтерактивних карт у сфері пасічництва. Результати опитування серед пасічників підтвердили великий інтерес до використання таких карт для аналізу та планування роботи з медоносними ресурсами. Виявлені переваги використання інтерактивних карт включають покращення планування маршрутів, визначення оптимальних місць для розташування пасік та оптимізацію збору меду. Отримані результати підкреслюють необхідність подальшого розвитку та вдосконалення інтерактивних карт з метою задоволення конкретних потреб пасічників та підвищення їхньої продуктивності.

Однак, використання карт у бджільництві має свої переваги та недоліки. Однією з переваг є можливість точного визначення місць розташування пасік та медоносних ресурсів, що допомагає пасічникам оптимізувати їх розміщення та планувати дії для максимізації урожайності бджіл. Крім того, картографічні дані дозволяють враховувати різноманітні фактори, такі як кліматичні умови та доступність водних джерел, що впливають на здоров'я та продуктивність бджіл.

А з іншої сторони, використання карт може мати і свої недоліки. Наприклад, точність та актуальність картографічних даних можуть бути обмеженими, особливо у віддалених або мало вивчених регіонах. Крім того, складність обробки та інтерпретації великих обсягів геопросторових даних може вимагати від пасічників додаткових навичок та ресурсів. Також варто враховувати можливість помилок або неточностей у картографічних даних, які можуть вплинути на прийняття рішень пасічниками. Отже, при використанні карт у бджільництві важливо враховувати як їх переваги, так і недоліки, та здійснювати аналіз з урахуванням усіх факторів.

1.3 Сучасні тенденції у картографічному забезпеченні аграрних галузей

Сучасні технології та підходи до картографування аграрних ресурсів значно розширили можливості для точного моніторингу, аналізу та управління сільськогосподарськими землями. Одним із ключових інструментів є ГІС, які дозволяють інтегрувати, обробляти та аналізувати великі обсяги геопросторових даних. ГІС забезпечують детальне картографування земельних угідь, включаючи розподіл культур, стан ґрунтів, водні ресурси та інші екологічні фактори.

В сучасних умовах в сільському господарстві спостерігається впровадження цікавих проєктів, що сприяють прогресивному розвитку цієї галузі. Останні роки характеризуються активним використанням інформаційних технологій у сільському господарстві, що призводить до перегляду методів обробки сільськогосподарських культур та управління полями. Технологічні інновації суттєво змінюють підхід до сільського господарства, роблячи його більш вигідним, ефективним, безпечним та доступним [19].

Таким чином, картографування сільського господарства в Україні є важливим інструментом для аналізу, планування та управління аграрними

ресурсами [74]. Це допомагає визначати розташування сільськогосподарських угідь, культурних площ, об'єктів інфраструктури та інших важливих елементів сільського господарства.

Для картографування даної сфери господарства використовуються різні джерела даних, включаючи:

- Супутникові знімки: сучасні супутникові знімки, отримані з використанням супутників високого роздільної здатності, надають детальну інформацію про стан сільськогосподарських угідь, включаючи тип культур, рельєф та інші характеристики.

- Аерофотознімки: знімки, отримані з літаків, також є важливим джерелом даних для картографування сільського господарства. Вони дозволяють отримати високоякісні зображення з великою деталізацією.

- Геопросторові дані: дані, такі як цифрові мапи, векторні дані та моделі рельєфу, використовуються для створення тематичних карт сільського господарства. Ці дані містять інформацію про розташування полів, границь угідь, доріг, рівнин, схилів тощо.

- Статистичні дані: статистичні дані про виробництво сільськогосподарських культур, врожайність, використання землі та інші показники також використовуються для картографування сільського господарства.

Картографування сільського господарства здійснюють різні організації, включаючи державні установи, наукові інститути, громадські організації та приватні компанії. Дані та картографічні матеріали можуть бути доступні відповідним організаціям або інформаційним центрам землекористування та сільського господарства.

Забезпечення картографічним матеріалом сфери сільського господарства має кілька важливих цілей і користі (табл. 1.1). Тож, воно є необхідним інструментом для ефективного управління, моніторингу, прийняття рішень та забезпечення доступу до інформації в цій важливій галузі.

Таблиця 1.1

**Цілі, що досягаються, завдяки картографічному забезпеченню
сфери сільського господарства [15]**

№	Ціль	Опис
1	Планування і управління	Картографічні матеріали дозволяють аналізувати та планувати розташування сільськогосподарських угідь, об'єктів інфраструктури, систем поливу та інших важливих факторів. Це сприяє ефективному управлінню землеробством, збільшенню врожайності та покращенню якості сільськогосподарських продуктів.
2	Моніторинг та оцінка	Картографічні дані дозволяють відстежувати зміни в аграрних системах та оцінювати їх ефективність. Це може включати моніторинг зміни використання землі, розподіл врожаю, стан агроєкосистем та інші аспекти сільського господарства.
3	Підтримка прийняття рішень	Картографічні матеріали є важливими джерелами інформації для прийняття рішень в сфері сільського господарства. Вони допомагають оцінити потенціал земель, визначити оптимальні місця для вирощування певних культур, встановити обмеження та рекомендації для землекористувачів.
4	Доступ до інформації	Картографічні матеріали забезпечують доступну та зрозумілу інформацію про сільськогосподарські угіддя для різних зацікавлених сторін, включаючи фермерів, дослідників, владні органи та громадські організації. Це сприяє покращенню співпраці та прийняттю обґрунтованих рішень.

Забезпечення картографічним матеріалом сфери сільського господарства в Україні відбувається доволі давно. Наразі, існує безліч різноманітних картографічних матеріалів, які стосуються сільського господарства. Дані карти присутні як в Національному атласі України [24], так і для використання в державних установах, на державному, районному чи міському рівнях (рис. 1.6). Даними картографічних матеріалів забезпечують себе і приватні установи та організації [36].



Рис. 1.6 Органічна карта України [11]

Як відомо, складовою частиною сільського господарства є бджільництво. На даний час вже є декілька проєктів, що стосуються картографічних матеріалів цієї теми, але, на жаль, вони, в більшості випадків, в обмеженому доступі [10]. У вільному доступі є такі картографічні матеріали, як карта племінних пасік України [35]. В зарубіжних дослідженнях є деякі роботи, що досліджують подібні тематики [17]. Створено кілька карт з полями посівів, задля зручності пасічників (рис. 1.7).

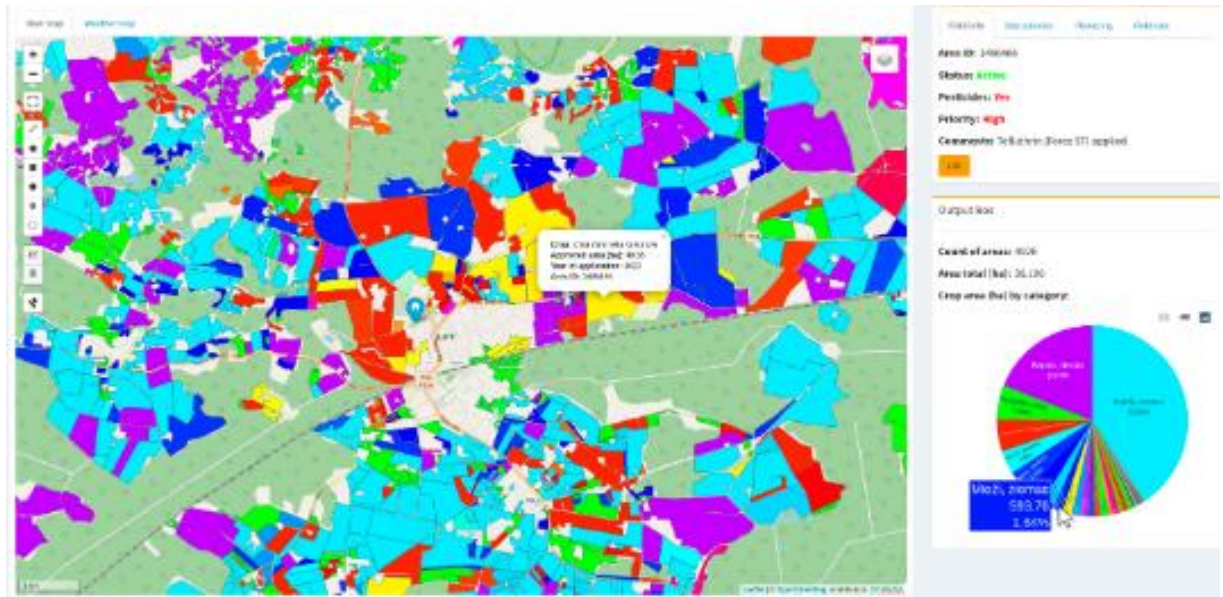


Рис. 1.7 Загальна карта з полями посівів [31]

Також є зарубіжна інтерактивна карта пасік усього світу, для ознайомлення з місцем розташування [69, 44].

Більшість карт є тільки для ознайомлення з місцем розташування пасік, та будуть не дуже корисними для самих пасічників. Картоматеріали, що є корисними, в більшості випадків, є в закритому доступі для часних підприємців або компаній. Саме тому є дуже доречним питання, щодо забезпечення картографічним матеріалом, корисним для цієї сфери.

Перспективи розвитку картографічного забезпечення медоносних ресурсів в Україні та світі пов'язані з інтеграцією новітніх технологій та інноваційних підходів у цій галузі. Один із ключових напрямів – це подальше використання та вдосконалення ГІС. Сучасні ГІС-платформи дозволяють створювати інтерактивні карти, які можуть динамічно оновлюватись на основі даних з різних джерел, таких як супутникові знімки, дані дронів, метеорологічні станції та наземні сенсори. Це забезпечує точність і актуальність інформації про медоносні ресурси, дозволяючи бджолярам оперативно реагувати на зміни умов навколишнього середовища.

Ще одним перспективним напрямом є впровадження технологій штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання у процес картографування.

Ці технології можуть аналізувати великі обсяги даних і виявляти закономірності, які не завжди помітні людині. Наприклад, ШІ може допомогти у прогнозуванні періодів цвітіння медоносних рослин або у виявленні потенційних зон ризику для бджільництва, таких як області з високим рівнем забруднення або частим застосуванням пестицидів. Крім того, розвиток технологій доповненої та віртуальної реальності може надати бджолярам нові інструменти для візуалізації даних та планування діяльності. Такі інновації сприяють підвищенню ефективності управління медоносними ресурсами, забезпечують екологічну стійкість і підвищують продуктивність бджільництва.

Загалом, також можна виділити:

1. Розвиток систем моніторингу медоносних ресурсів на основі даних дистанційного зондування Землі. Це передбачає використання супутникових знімків високої та надвисокої роздільної здатності, методів багатоспектральної класифікації, вегетаційних індексів, часових серій знімків для відстеження динаміки стану рослинності. Це дозволить якісніше і детальніше картографувати та аналізувати медоносні угіддя.
2. Удосконалення методів моделювання та просторового аналізу з метою більш точного передбачення зміни медоносних ресурсів під впливом клімату, антропогенних факторів, прогнозування продуктивності пасік тощо. Застосування методів машинного навчання, нейронних мереж, агентного моделювання.
3. Розробка хмарних ГІС-сервісів та мобільних додатків для картографічного забезпечення медоносних ресурсів. Це дозволить забезпечити зручний доступ до актуальних даних та карт як для бджолярів, так і дослідників.
4. Міждисциплінарна інтеграція з біологічними науками, кліматологією, сільським господарством для врахування різноманітних чинників, що впливають на стан і продуктивність медоносних ресурсів.

5. Стандартизація та уніфікація підходів до картографування, формування баз даних, умовних позначень для медоносних ресурсів на національному та міжнародному рівнях.

Загалом, розвиток картографічного забезпечення медоносних ресурсів буде залежати від інтеграції нових технологій, зростання доступності високоточних даних та підвищення кваліфікації користувачів. Це відкриває широкі можливості для оптимізації бджільницької діяльності, покращення якості продукції та забезпечення сталого розвитку галузі.

РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ У БДЖІЛЬНИЦТВІ

2.1 Огляд сучасних ГІС-технологій та їх роль у бджільництві

У сучасну епоху стрімкого розвитку науково-технічного прогресу та інформаційних технологій, галузь бджільництва в Україні не може залишатися осторонь від інноваційних досягнень [63]. Одним з найбільш потужних та універсальних інструментів для дослідження, аналізу та оптимізації виробничих процесів у бджільництві стали географічні інформаційні системи.

ГІС відкривають широкі можливості для всебічного вивчення географічного середовища, в якому функціонують бджолині господарства. За допомогою цих систем можна збирати, обробляти та візуалізувати величезні обсяги просторових даних про розташування пасік, характеристики рельєфу, типи ґрунтового покриття, розподіл медоносних рослин та періоди їх цвітіння, кліматичні умови та багато інших факторів, що прямо чи опосередковано впливають на ефективність бджільництва [22]

У галузі, де прибутковість значною мірою залежить від раціонального використання ресурсів та забезпечення сприятливих умов для розвитку бджолиних сімей, застосування ГІС стає невід'ємною складовою успішного ведення господарства. Ці потужні інструменти дозволяють проводити комплексний аналіз екологічного середовища, створювати детальні цифрові карти місцевості з відображенням ключових об'єктів та параметрів, а також вирішувати цілу низку специфічних завдань.

Зокрема, за допомогою ГІС можна отримувати точні дані про розташування медоносних угідь, прогнозувати періоди цвітіння різних рослин, визначати найбільш сприятливі ділянки для розміщення пасік з урахуванням рельєфу, доступності водойм та інших критичних факторів [58]. Такі можливості відкривають шлях до ефективного планування виробничої

діяльності, оптимізації використання ресурсів та максимізації прибутковості бджільництва.

Великі інформаційні технології та науково-технічний прогрес відіграють ключову роль у модернізації та підвищенні конкурентоспроможності вітчизняного бджільництва. Впровадження ГІС у виробничі процеси галузі дозволяє не лише збирати та аналізувати актуальні дані, а й прогнозувати майбутні тенденції, моделювати різні сценарії розвитку подій та приймати виважені управлінські рішення на основі об'єктивної інформації.

Впровадження географічних інформаційних систем у галузь бджільництва відкриває нові горизонти не лише для підвищення економічної ефективності, а й для забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку цього напрямку сільськогосподарської діяльності. ГІС дозволяють ретельно відстежувати та аналізувати потенційно проблемні зони, де можуть виникати загрози для збереження здорового навколишнього середовища, моніторити використання пестицидів та інших хімічних речовин у сільському господарстві, виявляючи ділянки з підвищеним ризиком забруднення ґрунтів та водойм, що може негативно позначитися на бджолиних сім'ях та їхній продукції, а також є незамінним інструментом для контролю та раціонального використання природних ресурсів, необхідних для успішного ведення бджільництва, допомагаючи відстежувати стан медоносних рослин, оцінювати доступність водних джерел та інших життєво важливих компонентів середовища існування бджіл.

Загалом, у сфері бджільництва існує різноманітність картографічних матеріалів, які надають інформацію про розташування пасік, пасічників та інші аспекти пов'язані з бджільництвом.

Є декілька типів картографічних матеріалів, що можуть бути корисні в цій галузі, наприклад, різноманітні картографічні атласи, тематичні карти, електронні карти та ГІС, а також супутникові зображення. Всі ці картографічні матеріали є важливим інструментом для аналізу, планування та управління

бджільництвом. Вони допомагають бджільникам та дослідникам отримувати цінну інформацію про географічні аспекти цієї галузі та забезпечувати оптимальні умови для розвитку бджіл та отримання якісного меду [71].

Картографічні атласи та тематичні карти. Бджільництво може бути відображено на картографічних атласах, які надають інформацію про розташування пасік, а також про географічні особливості територій, на яких проводиться бджільництво. Перерахуємо декілька карт, які стосуються аспектів, таких як генетика бджіл, харчування, захворювання та інші аспекти, що впливають на бджільництво:

- Карти розташування пасік: Ці карти вказують на місця, де знаходяться пасіки. Вони можуть бути представлені у вигляді точок або символів на карті, що демонструє розташування пасічників у певних регіонах. На жаль, більшість знаходиться в закритому доступі, у відкритому є статистична інформація по розташуванню (рис. 2.1).

Кількість та розмір пасік в Україні за областями

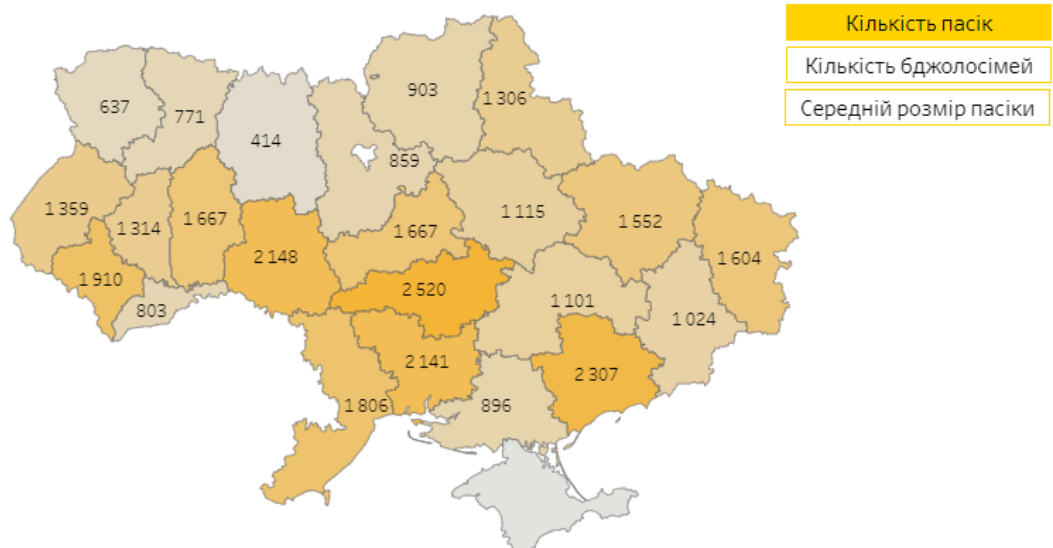


Рис. 2.1 Кількість пасік в Україні за областями [34]

- Карти флори та фауни: Ці карти відображають розподіл рослинних видів, які є важливими джерелами поживи для бджіл. Вони можуть включати інформацію про медоносні рослини та їх розташування у певних регіонах (рис.

2.2). Карти флори та фауни допомагають бджільникам зрозуміти географічні особливості та розподіл ресурсів, необхідних для бджіл. Вони можуть використовуватися для планування маршрутів переносу пасік, визначення потенційно придатних місць для розміщення нових пасік або для оцінки впливу змін у природному середовищі на бджолині популяції.



Рис. 2.2 Рослинність України [24]

- Карти кліматичних умов: Ці карти показують розподіл кліматичних параметрів, таких як середня температура, опади, вологість тощо (рис. 2.3). Це важлива інформація для бджільників, оскільки клімат впливає на активність та продуктивність бджіл [25]. Карти кліматичних умов допомагають бджільникам визначити оптимальні регіони для розміщення пасік, враховуючи кліматичні умови, які є необхідними для успішного розвитку бджолиних колоній. Вони також можуть використовуватися для планування переносу пасік в інші регіони з більш сприятливим кліматом або для прогнозування змін клімату і їх можливого впливу на бджоли.

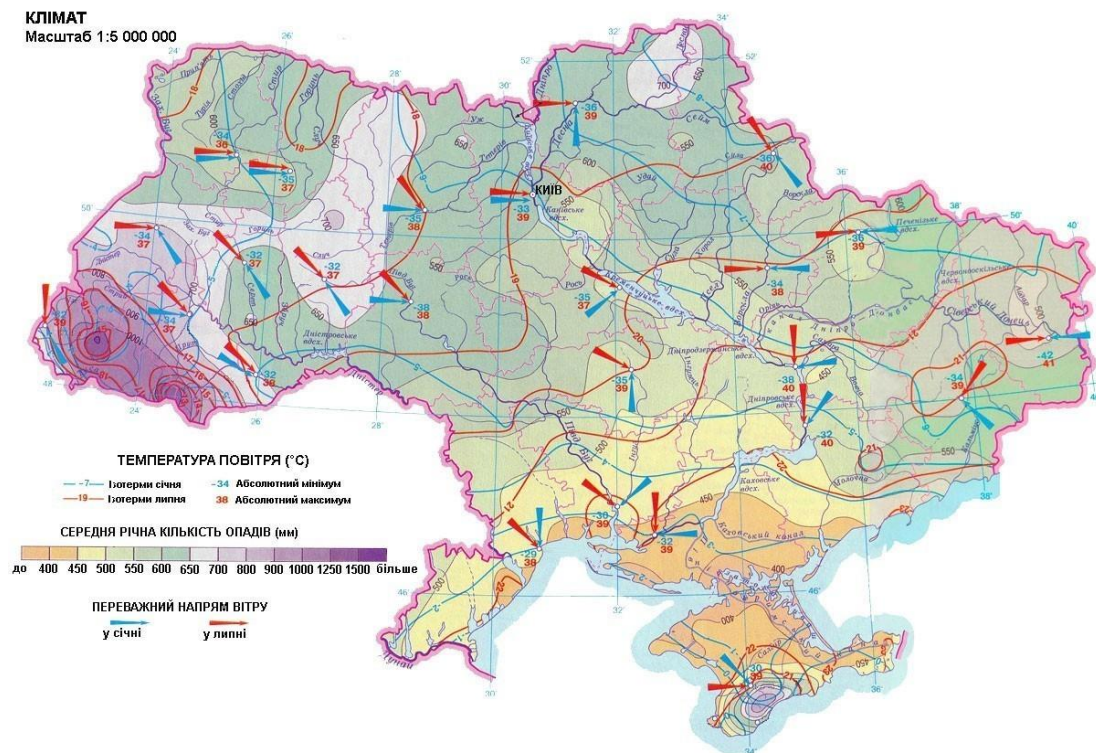


Рис. 2.3. Кліматична карта України [24]

- **Карти медоносних ресурсів:** Карти медоносних ресурсів можуть включати інформацію про розподіл медоносних рослин, таких як квітучі дерева, кущі та трави, які надають важливий джерело поживи для бджіл [14]. Ці карти можуть вказувати на розташування медоносних рослин у різних регіонах, їх сезонну доступність, інтенсивність цвітіння та інші фактори, які впливають на їх значущість для бджіл.
- **Карти пестицидних обробок:** Карти пестицидних обробок є картографічними матеріалами, які відображають розподіл застосування пестицидів у сільському господарстві і сільському середовищі. Ці карти надають інформацію про області, де здійснюються обробки хімічними засобами захисту рослин, їх інтенсивність та типи застосованих пестицидів. Карти пестицидних обробок можуть включати інформацію про розподіл оброблених полів, види пестицидів, що застосовуються, дату та частоту обробок. Вони допомагають визначити, де та які пестициди використовуються для контролю шкідників і хвороб у сільському господарстві.

В Україні стрімко розвивається тенденція використання інноваційних технологічних рішень у сфері сільського господарства, зокрема бджільництва. Одним з яскравих прикладів такого прогресу стало запровадження безкоштовної мобільної платформи Grand Expert, яка покликана полегшити взаємодію між фермерами, що проводять обробку полів, та пасічниками [64].

Ініціатором створення цього сервісу виступив Олег Рязських з міста Миколаїв – досвідчений бджоляр із 15-річним стажем. Разом зі своїми колегами він розробив зручний інструмент для своєчасного інформування пасічників про заплановані обробки сільськогосподарських угідь. Завдяки можливості реєстрації в додатку, фермери та бджолярі можуть вказувати свої активності, що стосуються використання хімічних речовин чи розміщення пасік.

Система працює таким чином: коли фермер планує провести обробку певного поля, на мобільні пристрої бджолярів, які зареєструвалися та відзначили місцезнаходження своїх пасік у відповідному районі, надсилається своєчасне сповіщення. Це дозволяє пасічникам завчасно вжити необхідних заходів для захисту бджолиних сімей від потенційної шкоди.

Крім того, на веб-сайті платформи Grand Expert відображається інформація про поля, де найближчим часом очікується цвітіння медоносних рослин. Це надає бджолярам можливість ретельно спланувати кочівлю своїх пасік до найбільш сприятливих місць, де бджоли зможуть зібрати максимальну кількість нектару та пилку, що в підсумку позитивно вплине на обсяги виробництва меду.

Така інноваційна ініціатива є яскравим свідченням того, що українські аграрії та бджолярі активно долучаються до використання сучасних технологічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виробництва, забезпечення безпеки та покращення взаємодії між різними гравцями ринку. Завдяки платформам на кшталт Grand Expert відкриваються нові можливості для збільшення прибутковості бджільництва, мінімізації ризиків та гармонізації відносин між сільськогосподарськими виробниками.

В Україні спостерігається позитивна тенденція впровадження інноваційних рішень для налагодження ефективної взаємодії між представниками різних галузей сільського господарства. Одним із яскравих прикладів такого підходу є створення інтерактивної карти медоносних культур під назвою «Карта бджоляра» [10].

Ця унікальна розробка є результатом зусиль компанії «Контінентал Фармерз Груп», яка ставить за мету забезпечити плідну співпрацю з бджолярами та їхніми об'єднаннями. Проєкт охоплює райони Чернівецької, Тернопільської, Львівської, Хмельницької та Івано-Франківської областей – регіони, де компанія здійснює обробіток сільськогосподарських угідь.

На інтерактивній веб-карті відображаються актуальні посівні площі всіх медоносних культур, що вирощуються «Контінентал Фармерз Груп». Для кожної ділянки надається детальна інформація: сорт культури, прогнозований період її цвітіння, дані про заплановані роботи з обприскування, необхідна кількість бджолосімей для ефективного запилення, а також контактні дані відповідальних агрономів компанії та інші корисні відомості.

Зареєструвавшись на сайті проєкту, бджолярі отримують доступ до низки переваг та можливостей. По-перше, вони можуть ознайомитися з інформацією про 90 тисяч гектарів медодайних культур на території західної України. По-друге, мають змогу подавати заявки та резервувати місця для кочівлі своїх пасік на визначених масивах. По-третє, формувати власний «кочовий конвеєр» з різних медодайних культур, щоб максимізувати збір меду протягом усього сезону.

Крім того, «Карта бджоляра» допомагає організувати ефективну логістику між масивами медоносів та забезпечує своєчасне СМС-інформування про час цвітіння та внесення засобів захисту рослин на суміжних медодайних площах. Це дозволяє бджолярам завчасно вживати необхідних заходів безпеки для збереження бджолиних сімей.

Такі інноваційні рішення, як «Карта бджоляра», є свідченням того, що в Україні активно впроваджуються передові технології для налагодження тісної

співпраці між різними гравцями аграрного сектору. Завдяки цьому відкриваються нові можливості для підвищення ефективності бджільництва, оптимізації виробничих процесів та забезпечення сталого розвитку галузі в цілому (рис. 2.4).

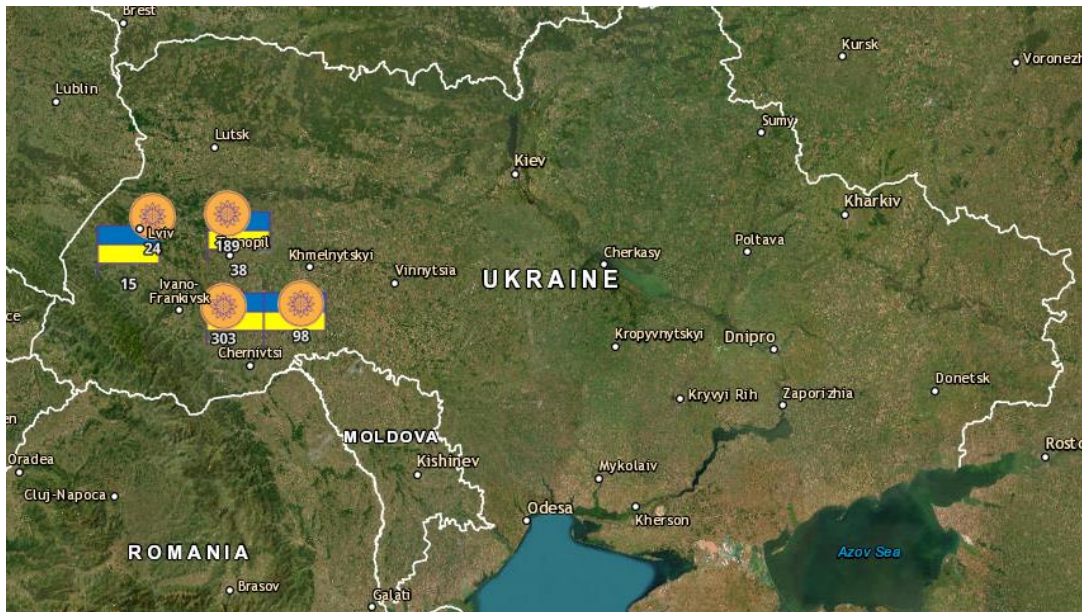


Рис. 2.4. Карта Бджоляра в відкритому доступі [10]

Запровадження інтерактивної «Карти бджоляра» компанією «Контінентал Фармерз Груп» є яскравим прикладом відповідального та далекоглядного підходу до ведення сільськогосподарського бізнесу. Ця ініціатива не лише демонструє відкритість та готовність до співпраці з місцевими громадами та дрібними виробниками, а й несе в собі вагомі економічні, соціальні та екологічні переваги.

Завдяки цьому проєкту всі бажаючі пасічники з районів присутності «Контінентал Фармерз Груп» отримують унікальну можливість збільшити обсяги збору екологічно чистого меду на полях компанії. Адже наявність детальної інформації про площі медоносних культур, їхні сорти, періоди цвітіння та запилення дозволяє бджолярам ретельно спланувати кочівлю своїх пасік та максимально ефективно використати ресурси.

Крім безпосередньої вигоди для бджільництва, ця ініціатива має також важливе значення для підвищення врожайності сільськогосподарських

культур. Адже завдяки присутності бджолиних сімей на полях відбувається якісне запилення рослин, що позитивно впливає на їхню продуктивність.

З екологічної точки зору, проєкт сприяє збереженню та розвитку бджільництва, яке відіграє ключову роль у підтримці біорізноманіття та забезпеченні стабільності екосистем. Бджоли є незамінними запилювачами багатьох рослин, тож їхня присутність на полях компанії матиме позитивний вплив на навколишнє середовище.

Варто також відзначити зручність та практичність електронного формату «Карти бджоляра». На відміну від паперових карт, вона надає більше можливостей для відображення детальної та актуальної інформації, а також дозволяє оперативно вносити необхідні оновлення. Це робить її цінним ресурсом для всіх зацікавлених сторін.

Електронні варіанти карт є більш зручними у використанні, адже на них можна надати більше інформації та оновлювати її. Як було вказано вище – головною проблемою даних картографічних матеріалів є те, що вони не всі є у вільному доступі для всіх охочих.

2.2 Проблемні питання у сфері бджільництва, які можна вирішити використовуючи ГІС

Бджільництво є не лише самостійним засобом існування, а й потужним інструментом для трансформації економічного життя, здатним полегшити такі гострі проблеми, як труднощі, голод, безробіття, соціальні негаразди та жахлива бідність [70]. Інвестиції в розвиток цієї галузі можуть значно зменшити вразливість до бідності, адже бджільництво є надійним природним джерелом, що стимулює соціально-економічний розвиток [62]. На відміну від інших видів діяльності, діяльність у сфері бджільництва цілком узгоджується з концепцією сільськогосподарського розвитку дрібних власників і може бути органічно інтегрована в більші схеми сільського або лісового господарства, не вимагаючи значних капіталовкладень чи складної інфраструктури.

Бджільництво є одним із величезних природних ресурсів, що можуть забезпечувати цінну продукцію з лісових угідь. Така продукція зазвичай розглядається як недеревна або деревна лісова продукція, проте її використання дозволяє не лише підвищувати цінність лісових ресурсів, а й заохочувати проекти лісовідновлення та, що особливо важливо, приносити користь знедоленим місцевим громадам [47]. Грамотний маркетинг продуктів бджільництва відіграє вирішальну роль для отримання стабільних доходів на місцевому та національному рівнях, стимулюючи розвиток економіки, адже ця галузь пропонує широкий асортимент для виробництва та збуту меду, бджолиного воску, бджолиного хліба, бджолиної отрути, квіткового пилку, прополісу та інших продуктів. Глобальний попит на мед, наприклад, перевищує обсяг пропозиції, що робить його цінним і дорогим товаром на світовому ринку [32]. Таким чином, маркетинговий складник продуктів бджільництва є надзвичайно важливим для підвищення економічного добробуту виробників, а також інших учасників маркетингового ланцюга – від оптових покупців до роздрібних реалізаторів.

Варто зазначити, що практика бджільництва пропонує широкий спектр продуктів, які бджоляр міг би успішно реалізовувати з власного індивідуального фермерського підприємства. Окрім класичного меду, до них належать бджолиний віск, бджолиний хліб, бджолина отрута, квітковий пилок, прополіс та інші корисні продукти, що користуються стабільним попитом як у харчовій промисловості, так і в інших галузях, зокрема косметології та фармацевтиці. Таке різноманіття продукції відкриває великі перспективи для диверсифікації бізнесу та підвищення його рентабельності.

Незважаючи на винахідливість даної сфери, воно не позбавлене труднощів. Як і будь-яка інша галузь у тваринництві, бджільництво страждає від ряду складних проблем. Деякі з обмежень включають брак знань з управління бджільництвом, використання технологій, передачу знань від дослідницьких організацій, лісові пожежі, відсутність сучасних пасік, низьку продуктивність [20]. Захворюваність і смертність колонії і значні загрози, такі

як мурахи та паразитарна інвазія у вуликах, впливають на ефективність виробництва [5]. Нестача корму для бджіл через вирубку лісів, отруєння хімічними речовинами, відсутність належних кооперативів та інституційних систем підтримки є одними з існуючих проблем, з якими стикається значна кількість бджолярів [59].

Використання картографічних матеріалів та новітніх технологій представлення даних може допомогти вирішити багато питань і проблем, у галузі бджільництва, а також підвищити ефективність виробництва [43].

Виявлення і оптимальний вибір місць для розташування нових пасік. Однією з найбільших проблем для пасічників є вибір оптимальних місць для розташування пасік, де бджоли матимуть доступ до достатньої кількості медоносних рослин. Використовуючи ГІС, можна аналізувати різноманітні дані, такі як типи рослинності, кліматичні умови, рельєф місцевості, доступність водних ресурсів та наявність інших пасік [53]. Це дозволяє пасічникам вибирати місця, які забезпечать максимальну продуктивність та здоров'я бджіл. ГІС також може враховувати фактори ризику, такі як близькість до сільськогосподарських полів, де використовуються пестициди, що допоможе мінімізувати загрози для бджіл.

Моніторинг розміщення бджільництва та пасік: Іншою важливою проблемою є моніторинг і управління медоносними ресурсами протягом року. ГІС дозволяє створювати інтерактивні карти, які відображають місця цвітіння медоносних рослин та їх сезонні зміни. Це дає змогу пасічникам планувати переміщення пасік у відповідні періоди, коли певні рослини знаходяться в стані цвітіння, забезпечуючи оптимальні умови для збору нектару. Таким чином, використання ГІС сприяє підвищенню ефективності пасік та максимальному використанню доступних медоносних ресурсів. Картографічні матеріали можуть використовуватись для створення цифрових карт, на яких відображено розташування пасік та їхню інфраструктуру [36]. Це допомагає здійснювати моніторинг розміщення бджільництва, оцінювати їх ефективність та виявляти можливі проблемні зони.

Визначення медоносних ресурсів та їхнього стану: Застосування картографічних матеріалів дозволяє визначити розподіл медоносних рослин та їхню кількість у конкретних районах. Це допомагає бджолярам планувати розміщення пасік та раціонально використовувати медоносні ресурси.

Контроль за здоров'ям бджіл та виявлення хвороб: Використання картографічних матеріалів у поєднанні з даними про здоров'я бджіл, такими як рівень загрози хворобами та їх поширення, дозволяє виявляти проблемні зони та здійснювати превентивні заходи для збереження здоров'я бджільництва.

Оптимізація маршрутів пасічників: Використання геоданих та картографічних матеріалів допомагає пасічникам планувати та оптимізувати маршрути збирання меду. Це зменшує час та затрати на пересування, сприяє ефективному використанню ресурсів та підвищенню продуктивності.

Моніторинг погодних умов: Використання картографічних матеріалів з даними про погоду дозволяє пасічникам вести моніторинг погодних умов та прогнозувати оптимальні періоди для роботи з бджолами. Це допомагає знизити ризик стресу для бджіл та оптимізувати виробничі процеси.

Виявлення забруднення довкілля: Картографічні матеріали можуть використовуватись для виявлення забруднених районів, які можуть негативно впливати на здоров'я бджіл та якість меду. Це допомагає вживати необхідні заходи для запобігання забрудненню та збереження екологічної безпеки бджільництва.

Контроль за використанням пестицидів та екологічна безпека: застосування пестицидів на сільськогосподарських полях є серйозною загрозою для бджіл, викликаючи отруєння і масові загибелі. ГІС може допомогти у відстеженні і контролі використання агрохімікатів, надаючи інформацію про місця і час проведення хімічних обробок. За допомогою систем сповіщення, пасічники можуть своєчасно отримувати повідомлення про заплановані обробки, що дає їм змогу перемістити пасіки або вжити інших захисних заходів. Це значно підвищує екологічну безпеку і допомагає зберегти бджолині сім'ї здоровими та продуктивними.

Створення інформаційних порталів та ресурсів: Картографічні матеріали можуть бути використані для створення інтерактивних карт та інформаційних порталів, які надають пасічникам доступ до актуальної інформації про галузь бджільництва, включаючи статистику, наукові дослідження, нормативні акти тощо.

Планування та аналіз результатів наукових досліджень: Картографічні матеріали допомагають науковцям планувати місця проведення наукових досліджень у галузі бджільництва, а також аналізувати та візуалізувати отримані результати [3]. Це сприяє розумінню проблем галузі та розробці науково обґрунтованих рішень.

Залучення громадськості та освіта: Використання картографічних матеріалів та новітніх технологій дозволяє створювати інформативні та доступні ресурси для освіти та інформування громадськості про роль бджіл у природі та сільському господарстві. Це сприяє підвищенню свідомості та сприяє підтримці бджільництва в суспільстві.

Все це можна зробити шляхом:

- Аналізу географічних даних: Картографічні матеріали, такі як топографічні карти, аерофотознімки, супутникові знімки, геодезичні дані, можуть надати інформацію про рельєф, ґрунти, водні ресурси, рослинність та інші фактори, які мають вплив на розташування пасік. Це дозволяє визначити зони з належною водопостачанням, родючими ґрунтами, підходящою рослинністю і врахувати особливості місцевості для оптимального розташування пасік.
- Аналізу кліматичних умов: Картографічні матеріали можуть містити дані про кліматичні умови, такі як середні температури, опади, вітрові режими тощо. Це дозволяє визначити регіони з відповідним кліматом для розташування пасік і забезпечити оптимальні умови для розвитку бджіл та збирання меду [46].
- Врахування екологічних факторів: Картографічні матеріали можуть надати інформацію про екосистеми, біорізноманіття та зони

особливого природного значення. Це дозволяє врахувати екологічні аспекти при виборі місця розташування пасік і забезпечити їх інтеграцію в природні екосистеми без негативного впливу на біорізноманіття.

- Використання геопросторових аналітичних інструментів: Сучасні географічні інформаційні системи (ГІС) та програмне забезпечення дозволяють використовувати аналітичні інструменти для визначення оптимальних місць для розташування пасік [31]. Наприклад, шляхом використання алгоритмів маршрутизації можна знайти найкоротші шляхи доступу до пасік, враховуючи дорожню інфраструктуру та інші обмеження.

- Врахування доступу до ресурсів: Картографічні матеріали можуть допомогти визначити доступність до ресурсів, таких як водні джерела, надійне джерело питної води для бджіл, рослинність з високою нектарною та пилковою продуктивністю, а також забезпечити доступність до медових ринків для збуту продукції [57].

- Виявлення потенційних загроз: Картографічні матеріали можуть допомогти виявити потенційні загрози для пасік, такі як наближення промислових зон, відсутність відкритого простору для розвідування, висока концентрація вживання пестицидів тощо [38]. Це дозволяє вжити заходів для захисту пасік від негативного впливу.

- Моніторингу стану пасік: Картографічні матеріали можуть бути використані для створення цифрових карт пасік та відстеження їх стану. Це дозволяє збирати і аналізувати дані про розташування пасік, їх розміри, виробничі показники, захворюваність бджіл та інші фактори. Це сприяє ефективному управлінню пасіками та прийняттю відповідних рішень.

- Планування розведення бджіл: Картографічні матеріали можуть допомогти визначити оптимальні місця для розведення бджіл, враховуючи наявність цвітучих рослин, місця збору нектару та пилку, а також розташування інших пасік. Це дозволяє уникнути конкуренції між пасіками та забезпечити раціональне використання ресурсів [8].

- Планування маршрутів збору меду: З використанням картографічних матеріалів можна планувати оптимальні маршрути для збору меду з пасік, враховуючи місцевість, доступність доріг та інші фактори. Це дозволяє ефективно організувати процес збору меду і зменшити витрати часу та ресурсів.

- Аналізу ринкових можливостей: Картографічні матеріали можуть надати інформацію про ринкові можливості для розміщення пасік відповідно до попиту на мед у різних регіонах. Це дозволяє забезпечити стратегічне планування розвитку бджільництва та вирішення питань збуту меду [45].

Застосування картографічних матеріалів та новітніх технологій вирішення питань визначення оптимальних місць для розташування пасік допомагає підвищити ефективність бджільництва, забезпечити стале виробництво меду та збереження біорізноманіття.

2.3. Моделювання розподілу медоносних ресурсів за допомогою геоінформаційних систем

Термін «картографічне моделювання» тепер вважається одним із ключових понять у картографії [16]. Його виникнення і введення до наукової термінології пов'язане, по-перше, із розвитком концепції загальної теорії систем та визначенням теоретичних засад загального методу моделювання як інструмента для вивчення складних систем реальності. По-друге, це пов'язане з розвитком теоретичного напрямку у картографії, що стосується використання карт для аналізу складних об'єктів та удосконалення методологічних основ картографії, таких як теорія мови карт та картографічний метод дослідження. Застосування загальнонаукових принципів моделювання дозволило включити карту до широкого класу моделей, що розширило, доповнило та вдосконалило методи картографії.

Картографічне моделювання є важливим методом аналізу і візуалізації просторових даних. В основі картографічного моделювання лежить створення

моделей, які дозволяють відображати географічну інформацію у вигляді карт. Це надає можливість проводити аналіз і приймати рішення на основі візуалізованих даних.

Згідно з визначенням Міжнародної картографічної асоціації (ICA), картографічне моделювання – це «процес формалізації, абстрагування та візуалізації географічного простору з використанням картографічних методів для створення та використання моделей реальних або уявних ситуацій або процесів» [76].

Картографічне моделювання дозволяє відображати складні просторові процеси і явища у зрозумілому та наочному вигляді. За словами М. Джонса, одним з основних завдань картографічного моделювання є створення карт, які не тільки відображають реальність, але і дозволяють проводити аналіз, прогнозування та планування різних сценаріїв. Це особливо важливо у таких галузях, як урбаністика, екологія, сільське господарство та бджільництво.

Розгляд загальних принципів моделювання та можливостей карт як моделей дозволяє визначити особливі принципи картографічного моделювання. Колись К. О. Саліщев ідентифікував три основні принципи:

- Математична формалізація, яка включає перехід від сферичної поверхні земної кулі до площини за допомогою спеціальних картографічних проекцій.
- Картографічна символізація, що базується на використанні систем умовних знаків.
- Картографічна генералізація, яка застосовується у відборі головного, суттєвого та його цілеспрямованого узагальнення залежно від призначення, тематики й масштабу карти.

Сучасне картографічне моделювання складається з різноманітних взаємопов'язаних видів моделювання, які детально описані у працях О. М. Берлянта, О. О. Лютого, С. М. Сербенюка та інших.

Таким чином, воно є незамінним інструментом для вивчення і управління просторовими даними, що дозволяє ефективно вирішувати різноманітні задачі у багатьох галузях, включаючи бджільництво.

Основні етапи картографічного моделювання включають:

1. Визначення мети та завдань моделювання.
2. Збір та обробка необхідних даних.
3. Вибір картографічної проекції та способів картографічного зображення.
4. Генералізація та узагальнення даних.
5. Створення картографічної моделі (карти).
6. Використання та аналіз моделі.

Картографічні моделі широко використовуються в різних галузях, таких як географія, містобудування, транспортне планування, екологія, природокористування та інші. Вони допомагають візуалізувати та аналізувати просторові дані, виявляти закономірності та тенденції, а також приймати обґрунтовані рішення.

Картографічне моделювання розподілу медоносних ресурсів з використанням ГІС є ефективним підходом для аналізу та візуалізації просторових даних, пов'язаних з бджільництвом та виробництвом меду. Основними методами картографічного моделювання в цій галузі є:

- Створення тематичних карт:
 - Карти рослинності та землекористування для виявлення потенційних медоносних угідь.
 - Карты концентрації пилкових зерен для визначення джерел нектару та пилку.
 - Карты розподілу бджолиних сімей та пасік (рис. 2.5).

Карта племінних пасік України 2020



Рис. 2.5 Карта племінних пасік України [33]

- Просторовий аналіз:
 - Буферний аналіз для визначення зон впливу пасік та медоносних угідь.
 - Аналіз щільності для виявлення концентрації медоносних ресурсів.
 - Моделювання придатності середовища для бджільництва на основі різних факторів (рельєф, клімат, рослинність тощо) (рис. 2.6).

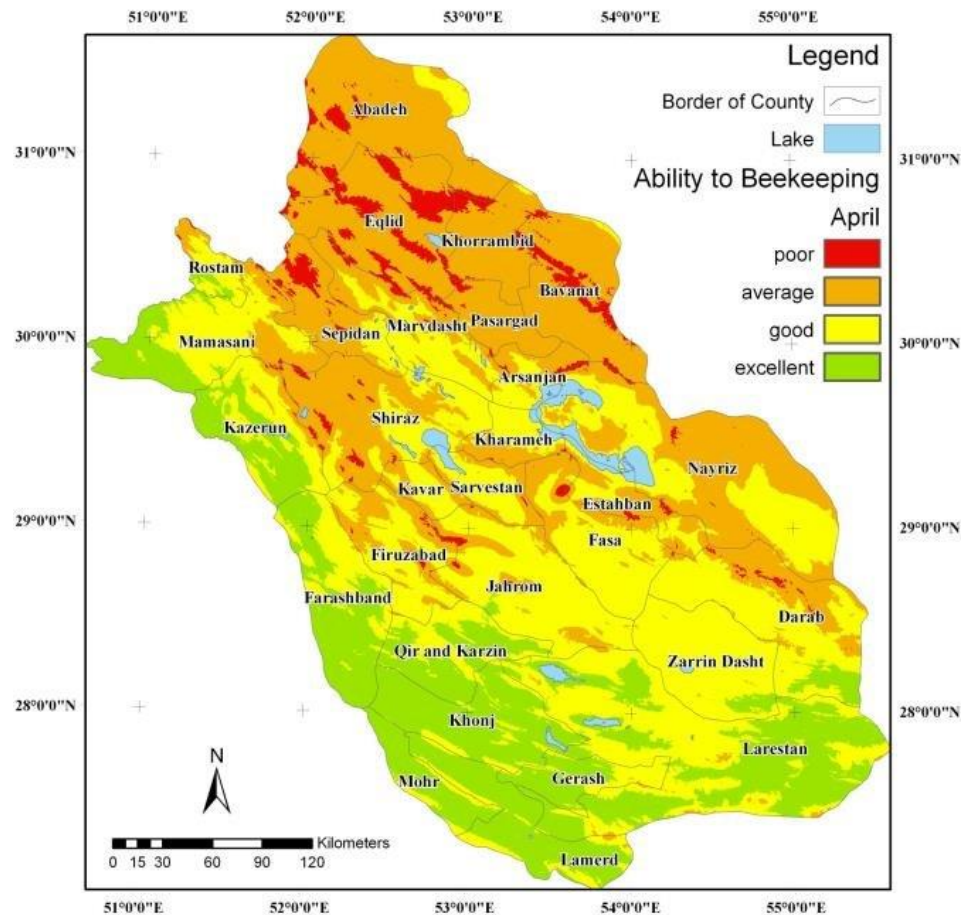


Рис. 2.6 Придатність кліматичних умов для бджільництва [68]

- Інтерполяція даних:
 - Кригінг для створення безперервних поверхонь розподілу медоносних ресурсів на основі точкових даних.
 - IDW (Inverse Distance Weighting) для інтерполяції даних про концентрацію пилку та нектару.
- Моделювання продуктивності медоносних угідь:
 - Використання регресійних моделей для прогнозування врожайності медоносних культур на основі кліматичних, ґрунтових та інших факторів.
 - Моделювання міграції бджолиних сімей для максимізації використання медоносних ресурсів (рис. 2.7).

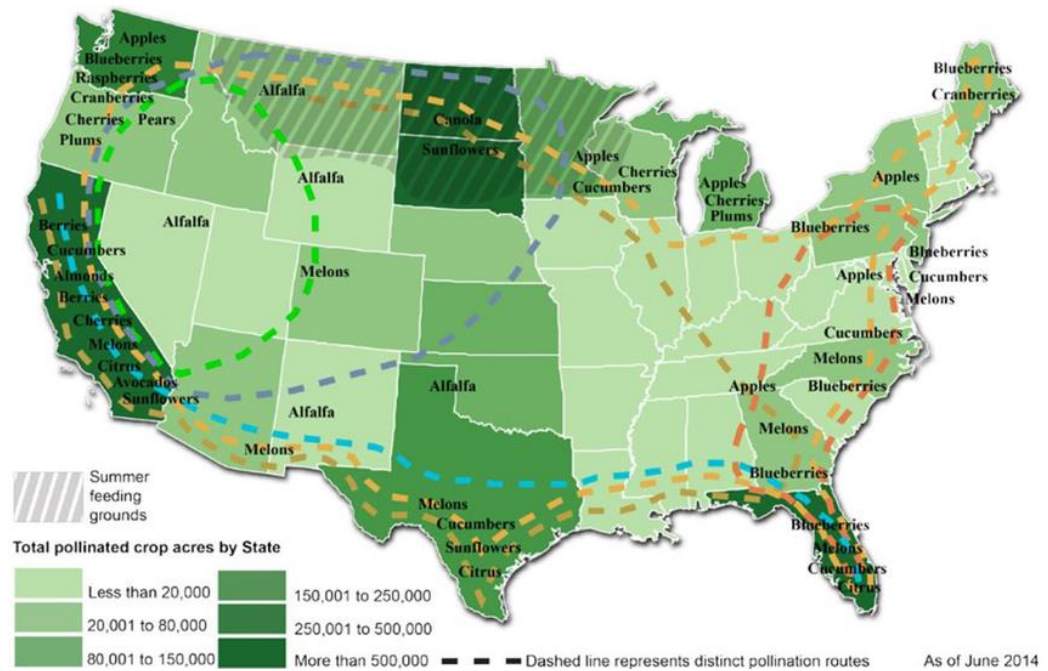


Рис. 2.7 Карта міграційних маршрутів бджолярів [50]

- Візуалізація та картографічне представлення:

- Створення тривимірних моделей рельєфу та рослинності для аналізу розподілу медоносних ресурсів.

На рисунку 2.8 представлено приклад побудови цифрової моделі рельєфу в ГІС. Це є дуже корисним інструментом для сфери бджільництва, адже вони дозволяють детально відобразити рельєф місцевості, висотне положення, схили та експозицію, що є критично важливим для визначення оптимальних місць розміщення пасік та оцінки доступності медоносних ресурсів. ЦМР допомагають аналізувати вплив рельєфу на розподіл рослинності, кліматичні умови, доступність водних джерел та інші фактори, що впливають на бджільництво. Крім того, вони можуть використовуватися для моделювання руху повітряних мас та оптимізації маршрутів транспортування бджолиних вуликів. Завдяки інтеграції ЦМР з іншими геопросторовими даними в ГІС, бджолярі можуть приймати більш обґрунтовані рішення щодо вибору місць для пасік, прогнозування медозбору та управління ресурсами бджільництва.

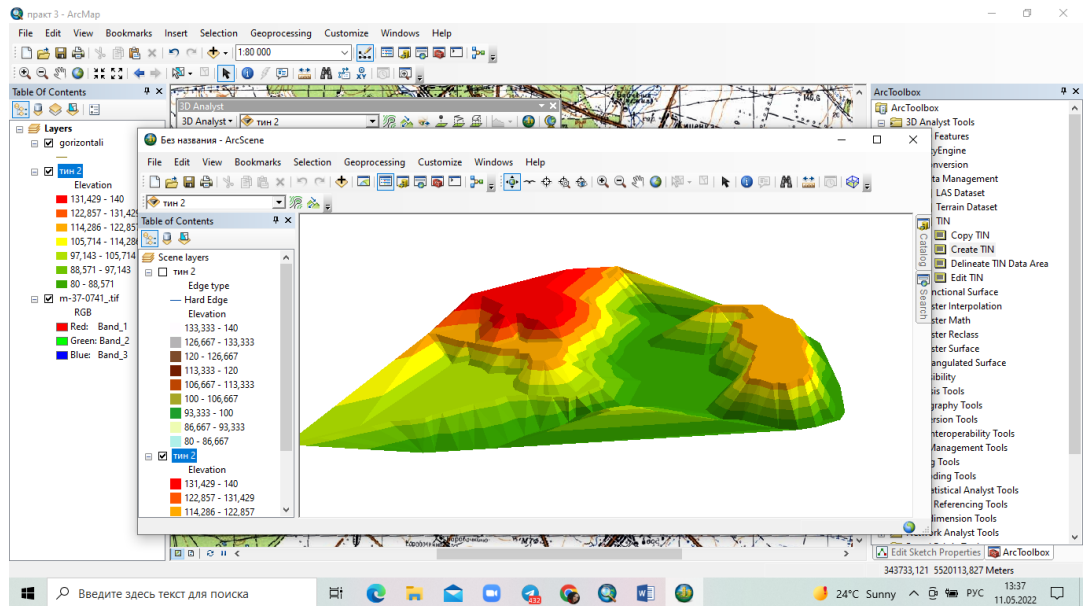


Рис. 2.8. Приклад цифрової моделі рельєфу [за автором]

— Анімовані карти для відображення динаміки цвітіння медоносних рослин та міграції бджолиних сімей.

Використання ГІС та методів картографічного моделювання дозволяє ефективно планувати та оптимізувати розміщення пасік, виявляти нові перспективні медоносні угіддя, відстежувати зміни в розподілі медоносних ресурсів та приймати обґрунтовані рішення для сталого розвитку бджільництва.

Загалом, використання географічних інформаційних систем (ГІС) для картографічного моделювання медоносних ресурсів має низку важливих переваг.

По-перше, це інтеграція різноманітних даних, адже ГІС може інтегрувати різноманітні набори даних, такі як дані дистанційного зондування, польові спостереження, кліматичні дані, топографічні карти та інші відповідні джерела інформації. Це дозволяє отримувати більш повну картину медоносних ресурсів.

По-друге, за допомогою ГІС можна створити моделі розподілу медоносних рослин, їх продуктивності та запилення на основі різних факторів, таких як кліматичні умови, типи ґрунтувань, рельєф та інші екологічні

зміни. Це додатково прогнозувати зміни медоносних ресурсів і планувати відповідні заходи.

По-третє, на основі карти медоносних ресурсів та моделей можна визначити оптимальні місця для розміщення пасіка, враховуючи наявність достатньої кількості медоносних рослин та інші фактори.

ГІС дозволяє відстежувати зміни в медоносних ресурсах з часом, виявляти тенденції та приймати відповідні рішення щодо управління та збереження цих ресурсів.

За допомогою ГІС можна легко поширювати та обмінюватися картографічною інформацією про медоносні ресурси між науковцями, бджолярами та іншими зацікавленими сторонами, щоб підвищити ефективність співпраці та прийняти обґрунтовані рішення.

Отже, використання ГІС у картографічному моделюванні медоносних ресурсів надає численні переваги завдяки високій точності та детальності просторових даних. ГІС дозволяють збирати, аналізувати та візуалізувати великі обсяги інформації про розташування медоносних рослин, періоди їх цвітіння, кліматичні умови та інші екологічні фактори. Це дає можливість бджолярам оптимізувати розташування пасік, прогнозувати найбільш сприятливі періоди для медозбору та ефективно планувати кочівлю пасік. Завдяки цьому можна значно підвищити продуктивність та прибутковість бджільництва, забезпечуючи раціональне використання природних ресурсів.

Крім того, ГІС інтегрують дані з різних джерел, включаючи супутникові зображення та метеорологічні дані, що дозволяє здійснювати комплексний моніторинг та управління медоносними ресурсами. Це сприяє виявленню змін у стані рослинних покривів, контролю за використанням пестицидів та прогнозуванню екологічних ризиків. Таким чином, використання ГІС допомагає забезпечити стійкий розвиток бджільництва, сприяючи збереженню біорізноманіття та підвищенню екологічної безпеки.

РОЗДІЛ 3. КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ МЕДОНОСНИХ РЕСУРСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІС

3.1 Визначення оптимальних місць для розміщення пасік з використанням ГІС

Бджільництво, як сільськогосподарська діяльність, включає багато аспектів, на які можуть впливати екологічні та географічні фактори. Наприклад, місце утримання пасіки слід вибирати ретельно, щоб забезпечити безпеку та високу продуктивність колоній [5], оскільки інакше хвороби між колоніями можуть бути поширеними та пасивно впливати на їх виживання та продуктивність.

ГІС можна використовувати окремо або в поєднанні з іншими технологіями, включаючи дистанційне зондування, для виконання необхідного аналізу. За допомогою дистанційного зондування користувач отримує інформацію з супутника або аерофотознімків об'єкта (наприклад, досліджуваної області) без фізичного контакту. Ці зображення включають в аналіз ГІС, щоб надати більше інформації про досліджувану територію.

У законодавстві України [28] відсутні чіткі вказівки стосовно категорій земельних ділянок, де можна або не можна ставити пасіки для бджільництва. Тому, бджоларі можуть розміщувати пасіки на землях, призначених для фермерського господарства, особистого селянського господарства та товарного сільськогосподарського виробництва.

Проте, при встановленні пасік важливо враховувати всі діючі законодавчі обмеження, які впливають на розподіл сільськогосподарських угідь. Одна й та ж земельна ділянка може містити різні види сільськогосподарських угідь, такі як рілля, пасовища, багаторічні насадження тощо.

Крім того, крім відповідності цільовому призначенню земельної ділянки (категорії), важливо враховувати розподіл сільськогосподарських угідь.

Наприклад, на ріллі не допускається закладення багаторічних насаджень, а пасовища не підлягають розорюванню.

Отже, якщо планується створення стаціонарних пасік, які передбачають закладення багаторічних насаджень, важливо звернути увагу на те, щоб розподіл сільськогосподарських угідь відповідав функціональному використанню земельної ділянки. Розташування пасік є ключовим фактором для успішної та продуктивної діяльності бджільників. Воно включає в себе багато різних факторів [27], серед яких:

- Медоносні рослини: важливо вибрати місце, де ростуть медоносні рослини. Це дозволить бджолам збирати нектар та пилок для виробництва меду.
- Відстань до водних джерел: наявність близьких водних джерел є важливою для бджіл, особливо в спекотні періоди. Вони потребують води для охолодження вулика та виробництва меду.
- Захист від вітру: треба врахувати захист від сильних вітрів, особливо взимку та весною. Вітер може впливати на температуру вулика та поведження бджіл.
- Сонячне освітлення: пасіки повинні отримувати достатньо сонячного світла, оскільки бджоли використовують його для орієнтації та регулювання температури вулика.
- Безпека та зручність доступу: забезпечення безпеки та зручного доступу для пасічника. Місце має бути легкодоступним та віддаленим від небезпек (наприклад, далеко від шкідливих хімікатів).
- Кліматичні Умови: треба врахувати кліматичні умови регіону, в якому ви розташовуєте пасіку. Деякі види бджіл краще пристосовані до конкретних кліматичних умов.

Наразі існує кілька різних підходів вибору місць для розташування пасік на території, які наведені в (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Підходи вибору місць для розташування пасік

Підхід	Ключовий аспект
Кліматичний	Ідеальні кліматичні умови
Екологічний	Різноманітність рослинності
Географічний	Просторове розташування
Агрокультурний	Доступність сільгоспугідь
Економічний	Потенціал продажу меду
ГІС-аналіз	Аналіз просторових даних
Біологічний	Здатність бджіл
Соціокультурний	Легальні та культурні фактори
Ризиковий аналіз	Оцінка ризиків

Наразі нас цікавить саме ГІС-аналіз, який в собі може об'єднувати кілька різних підходів.

Геоінформаційні системи (ГІС) – це комплекс інтегрованих технологій, що використовуються для збору, обробки, аналізу та візуалізації географічної інформації.

ГІС мають широке застосування в географії і інших суміжних галузях. В таблиці 3.2 наведені деякі аспекти їх використання.

Таблиця 3.2

Аспекти використання ГІС в різних галузях [6]

Галузі	Використання
Картографія та візуалізація	ГІС дозволяють створювати детальні інтерактивні карти з різними тематичними шарами, що полегшує розуміння просторових відносин між об'єктами.

Продовження таблиці 3.2

Геодезія та GPS	Використання ГІС для точного визначення місцезнаходження об'єктів за допомогою геодезичних приладів та GPS-технологій.
Кризове Управління та протидія надзвичайним ситуаціям	ГІС використовуються для прогнозування та управління в разі природних катастроф, таких як повені, землетруси чи лісові пожежі.
Містобудування та управління інфраструктурою	ГІС допомагають вирішувати завдання містобудування, включаючи планування інфраструктури, дорожньо-транспортне планування та управління міським середовищем.

В даний час ГІС використовується в широкому діапазоні дисциплін. На перший погляд, це чудовий інструмент для зберігання та доступу до просторових даних. Однак ГІС – це набагато більше, ніж база просторових даних. Їх можна використовувати як аналітичний інструмент. Таким чином, він полегшує доступ до існуючих даних, водночас надаючи засоби для їх поєднання зі знаннями про відносини та процеси.

Вибір правильного місця розташування пасік у певній місцевості має важливе значення для того, щоб бджолині сім'ї були розподілені відповідно до зони цвітіння без надмірного скупчення вуликів в одному місці. Це, у свою чергу, допомагає запобігти конкуренції бджолиних сімей за медоносні рослини. Крім того, відповідну кількість вуликів на кожному пасіку можна визначити відповідно до рослинного покриву.

Визначення оптимальних місць для розміщення пасік за допомогою ГІС є складним завданням, що враховує різноманітні фактори, від кліматичних умов до доступності медоносних рослин та географічного рельєфу [7]. Цей процес включає різноманітні кроки, які розглянуті нижче.

При аналізі флори та фауни для визначення оптимальних місць для розміщення пасік за використанням ГІС важливо враховувати багато чинників. ГІС може допомогти інтегрувати та аналізувати географічні дані

щодо розподілу рослинності та тваринного світу. Основні етапи аналізу флори та фауни включають: картографування біорізноманіття (створення карт, які відображають різноманіття видів рослин і тварин у певній території); аналіз екосистем (ГІС допомагає в ідентифікації екосистем, які можуть бути корисними для розташування пасік); врахування екологічних факторів (аналіз екологічних параметрів, таких як типи ґрунтів, кліматичні умови, доступність води, що допомагає визначити придатність території для утримання бджіл); міграційні маршрути тварин (використання ГІС для вивчення міграційних маршрутів та місць концентрації тварин, що може впливати на вибір місць для пасік); охорона територій захисту природи (врахування наявності заповідників чи інших територій, де розміщення пасік може бути обмеженим).

Кліматичний аналіз відіграє ключову роль у врахуванні екологічних умов для успішного утримання бджіл. температурні умови включають визначення середніх, максимальних та мінімальних температур у різні сезони. Бджоли мають певні температурні вимоги, і оптимальний розподіл температур може бути визначальним фактором. Аналіз розподілу опадів та вологості впливає на доступність рослин для збору нектару і пилку. Застосування ГІС допомагає візуалізувати зони з різними рівнями опадів. Оцінка інтенсивності сонячного випромінювання на певній території важлива для фотосинтезу рослин, які становлять основний джерело їжі для бджіл. Врахування інтенсивності та частоти вітрів, оскільки вони можуть впливати на повітряний потік і тепловий режим. Використання концепції зон хардінесу для рослин, які є джерелом пилку та нектару, що є важливим аспектом для бджіл. Врахування можливих змін в кліматі на майбутнє для довгострокового планування розташування пасік.

Географічне положення важливий фактор при визначенні оптимальних місць для розміщення пасік з використанням ГІС. Визначення конкретних географічних координат для потенційних місць розміщення пасік. Це дозволяє точно визначити кліматичні особливості та фактори, які впливають на бджіл. Аналіз рельєфу та топографії допомагає визначити території з хорошою

дренажною системою та без значних топографічних перешкод для розміщення пасік. Врахування доступності водних ресурсів для напою бджіл та для поливу рослин. ГІС дозволяє визначити розташування річок, озер, артезіанських криниць тощо. Оцінка типів рослинності та їх біопродуктивності, оскільки це впливає на доступність пилку та нектару для бджіл. Аналіз поточного землевикористання та рівня аграрної активності на території для визначення відкритості для сільськогосподарської діяльності. Врахування біокліматичних особливостей регіону, які можуть впливати на здоров'я та продуктивність бджіл.

Аналіз ґрунтів грає теж досить важливу роль при визначенні оптимальних місць для розміщення пасік. ГІС дозволяє визначити типи ґрунтів на досліджуваній території. Різні види ґрунтів можуть впливати на доступність рослин, які служать джерелом пилку та нектару для бджіл. Аналіз рівня плодючості ґрунтів є ключовим для визначення, наскільки сільськогосподарські культури на території будуть здатні забезпечити достатній рівень харчування для бджіл. Оцінка якості дренажу ґрунтів є важливою, оскільки вологість може впливати на здоров'я бджіл та їхню продуктивність. ГІС може допомогти визначити рівень кислотності чи основності ґрунтів, що важливо для вирощування певних рослин, які приваблюють бджіл. Аналіз структури і текстури ґрунту допомагає визначити, наскільки добре він утримує воду та надає оптимальні умови для росту рослин.

Оцінка ризиків та загроз включає в себе ряд етапів та аспектів. ГІС може допомогти аналізувати кліматичні умови на території, враховуючи температуру, вологість, опади тощо. Це дозволяє передбачити можливі кліматичні ризики, такі як екстремальні температури, заморозки, або дефіцит опадів. ГІС може бути використаний для ідентифікації природних загроз, таких як повені, зсуви ґрунту, або інші природні катастрофи, які можуть вплинути на місця розташування пасік. Використання ГІС дозволяє аналізувати різноманіття рослин, доступних на досліджуваній території. Це допомагає визначити можливості для бджіл вирощувати продуктивні

культури та уникнути ризиків від отруйних або несприятливих рослин. ГІС може бути використаний для аналізу рівнів забруднення повітря та води на території. Це важливо для визначення можливих ризиків внаслідок хімічних забруднень. Врахування аспектів територіальної політики, таких як відстань до міст або інших густо населених районів, дозволяє визначити можливі ризики від взаємодії з антропогенним середовищем. ГІС дозволяє визначити інші пасіки, які можуть бути близько. Це важливо для уникнення конфліктів між бджолярами та конкуренції за ресурси.

І останнім кроком є *аналіз стійкості до змін* території. Цей аналіз включає в себе оцінку того, наскільки обрані місця і стратегії будуть стійкими до різних змін і факторів. Важливо враховувати різноманітні аспекти, такі як зміна клімату, екологічні фактори, антропогенний тиск та інші. Використання ГІС для аналізу імовірності змін у кліматичних умовах на визначених місцях. Оцінка можливості адаптації пасік до зміни температур, опадів та інших кліматичних параметрів. Аналіз екологічної стійкості регіону, враховуючи різноманіття рослинності та наявність природно-заповідних зон. Визначення впливу можливих екологічних змін на бджолині пасіки. Аналіз можливості зростання антропогенного тиску на визначених територіях через зростання населення, інфраструктурний розвиток та інші фактори. Визначення впливу антропогенних чинників на здоров'я бджіл та як це може впливати на стійкість пасіки. Використання ГІС для моделювання різних сценаріїв змін, таких як розширення міст, зміни використання землі, або екстремальні погодні умови. Оцінка впливу цих сценаріїв на функціонування пасіки. Розробка стратегій управління ризиками, які включають адаптаційні заходи та моніторинг стану довкілля. Визначення резервних місць для розміщення пасік у випадку несприятливих змін. Врахування соціально-економічних факторів, таких як рівень доходів населення та ринкові умови для продажу меду. Аналіз впливу економічних факторів на стабільність бджолиного господарства.

Загалом, ГІС дозволяє інтегрувати ці дані в просторовому контексті, створюючи картографічні шари, які відображають різні аспекти ґрунтових

умов на території. Це сприяє об'єктивному визначенню оптимальних місць для розміщення пасік, де умови найбільш сприятливі для здоров'я та продуктивності бджіл.

Отже, для визначення оптимальних місць для розміщення пасік з використанням ГІС [49] необхідно зібрати багато даних серед яких: карти або Shapefiles рельєфу місцевості, ґрунтів, рослинного покриву, дані дистанційного зондування Землі, метеорологічні та кліматичні дані, гідрологічні дані, дані про дорожню мережу та соціально-економічні дані території.

На основі цих даних та викладеної інформації можна зробити приблизний алгоритм оцінки придатності території. Він буде включати такі пункти:

1. Багатокритеріальна оцінка – на основі даних про рельєф, ґрунти, рослинність, клімат, гідрологію рахується інтегральний показник придатності кожної ділянки. Кожному фактору присвоюється ваговий коефіцієнт за значущістю. Потім для кожної ділянки рахується інтегральний показник придатності.

2. Зонування території за ступенем придатності - полягає у розбитті території на зони з близькими характеристиками придатності. Можуть виділятися 4-5 зон від дуже придатних до непридатних.

3. Побудова ізоліній придатності – лінії на карті, що з'єднують точки з однаковим показником придатності. Дають уявлення про просторовий розподіл придатних ділянок.

4. Кластерний аналіз – використовує алгоритми машинного навчання для групування схожих об'єктів в кластери. Він дозволяє розділити територію на однорідні ділянки за показниками придатності. Кластери утворюють зони з оптимальним поєднанням умов для бджільництва. І в кінці дає чітке уявлення, які фактори найбільше впливають на схожість ділянок.

5. Моделювання потенційних місць розташування пасік на основі наявних – аналізуються характеристики місцевості та умови на існуючих,

успішних пасіках. Виділяються оптимальні параметри для бджільництва (клімат, рельєф, рослинність). За цими параметрами знаходяться схожі місця придатні під пасіки. Метод дозволяє врахувати реальний досвід бджолярів в конкретному регіоні.

6. Використання нейронних мереж та машинного навчання – потужний інструмент пошуку прихованих закономірностей у даних. На основі наявних даних мережі вчать прогнозувати найбільш сприятливі місця. Можуть аналізувати величезні масиви геоданих і робити точні прогнози. Здатні виявляти складні нелінійні залежності, які людині важко побачити. Але потребують значних обчислювальних ресурсів і репрезентативних навчальних даних.

За даними Державної служби статистики України за 2021 рік [39] було складену карту бджільництва України (рис. 3.1). На даній карті представлено виробництво меду на 2021 рік в тонах по областях, а також наведена гістограма наявності бджолосімей у господарствах усіх категорій на 1 січня кожного року.

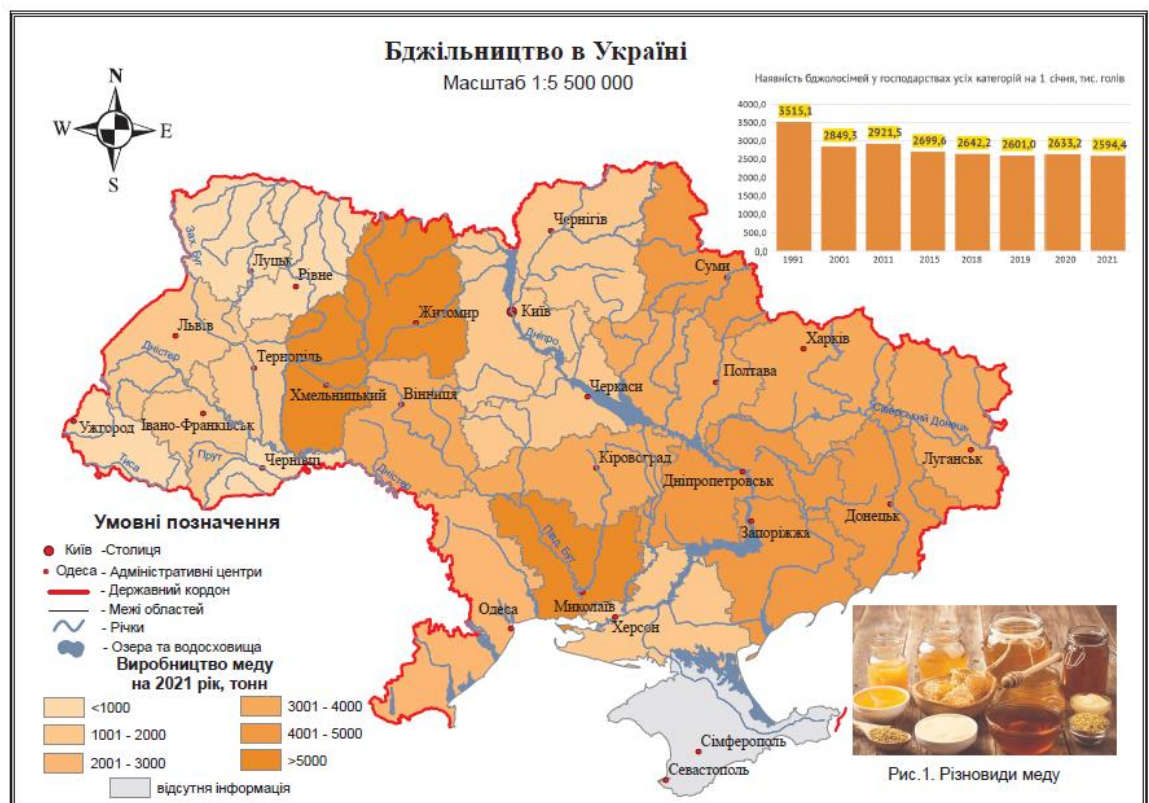


Рис. 3.1 Бджільництво України [за автором]

Аналізуючи карту можемо побачити, що у 2021 році займали лідируючі позиції за обсягами виробництва меду в Україні Житомирська, Хмельницька та Миколаївська області перевищуючи 5000 тон. Це пояснюється кількома причинами:

- Сприятливі природно-кліматичні умови – в цих областях достатня кількість опадів, родючі ґрунти, велика кількість медоносних рослин (липа, гречка, ріпак, соняшник).
- Значні площі сільгоспугідь з медоносними культурами – ріпак, гречка, соняшник. Бджоли збирають з них багато нектару.
- Тривалі традиції бджільництва в цих регіонах, наявність досвідчених бджолярів. Професіонали забезпечують високу продуктивність пасік.
- Сприятливі умови для розвитку бджільництва створює держава і місцеві органи влади, надаються субсидії, допомога з технікою.
- Можливо, відіграє роль ще й доволі велика площа даних областей.

Тож, спираючись на всю вищевикладену інформацію можна виділити деякі ключові рекомендації щодо вибору оптимальних місць для розташування пасік:

1. Аналізуйте наявність медоносної рослинності – лісових масивів, луків, полів. Чим ближче пасіка до джерел нектару, тим краще.
2. Обирайте місця з чистим повітрям, подалі від промислових об'єктів і автомагістралей. Це запобігає отруєнню бджіл.
3. Враховуйте переважний напрямок вітру і орієнтацію схилів – пасіка має бути захищеною від вітру.
4. Ґрунти мають бути родючими з хорошим дренажем. Уникайте вологих або кам'янистих ділянок.
5. Пересвідчіться у безпеці території, відсутності отрутохімікатів, пестицидів, важкої техніки.
6. Враховуйте близькість джерел води – річки, ставки, джерела. Бджолам потрібна вода.

7. Перевірте, що район не є ендемічним по розповсюдженню хвороб бджіл.
8. Аналізуйте доступність і можливість під'їзду до майбутньої пасіки.

Таким чином, ретельне врахування цих факторів при виборі місця для пасіки дозволить значно підвищити продуктивність медозбору, отримувати якісний мед та зробити бджільництво вигідним та приємним заняттям.

3.2 Створення інтерактивної карти розподілу медоносних ресурсів на території України

Розробка веб-карти здійснювалась за допомогою двох програмних забезпечень: ArcMap та ArcGIS Online [52].

ArcMap версії 10.8 – це потужна геоінформаційна система від Esri, яка використовується для створення, аналізу та візуалізації просторових даних. Вона використовується в різних галузях, включаючи геодезію, картографію, планування, охорону навколишнього середовища та багато інших.

ArcGIS Online – це хмарна ГІС-платформа від Esri, яка дозволяє користувачам створювати, спільно використовувати та переглядати карти та інші геопросторові дані. ArcGIS Online доступний через веб-браузер, що робить його зручним для використання з будь-якого місця.

Проекція Gauss-Kruger добре підходить для великих масштабів, що є характерним для картографії території України. Гауссова проекція забезпечує малий кут похибки для великих територій, що дозволяє отримувати більш точні результати. Використання вже існуючої системи координат Pulkovo 1942 GK Zone 6N сприяє стандартизації та узгодженості з іншими географічними даними, що використовуються на території України. Тим паче, вона вже використовується для картографічних та геодезичних робіт на території України, що сприяє збереженню та узгодженню даних з минулими даними. І

взагалі, це є стандартом для України. Саме тому вона ідеально підійде для нашої майбутньої карти.

Започаткувавши дослідження, спочатку було зібрано статистичні дані щодо врожайності різних медоносних рослин в Україні [39]. Зокрема, для аналізу було обрано такі рослини, як соняшник, вишня, персик, ріпак та гречка, які є важливими медоносними культурами в різних регіонах країни. Практичну частину роботи було розпочато в середовищі геоінформаційної системи ArcMap. На початковому етапі за допомогою функції «Add Data» були завантажені просторові дані у форматі шейпфайлів [72]. Вони містили інформацію про кордони України, гідрографічну мережу, місцезнаходження міст та межі областей (рис. 3.2). Ці базові картографічні дані створили основу для подальшого геоінформаційного аналізу та моделювання.



Рис. 3.2. Завантажені шейпфайли кордонів України, гідрографія, міста та кордони областей

Для створення карти розповсюдження медоносних рослин по території України, дані із звіту Державної служби статистики України щодо врожайності в розрізі областей були інтегровані в атрибутивну таблицю шару

областей (рис. 3.3). Цей крок забезпечив просторове прив'язування статистичних даних до відповідних адміністративних одиниць.

Перед внесенням даних в атрибутивну таблицю було виконано низку підготовчих операцій. За допомогою інструменту «Attribute Table» та функції «Add Field» було створено п'ять нових колонок числового типу Double [76]. Ці колонки були присвоєні відповідними назвами медоносів, а саме: соняшник, вишня, персик, ріпак та гречка. Такий підхід дозволив структурувати дані таким чином, щоб забезпечити зручність їх подальшого аналізу та візуалізації.

FID	Shape *	ADMIN 1	Соняшник	Гречка	Ріпак	Вишня	Персик
24	Polygon ZM	Автономна Республіка Крим	0	0	0	0	0
14	Polygon ZM	Вінницька область	22,9	12,9	299,8	74,9	50,9
11	Polygon ZM	Волинська область	20,5	9,5	175,5	57,1	39
15	Polygon ZM	Дніпропетровська область	18,2	10,6	334,5	105,6	0
12	Polygon ZM	Донецька область	20,9	0	30,9	150,5	210,3
8	Polygon ZM	Житомирська область	20,7	11,5	133	95,6	77,9
17	Polygon ZM	Закарпатська область	17,3	8,5	0	34,4	50,8
22	Polygon ZM	Запорізька область	13,5	0	60,3	116,9	29,2
9	Polygon ZM	Івано-Франківська область	27,8	12,3	70,2	41,1	15
0	Polygon ZM	Київська область	22,3	12,8	156	60	40
20	Polygon ZM	Кіровоградська область	21,7	12,5	180,6	88	132,4
23	Polygon ZM	Луганська область	16,8	6,6	0	143,6	94,1
2	Polygon ZM	Львівська область	25,1	11,5	176,7	61,4	45,9
5	Polygon ZM	Миколаївська область	15,4	7,4	199,4	45,2	30,3
13	Polygon ZM	Одеська область	13,5	5,4	270,3	143,2	105
4	Polygon ZM	Полтавська область	28,1	15,3	65,4	213,2	22
18	Polygon ZM	Рівненська область	22,3	10,7	79,8	132,8	0
16	Polygon ZM	Сумська область	26,2	15,1	103	52,9	4
7	Polygon ZM	Тернопільська область	32	12,4	305,3	70,8	0
19	Polygon ZM	Харківська область	22,9	11,7	0	44,5	0
1	Polygon ZM	Херсонська область	13,8	0	21,7	0	0
6	Polygon ZM	Хмельницька область	28,9	14,2	292,9	81	47,1
21	Polygon ZM	Черкаська область	26,7	14,6	175,6	118,8	52,4
3	Polygon ZM	Чернівецька область	25,6	14,2	32,3	144,7	57
10	Polygon ZM	Чернігівська область	23,2	5,9	128	50,4	0

Рис. 3.3. Атрибутивна таблиця шару областей

Аналізуючи атрибутивну таблицю, можна помітити, що для деяких областей України відсутні дані щодо врожайності медоносних культур. Це пояснюється повномасштабним вторгненням Росії на територію нашої держави, що призвело до руйнувань інфраструктури та порушення процесів збору статистичної інформації в окремих регіонах.

Наступним кроком у створенні тематичної карти розподілу медоносних ресурсів було візуальне позначення внесених даних способом картограм, який є класичним прийомом у картографії. У середовищі геоінформаційної системи (ГІС) ця операція реалізується за допомогою функції «Graduated colours». Для

її застосування необхідно виконати наступний шлях: у вікні «Table of Contents» обрати потрібний шар, у нашому випадку – шар областей, відкрити вікно «Properties» (Властивості) – «Symbology» (Символіка) – «Quantities» (Кількісні показники) – «Graduated colours» (Градуйовані кольори). У розділі «Value» (Значення) обирається потрібна класифікація даних, а також задаються кольори та кількість градацій (рис. 3.4).

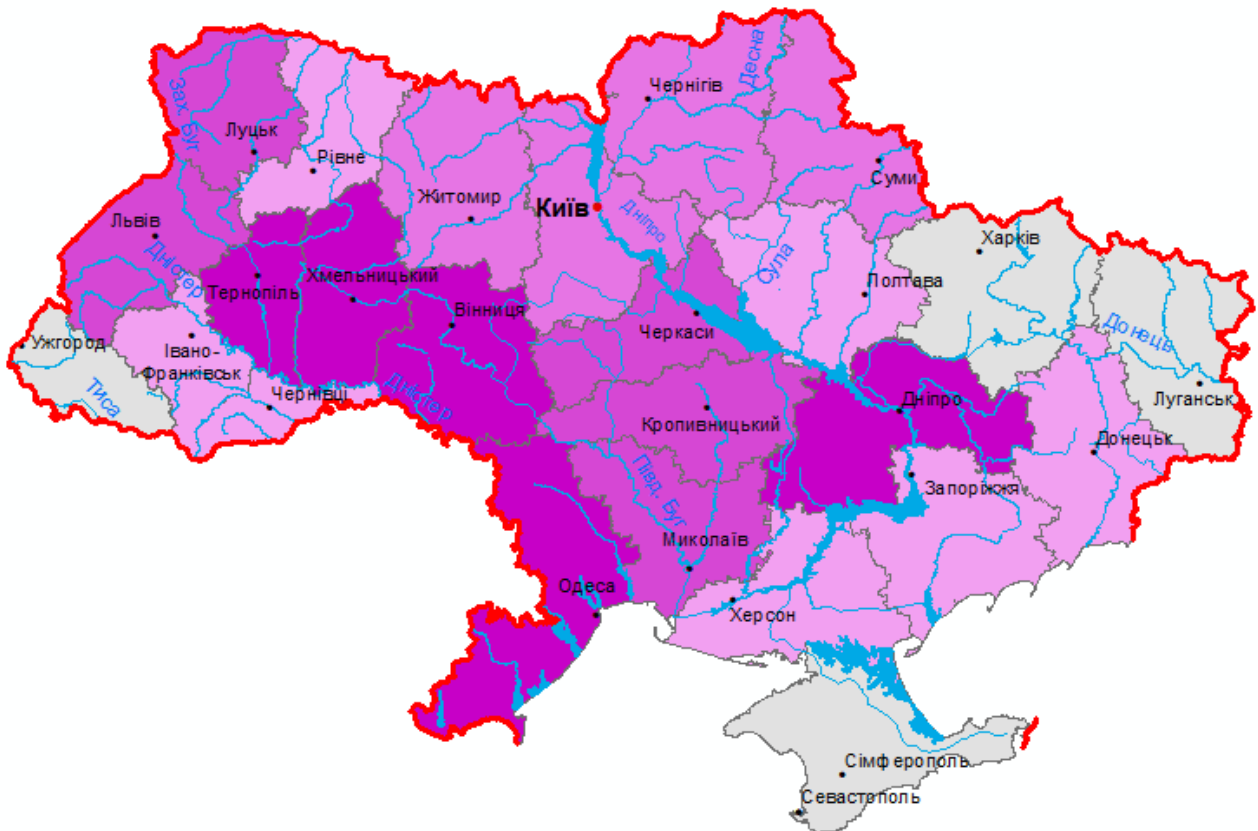


Рис. 3.4. Класифікація врожайності ріпаку в Україні на 2022 рік

Після налаштування символіки для шара областей, він був продубльований п'ять разів, створивши окремі шари для кожної медоносної культури. Процедура візуалізації даних за допомогою картограм була повторена для кожного з цих шарів, що дозволило відобразити просторовий розподіл врожайності соняшнику, вишні, ріпаку, гречки та персику на території України.

В результаті проведених дій було отримано геоінформаційний проєкт, що містив базові картографічні шари гідрографії, населених пунктів, кордонів

та областей України, а також тематичні шари, що візуалізували врожайність різних медоносних культур (у ц/га) за 2022 рік (рис. 3.5). Цей проєкт став основою для подальших аналітичних робіт та моделювання розподілу медоносних ресурсів в Україні.

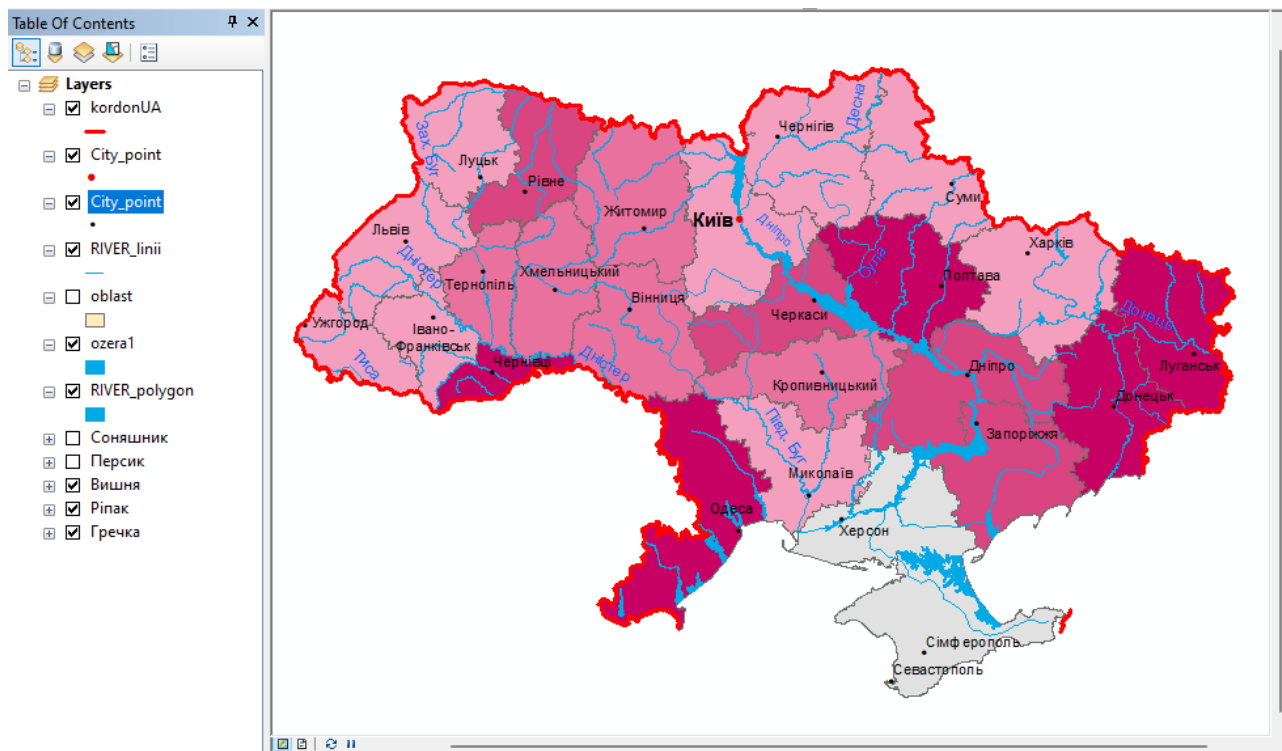


Рис. 3.5. Кінцевий проєкт в програмі ArcMap

Завершальним кроком у програмі ArcMap була вилучення всіх створених шарів у форматі .shp до заздалегідь підготовлених папок, а потім стиснення цих папок у форматі .zip. Цей крок забезпечив збереження та портативність даних для подальшої роботи.

Після підготовки основного картографічного матеріалу, наступною метою стало створення інтерактивної веб-карти. З цією метою робота була продовжена в іншому програмному забезпеченні – Esri.

У середовищі Esri відбулася авторизація з використанням 21-денної підписки. Далі, за допомогою функції «Додати шар з файлу» (рис. 3.6), були додані всі раніше збережені стиснуті папки з шейпфайлами.

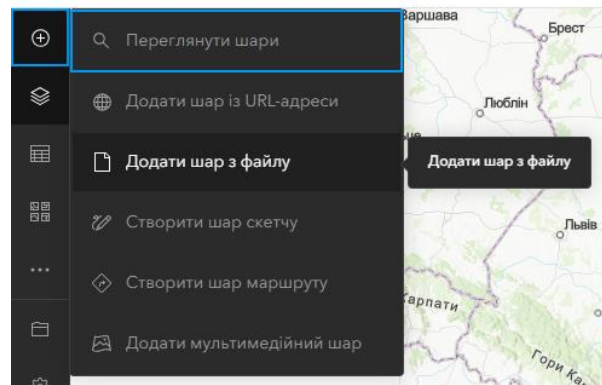


Рис. 3.6. Функція «Додати шар» перемикається на ArcGIS Online [51].

Наступним кроком стало створення нового проєкту у вкладці «Карта». За допомогою відповідних інструментів були імпортовані раніше підготовлені шари, включаючи шар областей України.

Однак, на початковому етапі в проєкті був присутній лише один шар областей без класифікацій [54]. Для створення окремих шарів для кожної медоносної культури з відповідними класифікаціями, шар областей був продубльований п'ять разів.

Для налаштування класифікацій, один із дублікатів шарів був виділений, а на лівій панелі натиснута опція «Стилі». У віконці «Стилі» було натиснуто «Додати поле», і додано, наприклад, поле «вишні». Далі було обрано стиль «Лічильники та суми (колір)» та перейдено до налаштувань стилю символу. Тут була вибрана потрібна колірна заливка (Red 8), а градієнт було інверсовано, щоб сірий колір відображав значення «0». Наприкінці, шар областей був перейменований на «Вишня» (рис. 3.7).

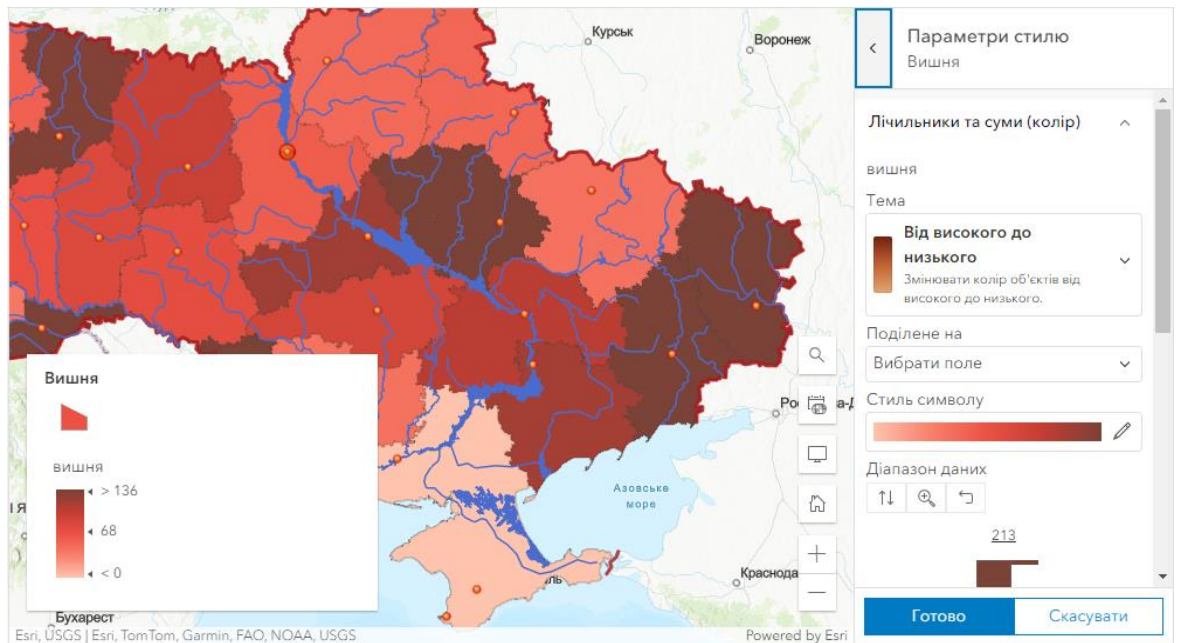


Рис. 3.7. Стилізація шару Вишня

Аналогічну процедуру стилізації було проведено для інших шарів областей, присвоюючи їм відповідні кольори заливки: для персику – інверсований Esri Orange 1, для гречки – інверсований Purple 7, для ріпаку – інверсований Esri Green 1, та для соняшнику – інверсований Esri Pumpkin Pie. Це дозволило візуально диференціювати розподіл різних медоносних культур на карті.

Після налаштування стилів для всіх тематичних шарів, проєкт було збережено під назвою «Розподіл медоносних ресурсів на території України» з наданням публічного доступу. Це забезпечило можливість подальшого перегляду та використання створеної карти іншими користувачами.

Наступним кроком стало оформлення інтерактивної карти. У вікні проєкту, на лівій панелі, було натиснуто «Більше» – «Створити додаток» (рис. 3.8). У цій вкладці обрано опцію «Створити миттєвий додаток» [55], що перенаправило роботу на сторінку Instant Apps.

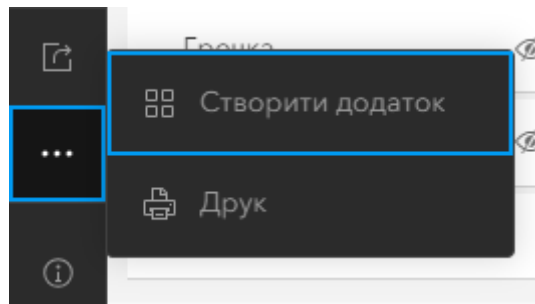


Рис.3.8. Створення додатку

На сторінці Instant Apps необхідно було вибрати стиль майбутнього додатку. Було обрано стиль «Бічна панель», оскільки він дозволяє додавати набір інструментів, які надають переглядачам можливість взаємодіяти та оновлювати дані. Зокрема, інструменти редагування дозволяють оновлювати та додавати об'єкти, а фільтри надають додаткову інформацію про дані.

Далі було надано назву додатку «Розподіл медоносних ресурсів на території України» та додано відповідні теги (Україна, мед, рослини, медоноси). Після цього відбувся перехід на сторінку редагування додатку (рис. 3.9).

На сторінці редагування можна було налаштувати різноманітні параметри та функціональність майбутнього веб-додатку, такі як розміщення елементів інтерфейсу, панелі інструментів, легенди, пошукові фільтри тощо. Ця сторінка надавала широкі можливості для персоналізації та оптимізації користувацького досвіду під час роботи з інтерактивною картою.

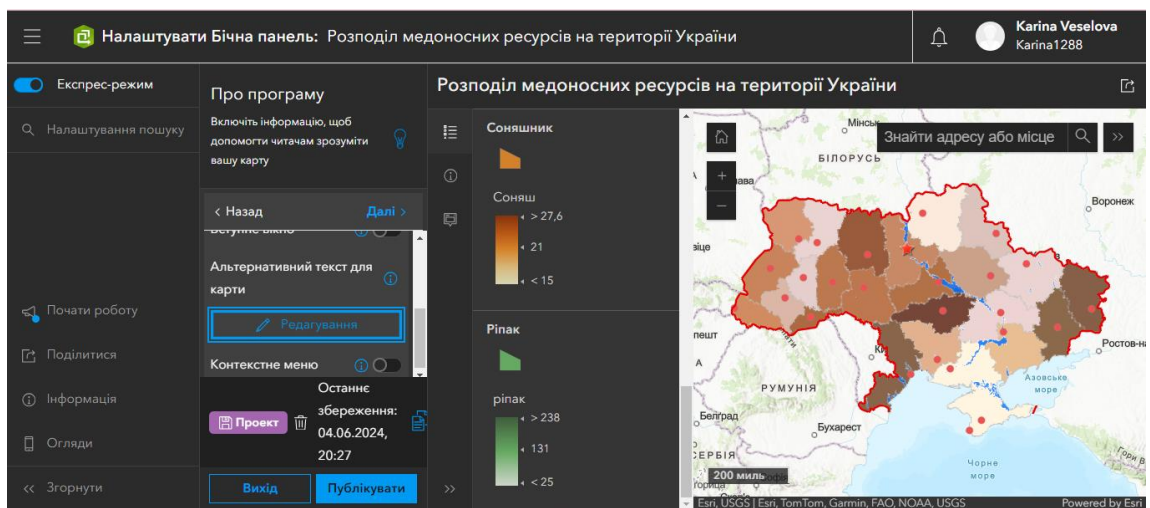


Рис. 3.9. Сторінка налаштування додатку

На сторінці редагування додатку було виконано наступні кроки:

1. Введено альтернативний текст для нашого додатку, що покращує доступність та пошукову оптимізацію.
2. Перейшли до налаштування бічної панелі. Було вибрано опцію, щоб при запуску програми одразу показувалися наявні шари.
3. Налаштували шари, які можна буде перемикаєти в додатку, а саме: вишня, персик, соняшник, ріпак та гречка. Для інших сталих шарів, таких як гідрографія, населені пункти тощо, галочки були прибрані.
4. Після налаштувань натиснули «Публікувати», надаючи публічний доступ до створеної інтерактивної карти.

Для кінцевого оформлення сторінки перейшли на вкладку «Зміст» та знайшли свій проєкт.

На цій сторінці було надано опис карти: «Інтерактивна карта, яка відображає розподіл медоносних ресурсів на території України», а також детальний опис проєкту:

«Ця програма показує розподіл медоносних рослин на території України. Всі числові дані, а саме, врожайність різних медоносів, вказана в ц/га. Темніші регіони відповідають більшій урожайності, а світліші – меншій. Цей шаблон допомагає відповісти на запитання: в якому регіоні найкраще розташовувати пасіки? Карта в цьому додатку містить шар гідрографії України, адміністративних центрів, а також врожайності рослин. Всі дані було взято зі Звіту Державної служби статистики України за 2022 рік.» (рис. 3.10).

Після збереження всіх змін та остаточної публікації карти, було отримано посилання на переглядач проєкту: <https://www.arcgis.com/apps/instant/sidebar/index.html?appid=2a6b41eca65a4270b138ec7eb3e4b005>.

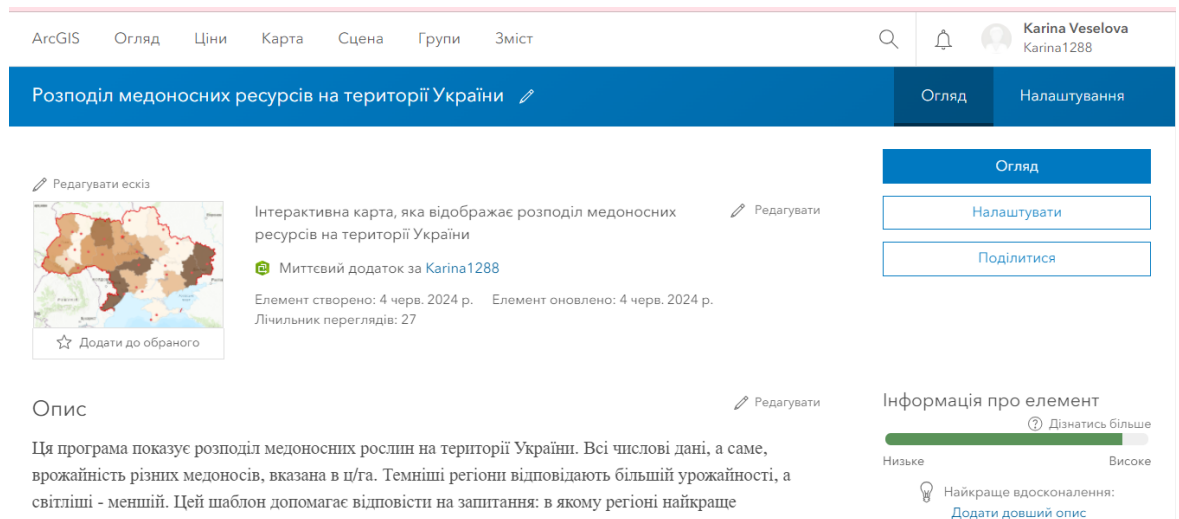


Рис. 3.10. Вигляд проєкту карти

Це посилання надає доступ до створеної інтерактивної веб-карти, що візуалізує розподіл медоносних ресурсів на території України. Користувачі можуть переглядати дані, перемикатися між шарами різних медоносних культур, взаємодіяти з картою за допомогою інструментів, що були налаштовані на попередніх етапах.

Веб-додаток надає інформацію щодо загальної медоносної спроможності різних регіонів України, які цікавлять користувача. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс дозволить отримати швидку відповідь - наскільки певна місцевість придатна для розведення бджіл та виробництва меду.

Такий інноваційний інструмент, безумовно, буде корисним як для досвідчених бджолярів, так і для новачків в цій справі. А головне – сприятиме подальшому розвитку бджільництва в нашій країні та підвищенню ефективності цієї важливої галузі сільського господарства.

Аналізуючи укладену інтерактивну карту розподілу медоносних ресурсів на території України, ми відкриваємо перед собою значний обсяг корисної інформації, яка стає важливим інструментом для вивчення, аналізу та використання медоносних ресурсів країни. Ця карта відображає географічне розташування медоносних рослин на території нашої держави, що дозволяє

нам легше розуміти їхню розподіленість та потенційний вплив на розвиток бджільництва.

Створюючи даний картографічний матеріал ми надали йому певний функціонал. Це *інтерактивність*:

- користувачі мають можливість масштабувати та переміщати карту;
- натискання на певні точки карти відкриває додаткову інформацію про медоносні ресурси в цій місцевості;
- є можливість вибору різних шарів даних.

Візуалізація: для зручності сприйняття інформації ми використали кольорову легенду, яка чітко відображає щільність медоносних ресурсів на карті. Це дозволяє користувачам швидко оцінити розподіл рослин та їхню кількість у різних регіонах.

Чіткість та доступність: інформація на карті легко зрозуміла та доступна для різних категорій користувачів, включаючи спеціалістів у сфері бджільництва, вчених, фермерів та інших зацікавлених осіб. Ми прагнули забезпечити максимальну зрозумілість та зручність використання картографічного матеріалу для всіх його користувачів.

Таким чином, використання картографічного моделювання для аналізу розподілу медоносних ресурсів з використанням геоінформаційних систем (ГІС) відкриває широкі перспективи в науці та практиці.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в результаті дослідження було отримано такі результати:

1. Проаналізовано теоретичні аспекти картографічного забезпечення. Визначено ключові терміни та стратегії, що використовуються у картографії для відображення та аналізу медових потоків та умов середовища, сприятливих для розвитку медоносних рослин. Поняття «карта», «картографування», «геоінформаційні системи (ГІС)» та «медоносні ресурси» розглянуто з урахуванням їх ролі у візуалізації та вивченні просторового розподілу бджолиних пасовищ. Це створило теоретичну основу для подальшого практичного застосування картографічних методів та геоінформаційних технологій у дослідженнях медоносних ресурсів.

2. Виявлено можливості використання сучасних геоінформаційних технологій та їх роль у бджільництві. Таким чином, застосування цих технологій дозволяє візуалізувати просторовий розподіл медоносних рослин, аналізувати фактори, що впливають на їх поширення, прогнозувати потенційні зони для розміщення пасік та оптимізувати планування бджільництва. Комплексна інтеграція геоінформаційних технологій з системами моніторингу бджолиних колоній, кліматичними моделями та іншими джерелами даних забезпечує всеохоплюючий підхід до аналізу та управління бджільництвом. Отже, сучасні геоінформаційні технології відкривають нові перспективи для картографування, аналізу та збереження медоносних ресурсів, сприяючи ефективному плануванню та сталому розвитку галузі бджільництва.

3. Складено методику аналізу розподілу медоносних рослин на території України з використанням геоінформаційних систем. Визначено критерії визначення оптимальних місць для розміщення пасік, у які включено такі фактори, як тип рослинності, доступність водних джерел, кліматичні умови та наявність потенційних загроз для бджільництва, таких як відсутність важливих культур або можливість забруднення середовища. Використання геоінформаційних систем для аналізу та візуалізації даних про оптимальні

місця дозволяє бджільникам здійснювати більш точну і обґрунтовану оцінку потенційних місць для розміщення пасік. Застосування методів геоінформаційного аналізу, таких як аналіз множинних критеріїв або просторовий аналіз, дозволяє ефективно вибирати оптимальні місця для розміщення пасік з урахуванням різноманітних чинників та обмежень.

4. Розроблено інтерактивну карту, яка відображає розподіл медоносних ресурсів по території України. Ця карта створена з метою надання корисної інформації бджільникам та іншим зацікавленим сторонам щодо доступності різних видів медоносних рослин на території країни. Вона включає шари з такими медоносів, як соняшник, вишня, персик, гречка та ріпак, що дозволяє користувачам отримати повну картографічну інформацію про розподіл цих ресурсів. Інтерактивна природа карти дозволяє користувачам здійснювати різноманітні аналітичні запити та взаємодіяти з даними, що робить її важливим інструментом для планування та прийняття рішень у сфері бджільництва.

На основі проведеної роботи із візуалізації розподілу медоносних ресурсів на території України, у майбутньому планується розширити дослідження та створити більш деталізовану інтерактивну карту для конкретного регіону, що дозволить отримати більш точні дані про наявність медоносів. Для досягнення цієї мети передбачається використання даних дистанційного зондування Землі, проведення ретельних польових досліджень, ідентифікація медоносних культур за допомогою аналізу космічних знімків та їх подальше відображення на майбутній карті, де на відміну від попередньої карти, найменшими одиницями картографування будуть окремі поля, лісові масиви та садові насадження. Крім того, в перспективі передбачається створення цифрової моделі рельєфу (ЦМР) для вибраного регіону, що допоможе детально відобразити рельєф місцевості, висотне положення, схили та експозицію для визначення оптимальних місць розміщення пасік та оцінки доступності медоносних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеєнко Ф., Бабич І., Дмитренко Л. Виробнича енциклопедія бджільництва. Київ : Урожай, 1966. 500 с.
2. Бабич І. А., Мегель О. Г. Бджільництво. Київ : Урожай, 1969. 272 с.
3. Броварський В. Д. Методика дослідної справи у бджільництві: Видавничий дім «Вінніченко», 2017. 166 с.
4. Войславський Л. Основи картографії. : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2005. 39 с.
5. Галатюк О. Хвороби бджіл та основи бджільництва: навчальний посібник для студентів факультетів ветеринарної медицини, технології виробництва та переробки тваринницької продукції, ветеринарних лікарів, пасічників. - Житомир: "Полісся", 2006. - 278 с.
6. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. – 492 с.
7. Головецький І.І., О.М. Лосєв. Санітарно-гігієнічні аспекти ведення бджільництва. К.: ТОВ «НВП» Інтерсервіс, 2013. 312 с.
8. Дьомина І. А. Геоінформаційне моделювання в оптимізації місцезонашувань земельних ділянок для пасік. Київ, 2021. 12 с.
9. Жученко Д. Б. Передумови ефективного функціонування галузі бджільництва. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2013. № 83. С. 275–282.
10. Карта бджоляра. *Карта бджоляра*. URL: <https://honey.cfg.com.ua/> (дата звернення: 02.06.2024).
11. Карта органічних земель в Україні. Торгова марка «Agreen» - офіційний сайт виробника. URL: https://agreen.ua/news/karta_organicheskikh_zemel_v_ukraine.html (дата звернення: 02.06.2024).
12. Картографія. терміни та визначення. ДСТУ 2757-94. Київ, 1994. 95 с.

13. Картографування розподілу медоносних ресурсів на території України. Google Docs. URL: <https://forms.gle/kkSZ1593tivXjasF8> (дата звернення: 02.06.2024).
14. Кимочко І. Б. Досвід використання добродійно-просвітницької діяльності братчиків другої половини XIX – початку XX століття православними братствами сучасної Рівненщини. *Наукова періодика України*. 2012. С. 7–11.
15. Ковтун О.В. Фрагменти з історії використання дистанційних методів у картографуванні ґрунтів. Історичні записки: Збірник наукових праць. Східноукраїнський ун-т імені Володимира Даля. Луганськ, 2008. С. 148-153.
16. Козаченко Т. Концептуальні основи картографічного моделювання розвитку освітнього комплексу України. *Вісник геодезії та картографії*. 2013. № 3. С. 25–32.
17. Котовс Д. Інтерактивна карта на основі ГІС для покращення планування бджільницької діяльності. 2023.
18. Лахоцька Е. Основи картографії : навч. посіб. Ужгород : УжНУ, 2017. 79 с.
19. Липулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2010. 314 с.
20. Лосєв О. Актуальні проблеми розвитку галузі бджільництва. *Актуальні проблеми розвитку галузі бджільництва* : Зб. тез доп., м. Київ, 19–20 квіт. 2017 р. 2017.
21. Ляшенко Д. Картографія з основами топографії : навч. посіб. Київ : Наук. думка, 2008. 184 с.
22. Міщенко О. А. Підгодівля бджіл та їх воскопродуктивність. *Сучасне бджільництво в Україні та світі* : матеріали Міжн. конф., м. Гадяч, 4 листоп. 2021 р. Гадяч, 2021. С. 43–46.
23. Можливсті. URL: <https://esri.in.ua/можливсті/> (дата звернення: 02.06.2024).
24. Національний атлас України. Київ : Картографія, 2009. 440 с.

25. Панишко Ю. М., Ковцун В. І. Мед як дарунок природи. С. 30–35.
URL:
<https://repository.ldufk.edu.ua/bitstream/34606048/19443/1/Панишко%20Ю.%20Мед....pdf>.
26. Плотницький С. Основи геоінформатики : навч. посіб. / ред. О. Світличний. Суми : ВТД «Унів. кн.», 2006. 295 с.
27. Практикум з бджільництва / В.В. Мирось, С.Б. Ковтун; Харк. нац. аграр. ун-т ім. В. В. Докучаєва. – Х.:ХНАУ, 2014. – 192 с.
28. Про бджільництво : Закон України від 22.02.2000 р. № 1492-III : станом на 31 берез. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1492-14#Text> (дата звернення: 26.11.2023).
29. Результати опитування. Google Docs. URL: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1hLYgEEkzogXgT85GXjgCiYD9z9BYDTmVUDRTIBFzwCA/edit?usp=sharing> (дата звернення: 02.06.2024).
30. Рябко О. Основи картографування : навч. посіб. Костянтинівка, 2018. 195 с.
31. Сацерковний В. І. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. 237 с.
32. Самчук Г. П. Стан та тенденції розвитку вітчизняного та світового ринків меду. *Молодий вчений*. 2016. Т. 12, № 40. С. 958–961.
33. Служба новин. Опубліковано карту племінних пасік України. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. URL: <https://kurkul.com/news/24790-opublikovano-kartu-pleminnih-pasik-ukrayini> (дата звернення: 02.06.2024).
34. Служба новостей. Інтерактивна карта пасік України за областями. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1140-kilkist-ta-rozmir-pasik-v-ukrayini-za-oblastyami--infografika> (дата звернення: 20.06.2023).
35. Служба новостей. Племінні пасіки України 2020. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/980-karta-pleminnih-pasik-ukrayini> (дата звернення: 19.06.2023).

36. Служба новостей. Рейтинг порід овець – карта племінного вівчарства. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1058-karta-pleminnogo-vivcharstva> (дата звернення: 19.06.2023).
37. Сосса Р. Стан та перспективи картографічного забезпечення України. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2001. № 61. С. 167–173.
38. Сорока Ю. Геоекологічне картографування : конспект лекцій. Кам'янське : ДДТУ, 2017. 73 с.
39. Тваринництво України / ред. О. Прокопенко. Київ, 2022. 160 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2022/zb/05/zb_tv_2021.pdf.
40. Чабанюк В., Дишлик О. Сучасні підходи до розроблення електронних атласів у контексті "великих даних". *Український географічний журнал*. 2015. № 4. С. 49–57.
41. Черкасова А. І. Бджільництво : підручник. Київ : Урожай, 1989. 302 с.
42. Шипулін В. Основи картографії : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2005. 39 с.
43. Adgaba, Nuru. Determining spatio-temporal distribution of bee forage species of Al-Baha region based on ground inventorying supported with GIS applications and Remote Sensed Satellite Image analysis. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2017. P.1038-1044.
44. Apiaries on a map - apismap.com - Home. *Apiaries on a map - apismap.com - Home*. URL: <https://www.apismap.com/en/home> (date of access: 20.06.2023).
45. Bee forage mapping based on multispectral images landsat 8. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2016. № 4. Р. 32–35.
46. Berg D. S. Bees and climate change. International bee conference : матеріали Міжн. конференції, Berlin, 28 May 2017. Berlin, 2017. P. 24–26.

47. Blondel VD, Guillaume JL, Lambiotte R, Lefebvre E. Fast unfolding of communities in large networks. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*. 2008(10):P10008.
48. Buck R. E. Fundamental spatial data concepts. New York City : Guilford Press, 1991.
49. Damian Cruz. GIS-based optimal localisation of beekeeping in rural Kenya : Master degree thesis. Sweden, 2016. 40 p.
50. Durant J. Rethinking bee forage management in industrial agriculture. *Elementa: science of the anthropocene*. 2021. No. 9.
51. Esri. Essential tasks and best practices for setting up ArcGIS Online. : manual. Esri, 2022. 14 с.
52. Esri Ukraine. Головна || Esri Ukraine. URL: <https://esri.ua/> (дата звернення: 30.11.2023).
53. Etienne Bruneau. New challenges for beekeeping: climate change and bee welfare: scien. conf. mater. URL : <https://youtu.be/XEoEcKs6yDc>.
54. Get started creating maps (Map Viewer)–ArcGIS Online Help | Documentation. ArcGIS. URL: <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/get-started/get-started-with-maps-mv.htm> (date of access: 30.11.2023).
55. Get started with ArcGIS Online. Redirect to: /en/. URL: <https://learn.arcgis.com/en/projects/get-started-with-arcgis-online/> (date of access: 30.11.2023).
56. Goodchild M. F. Geographic information systems and science. California : ESRI Press, 2005. 536 p.
57. Graaf D, Bencsik M. Giving Beekeeping Guidance by Computational-assisted Decision making. Research Ideas and Outcomes. URL: <https://doi.org/10.3897/rio.8.e84129>. Електрон. версія друк. публікації.
58. Hossam A. S. Applications of geographical information system (GIS) and remote sensing (RS) in beekeeping. *Journal of apicultural science*. 2019. P. 5–16.

59. Hristov P, Tsatsakis B, Shumkova R, Palova N. Significance of apoidea as main pollinators. *Ecological and economic impact and implications for human nutrition*. Diversity. 2020;12(7):280.
60. Imhof E. Ueber Karten und Kartographie. Zürich : Kartographischer Verlag des Art. Institut Orell Füssli, 1924. 7 p.
61. Karl von Frisch. The dance language and orientation of bees. Cambridge : Harvard University Press, 1967. 592 p.
62. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of clinical epidemiology*. 2009;62(10):31-34.
63. Marnasidis A. S. Kantartzis A. E. Mapping Priority Areas for Apiculture Development with the Use of Geographical Information Systems. *Agriculture*. 2021. №11, 182 p.
64. Notification system. *Система оповіщення*. URL: <https://www.grand.expert/> (дата звернення: 20.06.2023).
65. Ptolemy C. The geography. Toronto : General Pub. Co., 1991. 262 p. Publications. *International Cartographic Association*. URL: <https://icaci.org/publications/> (date of access: 02.06.2024).
66. Robinson A. H. Elements of cartography. 6th ed. Hoboken : Wiley, 1995. 688 p.
67. Robinson A. H. The look of maps. Madison : University of Wisconsin Press, 1952. 128 p.
68. Salehizadeh A. Temperature conditions for determination of beekeeping regions in the light of climate change. case study: fars province. *Environmental and climate technologists*. 2020. No. 24. P. 88–104.
69. The Apiary Map - Beekeepers and apiaries on a map. The Apiary Map - *Beekeepers and apiaries on a map*. URL: <https://apiarymap.com/> (date of access: 19.06.2023).

70. Tijssen RJ, Van Raan AF. Mapping changes in science and technology: Bibliometric co-occurrence analysis of the R&D literature. *Evaluation Review*. 1994;18(1):98-115.

71. Tosi A. S., Nieh J.C. Bee health from the colony to the apiary. *Bee health and sustainable beekeeping*.

72. Ukraine - Subnational Administrative Boundaries - Humanitarian Data Exchange. Welcome - Humanitarian Data Exchange. URL: <https://data.humdata.org/dataset/geoboundaries-admin-boundaries-for-ukraine> (date of access: 30.11.2023).

73. URISA the development of a geospatial society and why GIS matters. SlideShare. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/urisa-the-development-of-a-geospatial-society-and-why-gis-matters/60580611> (date of access: 02.06.2024).

74. VASILCA D. How to Create an Effective Thematic Map. Bulletin UASVM Horticulture. 2019. Vol. 76, no. 2. P. 258–267.

75. Veselova K. S. Efficiency and perspectives of using interactive maps for analysis of honey resources / Veselova K. S. // Geographical research: history, present, prospects : materials of the annual scientific conference of students and postgraduates dedicated to the memory of Professor G. Dubinsky (Kharkiv, April 11, 2024). – V. 16. – X. : XHY ім. B. H. Каразіна, 2024. – P. 60-63.

76. Wang Q. Creating Maps in ArcMap: A Quick Guide : workshop. 2023. 24 p.

77. What is GIS? | geographic information system mapping technology. *GIS Mapping Software, Location Intelligence & Spatial Analytics* | Esri. URL: <https://www.esri.com/en-us/what-is-gis/overview> (date of access: 02.06.2024).