

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**Н. Ю. Лазоренко, Д. О. Кінь**

# **ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ**

Конспект лекцій

для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій»

Київ 2024

УДК 528.88

Л35

Рецензент Ю.О. Карпінський, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри геоінформатики і  
фотограмметрії, протокол № 2 від 28 серпня 2024 року.*

В авторській редакції.

**Лазоренко Н.Ю.**

Л35

Геоінформаційне картографування [Електронний ресурс]:  
конспект лекцій / Н.Ю. Лазоренко, Д.О. Кінь. – Київ : КНУБА,  
2024. – 88 с.

Викладено основні принципи та методи геоінформаційного картографування, створення баз топографічних даних для реалізації топографічного картографування у національній інфраструктурі геопросторових даних. Наведено практичні кейси створення/оновлення цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 для створення Основної державної топографічної карти України.

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій».

УДК 528.88

© Н.Ю. Лазоренко,  
Д.О. Кінь, 2024  
© КНУБА, 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ .....	5
Лекція 1. Поняття геоінформаційного картографування.....	5
Лекція 2. Загальнодержавне топографічне і тематичне картографування .....	10
Лекція 3. Спеціальне картографування .....	12
Лекція 4. Системна модель топографічного картографування .....	14
Лекція 5. Бази топографічних даних: архітектура, особливості їх створення та ведення .....	26
Лекція 6. Реалізація цифрових топографічних планів та карт у середовищі ГІС.....	33
Лекція 7. Основна державна топографічна карта масштабу 1:50000.....	42
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ЗАВДАНЬ КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ .....	49
Лекція 8. Топологічні моделі геопросторових об'єктів.....	49
Лекція 9. Типові помилки векторизації цифрових топографічних карт ..	52
Лекція 10. Загальні прийоми роботи з векторними даними .....	59
Лекція 11. Зведення суміжних цифрових топографічних карт .....	63
Лекція 12. Перевірка якості цифрових топографічних карт .....	68
Лекція 13. Оцінка точності цифрових топографічних карт .....	72
Лекція 14. Метадані топографічних планів та карт .....	75
Лекція 15. Функціональні можливості ArcGIS Online для геоінформаційного картографування .....	82
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	85

## ВСТУП

Конспект лекцій підготовлено відповідно до розділів програми з навчальної дисципліни «Геоінформаційне картографування» освітньо-професійної програми КНУБА з підготовки здобувачів вищої освіти на другому (магістерському) рівні за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій» спеціалізації «Геоінформаційні системи і технології» для очної та заочної форм навчання.

Конспект лекцій «Геоінформаційне картографування» забезпечує актуальними знаннями зі створення та оновлення цифрових топографічних карт з використанням сучасних геоінформаційних систем та технологій моделювання геопросторових даних, що необхідно для розвитку НІГД в Україні.

Метою конспекту лекцій є посилення компетентностей та результатів навчання здобувачів у частині опрацювання і аналізу геопросторових даних у прикладних ГІС для завдань топографічного картографування.

Здобувачі:

- володітимуть знаннями про інфраструктурний підхід до топографічного картографування територій;
- знатимуть технологію створення/оновлення цифрових топографічних карт та особливості ведення баз топографічних даних, які є основними вихідними даними для базових геопросторових даних НІГД;
- розумітимуть специфіку роботи у геоінформаційних системах з метою створення/оновлення цифрових топографічних карт, а також уникатимуть типових помилок під час векторизації;

До основних дисциплін, що сприятимуть засвоєнню завдань та змісту робіт зі створення та оновлення цифрових топографічних карт з використанням ГІС належать «Геоінформаційний моніторинг», «Дистанційне зондування Землі», «Бази геопросторових даних», «ГІС в містобудуванні», «Геопросторовий аналіз».

Конспект складається з двох змістових модулів та 15 тем, які є матеріалами для 15 лекцій.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ**

### ***Лекція 1. Поняття геоінформаційного картографування***

Термін «геоінформаційне картографування» був чи не найпершим, в якому ознака нової технології пов'язувалася з вельми древньою сферою картографічної діяльності. І це не дивно, адже виникнення та становлення геоінформаційних технологій тісно пов'язано зі створенням баз топографічних даних та системами автоматизованого картографування [1].

Ранній період розвитку геоінформатики багато дослідників характеризують як ГІС-центричний або інструментально-орієнтований з вузькоспеціальною технологією, передусім для потреб професійних користувачів і дослідників. Тоді географічна інформація розглядається з трьох позицій, а саме: керування геопросторовими даними, картографування, просторовий аналіз. Д. З. Сунь і М. Ф. Гудчайлд стверджують, що такий підхід не дає змоги охопити сутність геоінформаційної технології та її соціальні наслідки. Вони справедливо припустили, що геопросторові дані також повинні бути доступними та зрозумілими для засобів масової інформації. Останні визначаються як засоби передавання інформації для потреб громадськості, що належать до засобів масових телекомунікацій та можуть забезпечити доступ до інформації великій кількості людей практично в будь-якому місці та в будь-який час. Тому в новій концепції геопросторової інформації (рис. 1.1) виділяються чотири основні функціональні аспекти геопросторових даних, а саме: системи баз геопросторових даних, картографія, комунікація та просторовий аналіз, кожен з яких обслуговує одну або більше конкретних, але взаємопов'язаних прикладних областей (на схемі їх позначено прямокутними блоками) [1].

Компонента баз геопросторових даних відіграє основну і вирішальну роль у новій концепції застосування географічної інформації та новій архітектурі геоінформаційних систем як складової інфраструктури геопросторових даних. Орієнтований на бази даних підхід дає можливість суттєво підвищити ефективність використання геопросторової інформації в системах підтримки прийняття рішень порівняно з традиційним ГІС-центричним підходом [1].

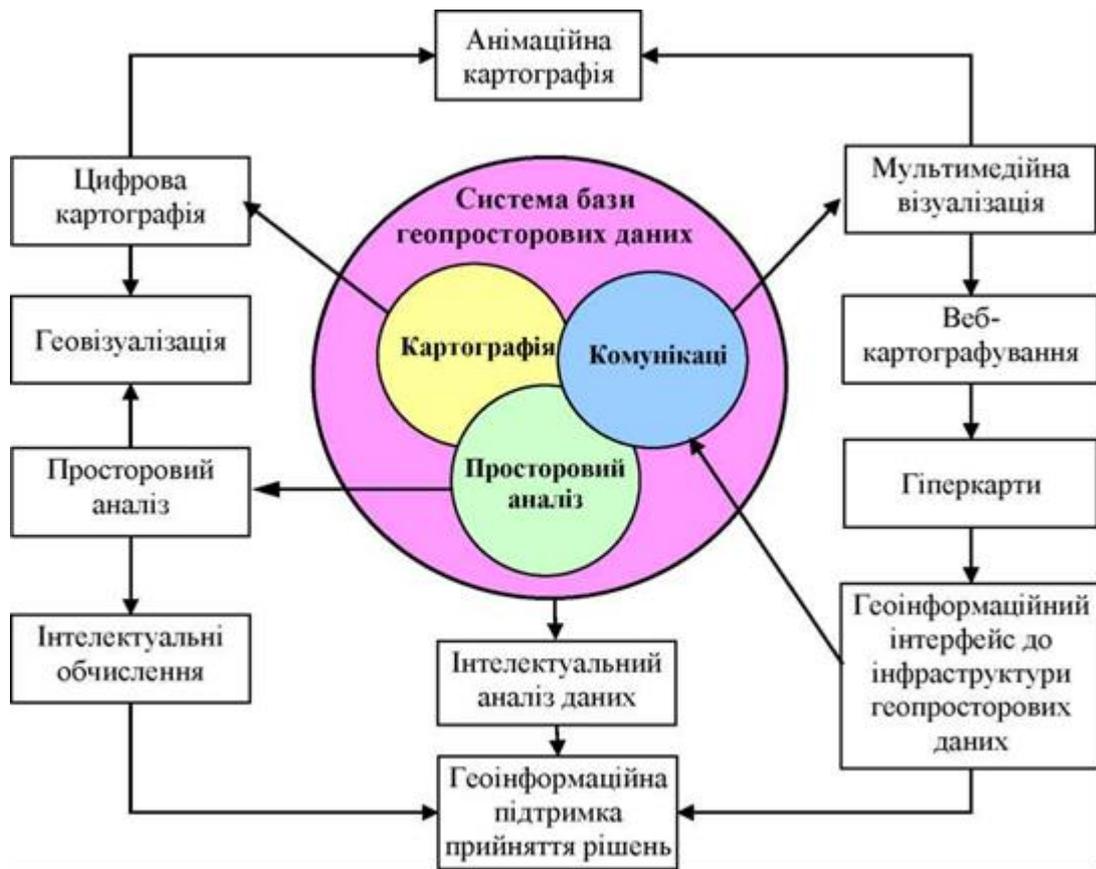


Рис. 1.1. Сучасна концепція функцій геопросторової інформації [1, 2]

Бази геопросторових даних створюються в середовищі ОР СКБД, що розширені об'єктним типом даних Geometry, програмними функціями і процедурами оброблення й маніпулювання просторовими даними та розширеною мовою SQL 3 для керування процесами створення, модифікування і доступу до БГД, а також програмування поведінки прикладних геопросторових об'єктів, що породжуються від типу Geometry. Просторові розширення реалізовані практично у всіх провідних універсальних ОР СКБД, зокрема в Oracle, MS SQL Server, DB 2, Postgres SQL та MySQL. Усі вони підтримують ієрархію класів простих геометричних об'єктів за специфікацією відкритого геопросторового консорціуму OGC та розвиваються в напрямі реалізації розширеного типу Geometry за стандартом ISO SQL Multimedia/Spatial, включаючи криволінійні та комбіновані елементи, мережні топологічні моделі, растрові (GRID) та TIN моделі географічних полів. Усі геометричні класи підтримуються в 2D, 3D та 4D системах координат, що задаються комбінацією X, Y, Z та M координат, тобто: (X, Y); (X, Y, M); (X, Y, Z) та (X, Y, Z, M), де координата M відповідає вимірному значенню будь-якої характеристики у певній точці простору. В стандарті SQL/MM визначено

понад 300 просторових функцій та методів для обчислення метричних характеристик об'єктів, визначення просторових відношень, просторового аналізу та створення нових об'єктів відносно геометрії інших [1].

Використання універсальних ОР СКБД для створення БГД забезпечує для геопросторових даних усі властивості, притаманні системам баз даних, а саме: незалежність даних від конкретних програмних ГІС-платформ, централізоване керування даними; дотримання стандартів; безпеку та цілісність даних; мультидоступ до даних; розподілене спільне використання даних; адміністрування та регламентування доступу; реплікація даних. БГД на відміну від баз картографічних даних не залежать за складом об'єктів, їх структурою, складом атрибутів, точністю та просторовим розрізнення від масштабу карти. Вміст, логічна структура та усі інші властивості БГД визначаються виключно вимогами прикладного застосування. Концепція мультимасштабності карт змінюється мультирепрезанттивністю подання об'єктів в БГД або їх автоматичною генералізацією під час формування геообразень [1].

Процес формування картографічних зображень в ГІС з базо-орієнтованою архітектурою ґрунтується на формуванні запитів до БГД для вибірки необхідних класів об'єктів та їх атрибутів в контексті змісту тематичної карти. Створення БГД на основі ОР СКБД дає можливість повною мірою реалізувати інтегрування геопросторових даних із будь-якими іншими БД та базами знань в єдиному середовищі універсальної СКБД, в якому основним засобом логічного моделювання, доступу й маніпулювання даними й об'єктами залишається мова SQL, розширена засобами процедурного програмування для моделювання поведінки об'єктів та складних функціональних залежностей між ними [1].

З урахуванням базо-орієнтованого підходу можна визначити, що геоінформаційне картографування – це автоматизоване створення й використання карт на основі ГІС, баз геопросторових даних та баз географічних і картографічних знань [1].

База географічних знань є важливою складовою не тільки ГІС, а й геопросторового аналізу та ГІС в цілому. Вона містить логічні схеми БГД, каталог класів об'єктів з їх відношеннями, атрибутами, правилами доменної, посилальної та просторово-топологічної цілісності БГД, правилами причинно-наслідкових відношень між об'єктами,

функціональними залежностями між первинними і похідними властивостями об'єктів (тематичними змінними) з їх програмною реалізацією на рівні вбудованих SQL-процедур постійного зберігання [1].

База картографічних знань містить проекти еталонів тематичних карт, правила вибірки об'єктів і атрибутів із БГД для тематичного картографування, методи і правила класифікації об'єктів за тематичними змінними, правила формування легенди за загальною схемою "код умовного позначення = код класу + значення атрибутів + контекст тематичної карти", правила генералізації тощо [1].

*Геоінформаційне картографування* – це розділ картографії та геоінформатики, що охоплює теорію і методи створення та використання геоінформаційних моделей, цифрових і електронних карт, інших просторово-часових моделей на основі ГІС і геоінформаційних технологій.

Впровадження геоінформаційних технологій в картографії спричинило появу нових типів карт – *цифрових і електронних*, а також методів їх використання. Всі традиційні задачі, що вимагали витягу інформації з карт та її наступної обробки, були переформульовані в термінах обробки баз даних, оскільки просторовий аналіз у комп'ютерному середовищі передбачає оперування не зображенням, а тими даними, на основі яких воно побудовано [3]. Відбулась трансформація картографічного методу дослідження в геоінформаційно-картографічний, де всі точні операції (картометричні, морфометричні, аналітичні тощо) здійснюються над цифровими записами об'єктів у базі даних, а картографічне зображення є засобом відображення результатів обробки даних, джерелом інформації в процесі візуального аналізу. Сформувався новий практичний підхід до створення карт, що отримав назву «*database-driven mapping*», або «*картографія на основі баз даних*. Він зажадав обов'язкової наявності програмного середовища, яке б забезпечувало безперервний зв'язок електронної карти і бази даних. Функції цього середовища якраз і виконує ГІС [3].

*Геоінформаційне картографування* – технологічний процес збору й обробки геоінформації, формування геоінформаційних моделей, створення і ведення баз топографічних даних, створення цифрових топографічних карт і електронних карт [3].

Геоінформаційне картографування на основі БГД вносить новий аспект в парадигму картографічної діяльності – формування формалізованих географічних та картографічних знань, які дадуть змогу

включити в процес використання геопросторових даних та картографічної продукції мільйони споживачів в глобальному інформаційному просторі [1].

### **Контрольні запитання**

1. Що таке геоінформаційне картографування?
2. Яку роль відіграють бази геопросторових даних у геоінформаційному картографуванні?
3. Навіщо використовувати об'єктно-реляційні системи керування базами даних?
4. Яким чином моделюється геопросторовий об'єкт у базі геопросторових даних?
5. Чим відрізняється геоінформаційна модель від картографічної?

## **Лекція 2. Загальнодержавне топографічне і тематичне картографування**

Топографічні карти за змістом поділяються на карти з [4]:

- уніфікованим змістом, що містять інформацію про об'єкти місцевості та їх характеристики, доступну для відкритого опублікування, і призначені для широкого доступу користувачів;
- розширеним змістом, що створені на основі карт з уніфікованим змістом та доповнені інформацією про об'єкти місцевості та їх характеристики і призначені для заінтересованих користувачів;
- спрощеним змістом, що створені на основі карт з уніфікованим змістом, з яких вилучено інформацію відповідно до нормативних документів, що встановлюють вимоги щодо зображення на картах об'єктів місцевості та зазначення їх характеристик. Такі карти є топографічною основою для створення тематичних і кадастрових карт та геоінформаційних систем.

Топографічні карти призначено для забезпечення потреб органів державної влади, господарства, оборони, науки, освіти і громадян країни, а також є основою для створення геоінформаційних систем, спеціальних, тематичних та інших карт і планів.

Незалежно від призначення, форми та масштабу топографічні карти повинні задовольняти такі основні вимоги [4]:

- достовірно і з відповідною до масштабу точністю й повнотою відображати стан місцевості на рік створення карти в діючих умовних знаках;
- забезпечувати визначення з відповідною до масштабу точністю прямокутних та географічних координат, абсолютних і відносних висот об'єктів місцевості, їх кількісних та якісних характеристик, а також давати можливість проводити інші картометричні роботи;
- бути зведеними по рамках за всіма елементами змісту між суміжними аркушами карт одного масштабу;
- бути узгодженими за основними елементами змісту між аркушами карт суміжних масштабів;
- бути наочними і зручними в користуванні, давати можливість сприйняття та оцінки інформації про місцевість та орієнтування на ній.

Цифровими топографічними картами є цифрові картографічні моделі, які відповідають змісту аналогової карти певного типу та масштабу, є базами геопросторових даних та метаданих, створюються за

допомогою спеціалізованих програмно-технічних засобів з урахуванням класифікації топографічних об'єктів та явищ шляхом кодування їх розміру, форми, розташування та метаданих (якісних, кількісних та структурних характеристик) у прийнятих системах координат, висот, розграфлення, масштабах, проекціях. Цифрові топографічні карти зберігаються у базах цифрових картографічних даних. Цифрові топографічні карти створюються (оновлюються) з урахуванням вимог нормативних документів: «Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 04.09.2013 № 661 та «Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1 000 000» (1999 р.) [4, 5]. Ці нормативні документи призначено для використання під час виконання робіт щодо створення та оновлення цифрових топографічних карт та для контролю їх якості під час розроблення та експлуатації ГІС.

Цифрові топографічні карти створюються в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в прийнятій державній розграфці топографічних карт.

Електронними топографічними картами є цифрові топографічні карти, що візуалізовані або підготовлені до візуалізації в умовних знаках, встановлених для певного масштабу карти, і створені з використанням конкретних електронних чи оптико-електронних пристроїв та відповідних програмних засобів.

Створення та оновлення топографічних карт здійснюється із застосуванням геоінформаційних технологій, які уніфікують засоби формування і використання баз топографічних і картографічних даних у топографо-геодезичному і картографічному виробництві.

### **Контрольні запитання**

1. Назвіть поділ топографічних карт за змістом. У чому їх різниця?
2. Назвіть основні вимоги до топографічних карт.
3. Чим відрізняються електронні і цифрові топографічні карти?
4. У якій системі координат створюються цифрові топографічні карти?

### **Лекція 3. Спеціальне картографування**

Відповідно до статті 13 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» до топографо-геодезичних і картографічних робіт спеціального призначення належать [6]:

– роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення кадастрової діяльності - створення, розвиток і підтримка в робочому стані геодезичних мереж спеціального призначення, створення і оновлення картографічної основи державного кадастру, створення місцевих систем координат, порядок ведення яких встановлюється спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин;

– роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності - створення геодезичних та картографічних матеріалів і даних для планування території, проектування, будівництва і реконструкції об'єктів капітального будівництва, створення інженерної та транспортної інфраструктури, а також проведення необхідних для цього інженерних вишукувань;

– роботи із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності не потребують отримання замовниками та/або виконавцями таких робіт дозволу органів виконавчої влади та/або місцевого самоврядування на їх проведення;

– матеріали, складені за результатами виконання робіт із топографо-геодезичного і картографічного забезпечення містобудівної діяльності, не підлягають погодженню органами державної влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами та організаціями, затверджуються замовниками таких робіт та включаються до складу геопросторових даних містобудівного кадастру, один примірник результатів таких робіт підлягає передачі до Державного картографо-геодезичного фонду України в обов'язковому порядку;

– створення географічних інформаційних систем спеціального (тематичного) призначення;

– створення тематичних карт, планів і атласів спеціального призначення в графічній, цифровій та іншій формах, видання таких карт, планів і атласів;

– геодезичні, топографічні, аерозйомочні та інші спеціальні роботи під час інших вишукувань і спеціальних робіт;

– виконання науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у напрямках, зазначених у цій статті.

Відповідно до пп. 52 – 56 Постанови Кабінету Міністрів України від 04 вересня 2013 року № 661 «Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» спеціальне загальнодержавне картографування є окремим видом загальнодержавного тематичного картографування. Державні спеціальні карти створюються державними підприємствами і організаціями та галузевими науково-дослідними і науково-технічними установами, підприємствами і організаціями. Державними спеціальними картами є [6]:

- навігаційні карти (авіаційні, космічні, морські, річкові тощо);
- кадастрові карти (земельного, водного, лісового, містобудівного кадастру тощо);
- технічні карти (підземних комунікацій, інженерно-будівельні тощо);
- проєктні карти (у складі проєктної документації).

Державні спеціальні карти створюються відповідно до нормативно-технічних документів, затверджених Міноборони, Міндовкіллям, Мінінфраструктури, Мінагрополітики, Мінрегіоном та Національною академією наук відповідно до їх компетенції. Морські навігаційні карти створюються та видаються відповідно до стандартів Міжнародної гідрографічної організації, а авіаційні навігаційні карти – відповідно до стандартів Міжнародної організації цивільної авіації. Зміст державних спеціальних карт повинен відповідати їх призначенню. Державні спеціальні карти за способом створення та подання графічної інформації поділяються на аналогові, цифрові та електронні [4].

### **Контрольні запитання**

1. Поясніть яке призначення робіт зі спеціального картографування.
2. Що таке державні спеціальні карти?
3. Наведіть приклади спеціальних карт.
4. Чи є аналогові державні спеціальні карти предметом геоінформаційного картографування? Чому?

#### Лекція 4. Системна модель топографічного картографування

Топографічне картографування  $K_m$  в інфраструктурі картографічного виробництва. Картографічний підхід до виробництва цифрових топографічних карт і планів можна описати у вигляді системної моделі як взаємодію трьох систем: місцевості  $T$ , яка містить множину об'єктів, що картографується; множини топографічної інформації  $I$ , отриманої в результаті топографічних знімів  $f_{TI}$ , та цифрової карти  $M$ , яка формується в результаті оброблення топографічної інформації в середовищі геоінформаційних систем  $f_{IM}$  (Рис. 4.1) [8]:

$$K_m = \{T, I, M, F\}, \quad (4.1)$$

де  $K_m$  – топографічне картографування в інфраструктурі картографічного виробництва;

$T$  – місцевість: множина об'єктів, що картографується під час виконання комплексу робіт по топографічному зніманню  $f_{TI}$ ;

$I$  – множина топографічної інформації  $f_{TI}: T \rightarrow I, f_{TI} \in F$ ;

$f_{IM}$  – формування цифрової карти в середовищі геоінформаційних систем, шляхом застосування картографічних методів  $f_{IM}: I \rightarrow M, f_{IM} \in F$ ;

$M$  – цифрова карта.

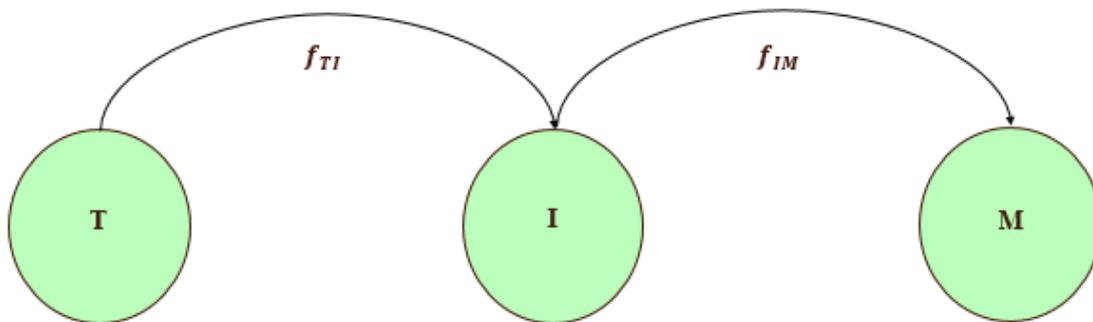


Рис. 4.1. Системна модель картографічного підходу до виробництва цифрових топографічних карт і планів

Нині основні тенденції розвитку топографо-геодезичної та картографічної діяльності обумовлюються розвитком інформаційних технологій, зокрема, глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) визначення місцезнаходження об'єктів, аерокосмічних систем високої роздільної здатності для отримання інформації про Землю, створення високопродуктивних засобів отримання просторової інформації про Землю в режимі реального часу на основі систем оптико-електронного сканування місцевості, супутникової радіолокації, лазерної локації наземного та повітряного базування, цифрового аерофотознімання

включаючи безпілотні літальні апарати, неметричні фотокамери, піктографічне знімання для створення реалістичних моделей місцевості, цифрових методів обробки зображень та геопросторової інформації, широкого використання геоінформаційних систем і телекомунікаційних технологій як основного засобу забезпечення доступу суспільства до геопросторових даних та інформації тощо Життєвий цикл створення або оновлення топографічних карт зменшився до 3-6 місяців. Цифрові топографічні карти створюються в сучасних ГІС для конкретного замовника і власне лише він ними користується задля власних потреб [8].

У разі такого підходу цифрова карта є «зрізом місцевості» на певний час і не враховує зміни місцевості. Крім того, під час топографічних знімачь, як правило, збираються виключно топографічні характеристики геопросторових об'єктів та не інтегруються дані з різних джерел. Виготовлення цифрової карти відбувається в середовищі конкретної ГІС, що не забезпечує інтероперабельність геопросторових даних, зібраних в інших ГІС, спричиняє проблеми зі створення, оновлення, обміну та поширення таких даних між різними виробниками та користувачами. Обмін геоінформаційними моделями між ГІС різних виробників відбувається за допомогою конверторів даних. З такою архітектурою легко визначити основні недоліки корпоративних ГІС. Крім того процес конвертування великих обсягів даних перетворюється на трудомісткий, конвертовані дані, як правило, не повністю відображають вихідну структуру вихідної геоінформаційної моделі. Це, в свою чергу, вимагає додаткових витрат на коригування результатів моделі перетворення, і накопичує дублювання інформації в різних форматах ГІС, практично – цілісність та адекватність моделей даних точно не забезпечуються, а управління даними здійснювати важко.

Зважаючи на зазначене вище, відповідь на питання чи можуть цифрові топографічні карти у вигляді файлових структур бути набором базових геопросторових даних для створення і розвитку національної інфраструктури геопросторових даних є очевидною: ні не можуть, оскільки головною умовою створення і розвитку НІГД є інтероперабельність геопросторових даних щодо їх створення, інтеграції з різних джерел, оновлення, обміну, поширення між різними виробниками і користувачами.

*Топографічне картографування  $K_D$  в національній інфраструктурі геопросторових даних.* Пропонується нова системна модель, яка описує геоінформаційний підхід до топографічного картографування в інфраструктурі геопросторових даних. Ця динамічна модель складається

з чотирьох систем:

1)  $T$  – місцевості з множиною геопросторових об’єктів, що моделюються;

2)  $I$  – множини топографічної інформації, яка отримується внаслідок топографо-геодезичних і картографічних робіт за допомогою методів збирання геопросторових даних  $f_{TI}$ ;

3)  $D$  – банку топографічних даних, який формують бази топографічних даних  $f_{ID}$ ;

4)  $M$  – множини цифрових топографічних карт, які формуються в процесі виконання запитів  $f_{DM}$  до банку топографічних даних.

Тоді модель враховує зміни на місцевості –  $f_{TT}$ , ці зміни місцевості вносяться під час оновлення множини топографічної інформації –  $f_{II}$ , далі відбувається процес оновлення банку топографічних даних –  $f_{DD}$  і відповідно виникає можливість оновлення множини цифрових карт (рис.4.2)

$$K_D = \{T, I, D, M, F\}, \quad (4.2)$$

де  $K_D$  – топографічне картографування в інфраструктурі геопросторових даних;

$I$  – множина топографічної інформації:  $F : T \rightarrow M$ ,

$$F = \{f_{TT}, f_{TI}, f_{II}, f_{ID}, f_{DD}, f_{DM}, f_{MM}\};$$

$D$  – банк топографічних даних;

$M$  – множина цифрових топографічних карт;

$f_{TT}$  – процес зміни місцевості:

$$f_{TT}: T \rightarrow T, f_{TT} \in F;$$

$f_{TI}$  – комплекс робіт по топографічному зніманню:

$$f_{TI}: T \rightarrow T, f_{TI} \in I;$$

$f_{II}$  – оновлення множини топографічної інформації:

$$f_{II}: I \rightarrow I, f_{II} \in F;$$

$f_{ID}$  – формування бази топографічних даних – Clearing House:  
 $f_{ID}: I \rightarrow D, f_{ID} \in F;$

$f_{DD}$  – оновлення бази топографічних даних:  $f_{DD}: D \rightarrow D, f_{DD} \in F;$

$f_{DM}$  – формування множини цифрових топографічних карт:  $f_{DM}: D \rightarrow M, f_{DM} \in F;$

$f_{MM}$  – оновлення множини цифрових топграфічних карт:  $f_{MM}: M \rightarrow M, f_{MM} \in F;$

Саме сукупність процесів  $F: f_{TT}, f_{TI}, f_{II}, f_{ID}, f_{DD}, f_{DM}, f_{MM}$ , – власне, і є складовими топографічного моніторингу місцевості:

$$F = \{f_{TT}, f_{TI}, f_{II}, f_{ID}, f_{DD}, f_{DM}, f_{MM}\}. \quad (4.4)$$

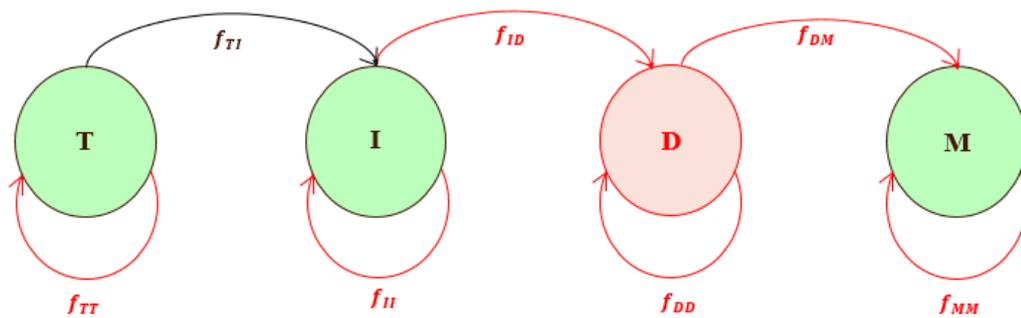


Рис. 4.2. Системна модель геоінформаційного підходу до топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних [8]

Архітектуру Основної державної топографічної карти (рис. 4.3), яка відповідає геоінформаційному підходу до топографічного картографування в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних можна описати таким чином:

1. Маємо місцевість з множиною геопросторових об'єктів ( $T$ ), яка постійно змінюється в часі  $f_{TT}$ ;

2. Множина топографічної інформації, яка отримується внаслідок топографо-геодезичних і картографічних робіт за допомогою методів збирання геопросторових даних  $f_{TI}$ . До останніх відносять методи: контактні, дистанційні, складання карт, Opensource і crowsourcing-технологій та комбіновані [8]. Зміни місцевості вносяться під час оновлення множини топографічної інформації –  $f_{II}$ .

3. Банк топографічних даних  $D$ , який формують бази топографічних даних –  $f_{ID}$ , СКБД і ГІС-інструментарій. Бази топографічних даних формуються за допомогою UML-моделей, розроблених на основі міжнародних і національних стандартів та специфікацій в сфері «Географічна інформація/Геоматика». Інформація про зміни на місцевості оновлюється в БТД в режимі реального часу.

4. Цифрові топографічні карти  $M$  формуються в результаті запитів до банку топографічних даних –  $f_{DM}$ . Постійне оновлення інформації в банку топографічних даних забезпечує оновлення множини цифрових карт –  $f_{MM}$  та ведення топографічного моніторингу місцевості.

5. Підвищення рівня доступу до Основної державної топографічної карти забезпечують геопортал та сервіси:

- сервіси пошуку, що забезпечують виявлення геопросторових даних та сервісів геопросторових даних в інформаційних мережах;
- сервіси перегляду геопросторових даних, інформації про характеристики геопросторових об'єктів та змісту метаданих;
- сервіси доступу, що забезпечують безпосередній доступ до геопросторових даних або отримання їх копій;

– сервіси координатних операцій, що забезпечують трансформування та перетворення координат геопросторових даних з однієї системи координат або картографічної проекції в іншу.

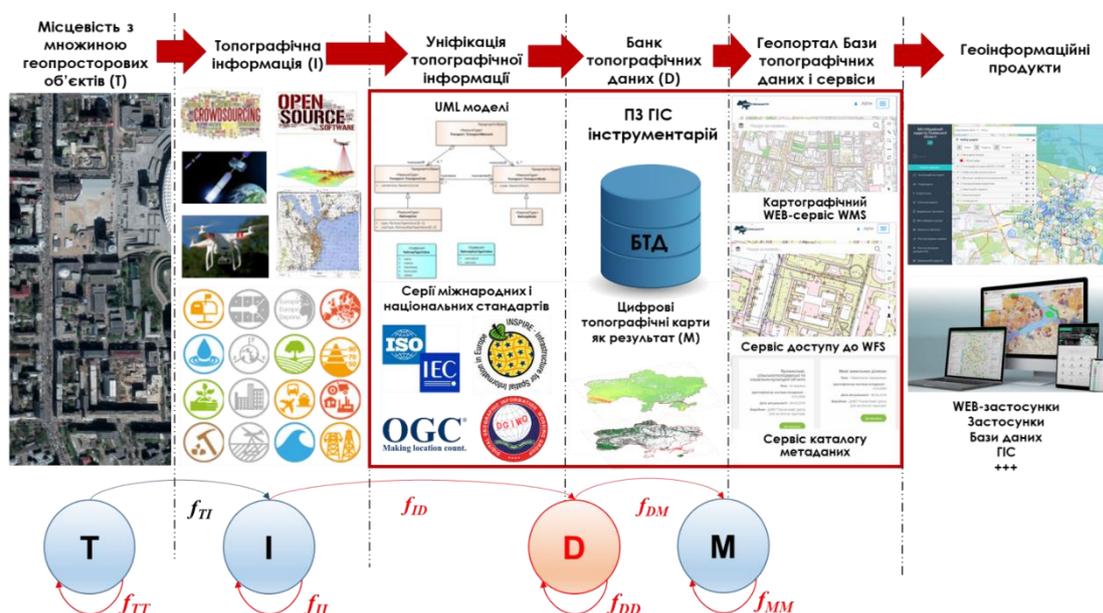


Рис. 4.3. Архітектура основної державної топографічної карти в НІГД [8]

На основі інформації, отриманої з геопорталу Основної державної топографічної карти виробники створюють свої геоінформаційні продукти: WEB-застосунки, ГІС-застосунки, набори тематичних геопросторових даних та ГІС.

Геоінформаційний підхід до топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних ґрунтується на таких принципах:

1. Топографічний моніторинг місцевості повинен розвиватися.
2. База топографічна даних є ядром топографічного картографування. БТД – не залежна від програмного забезпечення ГІС.
3. Створення цифрових топографічних карт як результат запиту до Базі топографічних даних.
4. Підвищення інтелектуального рівня створення геопросторових даних.
5. Інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних.

*Топографічний моніторинг місцевості повинен розвиватися. Всі топографічні дані повинні оновлюватися в базі топографічних даних в результаті здійснення топографічного моніторингу за правилами:*

– будь-який артефактний об’єкт може бути введеним в експлуатацію тільки після виконавчого топографічного знімання з поміщенням в Базу топографічних даних;

– також можна використовувати Big Data [8] і crowdsourcing-технології для виявлення змін топографічних об’єктів місцевості, такі зміни можуть бути виправлені і вноситися лише після того, як виконано виконавчу топографічну зйомку та її результати завантажено у Базу топографічних даних;

– дані про природні топографічні об’єкти оновлюються не рідше одного разу на 3-5 років.

Очевидно, що організація такої системи топографічного моніторингу можлива тільки в умовах національної інфраструктури геопросторових даних, яка вимагає ефективної взаємодії між її учасниками.

*База топографічна даних є ядром топографічного картографування. БТД – не залежна від програмного забезпечення ГІС.* В інфраструктурі геопросторових даних діє принцип «дані, які створено один раз в одному місці використовуються багаторазово» різноманітними користувачами в середовищі різноманітних геоінформаційних систем.

В архітектурі сучасних ГІС, які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління, спостерігається їх повне інтегрування з універсальними СКБД, а також їх вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. У таких ГІС обидві компоненти моделі географічних об’єктів (атрибутивна й просторова) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова SQL дає змогу описувати множину просторових предикатів для виконання просторового аналізу [8].

Ефективним методом дотримання цього принципу є використання баз даних, незалежних від будь яких ГІС. Незаперечними перевагами використання баз даних є [8]:

1. Мінімізація надлишковості даних. Застосування баз даних дає змогу мінімізувати надлишковість даних, яка є властивою для файлових систем. Саме скорочення та взагалі виключення дублювання даних забезпечує їх ефективну експлуатацію та підвищення достовірності. Виключення дублювання даних та мінімізація їх надлишковості забезпечується взаємопов’язаністю даних, підтримкою різноманітних зв’язків між даними.

2. Уніфікація засобів організації даних досягається використанням прикладних схем, розроблених на основі міжнародних стандартів та національних стандартів України в сфері Географічної інформації/Геоматики. Наразі в Україні за поданням Державного підприємства «Науково-дослідного інституту геодезії і картографії», який здійснює функції секретаріату Технічного комітету стандартизації ТК 103 «Географічна інформація/Геоматика», Національний орган стандартизації – Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») наказом №226 від 14 серпня 2017 прийняв 14 національних стандартів, гармонізованих з міжнародними стандартами серії ISO 19100 «Географічна інформація/ Геоматика», крім того відповідно до Наказу № 158 від 11 червня 2018 р. ДП «УкрНДНЦ» 1 липня набув чинності Національний стандарт України ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних» [8]. Використання цих національних стандартів в сфері топографо-геодезичної і картографічної діяльності є однією з основних умов створення і розвитку єдиної державної топографічної основи та національної інфраструктури геопросторових даних в Україні.

3. Синхронна підтримка даних (синхронна реплікація). У випадку синхронної реплікації діє правило: якщо дана репліка оновлюється, то всі інші репліки того ж фрагменту даних повинні бути оновлені в тій самій транзакції. Логічно це означає, що існує тільки одна версія даних. У більшості продуктів синхронна реплікація реалізується за допомогою тригерних процедур. Недоліком синхронної реплікації є те, що вона створює додаткове навантаження під час виконання транзакцій, в яких оновлюються репліки.

4. Цілісність та захист від несанкціонованого доступу, яка визначає відповідність інформації баз даних її внутрішній структурі та заданим правилам. Кожне правило накладає певне обмеження на можливий стан бази даних – обмеження цілісності (*integrity constraint*). Під цілісністю баз даних розуміється несуперечливість та відповідність визначеним вимогам даних, що зберігається. Враховуючи те, що бази даних орієнтовані на широке коло застосувань то необхідним є заходи для захисту від несанкціонованого доступу.

5. Незалежність структур даних від програмного забезпечення. Використання баз даних забезпечує високий рівень незалежності даних

від програм, що означає можливість зміни структури даних без зміни програмного забезпечення, що їх використовує. Ця властивість баз даних забезпечує децентралізований розвиток інформаційних систем. Внесення змін до структур даних не вимагає звернення до розробників програмного забезпечення, що забезпечує значну гнучкість для модернізації інформаційних систем на місцях.

6. Незалежність програмного забезпечення від структур даних. Використання баз даних забезпечує високий рівень незалежності програм від змін структури даних, що означає можливість зміни програмного забезпечення без зміни структури даних. Ця властивість баз даних забезпечує розвиток програмного забезпечення з гарантуванням сумісності з існуючими структурами даних.

Розподілена база геопросторових даних (РБГД) від англ. distributed geospatial database (DGDB) – це база геопросторових даних, яка розташована на сукупності віддалених вузлів. Розподілена система керування базами даних – це програмне забезпечення, яке призначене для управління РБГД, причому в їх межах можуть бути різні СКБД. Власне в цьому і перевага використання РБГД під час створення (оновлення) єдиної топографічної основи для інтегрування всіх наборів тематичних даних в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних в Україні. Обмін інформацією здійснюється через комунікаційну мережу. Усі користувачі РБГД – рівноправні, незалежно від віддаленості [8].

Крім того, необхідно взяти до уваги, що тематичні та атрибутивні геопросторові дані можуть створюватися і вестися різноманітними організаціями-утримувачами, що здійснюють їх моніторинг. Тому ефективним інструментарієм забезпечення їх інтеграції та синхронізації даних є використання розподілених баз геопросторових даних [8].

Це забезпечує повну свободу виробникам і користувачам геопросторових даних і продуктів використовувати різне програмне забезпечення (Рис. 4.4). Інтероперабельність забезпечується завдяки використанню прикладних схем, створених на основі серії міжнародних та національних стандартів України в сфері «Географічна інформація/Геоматика» [8].

*Створення цифрових топографічних карт.* Всі цифрові карти складаються в результаті запиту до Базы топографічних даних. Як правило, такі запити по формуванню цифрових карт здійснюються у форматі GML, який також не залежить від конкретних ГІС.

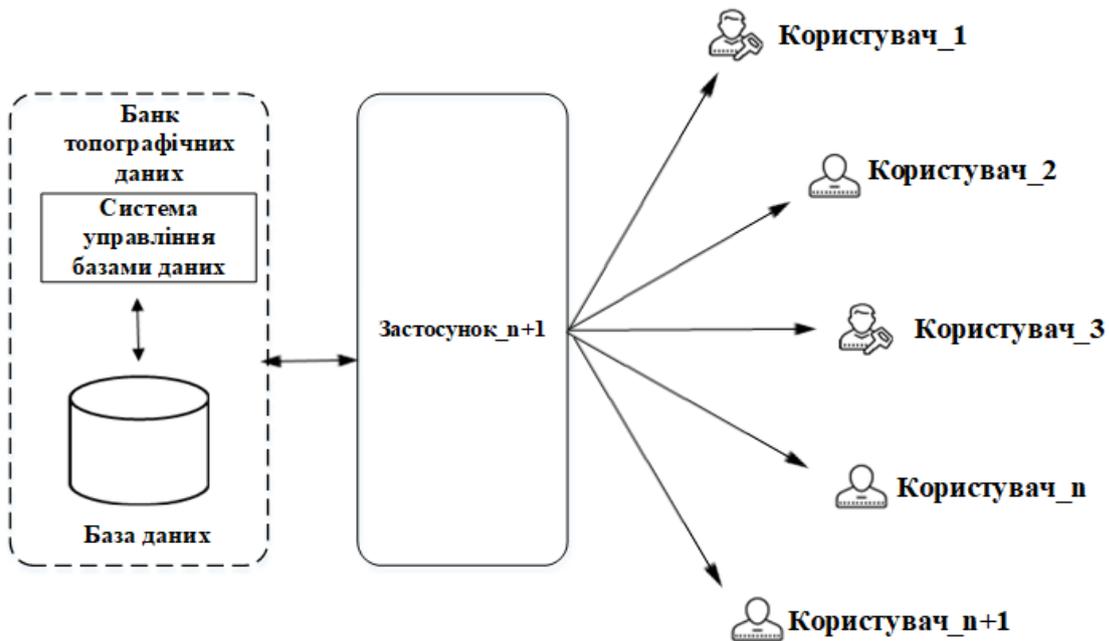


Рис. 4.4. Застосування баз геопросторових даних для створення, оновлення, обміну та поширення цифрових топографічних карт і планів, створених різними виробниками в середовищі різних ГІС [8]

*Підвищення інтелектуального рівня створення геопросторових даних.* Це забезпечується застосуванням просторових схем, опису внутрішньої конструкції моделей і правил цифрового опису геопросторових об'єктів, уніфікації каталогу об'єктів та їх атрибутів, топологічної узгодженості геометрії відповідно до стандартів і специфікацій: серією національних стандартів України ДСТУ ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика», прийнятих методом прямого підтвердження міжнародних стандартів цієї серії і ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних», комплексом стандартів організацій України (СОУ) «База топографічних даних» [8, 9].

Використання зазначених вище стандартів забезпечить уніфікацію структури та складу цифрових моделей місцевості в базах топографічних даних і покращить якість та сумісність топографічних даних, що постачаються різними виробниками.

*Інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних.* У наслідок існуючої картографічної парадигми атрибутивні характеристики топографічних об'єктів збираються в результаті виконання топографічних знімів. Як правило, ці атрибутивні характеристики не містять повноцінної тематичної інформації про ці

об'єкти. Одночасно з цим організації-утримувачі тематичних даних цих геопросторових об'єктів, як правило, експлуатують ці об'єкти і в силу своєї діяльності збирають та оновлюють необхідну для ефективного управління цими об'єктами, цінну інформацію. Для інтегрування (з'єднання) базових та тематичних геопросторових даних, виділяється географічний ідентифікатор, який присутній в обох наборах даних і за яким виконується з'єднання об'єктно-реляційних відношень (рис. 4.5) [8].

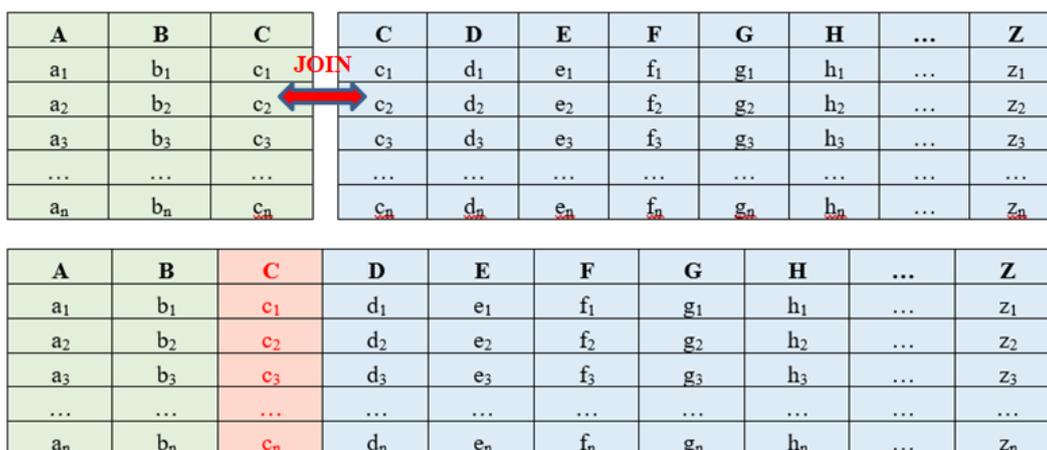


Рис. 4.5. Приклад інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних в об'єктно-реляційній базі геопросторових даних [8]

Ця інтеграція забезпечується використанням операції реляційної алгебри з'єднання (Join) різнорідних базових і тематичних наборів геопросторових даних, які підтримують різні виробники геопросторових даних в середовищах різних систем керування баз даних на основі встановлених географічних ідентифікаторів відповідно до національного стандарту ДСТУ ISO 19112:2017 (ISO 19112:2003, IDT). «Географічна інформація. Просторова прив'язка за географічними ідентифікаторами» [8].

Таке з'єднання дає можливість мінімізувати набір атрибутів для набору базових геопросторових даних і обов'язкового постійного зберігання для кожного об'єкта, що включає: код класу, унікальний в класі ідентифікатор та назву об'єкта, а також обов'язкові ідентифікатори (коди) об'єктів за офіційними загальнодержавними системами класифікації (кодифікації) об'єктів у відповідних галузевих реєстрах [8]:

- 1) КОАТУУ для об'єктів адміністративно-територіального устрою України;
- 2) коди електромереж високої напруги відповідно до реєстрів Міністерства енергетики України;

3) кадастрові номери земельних ділянок відповідно до реєстру Державного земельного кадастру Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру;

4) коди річок, водойм та водостоків – за класифікатором Державного водного кадастру Державного агентства водних ресурсів України;

5) лісів та рослинності – за реєстром Державного лісового кадастру Державного агентства лісових ресурсів України;

б) будівель та споруд – за реєстрами об'єктів нерухомості, реєстрами бюро технічної інвентаризації (БТІ) та містобудівного кадастру Міністерства розвитку громад та територій України;

7) автошляхи, мости, переїзди, об'єкти залізниці за реєстрами Міністерства інфраструктури України, АТ «Укрзалізниця», Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодору) тощо.

Картографічний підхід під час створення (оновлення) цифрових топографічних карт більше не задовольняє сучасні потреби галузей економіки і суспільства, оскільки у разі такого підходу цифрова карта є «зрізом місцевості» на певний час і не враховує зміни місцевості, не забезпечує можливість інтеграції даних, зібраних з різних джерел для оновлення карт та виготовлення цифрової карти відбувається в середовищі конкретної ГІС, що не забезпечує інтеоперабельність геопросторових даних, зібраних в інших ГІС, спричиняє проблеми зі створення, оновлення, обміну та поширення таких даних між різними виробниками та користувачами [8].

Також виявлено, що цифрові топографічні карти у вигляді файлових структур не можуть бути набором базових геопросторових даних, але можуть бути в тому випадку, якщо їх створювати (оновлювати) у вигляді наборів даних у складі бази топографічних даних.

В архітектурі сучасних ГІС, які за еволюцією геоінформаційних систем належать до ГІС третього покоління, спостерігається їх повне інтегрування з універсальними СКБД, а також їх вихід у глобальний інформаційний простір через Інтернет. У таких ГІС обидві компоненти моделі географічних об'єктів (атрибутивна й просторова) зберігаються в середовищі єдиної бази даних, а розширена мова SQL дає змогу описувати множину просторових предикатів для виконання просторового аналізу.

Тому запропоновано нову системну модель, яка відповідає геоінформаційному підходу до топографічного картографування в умовах розвитку національної інфраструктури геопросторових даних та

передбачає формування наборів геопросторових даних у вигляді баз даних та баз знань.

Впровадження інфраструктурного підходу в топографічне виробництво та створення і розвиток постійно діючої системи топографічного моніторингу забезпечить публікацію геопросторових даних в режимі реального часу практично одночасно зі змінами на місцевості, що гарантує підтримання в актуальному стані єдиної цифрової топографічної основи і відповідно наборів базових геопросторових даних для НІГД. Створюватися такі бази геопросторових даних повинні відповідно до: серії міжнародних ISO 19100 “Географічна інформація/ Геоматика”, Відкритого геопросторового консорціуму (OGS), INSPIRE, національних стандартів України (ДСТУ), комплексу стандартів організацій (СОУ) “База топографічних даних”, що забезпечують їх високий інтелектуальний рівень, забезпечують геоінформаційний аналіз та моделювання у середовищі сучасних ГІС [8, 9].

Саме бази геопросторових даних можуть забезпечувати інтеграцію даних на основі з'єднання (Join) різнорідних об'єктно-реляційних моделей. Також використання розподілених баз геопросторових даних забезпечить незалежність геопросторових даних від будь-яких ГІС, які обмежують використання і обмін даними між різними виробниками і користувачами геопросторових даних [8].

### **Контрольні запитання**

1. Чим відрізняється модель топографічного картографування в інфраструктурі картографічного виробництва від моделі у національній інфраструктурі геопросторових даних?
2. Яким чином досягається уніфікація засобів організації даних?
3. Яким чином забезпечується мінімізація надлишковості даних?
4. За допомогою чого відбувається інтегрування наборів базових і тематичних геопросторових даних?
5. З яких чотирьох систем складається модель топографічного картографування у національній інфраструктурі геопросторових даних?
6. Наведіть приклади тематичних ідентифікаторів.

## **Лекція 5. Бази топографічних даних: архітектура, особливості їх створення та ведення**

У цьому конспекті лекцій використані робочі матеріали українсько-норвезького проекту «Карти для сприяння належному управлінню землями в Україні», який розпочався після підписання Угоди між Кабінетом Міністрів України та Урядом Королівства Норвегія про технічне та фінансове співробітництво від 18.10.2016 року та Угоди для реалізації проекту, що укладена між Державною службою України з питань геодезії, картографії та кадастру (Держгеокадастр) і Картографічною службою Королівства Норвегія (SK) від 28.02.2018 року.

Вперше в Україні в рамках українсько-норвезького проекту створена цілісна База топографічних даних Основної державної топографічної карти (далі – БТД), яка розміщується на Геопорталі для забезпечення доступу до єдиної цифрової топографічної основи широкого кола користувачів.

Вхідними даними до цілісної БТД є оновлені цифрові топографічні карти масштабу 1:50 000, головною особливістю яких є те, що вони є гібридними, оскільки оновлення об'єктів з чіткими контурами (мережі доріг, вулиць, проїздів, кварталів і будинків, ліній електропередач (напругою більше 35 кВ)) виконується з детальністю та точністю карти масштабу 1:10 000, а оновлення всіх інших об'єктів – з детальністю та точністю карти масштабу 1:50 000. Оскільки оновлені цифрові топографічні карти масштабу 1:50 000/1:10 000 є вхідними даними для створення цілісної БТД та Геопорталу, то до їх створення (оновлення) висуваються нові сучасні вимоги, основними з яких є використання правил топологічних відношень між об'єктами [10, 13].

*Архітектура ГИС БТД.* Для реалізації принципів безстроковості використання та забезпечення сталості її розвитку в умовах постійних новацій в сфері інформаційних технологій ГИС БТД створюється за методологією модельно-керованої архітектури (МКА). Ключовим компонентом МКА (рис. 5.1) є високорівневе формалізоване подання знань про моделі топографічних даних у спосіб, який надає можливість ефективно використовувати нові методи і засоби реалізації моделей під час модифікації системи в процесі її експлуатації та розвитку в умовах постійного вдосконалення інструментальних засобів інформаційних технологій. Формалізовані знання подаються в прикладній схемі та каталозі класів об'єктів БТД як концептуальна модель топографічних

даних з використанням уніфікованої мови моделювання UML та незалежно від конкретного середовища реалізації бази даних. Схеми реалізації для різних методів (наприклад: реляційна або об'єктно-реляційна база даних, XML-файли обміну даними, веб-сервіси) та для конкретних середовищ реалізації отримуються переважно автоматично із формального опису прикладної схеми. Зміни вимог до інформації застосовуються до прикладної схеми та ніколи безпосередньо до її реалізації [11, 14].

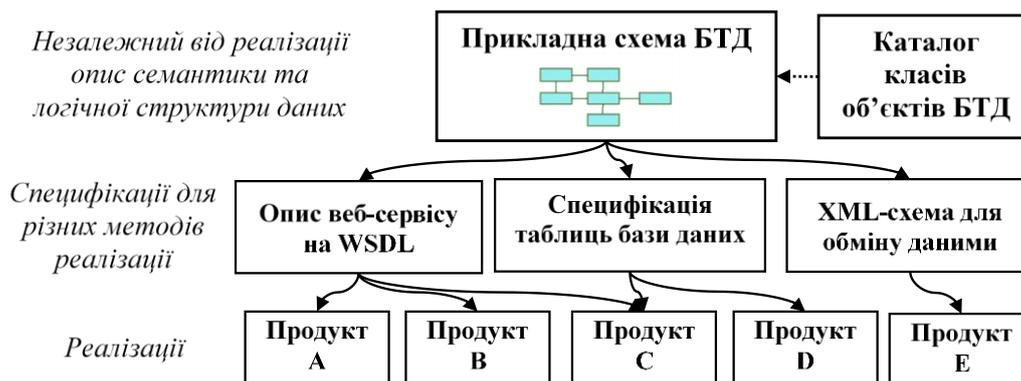


Рис. 5.1. Схема модельно-керованої архітектури створення БТД [11, 12, 14]

Типи топографічних об'єктів, їх атрибути, асоціації та обмеження, визначаються у прикладній схемі та подаються у каталозі об'єктів у відповідності до ДСТУ ISO 19110:2017 «Географічна інформація. Методологія каталогізації об'єктів (ISO 19110:2016, IDT)» та ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних». Як окремі типи топографічних об'єктів розглядаються лише узагальнені топографічні сутності, а різновиди сутностей описуються через значення певних атрибутів узагальненого класу (наприклад, тип або категорія дороги, тип забудови тощо). До основних груп типів об'єктів належать: елементи математичної, планової і висотної основи; рельєф суші; гідрографія і гідротехнічні споруди; населені пункти; промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти; дорожня мережа і дорожні споруди; рослинний покрив та ґрунти; політико-адміністративний устрій, огорожі і окремі природні явища та об'єкти [11, 14].

У прикладній схемі також описуються обмеження та правила топологічної узгодженості геометричних елементів векторних моделей як об'єктів одного типу, так і об'єктів різних типів. Для типів топографічних об'єктів, які за своїм походженням та функціями належать до природних

або інфраструктурних мереж (гідрографічна мережа, дороги та дорожні споруди, тощо) в прикладній схемі та каталозі об'єктів додатково описуються типи об'єктів, що використовуються для відображення і реалізації в базі топографічних даних їх сегментно-вузлових топологічних моделей [11, 14].

*Структурно-функціональна модель ГІС БТД.* База топографічних даних реалізується як інтегрована систем засобів керування бази даних, інструментальної геоінформаційної системи та спеціалізованих прикладних програм і обладнання для ефективного керування усіма технологічними процесами формування та використання бази топографічних даних на основі вхідних даних цифрових топографічних карт. За технологічно-функціональними ознаками в структурі системи ГІС БТД (рис. 5.2) виділено шість функціональних підсистем (ПС), які забезпечують [11, 14]:

- вхідний контроль вихідних наборів цифрових картографічних даних (ЦКД) на їх відповідність каталогу об'єктів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 і топологічну узгодженість їх геометрії;

- перетворення вихідних ЦКД у набори даних, що відповідають каталогу типів об'єктів БТД;

- зшивання геометричних елементів об'єктів, що фрагментовані границями аркушів топографічних карт;

- присвоєння унікальних ідентифікаторів топографічним об'єктам;

- формування первинних метаданих для топографічних об'єктів;

завантаження даних в оперативну БТД та метаданих;

- редагування даних оперативної БТД та метаданих за результатами контролю внутрішньої якості даних БТД і топографічного моніторингу місцевості;

- експорт даних з оперативної БТД в БТД геопорталу та файли наборів даних у форматах: GML, shp-файли цифрових картографічних даних, GeoJSON тощо.

- Інструментальна ГІС використовується для візуалізація електронних карт та редагування топографічних даних БТД за результатами контролю внутрішньої якості даних БТД і топографічного моніторингу місцевості в процесі створення та експлуатації системи. Розглянемо докладніше призначення та особливості реалізації основних функціональних підсистем ГІС БТД.



Рис. 5.2. Загальна структурно-функціональна модель ГІС БТД [11]

Для первинного наповнення БТД використовуються ЦКД, що містять шари геометрично узгоджених векторних моделей аркушів топографічних карт масштабу 1:50 000 у форматах gdb бази геоданих ГІС ArcMap. Кодування типів об'єктів та їх атрибутів вихідних ЦКД відповідає чинному в Україні «Класифікатору 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» та редакційно-технічним вказівкам (РТВ) на виготовлення цифрових моделей топографічних карт масштабу 1:50 000. ПС вхідного контролю вихідних наборів цифрових картографічних даних (ІQC-підсистема) забезпечує перевірку внутрішньої якості кожного набору ЦКД за такими елементами якості геопросторових даних [11, 14]:

- концептуальна узгодженість – відповідність набору концептуальній схемі ЦКД за набором шарів (класів) об'єктів та набором атрибутів кожного класу;
- доменна узгодженість – відповідність значень усіх атрибутів кожного класу значенням, визначеним в РТВ;
- топологічна узгодженість – відповідність геометричних елементів векторних моделей об'єктів набору правилам цифрового опису та правилам топологічних відношень як між об'єктами одного шару, так і між об'єктами різних класів, що визначені в РТВ;
- координатно-топологічна узгодженість об'єктів суміжних аркушів цифрових топографічних карт як одного набору ЦКД, так і суміжних аркушів з інших наборів ЦКД.

Функції IQC-підсистеми реалізуються засобами інструментальної ГІС ArcMap. Для цього в програмі ArcCatalog створено каталог об'єктів вхідних наборів ЦКД, що містить повний опис класів об'єктів, доменів значень їх атрибутів, топологічних правил і обмежень. За результатами роботи IQC-підсистеми за необхідності використовуються засоби ArcMap для редагування бази геоданих вихідних ЦКД для усунення виявлених помилок та отримання валідних ЦКД, які повністю відповідають вимогам до якості геопросторових даних, визначеними в каталозі об'єктів вхідних наборів ЦКД та РТВ [11, 14].

Підсистема перетворення та завантаження вихідних цифрових картографічних даних в БТД (TSL-підсистема від англ.: *Transformation, Stitching, Loading*) забезпечує перетворення, зшивання та завантаження наборів валідних вихідних ЦКД в базу топографічних даних. Для реалізації функцій TSL-підсистема використовує такі компоненти інформаційного забезпечення ГІС БТД, що зберігаються в однорідному середовищі сховища даних системи ОР СКБД PostgreSQL/PostGIS [11]:

а) валідні набори вихідних ЦКД, що підлягають перетворенню і завантаженню;

б) шлюзову базу геопросторових даних ЦКД;

в) оперативну базу топографічних даних і метаданих про об'єкти БТД;

г) базу даних загальносистемних інформаційних ресурсів БТД, зокрема: каталог об'єктів вхідних наборів ЦКД; каталог загальних вихідних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД, що визначені в РТВ на створення ЦКД; каталог об'єктів БТД; таблиці відповідності каталогів об'єктів ЦКД та об'єктів БТД; реєстр географічних назв об'єктів БТД; реєстр простору імен унікальних ідентифікаторів топографічних об'єктів (TOID) в базі топографічних даних.

TSL-підсистема забезпечує виконання таких функцій:

1) завантаження валідних наборів вихідних ЦКД у шлюзову базу даних ЦКД;

2) завантаження загальних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД у відповідний каталог вихідних метаданих;

3) перетворення вихідних ЦКД у набори даних, що відповідають каталогу об'єктів БТД;

4) зшивання геометричних елементів векторних моделей об'єктів, що фрагментовані границями аркушів топографічних карт;

- 5) завантаження перетворених та зшитих моделей об'єктів в оперативну базу топографічних даних;
- 6) вибірку та введення в реєстру географічних назв топографічних об'єктів, що завантажуються в БТД;
- 7) присвоєння унікальних ідентифікаторів TOID топографічним об'єктам, що завантажуються в БТД;
- 8) формування первинних метаданих для топографічних об'єктів, що завантажуються в БТД.

За результатами зшивання в шлюзовій базі перетворених ЦКД мітяться усі вибрані для зшивання об'єкти, усі зшиті об'єкти та усі завантажені об'єкти. Ці помітки використовуються для візуального контролю в інструментальній ГІС результатів автоматичного зшивання фрагментованих геометричних елементів об'єктів та, за необхідності, їх редагування в інтерактивному режимі. Первинні метадані топографічних об'єктів, що завантажуються в БТД, формуються на основі загальних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД [11].

Підсистема адміністрування та ведення бази топографічних даних і метаданих (DBMS – підсистема) забезпечує автоматизацію усіх процесів, пов'язаних з адмініструванням та веденням оперативної бази топографічних даних і метаданих про топографічні об'єкти на етапах створення і експлуатації БТД. Функції DBMS-підсистеми реалізуються з використанням стандартних засобів середовища ОР СКБД, що забезпечують: встановлення, налаштування та оновлення серверного програмного забезпечення баз даних та супутніх продуктів; керування регламентованим доступом користувачів до БТД; налаштування бази даних та моніторинг продуктивності; налаштування програм та моніторинг продуктивності; модифікацію моделей даних БТД; створення та модифікацію вбудованих прикладних функцій БТД; резервне копіювання та відновлення БТД [11, 14].

Підсистема ведення загальносистемних інформаційних ресурсів БТД (GIRM-підсистема від англ.: *General Information Resources Maintenance*) призначена для візуалізації, редагування та документування таких загальносистемних інформаційних ресурсів ГІС БТД [11]:

- каталог об'єктів вхідних наборів ЦКД з класифікаторами для доменів значень атрибутів та правилами топологічних обмежень;
- каталог загальних вихідних метаданих про вхідні поаркушні набори ЦКД, що визначені в РТВ на створення ЦКД;

- каталог об'єктів БТД з класифікаторами для доменів значень атрибутів та правилами топологічних обмежень;
- прикладна схема моделі БТД та метаданих;
- таблиці відповідності каталогів об'єктів ЦКД та об'єктів БТД;
- реєстр географічних назв об'єктів БТД;
- реєстр простору імен унікальних ідентифікаторів топографічних об'єктів (TOID) в базі топографічних даних.

Підсистема експорту даних (*Export*) призначена для перетворення та вивантаження топографічних даних і метаданих із оперативної БДТ для їх подальшого використання в системі геопорталу БТД та/або інших зовнішніх геоінформаційних системах [11, 14].

### **Контрольні запитання**

1. У чому суть методології модельно-керованої архітектури створення БТД?
2. Опишіть загальну структурно-функціональну модель ГІС БТД.
3. Що таке просторова схема? Яке її призначення?
4. Для чого використовується інструментальна ГІС у роботі з ГІС БТД?
5. Назвіть основні групи типів об'єктів у ГІС БТД.

## Лекція 6. Реалізація цифрових топографічних планів та карт у середовищі ГІС

Оскільки оновлені цифрові топографічні карти масштабу 1:50 000/1:10 000 є вхідними даними для цілісної БТД Основної державної топографічної карти, то ці стандартні етапи містять свої особливості такі як: створення нових віртуальних та асоційованих об'єктів, визначення критеріїв відбору і правил цифрового опису топографічних об'єктів, використання правил топологічних відношень між об'єктами цифрової топографічної карти, забезпечення автоматизованого контролю якості оновлених цифрових топографічних карт [10, 13].

*Створення нових віртуальних та асоційованих об'єктів.* Нові вимоги до оновлення цифрових топографічних карт 1:50 000/1:10 000 породжують необхідність створення нових об'єктів, які не відносяться до об'єктів реального світу, так званих віртуальних, таких як: водотоки; і асоційованих об'єктів, таких як: квартали і межі населених пунктів (рис. 6.1) [10, 13].

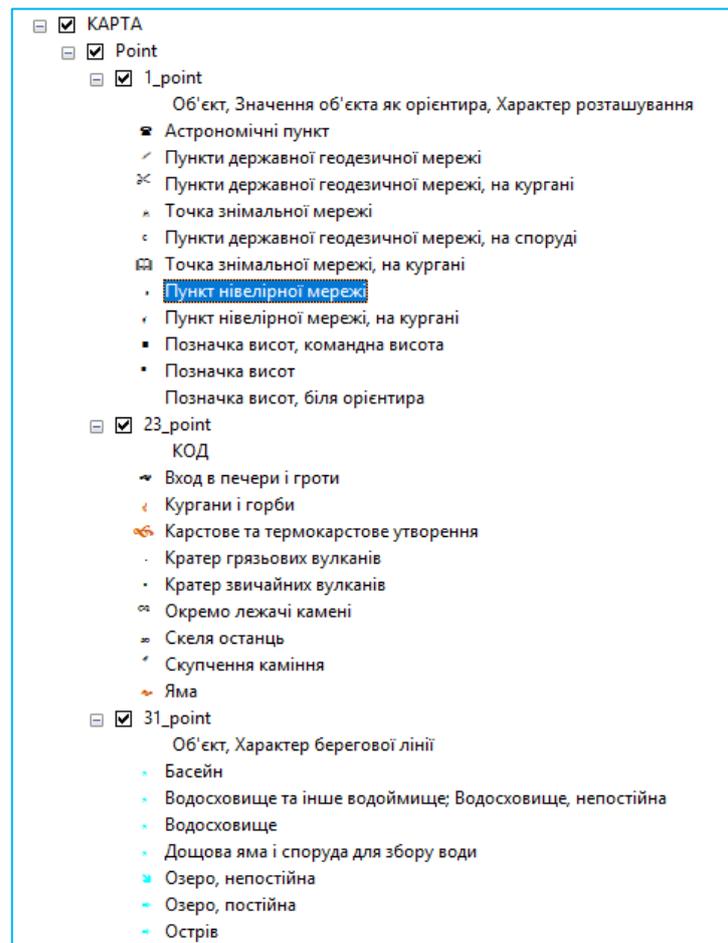


Рис. 6.1. Фрагмент шаблону цифрових топографічних карт у масштабі 1:50 000 в ArcMap

Для забезпечення побудови суцільної гідрографічної мережі в базу геоданих ArcGIS і Класифікатор було додано новий об'єкт «Водотік» в набір даних «Гідрографія і гідротехнічні споруди», правила цифрового опису якого подано нижче [10, 13]:

– під час створення полігональних об'єктів гідрографії створюються віртуальні лінії водотоків за допомогою інструменту *Production Centerline* програмного забезпечення ArcGIS 10.5 (рис. 6.2);

– водотоки векторизуються по полігональних об'єктах гідрографії, що мають витік, наприклад, в озерах без витіку лінія водотоку не відображається;

– під час з'єднання двох лінійних водотоків на головному водотоці у місці з'єднання створюється вузлова точка;

– у ділянках з'єднання полігональних об'єктів основного русла та притоки об'єкти розділяються по віртуальній лінії, що розділяє гирло притоки та основне русло (рис. 6.3, рис. 6.4);



Рис. 6.2. Подання ліній водотоків [10, 13]

– напрям векторизації об'єктів гідрографії має бути від витіку до гирла та співпадати з напрямом течії (рис. 6.5);



Рис. 6.3. З'єднання основного русла та притоки [10, 13]

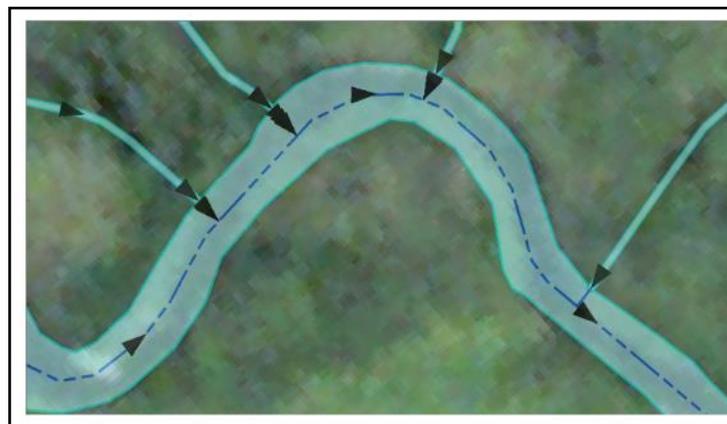


Рис. 6.4. Коректне відображення водотоків в місцях примикання лінійних до полігональних об'єктів гідрографії [10, 13]

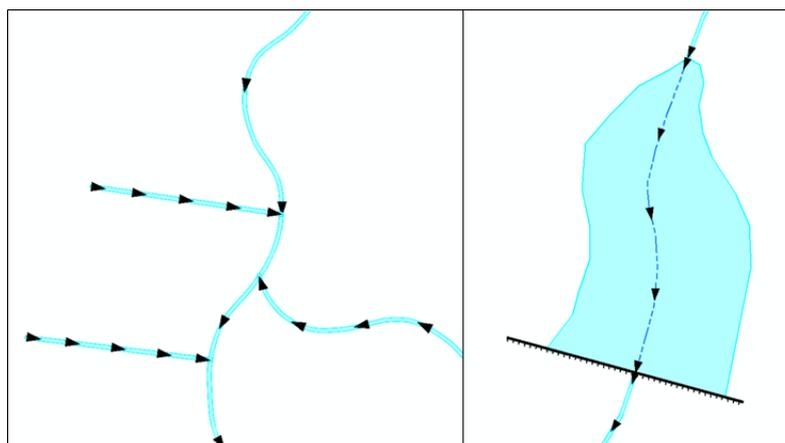


Рис. 6.5. Приклад напрям векторизації об'єктів гідрографії [10, 13]

– через полігональні об'єкти гідрографії, які без стоку, віртуальні лінії водотоку не проводяться (рис. 6.6);

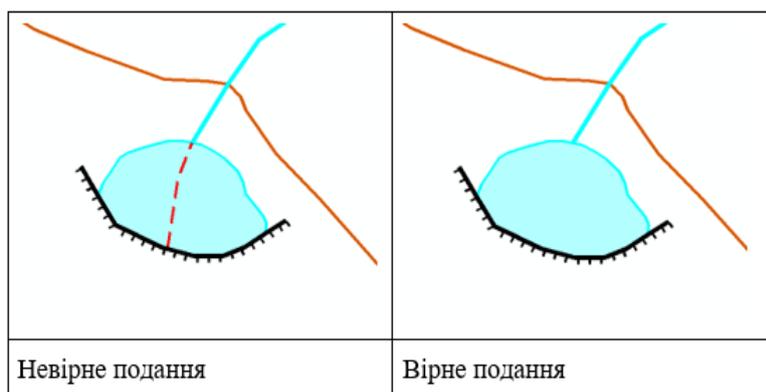


Рис. 6.6. Об'єкти гідрографії локального стоку [10, 13]

– об'єкти гідротехнічних споруд проводяться по суміжній межі з об'єктами гідрографії (рис. 6.7);

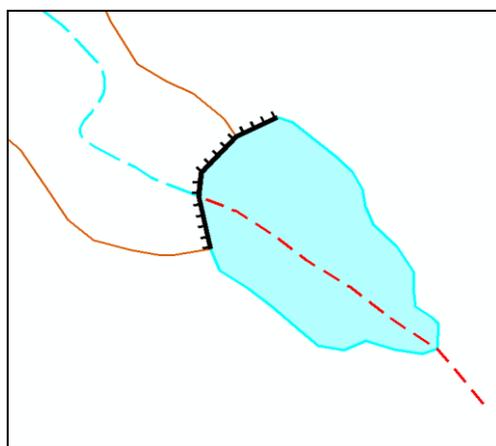


Рис. 6.7. Ізолінії рельєфу, гідротехнічна споруда та ставок проведено по суміжній межі [10, 13]

Для коректної побудови кварталів використовуються операції побудови буфера заданої величини залежно від типу вулиці. Під час векторизації кварталів вздовж магістральних вулиць створюється буферна зона шириною 75 м, вулиці вирізаються з кварталів буфером 10 м. Під час векторизації кварталів вздовж інших вулиць створюється буферна зона шириною 65 м, вулиці вирізаються з кварталів буфером 7 м. Під час векторизації кварталів вручну – ширина кварталу вздовж магістральних вулиць становить 65 м, вздовж інших 62 м (рис. 6.8).

Векторне подання щільно та рідко забудованого кварталу з окремими будівлями в ньому подано на рис. 6.9 [10, 13].

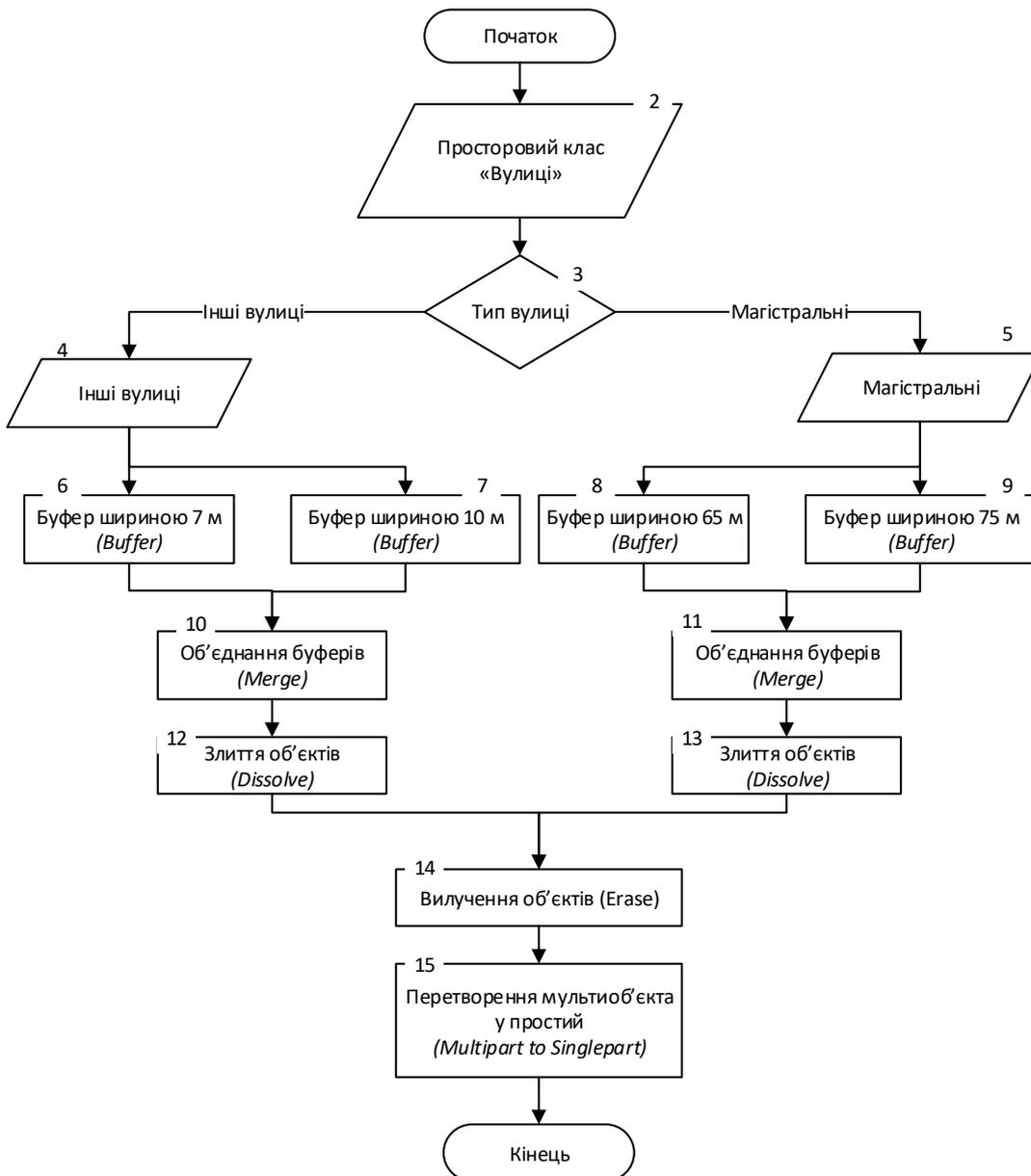


Рис. 6.8. Модель автоматичної побудови кварталів [10, 13]

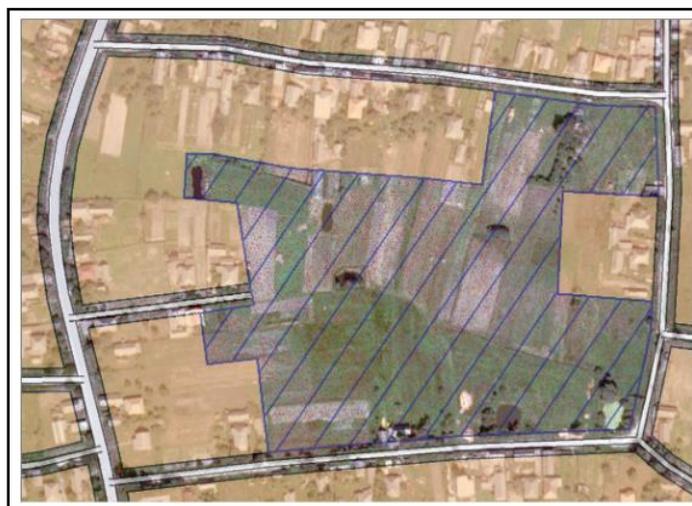


Рис. 6.9. Приклад векторизації щільно та рідко забудованого кварталів з окремими будівлями в ньому [10, 13]

Контури населених пунктів відображаються на відстані від кварталів до 50 м. У контур населеного пункту включаються території промислових та сільськогосподарських підприємств, не включаються садові ділянки суміжні із населеним пунктом, а векторизуються окремо. Для коректного відображення контуру населеного пункту необхідно створити буфер величиною до 50 метрів навколо всіх кварталів. Приклад векторизації межі населеного пункту подано рис. 6.10 [10, 13].

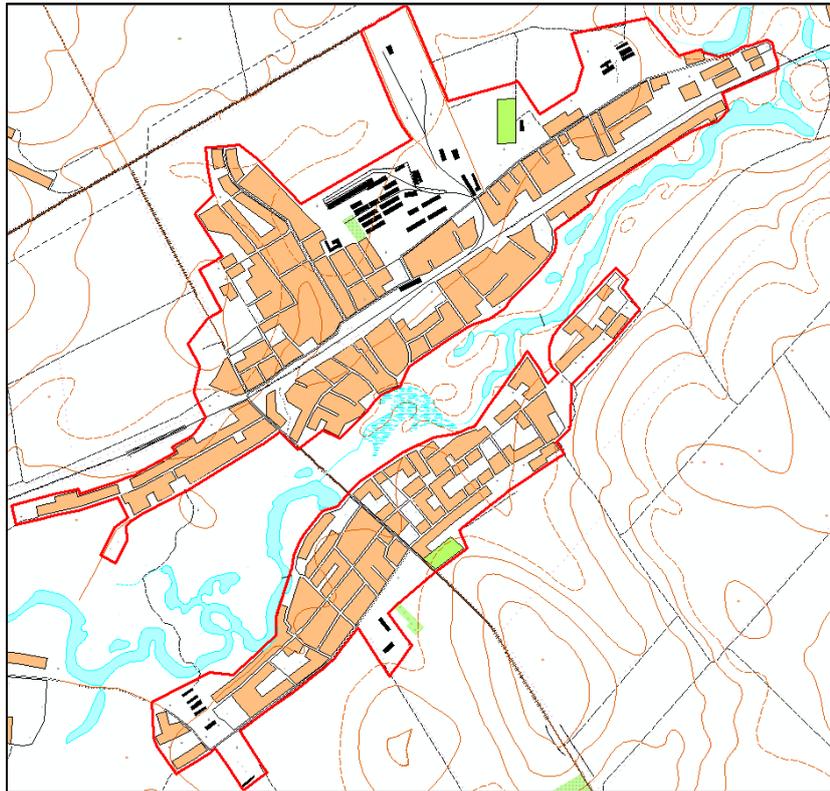


Рис. 6.10. Приклад векторизації межі населеного пункту [10, 13]

Одному населеному пункту має відповідати один запис в атрибутивній таблиці, тобто, якщо населений пункт дуже розосереджений і його можливо відобразити двома або більше полігонами, то полігони потрібно об'єднати, створивши мультиполігон [10, 13].

*Визначення критеріїв відбору і правил цифрового опису топографічних об'єктів.* Для критеріїв відбору топографічних об'єктів складено відповідну таблицю, у якій визначено мінімальні розміри об'єктів на місцевості для масштабу 1:50 000/1:10 000 (табл. 6.1).

Також було встановлено допустимі середні квадратичні похибки просторового положення об'єктів цифрових топографічних карт для масштабу 1:50 000/1:10 000 (табл. 6.2) [10, 13].

**Критерії відбору топографічних об'єктів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000/1:10 000 [10, 13]**

№ пор.	Назва топографічного об'єкта	Мінімальний розмір на місцевості	Інша ознака
1	Озера та інші природні й штучні водойми	0,0025 км <sup>2</sup>	
2	Річки та струмки	500 м	
3	Водосховища	0,0025 км <sup>2</sup>	водойми у яких вода утримується греблею
4	Греблі	75 м	
5	Дамби	150 м	відносна висота більше або дорівнює 1 м
6	Дороги, вулиці		векторизуються всі дороги, вулиці та проїзди по ортофотопланах з детальністю і точністю карти масштабу 1:10 000
7	Кар'єри		показуються по контуру обробної площі, дотримуючись напрямку шифрування (за годинни-ковою стрілкою)
8	Залізниця вузькоколії, монорейкові, трамвайні колії, підвісні дороги, фунікулери і бремсберги	500 м	
9	Ділянки лісу та поляни в лісі	0,025 км <sup>2</sup>	
10	Чагарникова рослинність	0,025 км <sup>2</sup>	
11	Піски	0,025 км <sup>2</sup>	
12	Болота	0,062 км <sup>2</sup>	

**Допустимі середні квадратичні похибки просторового положення об'єктів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 [10, 13]**

№ пор.	Назва сегменту	Допустимі середні квадратичні похибки	
		на рівнині	в гірських районах
		на місцевості	на місцевості
1	Гідрографія і гідротехнічні споруди	25 м	37,5 м
2	Населені пункти	25 м	37,5 м
3	Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти	25 м	37,5 м
4	Дорожня мережа і дорожні споруди	3 м – автомобільні дороги з твердим покриттям та залізниця 5 м – інші дороги	10,0 м
5	Рослинний покрив та ґрунти	50 м	

Слід зауважити, що сегмент «Дорожня мережа і дорожні споруди» має детальність і точність для карти масштабу 1:10 000, що забезпечується використанням ортофотопланів масштабу 1:10 000 під час оновлення, тому у таблиці 6.2 вказано допустимі середні квадратичні похибки векторних лінійних об'єктів від їх растрового зображення на ортофотоплані масштабу 1:10 000 [10, 13].

У таблиці 6.2 відсутні допустимі середні квадратичні похибки просторового положення об'єктів цифрових топографічних карт 1:50 000/1:10 000 для таких класів об'єктів [10, 13]:

- 1) математичні елементи, елементи планової і висотної основи;
- 2) рельєф суші;
- 3) політико-адміністративний устрій, огорожі і окремі природні явища та об'єкти.

Допустимі середні квадратичні похибки просторового положення об'єктів сегмента «Математичні елементи, елементи планової і висотної основи» залежать від класу пунктів Державної геодезичної мережі.

Для визначення допустимих середніх квадратичних похибок просторового положення об'єктів сегмента «Рельєф суші» необхідно використовувати стереомодель, а об'єкти сегмента «Політико-адміністративний устрій, огорожі і окремі природні явища та об'єкти» не є об'єктами місцевості.

### **Контрольні запитання**

1. Яким чином побудувати квартали засобами інструментальних ГІС?
2. Яким чином векторизуються лінійні моделі об'єктів гідрографії?
3. Як векторизуються контури населених пунктів?
4. Навіщо будувати модель водотоку?
5. Яке призначення нових віртуальних та асоційованих об'єктів у цифрових топографічних картах?

## **Лекція 7. Основна державна топографічна карта масштабу 1:50000**

Топографічна карта в масштабі 1:50 000 є Основною державною топографічною картою, як бази топографічних даних загальнодержавного призначення, яка розміщується Геопорталі для забезпечення всіх органів державної влади, органів місцевого самоврядування, юридичних та фізичних осіб [10, 13].

Топографічна карта в масштабі 1: 50 000 є основною для Міністерства оборони України. Основна державна топографічна карта України – топографічна карта в масштабі 1:50 000 є підосною для всіх сфер економіки, науки і освіти, зокрема [10, 13]:

– Генеральна схема планування території України, що є містобудівною документацією, що визначає концептуальні рішення планування та використання території України: <http://dipromisto.gov.ua/index.php?categoryid=67> (Постанова Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. №559 “Про містобудівний кадастр”);

– Схеми планування окремих частин території України (Постанова Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. №559 “Про містобудівний кадастр”);

– Результати моніторингу стану розроблення генеральних планів населених пунктів на підставі даних інформаційних систем містобудівного кадастру регіонального рівня (Постанова Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. №559 “Про містобудівний кадастр”);

– Інформаційні ресурси галузевих кадастрів та інформаційних систем з питань використання територій, екологічного, інженерно-геологічного, сейсмічного, гідрогеологічного та іншого районування території країни (На підставі даних, що надійшли з відповідних галузевих кадастрів та інформаційних систем (Постанова Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. №559 «Про містобудівний кадастр»));

– Державна геологічна карта України (Положення про Державну геологічну карту України, затверджено Наказом Державного комітету України по геології і використанню надр, № 163 від 0911. 1998 та зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 6 січня 1999 р. №8/3301);

– Підоснова для всіх видів державних та відомчих кадастрів, включаючи Публічну кадастрову карту, Довідник адміністративно-територіального устрою, Державна геодезична мережа України);

– Ведення чергової довідкової топографічної карти України (Наказ Державного комітету природних ресурсів від 3 червня 2004 р.

№54);

- Карты для [10, 13]:
- визначення зон радіочастот Укрчастотнагляду;
- мереж магістральних і розподілених газопроводів;
- залізниць України;
- автошляхів України;
- мережі магістральних і розподілених газопроводів;
- магістральних нафтопроводів.

Узагальнена технологічна схема створення Основної державної топографічної карти включає виконання таких робіт:

- збирання вихідних картографічних матеріалів;
- створення (оновлення) цифрових топографічних карт;
- створення бази топографічних даних;
- створення Геопорталу Основної державної топографічної карти

(рис. 7.1);

- підготовки топографічних карт до видання;
- видання топографічних карт.

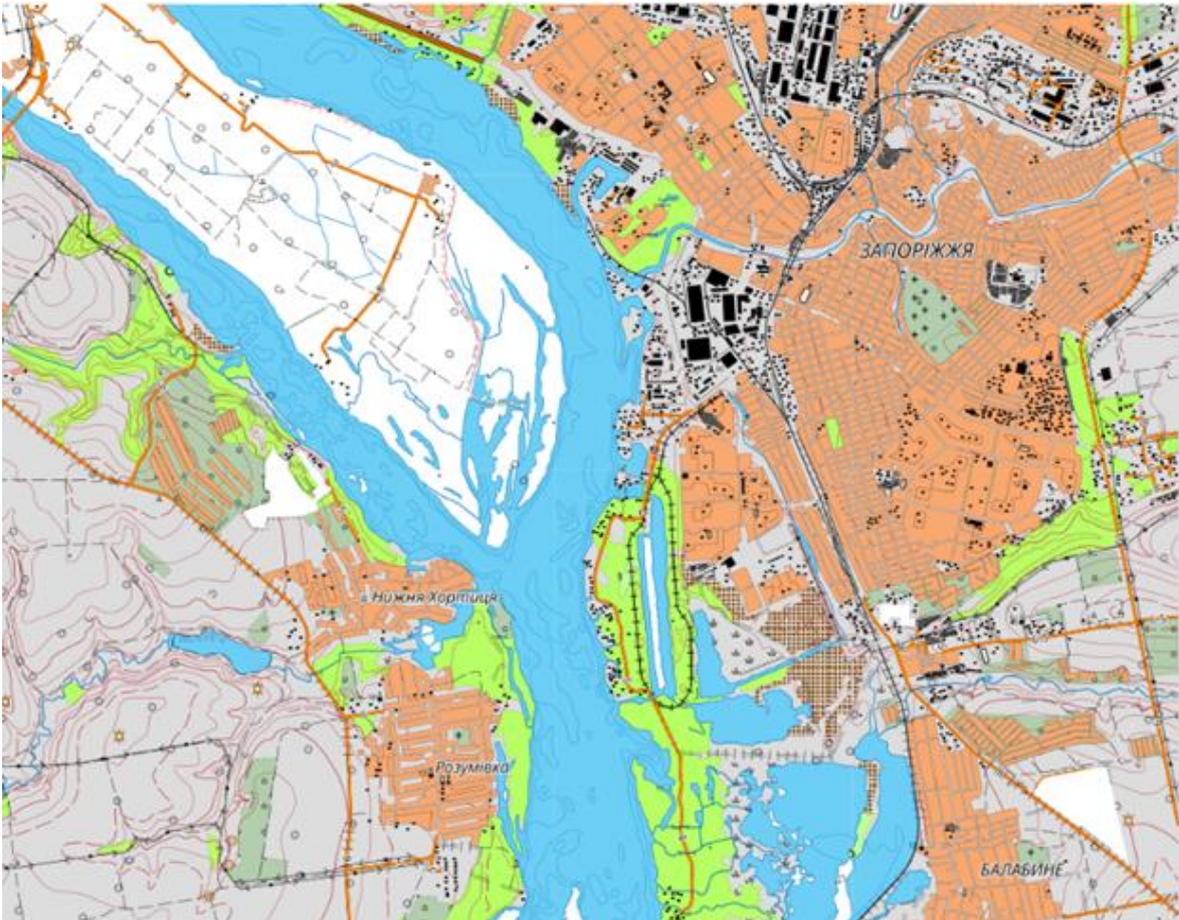


Рис. 7.1. Фрагмент налаштованого геоінформаційного сервісу Основної державної топографічної карти на національному геопорталі НІГД

Підготовлення топографічних карт до видання та введення в базу даних картографічної інформації виконується в середовищі геоінформаційної системи ArcGIS. Базу топографічних даних Основної державної топографічної карти створено в середовищі PostgreSQL – об'єктно-реляційної системи керування базами даних (СКБД) з відкритим сирцевим кодом [10, 13].

Базу топографічних даних створено з урахуванням [10, 11, 13]:

– комплексу міжнародних стандартів серії ISO 19100 «Географічна інформація/Геоматика»;

– ДСТУ 8774:2018 «Географічна інформація. Правила моделювання геопросторових даних»;

– комплексу стандартів організації України (СОУ) Міністерства аграрної політики та продовольства України «База топографічних даних»: СОУ 71.12 – 37-944:2014 «База топографічних даних. Загальні вимоги», СОУ 71.12 – 37-949:2014 «База топографічних даних. Каталог об'єктів і атрибутів»;

– специфікації INSPIRE – Директиви 2007/2/ЕС Європейського парламенту та Ради Європи від 14 березня 2007 р. по створенню інфраструктури просторової інформації у Європейському Союзі;

– досвіду робіт по створенню EuroRegionalMap – набору топографічних даних Європейської асоціації національних картографо-геодезичних та кадастрових служб.

Опис етапів створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 подано нижче, технологічну схему подано на рис. 7.2.

Створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 складається з таких основних етапів [10, 13]:

1. Збирання вихідних даних і матеріалів. Вихідними даними і матеріалами є:

1) Існуючі цифрові топографічні карти масштабу 1:50 000.

2) Ортофотоплани PlanetScore.

3) Растрові моделі тиражних відбитків топографічних карт масштабу 1:50 000.

4) Растрові моделі тиражних відбитків топографічних карт масштабу 1:10 000.

5) Ортофотоплани масштабу 1:10 000.

6) Бібліотека умовних знаків для середовища ArcGIS.

7) Еталонна модель цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 у форматі \*.gdb ArcGIS.

- 8) Інструмент «Validate».
  - 9) Додаткові вихідні дані та матеріали.
2. Підготовка вихідних даних і матеріалів:
- 1) Підготовка цифрових векторних карт для оновлення цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000:
    - Фільтрування (вилучення) топографічних об'єктів вихідної існуючої цифрової топографічної карти, які не підлягають оновленню.
  - 2) Підготовка ортофотопланів PlanetScore:
    - Зшивання орторектифікованих зображень в межах трапецій карт.
    - Нарізка зшитих орторектифікованих зображень по трапеціях топографічних карт масштабу 1:50 000.
    - Радіометрична корекція.
    - Трансформування в Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в державній розграфці карт масштабу 1:50 000 в державній розграфці карт масштабу 1:50 000 [15].
    - Формування метаданих.
  - 3) Підготовка растрових моделей топографічних карт масштабу 1:50 000:
    - Прив'язка та трансформування растрових зображень в Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в державній розграфці карт масштабу 1:50 000 в державній розграфці карт масштабу 1:50 000.
  - 4) Підготовка ортофотопланів масштабу 1:10 000 [15]:
    - Зміна роздільної здатності ортофотопланів до 1 м.
    - Зшивання ортофотопланів масштабу 1:10 000 в межах трапецій карт масштабу 1:50 000.
    - Вилучення позарамкового зображення зшитих ортофотопланів за межами трапецій карт масштабу 1:50 000.
    - Трансформування в Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в державній розграфці карт масштабу 1:50 000 в державній розграфці карт масштабу 1:50 000.
    - Створення еталонної моделі цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000.

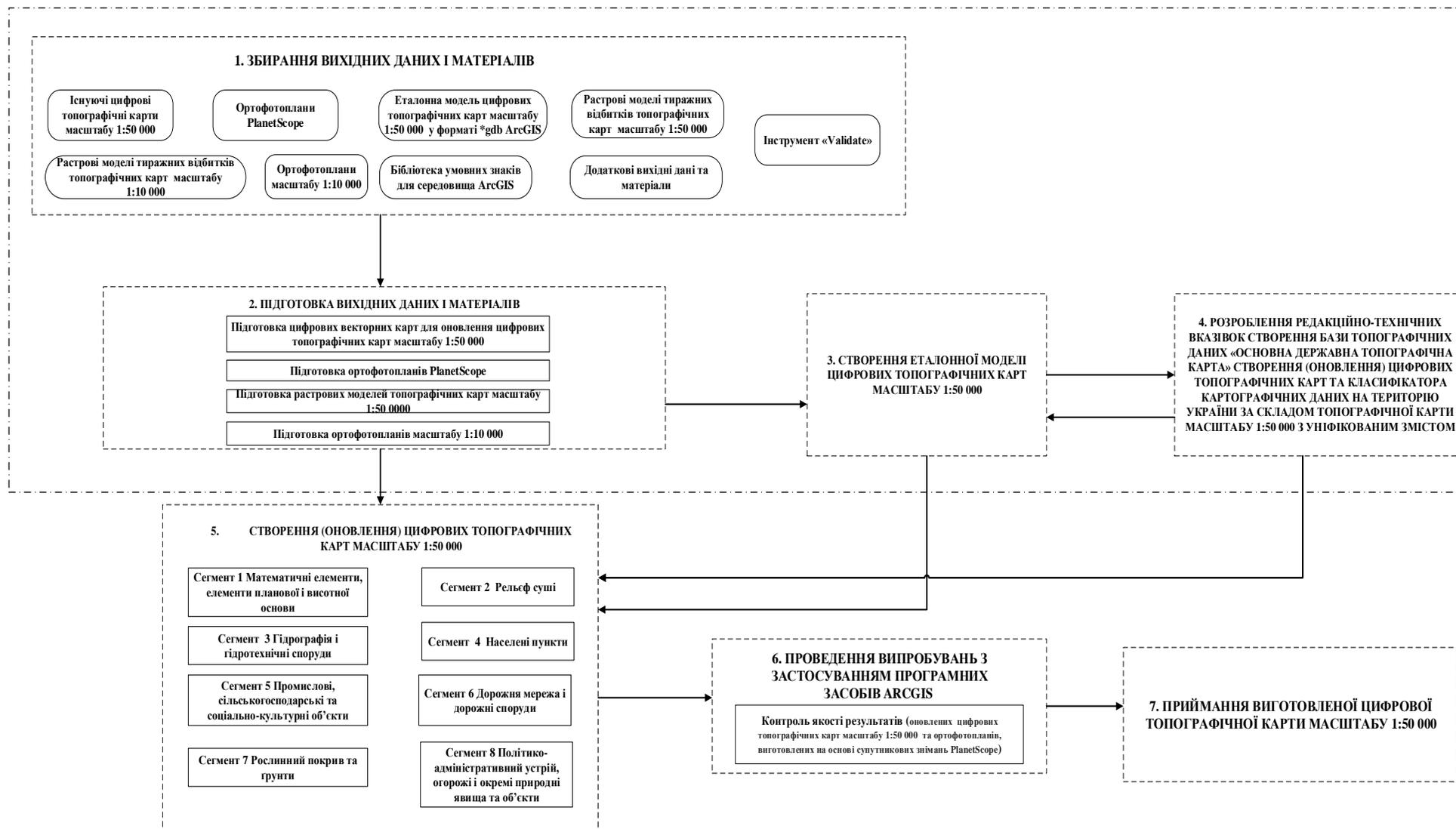


Рис. 7.2. Технологічна схема створення (оновлення) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000

Еталонна модель оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 складається з 4 аркушів, зведених по суміжних рамках. Еталонна модель створені на такі номенклатурні аркуші: М-36-51-А, М-36-51-Б, М-36-51-В, М-36-51-Г у форматі \*.gdb ArcGIS.

Еталонна модель цифрових топографічних карт створюється в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 в прямокутних координатах в проекції Гаусса-Крюгера у відповідній 6-градусній зоні в прийнятій державній розграфці топографічних карт в масштабі 1:50 000. Система висот — Балтійська 1977 року.

3. Розроблення Редакційно-технічних вказівок Створення бази топографічних даних визначеного масштабу.

4. Створення (оновлення) цифрових топографічних карт, а саме оновлення таких сегментів:

- 1) Математичні елементи, елементи планової і висотної основи;
- 2) Рельєф суші;
- 3) Гідрографія і гідротехнічні споруди;
- 4) Населені пункти;
- 5) Промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти;
- 6) Дорожня мережа і дорожні споруди;
- 7) Рослинний покрив та ґрунти;
- 8) Політико-адміністративний устрій, огорожі і окремі природні явища та об'єкти.

5. Проведення випробувань оновлених топографічних карт визначеного масштабу із застосуванням програмних засобів ArcGIS 10.5 і за допомогою програмного комплексу «Validate» та ортофотопланів, виготовлених на основі супутникових знімків.

6. Приймання виготовленої цифрової топографічної карти.

Редакційні роботи проводяться на всіх етапах оновлення карт, починаючи з підготовчих робіт і закінчуючи редагуванням виправленого оригіналу.

Для кожного аркуша цифрової топографічної карти заповнюється файл метаданих в редакторі метаданих ArcGIS відповідно до стандарту ISO 19139 «Географічна інформація. Метадані. Реалізація XML-схеми», який використовується в цьому програмному забезпеченні.

### **Контрольні запитання**

1. Опишіть технологічну схему створення Основної державної топографічної карти.
2. Навіщо перевіряти створені/оновлені цифрові топографічні карти?
3. Для призначена Основна державна топографічна карта України?
4. Назвіть сегменти цифрової топографічної карти, які створюються/оновлюються.

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ДЛЯ ЗАВДАНЬ КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ**

### **Лекція 8. Топологічні моделі геопросторових об'єктів**

Векторизація топографічних об'єктів виконується відповідно до встановлених топологічних правил між просторовими об'єктами передбачених в середовищі ArcGIS. Особливості використання правил топології [10, 12, 13, 17]:

1) Правила топології застосовуються до просторових об'єктів одного й того ж класу або до просторових відношень між об'єктами різних класів.

2) Правила топології враховують топографічний код просторового об'єкта.

3) Правила топологічних відношень враховують атрибутивні дані просторових класів, що дає змогу додавати виключення у правилах, тобто топологія виконується не повністю для усього класу, а з урахуванням умови до нього.

Сформульовано 141 правило топологічних відношень між просторовими об'єктами цифрової топографічної карти, що оновлюється [10, 12, 13, 17]:

- повинні бути більше за кластерний допуск (Must Be Larger Than Cluster Tolerance);
- не повинні накладатися (Must Not Overlap);
- не повинні мати проміжків (Must Not Have Gaps);
- не повинні накладатися з (Must Not Overlap With);
- повинні покриватися об'єктами іншого класу (Must Be Covered By Feature Class Of);
- не повинні співпадати (Must Be Disjoint);
- не повинні накладатися самі з собою (Must Not Self-Overlap);
- не повинні перетинати самі себе (Must Not Self-Intersect);
- повинні суміщатися з (Must Be Covered By);
- межі повинні співпадати з (Boundary Must Be Covered By);
- не повинні мати висячих вузлів (Must Not Have Dangles).

Використання цих правил дає змогу контролювати коректність створення (оновлення), редагування просторових об'єктів з урахуванням

топографічних кодів, атрибутивних характеристик просторових класів.

Топологія бази геоданих є набором правил, які визначають просторові відношення одного або кількох класів просторових об'єктів. Вона є елементом, що зберігається у базі геоданих, і може бути додана до неї, як інші класи просторових об'єктів. Топологія бази геоданих в ArcGIS дає змогу контролювати просторові об'єкти в процесі їх введення або редагування та гарантувати дотримання просторових правил. Правила топології бази геоданих можуть застосовуватися до просторових об'єктів одного й того ж класу або до просторових відношень між об'єктами різних класів.

Корисність використання топології полягає в прискоренні виконання операцій обчислювальної геометрії. Метод, за допомогою якого це досягається, полягає у встановленні явних асоціацій між екземплярами об'єктів та екземплярами геометричних об'єктів, що відповідають їх неявним геометричним відношенням.

Перевірку топологічних відношень застосовують для забезпечення позиційної та логічної узгодженості просторових об'єктів цифрової топографічної карти [10, 12, 13, 17].

Для цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 мінімальна відстань між вузловими точками об'єкта повинна складати 5 метрів.

Об'єкти, відстань між якими є меншою або дорівнює 5 м подаються по суміжній границі (рис. 8.1, рис. 8.2).

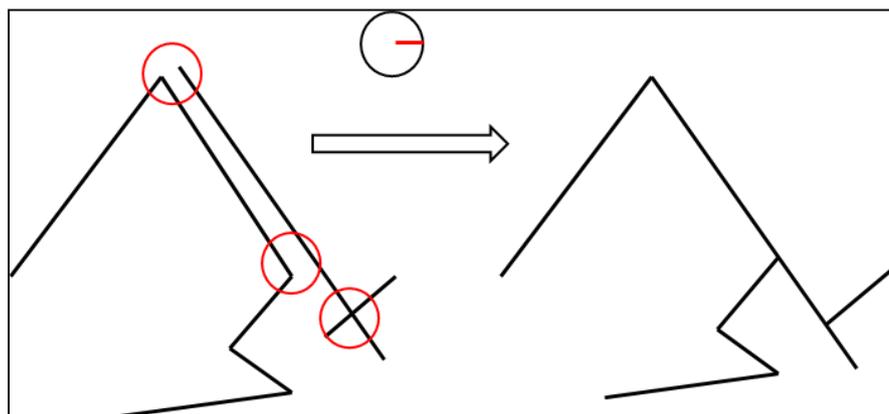


Рис. 8.1. Подання об'єктів по суміжній границі

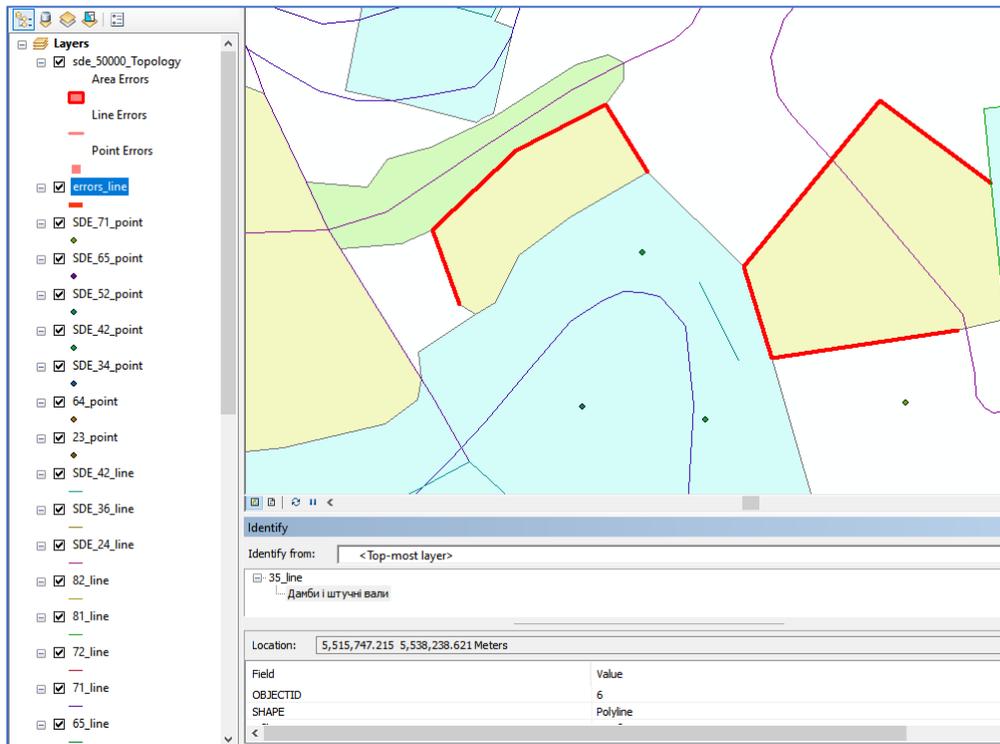


Рис. 8.2. Подання об'єктів по суміжній границі

Якщо відстань не чіткого контуру до твердого об'єкту місцевості в межах до 35 м, укладається контур по чіткому контуру (рис. 8.3).

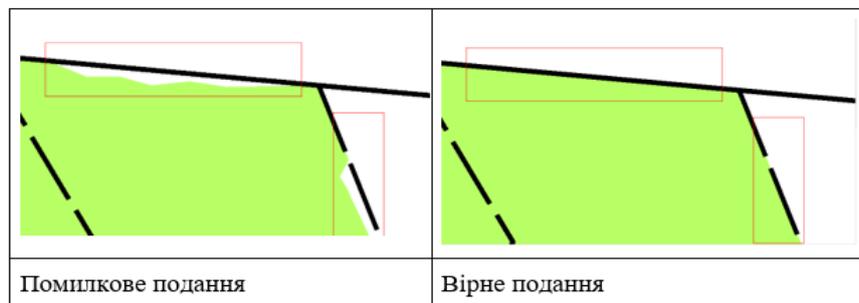


Рис. 8.3. Суміщення рослинності та дорожньої мережі

Для цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000 встановлено вимоги до топології на рівні класів і підкласів просторових об'єктів.

### Контрольні запитання

1. Назвіть основні топологічні правила, які використовуються у геоінформаційному картографуванні?
2. Що таке топологія бази геоданих?
3. Яким чином ця топологія реалізована у середовищі ArcGIS?

## Лекція 9. Типові помилки векторизації цифрових топографічних карт

У цій лекції наведено типові помилки векторизації цифрових топографічних карт масштабу 1:50000, а також заповнення атрибутивних даних та виконання зведення суміжних карт. Ці зауваження виникали під час створення/оновлення векторизації цифрових топографічних карт масштабу 1:50000 в рамках українсько-норвезького проекту.

Не правильно заповнені атрибутивні дані кварталів населених пунктів, тому квартали відображені неналежним чином (рис. 9.1).

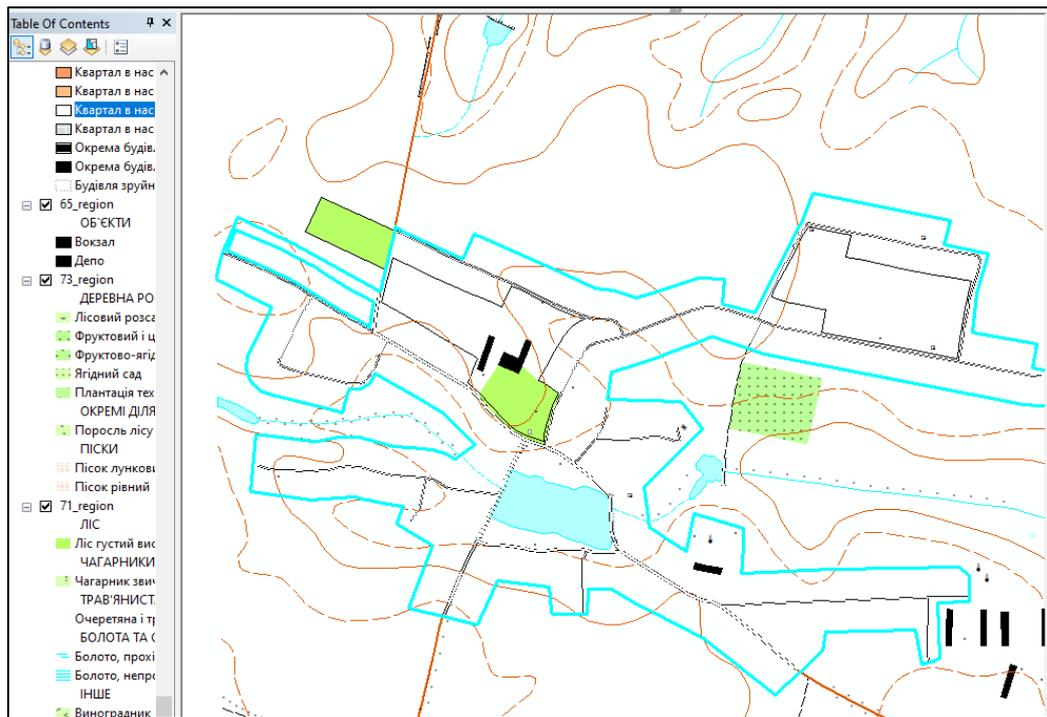


Рис. 9.1. Не правильно заповнені атрибутивні дані

Топологічно не узгоджені межі кварталу, лісу з дорогою (рис. 9.2).

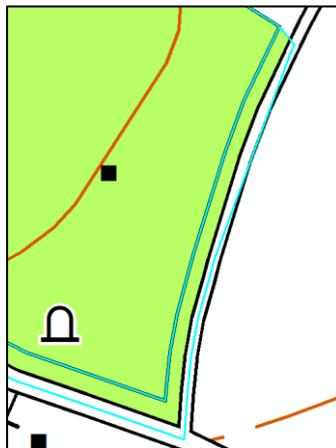


Рис. 9.2. Топологічно не узгоджені межі об'єктів

Лінії електропередач (далі – ЛЕП) не повинні перетинати квартали населених пунктів (рис. 9.3). Через населені пункти ЛЕП не проводяться, а доводяться до кварталів.

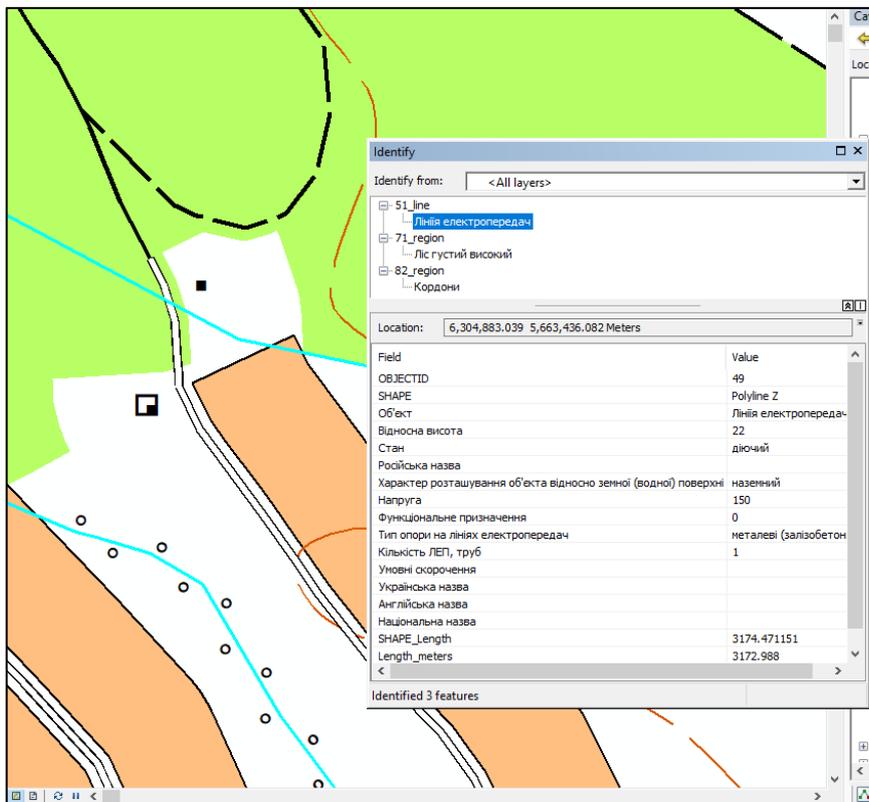


Рис. 9.3. ЛЕП не повинні перетинати квартали населених пунктів

Топологічно не узгоджені спільні межі кварталу і озера (рис. 9.4).

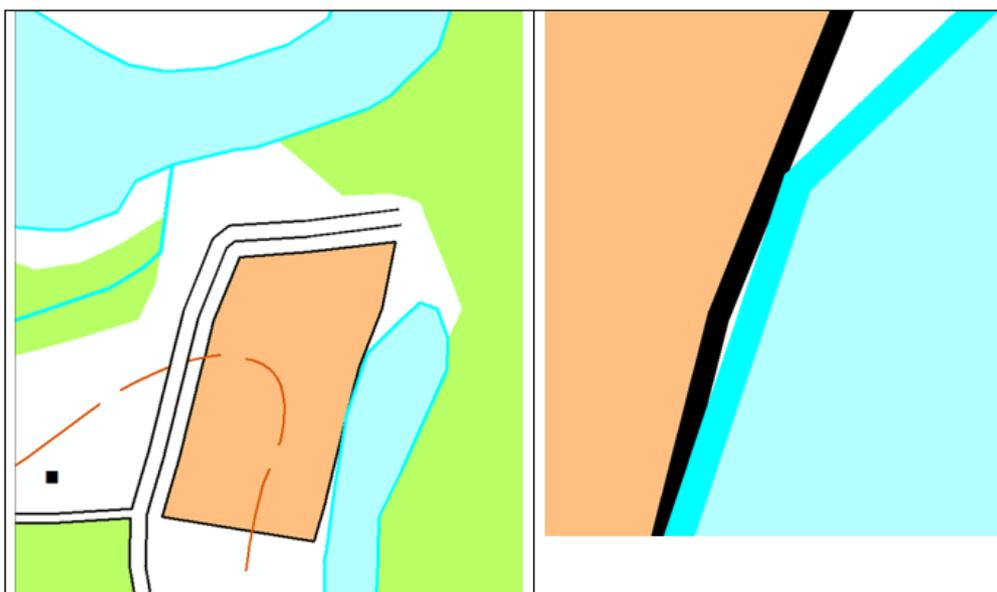


Рис. 9.4. Топологічно не узгоджені межі об'єктів

Межа кварталу селища сільського типу не узгоджена з межею лісу (рис. 9.5).

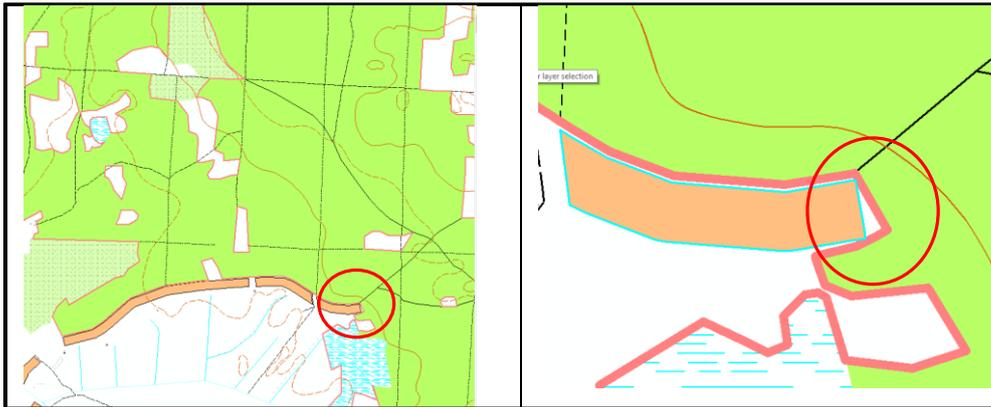


Рис. 9.5. Топологічно не узгоджені межі об'єктів

Не правильно побудовані квартали в населеному пункті (рис. 9.6, рис. 9.7).

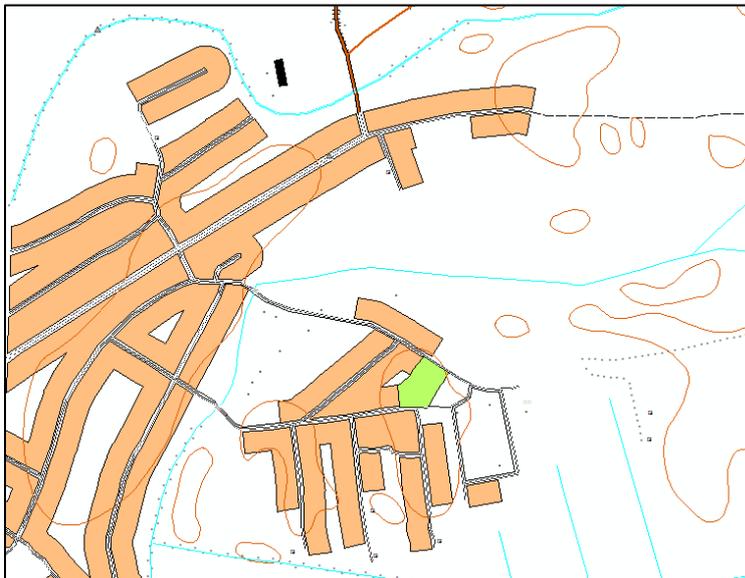


Рис. 9.6. Не правильно побудовані квартали

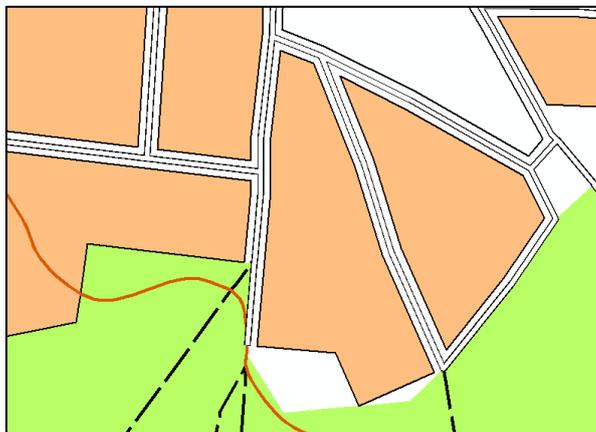


Рис. 9.7. Топологічно не узгоджені межі об'єктів

Лінія межі державного кордону повинна проходити по річці Тур (рис. 9.8). На р. Тур відсутній об'єкт водотік, має бути побудований водотік на площинних річках. Річка Тур має не заповнений атрибут «Українська назва», а це обов'язковий атрибут. Пропущена дорога біля лінії кордону. Горизонталі потрібно згладити і генералізувати.

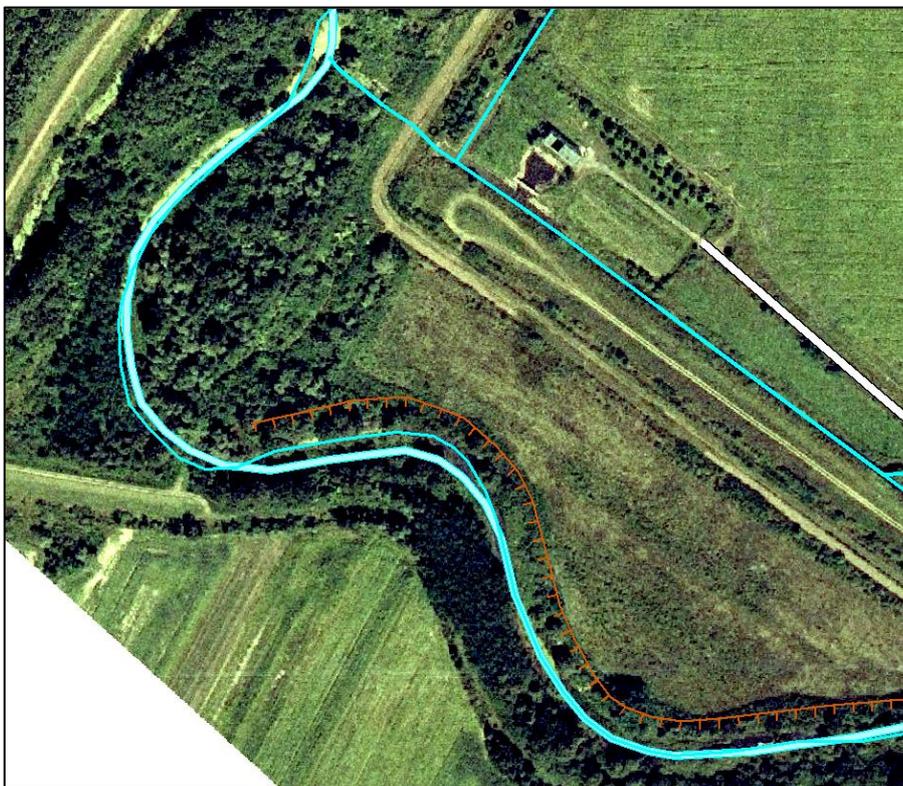


Рис. 9.8. Подання межі державного кордону повинна проходити по річці

На карті пропущені пункти Державної геодезичної мережі і відповідно відсутня атрибутивна інформація про них (рис. 9.9).

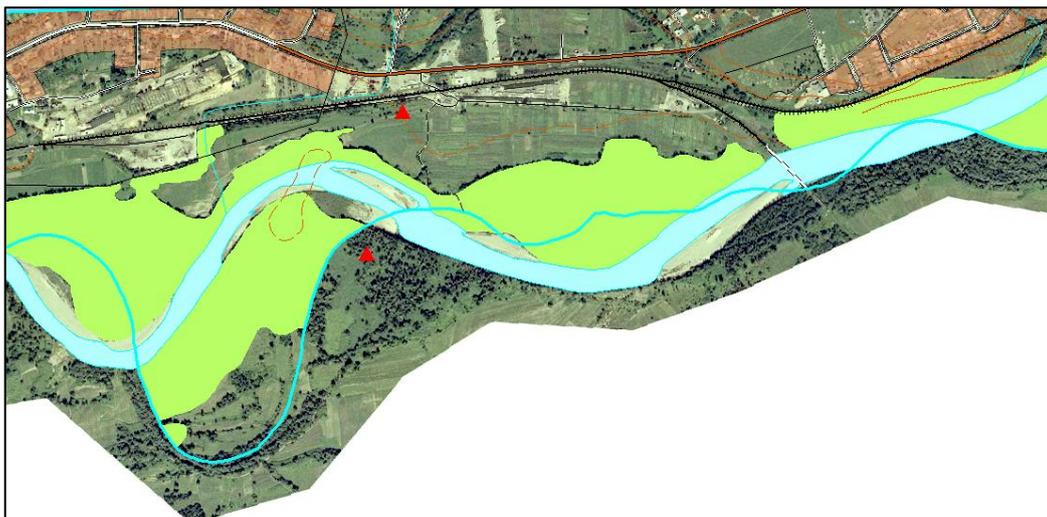


Рис. 9.9. Пропущені пункти Державної геодезичної мережі

Не узгоджено вулицю з будівлею, квартал з будівлею (рис. 9.10).

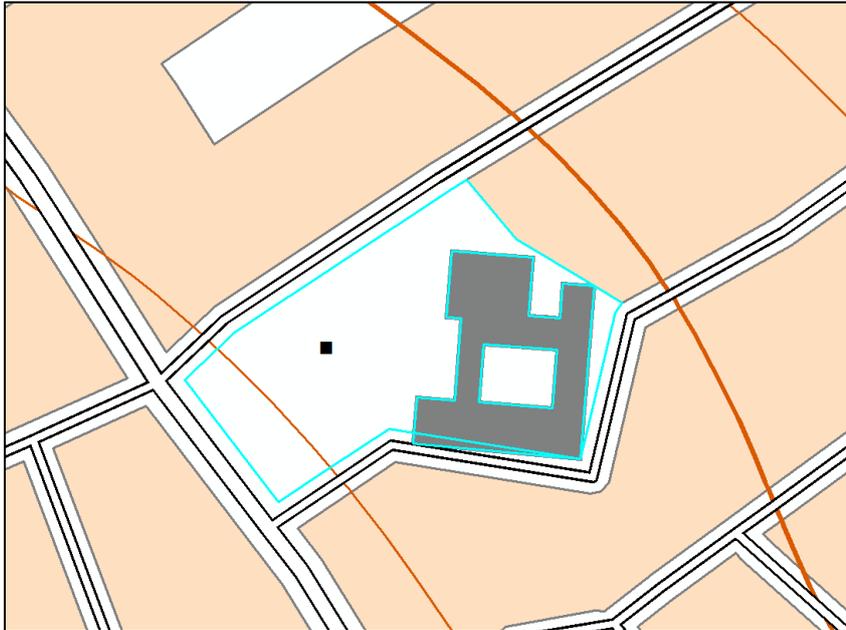


Рис. 9.10. Топологічно не узгоджені межі об'єктів

Не правильно вказано номер дороги «Р-02» (рис. 9.11).

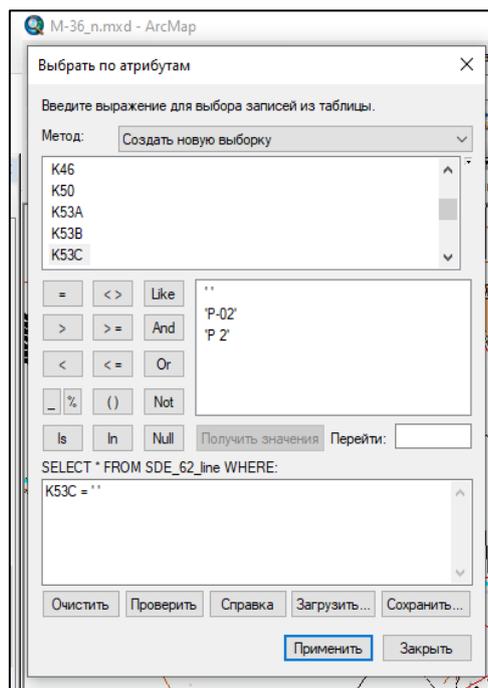


Рис. 9.11. Не правильно заповнені атрибути

Не правильно побудовано лінійно-вузлову мережу автомобільних доріг (рис. 9.12).

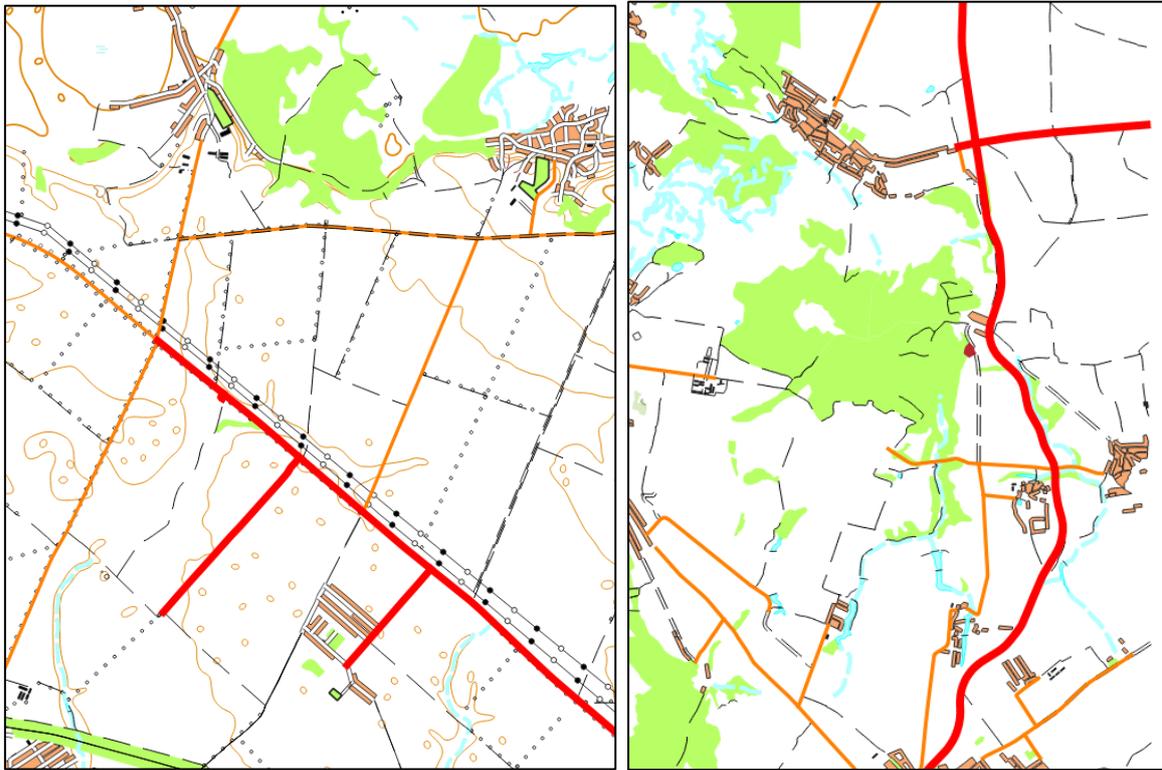


Рис. 9.12. Мультилінія автомобільної дороги

Визначено три види типових помилок під час зведення аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000:

1. Відсутність претендентів на зшивання на суміжних аркушах (рис. 9.13).

2. Не узгодження атрибутів у претендентів для зшивання на суміжних аркушах (рис. 9.14).

3. Не узгодження геометрії претендентів для зшивання на суміжних аркушах (рис. 9.15).

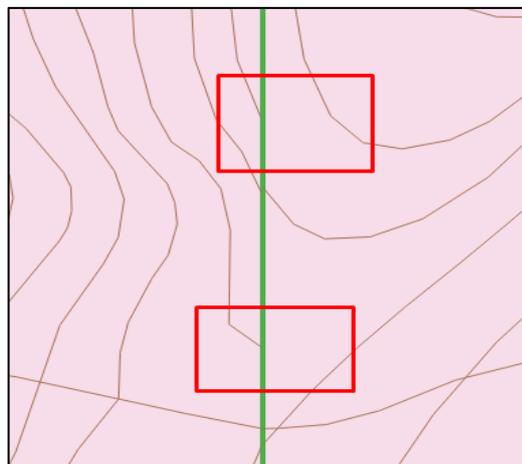


Рис. 9.13. Відсутність претендентів на зшивання на суміжних аркушах

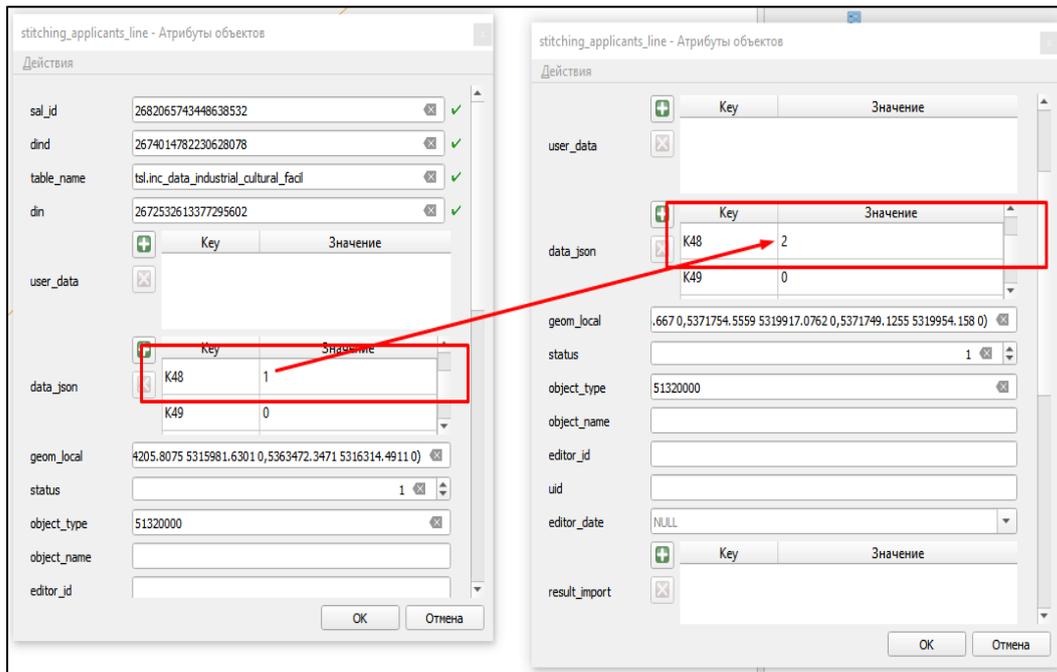


Рис. 9.14. Не узгодження атрибутів у претендентів для зшивання на суміжних аркушах

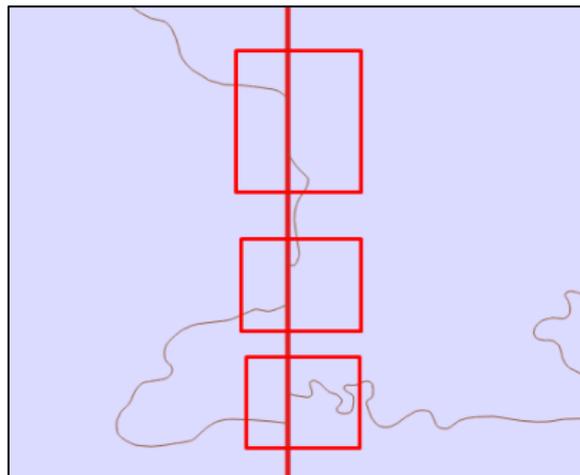


Рис. 9.15. Не узгодження геометрії претендентів для зшивання на суміжних аркушах

### Контрольні запитання

1. Назвіть типові помилки під час векторизації цифрової топографічної карти?
2. Які існують типові помилки під час зведення аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000?

## Лекція 10. Загальні прийоми роботи з векторними даними

Для векторизації використовуються стандартні засоби інструментальних геоінформаційних систем. Для векторизації кварталу необхідно побудувати буфер для типу об'єктів «інші вулиці і квартали». Для цього необхідно виділити декілька вулиць і створюємо Buffer в таблицю кварталів, що дорівнює 65 м (рис. 10.1).



Рис. 10.1. Створення буферу 65 м

Потім необхідно об'єднати окремі буфери в один за допомогою інструменту Merge (рис. 10.2) і вирізати буфер вулиць, який складає 7 м за допомогою інструменту Слір (рис. 10.3).

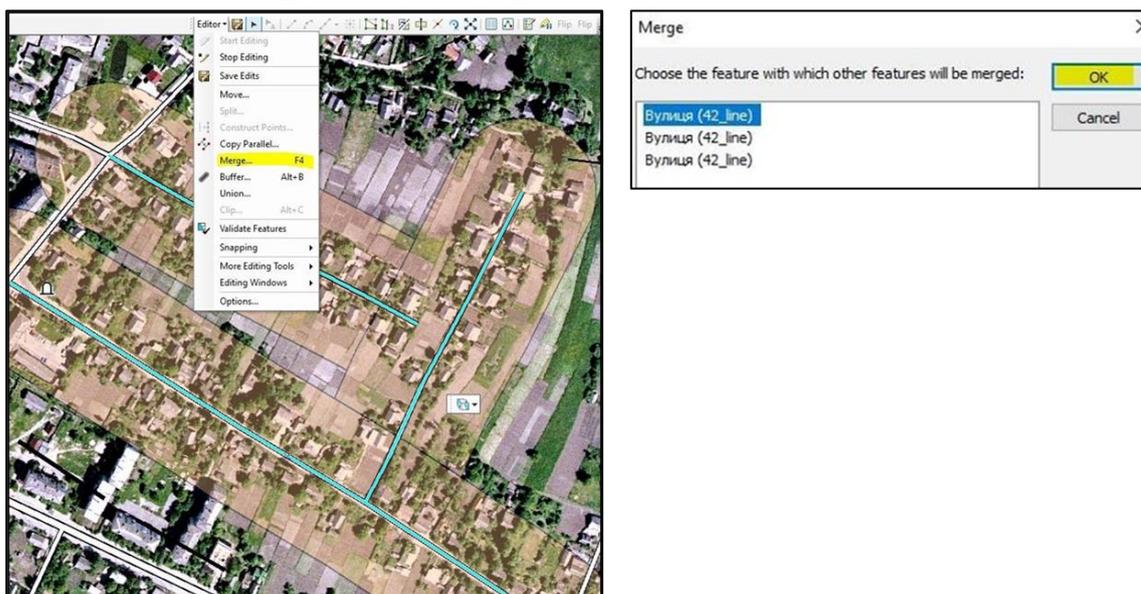


Рис. 10.2. Об'єднання окремих буферів в один

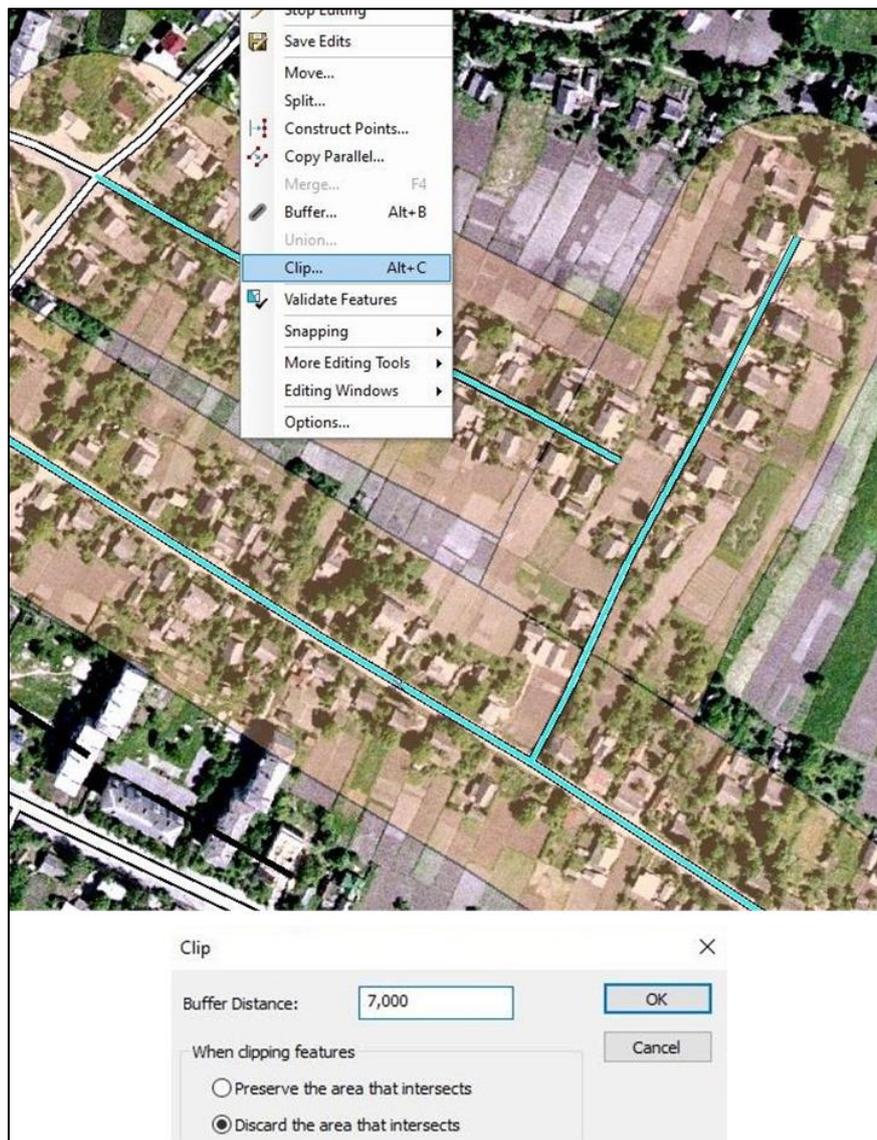


Рис. 10.3. Вирізання буферу вулиць

Потім потрібно відредагувати Reshape Feature Tool  і квартали відобразяться як на еталоні.

Аналогічно необхідно побудувати буфери від магістральної вулиці з буфером 75 м і вирізати вулиці з буфером 10 м. Потім з'єднати і вирізати квартали.

Контур населених пунктів має повторювати конфігурацію кварталів.

Включаються в контур населених пунктів, примикаючі до них, промислові та сільськогосподарські підприємства та об'єкти, в тому числі мультиполігоном.

Одному населеному пункту має відповідати один запис в атрибутивній таблиці, тобто, якщо населений пункт дуже

розосереджений і його можливо відобразити двома або більше полігонами, то полігони потрібно об'єднати (*Editor\Merge*), створивши мультиполігон.

Вузлові точки польових доріг в межах допуску 10 м (на місцевості) зводяться в одну (рис. 10.4).

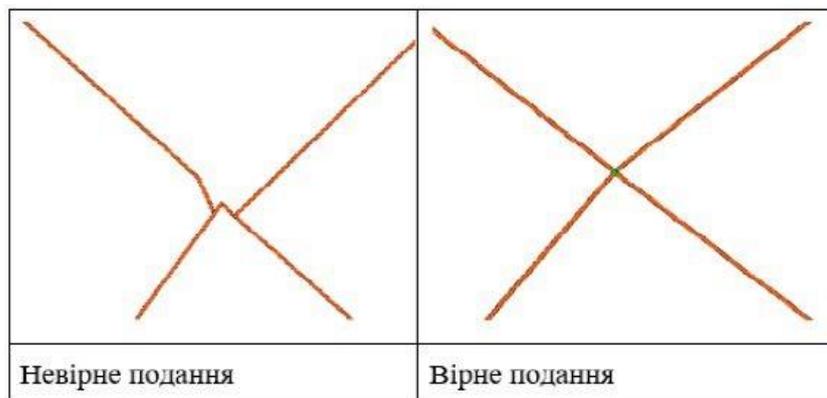


Рис. 10.4. Подання вузлових точок польових доріг

Лінійні об'єкти нижчих класів дорожньої мережі розділяються під час проходження через дороги вищого класу (в місцях перетину створюються вузлові точки).

Ґрунтові та польові дороги даються з відбором, з урахуванням генералізації масштабу 1:50 000. Перевага надається дорогам, які з'єднують населені пункти, а також дорогам вздовж яких є лісові смуги. Векторизуються польові дороги, які ведуть від населених пунктів та доріг вищих класів до лісів, перевалів, річок, озер, колодязів, боліт, ярів.

В місцях з'єднання лінійних та полігональних об'єктів формуються вузлові точки.

Горизонталі повинні бути плавними (рис. 10.5). Перед початком узгодження рельєфу суші з гідрографією горизонталі потрібно згладити та генералізувати, не змінивши просторове положення об'єктів.

Рельєф топологічно узгоджується з гідрографією (русло річки має проходити через тальвег), гідротехнічними спорудами, формами рельєфу, та іншими об'єктами.



## **Лекція 11. Зведення суміжних цифрових топографічних карт**

Зведення аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50000 по всіх рамках із суміжними оновленими аркушами карт. Існує два підходи до реалізації процесу зведення [16, 17]:

- 1) за допомогою інструментальної ГІС зводити від одного до чотирьох аркушів карт;
- 2) за допомогою системою керування базами даних (далі – СКБД) зводити множину аркушів карт.

Аспекти методики зведення цифрових топографічних карт масштабу 1:50000 для створення Основної державної топографічної карти в ArcGIS [16, 17]:

1) величина максимальної відстані між геопросторовими об'єктами повинна бути визначеною у функції зведення з урахуванням середньої квадратичної помилки положення об'єктів, а саме 28 м для масштабу 1:50 000 і 5,6 м для масштабу 1:10 000;

2) цифрові карти зводяться з урахуванням геометричних та семантичних характеристик геопросторових об'єктів (якщо об'єкти мають однакові атрибути та відстань між ними не перевищує максимальної середньої квадратичної помилки положення об'єктів);

3) координати вузлів суміжних об'єктів мають бути однакові і знаходитись геометрично на рамці;

4) цифрові карти створюються з урахуванням топологічних відношень між геопросторовими об'єктами;

5) функції зведення повинні бути здатні опрацьовувати невеликі прогалини в даних, незначні розбіжності, пропуски, пропущені та продубльовані моделі об'єктів;

6) зведення аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50000 по всіх рамках із суміжними оновленими аркушами карт (рис. 11.1).

Вхідними даними для зведення аркушів створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 є від одного до чотирьох суміжних аркушів у вигляді оновлених баз геоданих \*.gdb відповідно до вимог РТВ, які пройшли контроль якості.

Приклади зведення лінійних і площинних об'єктів подано на рис. 11.2 – 11.4.

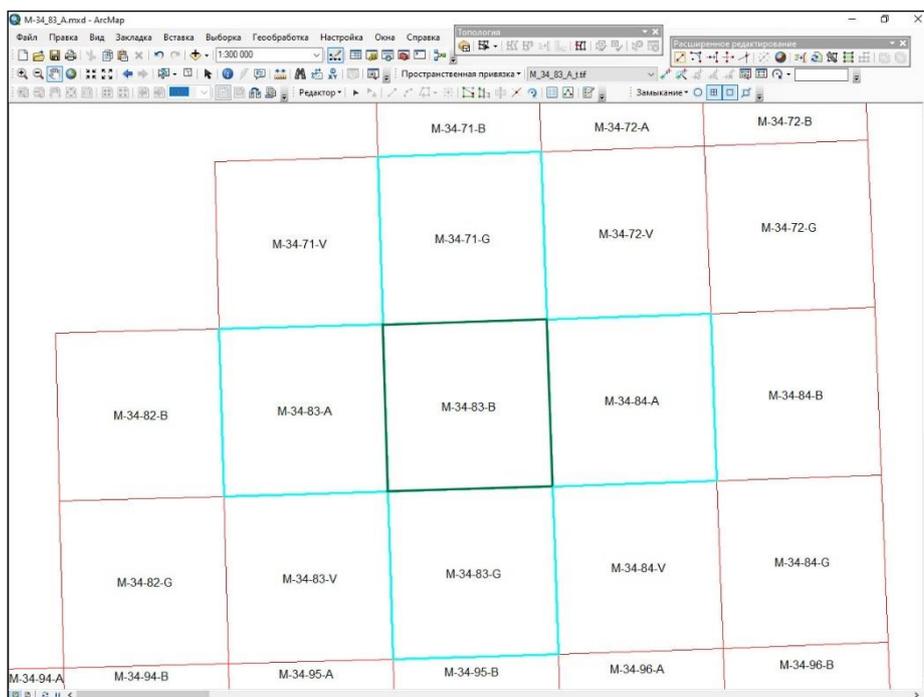


Рис. 11.1. Приклад зведених рамок аркуша М-34-83-В із суміжними рамками аркушів у проєкті ArcGIS [16, 17]

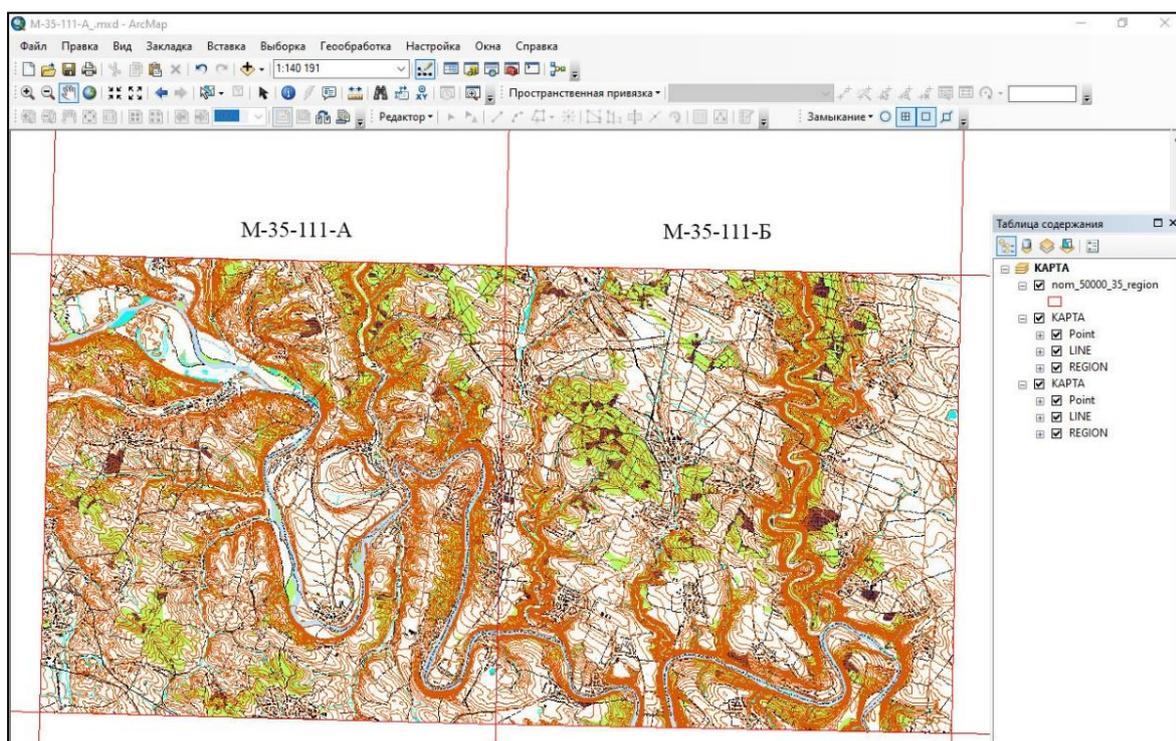


Рис. 11.2. Приклад зведених двох суміжних оновлених ЦТК [16, 17]

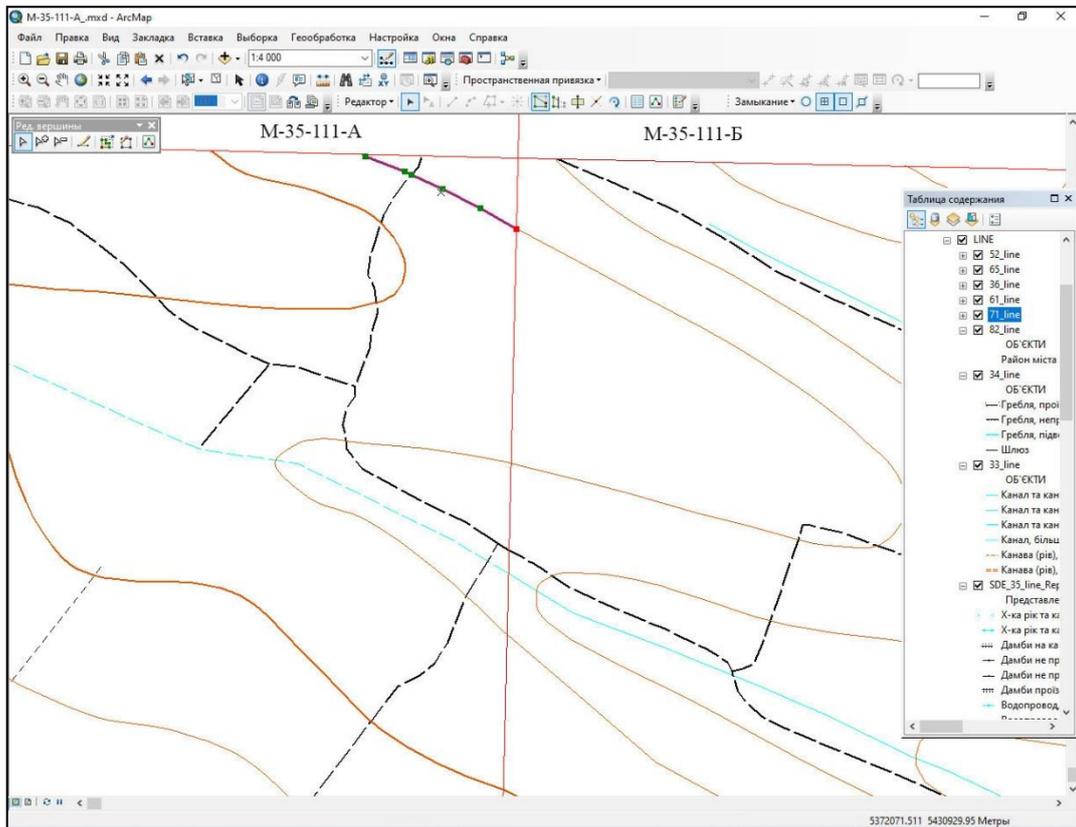


Рис. 11.3. Приклад зведення лінійного об'єкта (горизонталь) двох суміжних аркушів оновлених ЦТК [16, 17]

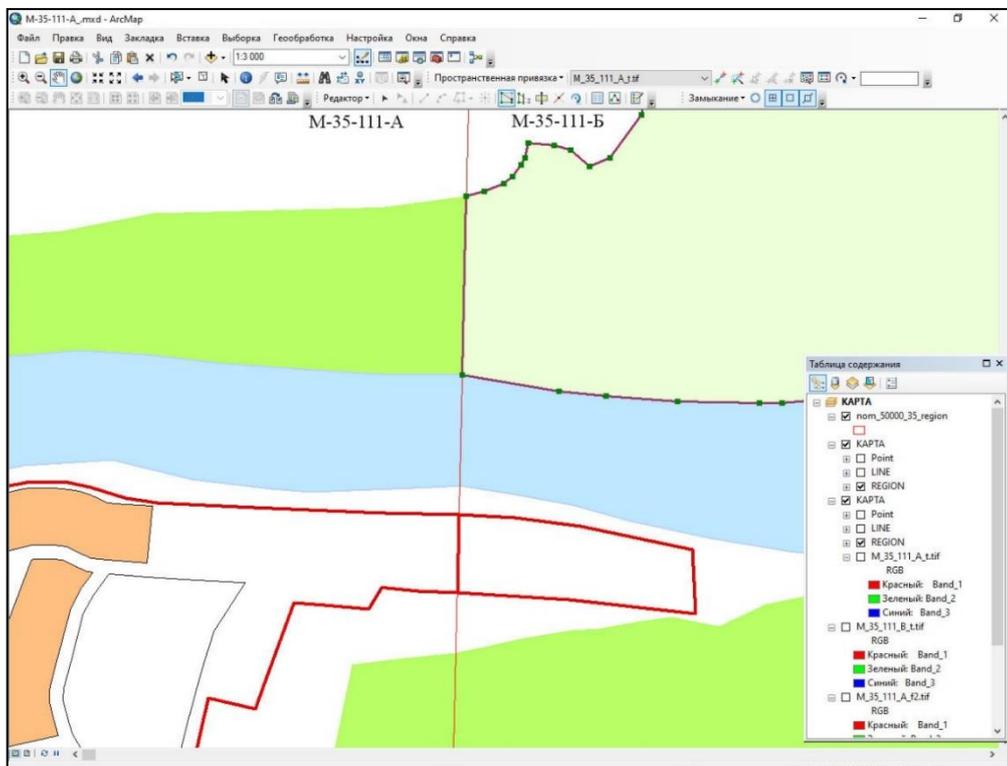


Рис. 11.4. Приклад зведення полігональних об'єктів (ліс та населений пункт) двох суміжних аркушів оновлених ЦТК [16, 17]

Під час зведення цифрових топографічних карт у ArcGIS виявлено величину розходження між рамками аркушів на межах зон проєкцій Гаусса-Крюгера, яка становить 1 – 8 мм на місцевості, оскільки у роботі [16, 17] встановлено, що стандартні засоби геоінформаційної системи ArcGIS для геодезичних та картометричних операцій використовують формули Гаусса на площині без врахування картографічних проєкцій та кривизни Землі. Для вирішення цієї проблеми було створено еталонну рамку номенклатурних аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50000, яку розраховано за аналітичними методами визначення координат геопросторових об'єктів у проєкції Гаусса-Крюгера у відповідних 6-градусних зонах.

Тепер розглянемо більш детально зведення суміжних аркушів створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000, які належать до однієї 6-градусної зони проєкції Гаусса-Крюгера. Зведення суміжних аркушів створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 було досліджено за допомогою інструментів ПЗ ArcGIS: Generate Edgematch Links та EdgeMatch Features [16, 17].

Для зведення двох суміжних аркушів цифрових топографічних карт спочатку було використано інструмент Generate Edgematch Links. Цей інструмент знаходить зіставлені, але не з'єднує, лінійні об'єкти вздовж меж області вхідних даних однієї карти і області суміжних даних другої карти, і створює зв'язки для інструмента EdgeMatch Features від вхідних ліній однієї карти до відповідних суміжних ліній другої карти. Нижче наведено приклади використання інструментів Generate Edgematch Links та EdgeMatch Features для класу об'єктів 21\_line Сегменту 2 «Рельєф суші» і класу об'єктів 62\_line Сегменту 6 «Дорожня мережа і дорожні споруди» [16, 17].

Параметр Search Distance використовується для пошуку кандидатів для зіставлення. За допомогою інструмента «Лінійка» визначено достатню відстань для отримання більшої частини зсувів між відповідними об'єктами, але не велику, щоб викликати непотрібну обробку занадто великого числа кандидатів, що може привести до потенційно неправильних зіставлень в зведенні.

Якщо виникають суперечності на суміжних аркушах оновлених цифрових топографічних карт, які зводяться, наприклад, різний топографічний код об'єктів класу або відрізняються атрибутивні дані (рис. 11.5), то для цих двох суміжних карт необхідно використовувати

ортофотоплани масштабу 1:10 000, растрові моделі тиражних відбитків топографічних карт масштабу 1:50 000; додаткові та довідкові дані і матеріали, щоб визначити який насправді відображено топографічний об'єкт місцевості і які атрибути є достовірними і актуальними [16, 17].

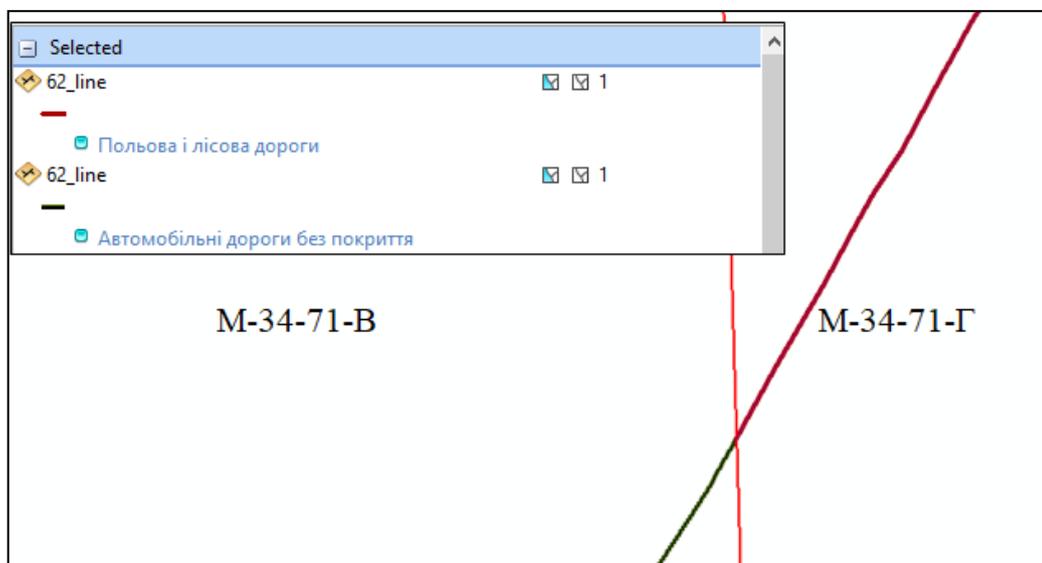


Рис. 11.5. Приклад суперечностей на суміжних аркушах в класі об'єктів 62\_line [16, 17]

Запропоновану методику зведення цифрових топографічних карт було застосовано для узгодження країв рамок суміжних аркушів топографічних карт масштабу 1:50 000, яка має свої особливості [16, 17].

Дотримання запропонованих вимог до зведення цифрових топографічних карт підвищить якість зведених оновлених цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 для створення Основної державної топографічної карти [16, 17].

### Контрольні запитання

1. Опишіть методику зведення суміжних аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000?
2. За допомогою яких інструментів ПЗ ArcGIS виконується зведення аркушів цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000?
3. Назвіть особливості зведення цифрових топографічних карт масштабу 1:50000 в ArcGIS?

## **Лекція 12. Перевірка якості цифрових топографічних карт**

Контроль якості оновленої цифрової топографічної карти проводиться за всіма елементами змісту і оформлення, з метою перевірки забезпечення однотипності кодування і подання однотипних об'єктів, зведення між суміжними аркушами.

Контроль якості оновленої цифрової топографічної карти складається з таких етапів:

1. Перевірка комплектності матеріалів.
2. Перевірка найменування файлів.
3. Перевірка елементів якості топографічних даних та якості метаданих.

До основних елементів якості топографічних даних та якості метаданих належать:

1.1. Повнота даних – наявність чи відсутність об'єктів, їх атрибутів і відношень, які мають бути наявними відповідно до вимог, встановлених для топографічних даних;

1.2. Логічна узгодженість даних – ступінь відповідності даних логічним правилам структури даних, визначених правилами цифрового опису топографічних даних; відповідність значень атрибутів області допустимих значень, визначених у каталозі об'єктів; топологічна узгодженість геометричних моделей топографічних об'єктів та їх опису в РТВ.

Логічна узгодженість топографічних даних оцінюється за показниками:

– концептуальна узгодженість – відповідність правилам концептуальної схеми та структури й відношенням відповідно до правил описаних в РТВ;

– доменна узгодженість – відповідність значень атрибутів області допустимих значень, узгодженість за форматом – ступінь відповідності накопичених даних фізичній структурі набору даних;

– топологічна узгодженість – коректність подання закодованих топологічних характеристик геометричних об'єктів набору даних. Топологічна узгодженість визначається як для геометричних моделей топографічних об'єктів одного типу, так і для геометричних моделей топографічних об'єктів різних типів.

1.3. Якість метаданих – наявність та наповненість метаданих в базі геоданих оновленої цифрової топографічної карти.

1.4. Точність планового положення топографічних об'єктів – позиційна точність топографічних об'єктів.

Контроль якості створених (оновлених) цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 виконується візуально, за допомогою програмних засобів ArcGIS та додаткових спеціальних програмних комплексів, наприклад, інструмент «Validate», який розроблений ДП «НДІГК» мовою візуального моделювання Model Builder в середовищі ArcGIS.

Візуальний контроль якості оновленої цифрової топографічної карти виконується для перевірки:

1. комплектності матеріалів;
2. найменування файлів;
3. повноти даних;
4. точності планового положення топографічних об'єктів;
5. узгодженості інформації про топографічні об'єкти створеного аркуша і суміжних аркушів (зведення аркуша карти по всіх сторонах рамки).

Програмний контроль якості оновленої цифрової топографічної карти виконується в програмному середовищі ArcGIS стандартними засобами та за допомогою програмного комплексу «Validate» для перевірки логічної узгодженості, наявності та наповненості метаданих.

Контроль якості оновленої цифрової топографічної карти починають з перевірки комплектності матеріалів, за якою встановлюється наявність всіх картографічних матеріалів, метаданих.

Наявність чи відсутність топографічних об'єктів оновленої цифрової топографічної карти виконується виконавцем візуально шляхом встановлення відповідності між топографічними об'єктами оновленої цифрової топографічної карти та об'єктами місцевості зображених на ортофотоплані.

Для перевірки концептуальної узгодженості в ArcGIS необхідно використовувати стандартні інструменти *Check Geometry* та *Repair Geometry*.

Під час створення (оновлення) цифрових топографічних карт виконавці робіт можуть використовувати різне програмне забезпечення (ArcGIS, Digital), під час використання якого можуть створюватись різні геометричні примітиви.

Для контролю та виправлення геометрії об'єктів у середовищі ArcGIS використовуються стандартні інструменти *Check Geometry* та *Repair Geometry*, які в автоматичному режимі дадуть можливість визначити помилки геометрії та виправити частину з них. Спочатку запускається інструмент *Repair Geometry* – для автоматичного виправлення помилок геометрії. Потім запускаються *Check Geometry* для визначення помилок, які не вдалось виправити в автоматичному режимі. За результатом роботи інструменту формується звіт в табличній формі з вказаними класами об'єктів та ідентифікаторами об'єктів, в яких виявлено помилки. Картограф повинен самостійно виправити помилки, які не вдалось виправити в автоматичному режимі. Вихідна таблиця з помилками має таку структуру:

- *CLASS* — повний шлях до класу просторових об'єктів в якому виявлено помилку;
- *FEATURE\_ID* — ідентифікатор об'єкта *Feature ID (FID)* або *Object ID (OID)* для просторового об'єкта з помилками геометрії;
- *PROBLEM* — короткий опис помилки.

Поле *PROBLEM* може містити такі повідомлення:

- *Short segment*: деякі сегменти коротші, ніж допускається одиницями системи просторової прив'язки, пов'язаної з геометрією;
- *Null geometry*: у просторових об'єктів відсутня геометрія або значення в полі *SHAPE* порожнє;
- *Incorrect ring ordering*: полігон топологічно простий, але його кільця орієнтовані некоректно (зовнішні кільця — за годинниковою стрілкою, внутрішні кільця — проти);
- *Incorrect segment orientation*: відсутня узгодженість орієнтації окремих сегментів. Точка «до» сегмента  $i$  повинна збігатися з точкою «від» сегмента  $i + 1$ ;
- *Self intersections*: полігон не повинен перетинати сам себе;
- *Unclosed rings*: точка «до» останнього сегмента кільця повинна збігатися з точкою «від» першого сегмента;
- *Empty parts*: геометрія складається з декількох частин, одна з яких порожня (без геометрії);
- *Duplicate vertex*: в геометрії є дві або більше вершини з однаковими координатами;
- *Discontinuous parts*: одна з частин геометрії складається з

розрізних або дискретних частин;

– *Empty Z values*: в геометрії є одна або декілька вершин з порожнім значенням Z (наприклад, NaN);

– *Bad dataset extent*: екстент набору даних містить не всі об'єкти.

Перевірка доменної узгодженості виконується автоматично відповідно до типів змінних та множини можливих значень атрибутів цифрової топографічної карти зазначених у Класифікаторі, і це враховано в базах геоданих цифрових топографічних карт масштабу 1:50 000 (формат файлу бази геоданих \*.gdb ArcGIS), які підлягають оновленню.

Перевірка топологічної узгодженості (топологічних відношень) виконується для забезпечення відповідності створених (оновлених) цифрових топографічних карт вимогам, які мають бути зазначені у редакційно-технічних вказівках або технічному завданні на виконання робіт зі створення/оновлення цифрових топографічних планів та карт.

### **Контрольні запитання**

1. Назвіть елементи контролю якості оновленої цифрової топографічної карти.
2. Опишіть основні елементи якості топографічних даних та якості метаданих.
3. Навіщо виконується перевірка топологічної узгодженості даних цифрової топографічної карти?
4. Що перевіряється візуально під час контролю якості?
5. Чи можлива автоматизація такої перевірки? Яким чином?

### Лекція 13. Оцінка точності цифрових топографічних карт

Точність планового положення об'єктів цифрової топографічної карти оцінюється шляхом порівняння координат контрольних точок, визначених за ортофотопланом, з координатами відповідних точок цифрової карти. На одну трапецію карти необхідно визначити не менше 20-ти контрольних точок. Для контрольних точок слід вибирати об'єкти місцевості, які чітко розпізнаються, такі як перетини доріг і вулиць, кути будинків, поворотів огорож та інші (рис. 13.1) [10, 13].

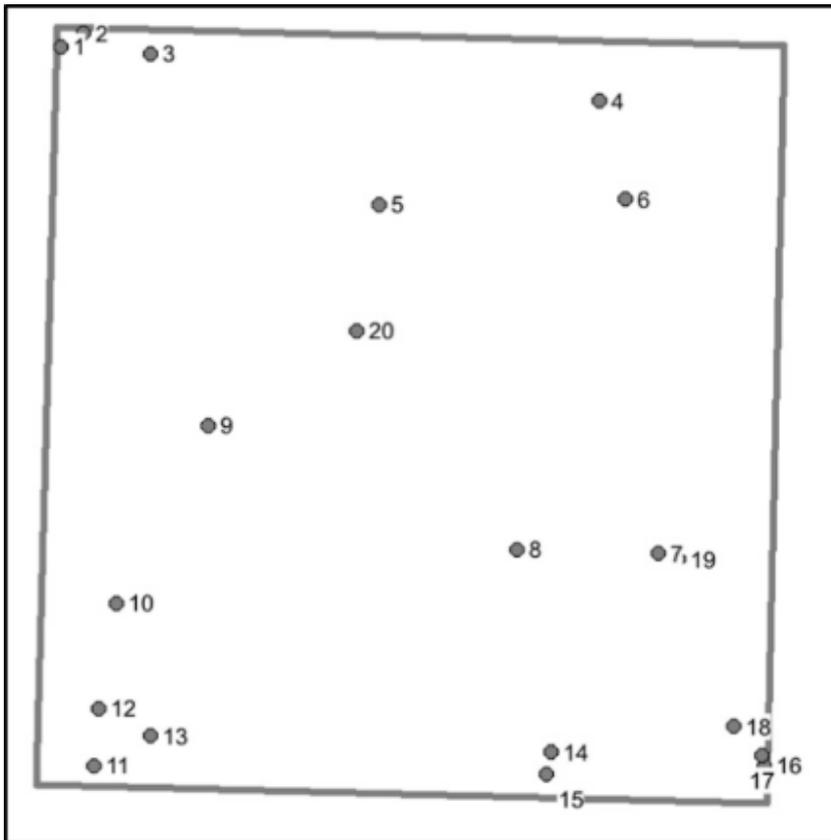


Рис. 13.1. Масив точок для оцінки точності планового положення топографічних об'єктів [10, 13]

Середня квадратична похибка оновленої цифрової топографічної карти обчислюється за формулою:

$$M = \sqrt{M_f^2 + M_s^2}, \quad (13.1)$$

де  $M_f$  – середня квадратична похибка ортофотоплану масштабу 1:10000, що становить 0,5 мм в масштабі ортофотоплану (5 м – на місцевості);

$M_s$  – середня квадратична похибка положення контрольних точок цифрової топографічної карти.

Середня квадратична похибка положення контрольних точок цифрової топографічної карти  $M_s$  обчислюється за формулою:

$$M_s = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (13.2)$$

де  $M_x, M_y$  – середня квадратична похибка положення контрольних точок по координатах  $X$  та  $Y$ .

Середня квадратична похибка положення контрольних точок по координатах  $X$  та  $Y$  обчислюється за формулами:

$$M_x = \sqrt{\frac{\sum_i^n \Delta_{xi}^2}{n}}, \quad (13.3)$$

$$M_y = \sqrt{\frac{\sum_i^n \Delta_{yi}^2}{n}}, \quad (13.4)$$

де  $\Delta_{xi}$  та  $\Delta_{yi}$  – прирости координат по  $X$  та  $Y$ .

Прирости координат по  $X$  та  $Y$  обчислюються за формулами:

$$\Delta_{xi} = X'_i - X''_i, \quad (13.5)$$

$$\Delta_{yi} = Y'_i - Y''_i, \quad (13.6)$$

де  $X', Y'$  — значення контрольних координат точок, визначених по векторних об'єктах цифрової топографічної карти:  $X'_i; i=1, 2, 3, \dots n$ ;  $Y'_i; i=1, 2, 3, \dots n$ .

$X'', Y''$  — координати контрольних точок визначених по ортофотопланах масштабу 1:10 000:  $X''_i; i=1, 2, 3, \dots n$ ;  $Y''_i; i=1, 2, 3, \dots n$ .

Приклад результату оцінки точності планового положення топографічних об'єктів наведено в табл. 13.1.

Середня квадратична похибка оновленої цифрової топографічної карти становить  $M = \pm 5,86$  м.

Середня похибка оновленої цифрової топографічної карти обчислюється за формулою:

$$\Theta = \frac{M}{1,25} \quad (13.7)$$

Середня похибка оновленої цифрової топографічної карти становить  $\Theta = 4,69$  м.

## Оцінка точності оновленої цифрової топографічної карти [10, 13]

Номер	$X'$	$Y'$	$X''$	$Y''$	$\Delta x_i$	$\Delta y_i$	Похибка
1	445066,01	5598884,09	445063,50	5598882,02	2,51	2,07	3,25
2	445141,84	5597682,06	445139,20	5597682,96	2,64	-0,90	2,79
3	446011,60	5597740,33	446013,61	5597738,00	-2,01	2,33	3,08
4	448724,44	5598098,96	448722,90	5598097,00	1,53	1,96	2,49
5	449535,77	5597805,50	449529,30	5597803,00	6,47	2,50	6,93
6	446862,50	5601130,00	446864,10	5601130,96	-1,60	-0,96	1,86
7	449871,91	5600782,49	449869,70	5600780,00	2,21	2,49	3,33
8	448998,84	5601910,01	448996,40	5601909,00	2,44	1,01	2,64
9	446829,78	5601525,51	446827,70	5601523,00	2,08	2,51	3,26
10	447685,71	5598801,00	447684,30	5598802,97	1,41	-1,97	2,42
11	448143,40	5600665,53	448145,33	5600663,00	-1,93	2,53	3,18
12	448777,64	5600503,90	448776,30	5600503,00	1,34	0,90	1,61
13	450032,17	5600553,17	450029,40	5600552,00	2,77	1,17	3,01
14	446009,23	5602033,13	446007,80	5602031,00	1,43	2,13	2,57
15	448966,03	5602533,21	448963,80	5602534,00	2,23	-0,79	2,36
16	447332,20	5598556,56	447330,40	5598556,00	1,80	0,56	1,89
17	446174,20	5600309,16	446176,86	5600308,00	-2,66	1,16	2,90
18	446827,74	5601525,51	446828,70	5601523,00	-0,96	2,51	2,69
19	447685,71	5598801,85	447684,30	5598802,97	1,41	-1,12	1,80
20	448142,40	5600665,53	448145,33	5600663,00	-2,93	2,53	3,87

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{xi}^2 = 122,41$$

$$\sum_{i=1}^n \Delta_{yi}^2 = 64,58$$

$$M_x = 2,47$$

$$M_y = 1,80$$

$$M_s = 3,06$$

$$M = 5,86$$

## Контрольні запитання

1. Яким чином виконується оцінка точності створеної/оновленої цифрової топографічної карти масштабу 1:50000?
2. Скільки контрольних точок необхідно для оцінки точності карти?
3. Які це мають бути контрольні точки? Наведіть приклади.
4. Як визначити чи в межах допуску значення точності планового положення топографічних об'єктів?

## Лекція 14. Метадані топографічних планів та карт

У цій лекції приведено визначення деяких термінів, що зустрічаються в документації та діалогових формах програмних засобів опрацювання метаданих в ArcGIS та подано узагальнену схему створення та опрацювання метаданих в програмах ArcGIS (рис. 14.1) [12, 18].

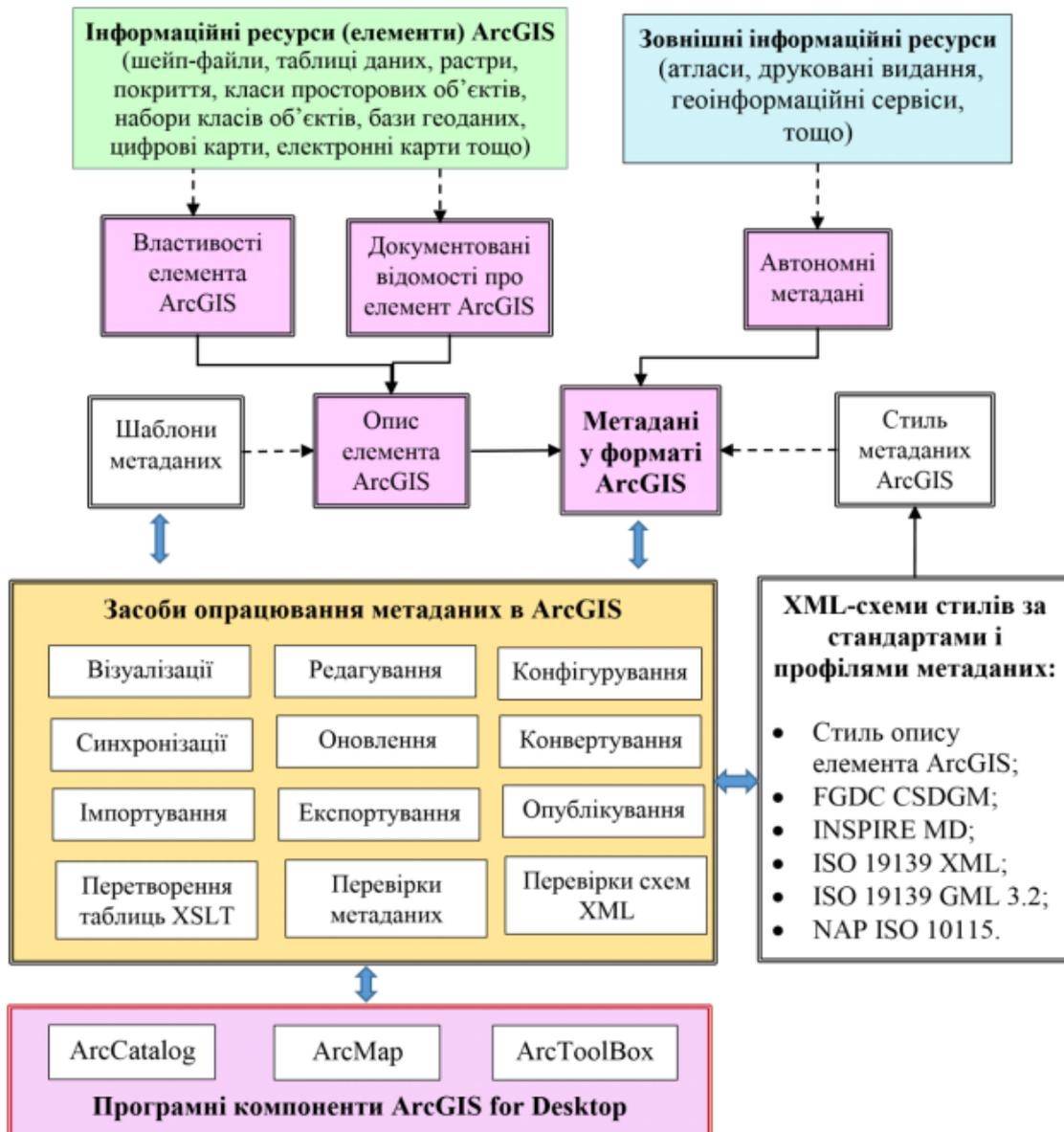


Рис. 14.1. Узагальнена схема створення та опрацювання метаданих в програмах ArcGIS

Елементи ArcGIS (ArcGIS items) — це інформаційні ресурси (дані), що реєструються, створюються або опрацьовуються програмними компонентами ArcGIS, передусім це: шейп-файли, таблиці даних, класи

просторових об'єктів, набори класів об'єктів, бази геоданих, цифрові та електронні карти, покриття, зареєстровані растрові зображення, цифрові моделі рельєфу тощо.

Опис елемента (Item Description) — у всіх елементів ArcGIS є описи, які також називаються метаданими.

Метадані (Metadata) — це опис елемента ArcGIS. Метадані ArcGIS можуть відповідати міжнародному стандарту на метадані ISO 19115 «Географічна інформація – Метадані» або стандарту регіонального чи національного профілю метаданих.

Елемент метаданих (Metadata element) — це окрема частина інформації в метаданих елемента. Елемент метаданих може містити значення, наприклад назву або дату, або ж він може містити в собі інші елементи метаданих, тобто бути складеним.

Стандарт метаданих (Metadata standard) — це документ, що визначає вміст, необхідний для опису геопросторових ресурсів, таких як карти, геоінформаційні сервіси, векторні дані, зображення, а також відповідних непросторових ресурсів. Стандарт метаданих може також містити опис формату, в якому зберігаються значення елементів метаданих. Стандарти, зазвичай, розробляються і затверджуються національними або міжнародними органами стандартизації. Багато стандартів геопросторових метаданих розроблено Міжнародною організацією стандартизації (ISO), включаючи [12, 18]:

- ISO 19115-1:2014 «Географічна інформація. Метадані. Частина 1 - Основи»;

- ISO/TS 19115-3:2016 «Географічна інформація. Метадані. Частина 3 - XML схема реалізації для основних концепцій»;

- ISO 19157:2013 «Географічна інформація. Якість геопросторових даних»;

- ISO 19119 «Географічна інформація – Сервіси»;

- ISO 19139 «Географічна інформація – Метадані – Реалізація XML-схеми».

Профіль метаданих (Metadata profile) — це документ, який визначає модифікацію стандарту метаданих та прийнятий органом стандартизації, агентством або організацією. Профіль може скоротити загальну кількість елементів метаданих, які спочатку були включені в стандарт. Профіль може обмежити можливість вибору елементів метаданих, роблячи

обов'язковим те, що раніше було факультативним; профіль не може зробити обов'язкові елементи факультативними. Профіль може також обмежити допустимі значення в елементі метаданих. Одним із прикладів профілю метаданих є Північно-американський профіль стандарту ISO 19115:2003 «Географічна інформація – Метадані».

Стиль метаданих (Metadata style) — Конфігурація метаданих, яка використовується в ArcGIS. Стилем метаданих визначається: стандарт метаданих, якого дотримуються користувачі; зовнішній вигляд метаданих під час їх перегляду; сторінки, що включаються в редактор метаданих ArcGIS; XML-схема, що використовується для перевірки достовірності метаданих, а також порядок експорту метаданих в XML-файл, який правильно форматований для заданої XML-схеми [12, 18].

Автономні метадані (Stand-alone metadata) – XML-файл, який містить геопросторові метадані для зовнішніх інформаційних ресурсів, що не зв'язані з елементом ArcGIS. Деякі елементи не можуть бути описані в ArcGIS. Наприклад, такі геопросторові ресурси як атласи та глобуси, зовсім не обробляються в ArcGIS. Тим не менш, ви можете формувати опис цих ресурсів, створюючи XML-файли з використанням редактора метаданих ArcGIS для запису інформації про них. Слід розрізняти XML-файли, що містять геопросторові метадані, що не зв'язані з елементами ArcGIS, від XML-файлів, що містять інші дані, такі як XML-документи бази геоданих тощо.

Каталог метаданих (Metadata catalog) — Доступна для пошукової системи он-лайн колекція метаданих, що описує геопросторові ресурси. Прикладом каталогу метаданих є набір карт США і даних на сайті GeoPlatform.gov. Сайт Інтернет або Інтранет, з якого користувачі отримують доступ до каталогу метаданих, часто називають ГІС порталом каталогу.

Метадані розглядаються як складова елемента ArcGIS, а тому для усіх елементів даних ArcGIS, що реєструються, створюються або опрацьовуються програмними компонентами ArcGIS, можна формувати метадані. До таких елементів передусім належать: шейп-файли, таблиці даних, класи просторових об'єктів, набори класів об'єктів, бази геоданих, цифрові та електронні карти, покриття, зареєстровані растрові зображення, цифрові моделі рельєфу та інші геоінформаційні ресурси, що опрацьовується в ArcGIS [12, 18].

Для кожного елемента ArcGIS, що створюються, реєструються або опрацьовуються в програмних компонентах ArcGIS for Desktop, формується індивідуальний XML-документ метаданих, як опис елемента у форматі метаданих ArcGIS. Елементи метаданих ArcGIS поділяються на дві основні категорії: документовані відомості про елементи даних та властивості елементів даних.

Документовані відомості – це описова інформація, що вводиться оператором під час редагування відомостей про елементи просторових даних на закладці «Опис», наприклад, одиниці вимірювання для даних, що зберігаються в полі таблиці даних, або інформація, про походження даних. Якісна і повна документація захищає інвестиції в створювані інформаційні ресурси. У користувачів буде більше впевненості в прийнятих рішеннях, коли вони будуть знати, що рішення прийняті на основі точних, актуальних даних, що отримані з надійного джерела. Властивості описують невід'ємні характеристики елемента, такі як екстент об'єктів в класі просторових об'єктів або місце розташування текстового файлу. За замовчуванням засоби ArcGIS «витягають» властивості елемента даних і автоматично долучають їх в метадані елемента під час перегляду, перевірки, експорту та імпорту метаданих. Властивості також можуть оновлюватися в метаданих елемента за допомогою інструмента Синхронізація метаданих. Автоматичне долучення властивостей до метаданих та їх оновлення поліпшує якість метаданих і допомагає зменшити витрати на їх обслуговування. Оскільки ArcGIS автоматично опрацьовує властивості, то менеджеру проєкту метаданих залишається турбуватися лише за створення документованих відомостей [12, 18].

Якщо під час перегляду метадані автоматично створюються та оновлюються в ArcGIS, то ви завжди будете бачити поточну інформацію, що описує елемент. Інформацію, яка підтримується автоматично, найкраще залишати незмінною, за винятком заголовка елемента за замовчуванням. Якщо ви зміните автоматично встановлене значення в метаданих, то елемент метаданих поміняє категорію (від властивості до документованих відомостей), і в майбутньому значення в метаданих автоматично не оновлюватиметься, якщо зміниться елемент даних.

Засоби опрацювання метаданих забезпечують доступ до метаданих всіх елементів як до XML-документу, незалежно від того, як вони

зберігаються фізично. Редактор метаданих ArcGIS зчитує і зберігає інформацію в спеціальному наборі XML-компонентів метаданих. Сукупність усіх XML-компонентів метаданих називається форматом метаданих ArcGIS. Формат метаданих ArcGIS не належить до профілю міжнародного стандарту метаданих, але за змістом його XML-компоненти охоплюють елементи метаданих, що визначені у міжнародних стандартах комплексу ISO 19100, регіональних та національних профілях метаданих.

Опису підлягає набір геопросторових даних (\*.gdb) цифрової топографічної карти масштабу 1:50 000, наприклад, M-36-51-Г.gdb. Для почату заповнення метаданих необхідно подвійним натисканням правої кнопки мишки по піктограмі бази геопросторових даних номенклатурного аркуша цифрової топографічної карти відкрити контекстне меню і обрати опцію «**Item Description**» (рис. 14.2).

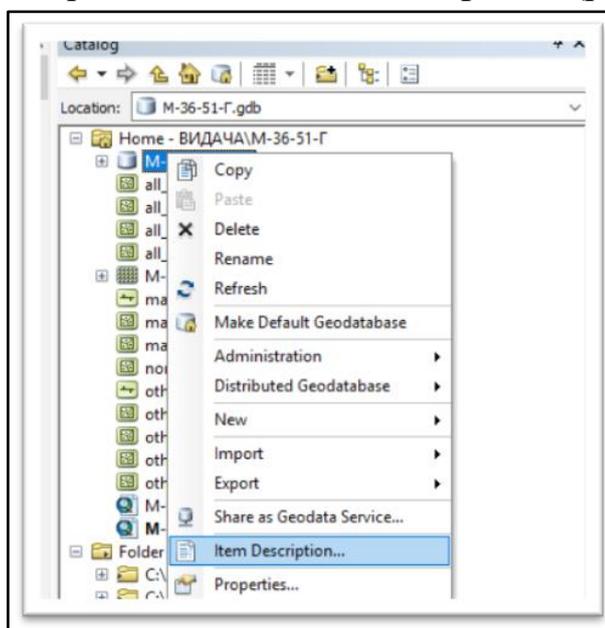


Рис. 14.2. Вибір «Item Description»

Після цього відкривається вікно попереднього перегляду метаданих (рис. 14.3). Інтерфейс редактора метаданих в середовищі ArcGIS розподіляє інформацію на три блоки (рис. 14.4) :

- Overview (Загальний опис);
- Metadata (Метадані);
- Resource (Ресурс).



Рис. 14.3. Вікно попереднього перегляду метаданих «Item Description»

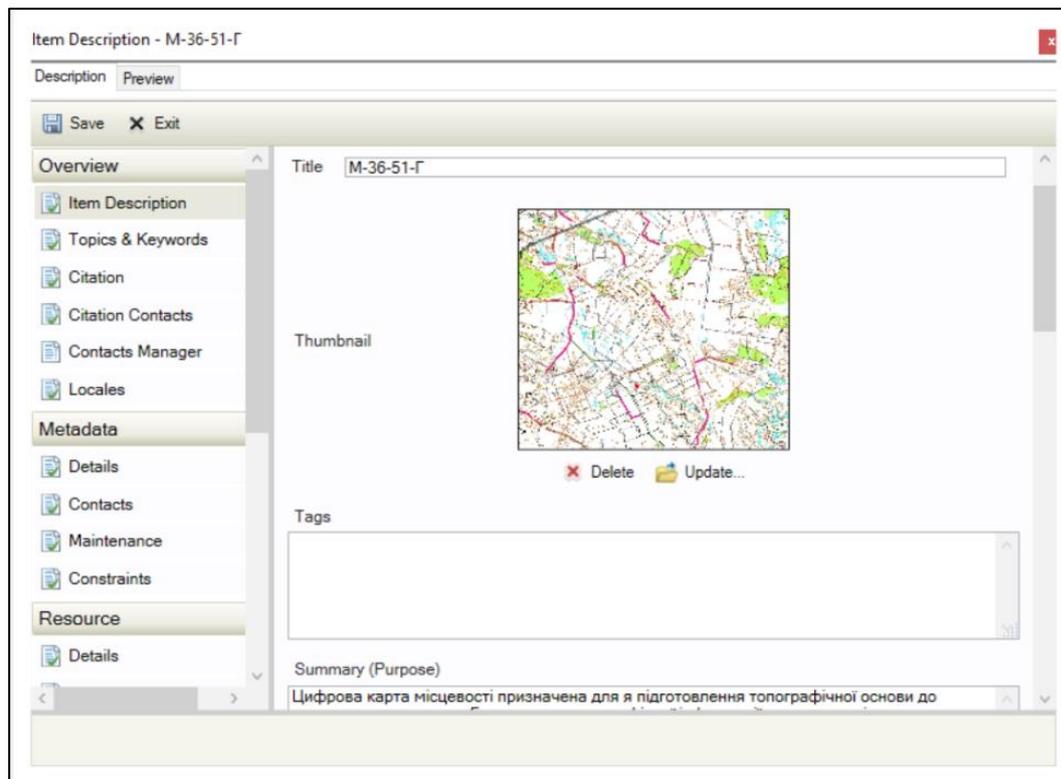


Рис. 14.4. Інтерфейс редактора метаданих в середовищі ArcGIS

Для пришвидшення заповнення метаданих оновленої цифрової топографічної карти необхідно імпортувати метадані з бази геоданих одного номенклатурного аркуша еталонної моделі через ArcCatalog. Далі картографу необхідно буде заповнити лише ті параметри, які стосуються конкретного номенклатурного аркуша оновленої цифрової топографічної карти, безпосередніх виконавців робіт та часових проміжків. Окрім метаданих на рівні цифрової топографічної карти, заповненню також підлягають джерела даних, які були використані для ідентифікації топографічних об'єктів або їх атрибутів. Для заповнення такого роду метаданих в кожному класі просторових об'єктів існує поле — *SOURCE\_DESCRIPTION* [12, 18].

### **Контрольні запитання**

1. Що таке метадані у середовищі ArcGIS?
2. Яким чином ведуться метадані у середовищі ArcGIS?
3. З чого складається інтерфейс редактора метаданих в середовищі ArcGIS?
4. Які стандарти метаданих реалізовані в ArcGIS?
5. У якому форматі даних експортуються метадані у середовищі ArcGIS?

## **Лекція 15. Функціональні можливості ArcGIS Online для геоінформаційного картографування**

ArcGIS Online є хмарним сервісом, який через Living Atlas надає доступ до різноманітного геопросторового вмісту (наборів даних, карт, програм, додатків, шарів даних тощо). Його функції умовно можна поділити на два блоки. Перший блок стосується основ дослідження та використання вмісту та роботи з Map Viewer, Map Viewer Classic, Scene Viewer. Другий блок – створення власного вмісту користувачами та керування ним: компонування карт, сцен, програм, блокнотів, виконання аналізу, керування даними, створення груп.

ArcGIS Online був випущений ESRI компанією у 2012 р. Спочатку являв собою простий онлайн-інтерфейс ГІС для створення, візуалізації, маніпулювання та налаштування карт, які можна було об'єднати з різних джерел карт і сервісів, згодом включав вже ГІС і функції просторової аналітики [19]. У ньому поєднуються ресурси ESRI та спільноти користувачів, які можуть публікувати свої картографічні дані та аналітичні ресурси.

ArcGIS Online — це захищена, надійна географічна інформаційна система (ГІС), яка надається за моделлю програмного забезпечення як послуги (SaaS). Сервіси ArcGIS Online є еластичними, доступними за запитом, керуються Esri, доступ до них здійснюється клієнтом із широким набором опцій. Він дає змогу налаштовувати параметри конфіденційності і безпеки так, як потрібно для вашої організації. Наприклад, можна налаштувати політику паролей, в тому числі довжину, складність і історію паролей. Можна надати учасникам дозвіл на публікацію ресурсів поза організацією або лише в межах організації. Також можна налаштувати дані для входу для конкретних організацій та багатофакторну автентифікацію [20].

Рекомендовано надавати доступ до ArcGIS Online, даних та інших ресурсів тільки по протоколу HTTPS. Це допоможе захистити вашу інформацію.

Групи створюють структуру для вашої організації та є способом організування елементів, якими ви бажаєте ділитися з учасниками вашої організації або які ви бажаєте зробити загальнодоступними. Можна створювати як приватні групи, доступ до яких надається тільки за запрошенням, так і публічні групи, відкриті для всіх. Застосувавши

нескладне планування, групи можна використовувати як інструмент для підтримки робочих процесів та надання спільного доступу до готового вмісту лише для цільової аудиторії. Наприклад, ви можете створити робочу групу і групу поширення для елементів, що стосуються проєкту. Робоча група може бути приватною групою, яка використовується для обміну даними, що стосуються поточної роботи. Група поширення може бути публічною групою, яка використовується для публікації готового контенту в спільному доступі. Групи також можна використовувати для розміщення вибраних ресурсів на головній сторінці і в галереї, а також для створення власних галерей базових карт і додатків [20].

ArcGIS Online включає все, що потрібно для створення та надання спільного доступу до карт, сцен, додатків і шарів (табл. 15.1). Ви можете додавати існуючий контент, такий як електронні таблиці і сервіси ArcGIS Server, та створювати новий контент, такий як карти, додатки і розміщені веб-шари [20].

Необхідно вирішити, як буде використовуватися ваш контент, та оптимізуйте його для максимальної ефективності. Наприклад, оптимізуйте шари, відрегулювавши прозорість, діапазони масштабів і написи; налаштуйте спливаючі повідомлення на картах; створіть кілька видів на векторних шарах за допомогою різних властивостей доступу і редагування. Включіть повний опис, щоб елемент було легко знайти та використати. Позначте елемент як достовірний, щоб привернути до нього увагу як до надійного та підняти його в результатах пошуку. Налаштуйте категорії вмісту для вашої організації і груп, щоб вміст було легко заходити [20].

ArcGIS Online містить широкий набір шаблонів і віджетів, які допоможуть створювати цільові веб-додатки. На основі набору шаблонів можна створювати нові шари, використовувані для збору даних у ваших картах або додатках. Після збереження або додавання вмісту в ArcGIS Online він зберігається як елемент у рубриці «Мій вміст», де можна здійснювати пошук усіх елементів або оглядати їх з використанням фільтрів, таких як тип елемента та дата. Для будь-якого вмісту є пов'язана сторінка елемента, яка містить різноманітні додаткові відомості. Можна змінювати налаштування елемента та обирати інші опції для виконання дій з елементом [20].

**Можливості платформи ArcGIS Online**

Назва функції	Приклад картографування	Інструмент ArcGIS Online
Створення карт	Інтерактивна карта населення	Map Viewer
Аналіз даних	Теплова карта злочинності	Analysis Tools
Спільна робота	Спільний проект з колегами	Groups
Мобільність	Збір даних у полі	Collector for ArcGIS
Управління даними	Організація геопросторових даних	Content Management
Конфігурація сайту	Налаштування головної сторінки організації	Organization Settings
Додавання інтерактивних елементів	Спливаючі вікна з інформацією про об'єкти	Pop-up Configuration
Публікація карт	Публікація карти для загального доступу	Share Map

Можна організувати контент груп і контент всієї організації за допомогою категорій контенту. Додавши вміст, ви можете ділитися ним з групами, організацією або всіма. Якщо ваша карта активно використовується в соціальних мережах, і її переглядають тисячі або мільйони користувачів одночасно, потрібно, щоб вона завантажувалася максимально швидко [20].

**Контрольні запитання**

1. Яке призначення платформи ArcGIS Online?
2. Які можливості платформи ArcGIS Online?
3. Яким чином організовано доступ до даних на платформі ArcGIS Online?
4. Чи можна поширити побудовані карти в ArcGIS Online у соціальних мережах? Яким чином?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпінський, Ю. О. Зміст і засоби сучасного геоінформаційного картографування: міжн. наук.-прак. конф. / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко // Інтеграція геопросторових даних у дослідженнях природних ресурсів. – К.: Компрінт, 2014. – С. 72–76.
2. Лященко, А.А. Архітектура сучасних ГІС на основі баз геопросторових даних / А.А. Лященко, А.Г. Черін // Вісник геодезії та картографії. – 2011. – №5. – С. 45–50.
3. Геоінформаційне картографування [Електронний ресурс]. – Національний університет «Львівська політехніка», 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/16666716> (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.
4. Про затвердження Порядку загальнодержавного топографічного і тематичного картографування [Електронний ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 04.09.2013 р. №661. –Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-2013-%D0%BF#Text> (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.
5. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000, затверджені наказом Головного управління геодезії, картографії та кадастру України № 156 від 31.12.1999 р. і погоджені з Воєнно-топографічним управлінням Генерального штабу Збройних сил України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart\\_norms/156\\_1999.pdf/](https://gki.com.ua/files/uploads/documents/Norms/Ukrgeodesykart_norms/156_1999.pdf/) (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.
6. Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність». [Електронний ресурс]. – Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1999, № 5-6, ст. 46 – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text> (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.
7. 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, 1:1000 000 [Електронний ресурс] : затв. нач. Гол. управ. геодез., картограф. та кадастру при Кабінеті Міністрів України 1998 р. і погодж. з нач. Центр. топограф. управ. Ген. штабу ЗСУ. –Режим доступу: [https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-standart/\[standards\]\[topography\]\[1998\]-klasyfikator-topohrafichnoi-informatsii-10000.pdf](https://nvkarta.com/project/library/uploads/geography/map-standart/[standards][topography][1998]-klasyfikator-topohrafichnoi-informatsii-10000.pdf). (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.

8. Карпінський, Ю. О. Системна модель топографічного картографування в національній інфраструктурі геопросторових даних в Україні / Ю. О. Карпінський, Н. Лазоренко-Гевель // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2020. – Вип. 92. – С. 24-36.

9. Основи ГІС. Стандартизація географічної інформації: навч. посіб. / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Н. Ю. Лазоренко-Гевель. – Київ : КНУБА, 2021. – 152 с.

10. Lazorenko-Hevel, N. Some peculiarities of creation (updating) of digital topographic maps for the seamless topographic database of the Main State Topographic Map in Ukraine/ Lazorenko-Hevel, N., Karpinskyi, Y., & Kin, D. // *Geoingegneria Ambientale e Mineraria*. – 2021. – 58(1), p. 19–24. DOI: <http://dx.doi.org/10.19199/2021.1.1121-9041.019>.

11. Main state topographic map: structure and principles of the creation a database/ Karpinskyi Yu., Lyashchenko A., Lazorenko-Hevel N., Cherin A., Kin D. and Havryliuk Ye. // *Conference Proceedings, Geoinformatics, May 2021, Volume 2021*. – p. 1–6. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521043>

12. Основи створення інтероперабельних геопросторових даних/ Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко, Д.О. Кінь – К.: КНУБА, 2023. – 302 с. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14063703>

13. Лазоренко-Гевель Н. Особливості створення (оновлення) цифрових топографічних карт для формування основної державної топографічної карти./ Лазоренко-Гевель Н., Карпінський Ю., Кінь Д. // *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. – 2021. – I (41). – С. 113-122. DOI: [www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-113-122](http://www.doi.org/10.33841/1819-1339-1-41-113-122)

14. Карпінський Ю.О. Архітектура та функціональна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Н.Ю. Лазоренко-Гевель, А.Г. Черін // *Інженерна геодезія: науково-технічний збірник 2019*. – № 67. – С. 67–81. <https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.67-81>.

15. Karpinskyi Y. Transformation of initial cartographic materials for the “Main State Topographic Map” to coordinate system UCS-2000./ Karpinskyi, Y., Lazorenko, N., Kin, D., & Vitruk, O. // *Polish Cartographical Review*. – 2024. – 56(1). – p. 46-54. DOI: 10.2478/pcr-2024-0004

16. Some aspects of the edge matching method of digital topographic maps in the scale of 1:50 000 for creation the main state topographic map/ Lazorenko-Hevel N., Kin D. & Karpinskyi Yu. // *Conference Proceedings International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2020»*, Dec 2020, Volume 2020. – p.1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20205758>

17. Лазоренко-Гевель Н. Ю. Методика зведення цифрових

топографічних карт масштабу 1: 50 000 для створення Основної державної топографічної карти./ Лазоренко-Гевель Н. Ю., Кінь Д. О. //Інженерна геодезія. – 2019. – 67. – с. 56– 66. DOI: <https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.56-66>.

18. Лященко А. А. Інформаційна модель матаданих бази даних топографічного моніторингу місцевості / А. А. Лященко, Т. М. Квартич // Містобудування та територіальне планування : наук.–техн. зб. / Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. ; відп. ред. М. М. Осетрін. - Київ : КНУБА, 2012. - Вип. 46. – С. 366 - 374. – Бібліогр. : 8 назв.

19. Застосування ArcGIS Online в освітньому процесі/ Г. Савка, В. Шушняк// Географічна освіта і наука: виклики і поступ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 140-річчю географії у Львівському університеті. – м. Львів, 18–20 травня 2023 р. – с. 129 – 133.

20. ArcGIS Online. Посібник з імплементації [Електронний ресурс] // Esri. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/uk-ua/media/pdf/implementation-guides/implement-arcgis-online.pdf>. (дата звернення: 02.12.2024). – Назва з екрана.

21. Conceptual Model of Topological Constraints for the Geospatial Database of a Topographic Map at a Scale of 1: 10 000./ Lyashchenko, A., Karpinskyi, Y., Kin, D., & Lazorenko, N. // In International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2024». European Association of Geoscientists & Engineers. – Vol. 2024, No. 1, pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2024510003>

22. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрями розвитку = GIS-mapping in Ukraine: conceptual foundations and trends of development: [монографія] / [Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д. О. Лященко та ін.] ; за ред. Л. Г. Руденка; НАН України, Ін-т географії. – Київ: Наук. думка, 2011. – 103, [16] с. : іл.

23. Стадніков В. Досвід застосування ГІС-технологій при створенні (оновленні) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000/ Стадніков В., Ліхва Н., Константинова О., Колосюк А. // Технічні науки та технології. – 2023. – 4 (34). – с. 255–264. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-4\(34\)-255-264](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-4(34)-255-264).

Навчальне видання

**ЛАЗОРЕНКО** Надія Юріївна,  
**КІНЬ** Данило Олексійович

# **ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ**

Конспект лекцій

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 5,11. Обл.-вид. арк. 5,5  
Електронний документ. Вид № 75/V-24.

Виконавець і виготовлювач  
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р