

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**  
**Географічний факультет**  
**Кафедра геодезії та картографії**

На правах рукопису  
УДК: 528.9:007.502:631.432

**ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ДЛЯ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
освітня програма – “Геодезія та землеустрій”  
галузі знань 19 – “Архітектура та будівництво”  
спеціальності 193 – “Геодезія та землеустрій”

Кваліфікаційна робота бакалавра  
студента 4 курсу  
освітнього рівня бакалавр  
Голія Владислава Олександровича

Науковий керівник:  
Кустовська Оксана Володимирівна  
Кандидат економічних наук, доцент

Допущено до захисту:  
Протокол засідання кафедри №\_\_\_ від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2023 року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л.М.

**КИЇВ – 2023**

## ЗМІСТ

<b>ЗМІСТ</b> .....	<b>2</b>
<b>РЕФЕРАТ</b> .....	<b>3</b>
<b>ВСТУП</b> .....	<b>4</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ</b> .....	<b>6</b>
1.1. Особливості геоінформаційного картографування .....	6
1.2. Теоретичні засади цифрового моделювання рельєфу .....	12
1.3. Визначення завдань та користувачів системи геоінформаційного картографування охорони земель .....	17
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ</b> .....	<b>22</b>
2.1. Методологічне забезпечення створення моделей геоінформаційного картографування .....	22
2.2. Узагальнена та функціональна моделі системи геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель .....	27
<b>РОЗДІЛ 3. ОҐРУНТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ</b> .....	<b>33</b>
3.1. Розробка моделей бази геопросторових даних геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель .....	33
3.2. Реалізація розроблених моделей геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель .....	39
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>51</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>53</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>57</b>

## РЕФЕРАТ

У першому розділі розглянуто питання застосування геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель. На основі законодавчої бази та інформаційних джерел були сформовані загальні положення про геоінформаційне картографування, ГІС-технологій та охорону земель.

У другому розділі оцінений рівень розвитку технологій та методології застосування геоінформаційного картографування в даній сфері. Створені функціональні моделі геоінформаційного картографування для вирішення питання технічного забезпечення реалізації проєкту. Зібрані та аналізовані необхідні дані для застосування їх у проєкті.

У третьому розділі обґрунтовано процедуру застосування ГІС для охорони земель. Реалізовано проєкт у межах обраної території для надання прикладу використання геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель. Обрана територія – Луцький район Волинської області. Досліджено територію за відкритими інтернет-джерелами та статистичними даними. Реалізовані моделі ГІС для охорони земель: база вихідних даних про стан земель та графічне відображення. Досліджено ґрунти території, їх гранулометричний склад, рівень деградації, також проаналізовано рельєф місцевості, адміністративний устрій району. Проведений аналіз всіх факторів для ефективного вирощування господарських культур. Створений ряд картографічних моделей щодо забезпечення ефективної охорони земель досліджуваної території, також були створені тематичні карти придатності ґрунтів для посіву різних господарських культур.

У кінці сформульовано висновки щодо розкриття використання геоінформаційних технологій для охорони та використання земель у результаті виконаної наукової роботи. Усі створені таблиці бази даних та тематичні карти подані у повному обсязі у додатках.

**Ключові слова:** геоінформаційне картографування, ГІС, використання земель, охорона земель, деградація ґрунту, землі сільськогосподарського призначення, картографічна модель, геопросторові об'єкти, тематична карта.

## ВСТУП

**Актуальність теми** - значна зміна природно-географічного середовища, а також швидке зростання населення призводять до збільшення тиску на земельні ресурси, тому охорона земель стає критично важливою задачею, яка вимагає ефективних інструментів та стратегій. Існуючі методи охорони земель є обмеженими і не завжди забезпечують комплексний підхід до проблеми. Використання геоінформаційного картографування може значно покращити ефективність охорони земель шляхом забезпечення точного і актуального образу земельних ресурсів.

**Мета роботи** – дослідження та обґрунтування геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель.

**Об'єкт дослідження** – сільськогосподарські землі в адміністративних межах Луцького району Волинської області.

**Предмет дослідження** – засоби та технології геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель

**Методи дослідження** – аналіз та узагальнення інформаційних джерел (при викладенні необхідного теоретичного матеріалу щодо картографування, створення цифрової моделі та про охорону земель), збір даних та їх аналіз (при пошуку джерел даних та ресурсів щодо даних про досліджувану територію), геоінформаційний аналіз (при розробці бази геопросторових даних, їх класифікація) , картографічний метод (при створенні відповідних моделей щодо охорони та використання земель Луцького району, при розробці карт придатності ґрунтів) , статистичний метод. ( при дослідженні статистичних даних щодо території району, при створенні тематичних карт якості ґрунту)

### **Завдання дослідження:**

- проаналізувати теоретичні засади охорони земель сільськогосподарського призначення
- описати та обґрунтувати використання методів геоінформаційного картографування для забезпечення використання та охорони земель.

- обґрунтувати переваги використання геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель
- розробити моделі бази геопросторових даних, як головної складової системи геоінформаційного картографування охорони земель

На сьогодні нагальною стала проблематика максимізації цінності земельних ресурсів і створення оптимальних умов для суттєвого розширення соціального, інвестиційного та виробничого потенціалу землі. Одним із основних елементів структури, яка допомагає забезпечити ефективне використання та аналіз земельних ресурсів, є геоінформаційне картографування. Цей підхід базується на використанні геопросторових баз даних та картографічних знань в геоінформаційних системах (ГІС).

У своїх працях відомі науковці, такі як Т.І. Козаченко, В.А. Пересадько, Є.Л. Бондаренко, Л.М. Даценко, І.П. Ковальчук, О.О. Світличний, Т.О. Євсюков, та інші, розкривають загальнотеоретичні та методологічні аспекти картографування в геоінформаційних системах та геоінформаційному картографуванні земель. Однак, їх дослідження стосуються лише окремих аспектів геоінформаційного картографування в контексті охорони ландшафтів, тимчасом як питання охорони земель вимагає інтегрованого підходу і комплексного вивчення.

У рамках цього дослідження зосереджуємось на створенні комплексної бази геопросторових даних, яка виступає фундаментальним елементом геоінформаційного картографування сільськогосподарських земель. Це передбачає увесь спектр геопросторових аналізів, інтеграцію інформації з різних джерел та розробку нових методів інформаційної обробки для забезпечення достовірної та актуальної інформації щодо стану та управління сільськогосподарськими землями.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається: 66 сторінок, 18 рисунків, 16 таблиць, 32 використаних джерел, 6 додатків.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ

### 1.1. Особливості геоінформаційного картографування

Геоінформаційне картографування є однією з найбільш важливих складових геоінформатики, яка використовується в різних галузях, таких як землеустрій, геологія, транспорт, екологія та інші. У сучасному світі геоінформаційне картографування є невід'ємною частиною геоінформатики. При створенні карт використовуються різноманітні технології, що дозволяють зображувати різні аспекти географічних об'єктів, такі як їх розташування, форма, розмір, висота тощо.

Так, розвиток ГІС і ГК відкриває безліч можливостей для географії та споріднених наук про Землю та суспільство. Застосування цих технологій дозволяє збирати, аналізувати та візуалізувати великі обсяги геоінформації, що є необхідним для прийняття обґрунтованих рішень в різних сферах, від науки та освіти до промисловості та управління територіями. Розвиток геоінформаційної індустрії також дає можливість створювати нові робочі місця та сприяє економічному зростанню. [3]

Сам термін можна подати як такий:

Технологічний процес, що залежить від геоінформаційного картографування, включає низку дій, які виявляються у зборі і обробці геоінформації, формуванні геоінформаційних моделей, створенні та експлуатації територіальних банків даних, а також в розробці цифрових та електронних карт місцевості. Цей процес має на меті забезпечити зручну та доступну інформацію про географічні об'єкти та їх характеристики. [3]

У глибині геоінформаційного картографування відкривається головна мета - створення картографічних творів, що втілюють у собі геоінформаційні технології, які дозволяють перенести географічні об'єкти на площину.

Геоінформаційні системи, у свою чергу, охоплюють розкішний набір інструментів для представлення й аналізу геосистем. Застосування геоінформаційних технологій у сфері картографування сприяє системному підходу до аналітичного освоєння та відтворення геосистем. Варто зауважити, що велике значення цього підходу полягає в використанні цифрових баз даних, що забезпечують високий рівень автоматизації. Безперечно, картографічна інтерактивність та багатосередовищність є такими самими вагомими аспектами геоінформатики, які дозволяють майстерно поєднувати різні типи даних, такі як ікони, текст, звуки, зображення й відео.[3]

Використання геоінформаційних технологій має значний потенціал для поліпшення картографічного матеріалу, забезпечуючи оперативність та оновленість даних у режимі наближеного до реального часу. Це досягається широким використанням інформації, отриманої за допомогою дистанційного зондування та глобальних систем супутникового позиціонування. Більш того, важливою характеристикою у картографії є багатоваріантність, яка дозволяє проводити комплексну оцінку ситуацій та аналізувати широкий спектр альтернативних рішень. Крім того, сучасні графічні засоби та комп'ютерний дизайн, що підтримують як векторну, так і растрову графіку, відіграють надзвичайно важливу роль у розвитку картографічних досліджень та виробництва якісних картографічних продуктів. [5]

Геоінформаційне картографування буває галузеве, комплексне, аналітичне або синтетичне. Згідно з класифікаціями, затвердженими в картографії, виділяються види (соціально-економічне ГК, екологічне ГК та ін), і типи картографування (інвентаризаційне, оцінне і та ін.). Геоінформаційне картографування поділяють по таким підставами як просторове охоплення, масштаб, призначенню, синтез та ін.

Галузеве картографування – розроблення карт для різних галузей, таких як: геологічне, ландшафтне, сільськогосподарське, лісове, загально географічне і т.д.[3]

Аналітичне – розробка карт для неузагальнених показників явищ, отриманих в результаті спостережень. Такими картами можуть бути, до прикладу, метеорологічні карти чи їх чинники, тиску атмосфери, вітру, опадів, температури повітря, глибини чи крутизни схилів та ін.. [3]

Скориставшись методами синтетичного картографування, маємо змогу створювати карти, які надають повне, деталізоване просторове відображення різноманітних явищ, отриманих завдяки глибокому аналізу та інтерпретації найсуттєвіших показників, їх комплексному поєднанню та узагальненню з урахуванням густих мереж залежностей між ними. Зокрема, це можуть бути карти кліматичних умов, які систематизують територію відповідно до кліматичних параметрів, картографічні матеріали, що відтворюють спеціалізацію аграрних областей, та ландшафтні картографічні продукти, де ілюструються відповідні територіальні одиниці, базуючись на комплексному підході до різноманітних характеристик.

Комплексні карти, насамперед, поєднують у собі візуальне представлення елементів, що мають суттєві зв'язки та відносини, пов'язані з однією конкретною тематикою. Наприклад, на одному графічному зображенні можна одночасно подати ізогіпси та вектори преобладаючих вітрових потоків, враховуючи непряму залежність напрямку та інтенсивності вітру від поля атмосферного тиску.

Географічне картографування охоплює всі оболонки землі, які утворюють геосферу. Геосфера на рівні географічного картографування включає: літосферу, атмосферу, гідросферу, біосферу, педосферу, соціосферу, техносферу та природно-соціально-техногенну гіперсферу. Літосфера включає рельєф та надра земної кори, а також геофізичні поля. Атмосфера описує повітряну оболонку Землі, що включає клімат та погоду. Гідросфера складається з вод земної поверхні та водойм, які включають океаносферу. Біосфера включає рослинний покрив та тваринний світ. Педосфера включає ґрунти та геохімічні поля. Соціосфера описує населення, соціальні умови, політику, медико-географічну обстановку, науку, культуру та освіту. Техносфера описує господарство, транспорт та зв'язок, енергетику, фінанси та сферу обслуговування. Природно-соціально-техногенна

гіперсфера описує взаємодію природи та суспільства, екологію, кризові ситуації та фактори ризику. Кожен з цих рівнів взаємодіє з іншими, утворюючи цілісне просторове середовище нашої планети.[4]

Науковий напрямок географічного моделювання геосистем та їх компонентів включає різноманітні методи, що спрямовані на моделювання структури, динаміки, взаємозв'язків та функціонування геосистем у просторі та часі. При цьому моделювання невід'ємно пов'язане з методами районування, такими як диференціація, інтеграція, зонування та ареалювання. Також до методів географічного моделювання відносяться класифікація, структурний та типологічний аналіз, а також прийоми виявлення типових корелятивних взаємозв'язків, провідних факторів розміщення та розвитку об'єктів та процесів.

Зазначена низка напрямів забезпечує практичну діяльність на основі геодезичних та картографічних даних. До них належить пошук та раціональне використання природних ресурсів, територіальне та галузеве планування та управління промисловістю, сільським господарством, транспортом, енергетикою, фінансами та іншими галузями господарювання. Також, важливим напрямком є розвиток засобів зв'язку та мереж телекомунікації, ведення комплексного та галузевого кадастру, моніторинг екологічного стану та природного ризику, оцінка техногенних впливів на середовище та їх наслідків, забезпечення екологічної безпеки та сталого розвитку територій, екологічна експертиза. Крім того, важливими напрямками є контроль умов життя та зайнятості населення, охорона здоров'я та рекреація, соціальне обслуговування та інші соціальні питання, діяльність органів законодавчої та виконавчої державної влади, політичних партій, засобів масової інформації, робота правоохоронних органів, силових структур, оборони країни, розвиток освіти та культури, наукові дослідження та прогнозування.

Якщо описувати усі особливості геоінформаційного картографування, то слід згадати про новий вид електронних карт, які стали можливі при застосуванні технологій ГІС – мультимасштабні карти. Традиційні карти відрізняються від новітніх у механізмі генералізації зображення, який відповідає за зміну масштабу

карти. Цей механізм забезпечує завжди точну деталізацію карти відповідно до поточного масштабу, що дозволяє користувачеві вибирати необхідний рівень узагальнення. Зі сторони користувача, мультимасштабна карта є електронною картографічною продукцією, яка дозволяє змінювати деталізацію в залежності від потреби. На відміну від традиційних карт, де кожен масштаб відповідає лише одному зображенню чи його цифровому запису, мультимасштабні карти належать до ширшого класу карт, що покривають безліч масштабів. [3]

У сфері геоінформаційних систем (ГІС) виявилися безліч можливостей для розробки високоякісних, деталізованих та добре продуманих картографічних матеріалів. Значний внесок зроблено у розробку тематичних карт, що використовуються в програмних забезпеченнях ГІС. Такі картографічні продукти є цінним інформаційним ресурсом, оскільки вони в зосередженому та наочному вигляді допомагають сприймати велику кількість знань. Вони є корисними як для загальної публіки, так і для різних організацій, установ та державних органів.

Завдяки використанню геоінформаційних систем, тематичні карти отримали значні покращення, дозволяючи впроваджувати нові методи та інструменти їх створення. Однією з найбільш суттєвих переваг використання ГІС є швидкість створення тематичних карт. Це досягається завдяки зручному та швидкому доступу до великого обсягу геопросторових даних і можливості швидкої обробки та аналізу цих даних. Такі тематичні карти, створені з використанням ГІС, виступають потужним інструментом для візуального аналізу просторово розподіленої інформації. Вони здатні вразливо відображати значний обсяг даних у зосередженому та доступному форматі, що дозволяє зрозуміти складну інформацію як для широкого загалу користувачів, так і для різних організацій та державних установ.[4]

Процес картографування в геоінформаційних системах базується на дотриманні правил застосування всіх умовних знаків, які будуть відображатись на картах. Серед них можна виділити геометричні, картографічні, графічні умовні знаки та знаки письма.

Умовні знаки, використовувані для позначення об'єктів та явищ, а також їх комбінування й трансформація під час картографічної генералізації, відіграють визначальну роль у граматиці картографічної мови. Посібники з картографії вміщують десять різних методів складання композицій знаків картографічних зображень, які можна порівняти з формулами, що регулюють правильне передавання інформації за допомогою мовних засобів картографії. Усі ці аспекти граматики картографічної мови взаємопов'язані, сприяючи створенню детальних і точних картографічних зображень. Способи картографічних зображень: спосіб лінійних значків, значків, ізолій, якісного фону, точковий, локалізованих діаграм, знаків руху, ареалів, картодіаграми та картограми.

Завдяки подальшому еволюційному розвитку геоінформаційних систем (ГІС), наступні етапи призвели до виникнення віртуальних репрезентацій, які об'єднують у собі характеристики картографічних зображень, перспективних фотознімків, блок-діаграм та комп'ютерної анімації. В контексті картографії, віртуальні моделі стають образами реальних або уявних об'єктів, що виникають і функціонують у програмно-керованому середовищі. Схоже на будь-яке інше картографічне відображення, ці віртуальні структури характеризуються географічною проекцією, масштабом та рівнем узагальнення. З іншого боку, віртуальна реальність виступає як інтерактивна технологія, яка надає нам змогу відтворювати як реальні, так і уявні об'єкти, а також вивчати їх взаємозв'язки та структуру в програмно-керованому середовищі.

Поступове відмовлення від умовних позначень та спроби передати віртуальним візуальним відображенням натуральність, просторову глибину, реалістичне кольорове відтворення та ефекти освітлення, створюють враження реального існування об'єкта у фізичному середовищі, що сприяє прискоренню процесу комунікації та підвищує ефективність передачі інформації про простір.

Віртуальні зображення широко використовуються для вирішення різноманітних практичних завдань, таких як моніторинг територій, що піддаються природним ризикам, проектування та будівництво споруд та автомобільних доріг, прокладання трубопроводів, оцінка рівня забруднення навколишнього

середовища та аналіз поширення шуму, пов'язаного з аеропортовою діяльністю, а також інші області діяльності.

## **1.2. Теоретичні засади цифрового моделювання рельєфу**

Роль рельєфу земної поверхні у географічних дослідженнях важлива та незамінна. На ньому базуються на карти, географічні візуалізації, картометричний та морфометричний аналіз, гідрологічні дослідження, моделювання клімату та геоекологічні дослідження. Застосування ГІС та геоінформаційних технологій робить важливіше використання даних про рельєф у цифровій формі, таких як цифрові моделі рельєфу. Подальше дослідження рельєфу земної поверхні дозволяє нам зрозуміти його вплив на різноманітні екологічні та кліматичні процеси на планеті.

Цифрова модель рельєфу (ЦМР) – інформація про рельєф місцевості, що поданий сукупністю точок з відомими координатами і висотами, зв'язків між ними і способу визначення висот нових точок по їх відомих планових координатах. [5]

На базі цифрової моделі рельєфу можна легко створити ряд тематичних карт, що відображають найважливіші морфометричні показники: карти гіпсометрії, карти крутості та експозиції схилів, а також карти, які відображають ерозійну небезпеку, напрямки поверхневого стоку, геохімічну міграцію елементів, стійкість ландшафтів та інші показники. Такі карти можуть бути корисним інструментом для вирішення широкого кола географічних завдань, включаючи картографічну візуалізацію, картометричний та морфометричний аналіз, гідрологічний аналіз, моделювання клімату, геоекологічні дослідження тощо.

Земля має складну форму, що потребує великої кількості точок із тривимірними даними для її цифрового відображення. Цей процес передбачає використання різноманітних математичних моделей поверхні, серед яких необхідно вибрати оптимальну для подання місцевості в цифровому моделюванні. Вибір правильної моделі є ключовим етапом у створенні цифрової моделі, оскільки це визначає якість та точність відображення поверхні Землі.

Цифрова модель будь-якого геометричного чи географічного об'єкта - це спосіб подання вихідних даних та їх структурний опис, який дозволяє відновлювати об'єкт за допомогою інтерполяції, апроксимації або екстраполяції. У цьому контексті також використовується термін ЦМР - цифрова модель рельєфу. ЦМР є тривимірною математичною моделлю, що відображає рельєф як реальний, так і абстрактний геополе. Така модель рельєфу дозволяє зручно та точно вивчати терен та використовувати дані для різних цілей, зокрема для планування будівництва, картирования місцевості та інших наукових досліджень.[5]

Отримання цифрової моделі рельєфу можливе за допомогою різних технологій. Залежно від типу вихідних даних існує два способи отримання цифрової моделі. Перший з них ґрунтується на використанні методів ДЗЗ чи фотограмметрії, що дає достатньо точні результати. Проте, методи реалізації таких підходів є трудомісткими та специфічними, а відповідне програмне забезпечення недоступне для широкого застосування. Другий спосіб полягає в побудові моделей рельєфу з використанням даних, отриманих від аналогових джерел інформації (топографічних карт). Цей підхід має свої сильні та слабкі сторони, і головною його проблемою є труднощі зі створенням бази вихідних даних та обґрунтуванням методики побудови ЦМР для конкретної території.

Цифрова модель може бути заснована на різних структурних основах, таких як ієрархічна, реляційна, мережева або комплексна модель. Зберігання цифрових моделей може бути здійснене у базах даних або у вигляді окремих файлових структур.[6]

Використання цифрових моделей рельєфу допомагає ефективно та точно виконувати геоінформаційний аналіз, вирішувати геологічні, геодезичні та геоморфологічні задачі.

У виборі програмного середовища для тривимірних геоінформаційних систем на ринку присутні лише обмежені варіанти. Фірма ERDAS розробила вдалий продукт під назвою Virtual GIS, що виявився однією з піонерських спроб у створенні тривимірних ГІС. Відчуття реалістичності та природньої виразності

віртуальних зображень були завдяки відмові від конвенційних символів і прагненню надати їм об'ємності, реалістичних кольорів та освітлення, що створює ілюзію існування об'єкта в реальному світі. Це підвищує ефективність передачі просторової інформації та прискорює процес комунікації. Згодом, майже одночасно з появою потреби у тривимірних геоінформаційних системах, дві американські компанії, ESRI і Mapinfo, випустили програмні модулі - 3D Analyst і Vertical Mapper відповідно - для своїх базових продуктів ArcView і Mapinfo. [6]

У сучасному етапі технологічного розвитку, відкриваються широкі можливості для систематичного збору інформації про різноманітні об'єкти, що нас оточують. Застосування геодезичних, картографічних, фотограмметричних та дистанційних технологій надає можливість отримувати деталізовані та точні дані про поверхневі характеристики об'єктів, а також процеси та явища, пов'язані з ними. Ці технології неухабно вдосконалюються з метою досягнення ще більшої точності та ефективності при зборі інформації.

Незважаючи на те, що на перший погляд рельєф може здатися простим об'єктом для моделювання, насправді існує широкий спектр різноманітних методів та технологій, які використовуються для створення цифрових моделей рельєфу (ЦМР). Різноманіття джерел вихідних даних, що використовуються у процесі формування ЦМР, обумовлене різноманітністю способів їх отримання та організації первинних даних та їх похідних. Таке розмаїття дозволяє досягати високої рівномірності у точності та швидкості створення цифрових моделей рельєфу. [4]

В ГІС, дані про рельєф можуть бути представлені у різних форматах, залежно від способу збору та організації первинних даних. Наприклад, топографічна основа може бути використана для створення рельєфних моделей у вигляді регулярно розташованих точок, які можуть бути організовані в прямокутні, трикутні, шестикутні (гексагональні) сітки. Також можуть бути використані точки, які були отримані в результаті дегіталізації горизонталей або структурних ліній базисного й вершинного типів. Залежно від цілей та області

застосування, можуть використовуватись різні методи створення ЦМР з вихідних даних про рельєф.

Залежно від поставленої мети дослідження, вимог до підвищеної точності отриманих результатів і обсягу досліджуваної території, виконується відповідний відбір вихідних матеріалів. При цьому враховуються не лише самі дані, а й їх якість, достовірність та відповідність задекларованій меті дослідження.

У сфері створення цифрових карт місцевості застосовуються різні методи збору інформації, які дозволяють отримати вичерпні дані для їх побудови. Сьогодні вважаються основними джерелами даних геодезичні польові вишукування, картометричні та фотограмметричні методи, а також надходження інформації, отриманої шляхом наземного лазерного сканування, лазерного сканування з повітряних носіїв та інтерферометричних даних, отриманих за допомогою радару, який встановлений на літаку чи супутнику. Комбінація цих методів надає можливість отримати повну, різноманітну та точну інформацію про місцевість, що дозволяє побудувати детальну цифрову карту з урахуванням її фізичних характеристик та географічного положення.

Геодезичні вишукування здійснюються з використанням сучасних електронних тахеометрів, що дозволяють отримувати прецизійні координати і висоти різних географічних точок. Цей метод надає велику точність і надійність отриманих результатів. Картометричні методи засновані на використанні спеціальних картографічних матеріалів, які містять дискретну інформацію про об'єкти на мапі. Завдяки цьому методу можна отримати точні дані про розташування та розміри об'єктів на місцевості, що дозволяє створювати детальну цифрову карту. Фотограмметричні методи дозволяють будувати тривимірні моделі об'єктів на основі стереовимірювання, яке може здійснюватися ручним, напівавтоматичним або автоматичним способом. Цей метод забезпечує високу точність та деталізацію отриманих результатів. Дані, отримані за допомогою наземного та повітряного лазерного сканування, надають докладну інформацію про висоту різних точок місцевості. Цей метод забезпечує велику точність і деталізацію відтворення поверхні об'єктів. Інтерферометричні дані, отримані з

використанням радару, розташованого на повітряному або космічному апараті, дозволяють отримати детальну інформацію про рельєф території та її поверхневі характеристики. Цей метод забезпечує можливість високоточного аналізу місцевості і виявлення навіть незначних змін у рельєфі. [3]

Тривимірні геоінформаційні системи (ГІС) є потужним інструментом для моделювання та візуалізації тривимірних об'єктів будь-якої складності в реальному просторі. З їх допомогою можна створювати детальні моделі будь-яких об'єктів, включаючи рельєф місцевості, архітектурні будівлі, дорожні мережі, ліси, річки, автомобілі та інші предмети. Це дозволяє користувачам побачити та вивчити тривимірний простір з більшою точністю та деталізацією, що може бути корисним для планування будівництва, геологічних досліджень, картографування, екологічного моніторингу, туризму та інших галузей. [4]

У наукових дослідженнях для створення тривимірних моделей використовуються дані, що містять інформацію про рельєф та просторовий розподіл об'єктів. Ці дані представлені у вигляді координатного масиву точок з величинами  $x$ ,  $y$  та  $z$ . Значення  $z$  можна розглядати як висоту місцевості або як статистичну характеристику фізичних явищ, наприклад, атмосферного тиску, температури, вологості, забруднення та інших параметрів. У географічних інформаційних системах (ГІС) використовуються два основних підходи до відображення тривимірних моделей. Перший підхід використовує псевдотривимірні моделі, які надають зображення з відчуттям тривимірності, але не мають повноцінної третьої вимірної осі. Другий підхід передбачає використання справжніх 3D-моделей, що дозволяють точно відтворити просторову структуру об'єктів та поверхні місцевості. [3]

Метод подання поверхонь за допомогою псевдотривимірної структури даних є ефективним рішенням для подання зображень тривимірних об'єктів. У цьому методі кожній точці ( $X$ ,  $Y$ ) присвоюється значення третьої координати  $Z$ , яке зазвичай відповідає висоті, і записується як атрибут. Це дає можливість створення зображень тривимірних об'єктів, хоча це не є істинним тривимірним поданням, і його часто називають 2,5-вимірним. Такі 2,5-вимірні моделі можуть

бути використані для розв'язання різних задач. Зокрема, вони дозволяють ефективно подавати рельєф та інші безперервні поверхні, розраховувати моделі перспективи для будь-якої заданої точки огляду, "натягувати" додаткові шари на поверхню з використанням кольору і світлових ефектів, а також візуально перетворювати одні класи даних на інші.[4]

У галузі наукових досліджень активно використовується метод тривимірного відображення поверхонь. Ця технологія дозволяє створювати реалістичні тривимірні об'єкти на основі даних про їх просторове розташування у трьох вимірах:  $X$ ,  $Y$  та  $Z$ . Використовуючи цей метод, можна отримати точкові дані в кількох місцях з однаковими значеннями координат  $X_n$  та  $Y_n$ . Це особливо корисно при вивченні атмосферних явищ або вимірюванні об'ємів гірських масивів. Тривимірне представлення поверхонь є потужним інструментом для дослідження та аналізу фізичних об'єктів. Воно дозволяє детально вивчати їх просторову структуру, форму та геометрію. Збираючи дані про місцезнаходження об'єктів у трьох вимірах, можна створити віртуальні моделі, що точно відображають їхній зовнішній вигляд і характеристики. [6]

Одним з ключових елементів тривимірних моделей є використання координат  $X$ ,  $Y$  та  $Z$ , де  $Z$  вказує на висоту або місце розташування точки у тривимірному просторі. Це дає можливість точно відобразити об'єкти та досліджувати їх характеристики, розміри та просторові взаємозв'язки.

### **1.3. Визначення завдань та користувачів системи геоінформаційного картографування охорони земель**

Охорона земель виступає в ролі необхідного та невід'ємного елемента у процесі раціонального використання земельних ресурсів. Її значущість полягає у фундаментальній базі, що забезпечує ефективний захист земель від шкідливих впливів негативних природних та антропогенних чинників. Основна мета охорони земель полягає в збереженні продуктивності сільськогосподарських земель, підвищенні екологічної стійкості та родючості, а також в раціональному використанні земельних ресурсів.

Важливо зазначити, що охорона земель передбачає прийняття комплексу заходів, спрямованих на уникнення негативних наслідків природних явищ, таких як ерозія, заболочування та деградація ґрунтів. Додатково, вона покликана запобігати антропогенному забрудненню та здійснювати раціональне використання земельних ресурсів.

Сучасне законодавство передбачає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення ефективної охорони земельних ресурсів. Зокрема, ця система включає:

- створення державної комплексної системи спостережень;
- розробку загальнодержавних та регіональних програм використання та охорони земель;
- розробку документації з землеустрою в галузі охорони земель;
- формування екологічної мережі;
- здійснення природно-сільськогосподарського, еколого-економічного, протиерозійного та інших видів районування (зонування) земель;
- стимулювання економічних заходів щодо охорони та використання земель і підвищення родючості ґрунтів;
- встановлення стандартів та норм у галузі охорони земель. [2]

Держава приділяє особливу увагу забезпеченню охорони земель сільськогосподарського призначення. Ця проблема розв'язується шляхом реалізації комплексу заходів, спрямованих на збереження продуктивності сільськогосподарських угідь, підвищення екологічної стійкості та родючості ґрунтів, а також обмеження їх вилучення або викупу для несільськогосподарських потреб. Відповідальність за збереження цих земель лежить на плечах держави, яка має приймати належні регуляторні акти та забезпечувати ефективну виконавчу політику для забезпечення їх стійкості та продуктивності.

Охорона сільськогосподарських земель вимагає впровадження цілого комплексу заходів, спрямованих на збереження та збалансоване використання цих ресурсів. Важливими аспектами цього процесу є захист земель від негативних явищ, таких як ерозія, заболочення, засолення, зсуви, переущільнення та

забруднення промисловими, радіоактивними та хімічними речовинами. Крім того, необхідно звернути увагу на рекультивацію порушених земель, консервацію малопродуктивних та деградованих ділянок, поліпшення якості сільськогосподарських угідь та створення полезахисних лісосмуг і ґрунтозахисних лісонасаджень. Для забезпечення ефективного управління цими процесами необхідно вести моніторинг стану використання та родючості земель. Важливим об'єктом охорони є ґрунтовий покрив, який відіграє ключову роль у підтримці родючості та стійкості сільськогосподарських земель. [2]

Після проведення досліджень законодавства та наукових розробок щодо раціонального використання та охорони земель можна виявити основні принципи системи раціонального використання та охорони земель. Серед них можна виділити наступні: оцінка стану земель, захист від ерозії та збереження земельних ресурсів.

Оцінка стану земель в сільському господарстві полягає у визначенні кількісних та якісних показників використання земельного фонду. Серед таких показників можна виділити розораність, лісистість, полезахисну лісистість, сільськогосподарську освоєність, коефіцієнти антропогенного навантаження та екологічної стабільності.

Захист від ерозії земель включає захист від водної та вітрової ерозії. Для захисту від водної ерозії необхідно виконувати заходи, що сприяють підвищенню родючості ґрунтів, вирощуванню полезахисних і водорегулюючих лісових смуг, впровадженню залісення ярів, балок, пісків, берегів річок і водойм, будівництву терас і протиерозійних гідротехнічних споруд.

Для захисту від вітрової ерозії необхідно використовувати способи обробітку ґрунту і посіву сільськогосподарських культур, які забезпечують максимальне збереження вологи в ґрунті, ґрунтозахисні сівозміни зі смуговим розміщенням посівів і парів, застосовувати куліси, буферні смуги з багаторічних трав і озимих культур, забезпечувати снігозатримання, будувати ставки і водойми, створювати системи полезахисних лісових смуг, закріплювати та

заліснювати піски та інші непридатні для сільськогосподарського використання землі.[14]

Однією з ключових задач, що стоять перед сільськогосподарськими господарствами, є оптимізація використання земельних ресурсів та забезпечення високої продуктивності з мінімальними витратами матеріальних та енергетичних ресурсів. Це можна досягти завдяки правильному плануванню та визначенню оптимального співвідношення між різними типами земельних угідь.

Одночасно збереження земельних ресурсів, необхідно також запобігти ерозійним процесам та забрудненню ґрунтових і поверхневих вод продуктами ерозії. Для цього необхідно здійснювати інтенсивне використання земель, враховуючи розумний підхід до раціонального використання та розподілу земельних ресурсів.

Важливим елементом досягнення високої продуктивності агроландшафтів є попередження ерозійних процесів, що можна досягти за допомогою різних прийомів землеробства, включаючи мульчування, контурну обробку, агротехнічні заходи та інші методи. Такі заходи зменшують ризик ерозії, забезпечуючи збереження ґрунтового покриву та зменшення втрат поживних речовин.

Кожен землекористувач, незалежно від форми власності, повинен мати належну інформацію, що точно відображає стан раціонального використання та охорони земель, для повного та комплексного використання ресурсів території. Органи виконавчої влади, Державна установа "Інститут охорони ґрунтів України", Державне агентство лісових ресурсів, Державне агентство водних ресурсів, Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру, землевласники та землекористувачі, включаючи господарства сільськогосподарського профілю й інші сторони, що зацікавлені в наявності специфічної інформації про стан земель, є користувачами цієї інформації. Така інформація необхідна для багатьох цілей, таких як: визначення шкідливої дії, що впливає на стан сільськогосподарських культур в результаті застосування хімікатів та під впливом природних факторів; планування розпилення пестицидів та внесення добрив; оновлення інформації про структуру ґрунтового покриву. За допомогою цієї інформації, фермери можуть

розраховувати потреби в добривах, прогнозувати врожайність, оцінювати фінансові та трудові витрати та багато іншого.

### **Висновки до розділу 1**

У розділі було досліджено необхідний теоретичний матеріал для продовження роботи та розробки проекту. Було розглянуто наукові роботи, методологічні посібники, що описують теоретичні засади геоінформаційного картографування в загальному та деяких виробничих моментів. Було висвітлено суть геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель.

Встановлено нагальні завдання для забезпечення охорони земель засобами геоінформаційного картографування в наступних розділах:

- створення узагальненої та функціональної моделей геоінформаційного картографування
- методологічне забезпечення створення моделей геоінформаційного картографування
- розробка моделей бази знань
- реалізація розробки на прикладі Луцького району Волинської області

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ

### 2.1. Методологічне забезпечення створення моделей геоінформаційного картографування

Геоінформаційна картографія є актуальною на сьогоднішній день і зазвичай формулюється як картографія на основі баз даних. Ця концепція передбачає три ключові положення. По-перше, карта є результатом обробки та візуалізації даних, які зберігаються в базі географічних даних. По-друге, якість картографічного продукту залежить від якості, структури та вмісту самої бази даних. І, нарешті, робота з цифровою моделлю в комп'ютерному середовищі включає в себе збереження зв'язку з базою даних, щоб вона могла використовуватися як джерело даних для аналітичних операцій та ідентифікації об'єктів.[8]

Початок роботи з картографією передбачає побудову бази даних (БД). Вихідні дані можуть бути завантажені безпосередньо до БД або ж перед початком роботи піддаються процесу генералізації. Далі, дані піддаються послідовній обробці, яка включає в себе генералізацію, аналіз та детальну обробку, поки структура та деталізація карти не будуть відповідати її призначенню та змісту. Після цього, картка складається на основі БД. На початку виконується інтерактивна генералізація змісту, яка включає відбір необхідних об'єктів, їх класифікацію та об'єднання в групи, яким буде присвоєно однакову символіку. Після цього, дані візуалізуються відповідно до необхідних умовних позначень, що забезпечує створення картографічного зображення. Візуальний аналіз карти дозволяє сформулювати та конкретизувати завдання, знайти необхідні об'єкти, виявити закономірності та зробити певні висновки. Цей процес дозволяє створити карту, яка відображає географічну інформацію у зручному та доступному для сприйняття форматі.

Існує два основних типи моделей, які використовуються для відтворення реальності. Перший тип - цифрова модель, що репрезентується у вигляді картографічного зображення, присутня в цифровій формі та знаходиться в

закодованому стані у пам'яті комп'ютера. Суттєвою передумовою для сприйняття цифрової карти є візуалізація зашифрованого картографічного зображення, що досягається шляхом його відображення на відеоекрані або комп'ютерному моніторі. Другий тип - аналогова модель картографічного зображення, яка презентується у графічній формі. [20]

У науковій роботі будуть використані саме ці дві моделі.

Викладемо основні принципи геосистемного підходу до представлення території у вигляді моделі. Передусім, необхідно, щоб відображення було системним, тобто охоплювало всі необхідні аспекти та взаємозв'язки. Крім того, його форма має бути формалізованою і підходити для машинного читання, що сприяє автоматизації аналізу та обробки даних. Важливо також, щоб відображення було прив'язане до державної системи координат, забезпечуючи точність та взаємодію з іншими геопросторовими даними.

Геомодель, у свою чергу, представляє собою складну ієрархічну систему відкритого типу з внутрішніми зв'язками. Вона включає замкнуті підсистеми, що взаємодіють між собою. Особливістю геомоделі є наявність обернених зв'язків, що дозволяє здійснювати багаторівневу взаємодію та залучати різноманітні джерела інформації. Вона включає в себе конкретні об'єкти та абстрактні поняття, створюючи комплексне уявлення про досліджувану територію. Для цього використовуються бази даних растрових, векторних та атрибутивних даних, а також банк знань та геомову, які доповнюють інформацію і розширюють можливості моделі.

Завдяки новітнім технологіям в наш час з'являється можливість перетворювати початковий набір картографічних, фотограмметричних, геодезичних та тематичних даних в однорідну систему, яка виступає у вигляді бази даних. Ця база даних дозволяє здійснювати сучасну обробку цифрових карт, знімків, таблиць, каталогів та інших матеріалів. Очевидно, що для такої обробки необхідні відповідні знання та компетенції.

База даних, розглядувана як система концепцій про реальний світ, виконує важливу роль у процесі аналітичного пізнання під час геоінформаційного

модельовання. Вона функціонує як ієрархічно організована структура замкнених підсистем і включає накопичення та систематизацію загальних (фундаментальних), тематичних і технологічних знань. Ці знання можна класифікувати за рівнем узагальнення (від аксіоматичних до евристичних) та якістю (включаючи достовірні, статистичні закономірності та гіпотетичні висновки).

У сфері геомодельовання велику значимість має поняття геомови, яке виконує важливу функцію відтворення та передачі інформації про об'єкти, присутні у земному просторі. У рамках створення цифрових моделей територій, структура геомови виокремлює такі складові елементи: параметри, що описують земний простір; система класифікації та кодування; правила для цифрового опису; формат цифрового представлення і бібліотека графічних символів.[21]

Один з головних аспектів геомодельовання полягає в розробці картографічних продуктів. Карта розглядається як геоінформаційна модель, що відтворює реальний світ, і вона має подвійне значення: як засіб для пізнання і розуміння оточуючого середовища та як інструмент для аналогового модельовання дійсності й передачі цифрової інформації.[21]

В контексті географічних інформаційних систем (ГІС), картографічна інформація відіграє важливу роль як основний набір даних, який служить вхідною інформацією для ГІС та є ключовим елементом у формуванні цифрових моделей. Ця інформація може бути збережена у різних форматах, включаючи графічний або баз даних. На сучасному етапі значна кількість географічних даних зберігається в електронних базах даних, які активно використовуються в ГІС. Структура бази даних ГІС може бути задана у векторному або растровому форматі, проте для різних процедур картографічного модельовання особливо ефективно використовувати векторний формат даних. [22]

Можна розглядати карту як двовимірну репрезентацію тривимірної поверхні. Процес створення карти пов'язаний з перетворенням тривимірних даних на площину. Для математичної моделі картографії обираються найближчі до фізичних підходи, які можуть бути описані відповідними рівняннями. У процесі

картографічного моделювання виникають три основні групи інформаційних моделей. Перша група визначається характеристиками та ознаками об'єктів, які зображені на карті. Це означає, що кожен об'єкт має свої унікальні властивості, які можуть бути відображені за допомогою спеціальних символів або кольорів.

Друга група інформаційних моделей враховує системність та структурованість даних, що використовуються для створення карти. Це означає, що обрані дані повинні бути логічно зв'язані між собою та відображати певну систему або паттерн. Такий підхід дозволяє ефективно передавати та аналізувати інформацію на карті.

Третя група моделей відноситься до самої картографічної форми подання даних. Це охоплює вибір певних методів та технік, щоб ефективно перетворити та відтворити тривимірні дані на площині. Тут враховуються аспекти, такі як проєкції, масштабування, використання кольорів та символів для передачі додаткової інформації.

Геоінформаційна модель відіграє важливу роль у візуалізації та аналізі географічних об'єктів. Її головна мета полягає в системному відображенні структури об'єкта моделювання та встановленні зв'язків між його компонентами. Основою цієї моделі є тривимірні просторово-часові характеристики об'єкта, які представлені у вигляді організованих масивів інформації. Ці масиви містять детальну інформацію про сутність об'єкта, його властивості та взаємозв'язки між його складовими елементами.

Крім того, геоінформаційна модель враховує різноманітні ознаки об'єкта, які можна класифікувати та включити до понятійних категорій. Ці ознаки охоплюють фізичні та логічні особливості просторово-структурних форм та тополого-геометричних характеристик об'єкта. Інформаційна модель надає можливість детального вивчення та аналізу географічних об'єктів, допомагає зрозуміти їх внутрішню структуру та взаємозв'язки, а також сприяє у прийнятті обґрунтованих рішень щодо розвитку та управління розрізненими геопросторовими системами.

Геоінформаційна модель виступає як цінний інструмент для глибокого аналізу та візуалізації географічних об'єктів, допомагаючи розкрити їх складні структури та інтерактивні взаємозв'язки в тривимірному просторі. [19]

1) Існує дві великі групи методів створення цифрових моделей, залежно від характеру вихідних даних: моделювання за даними в точках та моделювання по ізолінії. Методи моделювання за даними в точках є детально описаними і добре розробленими.

2) У процесі створення геоінформаційних карт генералізація є надзвичайно важливою складовою для забезпечення мультимасштабного картографування. Особливо важливою є генералізація при створенні моделей, оскільки вона забезпечує оптимальний рівень деталізації в залежності від масштабу карти. Для досягнення цього мети, можна використовувати різні групи методів генералізації растрових моделей.

3) У процесі візуалізації цифрової моделі рельєфу, використовуються дві групи алгоритмів: алгоритми просторового аналізу та алгоритми машинної графіки. Перша група алгоритмів відповідає за обчислення показників, аналіз поверхні, вилучення її елементів, застосування різних фільтрів, а також за інтерполяцію. Застосування цих алгоритмів дозволяє отримати детальний та точний аналіз цифрової моделі рельєфу. Друга група алгоритмів відповідає за розрахунок освітленості, ефектів, таких як туман та прозорість, забарвлення площ і ліній, проєктивну геометрію об'єктів, а також за растеризацію для отримання остаточного зображення на вивідному пристрої. Застосування цих алгоритмів дозволяє створити зображення рельєфу з великою кількістю деталей та з врахуванням усіх характеристик поверхні.

4) Щоб ефективно використовувати моделі з різною деталізацією, їх можна представити у вигляді однієї мультимасштабної моделі. Така модель повинна мати можливість надавати не тільки один зі своїх рівнів деталізації за запитом, але й генерувати проміжні рівні на основі наявних. Для досягнення цієї мети використовується логіка відображення мультимасштабних карт, яка передбачає

зміну змісту в залежності від масштабу перегляду. Це може включати зміну складу шарів, ступеня деталізації, типу локалізації та оформлення, серед іншого.

Мультимасштабна картографія є зручним інструментом для інтеграції карт різних масштабів, включаючи топографічні карти. Вона також дозволяє досліджувати географічні об'єкти різної ієрархії. Проектування ясних, чітких та узгоджених уявлень карти у безлічі необхідних масштабів є важливим аспектом мультимасштабного картографування. [9]

Класифікацію всіх моделей мультимасштабного картографування можна подати наступним чином:

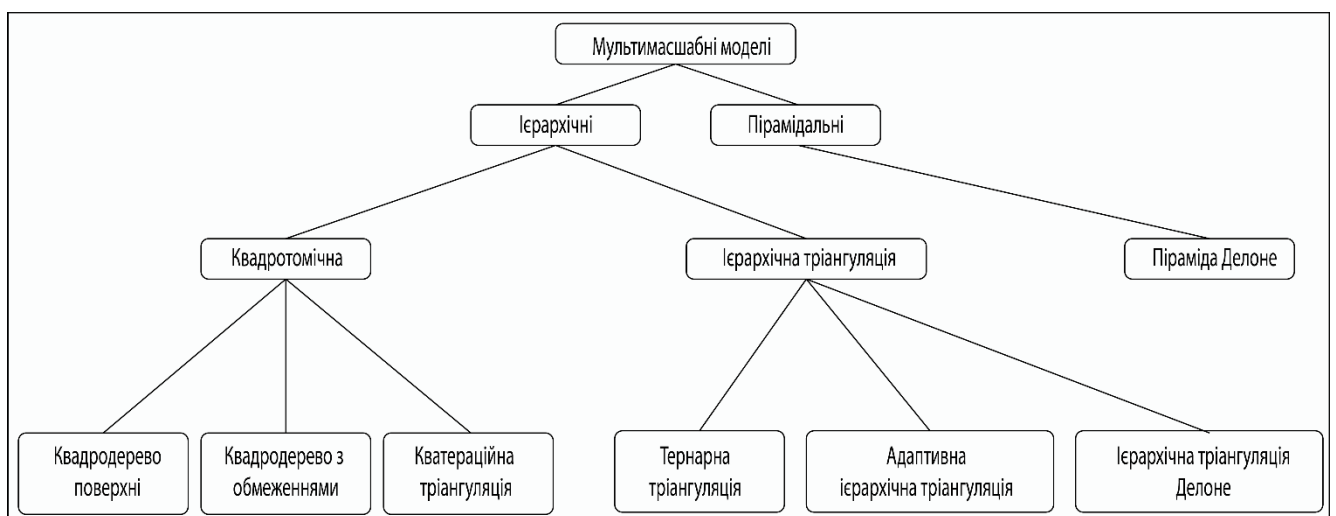


Рис 2.1. Класифікація мультимасштабних моделей рельєфу

## 2.2. Узагальнена та функціональна моделі системи геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель

Геоінформаційна система може бути використана для забезпечення охорони земель шляхом збору, зберігання та аналізу інформації про стан земельних ресурси, їх використання та зміни, що відбуваються в часі. Дані, які можна зібрати та аналізувати за допомогою цієї системи, включають картографічні дані, дані про використання землі, дані про рівень забруднення та ерозію ґрунту, а також дані про рослинний покрив.

Геоінформаційна система може бути використана для вирішення різних завдань в галузі охорони земель, зокрема:

- моніторинг стану земельних ресурсів та їх використання;
- планування та управління територією;
- прогнозування наслідків зміни використання землі;
- контроль за використанням землі та відстеження порушень у забудові та використанні земельних ресурсів.

Узагальнена модель геоінформаційної системи - це комплексна структура даних та програмного забезпечення, призначена для збору, зберігання, обробки, аналізу, відображення та розповсюдження географічної інформації.

Методологія досліджень природи та земельних ресурсів включає використання різноманітних моделей, зокрема геомодельовання, яке є однією з ключових компонентів цієї практики і може набувати різних форм.

Геомодель є складною ієрархічною системою відкритого типу з замкненими підсистемами. Однією з особливостей геомоделі є наявність обернених зв'язків. Вона включає конкретні об'єкти та абстрактні поняття і містить бази даних растрових, векторних та атрибутивних даних, а також базу знань і геомову.

Для успішної охорони земель необхідно мати доступ до великої кількості різноманітних даних. Однак, збір та обробка цих даних можуть бути дуже складними завданнями. Тому, щоб забезпечити ефективне використання цих даних, необхідно створити структуру інформаційного забезпечення, яка буде базуватися на сучасних комп'ютерних засобах. Один з можливих варіантів - це геоінформаційне картографування, яке включає в себе бази геопросторових даних, бази знань (досвід попередніх дій і правові основи) і інструменти просторового аналізу та модельовання. Застосування такої структури може значно полегшити процес збору, аналізу та використання даних для вирішення завдань з охорони земель.

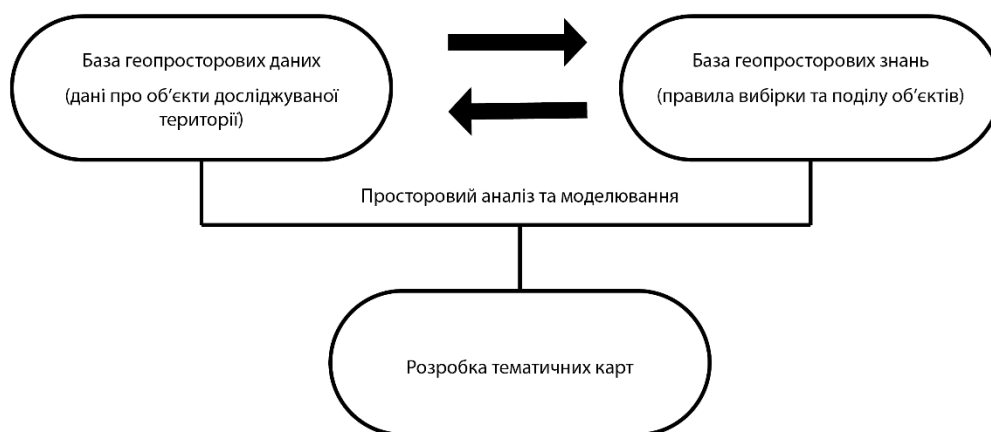


Рис. 2.2. Схема забезпечення геоінформаційного картографування охорони земель

Створення комплексних цифрових тематичних карт якісного стану земель сільськогосподарського призначення забезпечується базою знань картографічних даних в середовищі ПІС. База даних дозволяє створювати уніфіковані та формалізовані набори цифрових карт, які є необхідним інструментом для забезпечення охорони земель сільськогосподарського призначення. Для цього бібліотеки тематичних змінних системи геоінформаційного картографування структуруються на основі типів об'єктів з каталогу об'єктів та атрибутів концептуальної моделі. Такі цифрові карти мають важливе значення для планування та прийняття рішень щодо використання земель сільськогосподарського призначення. Комплексні дані карт можуть бути використані для оцінки якості земель, вивчення природних ресурсів та забезпечення раціонального використання земельних ресурсів.

В базі знань міститься система загальнодовідкової інформації, яка представлена у вигляді осереднених характеристик об'єктів дослідження, просторової диференціації та інтеграції, а також нормативно-регламентуюча база, що включає нормативно-методичні документи. Проведений аналіз нормативно-правового та методичного забезпечення охорони земель показав, що кожен об'єкт системи геоінформаційного картографування має визначені правила опису, методи визначення, правила подачі картографічного матеріалу та набір правил

просторового аналізу. Для забезпечення охорони земель кожне завдання, що ставиться перед системою геоінформаційного картографування, потребує певного набору знань і метаданих, а також керування ними, таких як збір, зберігання, пошук, аналіз і застосування.

Розробка ефективної системи підтримки прийняття рішень передбачає необхідність наявності доступу до бази даних, яка надає повний і збалансований комплекс інформації для забезпечення процесу вибору сценаріїв та рекомендацій. Основною складовою цієї бази є картографічні дані, які містять шари однорідної картографічної інформації та атрибутивні характеристики, що пов'язані з конкретною територією або точкою спостереження. Кожен об'єкт у базі даних має своє атрибутивне, просторове та часове відображення. Стандарти просторового представлення базуються на системі опису та класифікації метрики, семантики та взаємозв'язків географічних об'єктів. Атрибутивна інформація, що складається з якісних характеристик просторових об'єктів (семантики) та статистичних даних, подається у вигляді числових чи текстових параметрів. Семантика об'єкта є важливою складовою інформації, яка визначає його властивості та особливості.

Розроблена модель бази картографічних даних дає можливість здійснювати просторове накладання тематичних шарів та їх прив'язку до обраної системи координат. Це дає змогу досліджувати особливості забезпечення охорони земель, оцінювати вплив деградації ґрунту на продовольче забезпечення та враховувати вплив окремих геокомпонентів на господарську діяльність. Також модель дозволяє визначити вразливість ґрунту до забруднення та допомагає приймати конкретні управлінські рішення.

Запропонована модель геоінформаційного картографування надає комплексну інформацію, що сприяє ефективному прийняттю оперативних управлінських рішень для забезпечення охорони земель. Для розроблення моделей системи геоінформаційного картографування охорони земель використовується уніфікована мова моделювання UML, що дозволяє моделювати не тільки статичну структуру, але й поведінку розроблюваної системи. Це

дозволяє отримати більш повну та точну інформацію, яка допомагає забезпечити ефективну охорону земель.

Функціональна модель геоінформаційної системи - це опис функцій та процесів, які забезпечують роботу системи.

Надаючи методологічний підхід до геоінформаційного картографування для планування заходів з охорони земель, можна виділити загальний алгоритм, який складається з кількох етапів, які зображені на рис. 2.3. При постановці задачі, необхідно враховувати напрям охорони земель як об'єкту природокористування, а також як об'єкту господарської діяльності.

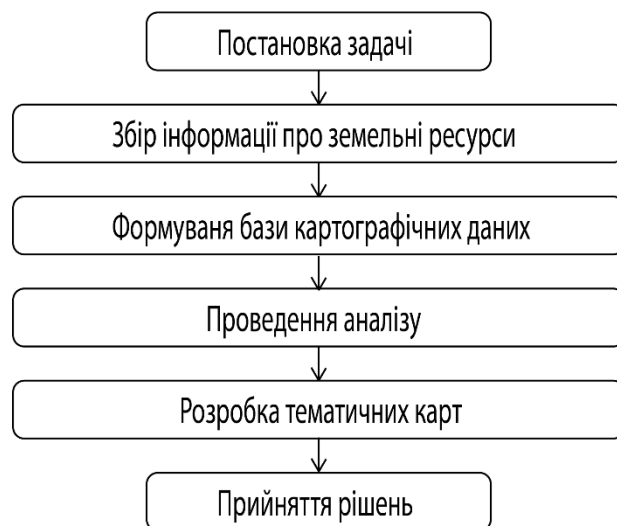


Рис. 2.3. Функціональна модель дій для планування охорони земель

Під час першого етапу, після аналізу території земельних ресурсів, проводиться збір та інтеграція вхідних даних. Наступний етап передбачає створення бази картографічних знань та моделі бази картографічних даних, а також їх фізичну реалізацію у програмному забезпеченні. База знань містить інформацію про руйнівні та стабілізуючі фактори, які впливають на раціональне використання та охорону земель. Клімат, вітер, опади, рельєф, захисні лісонасадження, вирощувані культури, полезахисні насадження, агротехніка - ці фактори впливають на розвиток деградаційних процесів. База геопросторових даних містить набір відомостей, які представлені у вигляді просторових та

непросторових даних, які містять статистичну звітність, розрахунки та відповідні коефіцієнти.

За допомогою функціональної моделі можна визначити послідовність дій для створення обґрунтованих карт, які є ключовим елементом прийняття рішень з питань раціонального використання та охорони земель та ґрунтів. Цей процес вимагає обробки різноманітних непросторових та просторових даних з метою отримання результатів високої якості.

### **Висновки до розділу 2**

Проаналізовано методологічні вказівки для роботи з геоінформаційними та геопросторовими даними. Розроблені загальна, концептуальна, функціональна моделі геопросторових даних. Було охарактеризована дані моделі для забезпечення охорони земель. Запроектовано подальший план розробки моделей.

Для реалізації проекту використати землі в адміністративних межах Луцького району Волинської області.

## **РОЗДІЛ 3. ОҐРУНТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ**

### **3.1. Розробка моделей бази геопросторових даних геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель**

Концептуальне моделювання є однією з ключових складових сучасної методології розробки інформаційних систем. За офіційним визначенням, концептуальна модель є "формальним відображенням проблемної сфери на рівні понять". При проведенні концептуального моделювання технічні деталі реалізації систем та програмного забезпечення вважаються незначними, оскільки головною метою є дослідження об'єктів проблемної сфери, їх властивостей та взаємодії на вищому рівні абстрагування, використовуючи концепти, поняття та терміни. Фактично, концептуальне моделювання стосується формування бази знань для певної предметної області.[13]

Основа для проектування бази геопросторових даних полягає в розробленні концептуальної моделі, яка дозволяє структурувати та класифікувати інформацію про об'єкти реального світу в досліджуваній сфері та встановлювати між ними зв'язки. Ця модель визначає набір властивостей для кожного об'єкта, що можна моделювати через атрибути. Атрибут - це характеристика об'єкта, яка має найменування та визначена типом даних та доменом допустимих значень. Зв'язки є ще одним важливим компонентом концептуальної моделі. Розроблення концептуальної моделі дозволяє здійснити перехід від вимог до розроблення структури бази геопросторових даних.

У проектованій концептуальній моделі бази геопросторових даних геоінформаційного картографування було ідентифіковано три сутності, їх атрибути та зв'язки між ними. Загалом, модель складається з 18 класів об'єктів та 21 зв'язку. Розробку концептуальної моделі проводили з використанням DiaPortable. Назви класів та атрибутів були викладені українською мовою з метою узагальнення змісту інформації, що буде відображатися в даних класах. Згідно з правилами UML, назви класів друкуються з великої літери, а наступне слово в назві починається з великої літери, без пропуску. Щодо назв атрибутів,

використовується правило: перше слово з малої літери, а наступне - без пропуску з великої літери.

У моделі бази геопросторових даних для системи геоінформаційного картографування охорони земель розроблено наступні класи: МежіОбластей, МежіРайонів, МежіГромад, МежіНаселенихПунктів, ВисотніТочки, Горизонталі, РастроваМодель, Схили, АгровиробничіГрупи, ПричиниДеградації, ВидДеградації, ТипДеградації, Культура, ВидСівозміни, ТипСівозміни.

Після створення концептуальної моделі та визначення головних просторових відношень, було розроблено логічну модель бази даних геопросторової інформації. Опис цієї моделі було здійснено методом об'єктно-орієнтованого моделювання даних за допомогою універсальної мови моделювання UML.

Модель бази даних геопросторової інформації для картографування геоінформаційних даних земельних ділянок, видів та груп угідь, типів та факторів деградації, які призводять до зменшення родючості ґрунтів та послаблення їх екологічних функцій, була створена. Розроблена модель бази даних зображена (на рисунку 2.4) з відповідними атрибутними значеннями даних відповідно до запроєктованого каталогу об'єктів та атрибутів.

Класи МежіОбластей, МежіРайонів та МежіГромад характеризують місцезнаходження відповідної необхідної території.

Клас МежіНаселенихПунктів можна віднести до попередніх, але також додати, що клас дозволяє визначати ґрунти та деградації в межах та за межами неселених пунктів.

Класи Горизонталі та ВисотніТочки зображають всю складність рельєфу місцевості на карті. Відносяться до побудови цифрової моделі рельєфу для охарактеризування земель. Містять всі необхідні дані для детального опису рельєфу місцевості

Клас РастроваМодель – цифрова модель рельєфу а растровому вигляді, побудована на основі даних з класів Горизонталі та ВисотніТочки.

Клас Схили - це клас, що визначає характеристики рельєфу, нахилу та орієнтації схилів на певній території. Згідно з вимогами контурно-меліоративної організації земель, існують чотири технологічні групи земель: перша група включає ділянки зі схилами від 0 до 3 градусів, друга - від 3 до 7 градусів, третя - з нахилом понад 7 градусів, а четверта - землі в заплавах річок. [11]

Клас Агровиробничі Групи - це класифікаційна категорія ґрунтів, що об'єднує землі, які мають подібні генетичні, агроекологічні та агрономічні властивості. Вона грає важливу роль у формуванні геоінформаційної бази для охорони земельних ресурсів, зокрема ґрунтів. Перелік агровиробничих груп ґрунтів затверджений у Порядку ведення Державного земельного кадастру, що було схвалено Постановою Кабінету Міністрів України № 1051 від 17.10.2012 року. [10]

Клас Причини Деградації - належить до категорії, яка досліджує головні причини деградації якості ґрунту, та поділяє їх на позитивні та негативні фактори.

Класи Вид Деградації та Тип Деградації - описується система критеріїв та ступенів пошкодження території внаслідок негативних геологічних процесів. Ця система включає, згідно з ДСТУ 7874:2015, 6 типів та 20 видів деградації ґрунтів, які детально описуються і проілюстровані. Там описані критерії та ступені ураженості дають можливість оцінити рівень пошкодження ґрунтів та визначити стратегії збереження і відновлення природних екосистем.

Клас Культура – враховує здатність певних груп культур до захисту ґрунту від деградації в рамках системи землеробських виробництв. Клас Тип Сівозміни включає в себе різні дані класу Вид Сівозміни, які призначені для поліпшення стійкості ґрунтів до ерозії. Визначення виду сівозміни залежить від типу рослинної продукції (зернові, технічні культури, корми, овочі тощо). Вид Сівозмін поділяються на групи культур, що відрізняються за біологічними характеристиками, технологією обробітку та впливом на родючість ґрунту. Сівозміна передбачає опис чергування культур у просторі та часі.

Сучасні підходи до екологічної оцінки земельних ресурсів мають різні визначення. Одним з них є оцінка екологічної стійкості земельних ресурсів на

основі ступеня їх розораності. Зазначається, що землі з високим ступенем розораності є менш стійкими до антропогенного впливу, ніж угіддя з низьким ступенем розораності, таких як сіножаті, пасовища, землі під лісом, чагарниками та болота.

Для оцінки екологічної стабільності території та стійкості земельних угідь до антропогенного навантаження використовуються різні методики. Одна з них - методика А.М. Третяка, яка включає коефіцієнт антропогенного навантаження, що характеризує вплив людської діяльності на земельні ресурси. Ця методика дозволяє проводити комплексну оцінку стійкості земельних ресурсів до антропогенного впливу та визначати їх екологічну стійкість.[12]

Отже, була створена модель бази геопросторових даних для геоінформаційного картографування, яка допомагає забезпечити охорону земель та може бути використана як джерело просторової інформації для різних наукових досліджень, зокрема територіального планування, землеустрою та геоєкології.

При розробці такої моделі бази геопросторових даних використовується підхід каталогізації об'єктів, який був запропонований А.А. Лященком. Цей підхід обґрунтовує необхідність застосування каталогу об'єктів та атрибутів для систематизації явищ реального світу при проектуванні геоінформаційних систем. [12]

Було виконано аналіз принципів формування, структури, складу атрибутів та об'єктів для множини геопросторових даних, що відповідають загальній методології створення каталогів об'єктів географічної інформації відповідно до міжнародного стандарту ISO 19110. Даний стандарт призначений для каталогізації об'єктів у цифрових форматах. [13]

Був складений перелік об'єктів, необхідних для каталогізації геоінформаційного картографування забезпечення охорони земель у каталозі. Об'єкти були розбиті на класифікаційні групи, кожній з яких було призначено відповідний код.

**Таблиця 3.1**

### Групи об'єктів

Код групи об'єктів	Назва групи об'єктів
1	Адміністративні Межі
2	Рельєф
3	Ґрунти
4	Сівозміна

*Склав автор з використанням джерела [31].*

Крім коду групи об'єктів в каталозі визначено порядковий номер типу об'єктів (табл. 3.2)

**Таблиця 3.2.**

#### Типи об'єктів бази даних геоінформаційного картографування

Номер	Назва	Код
<b>Адміністративні межі</b>		
1.1	МежіОбластей	11
1.2	МежіРайонів	12
1.3	МежіГромад	13
1.4	МежіНаселенихПунктів	14
<b>Рельєф</b>		
2.1	ВисотніТочки	21
2.2	Горизонталі	22
2.3	РастроваМодель	23
2.4	Схили	24
<b>Ґрунти</b>		
3.1	АгровиробничіГрупи	31
3.2	ПричиниДеградації	32
3.3	ВидДеградації	33
3.4	ТипДеградації	34
<b>Культури</b>		
4.1	Культура	41

4.2	ВидСівозміни	42
4.3	ТипСівозміни	43

*Склав автор з використанням джерела [31].*

Опис класу АгровиробничіГрупи по його атрибутам для прикладу наведено у таблиці 3.3

**Таблиця 3.3.**

**Атрибути класу АгровиробничіГрупи у каталозі об'єктів**

<b>Назва поля</b>	<b>агровиробничаГрупаГрунту</b>
Визначення	Назва агровиробничої групи відповідно до шифру
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	311
<b>Назва поля</b>	<b>шифр</b>
Визначення	Номер агровиробничої групи відповідно до законів
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	312
<b>Назва поля</b>	<b>бонітет</b>
Визначення	Показник якості ґрунтів
Од. вимірювання	бал
Тип	ShortIn
Код	313
<b>Назва поля</b>	<b>площа</b>
Визначення	Площа конкретної оцифрованої ділянки ґрунту
Од. вимірювання	га
Тип	Float
Код	314

*Склав автор з використанням джерела [31].*

Опис всіх атрибутів усіх класів об'єктів подано у додатку А.

### 3.2. Реалізація розроблених моделей геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель

Щоб реалізувати моделі геоінформаційного картографування на практиці, було обрано територію Луцького району, Волинська область. Район створено відповідно до постанови Верховної Ради України № 807-ІХ від 17 липня 2020 року. До його складу увійшли: Луцька, Берестечківська, Горохівська, Ківерцівська, Рожищенська міські, Мар'янівська, Олицька, Цуманська, Торчинська, Колківська селищні, Боратинська, Городищенська, Підгайцівська, Доросинівська, Копачівська сільські територіальні громади. (див. рис 3.1) До складу Луцького району входить 351 населений пункт. (рис 3.2) [25]

Адміністративний центр – місто Луцьк. Загальна кількість населення сягає близько 457 тис. осіб. Площа району становить 5249,1 км<sup>2</sup>. [25]

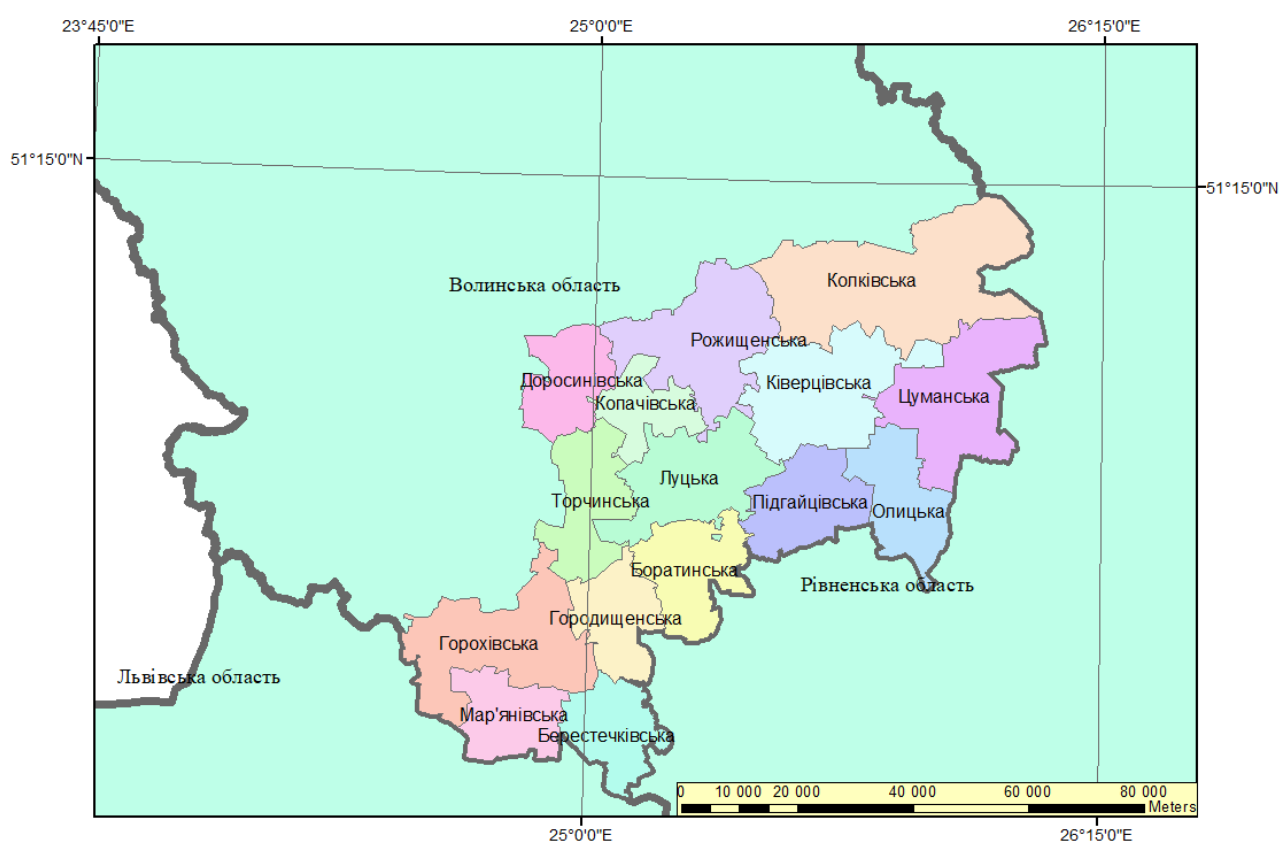


Рис. 3.1. Межі територіальних громад Луцького району Волинської області

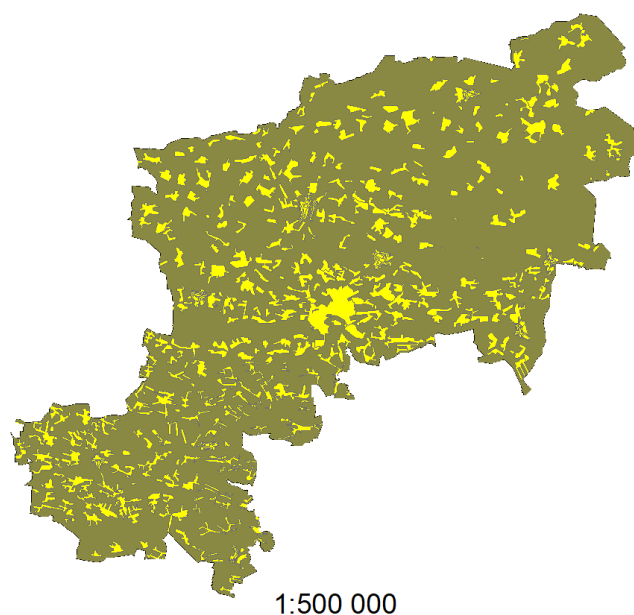


Рис. 3.2. Межі населених пунктів Луцького району

Рельєф Луцького району є переважно рівнинним з деякими пагорбами, головним чином на заході і південному заході. Полісся простягається вздовж всієї території. Район розташований в лісостеповій та лісовій зонах України. Це сприяє розвитку лісового господарства та туризму в регіоні. Також у області є багато річок, озер та заплавлених лісів, що забезпечує розвиток рибальства та лісового господарства. Клімат Волинської області помірно-континентальний з помірними зимами і теплими літами. Кліматичний пояс області належить до помірної зони. Середня температура повітря в січні коливається від  $-6$  до  $-8^{\circ}\text{C}$ , в липні - від  $+17$  до  $+19^{\circ}\text{C}$ . Середня річна кількість опадів складає 600-700 мм. Крім того, на території Луцького району знаходяться значні запаси корисних копалин, зокрема глини, кварцитів, вапняку, гравію, піску та інших видів. Це сприяє розвитку будівельної та гірничої промисловості району.

Територія району має переважно рівнинний характер з деякими відмінностями в рельєфі. Північна частина району характеризується місцевими підвищеннями та пагорбами, які формувалися в результаті дії льодовиків під час останнього льодовикового періоду. Ці підвищення відносяться до Поліської височини, яка є частиною Волинської височини. Південна частина району є менш

пласкою та більш еродованою внаслідок впливу водних процесів. Тут можна зустріти багато річок, ставків та інших водойм, які утворилися в результаті дії води та земних процесів. У ландшафтній структурі території можна відзначити відокремлені морено-зандрові гребені, які є наслідком дії льодовиків. Ці гребені можуть бути розташовані в межах низовин або на підвищеннях. Значне розчленування території та різні властивості ґрунтів зумовлюють розвиток ерозії, дефляції та підкислення ґрунтів. Також можуть виникати небезпечні геологічні явища, такі як зсуви, обвалі та інші.

Створена ЦМР місцевості на рис 3.3. Вихідними даними для побудови слугують дані висотної зйомки SRTM, були взяті з порталу USGS Earth Explorer та відриті для користування будь-кому. Сама ж реалізація та обробка даних знімків проводилась в програмному забезпеченні ArcGIS.

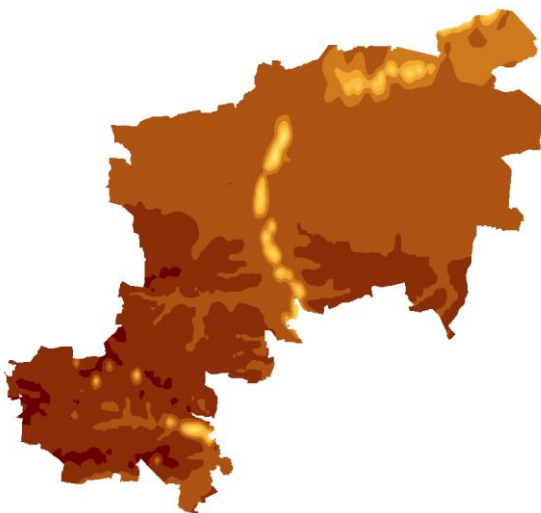


Рис. 3.3. Цифрова модель рельєфу досліджуваної території

Серед ґрунтів досліджуваної території переважають дерново-підзолисті, опідзолені, чорноземи та болотні ґрунти. Менш виражені лучні ґрунти та піски. Різноманітність ґрунтів Луцького району пов'язана з різноманітністю ландшафтів території та природних умов. На утворення ґрунтів також впливає сільськогосподарська діяльність, зокрема використання різноманітних мінеральних добрив та пестицидів. Серед всіх цих видів можна виділити найбільш цінні ґрунти. Як правило, такі групи ґрунтів більш активно

використовують в угіддях з ріллею, для вирощування культур. Для території Полісся до таких належать. Безперечно, дерново-підзолисті ґрунти на Поліссі є серед найкращих і найбільш розповсюджених типів ґрунтів, але це характерно лише для даної зони. Дерново-підзолисті групи ґрунтів по шифру переліку агропромислових груп – це від 1б по 28е включно.

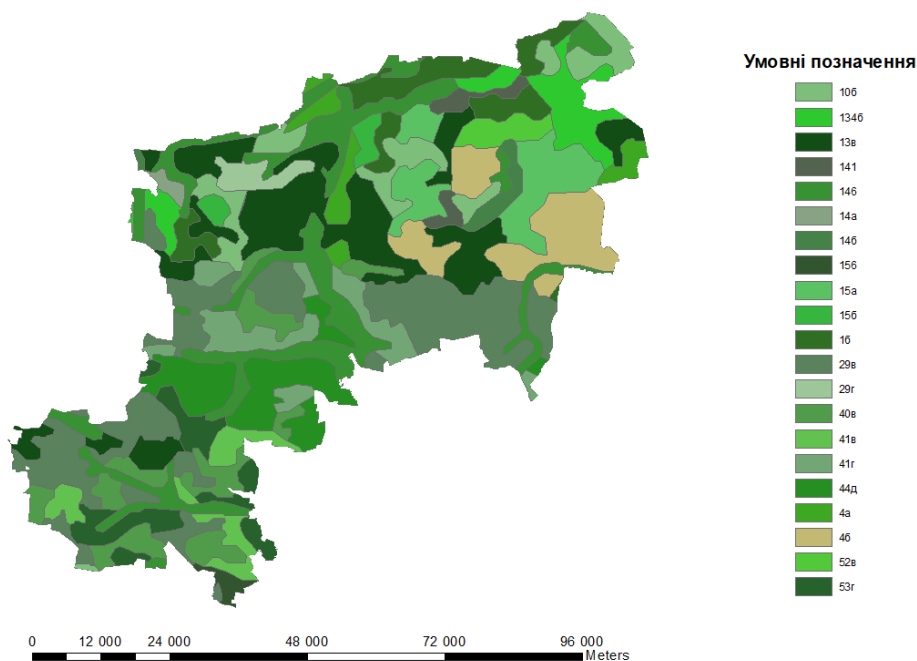


Рис. 3.4. Карта агропромислових груп ґрунтів досліджуваної території

Агропромисловий комплекс Луцького району представлений різними аграрними структурами, зокрема, агропідприємствами, фермерськими та селянськими господарствами. Господарства займаються вирощуванням зернових, бобових та олійних культур, ягідників, розведенням великої рогатої худоби, молочарством, овочівництвом та бджолярством. У цій галузі працює близько 90% усіх сільськогосподарських виробників громади. Аграрії зосереджені на вирощуванні пшениці, сої, кукурудзи, ріпаку та соняшника. Урожайність зернових культур у 2020 році становила близько 80 центнерів на гектар, бобових – 50 центнерів на гектар.

Найбільшими агровиробниками у міській територіальній громаді за кількістю оброблюваних земель є СВК «Урожай» (с. Забороль), ТОВ «Кріс-Віт Україна» та ТОВ «Терра Гарден», розташовані в м. Луцьк, а також ФГ «Боміс» (с. Озерце). Серед найбільших виробників зерна можна виділити такі підприємства як «Городище», «Дружба», «П'ятидні», «Рать», «Україна-Баїв» та «Лище», частка яких у загальному районному виробництві складає 57,0%. З кожного гектара в цих господарствах вирубують понад 3 тонни зерна.[14]

В господарстві району, основним напрямком у тваринництві є вирощування м'ясної, молочної худоби та свиней. У порівнянні з іншими підприємствами району, підприємства, спеціалізуючись на вирощуванні великої рогатої худоби, мають перевагу щодо її кількості, реалізації на забій та виробництва молока. Такі підприємства забезпечують майже третину виробленого м'яса великої рогатої худоби та молока в районі і є лідерами на ринку.

Була проведена фізична реалізація пробної версії системи геоінформаційного картографування на основі використання атрибутивних та просторових даних, що стосується досліджуваної території. Реалізація була здійснена з використанням програмного забезпечення ArcGIS 10.4. Для систематизації та обробки даних були використані операції просторового аналізу, такі як перекласифікація, оверлейне накладання шарів, перетин та буфер. В результаті проведеного аналізу були створені тематичні карти, що відображають різноманітні аспекти досліджуваної території.

З метою вирішення питання щодо обрання заходів з охорони земель, наявні показники можуть дати загальне уявлення про стан земель. Однак, при визначенні необхідних заходів забезпечення раціонального використання та охорони земель в межах окремого господарства, можливість обґрунтування заходів є досить обмеженою.

У Поліссі середня висота полезахисних лісосмуг складає  $H = 18$  м, а їх ґрунтозахисний ефект розповсюджується на відстань  $25H$ . Таким чином, за допомогою полезахисних смуг можна захистити територію на відстані до 450 м від вітрової ерозії. Рис. 3.5. ілюструє зони впливу полезахисних насаджень. Для

отримання оновлених даних про наявність полезахисних насаджень використовувався знімок з Sentinel від 03.17.2023.[28]

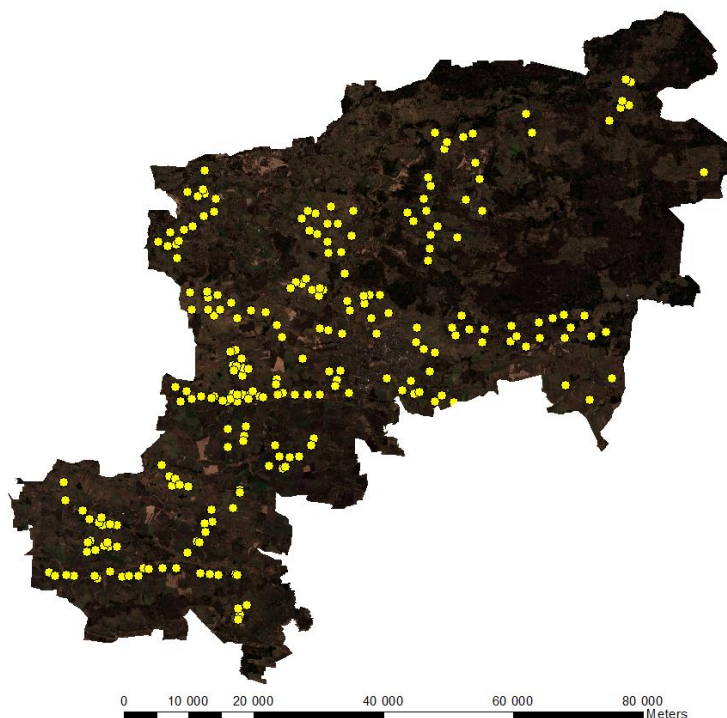


Рис. 3.5. Карта концентрацій полезахисних насаджень у Луцькому районі

З рисунку можна зрозуміти, що деякі ділянки землі або їх складові частини не захищені надійно за допомогою полезахисних лісосмуг. Яскравий колір на рисунку свідчить про наявність різних рівнів ґрунтової родючості, які становлять близько половини від загальної площі досліджуваних орних земель у даному ландшафті. Рілля займає площу 13528,79 га в Луцькому районі. Якщо порівняти площу ріллі, яка захищена лісосмугами (як відношення площі ріллі, захищеної лісосмугами, до загальної площі ріллі), то вона складе 43% на всій території району. Це значення може варіюватись від 0 до 43% в залежності від того, які частини землі захищені лісосмугами та як вони розташовані на різних ділянках території.

Хоча розглянутий показник дає уточнення щодо стану охорони земель, він не може бути визначальним щодо необхідності негайних заходів для охорони території. При аналізі вітрової ерозії потрібно брати до уваги не лише наявність полезахисних насаджень, а також гранулометричний склад ґрунтів (рис. 3.6).

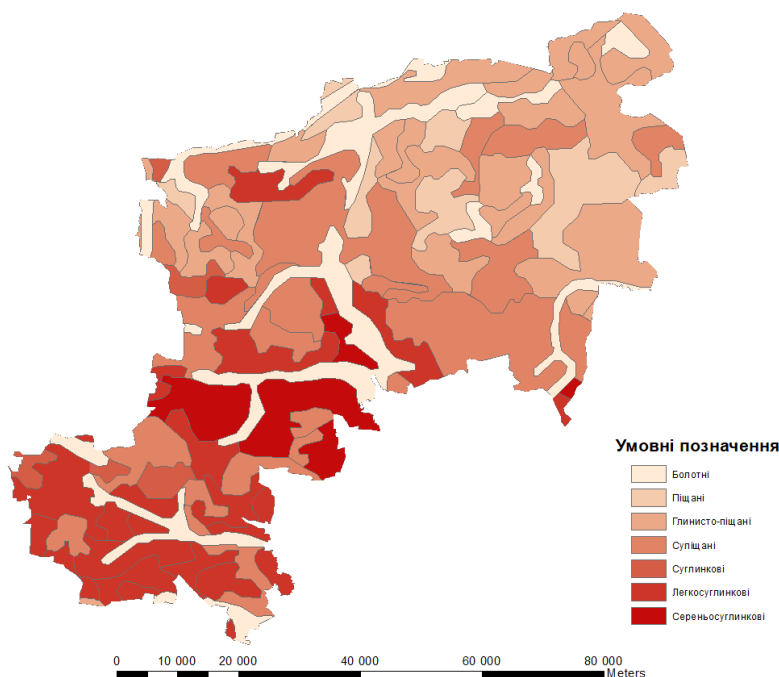


Рис 3.6. Гранулометричний склад ґрунтів Луцького району

Дефляція може починатися на відкритих ділянках при низьких швидкостях вітру, Дефляція починає проявлятися на різних типах ґрунтів при різних швидкостях вітру. На ґрунтах супіщаного дефляція починається при швидкості вітру 3-4 м/с, на легкосуглинкових ґрунтах — 4-6 м/с, на важкосуглинкових — 5-7 м/с, а на глинистих — 7-8 м/с. Для переміщення піску (розміром 0,05-0,10 мм) необхідна швидкість вітру 3–3,5 м/с.

На території Луцького району переважають глинисто-піщані та легкосуглинкові, які стають вразливими до вітрової ерозії при швидкості вітру, наведених вище. Згідно з даними Українського Гідрометцентру ДСНС України, середня швидкість вітру на досліджуваній території коливається в досить широких рамках від 2,4 до 4,9 м/с.

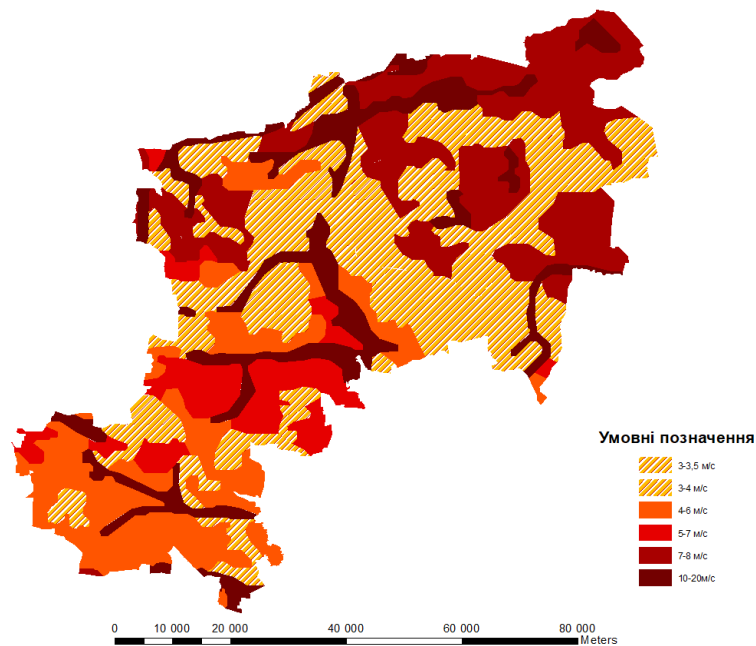


Рис. 3.7. Поширення вітрової ерозії досліджуваної території

На розробленому картографічному зображенні можна дослідити, які саме території можуть бути піддані дефляції при швидкості вітру характерної для цієї місцевості і відсутності рослинного покриву. При розробці заходів з охорони земель слід бути обережним і звернути увагу на високу культуру землеробства, а також ретельно підібрати культури для збільшення врожайності поля.

Для успішного вирощування сільськогосподарських культур у різних ґрунтів різна придатність. Щоб визначити, які культури найбільш підходять для конкретної ділянки, можна скористатись розробленим класифікатором, який враховує дані про ухили поверхні (рис. 3.8), сільськогосподарські провінції та агропромислові групи ґрунтів. Для розрахунку ухилу використовується топографічна інформація з місії Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), яка охоплює досліджувану територію.[27]

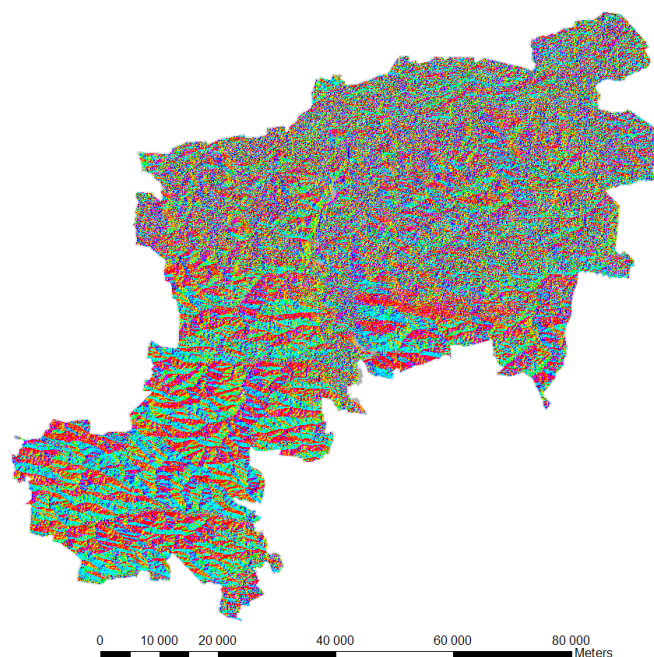


Рис. 3.8. Ухили поверхні досліджуваної території

Так як ерозія ґрунтів характеризується значною варіативністю у просторі та часі, головною метою використання геоінформаційного картографування для захисту земель від ерозії є розроблення адекватного інформаційного супроводу. Відповідно до "Методичних рекомендацій щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь", режим використання земельних ділянок визначається залежно від кута нахилу поверхні, і розрізняються наступні агротехнологічні групи земель: I група - до  $3^\circ$ , II група -  $3-7^\circ$ , III група - понад  $7^\circ$ . Для кожної з цих груп визначають ґрунтозахисні технології вирощування сільськогосподарських культур.

Шляхом аналізу ухилів поверхні та шкал придатності аграрних груп ґрунтів, була визначена можливість вирощування основних сільськогосподарських культур на досліджуваній території. Були створені окремі тематичні картографічні зображення для кожної культури, показані у додатках Б – Е.

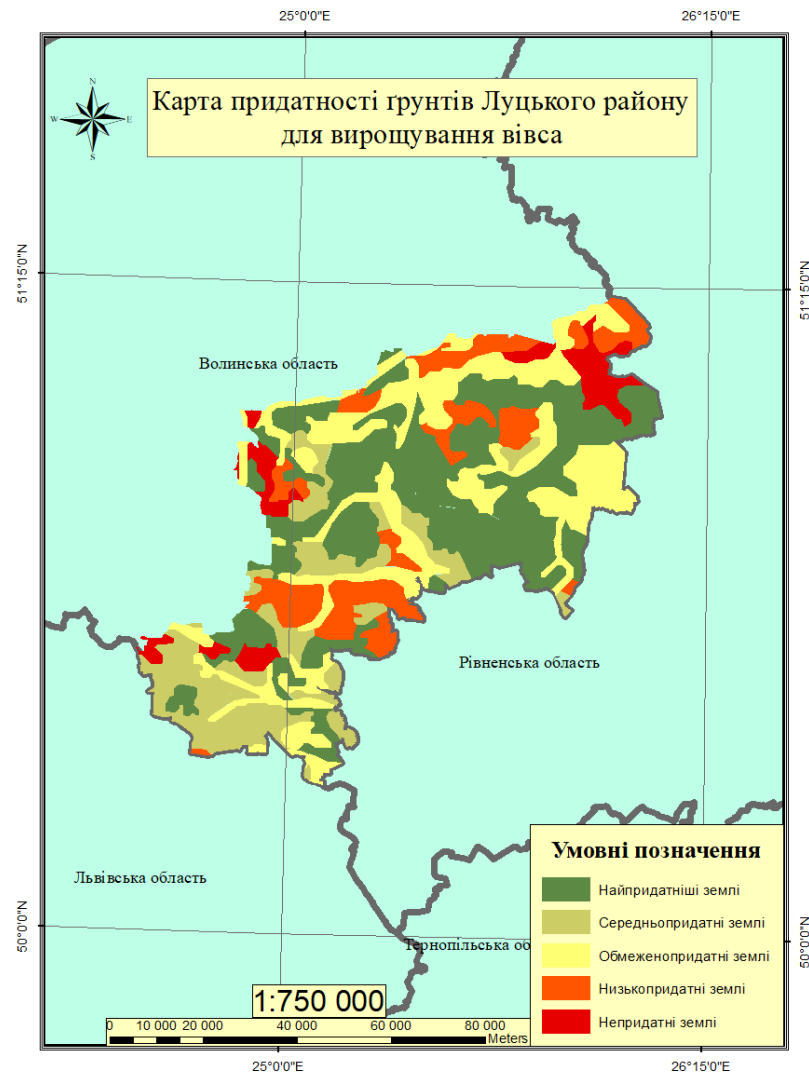


Рис. 3.9. Придатність ґрунтів для вирощування вівса

З географічних досліджень видно, що на цій території можна успішно вирощувати (озиму овес, ячмінь, цукровий буряк). За результатами картографічного аналізу можна зробити висновок, що ця територія є найбільш відповідною для землеробства. Тематичні карти є надійним інструментом при прийнятті рішень стосовно планування сівозмін. Це важливий елемент раціонального використання і охорони земель, який допомагає забезпечувати стійкий розвиток аграрної галузі.

Для запобігання деградації досліджуваної території ефективним способом буде покриття поверхні поля пожнивними рештками або покривними культурами в доповнення до існуючої системи полезахисних смуг. Пожнивні рештки та рослинні залишки затримують вологу та перешкоджають її випаровуванню,

захищають ґрунт від водної ерозії під час весняного сніготанення, а також ефективно захищають землю від ударів дощових крапель та поривів вітру. Багаторічні трави забезпечують найкращий захист, а зернові здатні помірно протистояти ерозії. Проте при вирощуванні просапних культур, наприклад цукрового буряка чи кукурудзи, більша частина землі залишається непокритою, що зменшує їх захисні властивості.

При плануванні сівозмін необхідно бути уважним до багатьох аспектів. По-перше, варто враховувати придатність ґрунтів, яка може змінюватись в залежності від різноманітних факторів, таких як вологість та поживні речовини. Крім того, важливим є ухил поверхні, який може впливати на збереження вологи та зменшення ризику ерозії ґрунту. Не можна забувати і про захищеність лісосмугами, які можуть знижувати шкідливі впливи вітру та інших агресивних чинників. Крім того, формування посівів може значно впливати на погодні умови, які можуть виявлятися дуже непередбачуваними та мінливими. Ці умови можуть впливати на інтенсивність посівної.

### **Висновки до розділу 3.**

У останньому розділі було виконано практичну частину наукової роботи. Було розроблено перелік об'єктів бази даних геоінформаційного картографування та атрибутів до них. За створеними об'єктами та з допомогою методологічного забезпечення було здійснено фізичну реалізацію проекту.

Було проаналізовано територію дослідження – землі Луцького району Волинської області. Засновуючись на розроблених моделях, було здійснено побудову низки картографічних тематичних матеріалів стосовно досліджуваної території:

- модель адміністративних меж громад та населених пунктів;
- цифрову модель рельєфу місцевості;
- модель полезахисних насаджень регіону та дефляції ґрунтів;
- модель агровиробничих ґрунтів за шифром;
- модель за гранулометричним складом ґрунтів;

- модель ухилів місцевості
- групу карт ґрунтів, які придатні чи не придатні для вирощування окремих видів сільськогосподарських культур.

Обґрунтовано основні напрямки та можливості раціонального використання сільськогосподарських угідь. Завдяки цьому розробленню можна з упевненістю стверджувати, що шляхом моделювання будуть вирішуватись нагальні питання планування чергування сільськогосподарських культур з метою підвищення ефективності виробництва.

Проаналізовано фізико-географічні умови і чинники території. Більшість ухилів в районі мають низьку крутизну практично на всій території. Крім того, на території району переважають дернові та дерново-підзолисті ґрунти. Сільське господарство займає провідну роль в економіці Луцького району завдяки значній кількості сільськогосподарських підприємств та фермерських господарств. Невисока родючість ґрунтів регіону компенсується добривами, які вносять в ґрунт.

Оцінено геоінформаційне картографування як інструмент для автоматизації складних процесів, пов'язаних із захистом земель. Його використання дозволяє здійснювати оцінку різних просторових аспектів деградаційних процесів, що відбуваються на землі. Зокрема, можна визначити площу земель, що постраждали, а також тип деградації, що стався. Крім того, картографування надає зручні інструменти для підрахунку різних параметрів земель, що дозволяє здійснювати більш точні розрахунки. Геоінформаційне картографування також забезпечує швидку і ефективну підготовку карт для забезпечення охорони земель. За допомогою цього інструменту можна досліджувати багато різних варіантів розвитку деградаційних процесів і відповідних захисних заходів. Оперативність підготовки карт дозволяє проводити більш глибокий аналіз сценаріїв розвитку деградації та забезпечує більш точне прийняття рішень для забезпечення охорони земель.

## ВИСНОВКИ

Оцінено позиції геоінформаційного картографування для охорони земель, їх використання, в ході написання кваліфікаційної роботи бакалавра. Були детально проаналізовані особливості та визначені основні завдання, що стосуються охорони земель сільськогосподарського призначення. У рамках дослідження були розглянуті теоретичні аспекти, які пов'язані з цією проблемою. Окрім того, проведено аналіз наявного стану геоінформаційного картографування, з урахуванням результатів досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених. Було виявлено переваги використання геоінформаційного картографування для забезпечення ефективної охорони земель. Отримані результати підтвердили переваги використання геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель. Дані інструменти надають можливість оцінити просторові аспекти розвитку деградаційних процесів.

Наведено методологічні вказівки для роботи з геоінформаційними та геопросторовими даними. Розроблені загальна, концептуальна, функціональна моделі геопросторових даних. Було охарактеризовано запропоновані моделі для забезпечення охорони земель. Викладено необхідний теоретичний матеріал для продовження роботи та розробки проекту, висвітлено суть геоінформаційного картографування для забезпечення охорони земель.

Розроблено моделі геоінформаційного картографування, спрямовані на забезпечення раціонального використання, збереження та відновлення родючості ґрунтів у Луцькому районі. Результати дослідження вказують на необхідність розробки спеціальних картографічних моделей, які б дозволили ефективно вирішувати завдання з підтримки якісного та стійкого розвитку земельних ресурсів у регіоні. Використання таких моделей дозволить покращити якість землекористування та забезпечити довготривалу стійкість території, зберігаючи при цьому високу родючість ґрунтів.

Запропоновано функціональну модель дій для планування охорони земель, на основі всебічного аналізу підходів ГІС картографування та використання земельних ресурсів було, яка включає наступні етапи: постановка задачі; збір

інформації про земельні ресурси; формування бази картографічних даних; проведення аналізу; розробка тематичних карт; прийняття рішень. На основі запропонованого алгоритму планування охорони земель було розроблено концептуальну модель структури бази геопросторових даних, що включає наступні класи: МежіОбластей, МежіРайонів, МежіГромад, МежіНаселенихПунктів, ВисотніТочки, Горизонталі, РастроваМодель, Схили, АгровиробничіГрупи, ПричиниДеградації, ВидДеградації, ТипДеградації, Культура, ВидСівозміни, ТипСівозміни.

Побудовано ЦМР, модель схилу місцевості, агровиробничих ґрунтів, гранулометричного складу ґрунтів, полезахисних насаджень регіони, дефляції ґрунтів, з використанням приладного програмного продукту ArcGIS. З метою оптимізації земельних ресурсів та реалізацію завдань з моніторингу та охорони земель Луцького району, на основі створених моделей було розроблено та запропоновано тематичні карти придатності ґрунтів для вирощування господарських культур. Запропоновані моделі та карти можуть бути використані контролюючими службами, які можуть висувати певні вимоги щодо землекористувачів, які мають на меті усунення порушень у галузі використання та охорони земель.

Отже, охорона земель та її ефективне використання мають ключове значення для взаємин між владою, бізнесом та місцевим населенням. Геоінформаційне картографування відіграє важливу роль у створенні набору тематичних карт, які можуть бути використані для обґрунтування рішень, пов'язаних з охороною земель. Цей підхід забезпечує необхідну інформацію для прийняття рішень з питань земельних ресурсів та забезпечення оперативного використання земельних ділянок, надає можливість створювати всі необхідні моделі та тематичні карти.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про землеустрій: Закон України від 22.05.2003 №858-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>
2. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003 №962-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15#Text>
3. Зацерковний В.І. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія. – Кн. 2 / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2017. – 237 с.
4. Білоус Л.Ф. Цифрова модель рельєфу й геоінформаційному просторі / Л.Ф. Білоус, 2008. – 11 с.
5. Морозов В. В. Геоінформаційні технології в агросфері / В. В. Морозов, К. С. Лисогоров, Н. М. Шпоринська. – Херсон : ХДУ, 2007. – 223 с.
6. Опара В.М. Особливості застосування геоінформаційних систем в організації раціонального використання та охорони земель населених пунктів / В.М. Опара, С.О. Винограденко. – Харків : ХНАУ, 2012 – С. 87-90.
7. Морозов В.В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами : Навчальний посібник. – Херсон : Вид-во ХДУ, 2006. - 91 с.
8. Петренко. О.Я. Побудова електронної карти засобами ArcGIS: Навчальний посібник / О.Я. Петренко. – К: ІПДО НУХТ, 2015. – 96 с.
9. Безтяпко Ю. Програма розвитку агропромислового комплексу Луцької міської територіальної громади на 2021–2025 роки / Безтяпко Ю. – Луцьк, 2022 – 15с.
10. Про затвердження Порядку введення Державного земельного кадастру: Постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 №1051 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF#Text>
11. Наказ України «Про затвердження Методичних рекомендацій щодо розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь» / Державне агентство земельних

ресурсів України, 2013. - №396 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0396821-13#Text>

12 Третяк А.М. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування / А.М. Третяк, Р.А. Третяк, М.І. Шквар. – К : Ін-н землеустрою УААН, 2011. – 7 с.

13. Карпінський Ю.О. Еталонна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р.В. Рунець. – Вісник геодезії та картографії, 2010. – С. 28-36.

14. Про невідкладні заходи по захисту ґрунтів від вітрової і водної ерозії : ЦК КП України і Ради Міністрів Української РСР від 16.05.1967 №320 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/320-67-%D0%BF#Text>

15. Бондаренко Е. Л. Геоінформаційне картографування екологічної якості природного середовища Часопис картографії / Е.Л. Бондаренко – 2008, Вип. 13. С. 36-48.

16. Козаченко Т. І. Геоінформаційне картографування малих підприємств України Вісник геодезії та картографії / Т.І. Козаченко, Т.С. Цокало – 2009, № 4. С. 17-27.

17. Пересадько В.А. Проектування картографічної бази даних для створення регіональної еколого-природоохоронної ГІС Проблеми безперервної дографічної освіти і картографії / В.А. Пересадько – 2013. Вип. 17. С. 34-40.

18. Актуальні питання атласного картографування стану і використання земельних ресурсів адміністративного району Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник / І.П. Ковальчук, Т.О. Євсюков, О.В. Вакуленко, Н.М. Ліщук, В.П. Скавронський, І.І. Тарасова –Випуск 77. 2012. С.14-18.

19. Даценко Л.М. Картографічне моделювання на базі ГІС-технологій в екологічних дослідженнях ґрунтів: автореф. дис. канд. геогр. наук: 11.00.12 / Л.М. Даценко – НАН України; Ін-т геогр. К., 2000. 20 с.

20. Козаченко Т.І. Картографічне моделювання: Навчальний посібник/ Т.І. Козаченко, Г.О. Пархоменко, А.М. Молочко - Вінниця: ТОВ "Антекс". - УЛТД, 1999. - 320 с.
21. Козаченко Т.І. Методи моделювання і моделі в геоінформаціоному картографуванні / Т.І. Козаченко – Вісник геодезії та картографії. - 2008. - №3(54). - С. 11-18.
22. Світличний О.О. Основи геоінформатики : [навч. посібн.] / О.О. Світличний, С.В. Плотницький / за ред. О.О. Світличного. - Суми : ВТД "Університетська книга", 2006. - 295 с.
23. Давидчук В. Методи ландшафтного картографування з використанням ГІС та інших комп'ютерних технологій / В. Давидчук, Л. Сорокіна, В. Родіна // Вісник Львів. ун-ту. Серія географ. - Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 2004. - Вип. 31. - С. 263-270.
24. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://land.gov.ua/>
25. Офіційний сайт Луцької міської ради [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.lutskrada.gov.ua/about>
26. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
27. USGS: science for a changing world. EarthExplorer [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.usgs.gov/>
28. EO Browser – Sentinel Hub [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>
29. The ArcGIS Book Environmental System Research [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://learn.arcgis.com/en/arcgis-book/>
30. Moskalenko A. Geoinformation mapping for providing the rational use and protection of soil. Mechanization in agriculture & Conserving of the resources Vol.65. Issue: 5, 2019, Pages: 186-189.
31. ДСТУ ISO 191 10:2017 Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів (ISO 19110:2016, IDT) – Київ, 2017.

32. Географічні карти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<https://geomap.land.kiev.ua/index.html>

## ДОДАТКИ

## Додаток А

## Атрибути класу МежіОбласті у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>область</b>
Визначення	Назва адміністративної області
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	111
<b>Назва поля</b>	<b>koatuu</b>
Визначення	Унікальний номер КОАТУУ - I рівень
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	112

## Атрибути класу МежіРайонів у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>район</b>
Визначення	Назва адміністративного району
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	121
<b>Назва поля</b>	<b>область</b>
Визначення	Назва області, до якої належить адміністративний район
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	122
<b>Назва поля</b>	<b>koatuu</b>
Визначення	Унікальний номер КОАТУУ - II рівень
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	123

## Атрибути класу МежіГромад у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>територіальнаГромада</b>
Визначення	Назва об'єднаної територіальної громади
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст

Код	131
<b>Назва поля</b>	<b>район</b>
Визначення	Назва району, до якої належить громада
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	132
<b>Назва поля</b>	<b>типГромади</b>
Визначення	Тип даної територіальної громади(сільська, селищна, міська)
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	133

### Атрибути класу МежіНаселенихПунктів у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>населенийПункт</b>
Визначення	Назва населеного пункту
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	141
<b>Назва поля</b>	<b>тип</b>
Визначення	Тип населеного пункту(місто, село, селище)
Од. вимірювання	немає
Тип	текст
Код	142
<b>Назва поля</b>	<b>площа</b>
Визначення	Загальна площа в межах населеного пункту
Од. вимірювання	га
Тип	Float
Код	143

### Атрибути класу ВисотніТочки у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>код</b>
Визначення	Код нумерації висотної точки
Од. вимірювання	немає
Тип	ShortIn
Код	211
<b>Назва поля</b>	<b>абсолютнаВисота</b>
Визначення	Абсолютна висота вказаної точки висоти

Од. вимірювання	м
Тип	ShortIn
Код	212

#### Атрибути класу Горизонталі у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>код</b>
Визначення	Код нумерації горизонтальної лінії
Од. вимірювання	немає
Тип	ShortIn
Код	221
<b>Назва поля</b>	<b>абсолютнаВисота</b>
Визначення	Рівень абсолютна висота вказаної горизонтальної лінії
Од. вимірювання	м
Тип	ShortIn
Код	222

#### Атрибути класу Схили у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>код</b>
Визначення	Номер схилу
Од. вимірювання	немає
Тип	ShortIn
Код	241
<b>Назва поля</b>	<b>крутизна</b>
Визначення	Кут нахилу схилу до горизонтальної площити
Од. вимірювання	градуси
Тип	Текст
Код	242
<b>Назва поля</b>	<b>експозиція</b>
Визначення	Орієнтація схилів по відношенню до сторін горизонту
Од. вимірювання	градуси
Тип	Текст
Код	243

#### Атрибути класу ПричиниДеградації у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>код</b>
Визначення	Номер фактору деградації
Од. вимірювання	немає

Тип	ShortIn
Код	321
<b>Назва поля</b>	<b>позитивнийФактор</b>
Визначення	Фактор, який позитивно впливає на землі
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	322
<b>Назва поля</b>	<b>негативнийФактор</b>
Визначення	Фактор, який негативно впливає на землі
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	323

#### Атрибути класу ВидДеградації у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>вид</b>
Визначення	Назва виду деградації в залежності від типу
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	331
<b>Назва поля</b>	<b>ступінь</b>
Визначення	Показник ураженості ґрунтів
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	332

#### Атрибути класу ТипДеградації у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>код</b>
Визначення	Код типу дергадації
Од. вимірювання	немає
Тип	ShortIn
Код	341
<b>Назва поля</b>	<b>тип</b>
Визначення	Назва типу деградації в залежності від факторів
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	342

### Атрибути класу Культура у каталозі об'єктів

<b>Назва поля</b>	<b>код</b>
Визначення	Номер культури
Од. вимірювання	немає
Тип	ShortIn
Код	411
<b>Назва поля</b>	<b>культура</b>
Визначення	Назва рослини певного ботанічного таксону, яку вирощують
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	412

### Атрибути класу ВидСівозміни у каталозі об'єктів

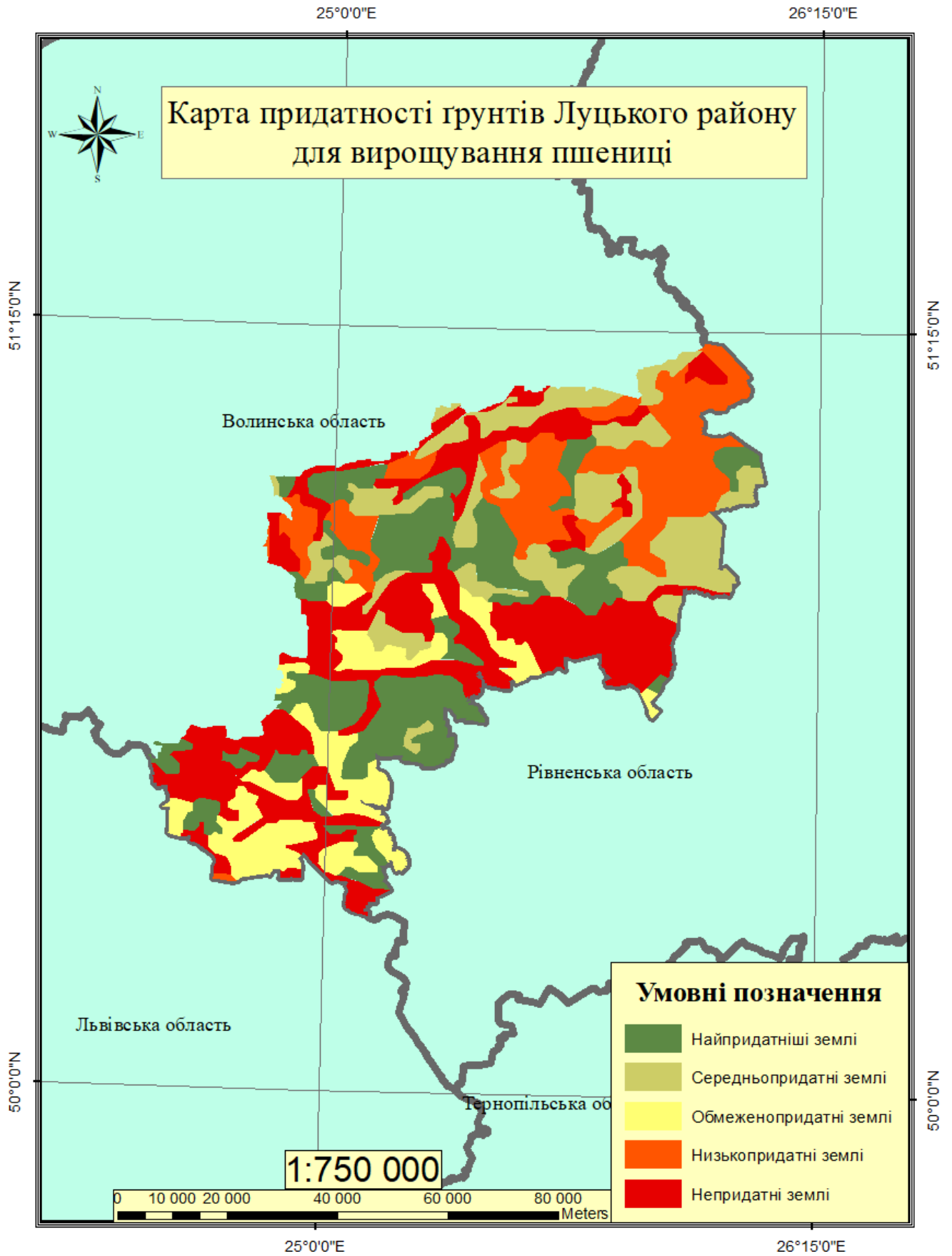
<b>Назва поля</b>	<b>вид</b>
Визначення	Назва виду сівозміни певного типу
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	421
<b>Назва поля</b>	<b>площа</b>
Визначення	Площа конкретної оцифрованої ділянки виду сівозміни
Од. вимірювання	га
Тип	Float
Код	422

### Атрибути класу ТипСівозміни у каталозі об'єктів

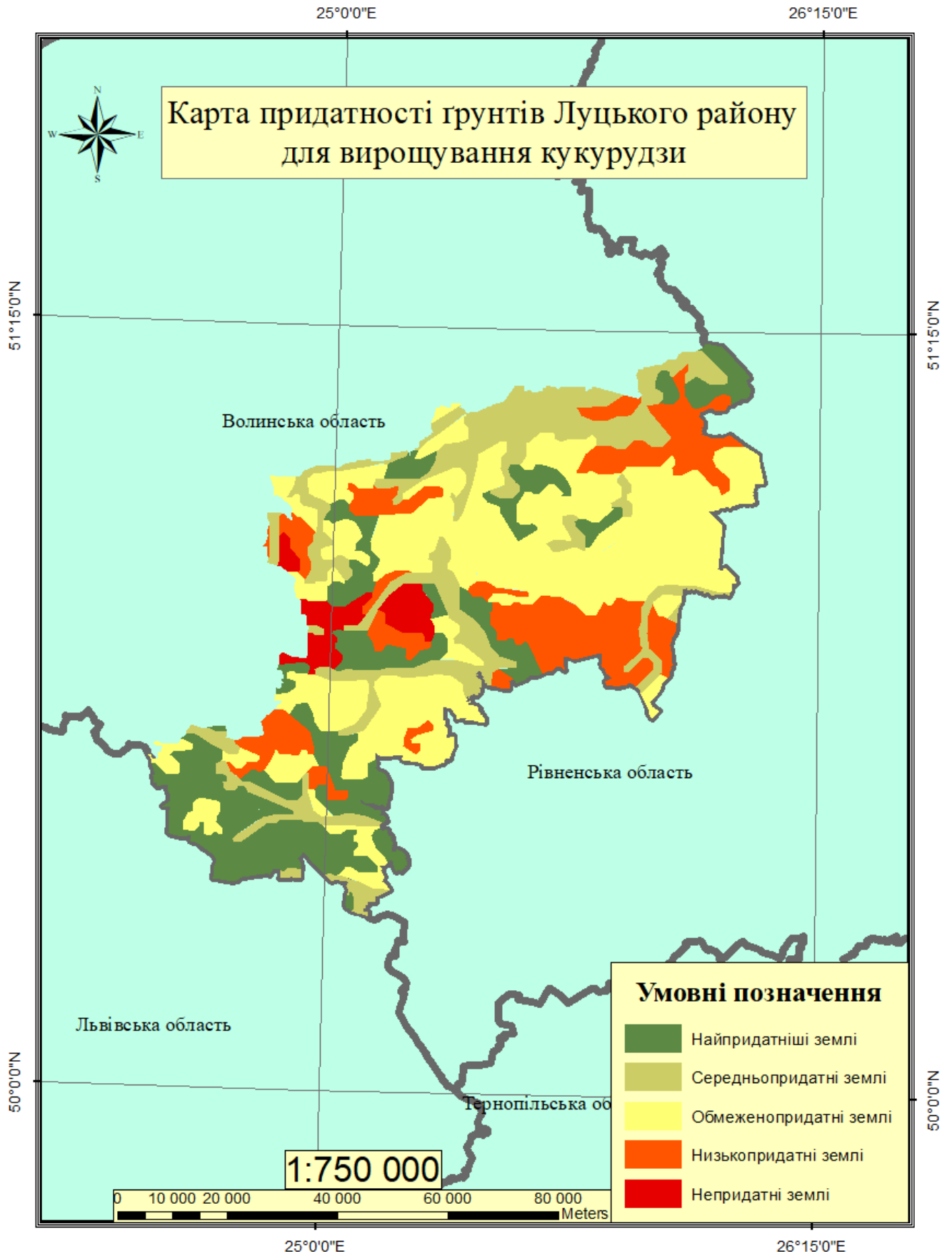
<b>Назва поля</b>	<b>тип</b>
Визначення	Назва типу сівозміни різного виробничого призначення
Од. вимірювання	немає
Тип	Текст
Код	431
<b>Назва поля</b>	<b>площа</b>
Визначення	Площа конкретної оцифрованої ділянки типу сівозміни
Од. вимірювання	га
Тип	Float
Код	432

*Всі таблиці складено з використанням джерела [31].*

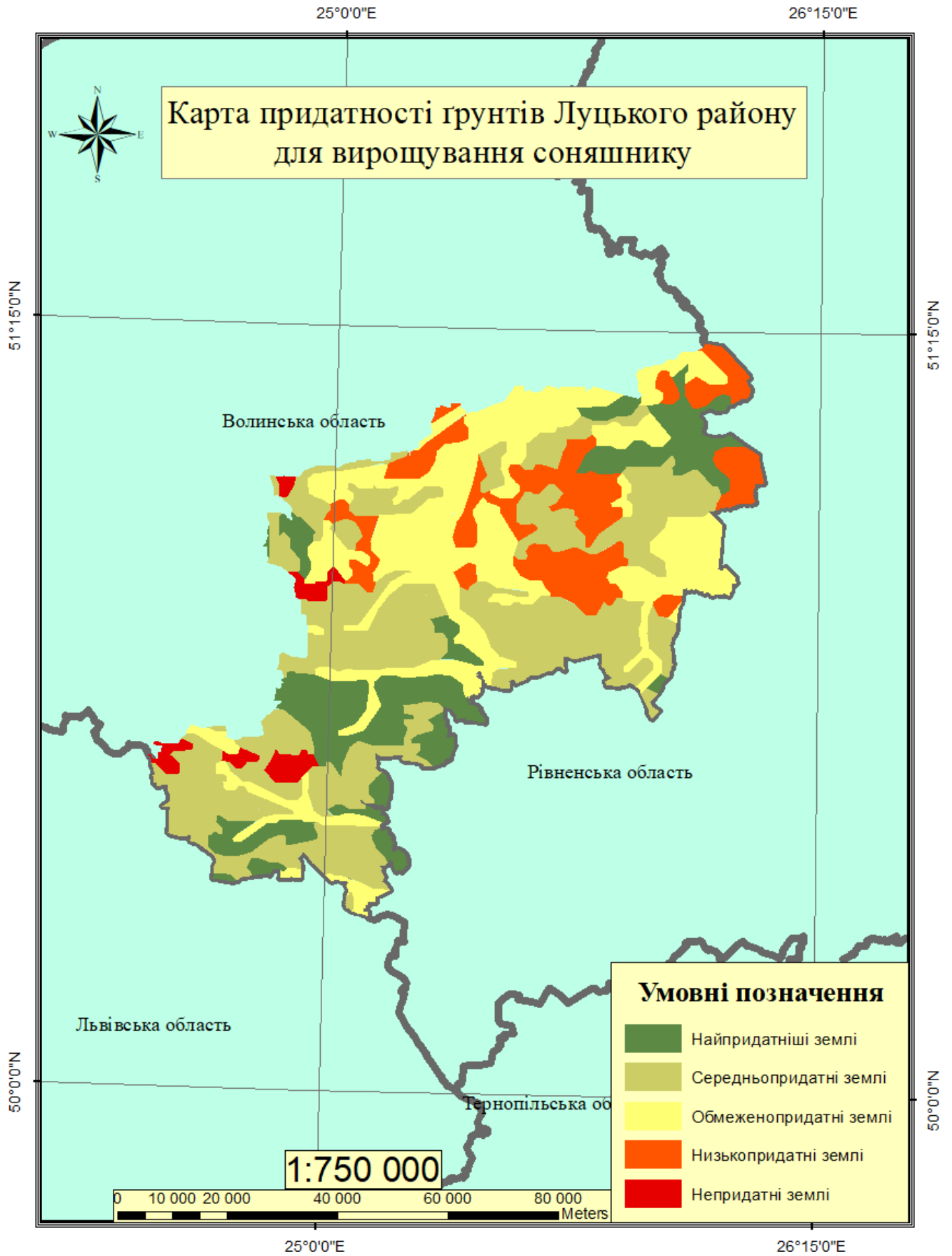
Додаток Б



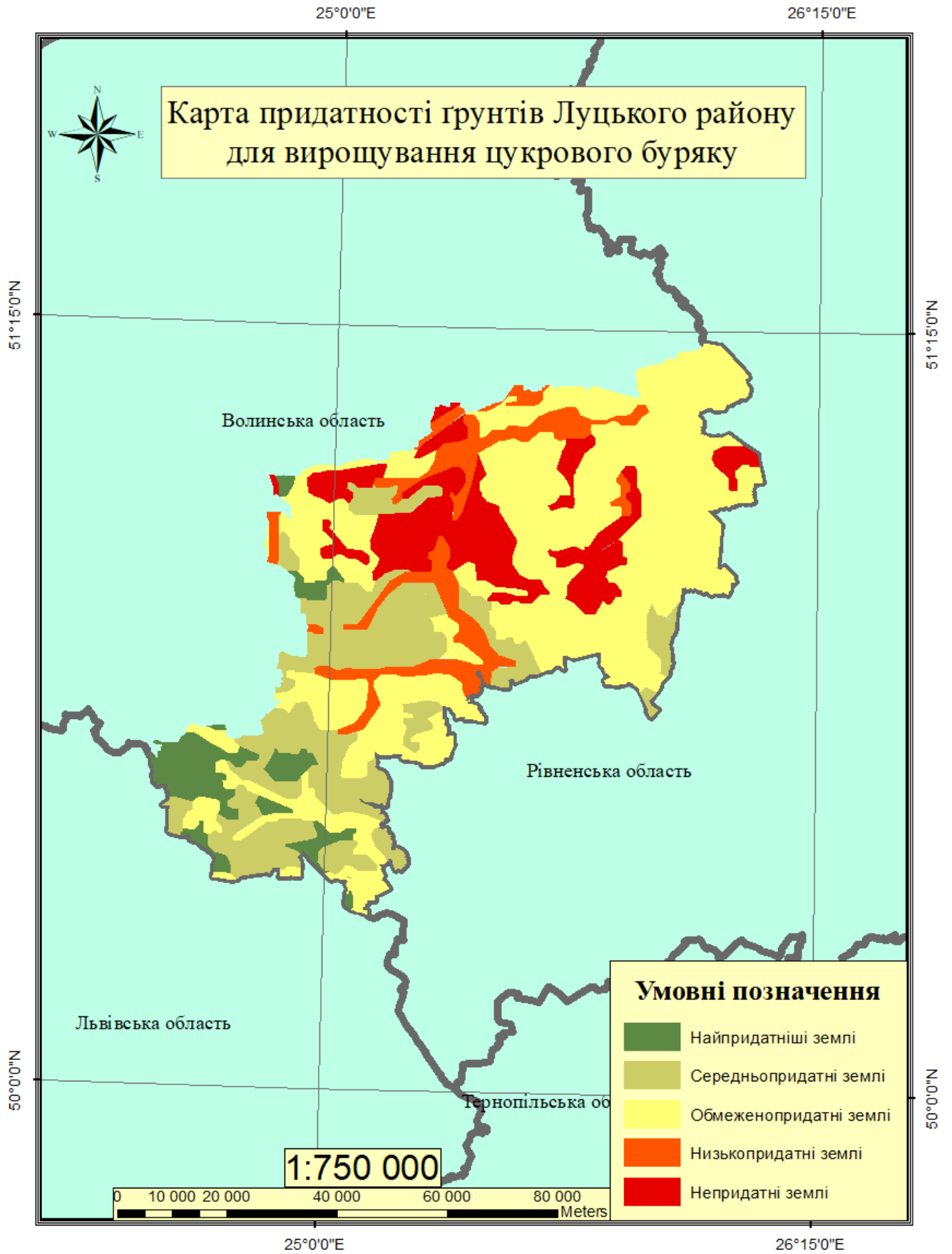
### Додаток В



Додаток Г



### Додаток Д



### Додаток Е

