

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

На правах рукопису УДК: 528.92

АКТУАЛІЗАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань 19 – «Архітектура та будівництво»
Спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»
Освітня програма «Геодезія та землеустрій»

Кваліфікаційна робота бакалавра
студентки 4 курсу
освітнього рівня бакалавр
Самойленко Яни Миколаївни

Науковий керівник:
Остроух Віталій Іванович
доцент кафедри геодезії та картографії
кандидат географічних наук

Допущено до захисту:
Протокол засідання кафедри № ____ від «__» _____ 20__ року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л.М.

КИЇВ – 2025

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ВИМОГИ ДО СТВОРЕННЯ І ООНОВЛЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ.....	7
1.1. Основні поняття та терміни в актуалізації топографічних карт.....	7
1.2. Методичні підходи до актуалізації топографічних карт.....	11
1.3. Аналіз нормативно-правової бази створення та оновлення топографічних карт в Україні.....	15
Висновки до розділу 1.....	19
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АКТУАЛІЗАЦІЇ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ.....	21
2.1. Методологічні основи процесу актуалізації цифрових топографічних карт...	21
2.2. Генералізація топографічних карт.....	24
2.2.1. Поняття генералізації та зв'язок із оновлення топографічних карт.....	25
2.2.2. Основні види генералізації.....	28
2.3. Програмне забезпечення та інструменти для актуалізації топографічних карт.....	30
2.3.1. Сучасне програмне забезпечення для роботи з просторовою інформацією.....	30
2.3.2. Можливості ПЗ ArcGIS Pro у процесі актуалізації цифрових топографічних карт.....	33
2.3.3. Автоматизація в процесі актуалізації цифрових топографічних карт.....	40
Висновки до розділу 2.....	47
РОЗДІЛ 3. ОНОВЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ МАСШТАБУ 1:50000 В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ARCGIS PRO...	48
3.1. Підготовка до роботи: налаштування середовища ArcGIS Pro та аналіз вихідних даних.....	48
3.2. Методика оновлення цифрової топографічної карти в ArcGIS Pro	50
3.2.1. Векторизація елементів місцевості.....	51
3.2.2. Вивантаження анотацій.....	54
3.2.3. Завершальні роботи та позарамкове оформлення.....	58
Висновки до розділу 3.....	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64
ДОДАТКИ.....	70

РЕФЕРАТ

Самойленко Яна Миколаївна; «Актуалізація цифрових топографічних карт»; спеціальність – 193 Геодезія та землеустрій; Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Географічний факультет, кафедра геодезії та картографії; Київ, 2025.

Метою цього дослідження є актуалізація цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000 із використанням сучасного програмного забезпечення ArcGIS Pro. Для цього було досліджено теоретико-методичні основи та практичні аспекти актуалізації цифрових топографічних карт.

Актуальність теми зумовлена швидкими змінами, а також наявними проблемами з існуючими топографічними даними, такими як топологічна неузгодженість, неякісне виконання робіт та відмінності у якості через різних виконавців номенклатурних аркушів. Ці недоліки створюють нагальну потребу в постійному оновленні картографічного матеріалу, що є критично важливим як для цивільних, так і для військових потреб.

У роботі проведено аналіз сучасних технологій та підходів до актуалізації топографічних карт, зокрема дистанційного зондування землі, супутникових знімків та ГІС. Розглянуто функціональні можливості програмного забезпечення ArcGIS Pro як провідного інструменту для роботи з геопросторовими даними, включаючи інструменти автоматизації картографічних процесів, роботу з даними, а також особливості створення та редагування цифрових карт.

Результати дослідження відображені у практичній реалізації процесу оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000. Описано всі етапи цього процесу, від підготовки вихідних даних до створення кінцевого картографічного продукту. Виконано векторизацію елементів місцевості, вивантаження та редагування анотацій, а також завершальне оформлення карти.

Ключові слова: цифрова топографічна карта, актуалізація, оновлення карт, топографічна карта, геоінформаційні системи (ГІС), ArcGIS Pro, геопросторові дані.

ВСТУП

Актуалізація цифрових топографічних карт є важливим завданням у сучасній геодезії та картографії, оскільки швидкі зміни у навколишньому середовищі вимагають постійного оновлення. Своєчасне оновлення топографічних карт та даних є ключовим для забезпечення необхідної точності та достовірності інформації, яка використовується в будівництві, плануванні території та і інших сферах.

Сучасні технології, такі як дистанційне зондування землі, супутникові знімки та ГІС, відкривають нові можливості для покращення процесу актуалізації топографічних карт. Вони не лише дозволяють отримати актуальну інформацію про об'єкти місцевості, а й аналізувати її з високою точністю та швидкістю.

Топографічні карти в Україні охоплюють майже всю територію країни. Зокрема, карти масштабу 1:10 000 охоплюють 96% площі, а карти масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 і 1:1 000 000 покривають всю країну. Детальніші плани з масштабами 1:2 000 і 1:5 000 охоплюють близько 95% усіх міст і селищ.

Оновлення топографічних карт є вкрай необхідним завданням, оскільки приблизно 70% усіх картографічних матеріалів України були створені понад десять років тому. Такий високий відсоток застарілих даних свідчить про втрату актуальності значної частини інформації.

Актуальність теми полягає у тому, що актуалізація цифрових топографічних планів у сучасних умовах є надзвичайно важливим для держави. Постійно оновлюванні, точні та детальні топографічні плани забезпечують підтримку актуальності геопросторових даних і створення цифрової бази, яка є необхідною для ухвалення стратегічних рішень.

Точність і повнота топографічних даних мають вирішальне значення для реалізації проектів у сферах управління територіями, розвитку інфраструктури, а також у військовій сфері.

Проте, на практиці виникає низка проблем, пов'язаних із якістю вже наявних топографічних даних. Часто спостерігається топологічна неузгодженість об'єктів на

карті. Наприклад, відсутність замикання полігонів, накладання ліній або розриви у контурах об'єктах. Також фіксуються випадки низької якості виконання векторизації, що може бути наслідком застарілих технологій, людського фактору або недостатнього контролю якості. Це однією суттєвою проблемою є те, що різні аркуші топографічних карт, які створюються різними виконавцями, мають неоднаковий рівень деталізації, точності та стилістичного оформлення, що ускладнює їх зведення в єдину цілісну базу даних. Усі ці фактори знижують загальну якість топографічної інформації.

У зв'язку з цим виникає нагальна потреба в актуалізації цифрових топографічних карт, що передбачає не лише оновлення геометричного та семантичного змісту карти, а й усунення технічних недоліків, гармонізація суміжних аркушів і стандартизація стилю зображення.

Метою дослідження є актуалізація цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000 із використанням сучасного програмного забезпечення ArcGIS Pro.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати теоретико-методичні основи створення та оновлення топографічних карт;
- розглянути нормативно-правову базу, що регламентує створення та оновлення топографічних карт в Україні;
- дослідити методику актуалізації цифрової топографічної карти з використанням програмного забезпечення ArcGIS Pro;
- реалізувати процес оновлення карти на практиці та оцінити ефективність застосованої методики

Об'єктом дослідження є цифрові топографічні карти.

Предметом дослідження є процес актуалізації цифрових топографічних карт.

Практична значущість роботи полягає у тому, що результати дослідження можуть бути використані для оновлення картографічного матеріалу в установах, що здійснюють топографо-картографічну діяльність, включно з військовими підрозділами, для яких точність даних може впливати на планування та використання

бойових операцій, логічне забезпечення, навігацію та захист об'єктів критичної інфраструктури. Також вони є цінними під час впровадження національної інфраструктури геопросторових даних, забезпечуючи єдиний і актуальний підхід до картографування. Крім того, ці дослідження слугують як методичне підґрунтя при навчанні студентів та молодих фахівців роботі в середовищі ArcGIS Pro під час виконання проектів з цифрового картографування.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ВИМОГИ ДО СТВОРЕННЯ ТА ООНОВЛЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

1.1. Основні поняття та терміни в актуалізації цифрових топографічних карт

Відповідно до нормативно-правових документів, оновлення топографічних карт здійснюється з метою приведення їх змісту у відповідність до сучасного стану місцевості та вимог чинних нормативно-правових документів [1].

Актуалізація топографічних карт - це комплексний процес оновлення картографічних матеріалів з метою відображення поточного стану території, включаючи змінити рельєфу, інфраструктури, природних та антропогенних об'єктів. Цей процес є надзвичайно важливим для забезпечення точності, достовірності і практичної цінності карт, особливо в умовах швидких змін навколишнього середовища.

Залежно від підходу розрізняють періодичне та безперервне оновлення карт. Періодичне, тобто циклічне, оновлення виконується через певні інтервали часу, тривалість яких визначається характеристиками місцевості. Для промислово розвинених густонаселених районів – кожні 5-7 років. Для середньонаселених сільськогосподарських – кожні 8-10 років. Та для малонаселених гірських, лісових чи степових територій – раз на 10-15 років [1].

Безперервне оновлення передбачає внесення змін по мірі їх виникнення. Наприклад, нанесення нових будівель чи доріг одразу після появи. Сучасні технології значно спростили безперервне оновлення. Геоінформаційні системи дають змогу оперативно інтегрувати нові дані з використанням методів дистанційного зондування Землі, аерофотозйомки та супутникового моніторингу. Актуалізація топографічних карт поєднує теоретичні основи картографії з практичними інструментами і спрямована на підтримку карт у належному стані, що відповідає реальним змінам місцевості.

Одним із ключових понять є топографічна карта. Топографічна карта – це детальне зображення місцевості, яке дозволяє визначити як планове, так і висотне

положення точок земної поверхні [2]. Виходячи із сучасних уявлень, топографічна карта розглядається як просторово-образна знакова модель земної поверхні, яка відображає її властивості та характеристики. Вона слугує універсальним інструментом для аналізу території, планування, проектування та вирішення широкого спектру завдань у різних галузях.

Топографічна карта має двоїсту природу, тобто просторову та знакову. Просторовий комплект охоплює координатно визначене розташування природних та штучних об'єктів на земній поверхні, а знаковий компонент охоплює систему умовних позначень, за допомогою яких передано вигляд, форму, розміри та характеристики цих об'єктів. Така комбінація забезпечує наочність картографічного зображення і можливість швидко отримати потрібну інформацію про місцевість.

На даний момент, оновлення та створення топографічних карт дедалі більше здійснюється в цифровому форматі, що забезпечує їхню високу точність, оперативність оновлення та зручність у використанні. Цифрові карти стали невід'ємною частиною ГІС, що дозволяє ефективно зберігати, аналізувати та візуалізувати просторові дані.

Цифрова карта слугує основою для створення паперових, комп'ютерних та електронних карт. Входить до складу картографічних баз даних і є ключовим елементом інформаційного забезпечення геоінформаційних систем. Вона також може виступати як результат роботи ГІС [3].

На картах і планах місцевість відображають за допомогою умовних позначень. Умовні знаки карти – це графічні символи, за допомогою яких на карті відображають вигляд, розташування, форму, розміри, характеристики об'єктів [4].

Класифікація та кодування топографічної інформації є основою для розробки умовних знаків, що забезпечує точне, стандартизоване та зручне зчитування картографічних матеріалів (Рис.1.1).

Класифікатор топографічної інформації використовується в автоматизованих системах для формалізованого представлення даних про місцевість на топографічних картах. Він містить систематизовані кодові позначення елементів і об'єктів, а також їхні характеристики для відображення на картах [5].

Код об'єкта	НАЙМЕНУВАННЯ		Коди ознак, які характеризують об'єкт класифікації
	класифікаційного угруповання	об'єкта класифікації	
10 000 000	Математичні елементи, елементи планової і висотної основи		
11 000 000	Опорні пункти		
11 100 000		Астрономічні пункти	09,19,37,68
11 200 000		Пункти державної геодезичної мережі	01,04,09,16,17,20,21,22,37,68,69
11 300 000		Точки знімальної мережі (пункти місцевої мережі)	01,04,09,16,17,20,21,22,23,37,69
11 400 000		Пункти нівелірної мережі	04,09,20,21,37
12 000 000		Позначки висот (підписані точки)	04,16,20,22
13 000 000		Стовпи граничні (межові знаки), які мають значення орієнтирів	09,20,22,37

Рис. 1.1. Фрагмент переліку найменувань об'єктів класифікації, класифікаційних угруповань та їх кодових позначень

Джерело: [5]

У процесі актуалізації карт враховуються різноманітні зміни, які відбулися на місцевості з часу їх створення. Це можуть бути зміни в рельєфі, забудові, транспортній інфраструктурі, гідрографії тощо. Для цього використовуються сучасні методи. Такі як аерофотозйомка, супутникові знімки та цифрові моделі місцевості. Дані отримані цими методами, інтегруються у ГІС, що дозволяє ефективно обробляти, аналізувати та оновлювати картографічну інформацію.

Під час процесу оновлення цифрових карт використовується різноманітне геоінформаційне програмне забезпечення. Наприклад, ArcGIS Pro, ArcMap, QGIS, Digitals тощо. Геоінформаційна система (ГІС) – це комплексна інформаційна технологія, яка забезпечує збір, систематизацію, зберігання, обробку, аналіз, візуалізацію та поширення просторово-координатних даних [6].

Вона поєднує в собі бази даних, картографічні матеріали, аналітичні інструменти, що дозволяють ефективно працювати з геопросторовою інформацією.

Геопросторові дані, які є основою для створення та оновлення карт, містять інформацію про розташування об'єктів на поверхні Землі. Вони включають геометричні, атрибутивні та топологічні характеристики об'єктів.

Геопросторові дані – це сукупність загальнодоступної цифрової інформації про об’єкти, явища та процеси, що мають просторову прив’язку до певних географічних координат. Вони формують уніфіковану координатно-просторову основу, яка забезпечує можливість точного розташування, аналізу та візуалізації різних територіальних об’єктів та явищ. Завдяки уніфікованій цифровій основі, геопросторові дані можуть інтегруватися з іншими наборами просторових даних, що сприяє їх комплексному використанню в різних сферах діяльності [7].

Також варто згадати про масштаб, що відображає, у скільки разів зменшена кожна лінійна величина порівняно з її фактичними розмірами в реальному просторі. Завдяки масштабу можна точно розрахувати реальні відстані, площі та співвідношення об’єктів на території, що картографується. Він впливає на деталізацію відображення об’єктів і рівень точності, необхідний для різних задач.

Масштаб карти відображає рівень деталізації та сферу її застосування. Наприклад, карти масштабу 1:10 000 забезпечують необхідну високу точність, що робить їх корисними у використанні для містобудівного планування та детального аналізу місцевості. Карти масштабу 1:25 000 та 1:50 000 застосовуються у військовій сфері для тактичного планування, десантних операцій, аналізу рельєфу та координації бойових дій.

У процесі актуалізації широко використовують цифрову модель рельєфу (ЦМР). ЦМР представляє собою цифрове та математичне відображення поверхні Землі, побудоване на основі дискретного набору вихідних точок з певними координатами висот. Вони дозволяють з високою точністю відтворити реальну поверхню місцевості у віртуальну середовищі, що є надзвичайно важливим у створенні та оновленні топографічних карт. Для роботи з ЦМР використовуються спеціалізовані програмні засоби, які дають змогу проводити глибокий аналіз місцевості та інтегрувати отримані результати у різні сфери діяльності [8].

Таким чином, актуалізація цифрових топографічних карт поєднує теоретичні основи картографії з практичними інструментами. Процес актуалізації топографічних карт спрямований на підтримку їх відповідності реальним умовам місцевості, вона забезпечує точність та достовірність даних, необхідних для різних галузей діяльності,

від проектування та планування до військової справи, та базується на використанні сучасних технологій та методів обробки інформації.

1.2. Методичні підходи до актуалізації топографічних карт

Оновлення топографічних карт – це процес, під час якого вносяться зміни до карти, щоб вона точно відображала сучасний стан місцевості. Це включає оновлення інформації про дороги, будівлі, рельєф, водні об'єкти та інші елементи. У сфері навігації оновлені топографічні карти є незамінним інструментом для забезпечення безпечного та ефективного пересування як для приватного, так і для комерційного транспорту, а також для розвитку сучасних навігаційних систем. У містобудуванні точні та актуальні топографічні дані є основою для планування нової інфраструктури, проектування будівель, оптимізації транспортних мереж та управління земельними ресурсами. Сільське господарство також значною мірою залежить від якісних топографічних карт, які використовуються для аналізу рельєфу, управління водними ресурсами, точного землеробства та моніторингу земельних угідь.

Крім того, під час оновлення враховуються сучасні вимоги і стандарти до оформлення та змісту топографічних карт.

Проте процес оновлення топографічних карт пов'язаний зі значними складнощами та викликами. Величезні обсяги територій, постійні зміни в інфраструктурі та природному середовищі, необхідність обробки великої кількості інформації роблять цей процес трудомістким та ресурсозатратним. Застарілі методи оновлення часто не встигають за темпами змін, що призводить до невідповідності карт реальному стану місцевості.

Існують різні методичні підходи та джерела даних для актуалізації топографічних карт. Від традиційних наземних знімань до використання новітніх цифрових технологій. У сучасній практиці оновлення здійснюється комплексно із застосуванням геоінформаційних систем, аерофотознімання та даних дистанційного зондування Землі, що дозволяє автоматизувати процес виявлення змін і підвищити оперативність оновлення.

Топографічні карти оновлюються на основі даних, отриманих з нових аерокосмічних зйомок (Рис.1.2) або картографічних матеріалів (Рис.1.3). Використання аерокосмічної зйомки суттєво оптимізує процес виявлення змін, демонструючи низку переваг.



Рис. 1.2. Фрагмент ортофотоплану

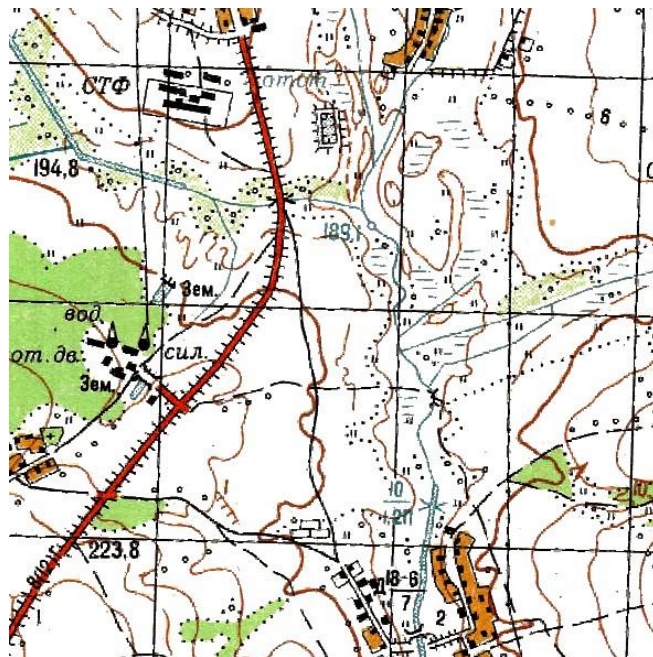


Рис. 1.3. Фрагмент топографічної карти

По-перше, знімки значно скорочують часові витрати на підготовчому етапі. Традиційний процес вивчення території, який раніше вимагав значних трудовитрат,

нині може бути реалізований за лічені години завдяки високоточним супутниковим даним.

Методичні переваги включають:

- прискорення процесу добору картографічних джерел;
- спрощення процедур картографічної генералізації;
- підвищення просторової деталізації картографічного зображення;
- забезпечення високої точності просторових даних.

Завдяки космічним знімкам змінилася технологія оновлення карт. Раніше цей процес відбувався поступово: спочатку оновлювали карти великого масштабу (наприклад, 1:10 000), а потім поступово переходили до дрібніших масштабів (1:25 000, 1:50 000 тощо). Тепер оновлення можна проводити одночасно для всіх масштабів або в будь-якій послідовності, залежно від конкретних потреб і завдань [9].

Для оновлення дрібномасштабних та середньомасштабних карт широко застосовуються космічні знімки. Сучасні комерційні супутники (наприклад, IKONOS, QuickBird, WorldView тощо) надають зображення з детальністю до 0,5–1 м, чого достатньо для ідентифікації нових об'єктів на карті [10].

Хоча фотограмметричні та супутникові методи сьогодні переважають, традиційні польові методи залишаються важливими для підвищення точності та деталізації. Інженери-геодезисти здійснюють вибіркові виїзди на місцевість для уточнення складних ділянок, зйомки підземних комунікацій, оновлення геодезичних пунктів тощо. Дані GNSS (супутникових навігаційних систем) використовуються для прив'язки нових об'єктів у єдиній системі координат. Наземні вимірювання забезпечують високу точність позиціонування, тому їх застосовують для великомасштабних топопланів (1:500–1:5000) або для критичних елементів, які неможливо надійно визначити з повітря.

Картографічні матеріали також є важливими при оновленні топографічних карт, не зважаючи на те, що матеріали отримані методом ДЗЗ і польової інструментальної зйомки, має більших попит та актуальність [11].

У процесі роботи з водними об'єктами надзвичайно важливо використовувати навігаційних карт, як допоміжний інструменту дослідження. Навігаційні карти, маючи однаковий масштабний ряд з топографічними картами.

Навігаційні карти є джерелом даних про контур водних об'єктів. Також за допомогою них можна отримати детальну інформацію про морфометричні характеристики водойм, визначити глибини та особливості рельєфу дна [11].

Залежно від методології та частоти внесення змін, виділяють два основних типи оновлення - періодичне та безперервне.

Безперервне оновлення передбачає регулярне внесення змін у карти одразу після їх виникнення на місцевості. Такий підхід забезпечує максимальну актуальність картографічного матеріалу та дозволяє оперативно відображати навіть найменші зміни. Наприклад, це може бути фіксація нових будівель, доріг, змін у межах водних об'єктів або інших елементів місцевості.

Цей метод використовується переважно в цифрових геоінформаційних системах (ГІС), які дозволяють швидко інтегрувати нові дані завдяки сучасним технологіям дистанційного зондування Землі, аерофотозйомки та супутникового моніторингу [4].

Періодичність оновлення таких карт визначається фізико-географічними особливостями території, рівнем техногенного навантаження та інтенсивністю змін на місцевості.

Оновлення карт може виконуватись різними способами, і останнім часом все більше використовуються цифрові технології. Якщо зміни на місцевості торкаються понад 40% контурів або карта вже не відповідає вимогам точності, її оновлюють за допомогою фотопланів. Цей процес включає створення опорної мережі, обробку та виправлення знімків, виготовлення фотоплану та його аналіз (дешифрування). Якщо ж зміни менш значні (менше 20% контурів карти), оновлення здійснюється шляхом визначення змін на знімках та їх перенесення на видавничий оригінал карти [4].

Цифрові топографічні карти, незалежно від технології їх створення чи оновлення, повинні відповідати важливим вимогам, що забезпечують їх точність, універсальність та інтеграцію в сучасні геоінформаційні системи [10].

Однією з ключових вимог є автоматизоване визначення просторового розташування об'єктів, що означає можливість швидкого і точного знаходження будь-якого об'єкта на карті. Це досягається завдяки підтримці системи автоматичного геопозиціонування, яка дозволяє синхронізувати дані карти з реальними координатами місцевості, спрощуючи навігацію та аналіз геопросторової інформації.

Крім того, цифрові топографічні карти повинні мати гнучку структуру подання інформації, що забезпечує можливість оперативного внесення змін, доповнення нових даних та оновлення вже існуючих об'єктів. Така структура дозволяє інтегрувати карти з різними геоінформаційними системами, забезпечуючи їхню сумісність і зручність у використанні. Одночасно це сприяє легкому виділенню та редагуванню окремих елементів карти, що особливо важливо при виконанні актуалізації.

Таким чином, відповідність цифрових топографічних карт цим вимогам забезпечує їхню високу функціональність, адаптивність та інтеграцію в сучасні геоінформаційні технології, що є необхідним для ефективної роботи з геопросторовими даними.

1.3. Аналіз нормативно-правової бази створення та оновлення топографічних карт в Україні

У сучасних умовах створення та оновлення топографічних карт є не лише технічним завданням, а й регламентованим процесом.

Високий рівень якості топографічних матеріалів досягається завдяки суворому дотриманню виконавцем робіт усіх вимог, визначених чинними нормативними документами. Нормативно-правові акти регулюють усі аспекти процесу створення та оновлення топографічних карт та планів. Від збору геопросторових даних і їх обробки до укладання та видачі готових карт, що гарантує відповідність створених карт встановленим критеріям точності, детальності та надійності.

Правове регулювання топографо-геодезичної і картографічної діяльності в Україні визначається низкою законів, постанов та нормативних актів. Основним

документом є Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» №353-XIV від 23.12.1998 р., який заклав правові основи галузі. Цей закон встановлює завдання у сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності, регулює відносини з метою забезпечення потреб держави і громадян результатами такої діяльності [12]. Зокрема, законом визначено повноваження органів влади у сфері картографування, порядок державного нагляду, вимоги щодо стандартів і метрологічного забезпечення, фінансування робіт, а також обов'язки суб'єктів, що виконують картографо-геодезичні роботи.

Протягом понад 20 років до закону неодноразово вносились зміни, однак ключові положення щодо оновлення топографічних карт залишаються актуальними [13]. В законі вказано, що держава забезпечує регулярне створення і оновлення державних топографічних карт і планів. Виконання цих завдань покладено на центральний орган виконавчої влади у сфері геодезії і картографії, яким нині є Державна служба з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр)[14]. Держгеокадастр реалізує державну політику у сфері топографо-геодезичної діяльності, зокрема організовує проведення загальнодержавного картографування, встановлює порядок оновлення карт та здійснює контроль за дотриманням нормативів.

Для практичної реалізації положень закону Кабінет Міністрів України ухвалив низку постанов. Важливим документом є «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» затверджений постановою КМУ від 04.09.2013 №661.Цей Порядок визначає механізм створення та оновлення державних топографічних карт у графічній, цифровій та електронній формах на основі сучасних технологій [15].

Також важливим нормативно-правовим актом є «Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000» Цей нормативно-правовий акт охоплює ключові аспекти створення та оновлення топографічних карт: від вибору технологій (аерофотозйомка, цифрові технології) до вимог точності, періодичності оновлення та

контролю якості. У статтях цього нормативно-правового документу детально регламентовано відображення елементів місцевості.

Відповідно до закону топографічні карти створюються у графічній, цифровій та електронній формах, що забезпечує їхнє широке використання в різних галузях, таких як землеустрій, містобудування, військове планування та навігація. Для їх виготовлення застосовуються два основні методи. Первинні карти створюються безпосередньо шляхом топографічних зйомок, серед яких найпоширенішими є аерофототопографічна, мензульна та тахеометрична. Аерофототопографічна зйомка є основним способом отримання топографічних даних, оскільки дозволяє швидко й ефективно охоплювати великі території з високою точністю. Інші методи використовуються у виняткових випадках, коли аерофотозйомка є неможливою або неефективною через особливості рельєфу чи погодні умови.

У останні роки нормативно-правова база України зазнала змін під впливом сучасних тенденцій і міжнародних зобов'язань. 13 квітня 2020 року Верховна Рада України ухвалила новий Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» №554-ІХ, який набрав чинності 1 січня 2021 року [14].

Цей закон заклав правові та організаційні засади створення, функціонування і розвитку національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД). Вперше на законодавчому рівні визначено принципи інтеграції різних видів геоданих (у тому числі топографічних карт) у єдину інфраструктуру, встановлено вимоги щодо інтероперабельності даних, обміну між виробниками та споживачами геоінформації, відкритості та актуалізації. Фактично Україна приєдналася до країн ЄС, які згідно з Директивою 2007/2/ЄС INSPIRE розбудовують національні інфраструктури просторової інформації [13]. INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) – це директива ЄС, що набула чинності у 2007 році і зобов'язує країни-члени створити сумісні інфраструктури просторових даних для ефективного обміну геопросторовою інформацією [14].

Закон України про НІГД багато в чому подібний до INSPIRE. Він охоплює 34 базові набори геопросторових даних, дає визначення поняттям, визначає метадані, сервіси доступу, вимоги до стандартизації та оновлення даних.

На виконання Закону про НІГД Кабінет Міністрів та профільні міністерства прийняли ряд нових актів. Зокрема, у жовтні 2023 року наказом Мінагрополітики №1888 затверджено «Порядок створення та функціонування бази топографічних даних» [16]. Цей відомчий акт фактично запускає перехід від картографування у вигляді окремих аркушів до безперервного ведення єдиної бази топографічних даних України. Порядок визначає структуру бази, рівні деталізації, порядок внесення змін та розподіл відповідальності між органами за оновлення конкретних наборів даних. Передбачено функціонування спеціалізованого геопорталу, через який буде здійснюватися доступ до топографічної інформації та оновлення даних в режимі онлайн. Важливо, що впровадження бази топоданих супроводжується прийняттям національних стандартів, узгоджених з міжнародними.

Україна поступово переймає міжнародні стандарти картографічної діяльності. Нормативні документи спираються на серію стандартів ISO 19100 «Географічна інформація/Geomatics», адаптованих як національні ДСТУ. Зокрема, запроваджено ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних», розроблений у співпраці з експертами ІСА (Японія) під потреби НІГД [17]. Цей стандарт встановлює єдині правила створення концептуальних схем геоданих і кодування інформації, спираючись на базові міжнародні стандарти ISO 19107 (просторова схема), ISO 19108 (часова схема), ISO 19110 (каталог об'єктів) та інші [17].

В результаті впровадження ДСТУ 8774 та пов'язаних стандартів, в Україні уніфіковано структуру даних для топографічних і тематичних баз даних. Всі дані повинні відповідати затвердженим каталогам об'єктів, класифікаторам та інше [18]. Також прийнято низку стандартів організації баз топографічних даних, що деталізують технологічні вимоги, наприклад, щодо точності, умовних знаків у цифровому вигляді, форматів обміну даними тощо [18].

Висновки до розділу 1

1. Розглянуто ключові поняття, що лежать в основі процесу актуалізації топографічних карт. Визначено, що актуалізація є комплексом заходів, спрямованих на приведення змісту картографічної продукції у відповідність до сучасного стану місцевості. Проаналізовано поняття топографічної карти як просторово-образної моделі місцевості, що об'єднує координатну структуру з уніфікованою системою умовних знаків, забезпечуючи зручне та точне представлення геопросторової інформації. Встановлено важливість переходу до цифрових форматів, які забезпечують вищу ефективність, оперативність оновлення та інтеграцію з ГІС.

2. Проаналізовано методичні підходи до оновлення топографічних карт, серед яких виокремлено використання аерофотознімання, супутникового моніторингу, наземних геодезичних знімачів та автоматизованих засобів ГІС. Установлено, що сучасні технології дозволяють реалізувати як періодичне, так і безперервне оновлення картографічної інформації. Обґрунтовано доцільність застосування комплексного підходу, що поєднує дистанційні методи збору даних з редакційно-картографічним опрацюванням. Визначено роль цифрових моделей рельєфу, баз топографічних даних та автоматизованих процедур топологічного контролю в забезпеченні точності та достовірності оновленої карти.

3. Досліджено нормативно-правову базу, що регулює процес створення й оновлення топографічних карт в Україні. Виокремлено основні документи, зокрема Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», Постанову КМУ № 661 від 04.09.2013 р. та «Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000–1:1 000 000». Проаналізовано положення Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», який визначає принципи ведення цифрової бази топографічних даних. Встановлено, що сучасне нормативне поле вимагає від виконавців дотримання чітко структурованих технологічних та якісних вимог до картографічної продукції.

У підсумку, розділ 1 окреслює теоретичне та правове підґрунтя процесу оновлення топографічних карт, що охоплює понятійний апарат, методичні підходи, нормативні вимоги й технологічні принципи. Актуалізація розглядається як

невід’ємна складова сучасного картографування, що поєднує традиційні методи з цифровими технологіями та базується на міжнародно визнаних стандартах точності, регулярності та якості геопросторових даних.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА І ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ АКТУАЛІЗАЦІЇ ТОПОГРАФІЧНИХ КАРТ

2.1. Методологічні основи процесу актуалізації цифрових топографічних карт

У сучасних умовах стрімких змін у просторі та часі процес актуалізації топографічних карт набуває пріоритетного значення в системі геопросторового забезпечення держави. Методологія цього процесу охоплює сукупність принципів, методів, інструментів і технологічних етапів, що забезпечують оперативне та достовірне оновлення картографічної інформації на основі актуальних джерел просторових даних.

Процес оновлення цифрових топографічних карт складається з низки послідовних етапів (Рис.2.1), які охоплюють збір та підготовку вихідних даних, аналіз змін, цифрування векторних шарів і перевірку якості [19].

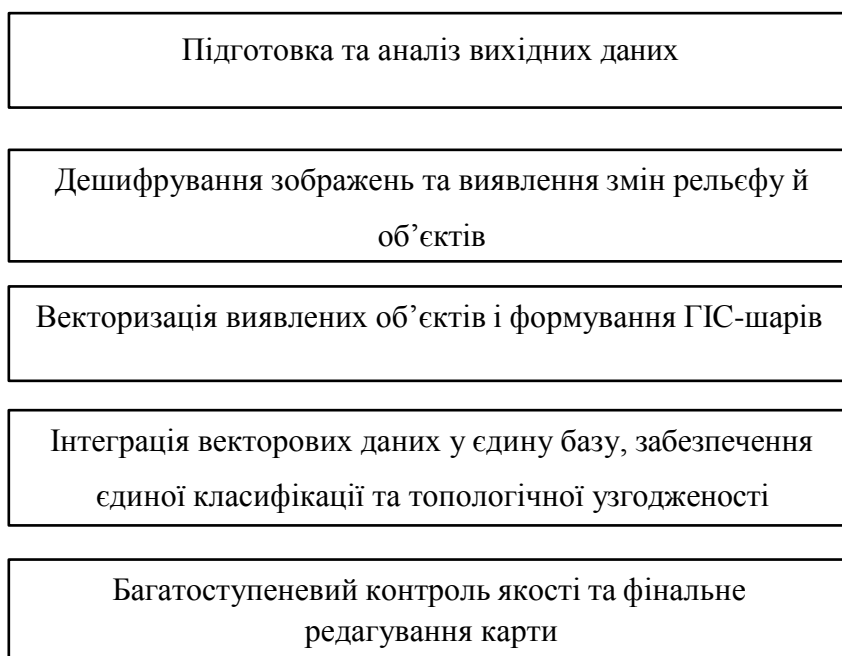


Рис.2.1. Основні етапи процесу оновлення цифрових топокарт

Складено за даними: [20]

Практична актуалізація топографічних карт здійснюється на основі різноманітних геопросторових даних, серед яких:

- бази геоданих у форматі *.gdb;
- геоприв'язані растрові відбитки карт відповідного масштабу у форматі *.tif;
- ортофотоплани у форматі *.tif;
- сучасні супутникові знімки високої роздільної здатності у форматі *.tif [20].

Першим кроком є збір та підготовка вихідних даних. Отримані растрові зображення піддаються процедурі геоприв'язки з використанням контрольних точок, що забезпечує їх приведення до єдиної системи координат та мінімізацію геометричних спотворень.

Паралельно проводиться аналіз даних наявних джерел, визначають їх придатність для оновлення карти. Зібрані дані перевіряються на предмет актуальності. Оцифровані наявні карти та тематичні джерела (наприклад, навігаційні карти) можуть залучатися як допоміжні матеріали для звірки та деталізації окремих елементів місцевості.

Важливо забезпечити узгодженість між різними шарами даних – зокрема, дані рельєфу (модель висот) повинні корелювати з гідрографічними об'єктами при оновленні берегової лінії водойм [21]. Такий комплексний підхід, що базується на взаємоперевірці інформації з різних джерел, забезпечує високу точність та повноту оновленої карти.

Крім того, використовуються довідкові джерела. Наприклад, база географічних назв, схема залізниць і автодоріг України, а також нормативні документи, зокрема «Умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000» та список скорочень, які використовуються на таких картах.

Наступним етапом є виявлення змін та дешифрування даних дистанційного зондування. Застосування методів ДЗЗ, зокрема аналіз супутникових знімків високої роздільної здатності (спектральний, текстурний та просторовий аналіз), є найбільш ефективним для оперативного виявлення змін на місцевості. Результати

дешифрування можуть верифікуватися шляхом польових досліджень або порівняння з іншими актуальними джерелами інформації.

Далі відбувається векторизація об'єктів та формування оновленої ГІС-бази. Нанесення нових або змінених об'єктів у вигляді лінійних, площинних чи точкових елементів на цифрову основу. При цьому особливу увагу приділяють точності розташування, топологічній коректності та відповідності умовним позначенням, прийнятим для даного масштабу.

Окреме значення має оновлення об'єктів, які були частково змінені (наприклад, реконструкція будівель, розширення дорожньої мережі, зникнення водних об'єктів). Ці зміни редагуються з урахуванням наявної бази даних і логіки просторових взаємозв'язків [20, 22].

Для підвищення ефективності процесу широко застосовується автоматизація. Використовують інструменти ГІС (скрипти, модулі обробки), що дозволяють обробляти великі масиви даних. Наприклад, в ArcGIS можна створювати моделі геопроектингу. Застосування скриптів і ГІС-макросів суттєво скорочує час редагування і гарантує однаковість методів для всіх аркушів.

Завершальним етапом є контроль якості та редагування результатів. Застосовується багаторівнева система верифікації, яка включає автоматизований топологічний та атрибутивний контроль (перевірка на цілісність лінійних об'єктів, закритість полігонів тощо) та подальший перегляд результатів кваліфікованими картографами. Кожен номенклатурний аркуш проходить перевірку на точність геоприв'язки та відповідність відображення деталей місцевості. Виявлені помилки підлягають багаторазовому редагуванню до повного їх усунення [20].

Методологія актуалізації цифрових топографічних карт базується на поєднанні класичних картографічних прийомів з найсучаснішими технологіями збору й обробки геоданих. Комплексне використання різних джерел інформації (дані ДЗЗ, існуючих картографічних матеріалів) в середовищі ГІС забезпечує повне та точне відображення поточних реалій на картах [21]. Сучасні технології значно прискорили процес оновлення картографічних матеріалів порівняно з традиційними підходами і дають змогу підтримувати топографічні бази даних у майже реальному режимі часу [23].

Процес створення та оновлення цифрової топографічної карти включає низку послідовних етапів, кожен з яких має свої особливості, методи виконання та набір інструментів. У таблиці 2.1. наведено основні етапи цього процесу, їх короткий опис, а також використовувані інструменти та джерела даних.

Таблиця 2.1.

Етапи та особливості процесу оновлення топографічної карти

Етап	Опис	Використані інструменти, джерела
Збір даних	Збір геоданих, ортофотопланів, супутникових знімків	*.gdb, *.tif, супутникові знімки
Геоприв'язка	Приведення даних до єдиної системи координат	Контрольні точки, ГІС-програми
Виявлення змін	Аналіз змін за допомогою дистанційного зондування	Супутникові знімки, спектральний аналіз
Векторизація	Цифрування об'єктів у ГІС-базу	ArcGIS, топологічна коректність
Автоматизація	Використання скриптів і моделей геопроектингу	ArcGIS, Python-скрипти
Контроль якості	Автоматизована та ручна перевірка точності й топології	ГІС-інструменти, верифікація картографами

2.2. Генерація топографічних карт

Оскільки карта є спрощеною моделлю реальності, ключовим етапом є генералізація. Механізм відбору та узагальнення об'єктів місцевості з урахуванням масштабу, призначення та інформаційної місткості карти. Генералізація не лише забезпечує читабельність картографічного зображення, а й грає вирішальну роль у підтримці їх актуальності, дозволяючи інтегрувати зміни в інфраструктурі та інших елементах простору. В результаті, правильне застосування генералізації слугує запорукою ефективного представлення геопросторової інформації для користувачів.

2.2.1 Поняття генералізації та зв'язок із оновлення топографічних карт

Карта не є точною копією реального світу, а лише його масштабованим відображенням. Це стосується як друкованих, так і цифрових карт. Оскільки неможливо передати всі деталі місцевості, застосовують відбір та узагальнення об'єктів, що називається генералізацією.

Генералізація відіграє важливу роль у процесі актуалізації та оновлення топографічних карт, оскільки вона забезпечує правильне відображення оновлених даних відповідно до масштабу карти та її призначення.

Картографічна генералізація - це процес відбору та узагальнення важливих елементів місцевості для їх відображення на карті [24]. Цей процес передбачає виділення основних та найбільш характерних особливостей території, враховуючи при цьому масштаб карти, її призначення та тематику. Простіше кажучи, це спосіб спрощення реальної місцевості для її зручного та зрозумілого представлення на карті, при якому зберігаються всі суттєві характеристики території.

Генералізація – це певна, складена сукупність процесів, заснована насамперед на логіці і відображена в графічному оформленні карти, що у свою чергу робить можливим правильне сприйняття та інтерпретацію картографічного зображення [25].

У контексті актуалізації топографічних карт генералізація виконує подвійну функцію. З одного боку, вона забезпечує правильне відображення оновлених даних відповідно до масштабу карти та її призначення. З іншого боку, слугує інструментом аналізу та виявлення змін на території, яка картографується.

Як вже було зазначено, під час процесу генералізації відбувається детальний аналіз актуального стану місцевості. Під час цього аналізу виявляються зміни, що відбулися з моменту останнього оновлення карти, наприклад, зникнення природних об'єктів (пересихання ставків, озер, зміна русла річок) руйнування або знесення будівель і споруд зміни в інфраструктурі (поява нових доріг, мостів, комунікацій), зміна рослинного покриву (вирубка лісів, нові насадження).

При створенні або оновленні будь-якої карти, навіть у найбільшому масштабі, неможливо точно передати всі об'єкти місцевості. Деякі з них доводиться

узагальнювати або навіть виключати, щоб зберегти зрозумілість карти. У підсумку на обмеженій площі карти залишаються лише найважливіші об'єкти, які мають найбільше значення для орієнтації та розуміння місцевості.

Тому важливим етапом є вибір об'єктів та їх спрощення. Менш значущі деталі усуваються, а ключові елементи підкреслюються, щоб карта була зрозумілою та зручною для використання.

На процес генералізації впливають різні чинники, наприклад, масштаб карти, її призначення, тематика, тип та характеристики об'єктів, рівень їх вивченості. Врахування цих чинників допомагає створити карту, яка передає найважливішу інформацію, зберігаючи її точність і читабельність.

Як вже було зазначено, важливою складовою генералізації у картографії є збереження балансу між деталізацією та читабельністю карти. Занадто велика кількість деталей може зробити карту перенасиченою та важкозчитуваною, особливо на менших масштабах. Тому картографи вирішують, які елементи слід узагальнити або виключити, щоб забезпечити зрозуміле та ефективне використання карти.

На рисунках 2.2 та 2.3 представлено порівняння початкових (Initial data) та узагальнених (Generalized data) просторових даних, де видно зменшення дрібних деталей, згладжування контурів і покращення структури об'єктів для подальшого використання на топографічних картах відповідного масштабу.

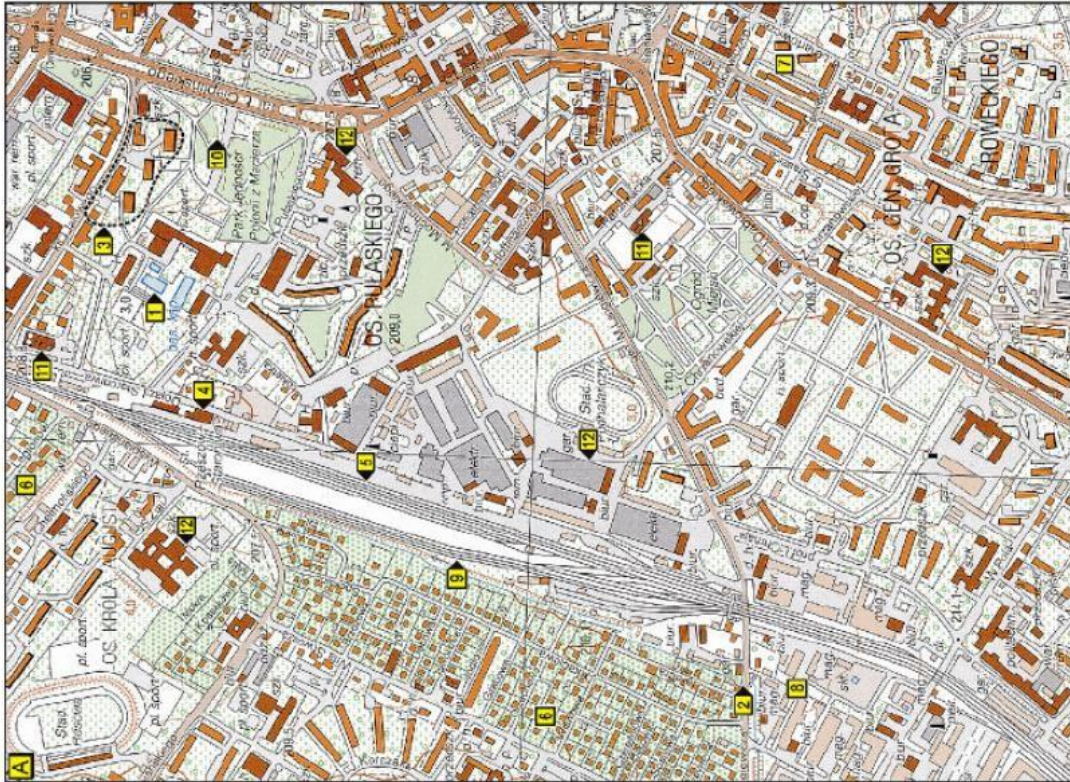


Рис.2.2. Фрагмент негенералізованої топографічної карти

Джерело: [25]



Рис. 2.3. Фрагмент генералізованої топографічної карти

Джерело: [25]

2.2.2. Основні види генералізації

У процесі створення та оновлення топографічних карт ми маємо справу з п'ятьма основними видами генералізації, які є одночасно є етапами процесу генералізації:

- вибір системи категоризації для представлених об'єктів і їх класифікація;
- вибір об'єктів;
- узагальнення або виключення кількісних характеристик;
- заміна площинних умовних знаків на точкові або лінійні;
- спрощення контурів об'єктів [25].

Вибір системи категоризації для представлених об'єктів і їх класифікація.

На цьому етапі визначаються категорії об'єктів, які необхідно зобразити на карті, і виконується їх класифікація. Важливим завданням є виключення менш значущих категорій, які складно або неможливо чітко відобразити на карті з меншим масштабом. Наприклад, на карті масштабу 1:50 000 не зображаються автобусні зупинки, світлофори і т.д, хоча на масштабі 1:10000 ці об'єкти зображаються.

Вибір об'єктів. Вибір об'єктів у кожній категорії. Після визначення категорій обираються конкретні об'єкти, які будуть представлені. Для цього використовуються кількісні та якісні критерії. Кількісні критерії включають площу, довжину, ширину та густоту об'єктів. Якісні критерії враховують функціональність об'єктів, їх значення для орієнтації та просторові відношення до інших об'єктів.

Варто згадати про норма відбору – це поріг, який визначає ступінь відбору об'єктів, середнє значення їх ознак під час узагальнень. Правила виділення визначають кількість території на карті.

Узагальнення кількісних характеристик. На цьому етапі зменшується деталізація об'єктів, щоб адаптувати їх до меншого масштабу. Наприклад, на карті масштабу 1:50 000 збільшується інтервал між горизонталями рельєфу з 5 м до 10 м.

Заміна площинних символів на точкові або лінійні. Якщо об'єкти занадто малі для адекватного відображення у масштабі, вони замінюються символами. Наприклад,

малі ліси або вузькі річки замість площинного відображення можуть бути позначені лініями, а малі будівлі – точковими символами. Це дозволяє спростити зображення, не втрачаючи ключової інформації про об'єкти.

Спрощення контурів об'єктів. Багато об'єктів реального світу (річки, контури доріг, межі тощо) мають дуже складну, звивисту конфігурацію, яку неможливо детально відтворити на карті без втрати ясності. На цьому етапі зменшується кількість деталей у контурах, усуваються дрібні нерівності та прогалини. Також можуть об'єднуватися суміжні області, якщо вони покриті одним типом рослинності або мають схожу характеристику. Наприклад, лісові прогалини площею менше 1 га можуть не зображатися, а сусідні невеликі ділянки одного типу рослинності об'єднуються.

Спрощення забезпечує покращення читабельності карти. Усунення надлишкових деталей запобігає злиттю ліній і символів при друку чи масштабуванні, дозволяючи чітко розрізняти об'єкти. Важливо, що спрощення проводиться обережно, аби не спотворити загальну форму та взаємне розташування об'єктів.

Види генералізації, описані вище, відповідають основним етапам цього процесу. Спочатку визначають, які категорії об'єктів потрібно показати, потім вибирають конкретні об'єкти з кожної категорії. Якщо потрібно, виконують узагальнення їхніх кількісних характеристик. На завершення обирають спосіб зображення залежно від розміру об'єктів. Наприклад, якщо контури об'єктів занадто складні, їх спрощують, щоб зробити зображення зрозумілішим.

Ці види генералізації застосовуються для карт різних масштабів. Може змінюється лише кількість категорій і вимоги до їхніх характеристик. Для дрібномасштабних карт велике значення має вибір контурів і спрощення.

Зазначені п'ять видів генералізації зазвичай застосовуються комплексно, доповнюючи один одного. Практика показує, що для отримання якісної карти необхідно збалансувати всі ці операції, аби не відбулося грубого порушення просторових взаємозв'язків між об'єктами. Наприклад, сильне спрощення ліній повинно врівноважуватися збереженням ключових точок.

В результаті такого цілісного підходу топографічна карта отримує оновлений, узгоджений зміст, що відповідає вимогам стандартів і залишається зручним для користування. Генералізація забезпечує необхідну читабельність карти. Всі показані об'єкти чітко читаються і не конфліктують один з одним. Відповідність змісту встановленим вимогам для відповідного масштабу (склад і щільність об'єктів, рівень деталізації, точність позиціювання тощо).

2.3. Програмне забезпечення та інструменти для актуалізації цифрових топографічних карт

2.3.1. Сучасне програмне забезпечення для роботи з просторовою інформацією

Сучасні геоінформаційні системи (ГІС) забезпечують широкі можливості для інтеграції, обробки та аналізу різнорідних геопросторових даних, що робить їх незамінним інструментом для актуалізації цифрових топографічних карт.

Найбільш поширеними програмами, які використовуються для обробки та оновлення топографічних карт, є:

QGIS – безкоштовне програмне забезпечення з відкритим кодом, яке пропонує широкий функціонал для редагування та візуалізації картографічних даних.

MapInfo – універсальна геоінформаційна система, що дозволяє ефективно працювати з просторовими даними, включаючи їх аналіз та оновлення.

Digitals – сучасне програмне забезпечення для створення та редагування цифрових топографічних карт. Digitals надає можливість комплексної обробки геоданих, включаючи автоматизовану генералізацію, обчислення площ та довжин, а також підтримку різних форматів просторових даних.

AutoCAD — інноваційний продукт компанії Autodesk, який десятиліттями залишається індустріальним стандартом для професіоналів у сфері проектування, інженерії, архітектури та дизайну. Його універсальність, потужний функціонал та

адаптація до глобальних вимог роблять його незамінним інструментом для понад 20 мільйонів користувачів у 150+ країнах.



Рис. 2.4. Логотипи програмного забезпечення

Джерела: [26,27,28,29]

ArcGIS – вважається одним з найпопулярніших та потужних ГІС-програмного забезпечення. Він має широкий функціонал для аналізу, візуалізації та обробки геопросторових даних.



Рис. 2.5. Логотип програмного забезпечення ArcGIS

Джерело: [30]

На думку багатьох картографів, геодезистів та ГІС-спеціалістів, ArcGIS є незамінним інструментом для проведення просторового аналізу, створення та оновлення цифрових карт. Його функціонал охоплює широкий спектр інструментів ГІС-аналізу, просторового моделювання та роботи з геоданими. Ця система надає широкі можливості для створення, редагування, аналізу та візуалізації картографічних даних, а також інтеграцію з даними дистанційного зондування Землі.

Завдяки цьому ArcGIS залишається ключовим програмним забезпеченням у сучасній геоінформаційній сфері.

ArcGIS є одним із найпотужніших і найпопулярніших програмних комплексів для проведення, що робить її незамінною для фахівців у сфері геоінформаційних технологій, геодезії та картографії.

Таблиця 2.2

Порівняння ПЗ для роботи з просторовою інформацією

Назва ПЗ	Переваги	Недоліки	Функції для створення топокарт
QGIS	Безкоштовний, відкритий код, підтримка багатьох форматів, розширення через плагіни, потужний просторовий аналіз	Складний для новачків, іноді поступається комерційним рішенням у швидкості та стабільності	Генералізація, просторовий аналіз, тематичні шари, підтримує різні системи координат, включають перетворення між ними
MapInfo	Інтуїтивний інтерфейс, гнучкість у роботі з просторовими даними, інтеграція з CAD, аналітика ринків	Висока вартість, обмежена підтримка складних геопроцесів	Буферизація об'єктів, просторові запити, інтеграція з різними джерелами даних, включаючи CAD
Digitals	Спеціалізоване ПЗ для топокарт та планів, автоматизація генералізації, обчислення площ та довжин, підтримка різних форматів	Менш відоме, обмежена спільнота, вузька спеціалізація	Автоматизована генералізація, обчислення площ, бібліотека умовних знаків, відповідно до стандартів
AutoCAD	Висока точність креслень, 3D-модельовання, інтеграція з іншими CAD/ГІС	Висока вартість, складний інтерфейс, обмежена ГІС-функціональність без додаткових модулів	Геореференція креслень, робота з растровими шарами, експорт у GIS-сумісні формати
ArcGIS	Потужний просторовий та статистичний аналіз, розширена 2D/3D візуалізація, обробка великих обсягів даних, багатофункціональні	Високі вимоги до характеристик ПК, висока ціна, іноді повільна робота на слабких ПК	Інструменти генералізації, створення та перевірка контурів, автоматизація підписів, 3D-картографія, аналіз великих даних,

	інструменти для створення та оновлення топокарт і планів , активна підтримка ESRI, інтуїтивний інтерфейс, підтримка машинного навчання, багатошарові макети, інтеграція з хмарними сервісами		створення топографічних продуктів за стандартами, глибокий просторовий аналіз, машинне навчання для аналізу картографічних даних, гнучка робота з системами координат, геопросторовий аналіз, імпорт/експорт багатьох форматів
--	--	--	--

Порівняльний аналіз сучасного програмного забезпечення для роботи з просторовою інформацією показує, що кожен із розглянутих програмних продуктів має свої переваги та обмеження, які визначають доцільність їх використання у конкретних умовах. Безкоштовні рішення, такі як QGIS, є доступними та функціональними, однак потребують певної підготовки користувача.

Найбільш універсальним і функціонально насиченим інструментом у сфері створення та актуалізації цифрових топографічних карт залишається ArcGIS, завдяки глибокому просторовому аналізу, широкому набору інструментів для генералізації, інтеграції з іншими даними та підтримці інноваційних технологій.

2.3.2. Можливості ПЗ ArcGIS Pro у процесі актуалізації цифрових топографічних карт

ArcGIS Pro є потужним інструментом для роботи з геопросторовими даними, який надає широкий спектр функцій для актуалізації цифрових топографічних карт. Цей програмний продукт інтегрує інноваційні технології, що дозволяють ефективно оновлювати, аналізувати та візуалізувати географічну інформацію. ArcGIS Pro у цьому контексті має багато можливостей починаючи з інструментів геообробки (Geoprocessing), базових інструментів редагування, засобів генералізації, а також функції створення та роботи з цифровою моделлю рельєфу.

ArcGIS Pro надає комплексний набір базових інструментів редагування (Рис. 2.6), які є фундаментом для ефективної роботи з геопросторовими даними під час актуалізації топографічних карт.

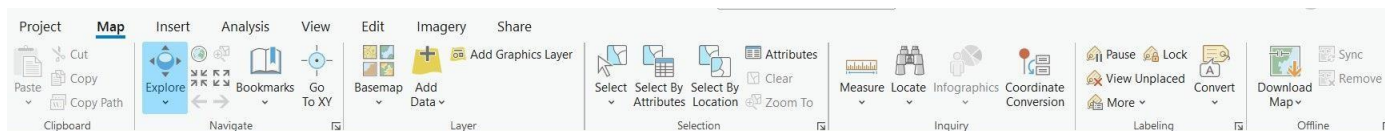


Рис. 2.6. Панель інструментів Edit

Створення об'єктів (Create Features).

Ця група інструментів призначена для додавання нових об'єктів на карту з урахуванням їхньої геометрії (точки, лінії, полігони) та атрибутів (Рис. 2.7.). Ключові можливості:

Шаблони об'єктів: попередньо налаштовані шаблони для швидкого створення типових елементів (наприклад, доріг, річок, будівель). Користувач може вибирати тип геометрії та задавати атрибути (назва, категорія, статус) безпосередньо під час малювання.

Точний ввід координат: функція Absolute X,Y дозволяє вручну вводити координати об'єкта, що критично для відтворення інфраструктури з проектною документації.

Прив'язка (Snapping): автоматичне прилипання курсора до вузлів, вершин або країв існуючих об'єктів, що забезпечує точність розташування нових елементів (наприклад, з'єднання доріг без розривів).

Конструктори геометрії: інструменти Circle, Rectangle, Freehand для малювання складних форм, а також Stream для створення ліній у режимі "від руки" з автоматичним згладжуванням.

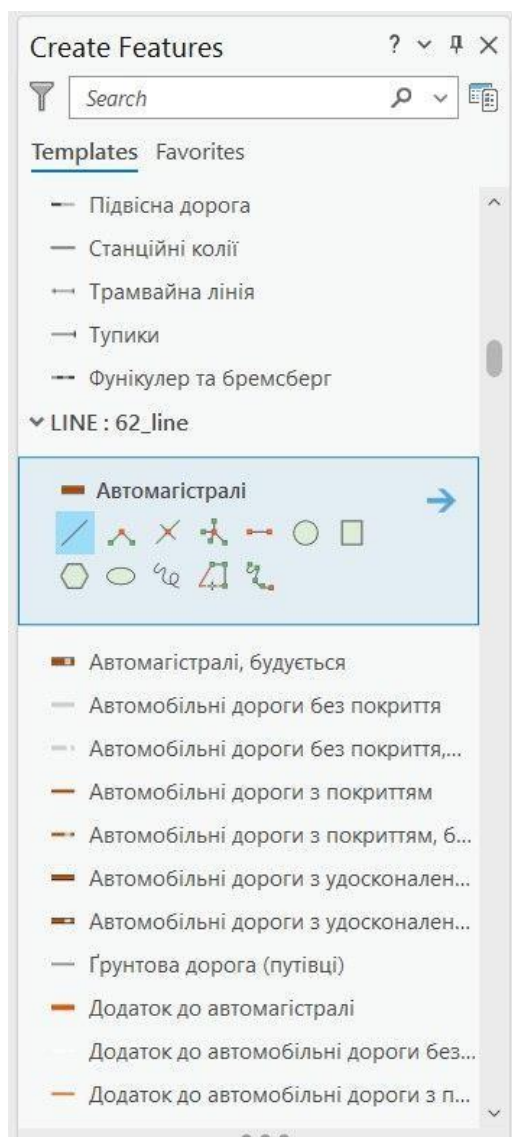


Рис. 2.7. Вкладка вибору об'єкта для створення

Модифікація об'єктів (Modify Features).

Інструменти цієї категорії (Рис. 2.8.) дозволяють коригувати форму, положення та взаємозв'язки між об'єктами:

Редагування вершин (Vertices Edit): додавання, видалення або переміщення вершин полігонів/ліній для точного відображення змін у ландшафті, наприклад, корекція меж лісів після вирубки.

Split — поділ ліній або полігонів на частини (наприклад, розділення земельної ділянки при зміні власника).

Merge — об'єднання сусідніх полігонів у єдиний об'єкт (актуально для узагальнення зон забруднення).

Трансформація:

Move — переміщення об'єктів з можливістю задати вектор зсуву.

Rotate — поворот на певний кут (корисно для вирівнювання об'єктів відносно ортофотоплану).

Scale — збільшення/зменшення розміру зі збереженням пропорцій.

Топологічні інструменти:

Planarize Lines — автоматичне створення перетинів ліній (наприклад, для мережі комунальних мереж).

Align Features — вирівнювання об'єктів відносно обраного еталону.

Це лише невелика частина інструментів панелі Modify Features, яка містить широкий набір функціональних можливостей для редагування просторових об'єктів у середовищі ArcGIS Pro. Завдяки гнучкості налаштувань ці інструменти адаптуються до будь-яких завдань цифрового картографування, забезпечуючи точність і ефективність редагування.

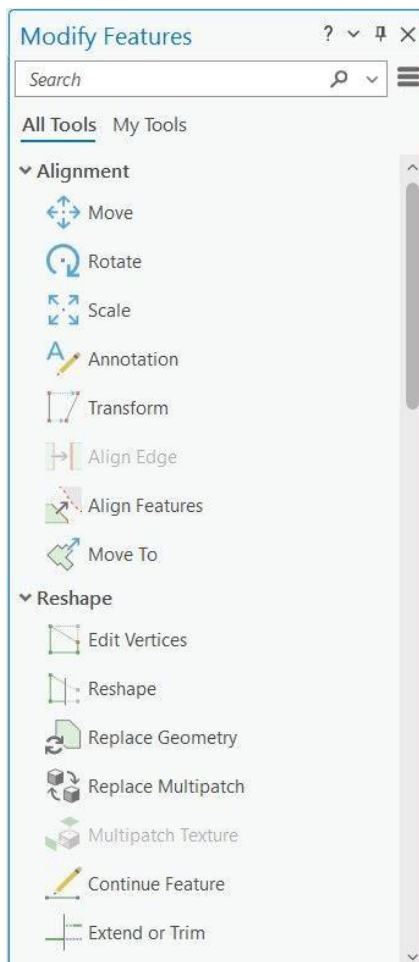


Рис. 2.8. Інструменти *Modify Features*

Робота з атрибутивною інформацією (Attribute Table Editing).

Оновлення атрибутів є невід'ємною частиною актуалізації карт. ArcGIS Pro пропонує:

Пряме редагування в таблиці: зміна значень у полях (наприклад, оновлення назви вулиці або типу покриття дороги).

Field Calculator: Використання математичних виразів або логічних операторів для масового оновлення даних (наприклад, присвоєння категорії дороги за її шириною).

Інтеграція Python-скриптів для складних обчислень (наприклад, розрахунок довжини лінійних об'єктів у проекціях зі спотвореннями).

Посилання на зовнішні бази даних: імпорт атрибутів з Excel або CSV-файлів через інструмент Join.

Валідація даних: налаштування доменів (списків допустимих значень) та правил для полів (наприклад, обов'язковість заповнення поля "Висота" для будівель).

Геоприв'язка (Georeferencing).

Для інтеграції старих карт або аналогових матеріалів ArcGIS Pro пропонує інструменти ***Georeferencing***.

Растрові дані надходять із різних джерел, таких як супутникові знімки, аерофотознімки та скановані карти. Хоча сучасні супутникові та аерофотознімки зазвичай мають точні координати, інколи потрібні незначні коригування для узгодження з іншими ГІС-даними. Відскановані карти та історичні матеріали зазвичай не містять просторової прив'язки, тому для їх коректного використання необхідно застосовувати точні координати, щоб інтегрувати їх у систему координат карти. Визначення цієї системи здійснюється через картографічну проекцію, яка дозволяє відобразити криву поверхню Землі на площині [31].

Прив'язка додаткових джерел інформації дає змогу ефективно переглядати, запитувати та аналізувати їх у поєднанні з іншими географічними даними.

Починаємо прив'язку з додавання опорних точок (Control Points). Цей процес передбачає прив'язку сканованої карти шляхом визначення спільних точок.

Наприклад, такими точками можуть бути перехрестя доріг, мости, геодезичні знаки або інші стабільні об'єкти, які зберегли свою локацію з часу створення оригінальної карти. Також це можуть бути сітка ниток, якщо карти мають однакову номенклатуру та масштаб. Після визначення опорних точок ArcGIS Pro застосовує методи трансформації для корекції геометричних спотворень.

Для трансформації даних використовуються різні методи:

- Affine забезпечує лінійне перетворення, включаючи зміщення, масштабування та обертання;

- Polynomial допомагає скоригувати нелінійні спотворення, що особливо актуально для аерофотознімків;

- Spline застосовується для карт із локальними деформаціями, забезпечуючи високу точність прив'язки.

Оцінка точності трансформації здійснюється за допомогою інструменту RMS Error, який аналізує похибки після виконання геоприв'язки.

Після завершення всіх коригувань результати можна експортувати у вигляді геоприв'язаного зображення, яке інтегрується у векторні шари для подальшої роботи в ГІС-системі.

Додаткові функції.

Інструменти Measure Distance (вимірювання відстані) та Measure Area (вимірювання площі) дозволяють перевіряти геометрію об'єктів, що є важливим для контролю відповідності реальним параметрам місцевості, наприклад, довжини доріг або площі водних об'єктів.

Символологія в ArcGIS Pro надає можливість миттєво змінювати візуальні параметри об'єктів, колір, товщину ліній, шаблони заливки, що спрощує візуальний контроль якості редагування.

Програмне забезпечення включає інструменти анотацій, які дають змогу додавати текстові підписи з гнучким форматуванням (шрифт, розмір, кут повороту), можна редагувати та змінювати відповідно до вимог шрифтів для топографічних карт різних масштабів, наприклад, для позначення назв населених пунктів.

Важливим елементом роботи є функція Undo/Redo (історія редагувань), яка дозволяє скасовувати або повертати зміни на кілька кроків назад, мінімізуючи ризик втрати даних через випадкові помилки під час корекції об'єктів.

Разом ці інструменти формують середовище, де точність, наглядність та зручність редагування поєднуються для створення якісних і актуальних топографічних матеріалів.

Також варто згадати про гарячі клавіші. У програмному забезпеченні ArcGIS Pro ефективна робота з геоданими вимагає швидкого доступу до основних інструментів та функцій. Одним із найпростіших і водночас дієвих способів оптимізації робочого процесу є використання гарячих клавіш. Вони дозволяють зменшити кількість зайвих дій, прискорити навігацію по карті, редагування об'єктів та аналіз просторових даних. Завдяки гарячим клавішам можна значно підвищити продуктивність, мінімізувати використання миші та спростити виконання рутинних операцій.

Гарячі клавіші зазвичай складаються з однієї або кількох модифікаторів (Shift, Ctrl, Alt) і однієї унікальної клавіші. Більшість команд можна викликати однією клавішею, наприклад, "A", але ModelBuilder вимагає використання модифікатора. У комбінації може бути лише одна унікальна клавіша, тому поєднання на кшталт Q+W або Alt+Q+W не підтримуються [32].

На Рис. 2.9. представлено вікно налаштування гарячих клавіш, що дозволяє користувачеві визначати власні комбінації клавіш для спрощення виконання рутинних операцій.

Таким чином, ArcGIS Pro поєднує в собі точність, автоматизацію та гнучкість, забезпечуючи якісне створення та оновлення топографічних карт. Він дозволяє не лише оперативно реагувати на зміни в просторі, але й інтегрувати дані з різних джерел у єдину систему, що робить його незамінним інструментом.

ArcGIS Pro забезпечує комплексний підхід до актуалізації цифрових топографічних карт, поєднуючи потужні інструменти аналізу, редагування та візуалізації. Використання його функціоналу дозволяє не лише підвищити точність

картографічних матеріалів, але й оптимізувати витрати часу на їхнє оновлення завдяки інтеграції сучасних технологій.

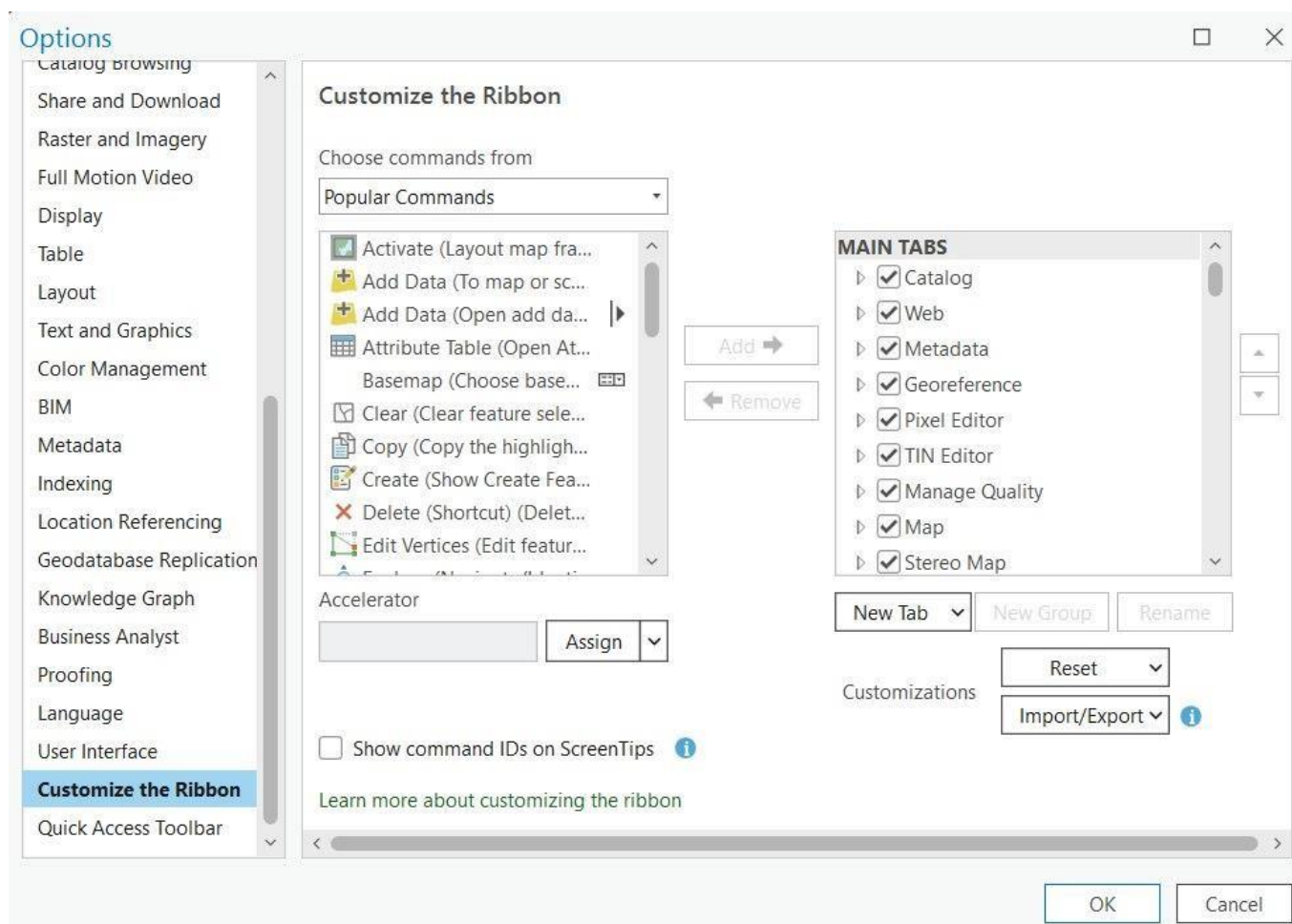


Рис. 2.9. Налаштування гарячих клавiш

2.3.3. Автоматизація в процесі актуалізації цифрових топографічних карт

Актуалізація цифрових топографічних карт є трудовмістким процесом, що передбачає оновлення картографічних даних відповідно до реальних змін на місцевості. Використання програмного забезпечення ArcGIS Pro значно полегшує цей процес завдяки можливостям автоматизації через інструменти геообробки (Geoprocessing) та мову програмування Python.

ArcGIS має універсальні та ефективні системні інструменти, які згруповані в набори інструментів. Інструменти викликаються з діалогового вікна та через

командний рядок. Їх також можна комбінувати з мовою програмування Python (Рис. 2.10.) або використовувати ModelBuilder (компонент ArcGIS).

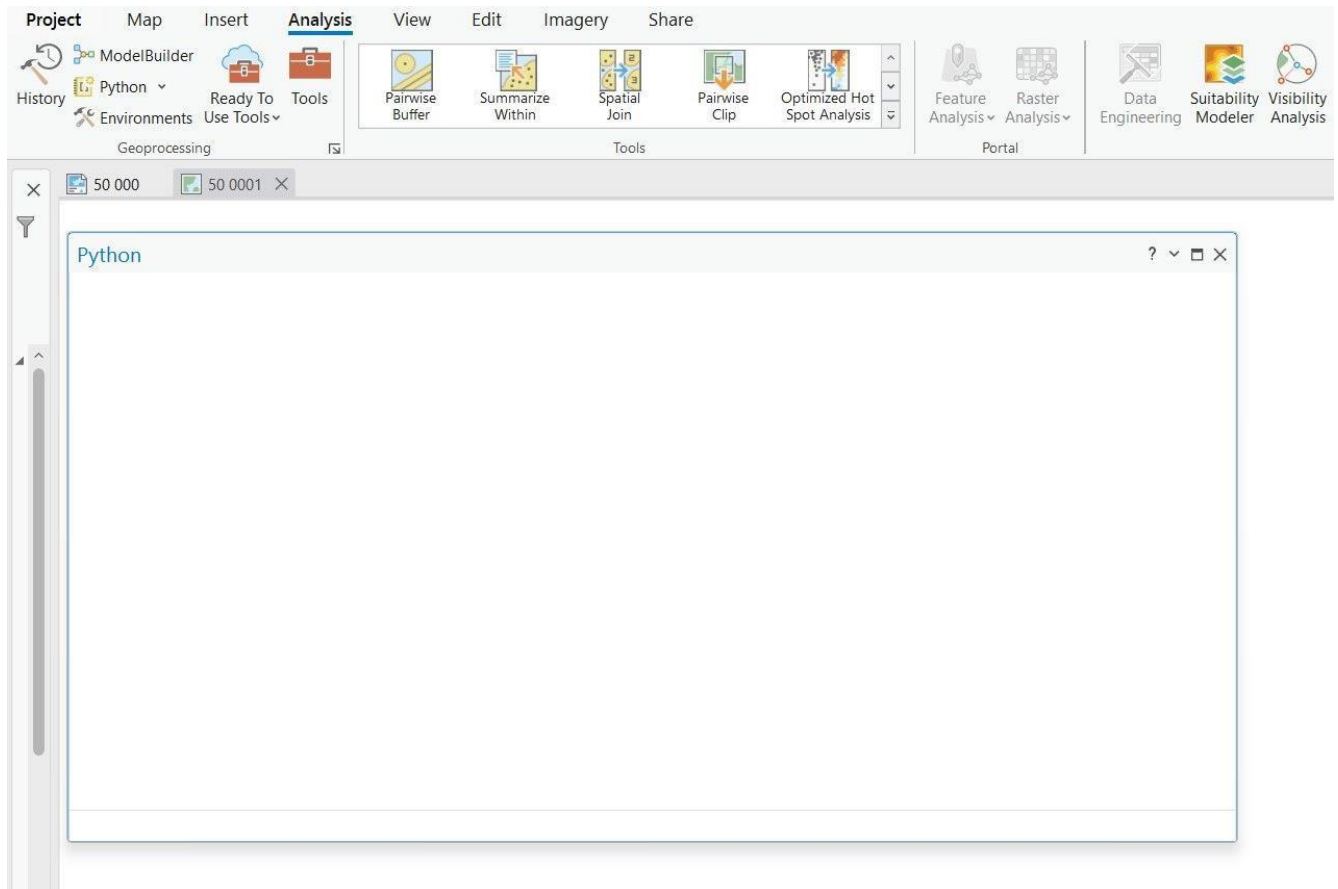


Рис. 2.10. Діалогове вікно мови програмування Python в ПЗ ArcGIS Pro

На Рис. 2.11. показано робоче вікно ModelBuilder, за допомогою якого можна створювати автоматизовані робочі процеси для обробки географічних даних. Це дозволяє виконувати послідовність операцій одним запуском, заощаджуючи час та зменшуючи кількість ручних помилок.

Python, як об'єктно-орієнтована мова програмування, підтримує принципи інкапсуляції, поліморфізму та успадкування, що робить її гнучкою та зручною для розробки програмних рішень. Водночас, на відміну від інших популярних об'єктно-орієнтованих мов, у Python відсутні деякі специфічні механізми, що часто використовуються в інших мовах програмування. Завдяки простому та зрозумілому синтаксису, Python є однією з найкращих мов для освоєння об'єктно-орієнтованого програмування та створення масштабованих застосунків [33].

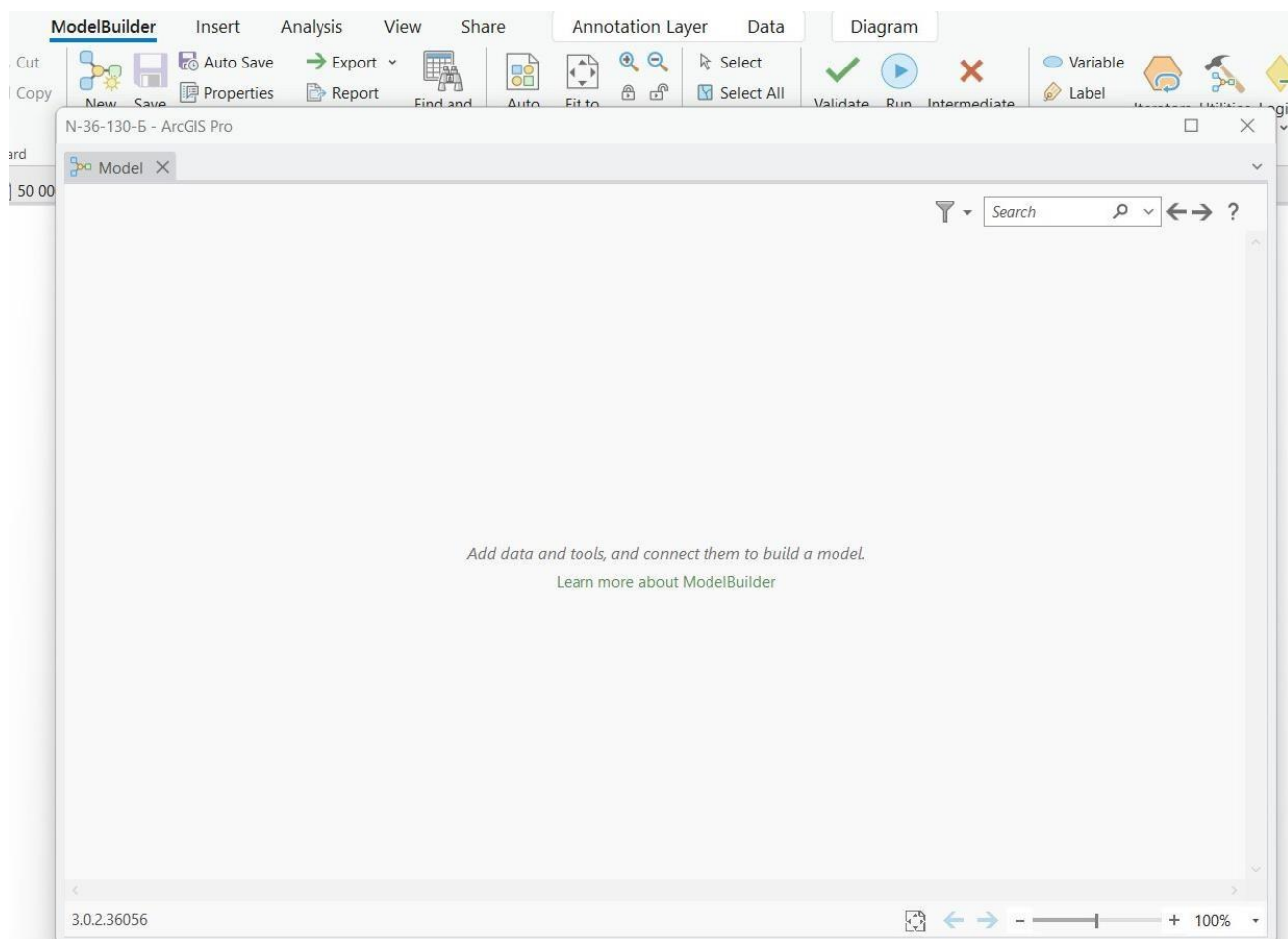


Рис. 2.11. Робоче вікно ModelBuilder

Компанія ESRI обрала Python як одну з основних мов розробки, оскільки він дає змогу легко автоматизувати виконання більшості завдань користувачів через написання відповідних скриптів. Впровадження бібліотеки ArcPy, яке відбулося у версії ArcGIS 10, суттєво полегшило створення скриптів для фахівців у сфері ГІС. Завдяки своїй гнучкості та розширюваності, Python активно використовується розробниками програмного забезпечення, а велика кількість додаткових бібліотек значно розширює його можливості [33].

Автоматизація завдань за допомогою Python це чудовий спосіб заощадити час, зменшити кількість рутинних операцій та підвищити ефективність роботи. Використовуючи спеціалізовані бібліотеки, такі як ArcPy, можна не лише оптимізувати виконання стандартних ГІС-завдань, але й розширити функціонал програмного забезпечення, створюючи власні інструменти для аналізу та обробки геоданих.

Автоматизація в роботі з цифровими топографічними картами охоплює різні напрямки, зокрема конвертацію та організацію вихідних даних, що дозволяє швидко підготувати інформацію для подальшої обробки. Також автоматизовані інструменти допомагають відстежувати та виправляти помилки, забезпечуючи високу точність даних. Генерування стандартних об'єктів і створення складних умовних позначень значно полегшує картографічне оформлення, а автоматичне вивантаження матеріалів на друк прискорює фінальний етап роботи. Однак це лише частина можливостей, які надає автоматизація, дозволяючи суттєво оптимізувати процеси створення та оновлення карт [34].

Зокрема, для актуалізації цифрових топографічних карт можна використовувати такі скрипти:

- об'єднання кварталів населених пунктів є корисним у випадках, коли після видалення певних вулиць залишаються межі, які потребують корекції для збереження цілісності картографічного зображення території;

- перетворення дрібних полігональних або лінійних об'єктів на точкові дозволяє оптимізувати картографічне зображення та спростити візуальне сприйняття даних, що особливо актуально для таких об'єктів, як кладовища, невеликі озера та ставки, греблі, дамби та мости;

- корегування розташування будівель та дворів передбачає відсунення їх від меж вулиць та доріг, або однієї будівлі від іншої, щоб уникнути накладання та покращити точність топографічного представлення забудови;

- автоматизоване створення опор та стрілок ліній електропередач (ЛЕП) у відповідних точках лінійного об'єкта дозволяє швидко та точно відобразити необхідні конструктивні елементи на карті;

- генерація масок для окремих об'єктів (наприклад, анотацій, ярів, промоїн та інших елементів рельєфу) допомагає покращити візуальне сприйняття карти, запобігаючи накладанню об'єктів та зберігаючи чіткість позначень;

- перетворення лінійних бергшрихів на точкові або коригування їхньої довжини забезпечує відповідність вимогам, що висуваються до умовного знаку;

- автоматизація процесу створення анотацій дозволяє уникнути помилок при веденні параметрів;
- класифікація горизонталей дає змогу автоматично призначати правильні атрибути горизонталей до абсолютних значень висот, що покращує точність та відповідність.

```

tmp7B7D.py - C:\Users\Яна\AppData\Local\Temp\ArcGISProTemp6724\tmp7B7D.py (3.9.11)
File Edit Format Run Options Window Help
import arcpy, math
arcpy.env.overwriteOutput = True
database=arcpy.GetParameterAsText(0)
dataset=f'{database}\\sde_25000'
temp_database=r"in_memory"
arcpy.env.workspace=dataset
def create_error_fc(database,dataset):
    error_fc=f'{database}\\Error_building'
    arcpy.CreateFeatureclass_management(database,"Error_building","POLYGON",spatial_reference=dataset)
    arcpy.AddField_management(error_fc,"Comment","TEXT",field_length=250)
    arcpy.AddField_management(error_fc,"done","SHORT")
    return error_fc
#Пряма геодезична задача
def directional_angle(Pline):
    degBearing = math.degrees(math.atan2((Pline.lastPoint.X - Pline.firstPoint.X), (Pline.lastPoint.Y - Pline.firstPoint.Y)))
    if degBearing<0:
        degBearing+=360.0
    return degBearing
#Обернена геодезична задача
def pointCalc(x,y,kut,l):

```

Рис. 2.12. Приклад коду на мові програмування Python

Географічна обробка даних зазвичай є трудомістким та повторюваним процесом, який часто потребує регулярного виконання. Бібліотека ArcPy для ArcGIS пропонує широкий набір інструментів та середовищ виконання, що дозволяють ефективно перетворити геодані. Завдяки використанню скриптів можна автоматизувати рутинні завдання, значно прискорити їх виконання та налаштувати запуск процесів у зручний для організації час, що підвищує продуктивність та зменшує ймовірність помилок [33].

Застосування скриптів та інструментів для автоматизації в процесі актуалізації топографічних карт дозволяє значно підвищити продуктивність праці, мінімізувати людські помилки та забезпечити високу якість кінцевого продукту. Автоматизований пошук та виправлення топологічних помилок є важливим етапом, що дозволяє

гарантувати коректність просторових зв'язків між об'єктами та підвищити точність геоданих.

Перевірка геометрії (топології) топографічних карт є важливим етапом контролю якості геоданих, оскільки дозволяє виявити та усунути помилки, що можуть впливати на точність картографічних матеріалів. Спочатку здійснюється перевірка структури бази геоданих (БГД), зокрема наявність необхідних класів даних, їх типів, а також відповідність атрибутивних полів встановленим вимогам. Далі виконується перевірка геометрії, яка включає виявлення мультиоб'єктів, коротких відрізків ліній, дрібних і осколкових полігонів, а також топологічних неузгодженостей між суміжними об'єктами. Особливу увагу приділяють пошуку накладань, пересічень, торкань між об'єктами та визначенню їхніх просторових відносин. Також перевіряється наявність висячих вузлів, дуг, відповідність об'єктів ортогональності та відсутність отворів у геометрії.

Окрім геометричних аспектів, важливо перевірити атрибутивні дані. Чи заповнені всі необхідні поля, чи відповідають значення встановленим умовам і форматам, а також чи збережено залежності між різними атрибутами. Виконується пошук дубльованих та унікальних значень, а також аналіз відповідності даних між таблицями різних класів [34].

Усі ці перевірки допомагають забезпечити високу якість цифрових топографічних карт і гарантують їхню точність при подальшому використанні.

Для перевірки цих всіх нюансів, також можна використовувати скрипт. В результаті перевірки ми отримуємо новий Feature Class, атрибути якого містять всіх неузгодженостей та неточностей, які потрібно виправити.

На рисунку 2.13. представлено фрагмент атрибутивної таблиці, в якій відображено результати перевірки цифрової топографічної карти, зокрема виявлені помилки в атрибутах об'єктів, відсутність або дублювання даних, а також невідповідності між геометрією об'єктів і їхнім описом.

DATA_ERRORS				
OID *	Shape *	data error		Shape Length
45	Polyline	Коротка лінія	SDE_21_line ID: 529	0,679234
46	Polyline	Коротка лінія	SDE_21_line ID: 547	0,709256
47	Polyline	Коротка лінія	SDE_21_line ID: 550	1,38216
48	Polyline	Коротка лінія	SDE_21_line ID: 557	1,374028
49	Polyline	Коротка лінія	SDE_62_line ID: 71	0,489207
50	Polyline	Коротка лінія	SDE_Kontur_rosl_line ID: 28	2,346978
51	Polyline	Коротка лінія	SDE_Kontur_rosl_line ID: 178	0,502631
52	Polyline	Коротка лінія	SDE_Kontur_rosl_line ID: 203	1,672941
53	Polyline	Коротка лінія	SDE_Kontur_rosl_line ID: 280	3,686041
54	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		74,303198
55	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		71,966601
56	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		52,958844
57	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		16,747425
58	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією		40,036127
59	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		16,982918
60	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		2,141413
61	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією		27,518192
62	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		18,870709
63	Polyline	Топологічна неузгодженість об'єктів із суміжною геометрією або дрібна геометрія		24,439166

1 (0 out of 658 Selected)

Рис. 2.13. Фрагмент атрибутивної таблиці з результатами перевірки топографічної карти

Висновки до розділу 2

1. Розглянуто теоретико-методологічні та технологічні аспекти актуалізації цифрових топографічних карт. Проаналізовано сучасні підходи до оновлення картографічної інформації, що включають використання актуальних геопросторових джерел, векторизацію, дешифрування знімків дистанційного зондування та багаторівневий контроль якості.

2. Підкреслено, що успішна актуалізація топографічних карт базується на чіткому дотриманні методологічної послідовності етапів — від підготовки вихідних матеріалів до фінального редагування. Ключовим аспектом є виявлення змін, які відбулися на місцевості, із подальшим внесенням їх до ГІС-бази, що забезпечує високий рівень відповідності змісту карти реальній ситуації. Особливу увагу приділено ролі генералізації, яка дозволяє адаптувати зміст карти до вимог масштабу, зберігаючи при цьому просторову логіку та інформативність. Детально охарактеризовано основні види генералізації (класифікація, відбір, спрощення, заміна тощо), які є невід’ємними етапами побудови актуальної картографічної моделі місцевості.

3. Здійснено огляд найпоширеніших ГІС-програм, що використовуються для оновлення цифрових топографічних карт, зокрема QGIS, Digital, AutoCAD та ArcGIS. Визначено, що саме ArcGIS Pro забезпечує найширший функціонал для редагування, генералізації, роботи з атрибутивною інформацією, геоприв’язки та візуального оформлення. Окрему увагу приділено інструментам автоматизації. Використання мови програмування Python для написання скриптів і геообробки дозволяє значно підвищити продуктивність праці, скоротити час виконання рутинних операцій і мінімізувати людський фактор.

Таким чином, сучасна методика актуалізації цифрових топографічних карт це складний, проте технологічно вдосконалений процес, який базується на інтеграції різномірних джерел геоданих, потужних програмних засобів та високих стандартів картографічної якості. Застосування ГІС-технологій та автоматизованих інструментів є запорукою створення актуального, точного та надійного картографічного продукту, що відповідає сучасним вимогам.

РОЗДІЛ 3. ОНОВЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ КАРТИ МАСШТАБУ 1:50000 В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ARCGIS PRO

3.1. Підготовка до роботи: налаштування середовища ArcGIS Pro та аналіз вихідних даних

На початковому етапі виконано збір та аналіз вихідних просторових даних, необхідних для створення цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000.

Вихідними матеріалами, для оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000 було використано такі дані як:

- геодезичну основу (пункти ДГМ та їхні висоти);
- цифрову модель рельєфу SRTM, попередньо векторизовані горизонталі;
- відскановані тиражні відбитки топографічних карт масштабу 1:50 000, що були основним картографічним матеріалом для відпрацювання рельєфу та елементів змісту, що підтверджувалося матеріалами космічного знімання. Старі топографічні карти також стали джерелом атрибутивної інформації про якісні та кількісні характеристики об'єктів ситуації та рельєфу. Крім того, якщо місцевість не зазнала суттєвих змін, із тиражних відбитків було перенесено такі об'єкти, як позначки висот, пункти нівелірної мережі, напрями течій, характеристики річок та каналів, номери лісових кварталів тощо;
- ортофотоплани;
- довідкові матеріали, такі як бази даних географічних назв України, карти автомобільних доріг, залізничного сполучення та електричного напруження України, карти нафтогазового комплексу, аеронавігаційні карти, карти штучних перешкод, навігаційні морські карти басейну Азовського моря, а також топографічні карти масштабу 1:10 000 на міста з населенням понад 10 тисяч осіб.

Таким чином, для забезпечення необхідної детальності було обрано вихідні матеріали, що відповідають вимогам масштабу 1:50 000. У тому числі сучасні ортофотоплани та попередні карти для оновлення ситуації.

Перед початком роботи з цифровими топографічними картами необхідно правильно налаштувати робоче середовище, що забезпечить коректне відображення всіх картографічних елементів, шрифтів та умовних позначень. Це особливо важливо для проєктів, пов'язаних зі створенням і підготовкою карт до видання. Відсутність необхідних шрифтів або некоректне підключення бази геоданих може призвести до помилок у відображенні картографічної інформації. Тому перед початком роботи слід виконати низку підготовчих дій.

Завантаження робочих і довідкових матеріалів. Насамперед слід отримати всі необхідні файли для роботи, зокрема картографічні матеріали, довідники, каталоги умовних позначень і будь-які інші супутні дані, що можуть знадобитися в процесі роботи з проєктом.

Встановлення топографічних шрифтів. Дозволить уникнути помилок у відображенні умовних позначень та підписів, що є критично важливим для точності та читабельності картографічного матеріалу. Зокрема, шрифти підписів (назв населених пунктів, річок тощо) самі по собі є елементами умовних знаків і характеризують об'єкти своїм накресленням та розміром. Тому в ArcGIS Pro додатково інстальовано шрифтові набори, рекомендовані для топографічних карт, щоб усі підписи відповідали державним стандартам.

Окремо здійснено підготовку структури геоданих. В середовищі ArcGIS Pro підключено геобазу даних, у якій організовано всі шари карти. Такий підхід узгоджується з концепцією бази топографічних даних, що створюється на основі топокарт масштабу 1:50 000 та призначена для накопичення і зберігання якісних базових геопросторових даних [36].

В геобазі налаштовано домени та класифікатори об'єктів згідно з чинним класифікатором інформації для масштабного ряду 1:10 000–1:100 000, що забезпечує уніфікацію змісту карти. Крім того, перед початком оцифрування встановлено параметри макету карти: розмір аркуша та його орієнтацію відповідно до розграфки. Аркуші топографічних карт масштабу 1:50 000 мають форму трапеції з розмірами по широті 10' і по довготі 15'. Тому рамка картографічного проєкту була зорієнтована таким чином, щоб її межі збігалися з лініями заданих меридіанів і паралелей аркуша.

Це вимагало обертання фрейму карти на невеликий кут (Data Frame Rotation Angle) для точного суміщення координатної сітки з рамкою аркуша, згідно з нормативними документами з розграфки та номенклатури карт. В результаті підготовчих дій робоче середовище ArcGIS Pro повністю налаштовано для подальшого оновлення карти.

Важливо зазначити, що не всі доступні зображення можуть бути використані як картографічна основа масштабу 1:50 000. Наприклад, загальнодоступні супутникові фото сервісу Google Maps/Earth хоча й мають високу роздільну здатність, проте не гарантовані за точністю прив'язки. Нормативи вимагають, щоб топографічна карта з достатньою для масштабу точністю відображала положення об'єктів місцевості. Для масштабу 1:50 000 це означає, що планова похибка не повинна перевищувати кількох десятків метрів (гранична графічна точність $\sim 0,2$ мм на карті).

Безконтрольні інтернет-знімки типу Google часто містять невідомі систематичні зміщення і не відповідають цим вимогам точності. Тому при оновленні карти використано лише ті матеріали, що пройшли перевірку якості. Відповідно до державних норм, всі цифрові ортофотокарти повинні проходити контроль якості перед впровадженням у базу даних. Використовувати знімки Google Maps можна, як додаткове джерело (не основне), підключаючи відповідний .lyr-файл.

3.2. Методика оновлення цифрової топографічної карти в ArcGIS Pro

Після підготовчих етапів було виконано безпосереднє оновлення ситуації та рельєфу карти. У програмному забезпеченні ArcGIS Pro створено проєкт топографічної карти масштабу 1:50 000, в якому реалізовано повний цикл оновлення. Від векторизації об'єктів до оформлення та експорту макету.

Процес оновлення цифрової топографічної карти в сучасному ГІС-середовищі включає комплекс взаємопов'язаних етапів, від збору актуальних даних до підготовки кінцевого картографічного продукту. Важливим етапом є зшивка окремих листів у єдину базу, що забезпечує цілісність та узгодженість картографічної інформації.

3.2.1. Векторизація елементів місцевості

Оновлення топографічної карти розпочато з векторизації, тобто оцифрування всіх необхідних елементів ситуації та рельєфу на основі підготовлених матеріалів. Для ефективного оновлення топографічних карт у середовищі ArcGIS Pro слід використовувати структурований підхід до векторизації. Цей підхід ґрунтується на чіткій послідовності дій, що забезпечує логічну організацію робіт та високу якість результатів.

У середовищі ArcGIS Pro здійснено поетапно оцифрування ключових об'єктів місцевості. Гідрографії (річки, озера), дорожньої мережі, населених пунктів, лісових масивів та інших ситуаційних елементів. При векторизації важливо використовувати інструменти прив'язки (snapping) для забезпечення топологічної узгодженості між об'єктами різних шарів.

За підкладку використовувалися ортофотоплани та відскановані карти, в єдиній системі координат (Додаток Б). Методика полягала у поступовому порівнянні кожного шару, отриманого з актуального знімка, з відповідним шаром на застарілій карті і оцифруванні тих деталей, які змінилися або відсутні [35].



Рис. 3.1. Застарілий та оновлений фрагмент топокарти

Правильне заповнення атрибутів є критично важливим етапом при оновленні топографічних карт. Атрибутивні дані повинні відповідати класифікаторам та містити всю необхідну інформацію для подальшого картографічного оформлення.

При внесенні даних до атрибутивних таблиць важливо використовувати домени та підтипи, що дозволяє уникнути помилок введення та стандартизувати інформацію. Наприклад, для доріг необхідно вказувати їх тип, покриття, ширину та інші характеристики згідно з класифікатором. Для водних об'єктів - назву, ширину, глибину, швидкість течії тощо.

Атрибутивні таблиці слід структурувати таким чином, щоб вони забезпечували не лише візуальне оформлення карти, але й можливість подальшого аналізу та використання даних у ГІС. Це передбачає включення як обов'язкових полів для відображення об'єктів, так і додаткових атрибутів, що розширюють інформаційну цінність бази даних.

OBJECTID *	Об'єкт	Відносна висота	Глибина	Російська назва	Ширина	Функціональне призначення	Товщина дерев	Відстань між деревами
157	160	Ліс густий висс	26	0		0 значення відсутнє	0,29	3
158	162	Ліс густий висс	23	0		0 значення відсутнє	0,39	4
159	164	Ліс густий висс	31	0		0 значення відсутнє	0,39	4
160	167	Ліс густий висс	31	0		0 значення відсутнє	0,39	4
161	168	Ліс густий висс	30	0		0 значення відсутнє	0,34	4
162	170	Ліс густий висс	31	0		0 значення відсутнє	0,35	3
163	172	Ліс густий висс	31	0		0 значення відсутнє	0,39	4

Рис. 3.2. Внесення даних до атрибутивної таблиці

Особливу увагу приділено рельєфу. Для відображення рельєфу місцевості на карті масштабу 1:50 000 передбачено горизонталі (із висотою перерізу рельєфу, для рівнинної місцевості, 10 м) та позначки висот точок. Оновлення шару горизонталей виконано шляхом використання інструментів ArcGIS, а саме, оцифрування існуючих горизонталей зі сканованої карти. Далі були відредаговані вручну проблемні ділянки (Додаток В). Розташування вершин, урвищ, яружно-балкової системи та гідрології звірено з ортофотопланом для забезпечення узгодженості між шаром рельєфу і ситуації (Рис. 3.3).



Рис. 3.3. Правильне нанесення промоїни

Одним із важливих етапів є застосування маски до елементів рельєфу, таких як яри, промоїни, карстові западини тощо (Рис. 3.4). Маска використовується для приховування горизонталей у межах графічного знака об'єкта, що забезпечує його чітке та коректне відображення на карті без накладення ліній рельєфу.



Рис. 3.4. Порівняння відображення елемента рельєфу (промоїни) з маскою та без маски

В результаті виконано повну векторизацію місцевості та введено атрибути до відповідних об'єктів. Векторизовано ситуаційні елементи та рельєф, що відповідають дійсному стану території (Додаток А). Такий підхід із використанням сучасних знімків, ГІС-технологій та методів цифрової векторизації дозволяє отримати високоточну цифрову карту, яка є актуальною.

3.2.2. Вивантаження анотацій

Після завершення векторизації просторових об'єктів виконано вивантаження текстових підписів (анотацій), що є невід'ємним етапом топографічного оформлення карти масштабу 1:50 000. Згідно з вимогами топографічного оформлення, на карті масштабу 1:50 000 повинні бути підписані населені пункти (назви та кількість жителів категоріями шрифту), гідроніми (назви річок, озер), номери лісових кварталів, висотні позначки характерних точок рельєфу, а також інші об'єкти, що потребують текстового опису.

В ArcGIS Pro використано механізм динамічного накладання написів: на основі атрибутивних даних шарів для кожного об'єкта автоматично згенеровано підпис заданим шрифтом.

На наступному етапі всі автоматичні написи були конвертовані у статичні анотації – окремі графічні об'єкти, які зберігають прив'язку до місцевості, але можуть бути редаговані вручну. Це здійснено за допомогою інструменту Tiled Labels to Annotation (Рис. 3.5), що дозволяє згенерувати повноцінний шар анотацій як для окремих шарів, так і для всієї карти [37].

Після вивантаження анотацій виконано їх редагування та розміщення згідно з картографічними правилами. Частина підписів скориговано вручну для уникнення накладок і покращення читабельності. При цьому дотримано стандартних розмірів для кожної категорії об'єктів, передбачених умовними знаками [36].

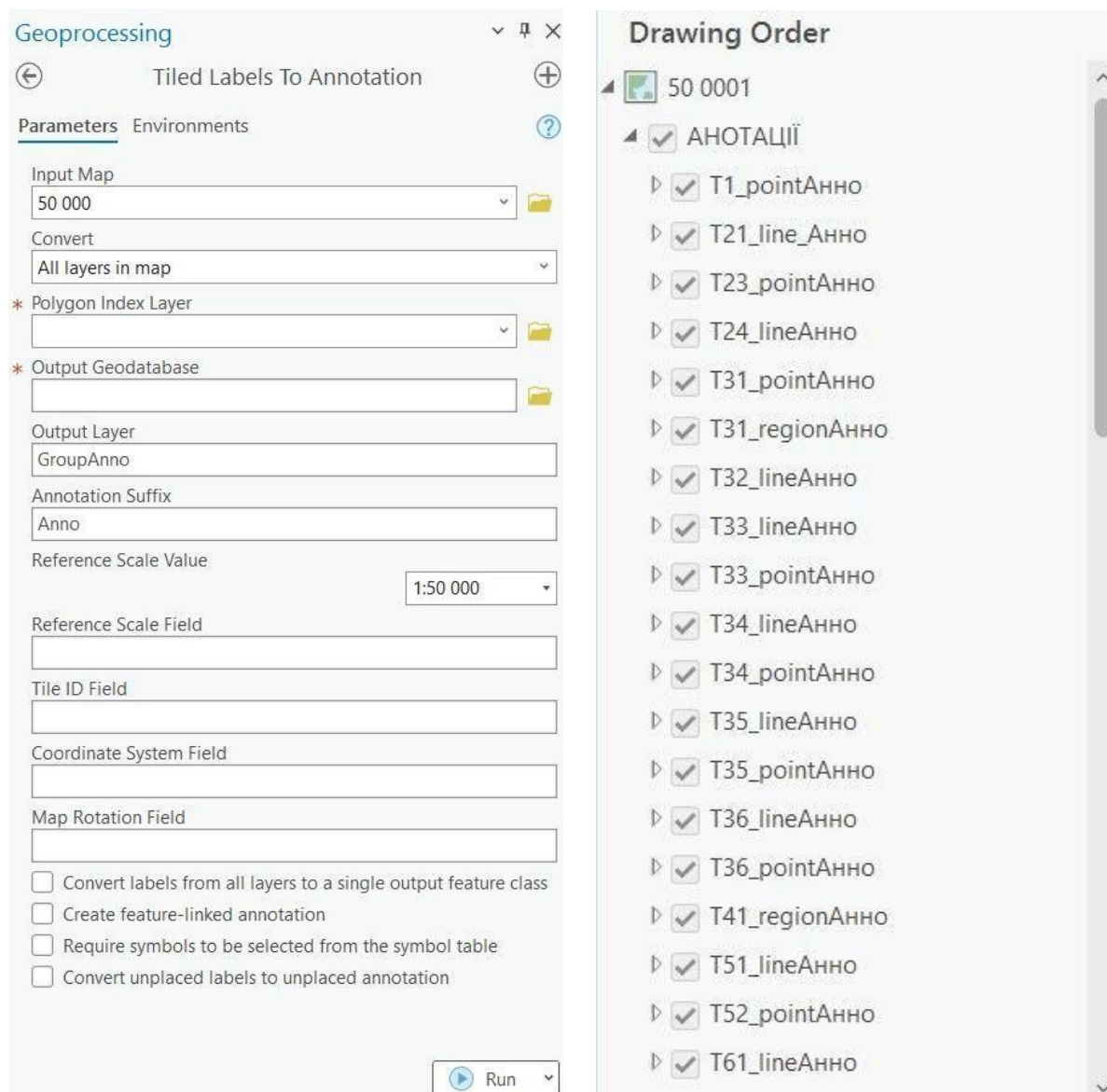


Рис. 3.5. Застосування інструменту Tiled Labels to Annotation в ArcGIS Pro

У процесі оформлення анотацій важливо не лише створити підписи, але й дотриматися правил їх просторового розміщення. Неправильно позиціоновані підписи можуть перекривати інші елементи карти (горизонталі, дороги, межі), що ускладнює зчитування інформації та сприйняття просторової структури об'єктів. На рис. 3.6 наведено порівняння некоректного розміщення тексту, при якому відбувається перетин з умовними знаками, з правильним варіантом, де підпис узгоджено з геометрією об'єкта і забезпечено картографічну читабельність.



Рис. 3.6. Приклад помилкового та правильного розміщення підпису

На рис. 3.7 представлено фрагмент карти, на якому показано приклад правильного позиціонування анотацій відносно відповідних об'єктів місцевості.

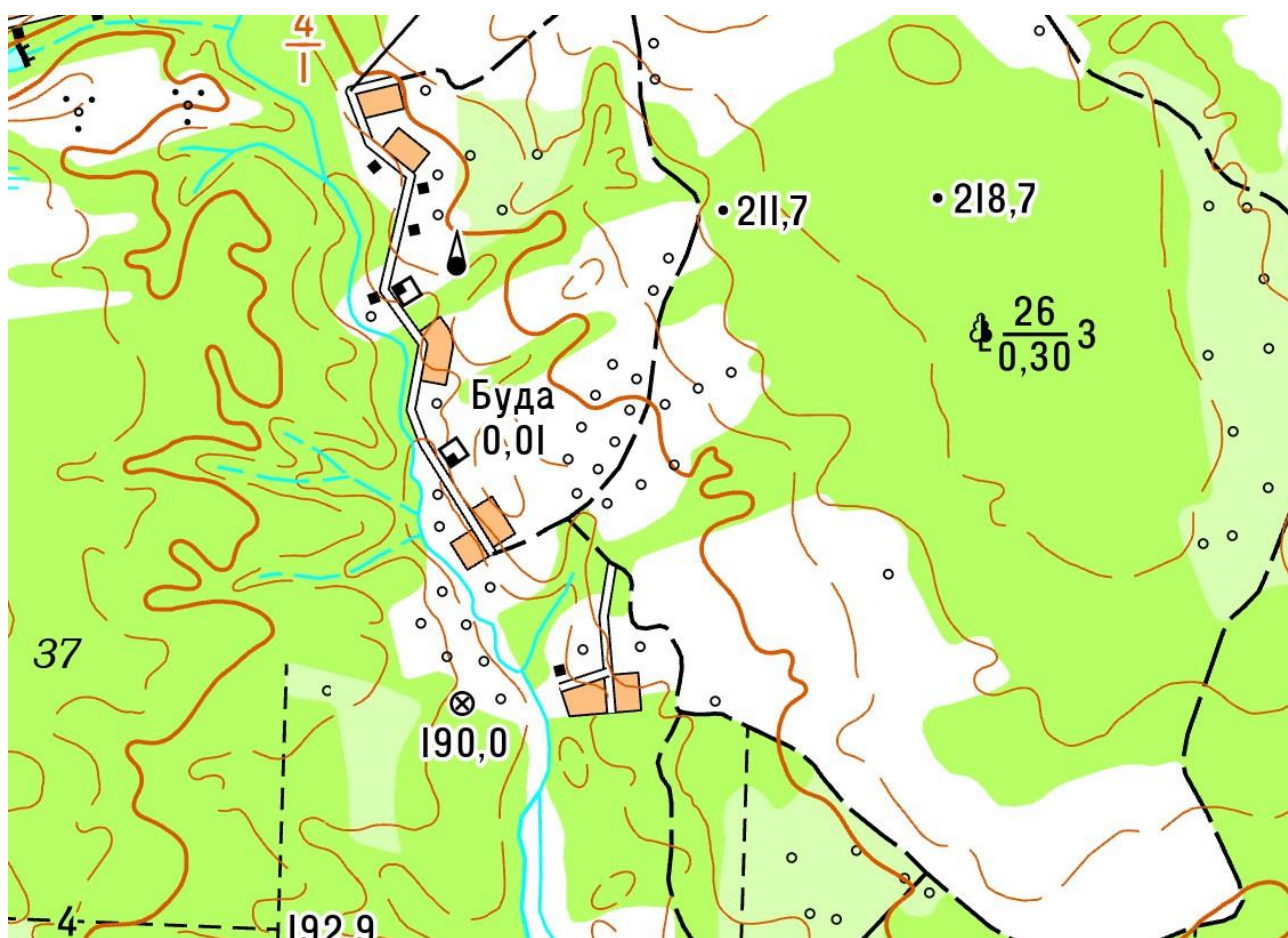


Рис. 3.7. Частина карти із коректним розміщенням анотацій

Назви населених пунктів оформлено шрифтом відповідного розміру залежно від їх класифікації за кількістю населення (Рис. 3.8). Усі текстові підписи додано на карту у вигляді окремих шарів анотацій, що забезпечує їх коректне та стабільне відображення при масштабуванні, експорті та друку готової картографічної продукції.

№№ умовн. знаків	Назви об'єктів	Масштаби карт		
		1:25 000	1:50 000	1:100 000
Селища				
<i>Топографічний напівжирний (Т-132)</i>				
320	З населенням понад 10 000 жителів	ТЕРНИ 9; 12; 3,2В (8; 11; 2,8В)	ТЕРНИ 8; 11; 2,8В (7; 10; 2,5В)	ТЕРНИ 7; 10; 2,5В (6; 8; 2,1В)
321	З населенням від 5 000 до 10 000 жителів	СОФІЇВКА 8; 11; 2,8В (7; 10; 2,5В)	СОФІЇВКА 7; 10; 2,5В (6; 8; 2,1В)	СОФІЇВКА 6; 8; 2,1В (5; 7; 1,8В)
322	З населенням від 1 000 до 5 000 жителів	ПОКРОВСЬКЕ 7; 10; 2,5В (6; 8; 2,1В)	ПОКРОВСЬКЕ 6; 8; 2,1В (5; 7; 1,8В)	ПОКРОВСЬКЕ 5; 7; 1,8В (4; 6; 1,4В)
323	З населенням до 1 000 жителів	КРИНИЧКИ 6; 8; 2,1В (5; 7; 1,8В)	КРИНИЧКИ 5; 7; 1,8В (4; 6; 1,4В)	КРИНИЧКИ 4; 6; 1,4В (3; 4; 1,1В)
<i>Рубаний (Р-131)</i>				
324	Шрифт для інших назв та підписів за рамками карт	ТЕРНИ	ТЕРНИ	ТЕРНИ
Села та поселення [168]				
<i>Топографічний напівжирний (Т-132)</i>				
325	З населенням понад 3 000 жителів	Козаче 9; 12; 3,2м (8; 11; 2,8м)	Козаче 8; 11; 2,8м (7; 10; 2,5м)	Козаче 7; 10; 2,5м (6; 8; 2,1м)
326	З населенням від 1 000 до 3 000 жителів	Маяки 8; 11; 2,8м (7; 10; 2,5м)	Маяки 7; 10; 2,5м (6; 8; 2,1м)	Маяки 6; 8; 2,1м (5; 7; 1,8м)

Рис. 3.8. Фрагмент зразків шрифтів та підписів

Джерело: [38]

3.2.3. Завершальні роботи та позарамкове оформлення

На завершальному етапі виконано оформлення макету карти. Додано всі необхідні елементи поза рамкою та підготовлено файл для друку. В ArcGIS Pro було розроблено композицію Layout з урахуванням стандартів оформлення топографічних карт масштабу 1:50 000. По периметру рамки карти нанесено градусовану координатну сітку за вимогами, що відповідає вимогам топографічних карт цього масштабу.

По периметру карти нанесено градусовану координатну сітку з підписами значень у системі координат. Це дозволяє однозначно визначити положення будь-якої точки на карті та полегшує її інтеграцію з іншими геопросторовими даними.

На полі поза рамкою карти розміщено обов'язкові елементи позарамкового оформлення (Додаток Г), а саме:

- легенду умовних позначень, що розшифровує символи, використані на карті (лісові межі, типи доріг, межі кварталів, висотні знаки тощо);
- номенклатура аркуша карти;
- масштаб;
- дані про джерела (ортофотоплани, скановані карти, дата оновлення);
- пояснювальний напис із інформацією про систему координат, висот і одиниці вимірювання;
- рамку карти з прив'язками, що забезпечує технічну відповідність при поліграфічному друці.

На рис. 3.9 представлено панель Contents у середовищі ArcGIS Pro, яка демонструє структуру шарів позарамкового оформлення карти масштабу 1:50 000. Усі компоненти — блоки кутових написів, масштабна лінійка, умовні позначення, діаграма локалізації, назва номенклатури та інші службові елементи — згруповані у відповідності до вимог картографічного оформлення. Кожен елемент оформлення відображається як окремий шар, що дозволяє незалежно контролювати його

видимість, стиль і положення. Такий підхід забезпечує гнучкість при редагуванні та чітку організацію просторової структури макету під час підготовки карти до друку.

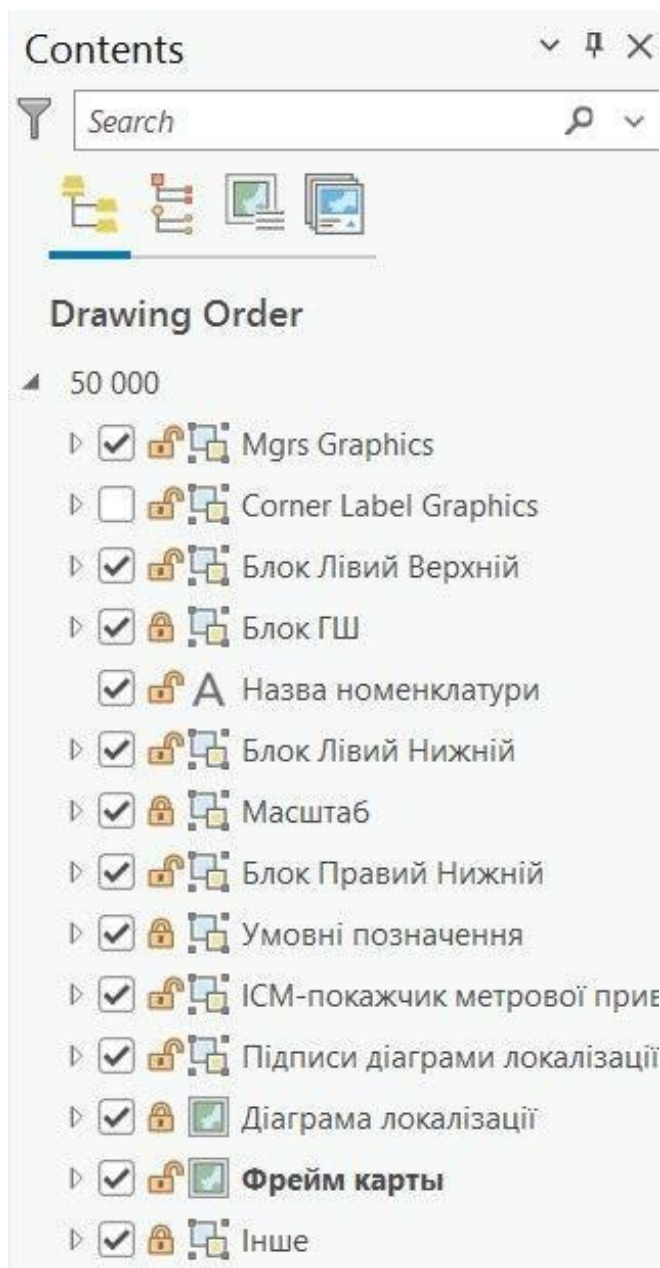


Рис. 3.9. Шари елементів позарамкового оформлення карти

На завершальному етапі створення цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000 особливу увагу приділяють заходам контролю якості, оформленню супровідної документації та формуванню метаданих. Ці дії забезпечують відповідність готової картографічної продукції встановленим вимогам точності, повноти та технічного оформлення.

Контроль якості карти включає перевірку точності положення об'єктів, повноти відображення змісту та відповідності даних нормативним вимогам. На всіх етапах створення та оновлення топографічних карт здійснюється систематичний контроль і приймання результатів. Також перевіряється наявність усіх ключових об'єктів місцевості згідно з вихідними джерелами, що гарантує відсутність пропусків і недостовірних зображень.

Топологічна перевірка даних є важливою складовою контролю векторних шарів. Під час цієї перевірки здійснюється аналіз просторових зв'язків між об'єктами на предмет топологічної коректності. Необхідно впевнитися у відсутності накладень або розривів між полігонами, правильності з'єднання ліній доріг, річок, меж кварталів, а також замкненості контурів горизонталей. У середовищі ArcGIS Pro для цього використовуються інструменти та правила топології геоданих. Усунення виявлених помилок є обов'язковим, оскільки воно впливає на узгодженість та якість кінцевого картографічного продукту.

У процесі створення єдиної цифрової картографічної бази важливим етапом є зшивка окремих листів топографічної карти. Топографічні карти традиційно створюються у вигляді серій окремих аркушів з фіксованими рамками та системою номенклатури. Однак для забезпечення цілісного аналізу території, побудови геоінформаційних запитів та подальшого оновлення даних необхідно інтегрувати ці аркуші в єдину базу.

Особливу увагу слід приділити узгодженості об'єктів на межах листів карт. Необхідно забезпечити, щоб лінійні об'єкти (дороги, річки) коректно з'єднувалися, а полігональні (ліси, водойми) не мали розривів або перекриттів на стиках листів.

Також до кожної створеної карти передбачається оформлення формуляру карти. Формуляр це офіційний документа, що засвідчує технологічну послідовність створення або оновлення картографічного матеріалу. Формуляр містить інформацію про виконавців робіт, джерела вихідних даних, період виконання, застосоване програмне забезпечення, особливості технічного оформлення, контроль якості та приймання.

Висновки до розділу 3

1. Виконано повний цикл оновлення цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000 у середовищі ArcGIS Pro. На підготовчому етапі здійснено збір, аналіз та систематизацію вихідних даних, що включали цифрову модель рельєфу, ортофотоплани, скановані топографічні карти, дані про пункти ДГМ та інші джерела, придатні до використання в межах заданого масштабу.

2. Реалізовано векторизацію всіх ситуаційних об'єктів та елементів рельєфу із застосуванням сучасних інструментів ArcGIS Pro. Особливу увагу приділено атрибутивному наповненню об'єктів згідно з чинним класифікатором, а також візуальній узгодженості елементів карти. Для забезпечення читабельності рельєфних форм застосовано маски на промоїни, яри та інші складні об'єкти, що дозволило уникнути накладення горизонталей і покращити сприйняття.

3. Виконано вивантаження анотацій із наступним редагуванням і правильним розміщенням підписів відповідно до картографічних норм. Усі анотації оформлено як окремі графічні шари, що дозволяє їхнє подальше коригування та масштабування.

4. Виконано позарамкове оформлення, зокрема створено легенду, номенклатуру, масштабну лінійку, пояснювальні написи та координатну сітку, що забезпечує відповідність карти чинним нормативам. Макет карти сформовано з урахуванням вимог щодо топографічного оформлення масштабу 1:50 000.

5. Проведено комплексну перевірку якості карти: топологічну перевірку векторних даних, аналіз повноти й точності відображення об'єктів, перевірку відповідності масштабу та систем координат. Створено метадані до карти та оформлено формуляр встановленого зразка, що підтверджує дотримання технологічної послідовності робіт.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було досягнуто поставлену мету – актуалізацію цифрової топографічної карти масштабу 1:50000 із застосуванням сучасного програмного забезпечення ArcGIS PRO. Для цього було вирішено такі завдання:

1. Проаналізовано теоретико-методичні основи створення та оновлення топографічних карт. Було здійснено глибокий огляд існуючих знань у сфері актуалізації топографічних карт. Розглянуто основні поняття та терміни, такі як "топографічна карта", "актуалізація топографічних карт", "цифрова карта", "ГІС", "геопросторові дані" та "масштаб". Особливу увагу приділено методичним підходам до актуалізації, включаючи періодичне та безперервне оновлення, а також значення сучасних технологій, таких як дистанційне зондування Землі, аерофотозйомка та ГІС, у цьому процесі. Цей аналіз став фундаментом для подальшої практичної роботи.

2. Вивчено нормативно-правову базу, що регламентує створення топографічних карт в Україні. Проаналізовано основні закони, постанови та нормативні акти, що регулюють топографо-геодезичну і картографічну діяльність в Україні. Це включало розгляд вимог до точності, змісту та оформлення топографічних карт, а також процедур їх створення та оновлення. Розуміння нормативно-правової бази є важливим для забезпечення відповідності створених картографічних продуктів встановленим стандартам.

3. Досліджено методику актуалізації цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000 з використанням програмного забезпечення ArcGIS Pro. Розглянуто функціональні можливості ArcGIS Pro – провідного програмного забезпечення у сфері геоінформаційних систем. Вивчено та досліджено інструменти автоматизації картографічних процесів, методи роботи з геопросторовими даними, а також особливості створення та редагування цифрових карт. Особлива увага приділялася можливостям ArcGIS Pro для ефективної актуалізації топографічних карт, включаючи інструменти векторизації та просторового аналізу

4. Реалізовано процес оновлення карти на практичному прикладі та оцінено ефективність застосованої методики. На основі теоретичних знань та дослідженої методології було проведено практичне оновлення топографічної карти масштабу 1:50 000. Детально описано всі етапи цього процесу, починаючи з підготовки вихідних даних і закінчуючи створенням кінцевого картографічного продукту. Особливу увагу приділено таким ключовим етапам, як векторизація елементів місцевості, вивантаження та редагування анотацій, а також завершальне оформлення карти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Типова інструкція з топографічного дешифрування аерознімків / Головне управління геодезії, картографії та кадастру при КМ України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201>
2. Геодезія : навч. посібник / за ред. П. І. Захарчука. – К. : Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка, 2022. – 392 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2024/02/geodez_text2022_all_compressed.pdf
3. Афанасьєв А. І. Вдосконалення картографічного забезпечення у процесі розробки містобудівної документації : кваліфікац. робота / А. І. Афанасьєв ; наук. кер. О. Ю. Шевченко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 63 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://eprints.kname.edu.ua/61854/1/Афанасьєв_207Л_2022_pdf.pdf
4. Ільїнська Т. Л., Турчина Н. П. Основи картографії : навч. посібник. – Ужгород : УжНУ, 2020. – 212 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/63986/1/Основи%20картографії.pdf>
5. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000. – Затв. начальником Гол. упр. геодезії, картографії та кадастру при КМУ у 1998 р. і погодж. з нач. Центр. топографічного упр. Генштабу ЗС України. – Режим доступу:
https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/25.pdf
6. Даценко Л. М., Остроух В. І. Основи геоінформаційних систем і технологій : навч. посібник. – Київ : ДНВП «Картографія», 2013. – 184 с.
7. Про Національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX // ЛІГА:ЗАКОН. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
https://ips.ligazakon.net/document/view/t200554?an=36&ed=2021_07_15

8. Дубняк С. П. Методика актуалізації цифрових топографічних карт масштабу 1:10 000 // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2009. – № 71. – С. 24–30. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1704/gka71200924.pdf>
9. Божок А. П., Осауленко Л. Є., Пастух В. В. Картографія : підручник. – Київ : Фітосоціоцентр, 1999. – 252 с.
10. Грицьків Н., Почкін С. Створення і оновлення базових картографічних матеріалів з використанням аерокосмічних зображень / Н. Грицьків, С. Почкін. – Львів : Національний університет "Львівська політехніка", 2008. – 8 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/may/1781/gka70200806.pdf>
11. Афанасьєв О. В. Картографія. Картографія і топографія: конспект лекцій для студентів денної форми навчання першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальностями 193 – Геодезія та землеустрій) і 101 – Екологія / О. В. Афанасьєв, С. Г. Нестеренко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 106 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://eprints.kname.edu.ua/59167/1/2021_%D0%BF%D0%B5%D1%87%20190%20%D0%9A%D0%9B%20%D0%9A%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F.pdf
12. Законодавство у сфері топографо-геодезичної та картографічної діяльності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mykolaiivska.land.gov.ua/heodeziia-ta-kartohrafiia/zakonodavstvo-u-sferi-topohrafo-heodezychnoi-ta-kartohrafichnoi-diialnosti>
13. Куди рухається геодезія і картографія в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zn.ua/ukr/tech/kudi-ruhayutsya-geodeziya-i-kartografiya-v-ukrayini-.html>

14. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM). Ukraine National Report 2023. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ggim.un.org/country-reports/documents/Ukraine_National_Report_2023.pdf
15. Постанова Кабінету Міністрів України від 07.08.2013 № 661 «Про затвердження Порядку створення, оновлення і використання топографічних карт» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF>
16. Наказ Міністерства оборони України від 12.12.2023 № 479 «Про затвердження Порядку створення та функціонування бази топографічних даних». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1972-23>
17. ДСТУ 8774:2018. Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gki.com.ua/ua/prinjato-nacionalni-standart-ukraini-dstu-87742018-geografichna-informacija-pravila-modeljuvannja-geoprostorovih-danih>
18. Лазоренко-Гевель Н. Особливості створення (оновлення) цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти / Н. Лазоренко-Гевель, Ю. Карпінський, Д. Кінь // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. — Том 1(41). — С. 113–122. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ena.lpnu.ua/items/2336e084-7295-4ee7-a4c6-2690a27ac891>
19. Wagle N., Acharya T. D. Past and Present Practices of Topographic Base Map Database Update in Nepal // International Journal of Geo-Information. – 2020. – Vol. 9. – № 6. – P. 397. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mdpi.com/2220-9964/9/6/397>
20. Стадніков В., Ліхва Н., Константинова О., Колосюк А. Досвід застосування ГІС-технологій при створенні (оновленні) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000 // Технічні науки та технології. – 2023. – № 4(34). – С. 17. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/379011015_EXPERIENCE_IN_USING_GIS

[TECHNOLOGIES IN CREATING UPDATING DIGITAL TOPOGRAPHIC MAPS ON A SCALE OF 125000](#)

21. Cantemir A., Visan A., Parvulescu N., Dogaru M. THE USE OF MULTIPLE DATA SOURCES IN THE PROCESS OF TOPOGRAPHIC MAPS UPDATING // The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2016. – Vol. XLI-B4. – P. 19–24. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.researchgate.net/publication/303908153_THE_USE_OF_MULTIPLE_DATA_SOURCES_IN_THE_PROCESS_OF_TOPOGRAPHIC_MAPS_UPDATING

22. Сучасні методи оновлення топографічних карт / Casey.kite. – 2024.

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://casey.kite.cx.ua/articles/suchasni-metodi-onovlennja-topografichnih-kart.html>

23. U.S. Geological Survey. US Topo maps of America. National Geospatial Program. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.usgs.gov/programs/national-geospatial-program/us-topo-maps-america>

24. Географічні карти та картографічний метод дослідження : [монографія] : у 2 т. / Т. В. Дудун, С. В. Тітова ; упоряд. С. В. Тітова. – Київ, 2017. – Т. 1 : Географічні карти. – 150 с. ; Т. 2 : Картографічний метод дослідження. – 150 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

25. https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2021/06/kmd_2_tom_titova_dudun.pdf

26. Ostrowski W. Types of Topographic Map Generalization: The Example of the 1: 50 000 Map // Miscellanea Geographica. – 2004. – Vol. 11, № 1. – P. 281–290.

[Електронний ресурс]. – Режим доступу:

https://www.researchgate.net/publication/329216275_Types_of_Topographic_Map_Generalization_The_Example_of_the_1_50_000_Map

27. QGIS. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://qgis.org/>

28. MapInfo. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.precisely.com/product/precisely-mapinfo/mapinfo-pro>

29. Digitals. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vinmap.net/>
30. AutoCAD. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>
31. ArcGIS. Офіційний сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.arcgis.com/>
32. ArcGIS Web Editor. Створення та редагування об'єктів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doc.arcgis.com/ru/web-editor/latest/create-and-edit/create-features.htm>
33. ArcGIS Pro. Керування комбінаціями клавіш. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/get-started/manage-keyboard-shortcuts.htm>
34. Chan A. Cooperative Object-Oriented Programming in Python // Int'l Conf. Software Eng. Research and Practice. – 2011. – С. 656–659. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://faculty.uncfsu.edu/achan/papers/serp11.pdf>34.
35. Підлісний, О. (2021). Автоматизація при створенні топографічних карт в середовищі ArcGIS. ТОВ «Геонікс». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tvis.com.ua/wp-content/uploads/2021/10/23.AVTOMATYZATsIIa-PRY-STVORENNI-TOPOHRAFICHNYKh-KART-V-SEREDOVYShchI-ARCGIS.-Oleksandr-Pidlisnyj-TOV-Geonix.pdf>
36. Абдаллах Р. А., Четверіков Б. В. Оновлення топографічних карт Іраку масштабу 1:50000 за знімками, отриманими із супутника IKONOS // Наукові вісті НУ «Львівська політехніка». – 2016. – Вип. 83. – С. 43–52. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/istcgcap/vsi-vypusky/vypusk-83-2016/onovlennya-topografichnyh-kart-iraku-masshtabu-150000-za>
37. Національний університет цивільного захисту України. Заняття 1.3: Основи топографії. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/kafedry/kafedra-viiskovoi-pidhotovky/vt/Zanytie_1_3.pdf

38. ArcGIS Pro. Перетворення підписів на анотації. [Електронний ресурс]. –

Режим доступу: <https://pro.arc>

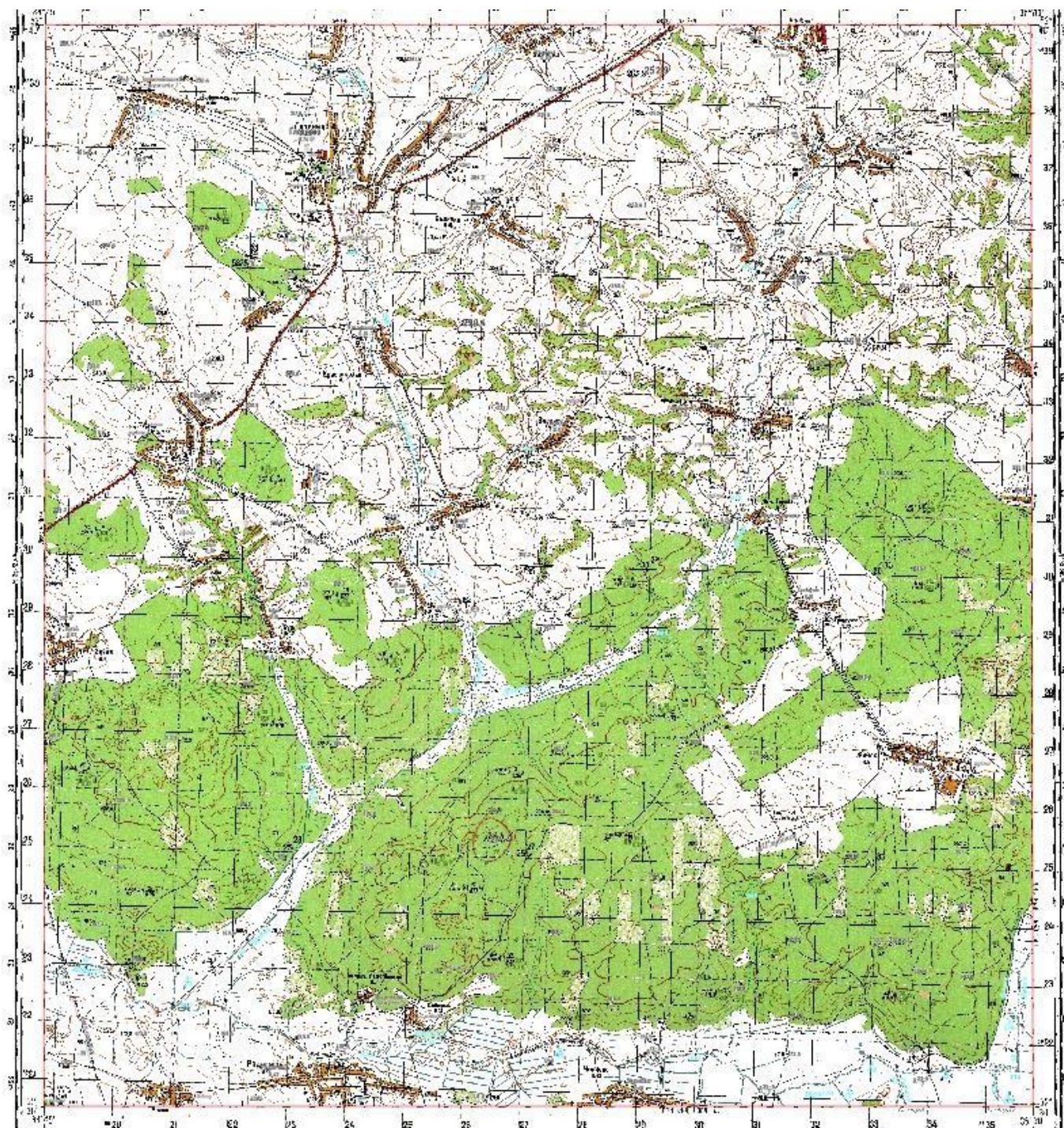
39. Умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000.

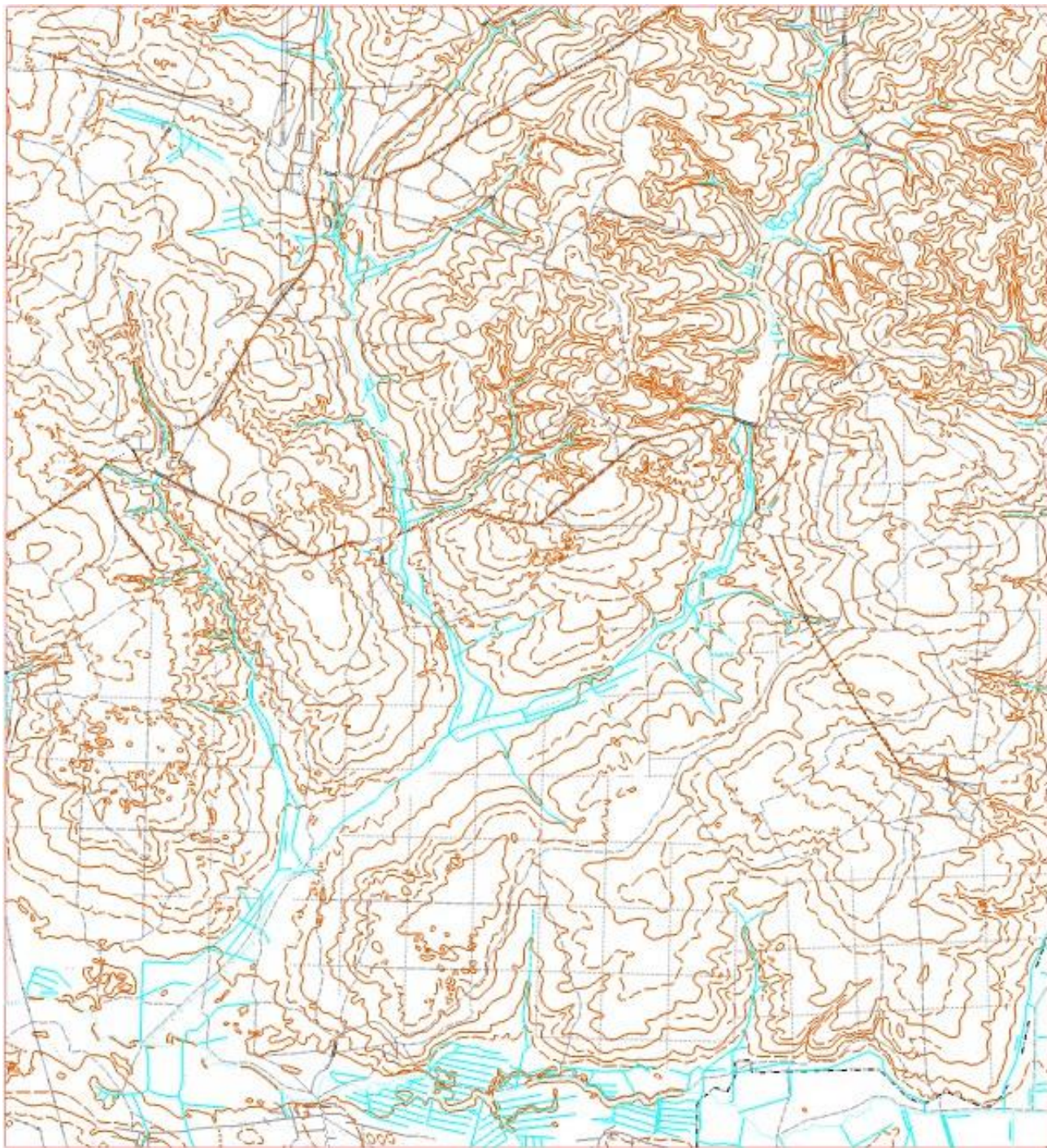
– Київ: Редакційний центр ТС ЗС України, 2011.

ДОДАТКИ

Актуалізована топографічна карта масштабу 1:50 000

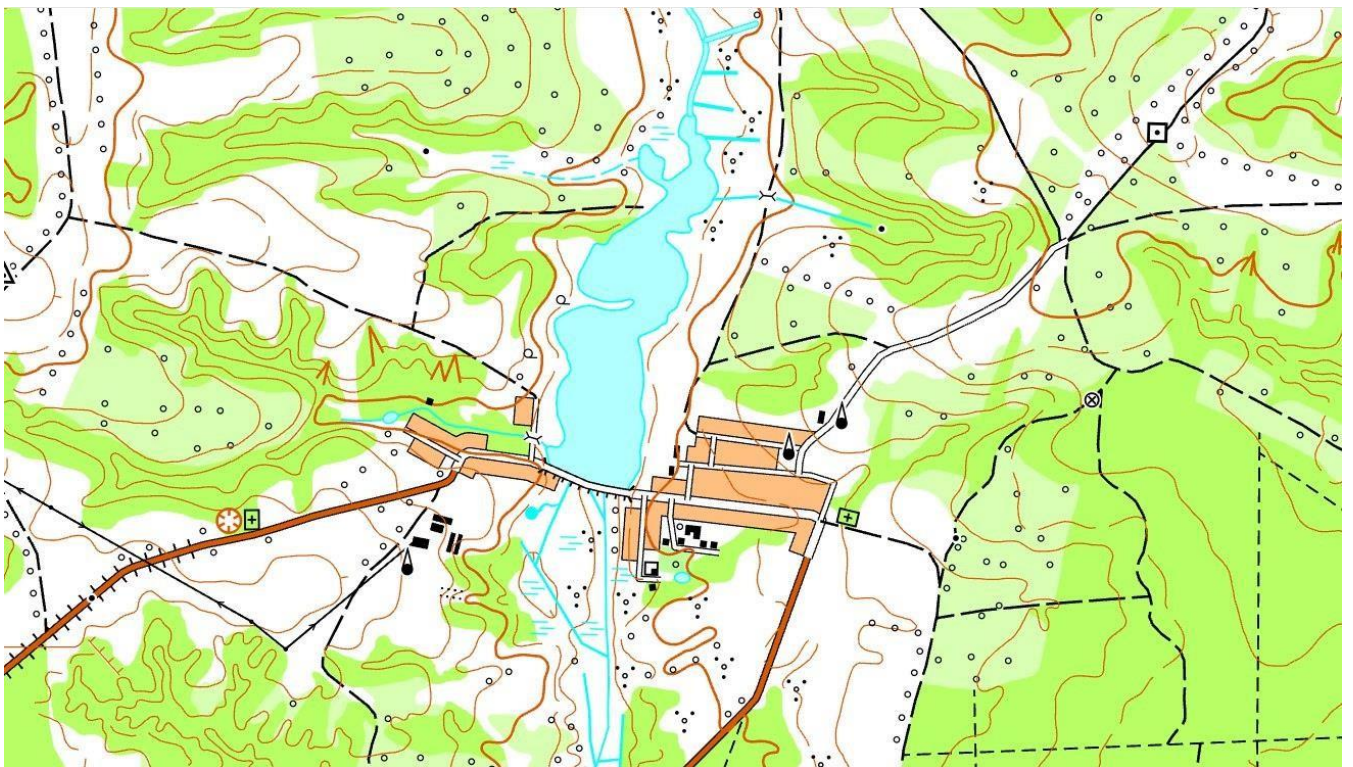
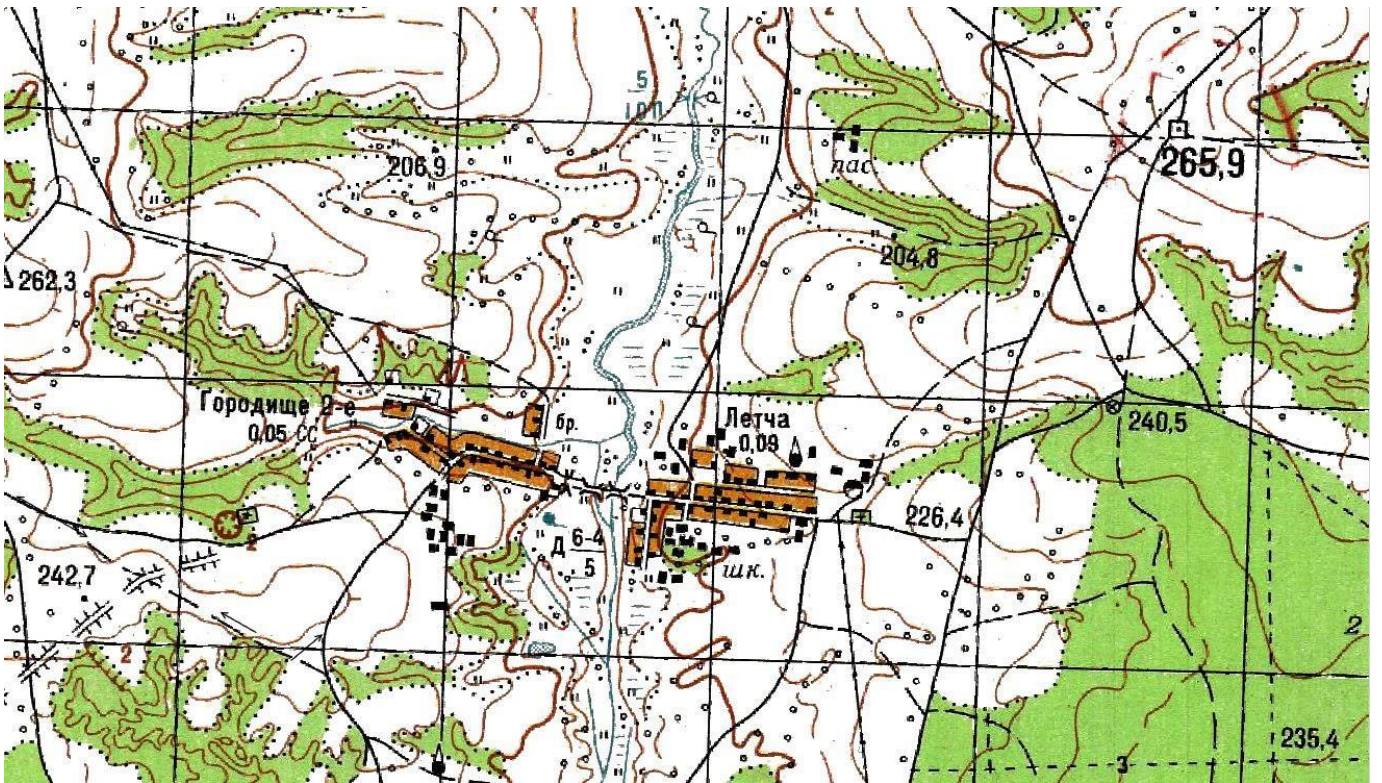


Застаріла топографічна карта

Опрацьований рельєф

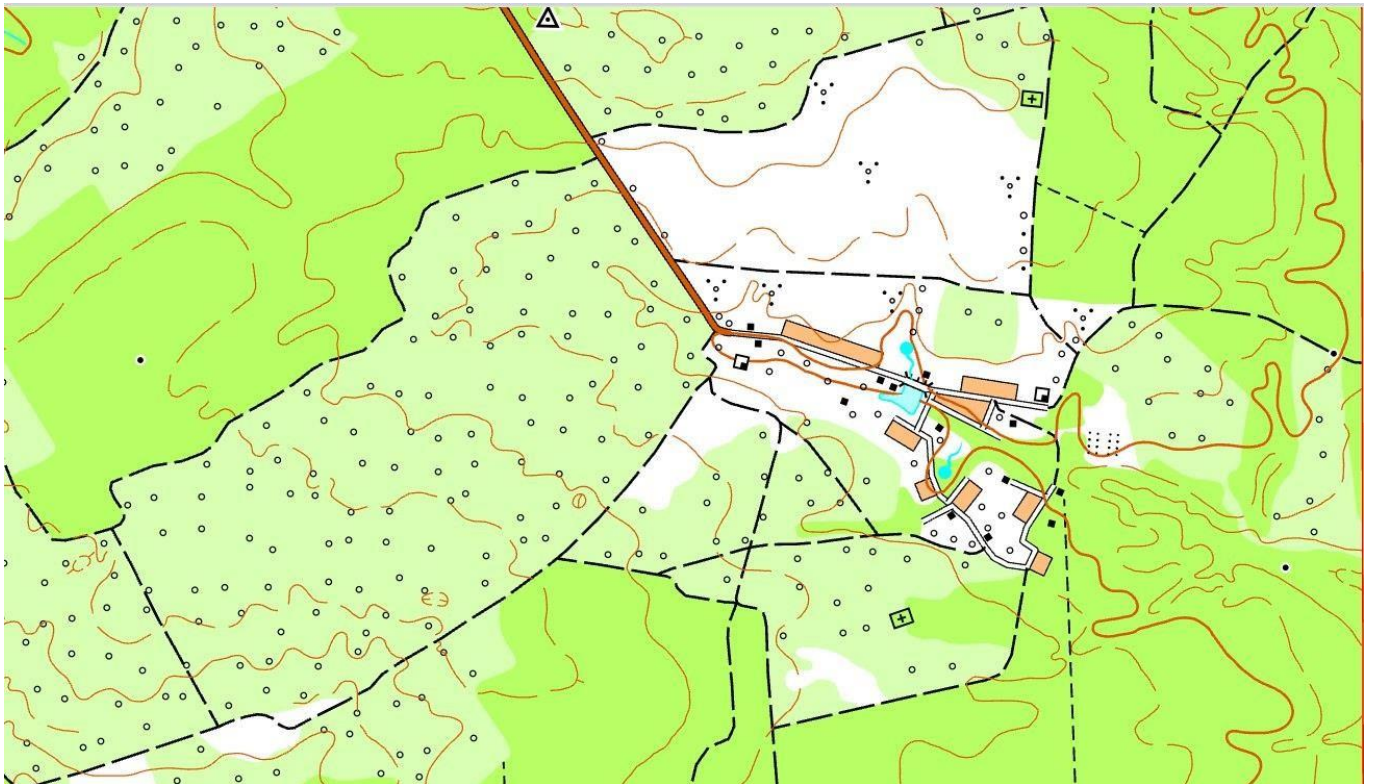
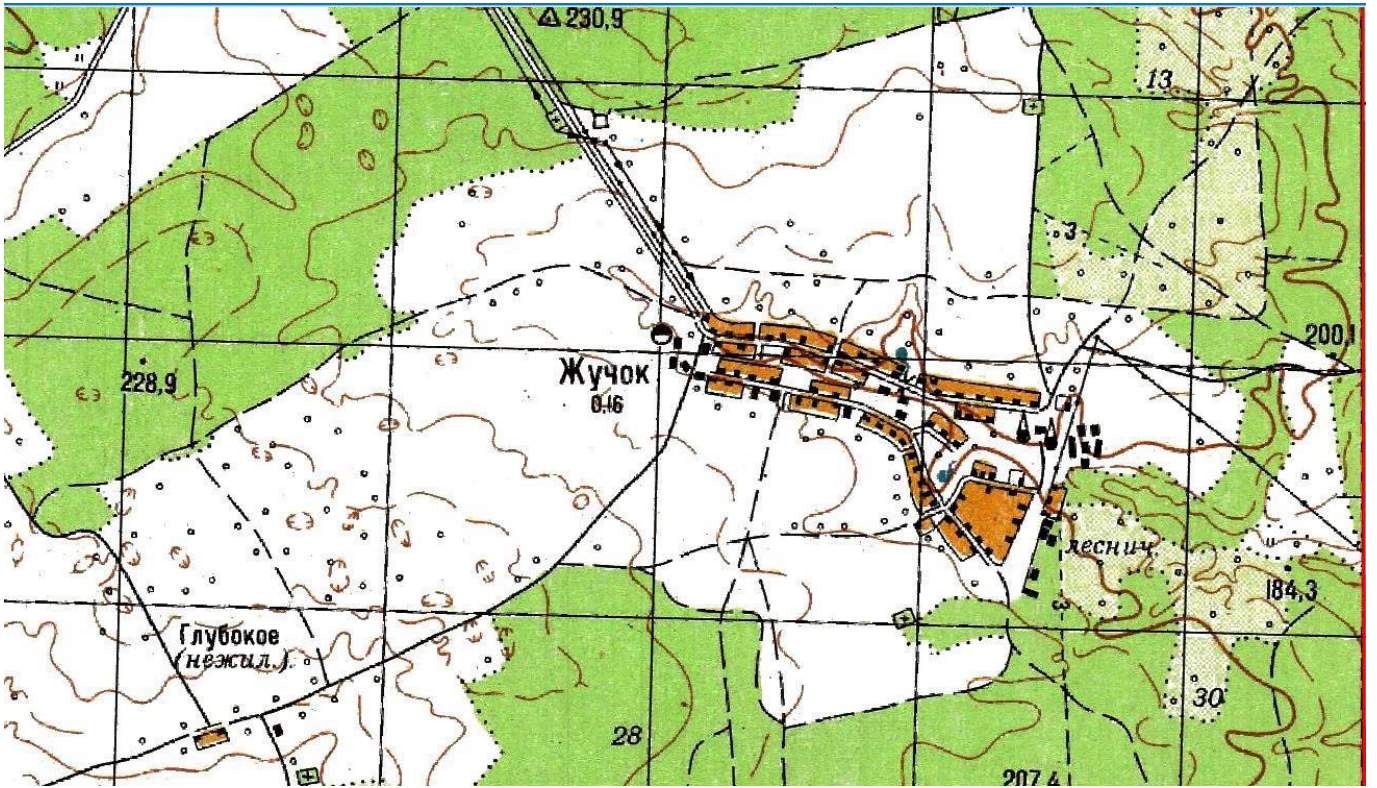
Додаток Г

Порівняння фрагменту застарілої топографічної карти з оновленим фрагментом



Додаток Д

Порівняння фрагменту застарілої топографічної карти з оновленим фрагментом



Позарамкове оформлення карти



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ГЕОДЕЗИЧНІ ПУНКТИ

НАСЕСЕНІ ПУНКТИ

СА ТИПОМ ПОСЕЛЕННЯ

КМІВ

КОЗЛОЧЕ

ПРИСІЛКИ

ГІДРОГРАФІЯ

САТ (САТІ)

КОЗЛОЧЕ ТА МЕСИ

РЕЛЬЄФ

ПОСІДНОСТІ ТА ГРУНТИ

СХЕМА АДМІНІСТРАТИВНОГО УСТРОЮ ТА РІЗЬМИРНІСТЬ СІЛЬСЬКИХ АНКЕТІВ

ТЕХНІЧНІ УМОВИ ОФОРМЛЕННЯ КАРТИ

ПРИСІЛКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ТИПУ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ ПУНКТИ

САТ (САТІ)

КОЗЛОЧЕ ТА МЕСИ

РЕЛЬЄФ

ПОСІДНОСТІ ТА ГРУНТИ

СХЕМА АДМІНІСТРАТИВНОГО УСТРОЮ ТА РІЗЬМИРНІСТЬ СІЛЬСЬКИХ АНКЕТІВ

ТЕХНІЧНІ УМОВИ ОФОРМЛЕННЯ КАРТИ