

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.ГЗІм-240003 ПЗ

Група ГЗІм-24-1

Ткачук Богдан

2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Кафедра геодезії та землеустрою

Ткачук Богдан Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 528.9:550.8:553.98(477)

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Геоінформаційний супровід геолого – геофізичних робіт на Облазницькій
нафтогазовій ділянці.

(назва роботи)

Геоінформаційні системи і технології

(назва освітньої програми)

193 Геодезія та землеустрій

(шифр і назва спеціальності)

Б.В. Ткачук

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Касіянчук Д. В., к.геол.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Приходько М.М.

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

м. Івано – Франківськ -2025 р.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА
Кафедра геодезії та землеустрою
Освітній рівень магістр
Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

« ____ » _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Ткачуку Богдану Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Геоінформаційний супровід геолога – геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці.

Керівник роботи Касіяничук Дмитро Васильович, к. геол. н., доц. каф. ГЗ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені наказом закладу вищої освіти від “ ____ ” _____ 2025 року №

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: супутниковий знімок, публічна кадастрова карта, дані з переддипломної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Розділ 1. Геоінформаційні системи у геолого-геофізичних дослідженнях нафтогазових родовищ. Розділ 2. Загальна вивченість території. Розділ 3. Геоінформаційний супровід геолого-геофізичних робіт: мета, завдання та структура формування єдиної бази геоданих. Розділ 4. Розробка та супровід бази геоданих для Облазницької нафтогазової ділянки. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Поворотні точки проведення геолого-геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці (Система координат - WGS-1984 UTM Zone 35N - meters)		
Поворотні точки	Координата X	Координата Y
Точка 1	286024.943	5463912.653
Точка 2	290756.621	5465830.917
Точка 3	293875.139	5458202.195
Точка 4	289138.346	5456278.243

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання та вибір напрямів дослідження	01.12.2025	
2	Робота з літературними джерелами. Написання вступної частини	01.12.2025-02.12.2025	
3	Робота над розділом 1	03.12.2025-05.12.2025	
4	Робота над розділом 2	06.12.2025-09.12.2025	
5	Робота над розділом 3	10.12.2025-14.12.2025	
6	Робота над розділом 4	15.12.2025-19.12.2025	
7	Написання висновків. Оформлення роботи згідно вимог та її представлення до захисту	20.12.25 - 22.12.2025	

Студент

(підпис)

Ткачук Б. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Касіянчук Д. В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема: " Геоінформаційний супровід геолого – геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці "

Магістерська робота містить: 95 с.: 16 табл., 39 рис.

Об'єкт дослідження: територія проведення геолого-геофізичних досліджень на Облазницькій нафтогазовій ділянці.

Мета: розробка геобаз даних та застосування ГІС для супроводу геолого – геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці.

У повсякденній роботі підприємств геолого-розвідувальної галузі одночасно вирішуються різноманітні завдання міжгалузевого характеру.

Розробка способів збору, систематизації та зберігання даних, що мають географічну прив'язку на місцевості, актуальна для геолого-геофізичних досліджень, особливо щодо надання загального доступу до накопиченої інформації. Найчастіше на підприємствах фахівці стикаються з відсутністю єдиного простору для зберігання великих масивів геоданих. У результаті інформація накопичується в розрізнених місцях, і долучити її до поточних і майбутніх геолого-розвідувальних дослідженнях на суміжні території не є можливим без втрати робочого часу.

Геоінформаційні системи є універсальним засобом для роботи з геолого-геофізичними даними, що мають координатну прив'язку. ГІС застосовуються для вирішення великого класу завдань на підприємствах геолого-розвідувальної галузі: створення геолого-геофізичних баз даних, аналіз транспортної доступності та геологічної вивченості при плануванні геологорозвідувальних робіт, підготовка науково-обґрунтованих баз. Основна робота в ГІС ведеться через ГІС-проекти, що являють собою робочі набори даних, структурованих певним чином у вигляді картографічних шарів залежно від цілей та призначення проекту. Їхнє застосування має великий потенціал при організації картографічного забезпечення геолого-розвідувальних досліджень.

ANOTATION

Topic: ‘Geoinformation support for geological and geophysical work at the Oblaznytska oil and gas field’

The master's thesis contains: 95 p.: 16 tables, 39 figures.

Object of study: the territory of geological and geophysical research at the Oblaznytska oil and gas field.

Objective: development of a geodatabase and application of GIS for support of geological and geophysical works at the Oblaznytsia oil and gas field.

In their daily work, enterprises in the geological exploration industry simultaneously solve a variety of interdisciplinary tasks.

The development of methods for collecting, systematising and storing data that are geographically linked to the terrain is relevant for geological and geophysical research, especially with regard to providing general access to the accumulated information. Most often, specialists at enterprises are faced with the lack of a single space for storing large amounts of geodata. As a result, information is accumulated in scattered locations, and it is not possible to incorporate it into current and future geological exploration studies in adjacent territories without losing working time.

Geographic information systems are a universal tool for working with geological and geophysical data that have coordinate references. GIS are used to solve a wide range of tasks in geological exploration companies: creating geological and geophysical databases, analysing transport accessibility and geological knowledge when planning geological exploration work, and preparing scientifically sound databases. The main work in GIS is carried out through GIS projects, which are working data sets structured in a certain way in the form of cartographic layers depending on the goals and purpose of the project. Their application has great potential in the organisation of cartographic support for geological exploration studies.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ГЕОІФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У ГЕОЛОГО- ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ НАФТО-ГАЗОВИХ РОДОВИЩ	12
1.1 Принципи побудови геоінформаційних систем	12
1.2. Національна інфраструктура геопросторових даних.	24
1.3 Основні функції та переваги ГІС при аналізі геолого-геофізичних даних.	31
РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА ВИВЧЕНІСТЬ ТЕРИТОРІЇ.....	36
2.1. Фізико-географічне положення та природні умови району робіт.	36
2.2 Історія геолого-геофізичного вивчення території	42
РОЗДІЛ 3 ГЕОІФОРМАЦІЙНИЙ СУПРОВІД ГЕОЛОГО – ГЕОФІЗИЧНИХ РОБІТ: МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА СТРУКТУРА ФОРМУВАННЯ ЄДИНОЇ БАЗИ ГЕОДАНИХ.....	48
3.1 Опис предметної області	48
3.2 Призначення бази даних під час геоінформаційного супроводу геолого- геофізичних робіт.....	51
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТА СУПРОВІД БАЗИ ГЕОДАНИХ ДЛЯ ОБЛАЗНИЦЬКОЇ НАФТОГАЗОВОЇ ДІЛЯНКИ.....	57
4.1. Створення атрибутивних таблиць	57
4.2 Переваги і недоліки створення єдиної бази геоданих для ведення геолого- геофізичних робіт.....	84
4.3 Переваги створення єдиної бази геоданих	84
4.4 Недоліки та обмеження створення єдиної бази геоданих	87
4.5. Узагальнення та оцінка ефективності впровадження ЄБГ	90
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

ВСТУП

Геоінформаційного супроводу геолого-геофізичних робіт на нафтогазових ділянках стає дедалі важливішою в умовах розвитку новітніх технологій та значного збільшення обсягів геопросторових даних. Успішне використання геоінформаційних систем (ГІС) у геолого-геофізичних дослідженнях дає змогу не лише інтегрувати різноманітні типи даних, а й здійснювати просторовий аналіз, що в свою чергу значно підвищує точність і ефективність робіт, оптимізує витрати та зменшує ризики.

Метою цієї роботи є розробка та впровадження геоінформаційної системи для супроводу геолого-геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці, що включає створення геобаз даних, інтеграцію різнорідних джерел інформації, а також проведення просторового аналізу для оцінки перспективності родовища.

Основні переваги геоінформаційного супроводу для геолого – геофізичних робіт :

1. Інтеграція різноманітних даних: Геоінформаційні системи (ГІС) дозволяють інтегрувати різні типи даних, зокрема геологічні, геофізичні, супутникові знімки, дані з дистанційного зондування та сейсмічні дані. Це дає змогу створити єдину базу для зберігання та аналізу інформації, що забезпечує більш точні результати досліджень та знижує ймовірність помилок, пов'язаних з окремими джерелами даних.

2. Просторовий аналіз і моделювання: ГІС забезпечують потужні інструменти для просторового аналізу, що дозволяє не лише відображати дані на карті, а й здійснювати складні аналізи, зокрема, моделювати різні сценарії розвитку подій. Це включає прогнози для пошуку нових родовищ, оцінку перспективності територій для геолого – геофізичних досліджень.

3. Покращення точності досліджень: За допомогою ГІС можна проводити детальний аналіз геологічних і геофізичних даних, що дозволяє досягти більшої точності в прогнозах і вимірюваннях.

4. Покращення управлінських рішень: ГІС допомагають керівникам проектів і спеціалістам швидше отримувати необхідну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень. Вони сприяють більш ефективному плануванню робіт, знижують ризики та підвищують прозорість процесів, забезпечуючи зрозуміле відображення даних у вигляді карт, графіків та моделей.

5. Забезпечення доступу та обміну інформацією: Завдяки геоінформаційним системам дані можна швидко передавати між різними відділами, організаціями та країнами.

6. Збереження історичних даних: Геоінформаційні системи дозволяють зберігати всі дані про проведені роботи, що може бути корисним для подальших досліджень і забезпечує доступ до історії досліджень на певних територіях.

Мета: розробка та впровадження геоінформаційної системи для супроводу геолого-геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці, що включає створення геобаз даних та інтеграцію різнорідних джерел інформації.

Основні завдання:

1. Проектування та розробка структури бази даних:
 - Створення схеми бази даних, яка буде враховувати всі аспекти геодезичних, геологічних і геофізичних даних, такі як географічні координати, типи порід, геофізичні показники тощо.
 - Розробка атрибутивної таблиці для зберігання даних з урахуванням потреб подальшого аналізу та візуалізації.
2. Імпорт та інтеграція даних:

- Підготовка даних для імпорту з різних джерел, таких як геодезичні вимірювання, польові спостереження, кадастрова карта, карти та супутникові знімки.
3. Створення інтерфейсу для введення та редагування даних:
- Розробка зручної бази даних для введення, редагування та оновлення даних, який дозволяє користувачам вводити різні параметри під час геолого-геофізичних робіт (наприклад, тип сейсмічних профілів та їх координати)
4. Інтеграція з іншими системами:
- Забезпечення можливості інтеграції єдиної бази даних з іншими геоінформаційними системами (ГІС), програмами для моделювання та аналізу.
5. Підтримка масштабованості та оновлень:
- Забезпечення можливості розширення бази даних за рахунок додавання нових даних або нових типів даних. Розробка стратегії для оновлення та підтримки бази даних у разі зміни технологій або вимог.

Наукова новизна:

Вперше розроблено та запропоновано методику створення інтегрованої геоінформаційної системи, яка дозволяє ефективно аналізувати та візуалізувати геодезичні, геологічні і геофізичні дані. Ця система базується на єдиній базі даних, що об'єднує інформацію з різних джерел (геофізичні вимірювання, кадастрова карта), що забезпечує високий рівень інтеграції та взаємодії різних даних.

Інноваційний підхід до обробки та інтеграції геодезичних, геологічних і геофізичних даних. Запропоновано новий підхід до збору та обробки геодезичних, геологічних і геофізичних даних, який включає використання сучасних методів геоінформатики для інтеграції числових, текстових і графічних даних в єдину базу. Це дозволяє досягти високої точності в аналізі та зменшити людський фактор при обробці даних.

Оптимізація роботи з великими геолого-геофізичними даними за допомогою сучасних технологій. Інтегровано новітні технології для обробки великих обсягів геолого-геофізичних даних.

Створення єдиної геобазы даних для Облазницької нафтогазової площі.

РОЗДІЛ 1 ГЕОІФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У ГЕОЛОГО-ГЕОФІЗИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ НАФТО-ГАЗОВИХ РОДОВИЩ

1.1 Принципи побудови геоінформаційних систем

Географічна інформаційна система (ГІС) – це комплексна технологія, яка систематично аналізує просторові зв'язки та часову динаміку об'єктів реального світу шляхом збору, зберігання, обробки та візуалізації географічної інформації. ГІС стали важливою основою для наукових досліджень та суспільного прогресу. З моменту появи ГІС у 20 столітті визначення та розуміння географічної інформації зазнали глибоких трансформацій. Завдяки розвитку теорій та методологій інформатики, дослідження геоінформаційних даних еволюціонували від комп'ютерного інструменту картографування (GISystem) до складної наукової бази (GIScience). Еволюція ГІС особливо відзначилася інтеграцією таких дисциплін, як науки про Землю, системна наука та інформатика. Це міждисциплінарне поєднання позиціонувало розробку ГІС як нову інтегративну науку, здатну вирішувати складні просторові проблеми [1].

Примітно, що ця трансформація є системною, а не ізольованою. Інновації теорій призвели до методологічних удосконалень, що, у свою чергу, стимулювало прогрес у програмному забезпеченні та модернізації галузі. Одночасно просторові та часові виміри в аналізі географічної інформації постійно розширювалися, маючи тенденцію до інтеграції та уніфікації в інформаційній сфері. Ці досягнення сприяли появі інформаційної географії. У сучасному контексті технологічного прогресу, зокрема швидкого розвитку штучного інтелекту, традиційні дисциплінарні межі розмиваються; це дозволило безпрецедентну інтеграцію різноманітних типів інформації в ГІС, включаючи багатоджерельні дані, мультимодальну інформацію та мультисемантичну інтерпретацію. Ці можливості відкрили нові горизонти

досліджень у ГІС та створили нові парадигми для виявлення та застосування просторових знань.

Еволюція ГІС нерозривно пов'язана з розвитком інформаційних технологій, зокрема з розвитком комп'ютерів та можливостей обробки даних. Шлях цієї галузі розпочався на початку 1960-х років, ознаменований трансформаційним моментом, коли доктор Роджер Томлінсон представив концепцію ГІС у 1962 році. Його новаторська робота була спрямована на вирішення складних проблем статистики землекористування в Канаді та призвела до розробки Канадської геоінформаційної системи, яка стала першою у світі операційною ГІС [2]. Цей прорив не лише визначив початкову форму ГІС, але й створив фундаментальну основу для майбутнього розвитку в управлінні та аналізі просторових даних. Академічні основи ГІС були ще більше зміцнені, коли професор Говард Фішер заснував Лабораторію комп'ютерної графіки та просторового аналізу в Гарвардському університеті. Новаторським досягненням лабораторії став випуск SYMAP у 1966 році, першої комп'ютерної картографічної програмної системи. Ця інновація характеризувала перше покоління ГІС, яке в першу чергу було зосереджено на інтеграції інструментів для обробки картографічних даних та картографічного виробництва. Зближення традиційної картографії з новими технологіями заклало основу для розвитку дисципліни, створивши передумови для прискореної фази зростання ГІС з 1990-х років до 2000-ті роки.

До кінця 20-го століття ГІС еволюціонувала до свого другого покоління, яке ознаменувалося складною інтеграцією можливостей зберігання даних, обчислень та візуалізації. Ця епоха представила гнучкі, компонентні архітектури, які дозволили налаштування та розширення функціональності ГІС. Трансформація була глибокою — ГІС вийшла за межі свого походження як суто технічного інструменту та стала всеохопною науковою системою (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 Типові компоненти ГІС

Ця еволюція збіглася з глобалізацією розвитку ГІС, оскільки країни за межами Північної Америки, зокрема Китай, почали робити значний внесок як у теоретичні основи, так і в технічні рішення. За десятиліття, що минули з моменту створення початкової концепції ГІС розвинулися в надійні наукові та технологічні системи. Їхня теоретична основа міцно спирається на принципи простору-часу Ньютона, використовуючи математичні представлення за допомогою фундаментальних геометричних елементів — точок, ліній, багатокутників та твердих тіл. Ця математична база, у поєднанні зі складним управлінням просторовими даними, їх аналізом та можливостями обслуговування, призвела до створення потужних програмних пакетів, таких як ArcGIS, QGIS та SuperMap. Сучасні ГІС глибоко інтегрувалися в різні сектори суспільства, від міського планування та транспортних систем до управління ресурсами та захисту довкілля, що демонструє їхню універсальність та важливу роль у вирішенні складних просторових проблем.

У 21 столітті ми спостерігаємо ще глибші зміни в ГІС, які зумовлені революційними змінами в джерелах даних, режимах обслуговування та сферах застосування (Рисунок 1.2 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**).

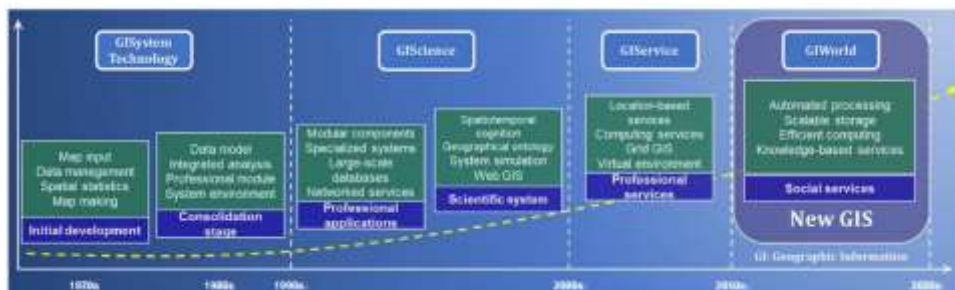


Рисунок 1.2 Історія розвитку ГІС

Ця трансформація спонукала до фундаментальної переоцінки природи та впровадження ГІС. На цьому етапі ГІС має три основні напрямки:

- отримання географічної інформації;
- вивчення геооб'єктів та їх взаємозв'язків;
- а також дослідження передових географічних правил, що визначають нашу просторово-часову поведінку

Геоінформаційні системи (ГІС) зазнали значних змін завдяки розвитку технологій мобільного інтернету, мереж 5G, блокчейн-технологій та Інтернету речей. Це сприяло безпрецедентному зростанню в обсягах збору просторової інформації, що вимагає адаптації сучасних ГІС до нових вимог. Одним із важливих етапів у цій трансформації є поширення смартфонів і технологій дронів, що призвело до збільшення персональних та поведінкових даних, а також значного покращення якості і швидкості збору географічної інформації (Рисунок 1.3 Помилка! Джерело посилання не знайдено.).



Рисунок 1.3 ГІС, що підтримується інформаційно-комунікаційними технологіями

Завдяки цьому, ГІС отримали нові можливості для інтеграції великих даних, на основі яких виникла необхідність створення надійної інфраструктури для обробки та зберігання даних. У цьому контексті важливу роль відіграє розвиток аерокосмічних технологій, які дозволили створювати комплексні системи спостереження за Землею. Вони поєднують супутникові знімки, сигнали позиціонування і продукти дистанційного зондування, що дозволяє отримувати високоякісні дані для подальшого використання в ГІС. Технологія дронів додала ще один рівень складності, створюючи безпрецедентні обсяги аерофотоданих, що мають високу роздільну здатність.

Ці зміни вимагали оновлення баз даних і можливостей їх обробки, оскільки нові джерела даних потребують вдосконалених моделей для ефективного аналізу і зберігання. ГІС тепер повинні зосереджуватися не лише на геометричних атрибутах, а й на більш складних аспектах, таких як час, простір та семантика даних. Це призвело до появи нових структур, які сприяли розвитку посткартографічної ери — періоду, коли геоінформаційні системи вийшли за межі традиційного картографування і зосередилися на інтеграції різних видів даних для складного просторового аналізу.

Завдяки цьому, ГІС почали більше уваги приділяти географічним процесам та взаємодії між різними елементами геоінформаційних даних, що сприяло створенню складніших моделей для більш глибокого аналізу. Важливим етапом стала інтеграція ГІС з моделями земної системи, що дозволило застосовувати більш точні моделі для дослідження природних та людських взаємодій з навколишнім середовищем. Такі інтеграції включають в себе використання глобальних дискретних сіток для врахування географічних законів та механізмів взаємодії в контексті гідрології, кліматичних змін і економічних процесів (Рисунок 1.4).

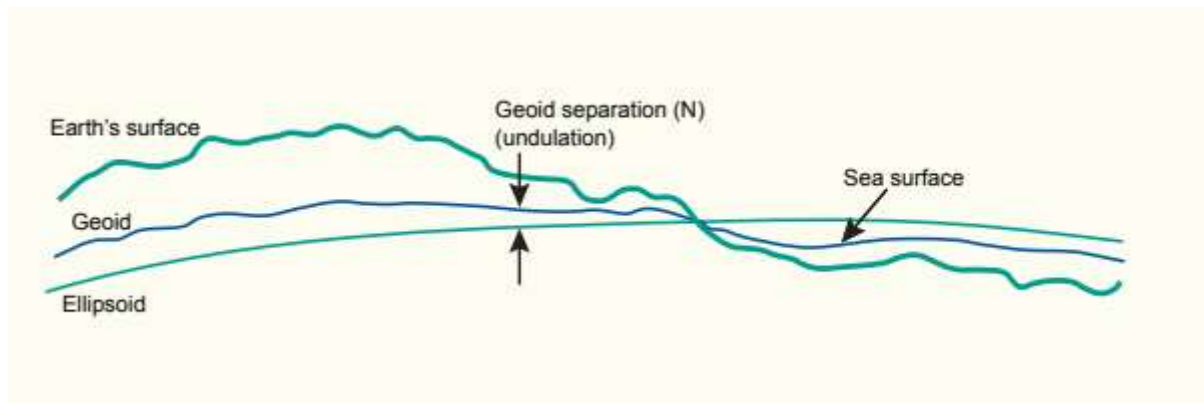


Рисунок 1.4 Апроксимація форми Землі: Геоїд і еліпсоїд

Просторові дані класифікуються на три типи, а саме: площа, лінія та точка. Площі – це просторові дані, які представлені у вигляді закритих фігур, наприклад, ліси, озера, полігони Тіссена тощо. Лінії – це просторові дані, які представлені у вигляді ліній, наприклад, межі лісів, межі озер, контурів, мережі водотоків, дороги тощо. Точкові просторові дані представлені у вигляді точки на картах, наприклад, сейсмічних пікетів, висотні відмітки, села тощо. У деяких випадках залежать від масштабу, наприклад, на дрібномасштабних картах місто буде представлено у вигляді точкових даних, тоді як на великомасштабній карті воно буде представлено у вигляді даних полігону [3].

Просторові дані в ГІС представлені двома основними способами, а саме растровим та векторним (Рисунок 1.5).

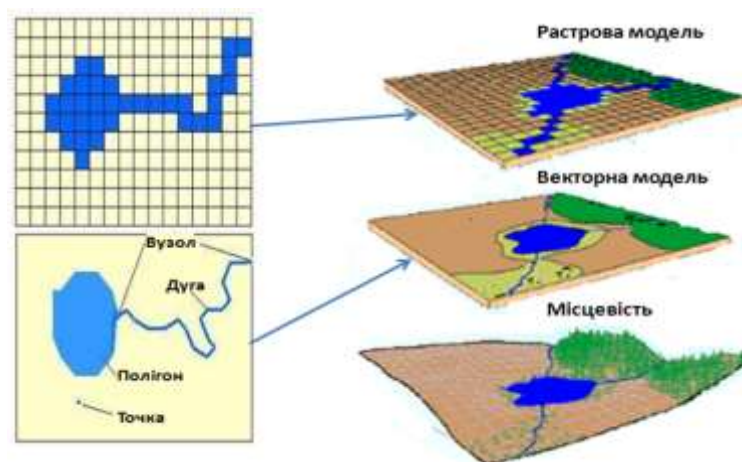


Рисунок 1.5 Растрові і векторні дані

Ці представлення даних можна перетворити одне на одне, хоча й з деякими втратами інформації. У растровому форматі просторові дані структуровані як сітка комірок або пікселів (Рисунок 1.6 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**).

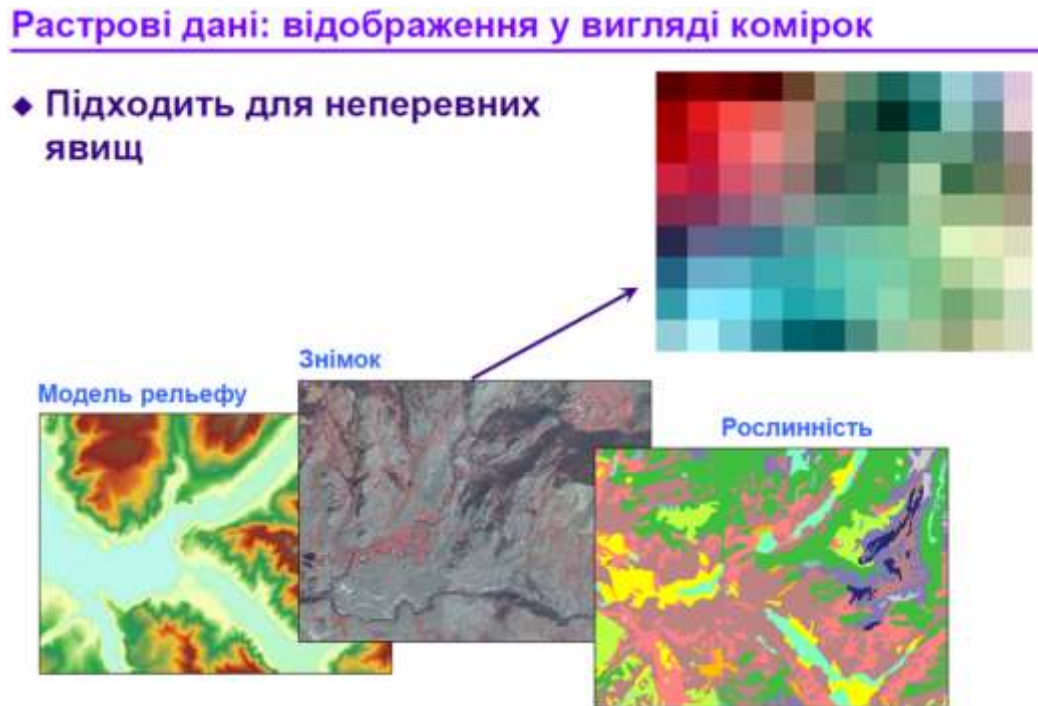


Рисунок 1.6 Растрові дані

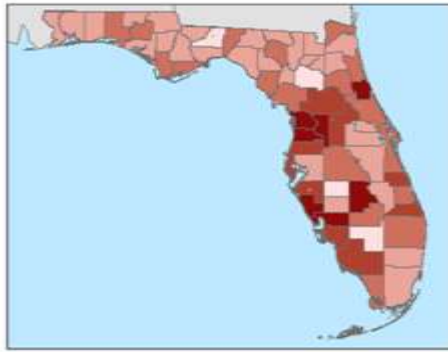
Номери рядків та стовпців адресують комірки. У багатьох розподілених гідрологічних моделях обробка просторових даних представлена в цій формі, алогічні гідрообчислення також забезпечуються в цій формі. Це власне подання для даних дистанційного зондування. Супутникові дані підтримують/передискретизуються як пікселі (елементи зображення) або комірки місця. Тематичні карти готуються з цих даних за допомогою цифрового зображення. Ці карти доступні в растровому представленні.

У векторній моделі просторові дані представлені як координатні точки (Рисунок 1.7). Наприклад, точкові дані представлені як пара координат. Дані

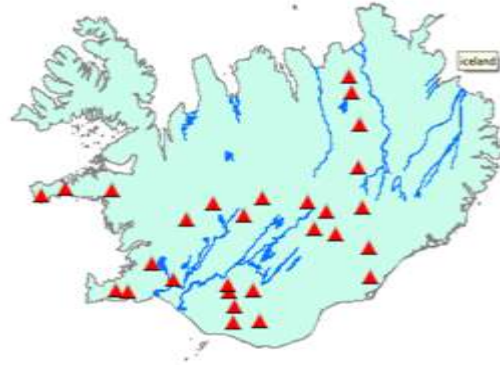
прямої лінії представлені як дві пари координат, що представляють кінцеві точки прямої лінії. Крива лінія представлена як скінчені відрізки.

Векторні дані: вигляд заснований на формі

◆ Підходить для дискретних об'єктів



Полігони
Штати і округи



Точки і лінії
Гірські вершини і річки

Рисунок 1.7 Векторні дані

У растрових даних точки та лінії представлені зі скінченною площею та скінченною шириною і таким чином не є природним представленням. Лінії мають зубчастий або ступінчастий вигляд. У векторній моделі точки та лінії мають нескінченно малу площу та ширину відповідно. Лінії виглядають не настільки згладжено. Растрові дані потребують великого місця для зберігання. Векторні дані потребують невеликого місця для зберігання. Тематичні карти, підготовлені з даних дистанційного зондування, доступні в растровій формі та часто обробляються як такі. Багато гідрологічних моделей використовують обидва представлення. Наприклад, тематичні карти змінних водозбору та гідрометеорологічних вимірювань готуються в растровій формі. Мережа потоків обробляється у векторній формі тощо. У растровій формі значення багатьох змінних водозбору залежить від масштабу.

Наприклад, середній нахил водозбору зменшується зі збільшенням розміру растрової сітки. Таким чином, результати некаліброваних

гідрологічних моделей відрізнятимуться за різних розмірів растрової сітки, що використовуються для визначення параметрів.

У більшості ГІС представлення співіснують. Наприклад, краще отримувати просторові дані зі звичайних тематичних карт шляхом візуальної інтерпретації даних дистанційного зондування тощо у векторній формі. Тематичні карти з цифрової обробки супутникових даних можна отримати в растровій формі. Дані можна перетворювати одна в одну за потреби.

Метод представлення векторних даних називається топологією. Лінія складається з двох вузлів та однієї або кількох вершин. Вузли є кінцевими точками лінії. Лінії також мають напрямки. Таким чином, вузли називаються «від вузла» та «до вузла» залежно від напрямку лінії. Області представлені «лівою областю» та «правою областю» кожної лінії.

Існує багато поширених форматів для зображень, растрових та векторних даних GIS. Щоб використовувати ці дані в ГІС їх необхідно імпортувати. Формати файлів зображень можуть мати або не мати проєктовану систему координат.

Приклади форматів файлів зображень: GIF, TIFF, JPEG, PNG, NTF, e00, Shape, Img, TIGER, DLG, BSQ/BIL та VIP:

- Топографічні дані про висоту в ГІС називаються DEM. Вони представлені в ГІС різними способами, а саме: контурами, растром, TIN (триангульованою нерегулярною мережею).

Географічні дані зберігаються в ГІС у рідному форматі ГІС. Для одних даних створюється багато комп'ютерних файлів. Ці файли копіюються, перейменовуються, видаляються в ГІС. Ці операції також можна виконувати поза ГІС. Атрибутивні дані зберігаються в СУБД. Атрибутивні дані керуються в ГІС або в програмному забезпечення СУБД.

Аналіз даних включає операції з географічними даними та їх атрибутами для отримання похідної інформації, генерації запитів, статистики тощо. Статистика: Статистика, наприклад, кількість, довжина, площа, периметр, форма, центроїд, діаграма троянди тощо, географічних об'єктів може бути

отримана в ГІС. Для безперервних поверхонь виводяться середнє значення, стандартне відхилення, максимум, мінімум тощо. Операція підсумовування створює зональну статистику для карти. Наприклад, може бути створена статистика землекористування для водозборів у басейні.

Математичні операції: Математичні операції, наприклад, додавання, віднімання, множення, ділення, експонента, логарифм, абсолютне значення, усічення, округлення, від'ємне значення, тригонометричні операції можуть виконуватися в ГІС. Наприклад, різні компоненти карти в USLE, а саме R, K, L, S, C та P, можна підготувати та помножити за допомогою операції множення. Ця операція помножить ці коефіцієнти для всіх комірок та надасть довгострокову середньорічну ерозію ґрунту для кожної комірки.

Перекласифікація: Інформація про географічний об'єкт змінюється під час перекласифікації. Наприклад, карту ґрунтових серій можна змінити на карту рН ґрунту.

Класифікація: Класифікація перетворює значення в інтервали. Для операції вводиться безперервна поверхня, а карта площі виводиться. На вихідній карті площі ізолінії, тобто лінії з рівними значеннями, обмежують площу. Прикладами різних ізоліній є контури, ізобати, ізогієти, ізотерми, ізобари тощо, які представляють топографічну висоту, рівень ґрунтових вод, кількість опадів, температуру, тиск тощо.

Відстань: Оцінюється відстань від географічного об'єкта. Діагональні відстані майже в 1,4 рази більші за горизонтальні та вертикальні відстані.

Пошук/буфер: Операція подібна до відстані, за винятком того, що на заданій відстані створюється географічний об'єкт площі.

Сусідство: Витягується інформація про вісім сусідів, їх розташування та статистика, наприклад, середнє значення, мода, медіана, переважання, мінімум, максимум, стандартне відхилення, коефіцієнт варіації тощо.

Агрегат: Розмір комірок растрових карт можна змінювати в частках половини, однієї чверті тощо, використовуючи функції, наприклад, середнє, переважне, мінімум та максимум.

Запит: Запит виконується за атрибутами або геометрією. У запиті за атрибутом логічний вираз записується в атрибути та отримується результат.

Вихідні карти можуть містити різні картографічні елементи, а саме назву, легенду, сітки, стрілку півночі, масштаб, анотації, примітки тощо. В одному виході може бути включено більше одного шару ГІС, окрім картографічних елементів. Під час збереження дизайну він містить лише посилання на шари. Таким чином, якщо шар змінено та розроблену вихідну карту відкрито пізніше, зміни відображаються у виході.

Існує багато програмного забезпечення ГІС, доступного як у відкритому доступі (безкоштовно), так і як комерційне програмне забезпечення. Прикладами програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом є GRASS, OSSIM, QGIS, ILWIS (з 1 липня 2007 року) тощо. Комерційним програмним забезпеченням є ArcGIS Pro, Map Info, ERDAS Imagine, Geomatica тощо. Серед них ArcGIS Pro – це високоякісне програмне забезпечення.

Кілька програм, наприклад, R2V, Surfer тощо, мають специфічні функції ГІС. R2V – корисне програмне забезпечення для введення даних зі сканованих зображень. Відскановані зображення перетворюються у векторний формат за допомогою цього програмного забезпечення. Surfer має багато функцій ГІС, наприклад, інтерполяцію, контурування, виведення, тривимірну візуалізацію тощо. Він широко використовується як інтерфейс просторових даних для програмного забезпечення для моделювання підземних вод Modflow. Деякі з основних ГІС-програм описані нижче:

- ILWIS (Інтегрована система інформації про землю та воду). Програмне забезпечення має можливості обробки зображень та ГІС. Воно має мову сценаріїв. Середовище розробки програм/інтерфейсів недоступне. Воно підтримує растровий формат та обмежену підтримку векторного формату. Деякі з доступних функцій: топологічна оцифрування, полігонізація, перетворення растру у вектор (полігон), перетворення проекцій (як водних, так і векторних), гідрологічна обробка DEM тощо.

- GRASS (Система підтримки аналізу географічних ресурсів). Це модульна система, розроблена USA-CERL (Дослідницька лабораторія будівництва армії США). З 1999 року вона доступна за ліцензією GNU GPL як програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом. Вона має багато можливостей, описаних вище для ILWIS. Для програмного забезпечення були розроблені інтерфейси для гідрологічних моделей. Вона має інтерфейс з програмним забезпеченням QGIS для введення даних. Вона розроблена в середовищі cygwin/X-window під MS Windows.

- OSSIM (Програмне забезпечення з відкритим вихідним кодом Image Map). Вона має можливості обробки зображень, ГІС, фотограмметричні можливості. Вона була профінансована кількома урядовими установами США. Програма була розроблена на C++ з графічним інтерфейсом та утилітами командного рядка.

- QGIS – це ГІС з відкритим вихідним кодом, яка підтримує кілька векторних, растрових та форматів баз даних, наприклад, shape, geotiff тощо. ГІС має можливості візуалізації, управління, редагування, аналізу даних та створення карт для друку. Поточна версія – Enceladus 1.4.0. Для редагування топологічних даних доступне редагування лінійних та полігональних даних.

- ArcGIS Pro. Програмне забезпечення ArcGIS Pro розроблено ESRI та є модульним, високоякісним комерційним програмним забезпеченням. Програми/інтерфейси можна розробляти за допомогою наданих програмних об'єктів. Різні мови програмування, наприклад, Visual Basic, платформа .Net тощо, можуть використовуватися для розробки цих програм. Для гідрологічного програмного забезпечення кілька розширень розроблено третіми сторонами та доступні від них. Це спрощує створення шарів даних для гідрологічного програмного забезпечення.

- Map Info — це векторна ГІС, яка підходить для проектів, де потрібно маніпулювати атрибутивними даними.

Геоінформаційні системи (ГІС) стали незамінним інструментом для сучасного аналізу просторових даних завдяки своїй здатності інтегрувати

величезні обсяги інформації з різних джерел, здійснювати складний просторовий аналіз і візуалізувати результати у зрозумілий і доступний формат. Ці системи дозволяють здійснювати глибокий аналіз просторових і атрибутивних даних, що є критично важливим для прийняття рішень у численних галузях, від геології до урбаністики. Завдяки широкому спектру можливостей, принципи побудови ГІС формують основу для вирішення складних завдань в різних сферах діяльності, включаючи геологію, екологію, міське планування, сільське господарство, транспорт, природокористування та багато інших [4].

Технології швидко розвиваються, і геоінформаційні системи не є винятком. У майбутньому ГІС будуть інтегруватися з іншими системами, такими як системи моніторингу або інтернет речей, що дозволить отримувати дані в реальному часі. Також, велику роль в їх розвитку відіграватимуть технології штучного інтелекту, які допоможуть автоматизувати аналіз даних і зробити системи ще більш потужними.

1.2. Національна інфраструктура геопросторових даних.

У сучасному світі геоінформація є важливим елементом державного управління та цінним ресурсом для суспільства. Вона є основним фактором для забезпечення сталого розвитку країни та її інтеграції у глобальний інформаційний простір.

Геопросторові дані формуються в цифровому форматі завдяки сучасним технологіям супутникового моніторингу, дистанційного зондування Землі та цифровому картографуванню. Вони є основою для розвитку геоінформаційних технологій в таких сферах, як кадастр, моніторинг, навігація, транспорт, геологорозвідка, агропромисловість, оборона тощо.

Зважаючи на швидке зростання обсягів та цінності геопросторових даних, більшість країн почали впроваджувати національні програми для створення інфраструктури геопросторових даних. Ці програми охоплюють всі етапи, від

збору даних до їх використання для прийняття управлінських рішень, зокрема із застосуванням даних, отриманих за допомогою квадрокоптерів.

Національна база геопросторових даних України повинна забезпечити потреби суспільства у геоінформації, а також підвищити ефективність використання цих даних в економічній, соціальній, екологічній, оборонній та науковій сферах. Вона сприяє інтеграції нашої держави у світову систему геопросторових даних.

Розвиток національної інфраструктури геопросторових даних включає чітке визначення пріоритетів, принципів та напрямків державної політики в цій галузі, а також формування механізмів взаємодії між органами державної влади, місцевим самоврядуванням та приватними підприємствами. Це також впливає на розвиток ринку геоінформаційних послуг і продуктів.

В Україні вже реалізуються проекти по створенню геоінформаційних систем на різних рівнях управління, що дозволяє збільшити обсяги геопросторових даних та забезпечити більш ефективно їх використання. Україна активно бере участь у міжнародних проектах з глобального картографування та має високий науково-технічний потенціал для створення геопросторових даних з використанням сучасних технологій.

Проте є кілька проблем, що перешкоджають ефективному використанню геоінформаційних ресурсів. Серед них – відсутність належної координації між організаціями, значне дублювання робіт та обмежений доступ до даних, що ускладнює їх інтеграцію. Потрібно розробити національні стандарти для геоінформаційної продукції та покращити законодавство в сфері геодезії, картографії та геоінформаційних технологій.

Основною метою створення національної інфраструктури геопросторових даних є забезпечення сталого розвитку суспільства за допомогою точних, доступних та актуальних географічних даних. Для цього необхідно удосконалити організаційне та правове забезпечення геоінформаційної діяльності, а також створити механізми для інтеграції геопросторових даних з міжнародними стандартами.

Серед основних завдань для розвитку інфраструктури можна виділити:

1. Вдосконалення нормативно-правового забезпечення геоінформаційної діяльності в Україні, зокрема прийняття Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних».
2. Створення міжвідомчого координаційного органу, що буде відповідати за формування та розвиток інфраструктури.
3. Модернізація системи виробництва геопросторових даних із застосуванням цифрових та супутникових технологій.
4. Забезпечення постійного оновлення баз геопросторових даних на всіх рівнях управління.

Розвиток цієї інфраструктури дозволить створити доступні геопросторові дані для усіх користувачів, сприятиме інтеграції України у глобальні геопросторові мережі та забезпечить високий рівень доступу до важливої інформації для органів державного управління та громадян [5].

Національна база геопросторових даних є важливою складовою частиною загальної інформаційної інфраструктури України. Вона підпадає під дію законодавчих актів, технічних регламентів і нормативно-правових документів, які регулюють створення та використання інформаційних ресурсів держави. Ці документи забезпечують правову основу для функціонування геопросторових даних в рамках національної інформаційної інфраструктури.

Інфраструктура геопросторових даних включає в себе інформаційне середовище, сучасні засоби зв'язку і телекомунікацій, а також програмне і технічне забезпечення, що розвивалися в процесі формування Національної інформаційної інфраструктури України. Це середовище має забезпечити ефективне використання та доступ до геопросторових даних для державних органів і інших користувачів.

На формування національних інформаційних ресурсів в частині геоінформаційного забезпечення державних структур, а також для доступу та використання геопросторових даних впливають прийняті нормативно-правові

акти, технічні регламенти та стандарти, які є складовими частинами створення інфраструктури геопросторових даних.

Національна система геопросторових даних включає в себе уніфіковані регіональні, галузеві та міжгалузеві інформаційні системи, засновані на геоінформаційних технологіях. Вони використовують єдину цифрову топографічну та геодезичну основу (базові геопросторові дані) та спільні технічні регламенти, стандарти і класифікатори для обробки даних.

Основні елементи інфраструктури геопросторових даних включають:

- нормативно-правову та інституційну базу;
- базові набори геопросторових даних;
- профільні набори даних, що належать до різних сфер діяльності;
- метадані та каталоги метаданих, що забезпечують пошук і доступ до геопросторових даних;
- технічні стандарти і регламенти для геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів;
- технологічні засоби для формування, оновлення і розповсюдження геопросторових даних, включаючи WEB-картографування.

Базовий набір геопросторових даних є основою геоінформаційних ресурсів, які забезпечують інтеграцію та узгодження всіх геопросторових і негеопросторових даних (наприклад, атрибутивних та тематичних) в рамках єдиного геоінформаційного середовища.

Ці дані формуються на рівнях держави, регіонів та місцевих адміністрацій. Склад таких базових наборів визначається відповідними законодавчими актами України. Державні органи на регіональному та місцевому рівнях мають право розширювати ці набори для задоволення потреб своїх адміністративно-територіальних одиниць.

До базового набору геопросторових даних включаються ресурси, які відповідають хоча б одному з таких критеріїв: підходять для інтеграції в інформаційні системи; забезпечують точне просторове та атрибутивне коригування тематичних даних і просторових об'єктів; мають високу

стабільність до змін у часі та просторі; сприяють зменшенню обсягу атрибутивних даних для тривалого зберігання і знижують витрати на їх введення та оновлення.

Типовий базовий набір геопросторових даних включає: топографічну основу, кадастрові відомості про нерухоме майно, реєстр вулиць і адрес населених пунктів, а також аерофотознімки і космічні зображення. Ці дані повинні бути доступні для загального використання в глобальних інформаційних мережах усіма зацікавленими сторонами, такими як організації та громадяни.

Базові геопросторові дані є обов'язковими для використання органами державної влади, місцевого самоврядування та іншими організаціями, що беруть участь у створенні і використанні цих даних. Вони формуються і фінансуються за рахунок державних або місцевих бюджетів.

Ці дані є відкритими державними або комунальними ресурсами і надаються для використання відповідно до умов, визначених чинними нормативно-правовими актами України. Умови доступу та вартість їх надання повинні сприяти активному використанню геопросторових даних.

Процес створення бази геопросторових даних має бути послідовним, забезпечуючи перехід від використання цифрових карт як основи для опису території до застосування стандартизованих базових наборів даних у цифровому форматі.

До профільних наборів геопросторових даних належать всі типи географічної інформації, що створюються на основі базових наборів даних та відповідають вимогам стандартів географічних мереж і метаданих, розміщених в інфраструктурі з дотриманням принципів доступу та використання геоінформаційних ресурсів. Ці набори можуть створюватися як органами державної влади і місцевого самоврядування, так і підприємствами та громадянами.

Черговість створення профільних наборів геопросторових даних визначається, враховуючи нагальні потреби суспільства, державних і місцевих

органів для забезпечення сталого розвитку, раціонального використання природних ресурсів і захисту навколишнього середовища. Склад базових та профільних наборів даних повинен бути узгоджений із вимогами Європейської інфраструктури геопросторових даних (INSPIRE).

До профільних наборів геопросторових даних відносяться такі елементи, як каталоги геодезичних координат, картки-прив'язки для реперів і триангуляційних точок, пункти міської полігонометрії, межові знаки та кадастрові маркери.

Метадані представляють собою упорядковані набори спеціалізованих даних, що описують структуру та властивості елементів географічної інформації, яка зберігається та доступна в цифровому форматі. Вони є обов'язковим елементом для створення ринку геопросторових даних і забезпечення стабільного функціонування інфраструктури геопросторових даних. Організація процесу формування, зберігання та надання доступу до метаданих визначена як державне завдання.

Робота з базами та каталогами метаданих, а також їх розміщення в глобальних інформаційних мережах здійснюється спеціалізованими центрами, що відповідають за формування базових наборів геопросторових даних на різних рівнях: загальнодержавному, регіональному та місцевому.

Для забезпечення сумісності компонентів інфраструктури важливо створити та дотримуватись єдиної системи національних стандартів і технічних регламентів у сфері створення, зберігання, обміну та використання геопросторових даних. З 2006 року за ініціативою Мінприроди та затвердженням Держспоживстандарту було розроблено узгоджену програму гармонізації міжнародних стандартів ISO 19100 з українськими нормативами в сфері геоінформаційної діяльності, що стало основою нормативно-технічного забезпечення для УкрНІГД.

Ці стандарти повинні бути гармонізовані з міжнародними вимогами, зокрема щодо каталогів наборів геопросторових даних і метаданих, формату

обміну та опису цифрових даних, стандартів якості та процедури оцінки відповідності геопросторових даних.

Удосконалення організаційного та правового забезпечення є ключовим аспектом для розвитку інфраструктури геопросторових даних в Україні. Зокрема, необхідно реалізувати наступні напрямки:

Створення міжвідомчого органу для координації процесу розвитку національної інфраструктури геопросторових даних.

Розробка та прийняття національної програми щодо розвитку геопросторових даних.

Прийняття відповідних законів, зокрема Закону «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», який зніме існуючі обмеження на використання геодезичних і картографічних матеріалів.

Внесення змін у національне законодавство для регулювання використання геопросторових даних у різних сферах.

Розробка технічних регламентів для створення, зберігання та використання базових геопросторових даних.

Організаційно, інфраструктура геопросторових даних має включати мережу геоінформаційних центрів, спеціалізованих підприємств та підрозділів, які займаються виробництвом і використанням географічної інформації на всіх рівнях державного управління та місцевого самоврядування. Ця мережа повинна покривати основні галузі економіки та інші сфери діяльності, де геоінформаційні ресурси використовуються.

Для забезпечення геопросторовими даними діяльності органів влади, місцевого самоврядування та інших організацій можуть бути створені і розвиватися спеціалізовані інфраструктури геопросторових даних, які функціонуватимуть за територіальними (регіональними, міськими, районними) або галузевими (кадастрові, екологічні, транспортні) ознаками.

Ці інфраструктури повинні бути інтегровані у загальну систему Національної інфраструктури геопросторових даних і повинні відповідати технічним регламентам і вимогам щодо створення, обміну і використання

геопросторових даних, а також гарантувати якість і справедливу цінову політику на ці послуги.

Програмно-технологічний комплекс інфраструктури геопросторових даних має бути розроблений на основі загальної інфраструктури обміну даними в глобальних інформаційних мережах, як це передбачено в програмі «Електронна Україна» та Національній програмі інформатизації.

Для ефективного функціонування цієї інфраструктури необхідно створити:

Систему серверів для базових і профільних наборів геопросторових даних, які будуть формуватися, підтримуватись і оновлюватись уповноваженими центрами на всіх рівнях.

Систему метаданих, яка дозволить користувачам знаходити геопросторові дані, їх постачальників і виробників.

Мережу геоінформаційних порталів, які надаватимуть геоінформаційну продукцію у цифровому форматі для широкого кола користувачів, зокрема електронні атласи та ресурси системи «е-урядування», що забезпечуватимуть доступ до даних про навколишнє середовище, ринок нерухомості, транспорт тощо [6].

1.3 Основні функції та переваги ГІС при аналізі геолого-геофізичних даних.

Сучасні геологорозвідувальні дослідження вимагають обробки великих обсягів даних, що робить цифрові технології невід'ємною частиною галузі. Цифровізація в геології включає використання штучного інтелекту, машинного навчання, геоінформаційних систем (ГІС), цифрових двійників та хмарних технологій для підвищення точності прогнозів та оптимізації геологорозвідувальних робіт. Геологія, як наука про будову, склад та еволюцію Землі, традиційно ґрунтувалася на польових дослідженнях та лабораторному аналізі. В останні десятиліття цифрові технології дозволили значно прискорити

та автоматизувати процеси обробки даних, що відкрило нові можливості для галузі.

У нафтогазовій промисловості вже давно існують занепокоєння щодо величезної кількості даних, що генеруються під час розвідки, видобутку та розробки вуглеводневих ресурсів. Розвідка нафти залежить від виявлення будівельних аномалій, що стало можливим за допомогою геологічних карт та діаграм, отриманих за допомогою геофізичних та геохімічних методів. Залучення геоінформаційних систем значно підвищило ефективність і продуктивність розвідки в останні роки та було корисним для створення, видобутку та управління вуглеводневими ресурсами [7].

Протягом останніх десятиліть ГІС динамічно представлений в науковій галузі геології та геофізиці. Дані дистанційного зондування поєднуються з геологічними базами даних для забезпечення актуальної геоінформації. За допомогою ГІС можна не лише інтегрувати різноманітні типи даних, а й здійснювати просторовий аналіз, що дозволяє краще розуміти геодинамічні процеси, прогнозувати зміни в природному середовищі та ефективно планувати діяльність, спрямовану на збереження ресурсів.

Також ГІС набули значного розвитку, ставши невід'ємною частиною наукових досліджень у геології та геофізиці. Одним із найбільш важливих аспектів цього процесу є використання даних дистанційного зондування Землі, які можуть бути ефективно інтегровані з геологічними базами даних для забезпечення своєчасної та точної геоінформації. Наприклад, супутникові зображення високої роздільної здатності дозволяють проводити моніторинг змін на земній поверхні, таких як зміщення тектонічних плит, зміна рівня води в озерах або просідання ґрунтів. Вони також застосовуються для вивчення вивержень вулканів, рухів ґрунтів або пошкоджень, викликаних землетрусами, даючи змогу отримувати актуальні дані в реальному часі.

Сьогодні реалізація цього бачення відіграє важливу роль в інтеграції різноманітних багатомасштабних, багатодисциплінарних просторових даних – від геологічних зразків гірських порід до багатоспектральних супутникових

знімків – для використання у вирішенні складних геологічних, геофізичних, геотехнічних та екологічних проблем. Детальні знання геології поверхні та приповерхні території є ключем до кращого розуміння геотехнічних, геофізичних та геологічних робіт. Усі три дисципліни залежать від достовірної інформації про поверхню, і кожна дисципліна надає іншим життєво важливу інформацію про приповерхню. ГІС забезпечує інтеграцію та доступ до даних для поглибленого аналізу.

Дані геоінформаційних систем можуть бути об'єднані в єдиний аналіз, включаючи тип ґрунту, землекористування, геологію поверхні, структуру, топографічну цифрову модель рельєфу (DEM), супутникові знімки, дані про дороги та культурні дані. За допомогою ГІС ці дані швидко поєднуються з власними даними зі свердловинних кернів, даними сейсмічних досліджень, інженерними спорудами та інфраструктурою.

З 1990 року галузеві ініціативи спрямовані на покращення обміну даними та їх якості. Значні досягнення були досягнуті завдяки ГІС-системам. Дані тепер геопросторово прив'язані до міжнародної системи координат та проекції – векторні та графічні дані можна легко миттєво перепроєктувати на будь-яку задану систему координат та проекцію. Метадані точно пояснюють роздільну здатність, точність та намір збирача даних [8].

Аналіз геолого-геофізичних даних завдяки ГІС дозволяє:

- Візуалізувати геологічні дані у вигляді карт та 3D-моделей.
- Інтегрувати дані геологорозвідки з різними просторовими характеристиками.
- Оптимізувати маршрути геологорозвідувальних експедицій.
- Цифрові двійники родовищ
- Створення віртуальних моделей родовищ допомагає:
- Планувати видобутку з високою точністю.
- Оптимізувати вилучення корисних копалин.
- Знижувати ризики завдяки симуляції різних сценаріїв розробки.
- Дистанційне зондування Землі

Супутникові та дроніві зйомки використовувати для:

- Виявлення геологічних структур та аномалій.
- Моніторинг стану рудників і кар'єрів.
- Визначення потенційно перспективних територій геологорозвідки.
- Хмарні технології та великі дані

Цифровізація в геології відкриває нові горизонти, підвищуючи ефективність досліджень, знижуючи витрати та покращуючи прогнозування родовищ. Впровадження штучного інтелекту, ГІС, цифрових двійників та хмарних технологій дозволяє значно просунути галузь у бік точності, автоматизації та сталого розвитку.

У геології ГІС стали невід'ємною частиною для картографування різних геологічних утворень, моделювання родовищ корисних копалин, а також для оцінки екологічних ризиків. Наприклад, з використанням ГІС можна створювати точні карти геологічних відкладів, які допомагають визначати місця потенційних видобувних ділянок. Також ГІС дозволяють аналізувати взаємодію між різними геологічними процесами, такими як ерозія, підтоплення чи зсуви ґрунтів, і виявляти райони з високим рівнем ризику для розвитку інфраструктури або людської діяльності.

У геофізиці застосування ГІС допомагає в інтеграції та обробці величезних обсягів даних, отриманих із різних джерел, таких як сейсмічні, магнітні та гравітаційні дослідження. Наприклад, ГІС дозволяють відображати результати сейсмічних досліджень, які використовуються для вивчення підземних структур, таких як сейсмічні активні зони чи резервуари підземних вод. Завдяки інтеграції даних з різних датчиків, дослідники можуть отримувати більш точну картину підповерхневих характеристик і прогнозувати геофізичні процеси, що можуть впливати на будівельну діяльність чи екологічні умови.

«Bahrain Petroleum Company» у 2012 році створили геобазу даних «GIS Tatweer» та використали програмне забезпечення ArcGIS для оптимізації даних щодо нафтового родовища Бахрейну. Вони надали дані щодо нафтових свердловин, трубопроводів, під'їзних шляхів, доступні документи, фінансові

дані, топографію поверхні, підземні карти та інші фізичні об'єкти, пов'язані з нафтовими родовищами, для одночасного доступу та пришвидшеного надання інформації та звітів з даними. Зрештою, вони дійшли висновку, що геобазу даних у ГІС значною мірою дозволяє користувачам моделювати ресурси, взаємозв'язки, процеси, закономірності та ризики. Венесуельська нафтова компанія володіє найбільшими запасами вуглеводнів в Америці, яка використовує ГІС для візуалізації наземних об'єктів в через супутникові знімки. Система була розроблена в галузі розвідки, буріння та транспортування та включає інформаційні шари свердловин, сейсмічних ліній тощо. Вони дійшли висновку, що інтеграція картографічних даних з іншими існуючими шарами інформації, такими як геологія та геофізика, може збільшити швидкість прийняття рішень.

Таким чином, розвиток ГІС у геології та геофізиці та в загальному в нафтогазовій промисловості відкриває нові горизонти для інтеграції даних, аналізу просторових процесів і прийняття обґрунтованих рішень, що дозволяє значно покращити точність досліджень і знизити ризики при виконанні різних інженерних і природоохоронних заходів. Важливим є і застосування цієї технології в реальному часі, коли інформація з різних джерел обробляється миттєво і дозволяє оперативно реагувати на зміни, що відбуваються в геологічному та геофізичному середовищі [9].

РОЗДІЛ 2 ЗАГАЛЬНА ВИВЧЕНІСТЬ ТЕРИТОРІЇ

2.1. Фізико-географічне положення та природні умови району робіт.

Облазницька нафтогазова ділянка розташована в межах Стрийського району Львівської області України. В 10 км на північний схід від родовища знаходиться місто Стрий. Адміністративно площа розташована на землях Гніздичівської ОТГ Стрийського району і Журавненської ОТГ Стрийського району (Рисунок 2.1 Схема розташування Облазницької нафтогазової ділянки Рисунок 2.1).

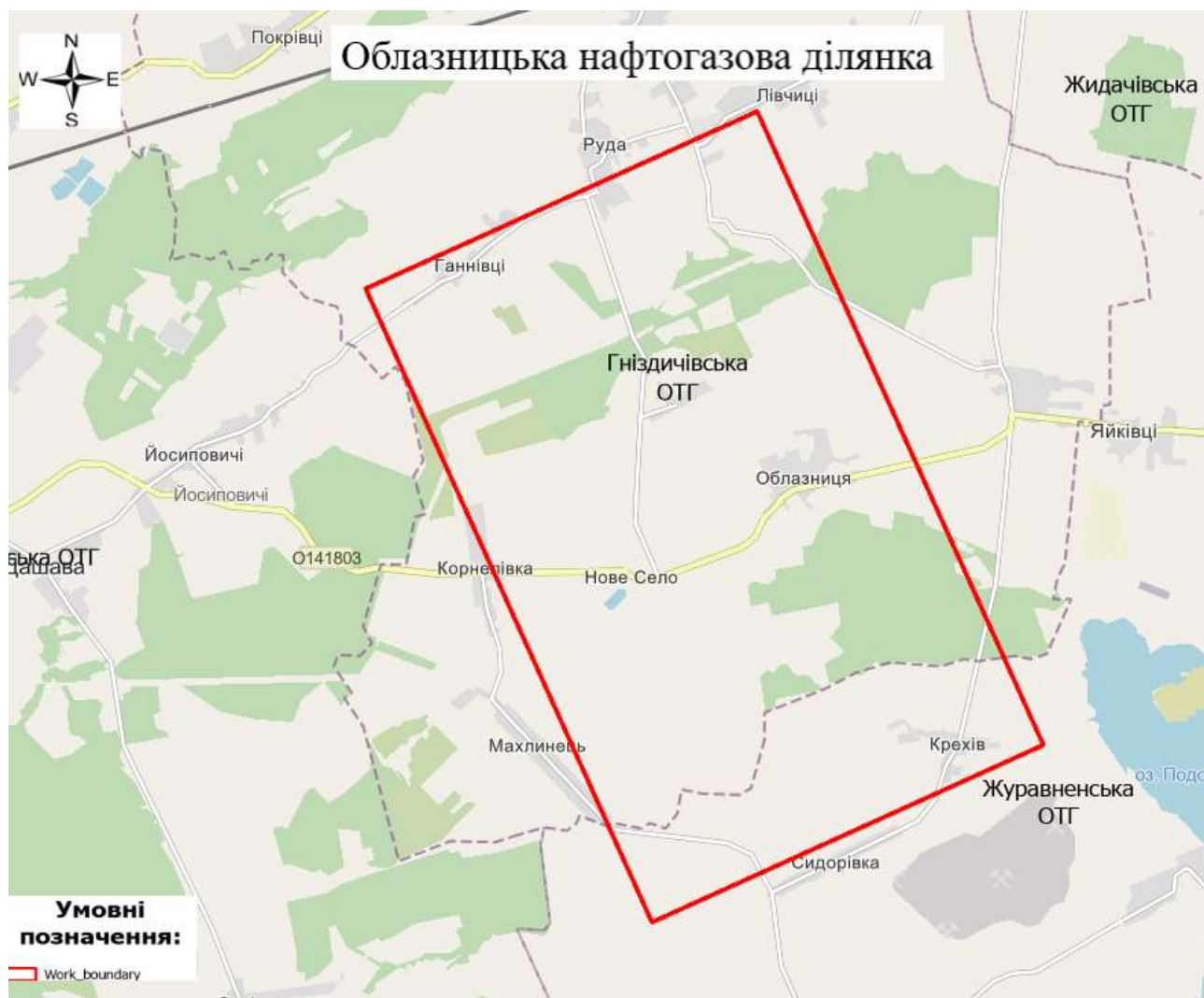


Рисунок 2.1 Схема розташування Облазницької нафтогазової ділянки

В геологічному відношенні знаходиться в межах Мостище-Крехівської площі. В геологічній будові беруть участь відклади палеозою, мезозою та кайнозою. Карбонатотеригенні відклади палеозою та мезозою (юрської та крейдової систем) виповнюють розріз платформенної основи Передкарпатського прогину, а кайнозойські відклади утворюють неогеновий моласовий чохол.

В геоморфологічному відношенні ділянка робіт знаходиться на Сансько-Дністровській моренно-флювіогляціальній рівнині. Рельєф місцевості рівний, розчленований гідрографічною сіткою ріки Стрий з притоками Бережниця, Жилава, Куна, Тейсарівка, абсолютні відмітки від 250 м до 275 м. Площа робіт залісена в незначній мірі, лісистість досягає 10%. Ліси густі, змішані (дуб, граб, сосна, вільха) чергуються з ділянками молодих насаджень. Діаметр стовбура дерева 12-23 см. Решта території зайнята населеними пунктами, сільськогосподарськими угіддями.

В цілому район робіт густонаселений. Безпосередньо на площі та поблизу неї розміщені села Нове Село, Облазниця, Воля-Облазницька, Ганівці, Руда, Крехів, Сидорівка, Махлинець і Корнелівка. Між населеними пунктами шляхи сполучення, в основному, в доброму стані і труднощів при транспортуванні та переїздах не створюють (Рисунок 2.2 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**).



Рисунок 2.2 Шляхи сполучення між населеними пунктами

Оскільки Облазницька нафтогазова площа знаходиться саме в Стрийському районі Львівської області для визначення кліматичних умов найбільш об'єктивним джерелом є дані метеостанції, яка працює в самому Стрию. Відомо, що в Україні метеорологічні дані часто збираються на основі мережі автоматизованих метеорологічних станцій, які ведуть спостереження за температурою, вологістю, опадами, швидкістю вітру та іншими кліматичними показниками.

Метеостанція, яка розташована в самому місті Стрий, є основним джерелом даних для оцінки кліматичних умов цього регіону. Вона надає статистику та спостереження, що відстежує всі зміни погоди та коливання клімату в межах Стрийського району.

Клімат Стрийського району є помірно-континентальним, що характерно для більшої частини Західної України. Це означає, що тут спостерігаються чітко виражені сезони, з холодними зимами та теплими літами. Кліматичні умови, однак, змінюються в залежності від рельєфу, оскільки Стрий розташований у передгір'ї Карпат, що додає певних місцевих варіацій.

Максимальний показник середньомісячної температури становить 17,6 °C (Рисунок 2.3).

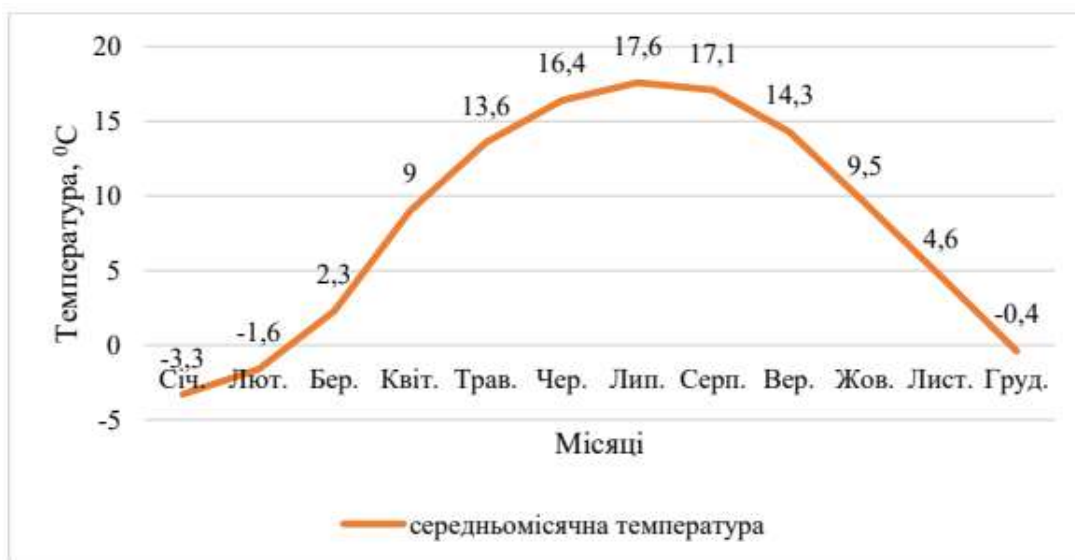


Рисунок 2.3 Середньомісячні максимальні показники температури повітря за даними пункту спостережень у м. Стрий

Середній річний показник опадів за даними спостережень у м. Стрий становить 757 мм/рік.

Середня місячна і максимальна кількості опадів (мм) за даними пункту спостережень у м. Стрий відображено нижче (Рис.2.4 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**).

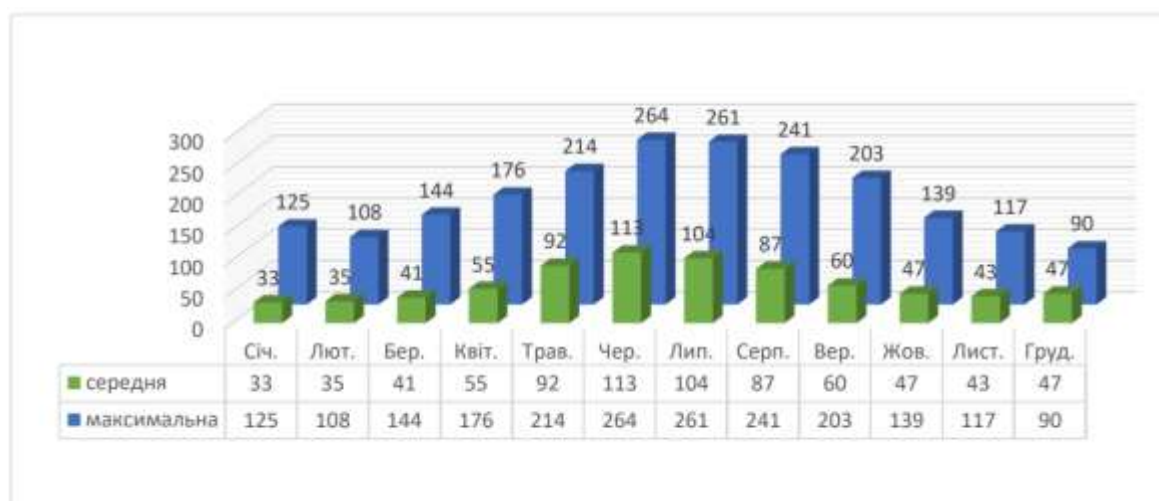


Рис.2.4 Середня місячна і максимальна кількості опадів (мм) за даними пункту спостережень у м. Стрий

На основі наведених даних (Рисунок 2.5) можна зробити висновок щодо коливань середньої та максимальної швидкості вітру протягом року. У перші місяці року (січень-лютий) середня швидкість вітру залишається досить високою — 3,1 м/с у січні, з поступовим зниженням до 2,8 м/с у лютому. Максимальні значення швидкості вітру в ці місяці досягають 40 м/с. Протягом весни та літа швидкість вітру трохи знижується, досягаючи мінімуму в серпні, коли середня швидкість становить 1,6 м/с, хоча максимальні значення все ще залишаються високими (28 м/с). Наприкінці осені (жовтень-грудень) середня швидкість вітру знову зростає до 2,9 м/с у листопаді та грудні, але максимальна швидкість вітру не перевищує 39 м/с. У підсумку, максимальні швидкості вітру протягом року значно коливаються, в той час як середня річна швидкість вітру становить 2,4 м/с.

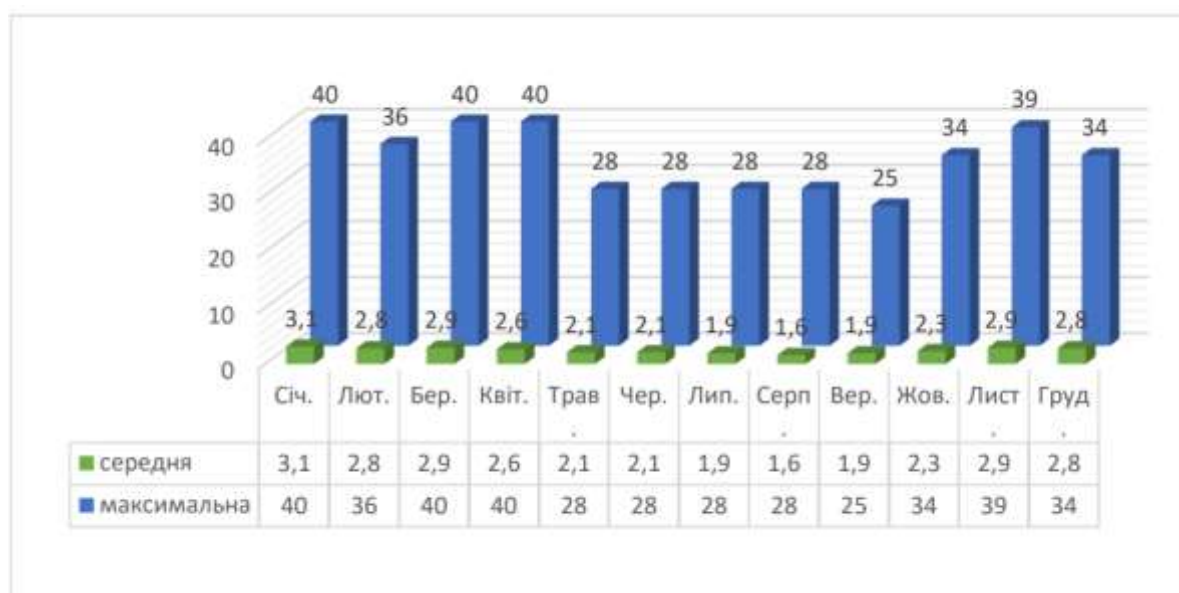


Рисунок 2.5 Середня та максимальна швидкість вітру по місяцях (м/с) за даними пункту спостережень у м. Стрий

Згідно з даними (Рисунок 2.6 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**), можна спостерігати, що в зимово-осінній період спостерігається більша кількість похмурих днів, тоді як в літні місяці сонячних днів більше. Це свідчить про характерні сезонні зміни, де зимовий період характеризується більшою хмарністю і меншим числом ясних днів, що може мати вплив на кліматичні умови і енергетичний баланс [10].

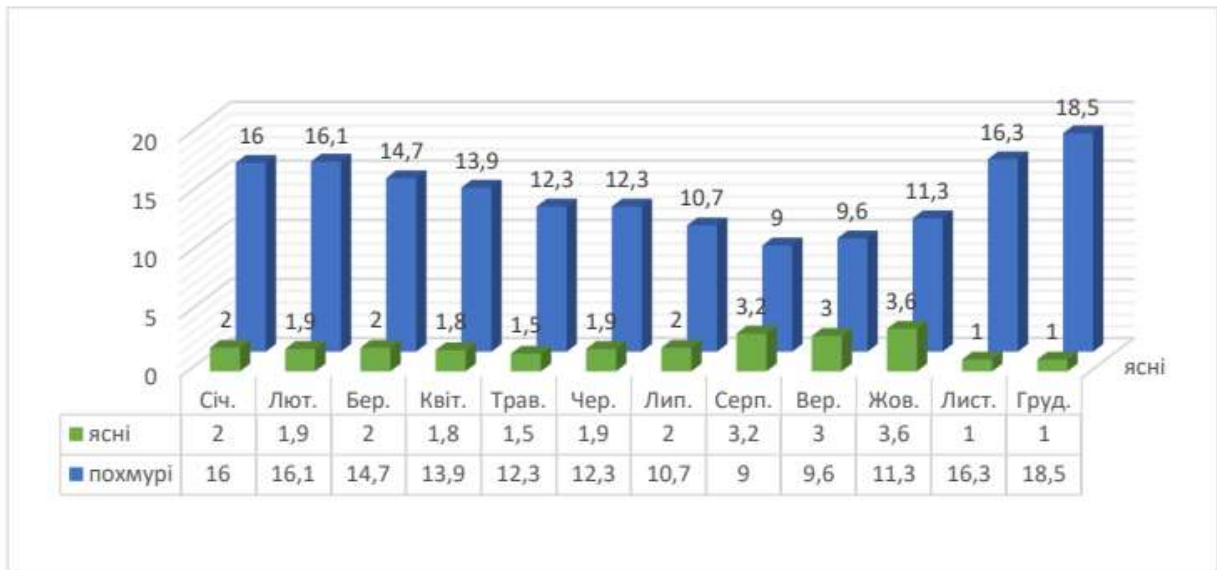


Рисунок 2.6 Число ясних і похмурих днів за загальною нижньою хмарністю за даними пункту спостережень у м. Стрий

За категорійністю площа робіт відноситься до III категорії трудності.

На досліджуваній ділянці присутня розчленованість рельєфу, територія є нерівною, з численними підвищеннями, низинами, ущелинами або іншими природними перешкодами. Такий рельєф ускладнює проведення геофізичних і геологічних досліджень, оскільки він вимагає додаткових зусиль для розташування техніки та обладнання, а також впливає на точність і якість вимірювань.

Лісистість території що знаходиться в нашому контурі виконання робіт додає додаткові труднощі через густі ліси, які ускладнюють доступ до певних ділянок. Лісові масиви можуть заблокувати шлях техніці або ускладнити проведення спостережень і вимірювань.

Заболоченість території робить її ще більш складною для проведення робіт. Болотисті місцевості можуть бути непрохідними для техніки, і це може ускладнити виконання точних вимірювань або проведення інженерних робіт. Крім того, болотисті ділянки можуть вимагати спеціалізованої техніки або додаткових зусиль для пересування та встановлення обладнання.

Також на ділянці є населені пункти. Вони можуть створювати труднощі в плані доступу до території, де потрібно проводити дослідження. Можливо,

потрібно буде здійснити координацію з місцевими органами для отримання дозволів на роботи або для забезпечення безпеки робітників. Також, наявність населення може обмежити доступ до деяких ділянок і вплинути на організацію роботи.

Сільськогосподарські угіддя є ще однією проблемою, оскільки це території, що активно використовуються для сільськогосподарських потреб. Робота на таких ділянках може завдати шкоди культурним рослинам, що потребує додаткових заходів для мінімізації негативного впливу. Крім того, сільськогосподарські угіддя часто мають обмежений доступ для техніки та важких машин, а також можуть вимагати спеціального обладнання для виконання робіт.

Загалом, ці фактори суттєво ускладнюють процес виконання геофізичних і геологічних робіт на території. Вони вимагають додаткових ресурсів, часу та специфічної техніки, щоб мінімізувати негативні наслідки для якості робіт і забезпечити належну точність та ефективність досліджень.

2.2 Історія геолого-геофізичного вивчення території

Площа робіт розташована в північно-західній частині Косівсько-Угерської підзони Більче-Волицької зони Передкарпатського прогину в смузі зчленування її з Розтоцькою зоною Західно-Європейської платформи. Вона межує з відомими родовищами газу: Більче-Волицьким (в сенонських і баден-сарматських відкладах) та Дашавським (в сарматських відкладах). Площа звітних робіт раніше вивчалась сейсмозвідкою на різних етапах її розвитку: від однократного профілювання 50-х років до сучасного багатократного МСГТ. Відповідно вдосконалювалась обробка інформації, що отримувалась, та методика і техніка інтерпретації результативних матеріалів. В структурно-тектонічному відношенні цю територію можна віднести до добре вивчених. Повторний вихід з роботами на дану площу, переважно деталізаційного

палеозойської основи і тектонічним блокуванням в зоні виділяють три підзони з південного заходу на північний схід: Крукеницьку (до Краковецького розлому), Косівсько-Угерську (обмежену з північного сходу Городоцьким, а з південного заходу Калуським розломами) і Станіславську (північно-східніше Косівсько-Угерської, на південний схід від Малої Горожанки).

Більче-Волицька зона представляється як багатоповерхова споруда з суттєвими відмінностями кожного структурного поверху. Виділяють рифейський, палеозойський, мезозойський і неогеновий структурні поверхи.

Рифейський комплекс представлений метаморфічними породами зелено-сланцевої формації.

Палеозойська група побудована утвореннями кембрійської, ордовицької та силурійської систем. На розмитій поверхні палеозойського комплексу залягають відклади мезозою.

Мезозойська група складена теригенними осадовими товщами нижнього і середнього відділу юрської системи, а також теригенно-карбонатними породами верхньої юри і крейди.

Неогенова система на північному заході Косівсько-Угерської підзони складена карпатієм, баденським і сарматським ярусами. Відклади неогену є типовими моласами.

Поверхня мезозойських відкладів сильно еродована і відіграє значну роль в сучасній структурі зони. Процеси древньої ерозії створили химерне розгалуження палеографічної сітки, ерозійні виступи і підняття, а тектонічні зміщення на фоні загального моноклінального занурення на південний захід утворили вздовж скидів і флексур лінійно витягнуті уступи і пов'язані з ними прискидові синклінали, які заповнені баденськими і сарматськими відкладами, в розрізі яких, таким чином, маємо виклинювання осадових комплексів. Різка зміна фаціального складу порід, виклинювання пластів і наявність систем ступінчастих скидів є сприятливими передумовами для утворення тектонічно-екранованих та літологічних пасток. Перспективність сарматських пісковиків підтверджують дані випробування свердловин: 507-Більче-Волиця (інтервал

876-831 м); 1, 8-Тейсарів (горизонти НД-4, 6, 9, 13, відклади карпатію) отримано припливи води з газом; 2-Стриганецька (НД-8, 9) – промислові припливи газу. Дані свердловини знаходяться безпосередньо на площі досліджень.

Геологами ДП «Науканафтогаз» виконано кореляцію розрізів свердловин Лопушна-4, яка знаходиться в південно-східній частині Косівсько-Угерської підзони і Верчани-1 з вивченням даних стратиграфічних та петрографічних досліджень керну в цих свердловинах. Доведено, і це дуже важливо, що над тріщинуватими вапняками нижнівської світи (верхня юра), які є продуктивними у свердловині Лопушна-4 існує добра покришка. Така ж добра покришка є і в свердловині Верчани-1 і під якою в керні були вапняки з запахом нафти. Геологами УкрДГРІ вважається, що тріщинуваті вапняки нижнівської світи на Лопушнянському родовищі відносяться до зарифової фації. Регіональне вивчення цих фацій показало, що південно-східніше свердловини Більче-Волиця-507 і в районі Лопушнянського нафтового родовища ці фації однакові.

При отриманні інформації на сейсмічних розрізах про внутрішню попластову будову донеогенової основи, в розрізі різких кутових неузгоджень пластів колекторів з неогеновим чохлам матимемо передумови для пошуків як стратиграфічно екранованих пасток, так і виділення біогермних тіл.

Розтоцька зона представляє консолідований блок байкалід, що нарощує Волино-Подільську окраїну Східно-Європейської платформи і вже з венду розвивалась з нею в одному режимі.

Облазницька ділянка характеризується складними сейсмогеологічними умовами як поверхневими, так і глибинними. Складність глибинних сейсмогеологічних умов обумовлена блоковою будовою з різною орієнтацією розділяючих порушень, наявністю різко диференційованої за морфологією ерозійної донеогенової поверхні, кутовим неузгодженням в заляганні осадових комплексів в розрізі.

Загальний характер тектоніки найбільш повно відображений на структурній карті гіпсоангідритово-донеогенової поверхні.

В північно-східному напрямку від лінії Калуського розлому простежується смуга розмиву припіднятого крила, а ще північно-східніше знову гіпсоангідритовий горизонт цього ж крила. На фоні моноклінального занурення цієї поверхні вирисовуються декілька палеодолин різної амплітуди. Найбільш рельєфна ерозійна долина, яка вже давно була відрисована за даними сейсморозвідки і структурного буріння (В.М. Утробін), знаходиться в районі свердловин Тейсарів-3, 6. Вона представлена двома руслами. В межах розмиву цього крила виділяються Гніздичівська та Рудавецька брахіантиклінальні складки. Північно-східніше Рудавецької складки виділяється північно-західна перикліналь Журавненської структури, закартованої за даними структурного буріння [11].

Північно-східне крило Гніздичівської складки ускладнене синклінальним прогином. Апікальна частина цієї складки обмежена ізогіпсою 150 м. Амплітуда її становить 60 м, площа 5,7 кв.км. Апікальна частина Рудавецької складки обмежена ізогіпсою мінус 50 м. Амплітуда її становить 150 м, площа – 3,3 кв.км.

Бережницька структура знаходиться в районі свердловин Дашава-65, 200. вона представлена у вигляді напівантиклінальної складки, з південного заходу обмеженої лінією зрізу горизонту НД-3 площиною Стебницького насуву, а з північного сходу – ізогіпсою мінус 75 м. Амплітуда її становить 50 м, площа – 5,9 кв.км. Апікальна частина цієї складки обмежена ізогіпсою 0, амплітуда її становить 50 м, а площа 2,9 кв.км.

Згідно даних літофацій і розміщення колекторів опарських відкладів верхньої юри північно-західної частини Більче-Волицької зони, складеної Т.С. Ізотовою, досліджувана площа знаходиться в межах зарифової фації. Зарифова фація представлена мілководними уламковими вапняками, серед котрих зустрічаються невеликі біогермі, а також відклади лагун (ангідрити, доломіти). За літературними даними біогерми складені різними вапняками,

органогенний матеріал представлений гідроїдами, коралами, водоростями. Місцями породи доломітизовані. Крім біогермних присутні також пелітоморфні псевдо оолітові різновидності вапняків.

Складність поверхневих та глибинних сейсмогеологічних умов призводить до виникнення численних і різних за походженням хвиль-завад, переважно дифрагованих від порушень та бокових, які суттєво ускладнюють процес обробки та інтерпретації отриманої інформації, знижують кондиційність результативних побудов [12].

РОЗДІЛ 3 ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ СУПРОВІД ГЕОЛОГО – ГЕОФІЗИЧНИХ РОБІТ: МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА СТРУКТУРА ФОРМУВАННЯ ЄДИНОЇ БАЗИ ГЕОДАНИХ

3.1 Опис предметної області

Ефективний геоінформаційний супровід геолого-геофізичних робіт передбачає створення єдиної, узгодженої та масштабованої бази геоданих, яка забезпечує зберігання, інтеграцію та просторовий аналіз різномірної інформації. У межах роботи сформовано концептуальну модель такої бази, що охоплює ключові категорії даних, характерні для геолого-геофізичних досліджень, а також визначає правила їх структурування, атрибутивного наповнення та топологічної організації.

Побудова структури бази геоданих ґрунтується на принципах цілісності, багат шаровості та логічної взаємозв'язаності даних. Це дозволяє впорядкувати інформацію про геологічні розрізи, геофізичні профілі, точки спостережень, результати польових вимірювань, картографічні підоснови та супутні матеріали таким чином, щоб забезпечити можливість комплексного аналізу та подальшого використання у виробничих і наукових цілях [13].

У цьому розділі подано структуру спроектованої бази геоданих, визначено типи просторових об'єктів і зв'язків між ними, обґрунтовано вибір формату зберігання та наведено логіку організації каталогів, класів об'єктів і атрибутивних таблиць. Окрему увагу приділено питанням стандартизації даних і забезпечення сумісності між різними джерелами та програмними середовищами (QGIS, ArcGIS Pro тощо).

Процес створення бази геопросторових даних (GIS) є важливим етапом для організації та управління інформацією, що пов'язана з геолого-геофізичними роботами. Ось загальний опис етапів цього процесу:

1. Визначення потреб : Спочатку слід з'ясувати цілі та область використання майбутньої бази даних. Необхідно визначити, які саме типи геопросторових даних будуть використовуватись — це можуть бути векторні, растрові або тематичні шари. В нашому випадку створення бази даних будуть використовуватись всі типи даних.

2. Вибір системи управління базами даних (СУБД): Ми обрали систему управління базами даних ArcGIS Pro через її потужні можливості для роботи з геопросторовими даними, зручний інтерфейс та інтеграцію з іншими інструментами. Ця система підтримує роботу з векторними та растровими даними, забезпечує ефективне створення та управління базами даних, а також надає потужні інструменти для просторового аналізу та моделювання, що є важливими для геоінформаційногосупроводу геолого-геофізичного проекту.

3. Створення бази даних: Після вибору СУБД необхідно створити нову базу даних у вибраній системі.

4. Нормалізація даних: Для забезпечення ефективності та упорядкованості бази, слід застосувати нормалізацію даних.

5. Створення таблиць: Створюються таблиці для збереження геопросторових даних, таких як точки, лінії, полігональні області, а також для атрибутів, які пов'язані з цими об'єктами.

6. Визначення координатної системи: Важливо вибрати координатну систему для даної GIS-бази, щоб забезпечити правильне відображення геопросторових даних. Ми будемо використовувати систему координат WGS-1984, оскільки ми також орієнтуємося на міжнародних партнерів, і ця система є стандартом для глобального використання геолого-геофізичних робіт.

7. Створення геопросторових індексів: СУБД використовується для створення геопросторових індексів, що значно покращує швидкість операцій з просторовими даними.

8. Імпорт даних: Потрібно імпортувати вже наявні геопросторові дані або додавати нові, що стосуються геодезичних та геолого-геофізичних робіт.

9. Розробка додаткових функцій: Додаткові функції, такі як аналіз відстаней чи з'єднання шарів, можуть бути розроблені для покращення роботи з геопросторовими даними.

10. Підтримка та оновлення: Для забезпечення довготривалої стабільної роботи бази даних, розробляється стратегія її підтримки та регулярного оновлення.

11. Забезпечення безпеки та розгортання: Оскільки база даних створюється для найбільшої приватної нафтогазової компанії України, яка має міжнародних партнерів, безпека інформації повинна бути на найвищому рівні. Для цього будуть впроваджені відповідні заходи захисту даних, включаючи шифрування, багаторівневі механізми доступу та регулярні перевірки систем безпеки. База залишатиметься закритою для зовнішніх доступів, щоб гарантувати максимальний захист від несанкціонованого доступу. Після створення бази даних буде проведено тестування для перевірки її працездатності та відповідності вимогам безпеки, але доступ до неї буде обмежений лише для уповноважених осіб компанії.

База, що розробляється для геолого-геофізичних робіт, буде максимально інтегрованою та міститиме всі типи даних в одному середовищі. Це дозволить уникнути розподілу інформації між різними програмами та системами. У базі зберігатимуться геодезичні дані, дані дистанційного зондування (ДЗЗ), а також геолого-геофізичні дані, що забезпечить зручний доступ та обробку всіх необхідних матеріалів в одному місці. Наприклад, гідрографія, рельєф, розміщення профілів під час сейсморозвідок, карти свердловин та інші важливі дані будуть збережені в базі для зручності аналізу та прийняття рішень. Це дозволить ефективно поєднувати та використовувати різноманітні дані в рамках одного геоінформаційного простору [14].

3.2 Призначення бази даних під час геоінформаційного супроводу геолого-геофізичних робіт

Програмний комплекс, що працює з базою даних, наведений нижче (Рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 Система керування базою даних

Геобаза даних – це комп’ютерна система, яка може отримувати різні типи інформації, включаючи просторові дані та атрибути. Геобаза даних не лише відображає та генерує карти, але й може записувати та аналізувати описові характеристики ефектів карти (Рисунок 3.2 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**).

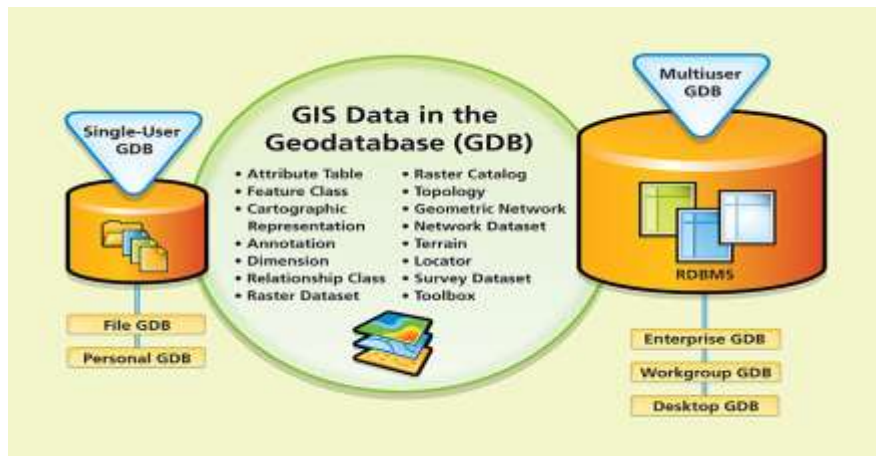


Рисунок 3.2 Типи даних у геоінформаційних базах даних (GDB): одиночні та багатокористувацькі бази даних з атрибутивними таблицями, топологією та іншими елементами

Системи управління базами даних зазвичай класифікуються на основі їхніх моделей та структур даних. Відповідно, просторові системи управління базами даних можна розділити на дві групи: об'єктно-орієнтовані просторові системи управління базами даних та реляційно-об'єктно-орієнтовані просторові системи управління базами даних. Дані кожної системи моделюються як об'єкт. Об'єктно-орієнтований метод дозволяє користувачеві ГІС (географічної інформаційної системи) відображати реальні просторові системи якомога точніше відповідно до певного уявлення про реальний світ. Бази даних та ГІС-системи мають різні можливості. Бази даних підходять для зберігання даних; вони можуть одночасно обробляти кілька запитів користувачів [15]. Крім того, вони можуть використовувати мову виконуваних даних для реалізації інтеграції даних та оптимізації системи. ГІС розроблена для роботи з просторовими даними, а її аналіз є просторовим. Найважливішою здатністю ГІС є поєднання різних методів та представлень географічних об'єктів.

Геобазы даних є частиною СУБД, яка займається зберіганням, обробкою та доступом до даних. СУБД, зокрема «ArcSDE» та «PostGI», використовуються для зберігання просторових та атрибутивних даних. Вони підтримують операції

над даними, забезпечуючи їх інтеграцію в єдину платформу для аналізу і візуалізації.

Існує три основні кроки для створення геобаз даних для геоінформаційного супроводу геолого-геофізичних робі. На першому кроці, проектування концептуальної моделі даних вважається основою для створення геобаз даних. Якщо концептуальну модель нафтогазохімічних даних можна розробити, то створення фізичної моделі даних та її реалізація на третьому кроці у вигляді програмного забезпечення (створення геобаз даних) будуть успішними. Концептуальна модель даних моделюється у вигляді діаграми «сутність-зв'язок» (ERD) за допомогою програмного забезпечення.

Геобаза даних забезпечує: високу продуктивність; просторову цілісність; управління надзвичайно великими обсягами даних; спільний інтерфейс до систем управління базами даних; та підтримку галузевих моделей даних. Також вона підтримує узгодження даних: наприклад геобаза даних Катару включає Landsat, SPOT, Quickbird, IKONOS та аерофотозйомку з роздільною здатністю 20 см. Вона також включає цифрові моделі рельєфу та геодезичні дані. Геобаза даних Qatar Petroleum включає всі нафтогазові об'єкти (наприклад, свердловини, трубопроводи), топографію та геотехнічні дані свердловин. Сервер даних ArcSDE Qatar був розроблений для доступу до даних ГІС у будь-якому форматі та з будь-якими даними, а також для одночасного використання кількох систем управління базами даних.

Як я вже писав вище ми будемо створюватимемо базу даних у Arc GIS Pro, оскільки ця система є найкращим вибором для геолого-геофізичних робіт. Вона забезпечує потужні інструменти для обробки та аналізу геопросторових даних, підтримує різноманітні типи даних (векторні, растрові, геодезичні, дані ДЗЗ та ін.), що є важливим для ефективної роботи з геолого-геофізичними дослідженнями та інтеграції різних типів інформації в єдину базу (Рисунок 3.3).

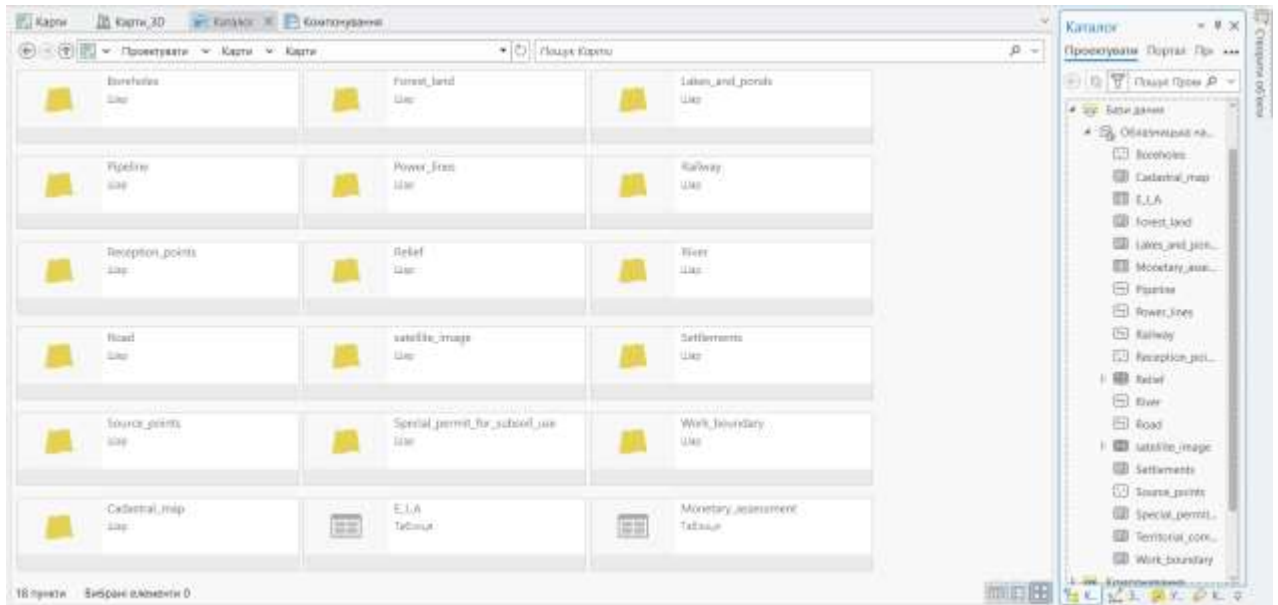


Рисунок 3.3 Каталог бази геоданих для Облазницької нафтогазової ділянки

Ключові особливості ArcGIS Pro:

- Інтерфейс на основі стрічки: Сучасний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що полегшує доступ до основних інструментів і функцій.
- Підтримка різноманітних даних: ArcGIS Pro підтримує роботу з векторними, растровими, 3D-даними, а також даними ДЗЗ, геодезичними та геолого-геофізичними даними.
- Інтеграція з іншими продуктами ArcGIS: ArcGIS Pro безшовно інтегрується з іншими програмами ArcGIS, такими як ArcGIS Online та ArcGIS Enterprise, що дозволяє працювати з великими обсягами даних.
- 3D-аналіз та візуалізація: ArcGIS Pro надає потужні інструменти для створення 3D-моделей, просторових аналізів і візуалізацій, що важливо для геолого-геофізичних досліджень.
- Моделювання та геообробка: Потужний набір інструментів для просторового аналізу та обробки даних, включаючи геообробку та автоматизацію задач.
- Підтримка геопросторових баз даних: ArcGIS Pro дозволяє ефективно створювати та працювати з геоінформаційними базами даних, підтримуючи реляційні та просторові бази даних.

- Аналіз просторових даних: ArcGIS Pro пропонує різноманітні інструменти для просторового аналізу, включаючи пошук перетинів, аналіз відстаней, моделювання ландшафтів та багато іншого.

- Підтримка даних великої кількості користувачів: Підтримка багатокористувацького доступу та одночасної роботи над проектами в команді через ArcGIS Online або ArcGIS Enterprise.

- Гнучка налаштування: Можливість кастомізації інтерфейсу та налаштування інструментів під конкретні потреби користувача.

- Підтримка різних форматів даних: ArcGIS Pro підтримує різноманітні формати даних, такі як Shapefile, GeoTIFF, CAD-файли, а також інші специфічні формати, що забезпечує гнучкість при роботі з даними.

База просторових даних яка буде розроблена для геолого-геофізичних робіт на прикладі Облазницької нафтогазової площі буде містити наступний перелік просторових даних :

- Boreholes (Свердловини нафтогазових родовищ)
- Forest_land (Межі лісових насаджень)
- Lakes_and_ponds (Озера та ставки)
- Pipiline (Трубопроводи включаючи нафтопроводи, газопроводи, водопроводи)
- Power_lines (Лінії електрореле передач)
- Railway (Залізниця)
- Reception_points (Пункти прийому запису геолого-геофізичної інформації)
- Relief (DEM знімок для побудови 3D моделі рельєфу)
- River (Річки)
- Road (Дороги)
- Satellite_image (Супутниковий знімок)
- Settlements (Населені пункти)

- Source_points (Пункти фізичних спостережень для геолого-геофізичних робіт)
- Special_permit_for_subsoil_use (Межі контуру спеціального дозволу на користування надрами виданого Державною службою геології та надр України)
- Work_boundary (На даному прикладі контур проведення геолого-геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці)
 - Cadastral_map (Публічна кадастрова карта)
 - E_I_A (Оцінка впливу на довколишнє середовище)
 - Monetary_assessment (Грошова оцінка земель пошкоджених внаслідок геолого-геофізичних робіт)

Для кожної таблиці розроблено атрибутивну структуру, що враховує специфіку кожного типу просторових даних. Ця структура була розроблена на основі власного досвіду роботи в геолого-геофізичному підприємстві. Кожна атрибутивна структура для різних видів просторових даних створена таким чином, щоб бути максимально ефективною та зручною у використанні, відповідаючи принципам роботи ГІС. Всі структури є не громіздкими, вони є базовими, що дозволяє уникати надмірної складності в обробці даних. Вони забезпечують збереження тільки необхідних атрибутів для кожного типу даних, що дозволяє оптимізувати процеси аналізу та візуалізації в ГІС-системі, зберігаючи високу ефективність та продуктивність роботи.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА ТА СУПРОВІД БАЗИ ГЕОДАНИХ ДЛЯ ОБЛАЗНИЦЬКОЇ НАФТОГАЗОВОЇ ДІЛЯНКИ

4.1. Створення атрибутивних таблиць

1) Початок роботи в Arc GIS Pro. Запускаю ArcGIS Pro на комп'ютері.

Основний інтерфейс ArcGIS Pro складається з кількох ключових елементів, які дозволяють ефективно працювати з географічними даними та виконувати різноманітні операції. Ці елементи включають панелі для роботи з картами, інструментами, даними та іншими функціями програми (Рисунок 4.1).

Основні компоненти інтерфейсу:

Панель стрічки (Ribbon)

Панель інструментів (Toolbars)

Панель карти (Map View)

Панель каталогу (Catalog Pane)

Панель вмісту (Contents Pane)

Панель атрибутів (Attributes Pane)

Панель геопросторових інструментів (Geoprocessing Pane)

Панель властивостей (Properties Pane)

Панель виводу (Geoprocessing Output)

Панель індикаторів стану (Status Bar)

Панель інструментів для редагування (Edit Tools)

Панель пошуку (Search Pane)

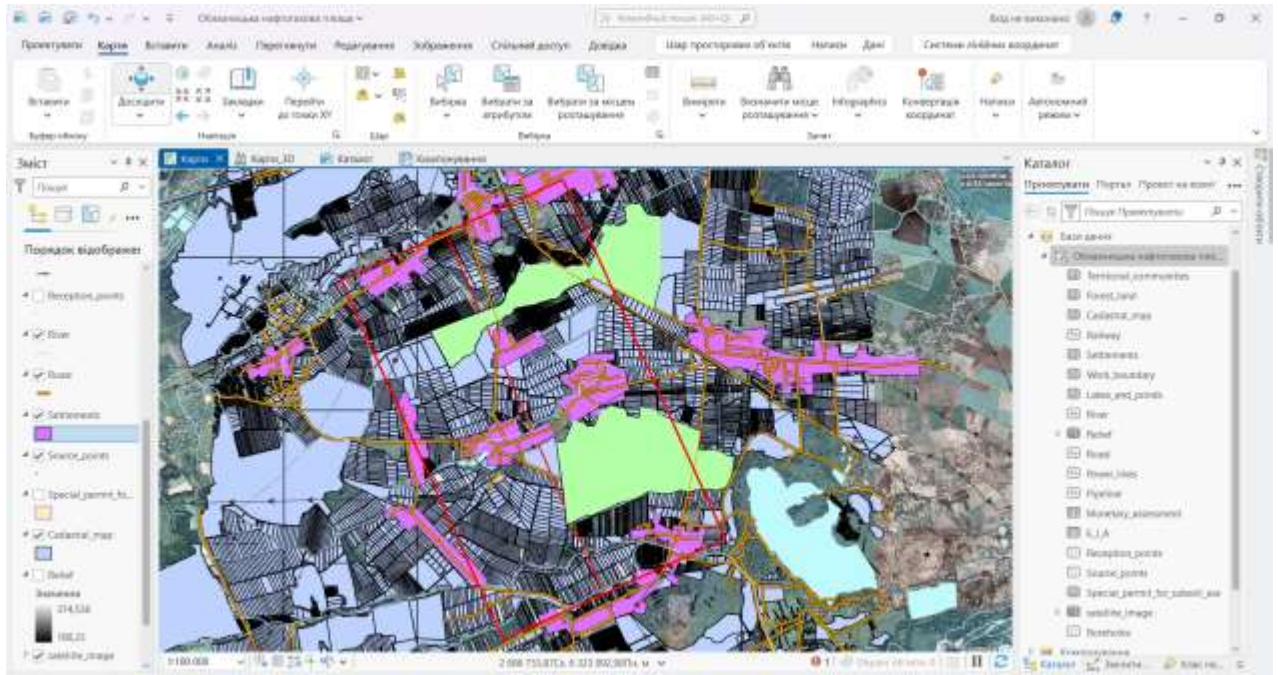


Рисунок 4.1 Інтерфейс геоінформаційної системи ArcGIS Pro з відображенням карт і шару даних

Ці елементи забезпечують доступ до різних інструментів та функцій, що дозволяють користувачам ефективно організовувати, редагувати та аналізувати просторові дані в ArcGIS Pro.

2) Створюю новий проект, натискаю Create a New Project і вказую, що потрібно створити File Geodatabase у даному проекті. У такому разі вона автоматично з'явиться в Catalog Pane як частина проекту. Називаю його «Облазницька нафтогазова площа». Розширення для гео-бази даних в ArcGIS Pro — це .gdb (для файлової гео-бази даних).

3) Після того як створено проект і базу даних я додаю геодані. Перше, що я додаю до бази даних у проекті, це супутниковий знімок та растрове зображення (DEM) для просторового орієнтування. Супутниковий знімок надає візуальну інформацію про поверхню Землі, а DEM (Digital Elevation Model) дає детальну інформацію про висоти та рельєф місцевості.

4) Після того, як гео-база створена я створюю клас просторових даних, правий клік на Geodatabase (Облазницька_нафтогазова_площа.gdb) в Catalog Pane. Оберіть New -> Feature Class (Рисунок 4.2).

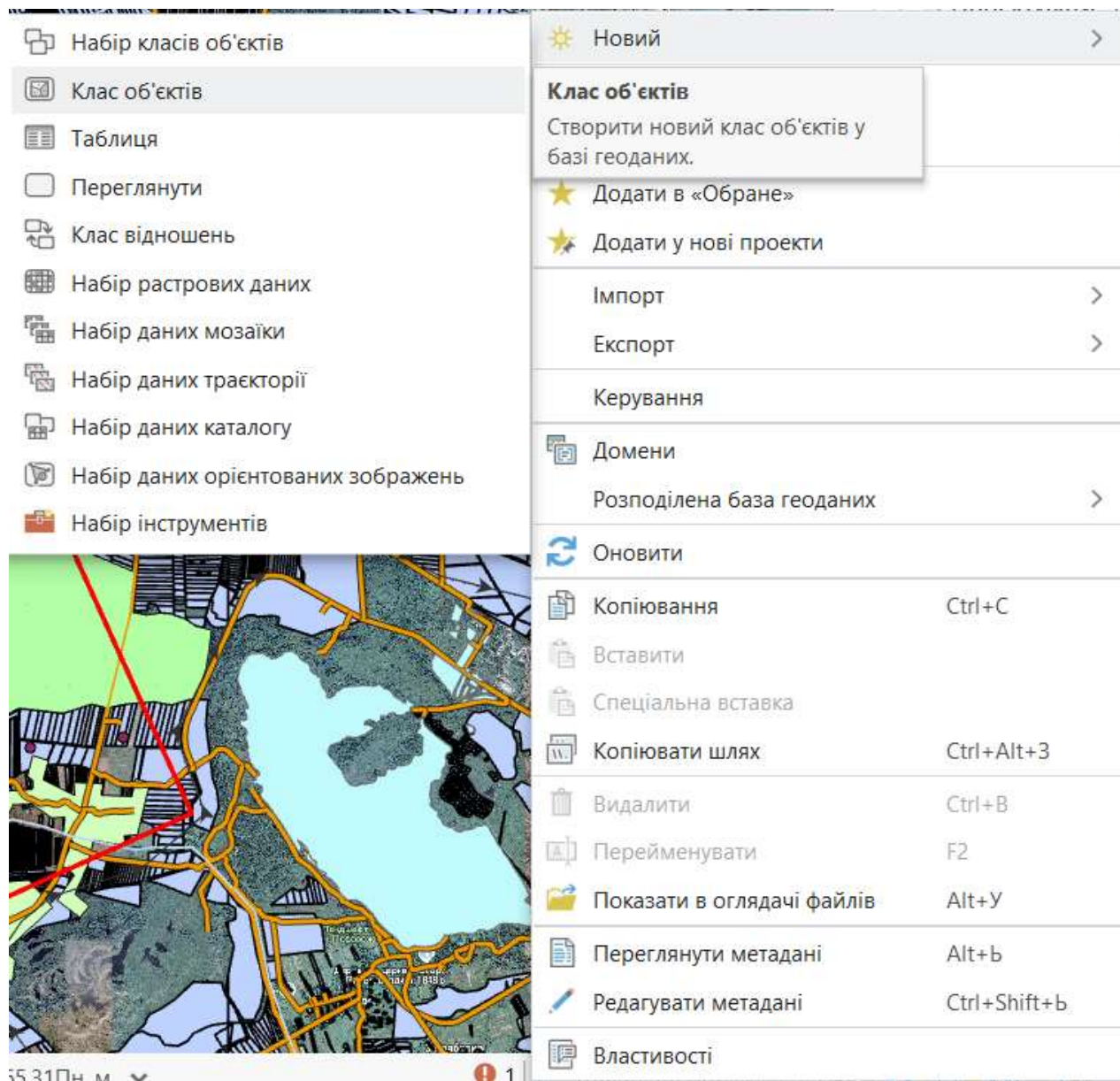


Рисунок 4.2 Створення класу просторових об'єктів в геобазі даних

5. Далі потрібно задаємо параметри класу просторових даних, наприклад для свердловин (Рисунок 4.3).

Вибираємо тип просторових даних який нам підходить:

- Point — якщо ви працюєте з точковими об'єктами.

- Polyline — для лінійних об'єктів.
- Polygon — для полігональних об'єктів.

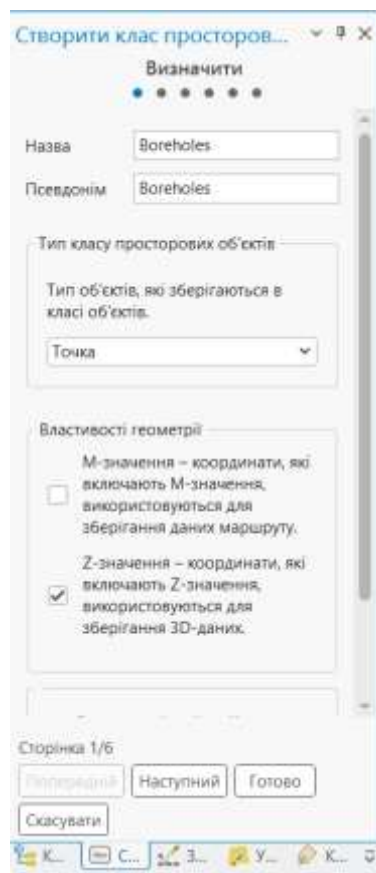


Рисунок 4.3 Створення класу просторих об'єктів «Boreholes»

6. Потрібно вирішити яка буде система координат. В нас всі просторові дані будуть в системі координат WGS-1984 UTM. А конкретніше WGS-1984 UTM Zone 35N, адже наша нафтогазова ділянка знаходиться саме в цій зоні (Рисунок 4.4). Для наших робіт дуже важливо використовувати саме цю систему координат, оскільки ми орієнтуємось на міжнародних партнерів, і ця система надає високу точність при роботі з локальними даними. WGS-1984 UTM дозволяє здійснювати точне просторове орієнтування, що є критично важливим для наших проектів, зокрема при виконанні геоаналізу, плануванні та картографії. Завдяки метричній системі координат вона забезпечує необхідну точність, що робить її ідеальним вибором для наших робіт на локальному рівні.

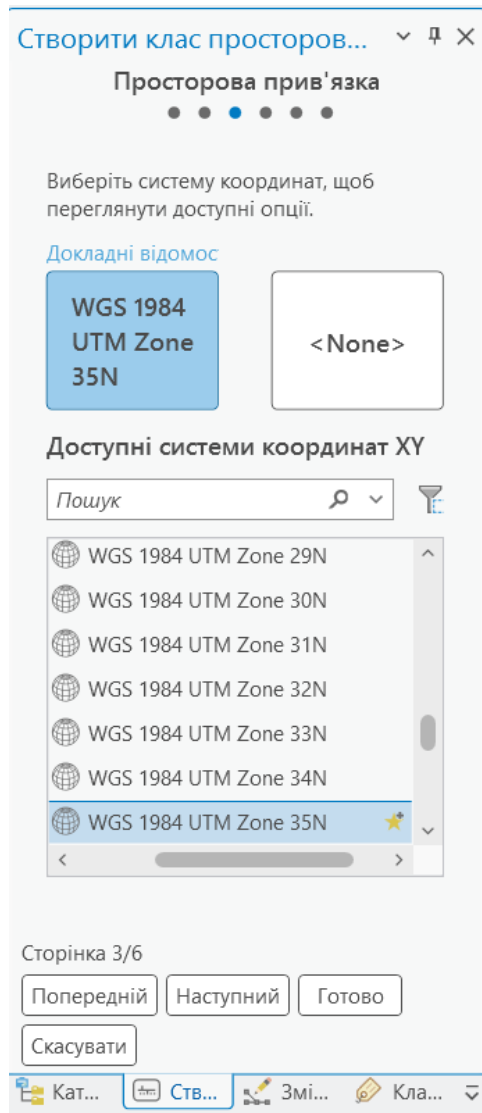


Рисунок 4.4 Вибір системи координат

7. Наступним кроком буде вибір полів. На вкладці Fields обираємо додавати різні поля для вашого класу (наприклад, ID, Name, Area, Height). Вибір типу даних для кожного поля: Short Integer, Long Integer, Float, Double, Text, Date, Boolean, GUID, Blob, Raster, Currency. Ви також можете налаштувати, чи поле буде ключовим або індексованим.

8. Визначаємо чи потрібні просторові індекси. Якщо ваш клас просторових даних містить геометрію, ArcGIS Pro автоматично створює просторовий індекс. Для покращення продуктивності можна вручну налаштувати додаткові індекси на певні поля.

9. Закінчення створення класу (Рисунок .4.5). Після налаштування полів та інших параметрів натисніть Finish. Новий клас просторових даних буде відображатися в Catalog Pane в гео-базі даних. Клікніть правою кнопкою миші на клас і виберіть Add to Current Map для додавання його на карту.

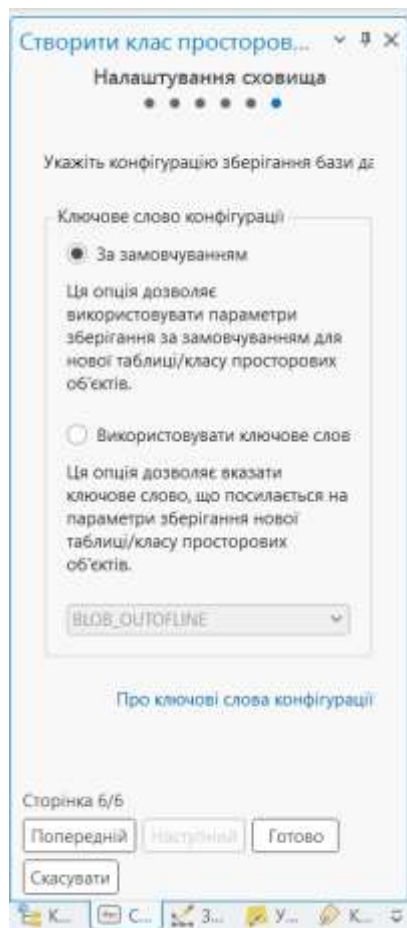


Рисунок .4.5 Завершення створення класу просторових об'єктів

10. Редагування даних в класі. Можна додавати нові об'єкти в клас, використовуючи Edit -> Create для створення точок, ліній або полігонів. Обов'язково використовуємо Attribute Table для заповнення полів класу даних. Після цих дій зберігаємо наш проєкт.

У нашій гео-базі даних було створено 18 об'єктів, серед яких 2 таблиці для зберігання атрибутивних даних, 2 набори растрових зображення, а також 14 класів просторових об'єктів (Рисунок 4.6). Ці елементи включають різноманітні типи геопросторових даних, що забезпечують ефективну організацію і обробку

інформації для подальших геологічних та геофізичних досліджень. Нижче наведено скріншоти атрибутивних таблиць, деякі з яких частково заповнені, а деякі ще потребують заповнення в процесі виконання геолого-геофізичних робіт.

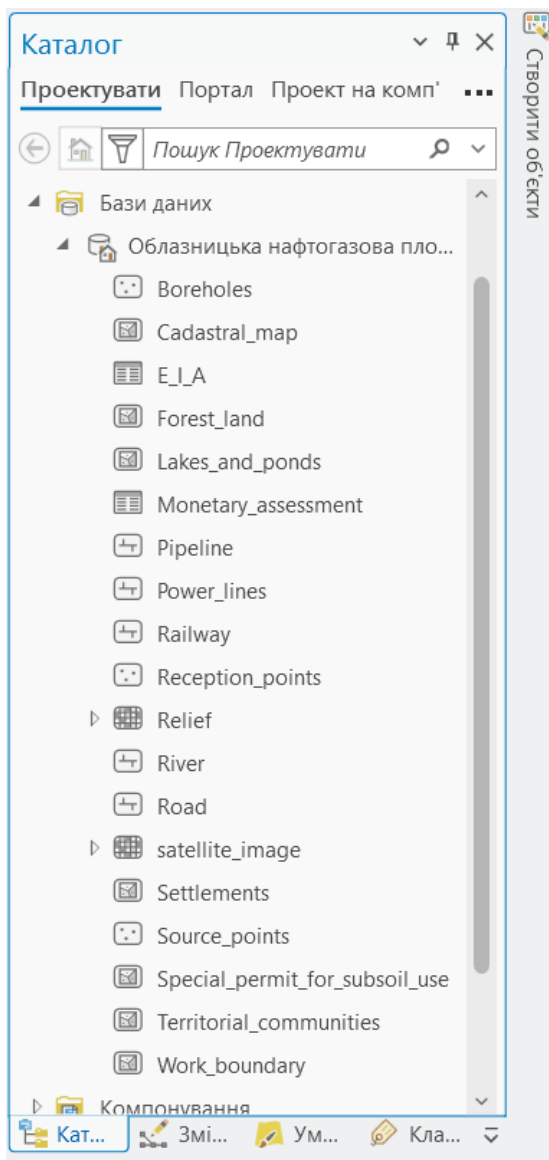


Рисунок 4.6 Створена геобаз даних Облазницької нафтогазової площі

Створена єдина база геоданих включає комплекс просторових шарів, що охоплюють природні, техногенні, адміністративні та спеціальні об'єкти, необхідні для планування, проведення та аналізу геолого-геофізичних робіт. Кожен шар має власну атрибутивну структуру, спрямовану на зберігання

параметрів, важливих для інженерно-геологічного обліку, просторової аналітики та документації. Нижче наведено детальний опис усіх таблиць.

1. Boreholes (Свердловини нафтогазових родовищ, Таблиця 4.1)

Тип геометрії: точковий шар (Point)

Призначення шару: відображення просторового положення та основних технічних характеристик пошукових, експлуатаційних, спостережних та ін. свердловин у межах родовища.

Опис атрибутів:

- OBJECTID — унікальний ідентифікатор об'єкта.
- Shape — геометрія точки, що містить координати свердловини.
- deposit — назва родовища або ділянки, до якої належить свердловина.
- type_borehole — тип свердловини (пошукова, експлуатаційна, оціночна).
- depth — проєктна або фактична глибина свердловини.
- productive_horizon — продуктивний пласт або стратиграфічний горизонт.
- debit — добовий дебіт (для експлуатаційних свердловин).
- protected_area — інформація щодо охоронної зони або санітарних вимог.

Роль у GIS-аналізі:

- побудова структурних карт,
- аналіз просторової густоти буріння,
- контроль доступності свердловин.

Таблиця 4.1 Структура атрибутивної таблиці Boreholes (Свердловинних нафтогазових родовищ)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
deposit	Text	Родовище
type_borehole	Text	Тип свердловини
depth	Text	Глибина свердловини
productive_horizon	Text	Продуктивний горизонт
debit	Text	Добовий дебіт
protected_area	Text	Охоронна зона

OBJECTID	SHAPE	name	deposit	type_borehole	depth	productive_horizon	debit	protected_area
1	Точка Z	Крепівка №3	Облазницьке	Розвідувальна	1200 метри	ЕД-9	<Null>	<Null>
2	Точка Z	Облазницька №1	Облазницьке	Пошукова	1100 метри	ЕД-9	5000 кубометра на до...	<Null>
3	Точка Z	Маслинецька №2	Облазницьке	Пошукова	1210 метри	ЕД-9	<Null>	<Null>
4	Точка Z	Крепівка №4	Облазницьке	Розвідувальна	1100 метри	ЕД-9	<Null>	<Null>
5	Точка Z	Крепівка №1	Облазницьке	Опorna	3200 метри	ЕД-9	<Null>	<Null>
6	Точка Z	Облазницька №5	Облазницьке	Пошукова	1130 метри	ЕД-9	<Null>	<Null>

Рисунок 4.1 Атрибутивна таблиця землі Boreholes (Свердловинних нафтогазових родовищ)

2. Forest_land (Межі лісових насаджень, Таблиця 4.2)

Тип геометрії: полігональний шар

Призначення: визначення лісових земель, перетин яких із роботами може потребувати спеціальних дозволів або екологічної оцінки.

Опис атрибутів:

- cadnum — кадастровий номер земельної ділянки;
- category — категорія лісів (експлуатаційні, природоохоронні тощо);
- ownership — форма власності;
- purpose — цільове призначення;

- Shape_Area — площа ділянки, обчислена GIS;
- Shape_Length — довжина периметра.

Застосування: аналіз перетину трас сейсмічних профілів з лісами, оцінка збитків.

Таблиця 4.2 Структура атрибутивної таблиці Forest_land (Межі лісових насаджень)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
cadnum	Text	Кадастровий номер
category	Text	Категорія земель
ownership	Text	Власність
purpose	Text	Цільове призначення
Shape_Length	Double	Периметр
Shape_Area	Double	Площа

OBJECTID	Shape	cadnum	category	ownership	purpose	Shape_Length	Shape_Area
1	Полігон	462158560001:000:03...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.037892	0.000033
2	Полігон	462158560002:000:05...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.01629	0.000011
3	Полігон	462158560002:000:05...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.058643	0.000125
4	Полігон	462158560001:000:03...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.046005	0.000086
5	Полігон	462158560003:000:03...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.016106	0.00001
6	Полігон	462158560003:000:03...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.01425	0.000011
7	Полігон	462158560003:000:03...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.055353	0.000121
8	Полігон	462158560003:000:03...	Землі лісогосподарськ...	Не визначено	09.01 Для ведення ліс...	0.056555	0.00018

Рисунок 4.2 Атрибутивна таблиця землі Forest_land (Межі лісових насаджень)

3. Lakes_and_ponds (Озера та ставки, Таблиця 4.3)

Тип: полігони

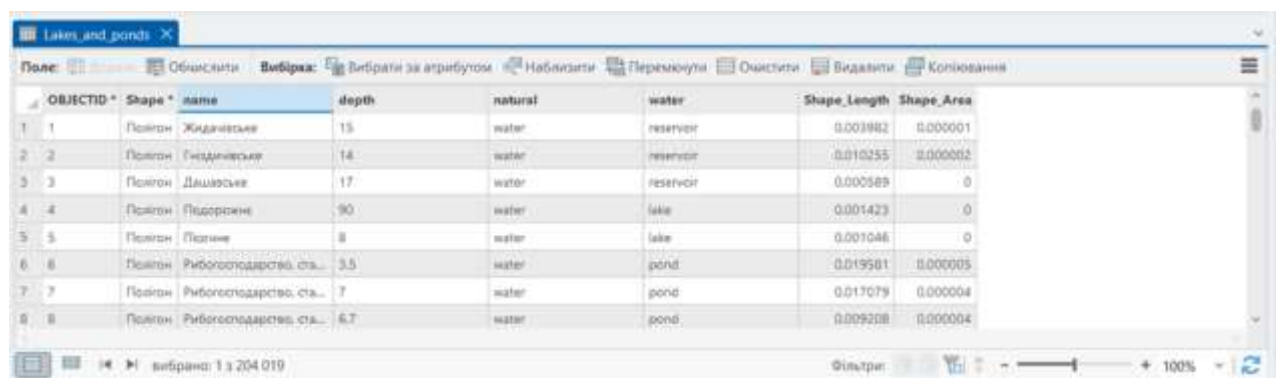
Призначення: облік водних об'єктів, важливий для екологічних обмежень, планування маршрутів, оцінки ризиків підтоплення при вібросейсміці.

Характерні атрибути:

- name — назва озера/ставка;
- depth — середня або максимальна глибина;
- natural — характеристика природності;
- water — тип водойми.

Таблиця 4.3 Структура атрибутивної таблиці Lakes_and_ponds (Озера та ставки)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
name	Text	Назва поля або ставка
depth	Text	Глибина
natural	Text	Критерії екосистеми
water	Text	Тип: озера, ставки і тп.
Shape_Length	Double	Периметр
Shape_Area	Double	Площа



OBJECTID	Shape	name	depth	natural	water	Shape_Length	Shape_Area
1	Полігон	Жиданівське	15	water	reservoir	0.003882	0.000001
2	Полігон	Гнедичівське	14	water	reservoir	0.010255	0.000002
3	Полігон	Дашівське	17	water	reservoir	0.000289	0
4	Полігон	Підгороднє	90	water	lake	0.001423	0
5	Полігон	Полонне	8	water	lake	0.001046	0
6	Полігон	Рибоскопдарство, ста...	3,5	water	pond	0.019581	0.000005
7	Полігон	Рибоскопдарство, ста...	7	water	pond	0.017079	0.000004
8	Полігон	Рибоскопдарство, ста...	4,7	water	pond	0.009208	0.000004

Рисунок 4.3 Атрибутивна таблиця Lakes_and_ponds (Озера та ставки)

4. Pipeline (Трубопроводи, Таблиця 4.4)

Тип: лінійні об'єкти

Призначення: моделювання просторового положення трубопроводів і охоронних зон.

Атрибути:

- product — тип продукції (нафта, газ, вода);
- diametr_mm — діаметр труби;
- pressure_mpa — тиск у МПа;
- dimensions_of_the_protection_zone_m — ширина охоронної зони.

GIS-роль: уникнення конфліктів при прокладці профілів, планування доступу.

Таблиця 4.4 Структура атрибутивної таблиці Pipeline (Трубопроводи включаючи нафтопроводи, газопроводи, водопроводи)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Polyline	Об'єкт
name	Text	Назва трубопроводу
product	Text	Продукт трубопроводу
diametr_mm	Long	Діаметр
pressure_mpa	IN64	Тиск
dimensions_of_the_protection_zone_m	IN64	Охоронна зона
Shape_Length	Double	Периметр

OBJECTID	SHAPE	name	product	diametr_mm	pressure_mpa	dimensions_of_the_protection_zone_m	Shape_Length
1	Полінія Z	Дашава-Стрий	Газ	800	6	80	12950.134747
2	Полінія Z	Облашниця-Гриданів	Газ	400	4	50	5105.886590
3	Полінія Z	Долина-Стрий	Нафта	1000	7	100	<Null>

Рисунок 4.4 Атрибутивна таблиця Pipeline (Трубопроводи включаючи нафтопроводи, газопроводи, водопроводи)

5. Power_lines (Лінії електропередач, Таблиця 4.5)

Тип: полілінії

Опис:

- name — назва ЛЕП;
- voltage_v — напруга (10, 35, 110 кВ тощо).

Використовується для планування безпечної роботи техніки з урахуванням електромагнітних полів.

Таблиця 4.5 Структура атрибутивної таблиці Power_lines (Лінії електропередач)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Polyline	Об'єкт
name	Text	Назва
voltage_v	Long	Напруга
Shape_Length	Double	Периметр

OBJECTID	Shape	name	voltage_v	Shape_Length
1	Полінія	Західноукраїнська - Львів підденна №1	750000	0.497412
2	Полінія	Західноукраїнська-750 - Рівне - 330	750000	2.658078
3	Полінія	Хмельницька АЕС — ТЭС 750 «Б» "Західноукраїнська"	750000	2.76726
4	Полінія	Рівненська АЕС - Західноукраїнська - 750	750000	3.063215
5	Полінія	Західноукраїнська - Львів підденна №2	220000	0.363905
6	Полінія	Будапінська ТЕС - Стрий-220	220000	0.771295
7	Полінія	БуТЕС - Західноукраїнська №2	220000	0.463175
8	Полінія	БуТЕС - Західноукраїнська №1	220000	0.510411

Рисунок 4.5 Атрибутивна таблиця Power_lines (Лінії електропередач)

6. Railway (Залізниця, Таблиця 4.6)

Тип: лінійний

Атрибути:

- code_name — код УЗ;
- railway — кількість колій;
- current — тип струму;
- district — регіон.

Застосування: аналіз транспортної доступності, логістика.

Таблиця 4.6 Структура атрибутивної таблиці Railway (Залізниця)

Поле	Тип	Коментар
FID	ID object	Ключове слово
Shape	Polyline	Об'єкт
code_name	Text	Код УЗ
name_lat	Text	Назва
railway	Text	Кількість колій
current	Text	Тип струму
distict	Text	Регіон

type	Text	Тип
------	------	-----

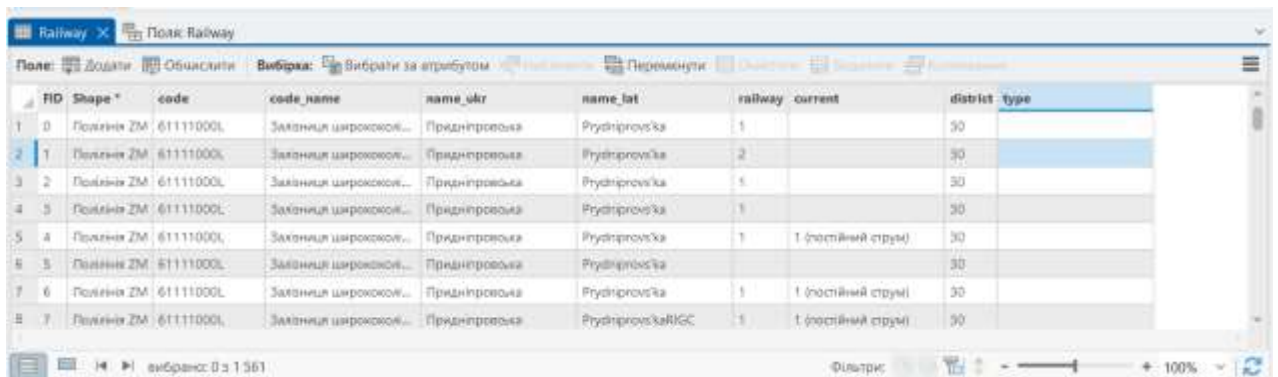


Рисунок 4.6 Атрибутивна таблиця Railway (Залізниця)

7. Reception_points (Точки прийому сигналу, Таблиця 4.7)

Тип: Point Z (включає висоту)

Призначення: точкові позиції сейсмоприймачів.

Основні атрибути:

- line_number, picket_number — координати вздовж профілю;
- coordinate_X / coordinate_Y — фактичні GPS-координати;
- Height_m — висота точки.

GIS-функції: побудова сейсмопрофілів, перевірка топології ліній.

Таблиця 4.7 Структура атрибутивної таблиці Reception_points (Пункти прийому запису геолого-геофізичної інформації)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Point Z	Об'єкт
line_number	Long	Номер лінії
picket_number	Long	Номер пікета

descriptor	Text	Дескриптор
coordinate_X	Text	Координата по X
coordinate_Y	Text	Координата по Y
Height_m	Text	Висота
Comment	Text	Примітка

OBJECTID	SHAPE	line_number	picket_number	descriptor	coordinate_X	coordinate_Y	Height_m	Comment
251	Точка Z	1607	2258	R	5483167.285	685995.582	267.102	< Null >
252	Точка Z	1607	2260	R	5483197.711	686127.897	268.130	< Null >
253	Точка Z	1607	2262	R	5483227.567	686157.652	268.801	< Null >
254	Точка Z	1607	2264	R	5483257.428	686187.989	268.618	< Null >
255	Точка Z	1607	2266	R	5483287.882	686207.582	268.682	< Null >
256	Точка Z	1607	2268	R	5483307.705	686237.588	269.818	< Null >
257	Точка Z	1607	2270	R	5483337.557	686267.617	270.578	< Null >

Рисунок 4.7 Атрибутивна таблиця Reception_points (Пункти прийому запису геолого-геофізичної інформації)

8. Relief (DEM)

Тип: растровий

Джерело: SRTM 12.5–30 м

Призначення:

- моделювання поверхні,
- розрахунок ухилів, експозицій,
- аналіз водозборів,
- корекція висот для сейсмозвідки.

9. River (Річки, Таблиця 4.8)

Тип: полілінії

Атрибути:

- waterway — річка / джерело / канал;
- natural — екологічний стан.

Роль у GIS: ідентифікація бар'єрів, побудова гідромережі, ризику підтоплення.

Таблиця 4.8 Структура атрибутивної таблиці River (Річки)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Polyline	Об'єкт
name	Text	Назва
waterway	Text	Тип: річка, джерело, канал
natural	Text	Критерії екосистеми
Shape_Length	Double	Периметр

OBJECTID	Shape	name	waterway	natural	Shape_Length
1124	1124	Полісся Срий	river		0.0036
1125	1125	Полісся Срий	river		0.002688
1126	1126	Полісся Срий	river		0.002267
1127	1127	Полісся Срий	river		1.329724
1128	1128	Полісся Срий	river		0.013055
1129	1129	Полісся Срий	river		0.086036
1130	1130	Полісся Срий	river		0.004258

Рисунок 4.8 Атрибутивна таблиця River (Річки)

10. Road (Автомобільні шляхи, Таблиця 4.9)

Тип: лінії

Атрибути:

- name — назва дороги;
- ref — класифікаційний код (Н-, Т-, О- дороги).

Важливо для логістики польових бригад.

Таблиця 4.9 Структура атрибутивної таблиці Road (Дороги)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Polyline	Об'єкт
name	Text	Назва автошляху, вулиці
ref	Text	Номер дороги згідно класифікації
Shape_Length	Double	Периметр

OBJECTID	Shape	name	ref	Shape_Length
1	Полілінія			0.056412
2	Полілінія			0.005394
3	Полілінія			0.014934
4	Полілінія			0.061133
5	Полілінія		О141803	0.026722
6	Полілінія			0.034517
7	Полілінія			0.001224
8	Полілінія	зупинка Тараса Шевчен...	О141903	0.020842

Рисунок 4.9 Атрибутивна таблиця Road (Дороги)

11. Satellite Image (Махар)

Тип: Растровий

Джерело: Махар Technologies або інший

Призначення:

- Планування робочого процесу геолого-геофізичних робіт,
- Проектування сейсмозвідувальних профілів,
- Просторовий аналіз для сейсмічних і геофізичних досліджень,
- Оцінка впливу природних катастроф на геологічні структури.

12. Settlements (Населені пункти,

Таблиця 4.10)

Тип: полігони

Атрибути:

- koatuu — адміністративний код;
- population — чисельність.

GIS-роль: вимоги до EIA, зонування впливу, планування техніки.

Таблиця 4.10 Структура атрибутивної таблиці Settlements (Населені пункти)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
name_en	Text	Назва населеного пункту
koatuu	Text	Код в КОАТУУ
population	Double	Населення
Shape_Length	Double	Периметр
Shape_Area	Double	Площа

OBJECTID	Shape	name_en	координ	population	Shape_Length	Shape_Area
1	Полгон	Poluhivka	5920687404	11	0.037415	0.000067
2	Полгон	Vishny	3920687001	2126	0.367175	0.00215
3	Полгон	Kretivati	6122485601	303	0.055975	0.000136
4	Полгон	Stubalivka	5920687405	5	0.020713	0.000022
5	Полгон	Avanhard	1211090001	1522	0.029932	0.000052
6	Полгон	Verkhnia	1222684401	1417	0.285799	0.000926
7	Полгон	Shvetsivka	7120655700	3117	0.276072	0.00085
8	Полгон	Avodiyu	5322084602	172	0.060579	0.000147

Рисунок 4.10 Атрибутивна таблиця Settlements (Населені пункти)

13. Source_points (Точки збудження, Таблиця 4.11)

Тип: Point Z

Призначення: місця створення сейсмічного сигналу.

Атрибути аналогічні Reception_points:

- line_number, picket_number;
- coordinate_X/Y, Height_m.

Застосування: моделювання джерел хвиль.

Таблиця 4.11 Структура атрибутивної таблиці Source_points (Пункти фізичних спостережень для геолого-геофізичних робіт)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Point Z	Об'єкт
line_number	Long	Номер лінії
picket_number	Long	Номер пікета
descriptor	Text	Дескриптор
coordinate_X	Text	Координата по X
coordinate_Y	Text	Координата по Y

Height_m	Text	Висота
Comment	Text	Примітка

OBJECTID	SHAPE	line_number	picket_number	descriptor	coordinate_X	coordinate_Y	Height_m	Comment
1	Точка Z	2027	1601	S	5483210.518	686420.284	267.569	< Null >
2	Точка Z	2027	1602	S	5483260.185	686470.658	267.837	< Null >
3	Точка Z	2027	1603	S	5483310.881	686520.816	267.910	< Null >
4	Точка Z	2027	1604	S	5483360.397	686570.184	268.917	< Null >
5	Точка Z	2027	1605	S	5483410.5937	686620.134	268.324	< Null >
6	Точка Z	2027	1606	S	5483460.357	686670.175	268.951	< Null >
7	Точка Z	2027	1607	S	5483510.367	686720.137	268.124	Яр
8	Точка Z	2027	1608	S	5483560.249	686770.165	268.957	< Null >

Рисунок 4.11 Атрибутивна таблиця Source_points (Пункти фізичних спостережень для геолого-геофізичних робіт)

14. Special_permit_for_subsoil_use (Спеціальний дозвіл на користування надрами виданий Державною службою геології та надр України, Таблиця 4.12)

Тип: полігони

Призначення: просторові межі спецдозволу Держгеонадр.

Атрибути містять:

- name_deposit — родовище;
- issue_date, validity_period — терміни;
- type_of_mineral_resource — вид копалини;
- special_conditions — вимоги та обмеження.

GIS-роль: перевірка належності робіт до ліцензійної території.

Таблиця 4.12 Special_permit_for_subsoil_use (Межі контуру спеціального дозволу на користування надрами виданого Державною службою геології та надр України)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле

Shape	Geometry	Об'єкт
name_deposit	Text	Назва родовища
registration_number	Text	Номер реєстрації
issue_date	Text	Дата видачі
basis_for_granting	Text	Підстава надання
type_of_subsoil_use	Text	Тип використання надр
goal	Text	Мета
type_of_mineral_resource	Text	Вид корисної копалини
special_conditions	Text	Спеціальні умови, обмеження
owner	Text	Власник спецдозволу
approval_of_authorities	Text	Погодження
validity_period	Text	Термін дії
location	Text	Місцезнаходження
Shape_Length	Double	Периметр
Shape_Area	Double	Площа

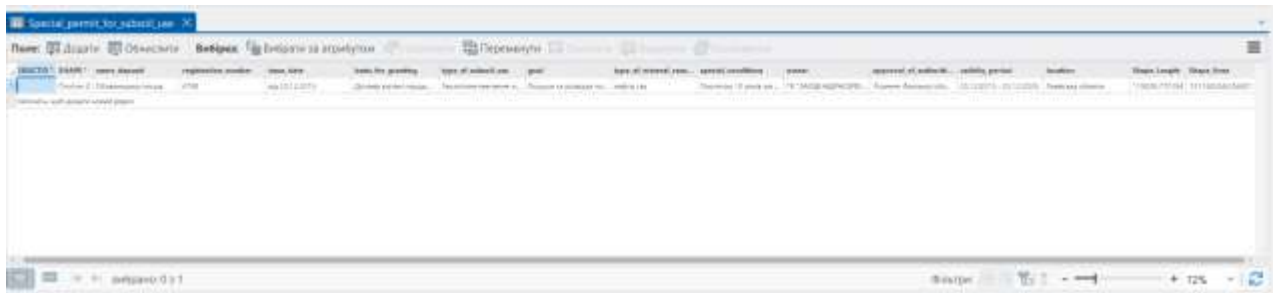


Рисунок 4.12 Атрибутивна таблиця Special_permit_for_subsoil_use (Межі контуру спеціального дозволу на користування надрами виданого Державною службою геології та надр України)

15. Work_boundary (Контур робіт, Таблиця 4.13)

Тип: полігон

Призначення: межа геолого-геофізичних робіт на ділянці дослідження.

Служить базовою зоною для просторового аналізу.

Таблиця 4.13 Структура атрибутивної таблиці Work boundary (На даному прикладі межа геолого-геофізичних робіт на ділянці дослідження)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
Shape_Length	Double	Периметр
Shape_Area	Double	Площа

OBJECTID	Shape	Shape_Length	Shape_Area
1	Полігон 2M	40906.946278	96780368.237812

Рисунок 4.13 Атрибутивна таблиця Work boundary (На даному прикладі контур проведення геолого-геофізичних робіт на Облазницькій нафтогазовій ділянці)

16. Cadastral_map (Кадастрова карта, Таблиця 4.14)

Тип: полігони

Атрибути:

- cadnum — кадастровий номер;
- purpose — вид використання;
- agricultural — тип агрокультури.

Застосовується для розрахунку відшкодувань землекористувачам.

Таблиця 4.14 Структура атрибутивної таблиці Cadastral_map (Публічна кадастрова карта)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
cadnum	Text	Кадастровий номер
category	Text	Категорія земель
ownership	Text	Власність
purpose	Text	Цільове призначення
agricultural	Text	Агрокультура
Shape_Length	Double	Периметр
Shape_Area	Double	Площа

OBJECTID	Shape	candum	category	ownership	purpose	agricultural	Shape_Length	Shape_Area
1	Поле	46215881000100001...	Землі сільськогоспод...	Приватна власність	01.01 Для ведення тов...	<Null>	0.007167	0.000002
2	Поле	462538890001000900...	Землі житлової та гро...	Приватна власність	02.01 Для будівництва...	<Null>	0.005357	0
3	Поле	4621585600004000003...	Землі сільськогоспод...	Приватна власність	01.01 Для ведення тов...	<Null>	0.007796	0.000002
4	Поле	462538760001000900...	Землі житлової та гро...	Приватна власність	02.01 Для будівництва...	<Null>	0.005587	0
5	Поле	4625385600005000002...	Землі сільськогоспод...	Приватна власність	01.01 Для ведення тов...	<Null>	0.005731	0.000001
6	Поле	462158810001000002...	Землі сільськогоспод...	Приватна власність	01.01 Для ведення тов...	<Null>	0.007083	0.000002
7	Поле	462538890001000900...	Землі сільськогоспод...	Приватна власність	01.03 Для ведення осс...	<Null>	0.003734	0
8	Поле	4621585600004000003...	Землі сільськогоспод...	Приватна власність	01.01 Для ведення тов...	<Null>	0.008007	0.000002

Рисунок 4.14 Атрибутивна таблиця таблиці Cadastral_map (Публічна кадастрова карта)

17. E_I_A (Оцінка впливу на довкілля, Таблиця 4.15)

Тип: таблиця (не завжди геометрія)

Атрибути:

- quantity_pick_R — кількість приймальних пунктів;
- quantity_pick_S — кількість джерельних;
- area_damage_he — площа пошкодження;
- general_lesion_per — загальні збитки.

GIS-роль: формування картограми впливів.

Таблиця 4.15 Структура атрибутивної таблиці E_I_A (Оцінка впливу на довколишнє середовище)

Поле	Тип	Коментар
OBJECTID	ID object	Ключове поле
candum	Text	Кадастровий номер
quantity_pick_R	Double	Кількість пікетів прийому
quantity_pick_S	Double	Кількість пікетів збудження

area_damage_he	Double	Площа пошкодження
general_lesion_per	Double	Загальні збитки

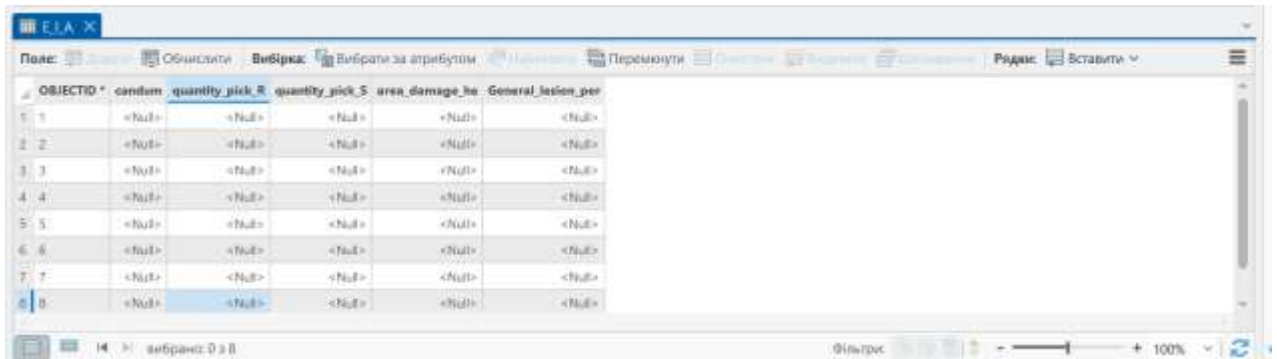


Рисунок 4.15 Атрибутивна таблиця E_I_A (Оцінка впливу на довколишнє середовище)

18. Monetary_assessment (Грошова оцінка пошкоджених земель)

Тип: полігони

Призначення: економічна оцінка впливів.

Атрибути:

- agricul_crop — культура;
- value_of_the_crop_t_he — вартість за тонну;
- area_damag_he — площа пошкодження;
- monetary_assessment_uah — розмір збитків.

Застосування: фінансові компенсації, ЕІА.

Таблиця 4.16 Структура атрибутивної таблиці Monetary_assessment (Грошова оцінка земель пошкоджених внаслідок геолого-геофізичних робіт)

Поле	Тип	Коментар
------	-----	----------

OBJECTID	ID object	Ключове поле
Shape	Geometry	Об'єкт
cadnum	Text	Кадастровий номер
category	Text	Категорія земель
ownership	Text	Власність
agricul_crop	Text	Агрокультура
value_of_the_crop_t_he	Double	Ціна культури за тону
projected_yield_t	Double	Прогнозована врожайність культури
area_damag_he	Double	Пошкодження площі
monetary_assessment_uah	Double	Загальна сума збитків пошкоджених в наслідок проведення геолого- геофізичних робіт



Рисунок 4.16 атрибутивної таблиці Monetary_assessment (Грошова оцінка земель пошкоджених внаслідок геолого-геофізичних робіт)

4.2 Переваги і недоліки створення єдиної бази геоданих для ведення геолого-геофізичних робіт

Ефективне планування, організація та виконання геолого-геофізичних робіт неможливі без доступу до достовірної, систематизованої та якісно структурованої просторової інформації. На сучасному етапі розвитку геоінформаційних технологій створення єдиної бази геоданих (ЄБГ) є ключовим інструментом для забезпечення комплексного управління польовими, камеральними та виробничими процесами, що супроводжують геолого-геофізичні дослідження. У межах даної роботи була створена база геоданих, що включає широкий набір просторових шарів та таблиць, серед яких: *Boreholes, Forest_land, Lakes_and_ponds, Pipeline, Power_lines, Railway, Reception_points, Relief, River, Road, Satellite_image, Settlements, Source_points, Special_permit_for_subsoil_use, Work_boundary, Cadastral_map, EIA, Monetary_assessment.*

Нижче представлено комплексний аналіз переваг і недоліків використання єдиної бази геоданих для забезпечення геолого-геофізичних робіт на прикладі Облазницької нафтогазової ділянки, що дозволяє оцінити її ефективність, критичні аспекти впровадження та перспективи розвитку.

4.3 Переваги створення єдиної бази геоданих

1. Інтеграція різнорідних даних у єдиному середовищі.

Геолого-геофізичні роботи супроводжуються формуванням великої кількості різнотипних просторових і атрибутивних даних: топографічних, геологічних, геофізичних, екологічних, земельних, кадастрових, даних дистанційного зондування тощо. Кожен із цих наборів має свою структуру, формат, точність і часову актуальність. Створення ЄБГ дозволяє інтегрувати:

- векторні об'єкти (бурові, трубопроводи, лінії електропередач, межі спеціальних дозволів на користування надра);
- растрові дані (супутникові знімки, DEM);
- табличну інформацію (журнали геофізичних вимірювань, оцінки впливу на довкілля, дані моніторингу);
- адміністративно-територіальні межі та кадастрові плани.

Така інтеграція забезпечує безперервність даних та усуває проблему фрагментарності або втрати інформації.

2. Підвищення точності прийняття управлінських рішень

Об'єднання даних у єдиному сховищі дозволяє виконувати комплексні GIS-аналізи, зокрема:

- визначення оптимальних ділянок для проведення сейсмічних профілів;
- аналіз доступності об'єктів інфраструктури (дороги, ЛЕП, нафтопроводи);
- оцінка ризиків техногенного впливу;
- моделювання просторових взаємозв'язків між свердловинами, геологічними структурами та ландшафтними елементами.

ЄБГ підвищує обґрунтованість рішень, зменшує суб'єктивність і мінімізує людський фактор.

3. Оптимізація польових та камеральних робіт.

Застосування структурованих даних дозволяє:

- швидко формувати завдання для польових команд;

- планувати маршрути до точок спостереження;
- уникати дублювання робіт у місцях із вже виконаними вимірюваннями;
- отримувати актуальну інформацію про розташування існуючої інфраструктури та природних перешкод.

Це суттєво зменшує часові та фінансові витрати.

4. Підвищення якості документування та звітності.

ЄБГ впорядковує документацію та забезпечує її відповідність вимогам Держгеонадр, ДБН, ISO 9001, а також стандартів прозорого обігу геологічної інформації. Генерація тематичних карт, картограм, схем взаємоположення об'єктів відбувається у кілька кліків.

5. Забезпечення міжвідомчого та міждисциплінарного обміну інформацією.

Багато процесів геолого-геофізичних робіт передбачають взаємодію:

- геологів,
- геофізиків,
- екологів,
- землевпорядників,
- проєктувальників,
- органів місцевого самоврядування,
- Держгеонадр України.

Єдина база спрощує передачу даних та мінімізує ризик різночитань між різними підрозділами.

6. Забезпечення довгострокового зберігання та архівування геоданих.

Особливо цінною є можливість:

- збереження усіх історичних шарів (старі розвідувальні лінії, ліквідовані свердловини);
- формування архівів супутникових знімків та DEM різних років;
- контролю змін землекористування у часі.

Це створює основу для довгострокового моніторингу й аудиту.

7. Можливість автоматизації рутинних процесів.

ArcGIS Pro та QGIS дозволяють:

- автоматично оновлювати дані з польових GPS-пристроїв;
- використовувати ModelBuilder або Python-скрипти;
- генерувати регулярні звіти;
- будувати 3D-моделі геологічних структур.

Це зменшує навантаження на персонал та підвищує продуктивність.

4.4 Недоліки та обмеження створення єдиної бази геоданих

Попри значні переваги, створення та підтримка ЄБГ має низку обмежень, що потребують врахування при впровадженні.

1. Висока вартість створення та підтримки бази

Недоліки включають:

- витрати на ліцензійне програмне забезпечення (особливо для ArcGIS Pro);
- необхідність у серверному обладнанні або хмарних серверах;
- оплата роботи фахівців для наповнення, валідації та перевірки даних.

Для невеликих організацій це може бути суттєвим фінансовим бар'єром.

2. Великі вимоги до кваліфікації персоналу

Потрібні фахівці, які одночасно розуміють:

- особливості геолого-геофізичних процесів,
- принципи роботи з ГІС,
- структуру геобаз,
- правила топологічного контролю,
- стандарти метаданих.

Без підготовлених спеціалістів база швидко втрачає актуальність або наповнюється помилками.

3. Проблеми сумісності даних

Різні установи та підрядники використовують:

- різні системи координат,
- різний набір атрибутів,
- неоднакові методики збору даних,
- різну точність GPS-вимірювань.

Це викликає конфлікти при імпорті, дублювання інформації або спотворення просторових характеристик.

4. Ризики втрати або пошкодження даних

За відсутності резервного копіювання виникають ризики:

- пошкодження геобаз,
- помилок користувачів,
- кібератак,
- несправностей обладнання.

ЄБГ — це критично важливий ресурс, тому потребує надійної системи бекапів.

5. Правові та нормативні обмеження

Частина даних є:

- закритими,
- службовими,
- обмеженими для публікації,
- належить державному фонду надр.

Це ускладнює інтеграцію та публікацію даних у відкритих системах.

6. Необхідність постійного оновлення даних

Якщо база не оновлюється у режимі реального часу, вона швидко застаріває. Особливо це стосується:

- свердловинних робіт;
- змін землекористування;
- прокладки нових трубопроводів;
- оновлення кадастрової інформації;
- екологічних показників.

Потрібна окрема процедура регулярного оновлення даних.

7. Психологічні та організаційні бар'єри

У деяких організаціях існує:

- небажання передавати дані в централізовану систему,
- конкуренція між підрозділами,
- недостатнє розуміння цінності GIS.

Це сповільнює впровадження ЄБГ.

4.5. Узагальнення та оцінка ефективності впровадження ЄБГ

Створена у межах роботи база геоданих включає повний набір об'єктів, необхідних для геолого-геофізичного супроводу території: свердловини, трубопроводи, мережі інфраструктури, водні ресурси, DEM, межі спеціальних дозволів, кадастрові ділянки, екологічні таблиці та інші тематичні шари. Проведений аналіз демонструє, що ЄБГ:

- забезпечує цілісність, доступність і структурованість даних;
- підвищує точність і швидкість прийняття рішень;
- дозволяє оперативно виконувати просторовий аналіз та GIS-моделювання;
- створює основу для автоматизації виробничих процесів.

Недоліки здебільшого пов'язані не з технологічними обмеженнями, а з організаційними труднощами — необхідністю навчання персоналу, інвестицій у обладнання та забезпечення узгодженості даних.

Загалом переваги суттєво переважають недоліки, а створення єдиної бази геоданих є стратегічно важливим кроком для сучасного управління геолого-геофізичними процесами і дозволяє підняти якість робіт на новий рівень.

ВИСНОВКИ

Створена у межах дослідження структура єдиної бази геоданих не лише забезпечує вирішення прикладних завдань геолого-геофізичних робіт на прикладі Облазницької ділянки, але й має усі підстави розглядатися як типова модель побудови галузевих геоінформаційних баз для нафтогазової, геофізичної та інженерно-геологічної практики. Її архітектура, логіка взаємозв'язків та наповнення відповідають сучасним вимогам до систем управління геоданими, що робить цю базу зразковою та методично цінною для подальшого тиражування.

По-перше, структура охоплює повний комплекс просторових об'єктів, що супроводжують цикл геолого-геофізичних робіт. Вона включає свердловини, трубопроводи, об'єкти прийому та збудження сейсмічного сигналу, DEM-моделі, гідромережу, інженерну та транспортну інфраструктуру, кадастрові ділянки, межі спецдозволів, екологічні та економічні оцінки. Таким чином, база моделює весь життєвий цикл геологічних об'єктів від етапу підготовки до завершення польових робіт та оцінки впливів. Така повнота наповнення дозволяє розглядати її як еталонну структуру бази геоданих для подібних проєктів.

По-друге, атрибутивні таблиці побудовані за принципами нормалізації, топологічної коректності та мінімізації надлишковості, що відповідає практикам ArcGIS Geodatabase та міжнародним стандартам ISO/TC 211. Кожен шар зберігає лише ті атрибути, які є релевантними для його класу об'єктів, що забезпечує легкість редагування, стабільність і відсутність логічних конфліктів. Така структурна чистота робить модель стабільною, гнучкою та масштабованою.

Важливо, що побудована база від початку адаптована під автоматизовану обробку, моделювання та створення просторових сценаріїв. Її структура дозволяє інтегрувати Python-скрипти, моделі ModelBuilder, засоби

автоматичного оновлення даних із GPS-ресиверів, а також підключати зовнішні шари (ортофотоплани, кадастрові веб-сервіси, моделі вітрових полів, гравіметричні карти тощо). Таким чином, база геоданих є не статичною, а динамічною платформою, готовою до розширення, інтеграції та автоматизації.

Крім того, структура, сформована в цій роботі, поєднує дані різних дисциплін: геології, геофізики, екології, землевпорядкування, картографії та інженерних вишукувань. Така міждисциплінарність дозволяє використовувати базу як універсальну основу для широкого спектра досліджень: від оцінки впливу на довкілля до просторової оптимізації трасування сейсмічних профілів, моделювання ризиків техногенного впливу чи планування буріння. Це суттєво розширює сферу її застосування, виводячи її за межі одиничного кейсу.

Ще однією вагомою перевагою є те, що база побудована відповідно до єдиної логічної схеми, де кожен шар має чітко визначене місце у загальній структурі та пов'язаний із суміжними об'єктами. Від того її можна легко адаптувати до будь-якої нової території, просто замінивши зміст шарів збереживши структуру. Це дозволяє рекомендувати її як типовий шаблон для державних та приватних організацій, які виконують геолого-геофізичні роботи в Україні.

Таким чином, розроблена база геоданих є концептуально завершеною, технологічно грамотно організованою та методично обґрунтованою моделлю, що може використовуватися як:

- типовий шаблон ЄБГ для нафтогазових родовищ;
- структура для стандартизації геопросторових даних у сфері геології та геофізики;
- Розроблена модель демонструє високий рівень узгодженості та логічності, що дозволяє розглядати її як зразкову (еталонну) структуру для геоданих геолого-геофізичного напрямку. Вона забезпечує якісний фундамент для подальшого розвитку, розширення та вдосконалення, зберігаючи при цьому універсальність, точність та функціональну цілісність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zhou, C. (2025). Exploring future GIS visions in the era of the scientific and technological revolution. *Information Geography*, 1, 100007. <https://doi.org/10.1016/j.infog.2025.100007>
2. Зацерковний, В. І., Тішаєв, І. В., Віршило, І. В., & Демидов, В. К. (2016). *Геоінформаційні системи в науках про Землю* (510 с.). Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя.
3. Донченко, М. В., & Коваленко, І. І. (2021). *Геоінформаційні системи: навчальний посібник*. Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили.
4. de By, R. A., Oosterom, P. J. M. van, & Fendel, E. M. (n.d.). *Principles of Geographic Information Systems (PoGIS)*. GDMC — Department of Geo-Information Processing, ITC, University of Twente. <https://gdmc.nl/oosterom/PoGISHyperlinked.pdf>
5. Закон України про національну інфраструктуру геопросторових даних, Відомості Верховної Ради (ВВР), 2020, № 37, ст. 277. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1641-19>
6. Шевченко, Р. Ю. (2015). *Картографія: Електронний підручник*. Київ: ЦНМВ «Кий». <https://dglib.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/eeb7babb-5177-4056-854b-9fb7aac1ebeb/content>
7. Kabolizadeh, M., Karimian, R., Rangzan, K., Alizadeh, B., & Maroufi, K. (2023). Development of a geodatabase for retrieval of geochemical data from oil wells: A case study from the Gachsaran oilfield; SW Iran. *Geoenergy Science and Engineering*, 225, 211621. <https://doi.org/10.1016/j.geoen.2023.211621>

8. Ross, R. (2009, December). Applications of a modern GIS (Geographic Information System) geodatabase in geotechnical, geophysical and geological analyses. Paper presented at the International Petroleum Technology Conference, Doha, Qatar. <https://doi.org/10.2523/IPTC-14056-MS>
9. Іванов, Є. (2007). Ландшафти гірничопромислових територій: монографія. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/10/42292267.pdf>
10. Бучок, Д. В., & Пилипчак, О. І. (2021). Звіт з стратегічної екологічної оцінки до детального плану території для обслуговування джерел питної мінеральної води (джерела № 11-18) ПрАТ Моршинський завод мінеральних вод «Оскар» на території Стрілківської сільської ради Стрийського району. ТОВ "Еко Стандарт Захід".
11. Іванюта, М. М. (Гол. ред.). (1998). Атлас родовищ нафти і газу (Т. 4–5). Львів: Видавництво "Центр Європи".
12. Бігун, М. В. (2024). Топографо-геодезичне забезпечення 3D сейсморозвідувальних геологічних робіт (на прикладі Бистрицького газового родовища). Геофорум-2024: Матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 10–12 квітня 2024 р. (с. 153–156). Львів, Брюховичі, Україна.
13. Shtohryn, L., Tkachuk, B., & Kasiyanchuk, D. (2025). Tectonic zonation as a basis for spatial landslide analysis. In 18th International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment" (DOI: 10.3997/2214-4609.2025510103). Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine.
14. Kasiyanchuk, D., Shtohryn, L., Levitska, M., & Yazlovetska, N. (2018). Methodology of time forecast of exogenous geological processes. In 17th International Conference on Geoinformatics - Theoretical and Applied Aspects (DOI: 10.3997/2214-4609.201801837). Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine.

15. Davybida, L., Kasiyanchuk, D., & Shtogrin, L. (2020). Spatial analysis of the relation between the distribution of dangerous exogenous geological processes and landscape hydrogeological complexes in Transcarpathian. In International Conference of Young Professionals "GeoTerrace-2020" (Vol. 2020, pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20205755>