



**МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ  
ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ  
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ**

**Шевченко Р. Ю.**

# **ІНСТРУМЕНТАРІЙ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ МІСТА КИЄВА**

*Монографія*

КИЇВ – 2020

УДК 574(07):908: 528.9

Автор:

**Шевченко Р.Ю.**, канд. географ. наук, завідувач кафедри екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

Рецензенти:

**Адаменко Я.О.**, д.т.н., проф., зав. каф. екології, Івано-Франківський національний технічний університет нафти та газу.

**Мальований М.С.**, д.т.н., проф., зав. каф. екології та збалансованого природокористування, Національний університет «Львівська політехніка».

**Тверда О.Я.**, д.т.н., доц. каф. геоінженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського».

**Ткачук К.К.**, д.т.н., проф. каф. геоінженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського».

**Шевченко Р.Ю.** Інструментарій моніторингу довкілля міста Києва. Монографія. Київ, 2020. 324 с.

У монографії сформульовані концептуальні положення нової методології екологічного моніторингу – обсерваційної, парадигма якої ґрунтується на розроблених системах і математичних моделях реального та віртуального моніторингу довкілля за допомогою ланмаркових систем наземного, підземного, повітряного, водного та космічного базування. Представлені новітні технічні та технологічні висновки щодо метризації довкілля-простору, розробки геопросторових моделей обсерваційних систем моніторингу на прикладі м. Києва. Зазначається, що обсерваційні дослідження поділяються на класичні (традиційні) та неоновітні, застосовуючи концепти теорії конверсійного моделювання довкілля-простору із апробуванням алгоритму обсерваційних сценаріїв результатів рекогносрування із застосуванням краудсорсингових технологій цифрового картографування. Представлені та відтворені нові можливості дешифрування, ідентифікації та інтерпретації даних дистанційного зондування Землі та оперативних геопросторових моделей мережі інфраструктури екологічних обсервацій, що отримали дефініційне обґрунтування як еколандмарки. Визначені та знайшли підтвердження засади та концепції розробленої теорії формалізованого обсерваційного еколого-географічного картографування. Розроблена серія техноекологічних карт м. Києва, апробація проведена на проблемних полігонах геостационарних екологічних досліджень м. Києва.

Розрахований на науковців природничих та технічних наук, що займаються інноваційними проблемами реалізації проведення екологічного моніторингу засобами цифрової геодезії та картографії, геоінформаційних систем та аерокосмічних технологій. Монографія рекомендована здобувачами різних ступенів вищої освіти закладів вищої освіти галузей знань «Геодезія та землеустрій», «Природничі науки» та «Науки про Землю» і спрямований на формування картографічних вмінь та геопросторової компетентності засобами ГІС та ДЗЗ.

## ЗМІСТ

Глосарій та перелік скорочень .....	4
Вступ.....	8
<b>РОЗДІЛ I. ТЕХНОЛОГІЇ ПОЛІГОННОГО ТА КАМЕРАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ-ПРОСТОРУ ВЕЛИКОГО МІСТА .....</b>	<b>15</b>
1.1. Інфраструктура екологічних обсервацій – ландмарків .....	15
1.2. Кореляційний аналіз обсерваційних ландмарків довкілля-простору ...	24
1.3. Інновінг-інструментарій забезпечення рекогностування місцевості ....	29
1.4. Сучасні геоматичні технології реалізації обсерваційного моніторингу	34
1.5. Інструментарій геотегінгу при реалізації обсерваційного екологічного моніторингу великого міста .....	38
1.6. Розробка інновінг-інструментарію цифрової реальності довкілля- простору .....	44
1.7. Інструментарій оперативного визначення ризиків антропогенного впливу у великому місті .....	51
1.8. Геоматичні технології управління моніторингом довкілля-простору великого міста .....	60
Висновки до розділу .....	70
<b>РОЗДІЛ II. КАРТОГРАФІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ-ПРОСТОРУ ВЕЛИКОГО МІСТА .....</b>	<b>71</b>
2.1. Геоіконіка картографічних моделей довкілля-простору міста .....	71
2.1.1. Класифікація моделей довкілля-простору .....	71
2.1.2. Стандартизація проектування геоіконіки знакових систем картографічних моделей екологічної безпеки .....	73
2.1.3. Оцінювання якості геоіконіки картоінформаційних систем екологічної безпеки .....	86
2.1.4. Картосемантичний комплекс інструментів для візуалізації та передачі геопросторових даних обсерваційного моніторингу в картографічних легендах .....	100
2.1.5. Методика проектування картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних територій м. Києва.....	105
2.1.6. Особливості побудови умовних позначень в геоінформаційних системах .....	114
2.1.7. Побудова тематичних бах картографічних даних .....	120
2.2. Інструментарій картографічного методу дослідження довкілля-простору	126
2.2.1. Аудит карт системи природокористування та екологічної безпеки .....	126
2.2.2. Картографування надзвичайних ситуацій природного характеру.....	138
2.2.3. Інструментарій комплексного екологічного атласного картографування великого міста .....	143
Висновки до розділу .....	157
<b>РОЗДІЛ III. ІНСТРУМЕНТАРІЙ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ УРБОСИСТЕМИ .....</b>	<b>159</b>
3.1. Моніторинг теплофізичних властивостей природно-техногенних об'єктів довкілля (на прикладі Батієвої гори м. Києва) .....	159
3.2. Дешифрування об'єктів природокористування міста за цифровими	

космічними геозображеннями .....	167
3.3. Використання багатоспектральних зображень в екологічному моніторингу для визначення антропогенного впливу .....	171
3.4. Еколого-антропогенна інтерпретація змісту космічних знімків міста .....	179
Висновки до розділу .....	185
<b>РОЗДІЛ IV. ЕКОЛОГІЧНИЙ ОБСЕРВАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ-ПРОСТОРУ м. КИЄВА .....</b>	<b>186</b>
4.1. Сучасна фізико-географічна характеристика м. Києва .....	186
4.2. Природно-антропогенні ландшафти м. Києва: тренди трансформації ...	193
4.3. Картографічний обсерваційний аудит природно-техногенного середовища міста Києва .....	201
4.4. Інтерпретація довкілля-простору на картографічних зображеннях публічних просторів м. Києва .....	212
4.5. Екологічний моніторинг та екологічна безпека рекреаційного природокористування дніпровських островів м. Києва .....	225
4.6. Екологічна безпека довкілля в акваторії каскаду озер Опечень м. Києва .....	234
4.7. Екологічний моніторинг штучних гідроекологічних об'єктів м. Києва.....	245
4.8. Методика побудови гіпергенезичної (еколого-геодезичної карти) м. Києва.....	254
4.9. Моніторинг екологічних катастроф у м. Києві.....	262
Висновки до розділу .....	277
<b>РОЗДІЛ V. ГЕОІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ У м. КИЄВІ .....</b>	<b>279</b>
5.1. Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу м. Києва .....	284
5.2. Суть задачі та напрямки реалізації ГІС-GPS/GNSS-забезпечення прийняття екологічних рішень у м. Києві .....	289
5.3. Вибір програмного забезпечення для геоінформаційного моделювання довкілля-простору м. Києва .....	297
5.4. Створення геоінформаційного банку даних обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва .....	300
5.5. Апробація ГІС та GPS в параметричному дослідженні критичного промислово-територіального комплексу .....	305
5.6. Укладання серії статистичних карт забруднення довкілля м. Києва ...	310
Висновки до розділу .....	316
ВИСНОВКИ .....	317
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	320

## ГЛОСАРІЙ ТА ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

Android-ГІС	Геоінформаційні, картографічні та геодезичні програми на основі технологій, що адаптовані для функціонування на смартфонах.
Demo	Демонстраційна версія роботи програми з метою ознайомлення, яка має обмежені можливості.
DMS	Degrees Minutes Seconds. Формат відображення географічних координат. Характеризується кількістю відображення цифр градусних вимірювань після коми, що визначає точність.
dpi	Dots Per Inch – кількість точок на дюйм.
Gadget	У перекладі означає «пристрій». Призначений для полегшення та удосконалення процесу.
GPRS-GSM	General Packet Radio Service – пакетний радіозв'язок загального користування. Group Spetial (System) Mobile – глобальний стандарт цифрового мобільного зв'язку.
ISO	International Organization for Standartization – Міжнародна організація ООН зі стандартизації.
LBS	Location-Based Service. Технологія визначення поточного місцеположення мобільного пристрою.
MGRS-UTM-OSNG (OSGB36)	Military Grid Reference Systems – військова система прямокутних координатних систем. Наприклад $\varphi = 50^{\circ} 25' 52''$ N та $\lambda = 30^{\circ} 28' 34''$ E мають наступний вигляд: 36UUA2076089634; Universal Transverse Mercator – система координат універсальної поперечної картографічної проєкції. Наприклад $\varphi = 50^{\circ} 25' 52''$ N та $\lambda = 30^{\circ} 28' 34''$ E мають наступний вигляд: 36N 320762 5589629; Orientation System Navigation Grid – Orientation System Global Base. Система координування навігаційної мережі. Наприклад $\varphi = 50^{\circ} 25' 52''$ N та $\lambda = 30^{\circ} 28' 34''$ E мають наступний вигляд: TQ 30401 79499.
NGSS	Navigation Geodetic Satellite Systems – навігаційна геодезична супутникова система.
Offline-системи	Автономні програмні засоби.
SVG-A	Super Video Graphics Array – система відеоадаптерів.
SWOT	Strengths Weaknesses Opportunities Thereats – метод дослідження із визначення позитивних та негативних характеристик.
Азимутальне зображення	Зображення земної кулі на січній площині паралельно екватору або дузі великого кола.
Акумуляція	Збирання даних у відповідності до тематичного змісту

	геоінформаційної системи.
БДС	Бази даних символів.
Відносна система координат	Метризація довкілля-простору відносно фундаментальних або умовних систем відліку. Наприклад Балтійська система висот, Грінвицький меридіан, небесний екватор або місцева система координат відносно доміантних об'єктів топографії місцевості.
Візуалізація	Представлення даних у різних її форматах.
Геопортал	Картографічний ресурс та довідковий сервіс Інтернету.
Геопростір	Географічна оболонка, що візуалізована картографічно в системах ГІС.
ГІС (ГІС) та ДЗЗ (RS)	Географічна інформаційна система (Geographic Information Systems) та Дистанційне зондування Землі (Remote Sensing).
ДГМ	Державна геодезична мережа. Поділяється на планову та висотну.
Дефініція	Наукове визначення вживаного поняття.
Екогеосистема	Екологічна географічна система (біогеоценоз).
Зум (зумування)	Збільшене картографічне зображення без зміни масштабності.
Інновінг	Новітні технологічні прийоми що не мають аналогів.
Інструментарій	Комплекс приладів та програмного забезпечення.
Інцидентність	Визначається суміжністю вершин та ребер графу, коли вершина є початком або кінцем ребра. Наприклад, дві вершини графу називають інцидентними, коли в них є спільне ребро.
Картолінгвістика	Прикладна теорія про мову карти, що визначає правильність написання географічних та топографічних назв.
Картопрагматика	Прикладна теорія про мову карти, що визначає таке компонування та розміщення елементів тематичного змісту карти з метою її максимальної читаності та однозначного сприйняття геоінформації.
Картосемантика	Прикладна теорія про мову карти, що визначає особливості побудови знакових систем та бібліотек умовних позначень.
Картосеміотика	Прикладна геоінформаційна теорія про карту, що визначає її як специфічний текст.
Кластер	Об'єднання декількох однорідних природних та техногенних елементів ландшафту, що можуть розглядатися як самостійні одиниці, які мають визначені та притаманні їм виключні властивості.
Кореляція	Математично визначена та підтверджена взаємна залежність.

Краудсорсинг	Використання у власних наукових цілях програмних продуктів із відкритими базами даних. Наприклад, краудсорсиновими є наступні ресурси Інтернету: Google Earth, Google Map, OpenStreetMap, Wikimapia.
Лінеарність	Геометрична властивість об'єктів на місцевості, що характеризується вузькою лінійною витягнутістю.
Маркшейдерія	Інженерно-геодезичні технології, що застосовуються при підземному будівництві та динамічному моніторингу деформацій конструкцій та споруд замкнутого підземного простору або геологічного середовища.
Масштаб повздовжній та поперечний	Повздовжній масштаб використовується при побудові повздовжніх профілів (розрізів) місцевості. Метричність задається умовно у відповідності до типу та виду профілю. Поперечний масштаб – графічний спосіб вимірювання, що ґрунтується на вимірюванні пропорційності відрізків паралельних прямих на карті, що перетинають сторони кута. Застосовується для високоточного вимірювання довжин ліній на топографічних планах.
Математична основа карт	Сукупність математично визначених елементів, що забезпечують точність передачі географічної інформації. До них належать: поверхня відносності (геодезичні дати), вид картографічної проєкції, система координат.
Мережа Хартмана-Керрі	Енергоінформаційна географічна концепція, що обґрунтовує наявність на поверхні Землі мережі енергетичних паралелей та меридіанів із різними метричними показниками. Мережа визначає ареали гепатогенних та геовітальних зон на Землі.
Метод базових матриць	Має ще назву базового мінору матриць. У матриці порядку $m \times n$ мінор порядку називається базовим, якщо його визначник не дорівнює нулю, а всі мінори порядку $r+1$ і вище дорівнюють нулю, або не існують зовсім, тобто $r$ збігається з меншим із чисел $m$ або $n$ .
Оверлейн-палетка	Геоінформаційна опція, що дозволяє зробити додатковий прозорий шар для додаткових картометричних робіт.
Опорний пункт	Реперна або вихідна точка рекогносцирувального обсерваційного моніторингу довкілля-простору.
Ортофотоплан	Фотографічний план місцевості на точній геодезичній основі, отриманий шляхом аерофотозйомки або космічної зйомки з подальшим перетворенням знімків з центральної проєкції в ортогональну за допомогою методу ортотрансформування. Останнім часом з'явилися нові види ортофотопланів – дійсні ортофотоплани (true orthophotoplans), на яких відсутні «мертві зони» та «тіні»,

	що забезпечують надвисоку (прецизійну) точність проєктування за ними.
Питома вага	Фізична величина, що визначає відношення ваги до об'єму. В картографії використовується в прийомі зображення, що має назву середньозваженого та точковий спосіб.
Піксель	Найдрібніша одиниця растрового цифрового зображення.
Потенційний об'єкт екологічної безпеки	Природний або антропогенний об'єкт, що несе потенційну загрозу навколишньому природному середовищу та безпеці життєдіяльності людини в повсякденних умовах.
Радіоінтерферометрія	Прийом астронометричного дослідження простору, що ґрунтується на методиці спостережень із високою кутовою роздільною здатністю із наддовгою базою між приладами, які розташовуються на різних континентах.
Рекогностування	Геопросторова розвідка місцевості з метою виявлення нових природно-техногенних об'єктів, що не можна знайти або ідентифікувати на картах або аерокосмічних знімках.
Рекреація	Система заходів з метою еколого-просвітницької, культурно-оздоровчої діяльності на територіях природно-заповідного фонду.
РЕМ-фотограмметрія	РЕМ – растровий електронний мікроскоп. Фотограмметрична технологія в екології, що дозволяє проводити ретроспективний аналіз та прогноз вегетації або визначення мікроекологічних параметрів в закритих просторах-довкіллях.
Родон	Небезпечний інертний газ, який має властивості концентруватися в закритому довкіллі-просторі.
САПР	Система автоматизованого проєктування.
СДОР	Сильнодіючі отруйні речовини.
Синусно-косинусне перетворення	Одне із ортогональних перетворень, що використовується в програмах проєктування бібліотеки умовних позначень карти.
СКП	Середньоквадратична похибка.
СУБД та БД	Система управління базами даних та бази даних.
Тахеометрія	Сучасна геодезична технологія швидкої зйомки місцевості із одночасним визначенням планових та висотних координат.
Уніфікація	Приведення до однакової системи та форми.
Хмарні технології	Технологія, що функціонально дозволяє віддалену обробку та зберігання даних.

## ВСТУП

*Довкілля-простір* – це нова уніфікована дефініція сучасної дійсної реальності існування цивілізації в системі «суспільство-природа». Геософічна парадигма довкілля-простору ґрунтується у визначенні її континуальності та одночасної кінцевості, як реальної ойкумени сприйняття геопростору Землі як живої істоти.

*Моніторинг довкілля-простору* – є необхідний процес дослідження швидкоплинності змін та трансформації геосфер та їх геонегативний чи геовітальний вплив на подальшу долю розвитку людства. Для вирішення відповідної наукової проблеми постає проведення вступного (первинного) геоінформаційного аналізу функціонування довкілля-простору взагалі та його природно-територіальних систем зокрема. Зазначаються особливості проведення його геометризації за допомогою інновіт-інструментарію визначення його параметрів. Враховуючи високу вартісність приладів та обладнання моніторингових обсерваційних досліджень, до апробації рекомендовані визначені краудосорсингові геотехнології, як основні при автономному дослідженні особливостей навколишнього природного середовища.

Запровадження Android-додатків, точність яких не поступається технічним показникам сучасних геодезичних приладів, а саме: Geodezist, Fields Area Measure, Star Walk 2, Compass надають повний масив даних координат проблемних об'єктів. При реалізації їх роботи вони проходять процедуру компарування, і не зважаючи на деякі неточності, відповідні технічні показники визначення координат задовольняють вимогам до обсерваційного моніторингу довкілля-простору.

Інноваційною є робота інструментарію Smart-додатків, особливо при визначенні всіх наявних координованих систем від географічних, астрономічних, топоцентричних та геоцентричних. Їх застосування впливає із геоматичної парадигми довкілля-простору, як мінливого континуально-дискретного простору-часу. Континуальна дискретність підтверджується створенням статистичних картограм QuickMap просторово-дискретними методиками проєктування цифрової моделі рельєфу та місцевості.

Результатом вищезазначених апробацій постає алгоритмічна методика створення інтерактивних динамічних карт навколишнього природного середовища. В них зазначена континуальність простору-довкілля, що інтерпретована як безперервність фізичних полів існування цивілізації. Це підтверджується роботою навігаційного обладнання (системи координат, безкінечність локсодромічної кривої, наявність аномалій неевклідової геометрії, як  $180^0$ -двокутник – «фюзон»), а також в його дискретних формах простору-довкілля, що знайшли своє відображення в бібліотеці умовних позначень та легенд.

В зв'язку із всеохоплюючою діджиталізацією (дигіталізацією) різних форм діяльності соціуму, виникає нагальна необхідність переходу до цифрової реальності. Такий перехід вимагає інструментарного забезпечення моніторингу за довкіллям-простором, що складається з наступних модулів: формування баз даних ГІС, блоку інтерпретаційних моделей, застосування баз даних ДЗЗ та їх практичного використання для потреб сфери обслуговування та захисту довкілля. Зазначимо

також, що аналогові методи геодезії можуть стати в нагоді у різних форс-мажорних обставинах.

В монографії наведені практичні рекомендації щодо подальшого впровадження в систему екологічного моніторингу розробленого і вже апробованого інновіng-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору.

В процесі вивчення проблем екологічної безпеки, реалізації програм охорони навколишнього природного середовища та проведення екологічного моніторингу, основними матеріалами візуалізації та інтерпретації відповідних даних є геоінформаційні моделі, а саме: тематичні цифрові картографічні зображення проблемного простору-довкілля відповідного простору-середовища.

В Україні відсутня монополія на топографо-геодезичну та картографічну діяльність в галузі екологічного моніторингу довкілля. У зв'язку із тим, кожна людина дипломована за геоінжиніринговою спеціальністю або повноцінно володіючи ГІС-технологіями, може створювати геопросторові моделі на замовлення державних та комерційних структур або за матеріалами власних пошукових досліджень.

Виходячи із вищевикладеного, *формулювання постановки наукової та технологічної проблеми* доступності якісного ГІС-моделювання, є доцільним вирішення даного надуманого перепону в роботі еколога-картографа шляхом демонстрації функціонування бюджетного інновіng-інструментарію для високоточного геодезичного, картографічного, фотограмметричного та геоінформаційного моделювання простору-довкілля.

Фактично найбільш складною проблемою професійного виконання відповідних екологічних завдань є придбання поширених на виробництві сьогодні ГІС-пакетів: ArcGIS, програмних продуктів ESRI із фотограмметричної, геодезичної обробки та геоінформаційного картографування. Це пов'язано із високою вартістю, яку можуть дозволити лише великі компанії. Для науковця-дослідника або підприємця, що працює автономно, можуть бути застосовані лише краудсорсингові картографічні та геоінформаційні ресурси координування та проектування ГІС-моделей. Якість, точність та реалістична відповідність таких ГІС-моделей, що в них проєктовані, не поступаються професійності виконання та конкурентоздатністю на ринку відповідних послуг. Всеохоплююча гегемонія продуктів компанії ArcGIS із інсталяції та експлуатації із перманентним оновленням баз даних, софту на усіх рівнях наукового, навчального та виробничого циклів робіт із ГІС-картографування довкілля, обґрунтовується лише вузькокорпоративною метою – отримання надприбутків.

На сучасному етапі проведення обсерваційного екологічного моніторингу *не висвітлені питання* організації картографо-геодезичної діяльності для прикладних задач екологічного моніторингу, освітньо-екологічної діяльності, запровадження даних дистанційного зондування Землі в зеленому (екологічному) туризмі, складання картографічних моделей загального користування, які дадуть уявлення про стан довкілля-простору та його цифрову реальність.

Наукове обґрунтування технологічності та інновіngу краудсорсингових картографічних пакетів та програм Android-забезпечення проведення польових обсерваційних рекогносциувальних експедицій у просторі-довкіллі, визначає їх

альтернативність класичним сучасним ГІС-пакетам в реалізації програм наукових досліджень. Демонстрація їх якості та точності при створенні картографічних моделей надає змогу запровадити їх широке функціонування в наукових, педагогічних та виробничих товариствах, установах та організаціях, в першу чергу освітньо-екологічних, природоохоронних та ресурсозберігаючих.

В монографії запроваджена нова термінологія, наукова дефініція «довкілля-простір» та представлена її геоінформаційна парадигма. Наведена технологія цифрової реалістичності (реальності) в процесі картографічного геоінформаційного моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища.

Дігіталізація довкілля-простору – це наукоємна та вартісна технологія. Сьогодні основною технологією інтерпретації цифрової реальності навколишнього середовища є цифрові геодезичні прилади, а саме сканерні та роботизовані тахеометри. Наприклад, застосування геодезичних обсерваційних ландмарків використовуються для розпланування та будівництва рекреаційних та меморіальних зон на схилах Дніпра у м. Києві (рис. 1).



Рис. 1. Статичний пункт роботизованої тахеометрії «Парк Слави», м. Київ

При запровадженні та реалізації обсерваційного моніторингу ми вважаємо, що застосування високовартісних геодезичних технологій доцільно замінити Gadget-

додатками, точність яких не поступається прецизійним. Це обґрунтовується тим, що довкілля-простір в екологічному моніторингу поділяється на дослідження відкритих денних поверхонь (фізичної поверхні Землі), підземних природних та маркшейдерських просторів, а також закритих предметно-орієнтованих та предметно-функціональних просторів. Методологічне обґрунтування реалізації відповідного екологічного моніторингу *постає як головна наукова задача.*

*Довкілля-простір* – це загальнофілософська, фізична та метафізична дефініція визначення метризації відповідного навколишнього природного та штучного (антропогенного, промислового, виробничого) середовища та простору. Середовище та простір у сформульованій науковій парадигмі визначаються відповідними прийомами параметризації та системного картографування на засадах геоінформаційної континуальності та геоіконічної відповідності реальності.

*Дефініція «довкілля-простір»* визначається як сукупність наземних, підземних, плавучих, повітряних, навколосемних та космічних сегментів живої та неживої природи. Простір визначається структурно-параметричними сегментами геопросторового сприйняття та інструментарного визначення реального світу. За допомогою різної апаратури визначаються його приховані (латентні) виміри кількісних або метричних показників середовища. Це насамперед інфрачервоний, ультрафіолетовий та гама-діапазони, які ідентифікуються якісними складовими простору-довкілля. Оптичний сегмент дослідження простору-довкілля максимально обмежений роздільною здатністю та впливу плинних метеорологічних умов, хоча інфра- та ультра- технології також залежать від радіоелектромагнітних факторів або інших фізичних полів реальної дійсності просторових особливостей місцевості дослідження.

*Цифрова реальність довкілля-простору* – це надзвичайно складна роботизована технологія мультимірного координування, проектування та моделювання швидкоплинної гібридної природно-техногенної системи та природно-територіальних комплексів, що зазнають патогенного впливу від цивілізаційного розвитку. Важливою умовою роботи інструментарію цифрової реальності будь-якого простору є визначення просторово-геометричних параметрів його візуалізації. Наприклад, у традиційній картографії застосовуються три види проектування земної поверхні, які вже технологічно і апробаційно не можливо використовувати для інтерпретації довкілля-простору. Це пов'язано із тим, що довкілля-простір – це мультиспектральне та багатовимірне середовище, яке не можливо представити площиною, яка є основною математичною поверхнею не лише при картографуванні, а також при геоінформаційному моделюванні. Окрім того, необхідно звернути увагу на семантичну складову довкілля-простору, яке на відміну від картографічного або геоінформаційного зображення не потребує розробки банку даних умовних позначень. Їх відсутність підтверджує його реалістичність та перцепційність. Все це потребує розробки методологічної теорії (парадигми) обґрунтування інструментарності та метричності цифрової реальності довкілля-простору.

*Геоматична парадигма довкілля-простору* – це сукупність фундаментальних наукових методологій, які акумулюють науки про Землю для формулювання концептуальних основ теорії екологічної безпеки мультимірного простору, що

визначає його плинні параметри під дією космічних (космогонічних), земних та глобальних антропогенних факторів. Відповідну параметризацію забезпечуватиме екологічна геоматика. Це новітня гібридна галузь (симбіоз) технічних, фізико-математичних, географічних та біологічних наук, головна наукова задача якої формулюється із наступного постулату-твердження: *біосферні показники стану навколишнього середовища та компоненти геосфери визначаються технічними засобами інтерпретації довкілля (інструментарієм супутникової геодезії, геоінформаційними системами цифрового інтерактивного картографування, прийомами та способами геоінженерних вишукувань), з метою визначення оптимальних проектних показників розгортання територіальної системи в різних проєкційних площинах та різноманітних орієнтаційних хмарах даних на локалізованих ділянках природно-територіального комплексу, що зазнає патогенного промислово-антропогенного впливу.*

Відомо, що концепція екологічної безпеки урбанізованого ландшафту практично є сформульованою та апробованою, про що не можна однозначно стверджувати відносно трансформованого природного ландшафту на забудованих територіях, а також природно-заповідних місцинах, які є атрактивними DESTИНАЦІЯМИ при реалізації, наприклад, програм екологічного туризму та розпланування комплексу спеціалізованих споруд санаторно-рекреаційних комплексів. Також лише набувають практичного застосування інженерні методи біолокаційного моніторингу географо-еніологічних гепатогенних та геовітальних зон. Але методичні та методологічні обґрунтування запобігання або зниження впливу відповідних новітніх екологічних викликів в системі природно-техногенної безпеки не є апробованими та науково доведеними, а також інструментарно підтвердженими. Хоча є вже беззаперечним фактом те, що в Карпатському туристичному регіоні України при розробці геоматичного забезпечення територіальної організації туристичних комплексів або прокладанні на карті еколого-туристичних стежок, залучаються матеріали експедиційних даних еніологічних експедицій, аудиторні дослідження стародавніх та сучасних картографічних матеріалів, які висвітлюють деякі екологічні та геофізичні особливості відповідної місцевості.

*Теорія екологічної безпеки довкілля-простору* та його інструментарій цифрової реальності знаходиться на початковому стані формулювання і є новим методологічним напрямком сучасної прикладної екології. Поступово запроваджуються технології хмарового проєктування просторів за технологією сканування та роботизованої тахеометрії. Але вони в сукупності не дають глобального уявлення про плинність панглобального довкілля-простору. Таким чином цей інструментарій є дискретним, такий, що не дає змоги визначити континуальність простору-довкілля, його розміри, геодезичні параметри, трансформаційні особливості.

*Інновінг-інструментарій технологій цифрової реальності* на базі краудосорсингових програм та відкритих ГІС є бюджетним варіантом проведення та реалізації екологічного обсерваційного моніторингу. Довкілля-простір – є континуальним з точки зору неосяжності глобальності його вимірювання, але в дискретній модальності його просторова реальність є зрозумілою та такою, що

високоточно представляється у бі- та полікоординатних системах ГІС. Застосування Android-програм дає змогу знизити вартість проведення досліджень, а картограми статистичних моделей довкілля-простору дають однозначну інтерпретацію плинності показників навколишнього середовища. Також необхідно зазначити, що неможливо відмовитися від традиційних прийомів аналогової геодезії, картографії та фотограмметрії при реалізації програм інтерпретації цифрової реальності довкілля-простору.

*Головною науковою проблемою, що розв'язується – є розробка наукової теорії та формулювання геоматичної парадигми обсерваційних досліджень з метою створення геоінформаційної астронавігаційної системи оперативного попередження (запобігання) та управління при подоланні надзвичайних ситуацій природного походження. Технологічно це вирішується за допомогою наземних та космічних сегментів геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень. Концепція відповідної моделі ґрунтується на розробці окремої теорії екологічної геоіконіки природокористування.*

*В рамках розв'язання сформульованої проблеми вирішуються наступні наукові задачі:*

- поняття і визначення екологічної геоматики;
- обґрунтування методологічних основ екологічної геоіконіки;
- формулювання контенту наукової теорії обсерваційних досліджень на високоурбанізованих територіях;
- підтвердження (спростування) гіпотетичних припущень про вплив геологічних та астрогеологічних патогенних зон на ймовірність виникнення локальних та глобальних екологічних катастроф;
- розробка технологічних прийомів впровадження ортофотопланів територій критичної інфраструктури нового покоління – дійсних ортофотопланів (true orthophotoplans);
- розробка математичного апарату та структурно-параметричних схем забезпечення роботи експериментальної ГІС «Екологія довкілля Києва».

Матеріали монографії пройшли апробацію у науково-дослідній роботі *«Розробка нормативно-методичного документа – рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС»*, 2018 р. Розроблені критерії створення тематичних екологічних карт м. Києва в ГІС за даними аерокосмофотознімання.

*Апробовані результати дослідження.* Відповідний інновінг-інструментарій запроваджується при проведенні обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору м. Києва та застосований в реалізації програм генерального планування столичної території на предмет створення відповідних еколого-географічних карт природно-територіальних систем та критичної інфраструктури.

Розроблені теоретичні та практичні основи проектування геоінтелектуальної системи прийняття рішення в середовищі спеціалізованих ГІС та ДЗЗ з проблем оперативного картографування природно-техногенного простору столиці України є в нагоді при виникненні надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціально-політичного та воєнного характеру.

Запроваджені нові методики технології захисту довкілля міста Києва із впровадженням технології РЕМ-фотограмметрії, космічної радіоінтерферометрії, космічної геодезії та картографії. Це є методологічною основою при формуванні бази даних координат потенційно-небезпечних об'єктів довкілля-простору.

Проведене зонування території київської агломерації за рівнями екологічних ризиків впливу гепатогенних зон, що сформувалися під впливом астрогеологічних процесів знайшло впровадження в астрометричних технологіях прогнозу виникнення екологічних катастроф у м. Києві.

## РОЗДІЛ I. ТЕХНОЛОГІЇ ПОЛІГОННОГО ТА КАМЕРАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ-ПРОСТОРУ ВЕЛИКОГО МІСТА

Територія, акваторія, підземні простори та навколосемна космічна оболонка планети має мережу стаціонарних, кінематичних та статичних об'єктів із допомогою яких дистанційно чи автоматично однозначно визначають координати у різноортних відлікових системах та датах місцеположення географічних пунктів. Вони виконують роль орієнтирів (в тому числі в навколосемному просторі – це геодезична і супутникова інтерферометрія). Їх сукупність до теперішнього часу не має узагальненого термінологічного визначення та його наукового обґрунтування в контексті досліджень у царині збалансованого природокористування і охорони навколишнього природного середовища.

Головним науковим завданням дослідження є термінологічне обґрунтування комплексу геомаркерів, геодатумів, геодезичних та географічних знаків, класифікація ландмарків, проведення їх типізації, здійснення кореляційного аналізу ландмарків спостереження і типів природокористування.

### 1.1. Інфраструктура екологічних обсервацій – ландмарків

Наукові праці вітчизняних та закордонних вчених із уніфікації назви комплексу геодезичних, географічних, астрономічних знаків, споруд та комплексів відсутні. Наявні лише дослідження із вивчення загальної територіальної організації розташування геомаркерів у контексті створення Державної геодезичної мережі, що робить результати вузько науковими та обмеженими у використанні. Наприклад, в системі популяризації екологічних знань про вимірювання та орієнтування.

Перед визначенням загальної структури інфраструктури ландмарків доцільно дослідити історію актуальних поверхонь відносності геоїдних тіл обертання, вихідних координатних та геодезичних датумів при обробці, проєктуванні і перетворенні результатів геодезичних вимірювань у відповідні тематичні картографічні моделі. Необхідно обґрунтувати термінологічний апарат – глосарій ландмарків. В результаті необхідно створити графоаналітичну модель зв'язку історичного типу природокористування та виду ландмарку спостереження, провести функціонально-кластерний аналіз ландмарків природокористування в Україні від найдавніших часів до сьогодення.

*Ландмарк* (слово німецького походження, що складається із двох значень «*land*» – земля, територія, ділянка та «*mark*» – знак, маркер, споруда і у дослівному перекладі означає "орієнтир") – антропогенний або природний геопросторово координований, домінуючий в природному чи техногенному ландшафті об'єкт або комплекс. Він має яскраві відміни на тлі оточуючого середовища та структуру, що виокремлюється у складі інших конструкцій, будівель чи ансамблів. Використовується в цілях навігаційного орієнтиру, знаку попередження особливих географічних зон і територій активного природокористування, екологічного моніторингу (обсервації) довкілля-простору. Є центром чи знаком державної планово-висотної мережі або відіграє функції географічного пам'ятника історії

екології природокористування, географії, геодезії, навігації, астрономії та системи географічних, технічних, історичних та фізико-математичних наук. Як правило охороняється державою або внесений у перелік об'єктів Світової культурної спадщини ЮНЕСКО. Термінологічно визначає, узагальнює і уніфікує сукупність відповідної системи (мережі) інфраструктури наземних, підземних та плавучих географічних обсерваційних об'єктів на Землі, що відіграють центральне значення в системі природокористування та спостереження за довкіллям-простором.

Останнім часом з'явилися нові типи ландмарків – віртуальні. Державна установа «Держгідрографія» з 2012 р. використовує віртуальні засоби навігаційного обладнання (ЗНО) в системі плавучого огороження навігаційних небезпек у зоні відповідальності України в Чорному та Азовському морях. Віртуальний ЗНО не існує як фізичний навігаційний орієнтир, проте являє собою цифровий інформаційний об'єкт, дані про який поширюються відповідальною установою. Водночас такий об'єкт відображається в навігаційних системах (на електронних картах).

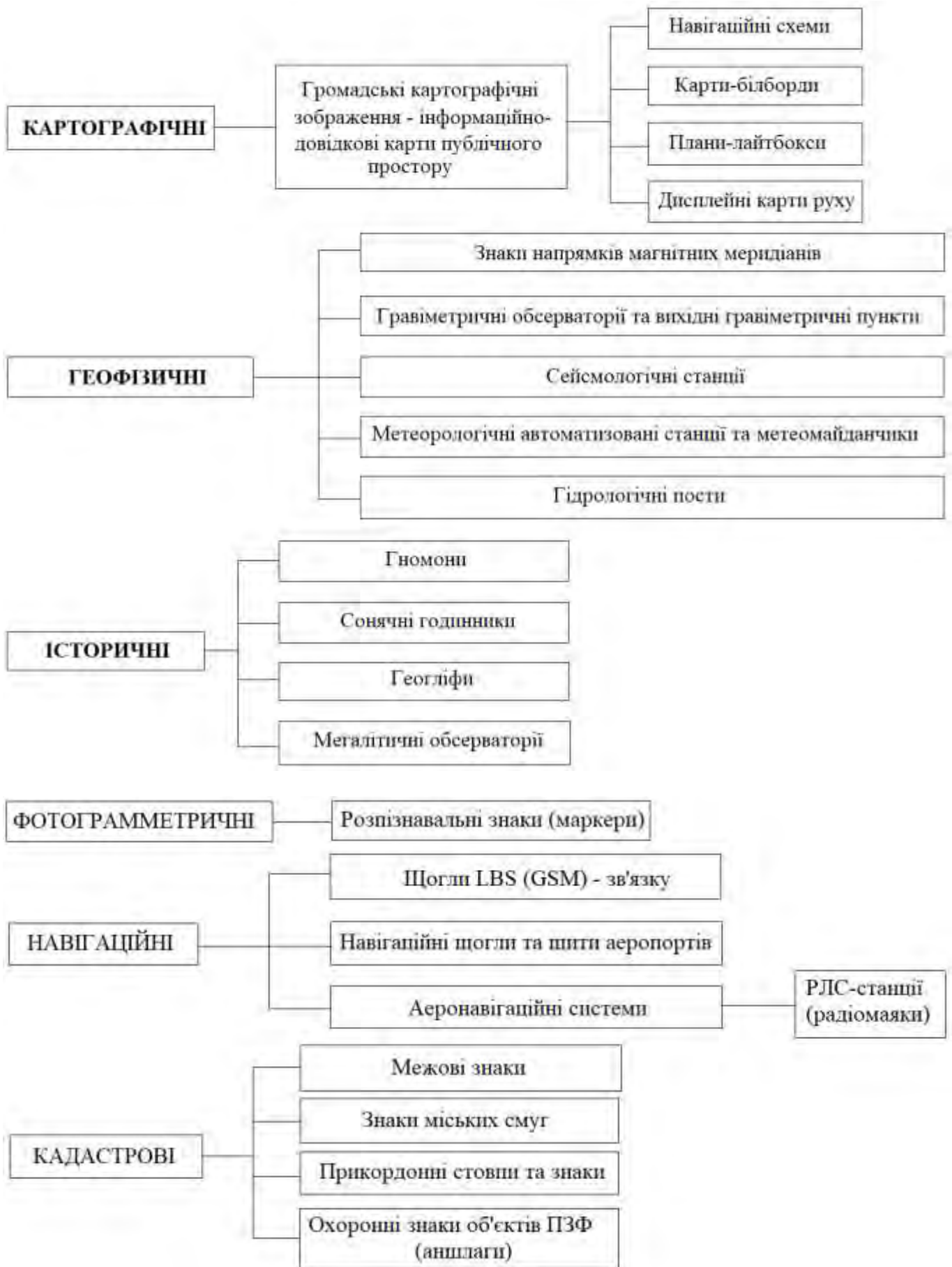
Інформація, у тому числі про географічне положення, яку несуть у собі віртуальні ЗНО є статичною або динамічною (змінюватися впродовж часу) залежно від поставленої цілі.

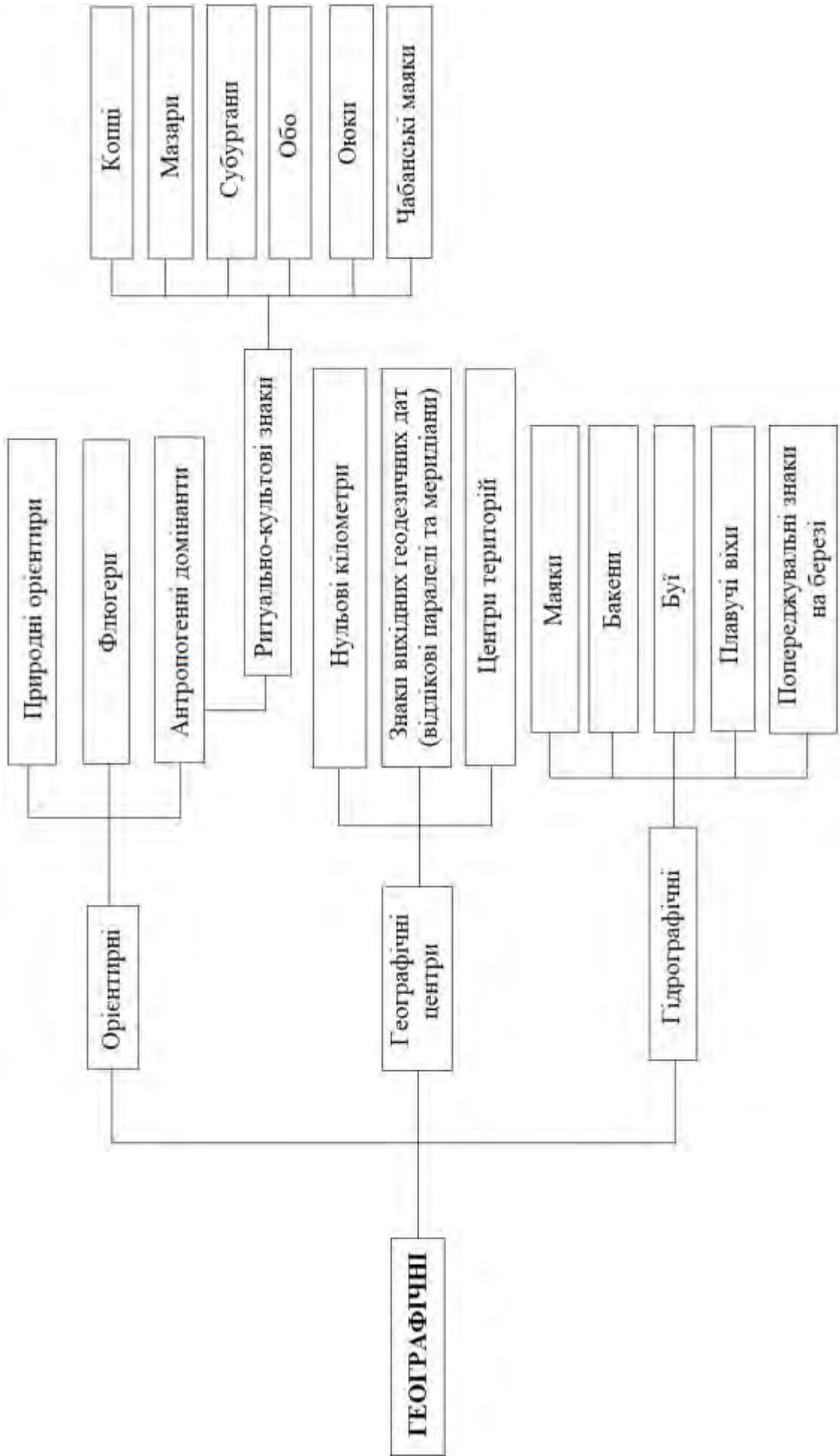
На початковому етапі запровадження віртуальних навігаційних ландмарків створюються синтетичні ЗНО (за наявності фізичного буя-сигари позначка віртуального буя, який функціонує замість фізичного сезонного буя, відображається на навігаційних картах та у цифрових навігаційних системах) для поступового впровадження та сприйняття судноводіями нововведень, а з часом – повністю перейти з синтетичних ЗНО на віртуальні.

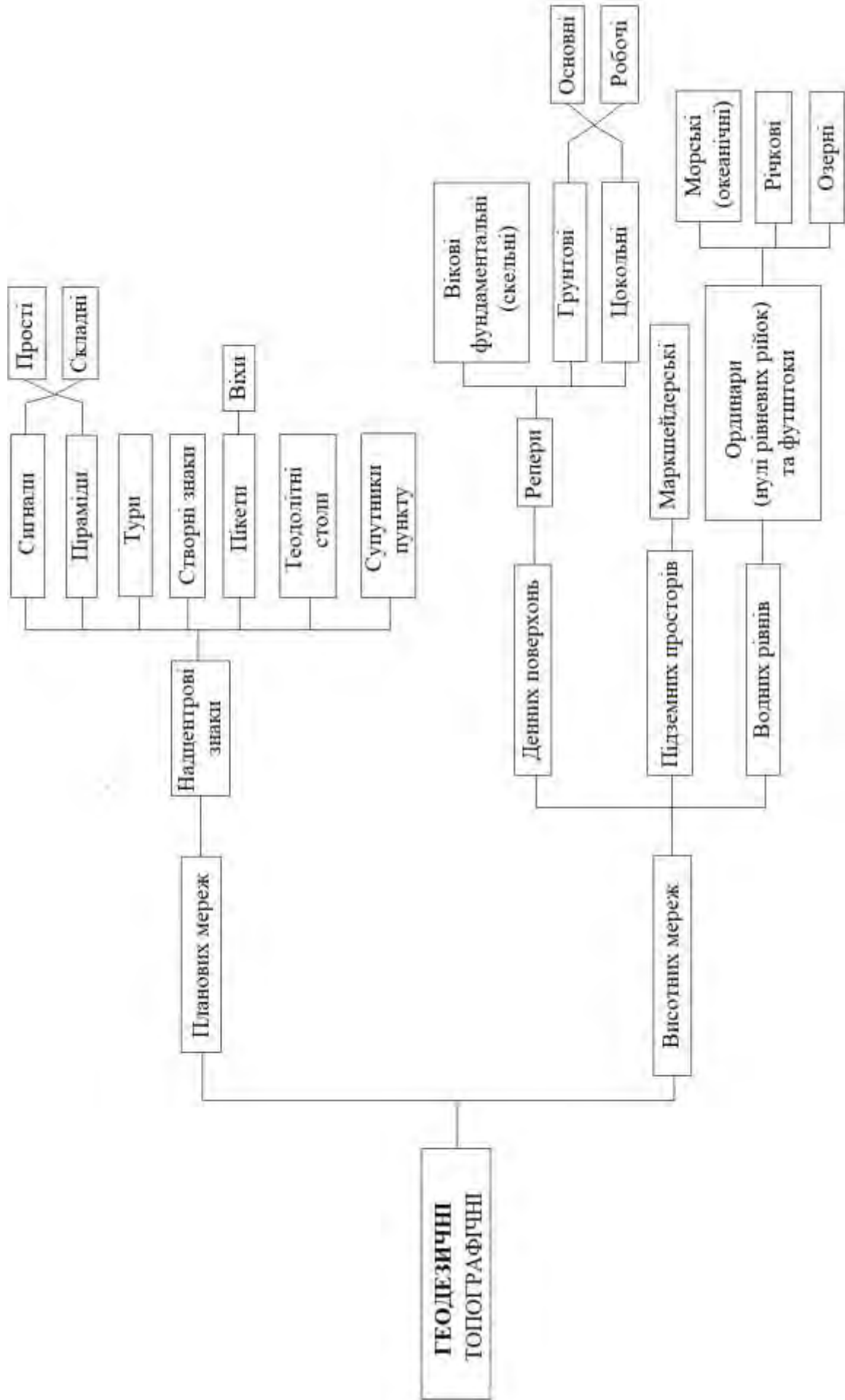
Поетапне впровадження віртуальних ЗНО на основній водній артерії України дозволить поступово зменшити експлуатаційні витрати на щорічне утримання реальних ЗНО (виставлення і зняття сезонних буїв, обслуговування буїв-сигар тощо), а також створить технічні умови для інтеграції річкових судноплавних шляхів України в Європейську мережу внутрішніх водних шляхів міжнародного значення.

Загальна схема класифікації ландмарків представлена на рис. 1.1.

Історія вихідних геодезичних та координатних датумів уходить у стародавні часи. Першими вихідними реперами у Світі були піраміди у Гізі (Єгипет), мегалітичні астрономічні обсерваторії Стоунгенджу, комплекси астрономічних спостережень боснійських пірамід, астрокаменів в Арменії, диво-каменів у Росії та анфілада геолітичних пірамід в Кримських горах [1].







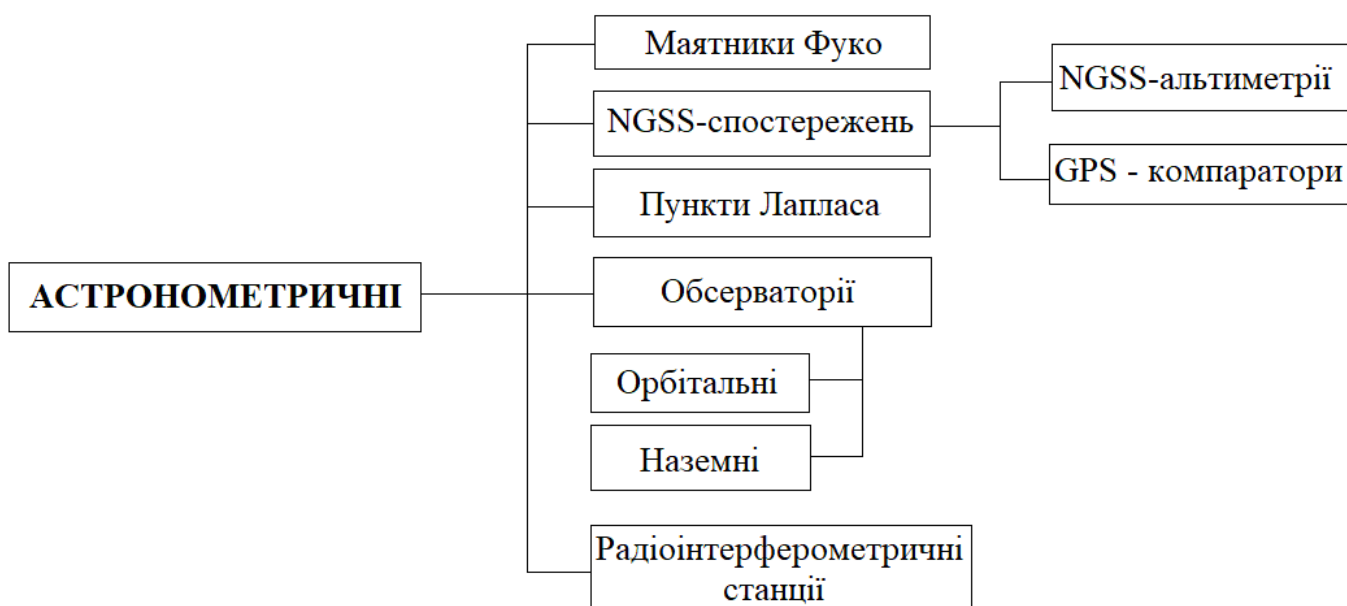
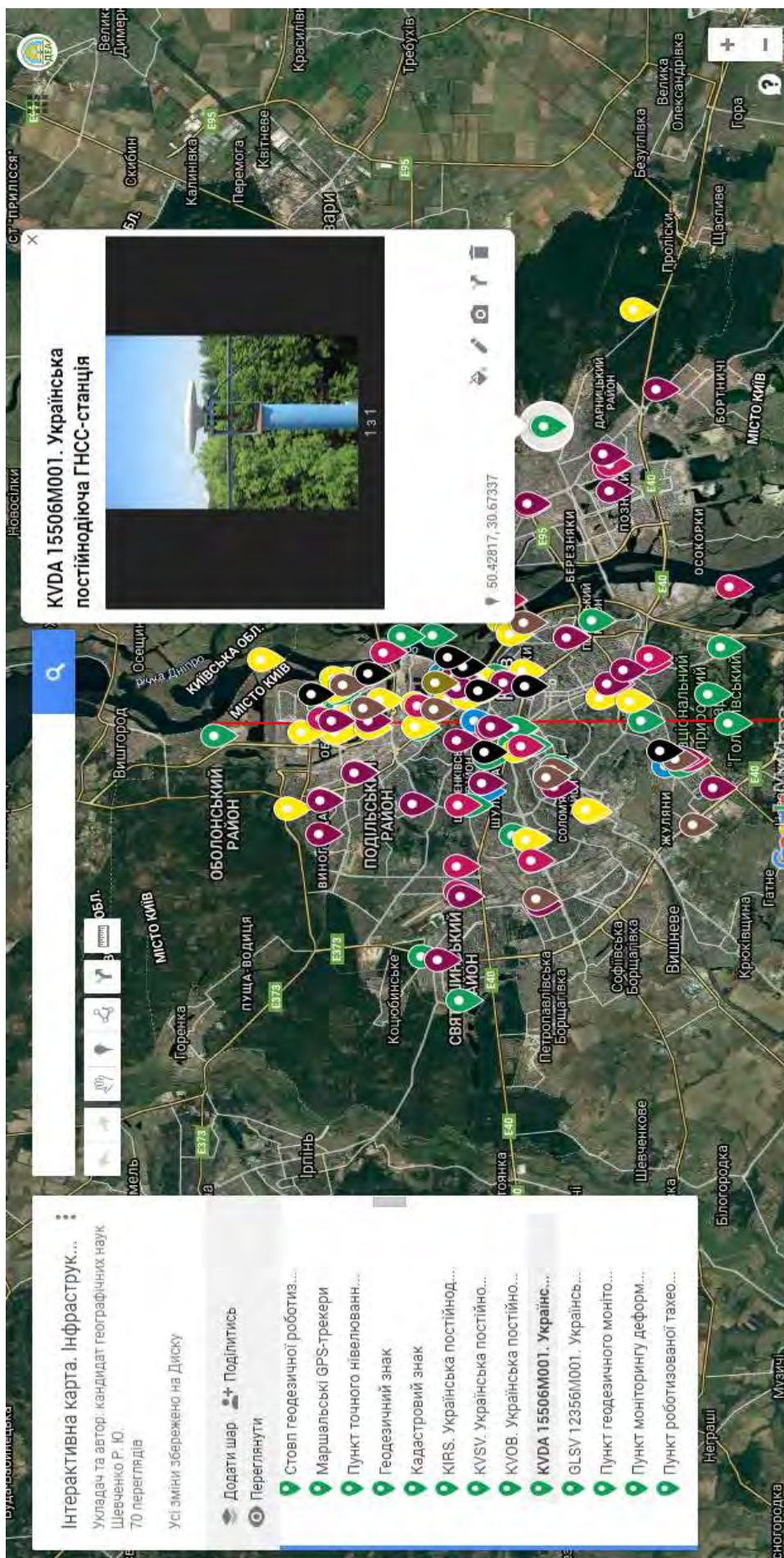


Рис. 1.1. Класифікація інфраструктури екологічних обсервацій – ландмарків





Б

**Міська геодезична мережа м. Кієва**

Про міську геодезичну мережу    Документи    Контакти    Увійти

**Інформаційні шари**

- Пункти МГМ
- Лінійно-кутова мережа
- Бланкова карта МСК-80

**Умовні позначення**

- Каркасна мережа
- Пункти полігонометрії
- Стінний репер
- Тимчасовий знак
- Номенклатура аркушів м 1:10000
- Номенклатура аркушів м 1:2000

**Пункт 0781-19506**

Трапеція: 0781  
Клас, розряд: 1 розряд  
Тип центру: 5 гр  
Клас нівелювання: IV  
Крок: Показати

80-781-3-Г    80-781-4-А    80-781-4-Б    80-782-3-А    80-782-3-Б    80-782-3-Г    80-828-1-А    80-828-1-Б    80-828-2-А    80-828-2-Б

0 0.2 80-828-1-Б

esri

В

Рис. 1.2. Ладмарки м. Києва: А – статична карта, Б, В – інтерактивні карти

У місті Києві першими метричними ладмарками були копці Києво-Печерської Лаври. Умовним відліковим знаком «початку землі руської» є камінь у дворі Національного історичного музею. Територіально ладмарки у м. Києві розміщуються відносно рівномірно в залежності від транспортно-логістичної й природно-антропогенної ситуації (рис. 1.2). У заплаві р. Дніпро переважають гідролого-метеорологічні ладмарки: футштоки, мірні рейки, буї та бакени, маяки прибережної навігації та віхи потенційно-небезпечних мілин, місць викиду стічних зливних вод в акваторію міста, санітарно-охоронні сонари Київської ДРЕС та ГЕС. Функціональне призначення відповідних ладмарків набуває значення при видобутку та транспортуванні річного донного піску від місць його вишукування до пунктів призначення, а саме до найближчого берега до територій будівельних майданчиків.

Останнім часом підвищується роль рекреаційного природокористування в районі урочища Чорторій, де відповідними ладмарковими маркерами позначені акваторії змагань.

Геодезичні, географічні та картографічні ладмарки домінують у загальній кількості ладмарків міста. Це обумовлено політичними, соціально-економічними та урбаністичними тенденціями розвитку столиці України. Супутникові ладмарки (NGSS/GPS) вже витіснили традиційні теодолітні столики, пункти-супутники, піраміди, сигнали та тури. Вони фактично перетворилися у пам'ятки історії геодезії, топографії, астронометрії та усіх геоінжинірингових наук, що потребують збереження, консервації та охорони держави на кшталт пуктів Дуги Струве. Фото ексклюзивних ладмарків м. Києва представлені на рис. 1.3.



Астрономо-геодезичний пункт Лапласа «Гора Юрковиця»



Стінний репер нівелювання (вул. Темірязєвська, 3)



Картографічний ландмарк «Карта Ушакова» у Йорданського монастиря на Подолі.  
(вул. Кирилівська, 51/1, у тупику Мильного провулка)

Рис. 1.3. Ексклюзивні ландмарки м. Києва

## 1.2. Кореляційний аналіз обсерваційних ландмарків довкілля-простору

Функціонально-кластерний аналіз ландмарків зводиться до визначення сировини виготовлення ландмарку та природних ресурсів, промислового та економічного розвитку навколишньої території, від чого залежать фізичні властивості, місцезрештування, функціональне та часове призначення ландмарку.

Кореляційний аналіз відповідності ландмарку ідентичному до історичного типу природокористування та точності вимірювання (геотаксону) від найдавніших

часів до сьогодні є прикладним напрямком відповідних досліджень. Функціональна відповідність ландмарка визначається графо-аналітичним способом.

Організація рекогностування місцевості при організації обсерваційного моніторингу довкілля-простору на теперішній час забезпечується товарами картографо-геодезичного виробництва, а саме: туристичними навігаторами – приладами радіогеодезичного позиціонування, які працюють в системі супутникової (космічної) навігації, геоінформаційними системами та технологіями або геопросторовими базами та банками географічних даних, завдяки яким проектуються та запроваджуються нові маршрути експедиційного вивчення території. Також проводиться візуальний польовий (полігонний) обсерваційний моніторинг в режимі реального часу.

Інструментарне забезпечення проектування, розпланування і будівництва еколого-рекреаційних зон, комплексів та інших споруд представляють теодоліти, нівеліри, тахеометри, кіпрегелі, фототеодоліти, радіоінтерферометри тощо. Сучасне проектування і моделювання маршрутів рекогностування потребує застосовувати фотограмметричні та маркшейдерські технології при прокладанні спелеологічних, рафтингових, альпіністських маршрутів екстремального туризму.

Розроблена теорія кореляції типу ландмарків із різновидами природокористування на окремо взятій території України. Приймаючи на увагу системний характер організації роботи підприємств природо- та ресурсокористування за різними видами економічної діяльності та їх відповідність до спеціалізованих типів обсерваційних ландмарків, функціонування обсерваційного екологічного моніторингу дозволяє зробити припущення про органічну кореляцію рівномірного розподілу різних типів ландмарків за територіальною організацією спеціалізованих ресурсовидобувних підприємств. Наприклад, Карпатський економічний район, що домінує запасами нафти та газу, корелює із ландмарками, що пов'язані із фотограмметричною, стереофотограмметричною, маркшейдерською та аерогеодезичною інформацією.

Таким чином елементи двох множин – різновидів спеціалізованих напрямків природокористування та множини (комплексів) відповідних ландмарків, – це взаємопов'язані компоненти однієї системи, які представляють основу кореляційної моделі територіальної організації виробництва та виду обсерваційного ландмарку за територією.

Для обґрунтування відповідності обсерваційного комплексу до типу природокористування на місцевості (математичної кореляції) задається співвідношення між цими двома множинами елементів територіальної системи спеціалізованого природокористування  $M_{(CT_i)}$  та типу обсерваційного ландмарку – кількості обсерваційних пунктів на  $i$ -ої території  $N_{(Ti)}$ .

Представимо їх як підмножину декартового множення в плоскій прямокутній системі відповідності  $M_{(CT_i)}$  та  $N_{(Ti)}$ .

Множина  $M_{(CT_i)}$  – комплекс підмножини спеціалізованих тематичних типів ресурсо- та природокористування, які розподілені за територіальною (топографічною та географічною) приналежністю, а конкретно:

$$M_{(CT_i)} \subseteq \{(CT_1), (CT_2), \dots, (CT_{10})\}, \quad (1.1)$$

де: (CT<sub>1</sub>) – промислово-урбаністичне природокористування;  
 (CT<sub>2</sub>) – міське сельбищне природокористування;  
 (CT<sub>3</sub>) – транспортно-промислове природокористування;  
 (CT<sub>4</sub>) – гірничо-промислове природокористування;  
 (CT<sub>5</sub>) – сільськогосподарське природокористування;  
 (CT<sub>6</sub>) – іригаційно-землеробське природокористування;  
 (CT<sub>7</sub>) – пасовисько-тваринницьке природокористування;  
 (CT<sub>8</sub>) – лісогосподарське природокористування;  
 (CT<sub>9</sub>) – водне та ґрунтово-водноохоронне природокористування;  
 (CT<sub>10</sub>) – рекреаційне та санітарно-гігієнічне природокористування.

$N_{(Ti)}$  – це об'єднання підмножини елементів відповідної сукупності спеціальних комплексів ландмарків, орієнтованих на моніторинг відповідних систем природокористування.

Підмножина типів системи сучасного природокористування в Україні інструментарно та технологічно зорієнтовані на наступні ландмаркові обсервації при проведенні екологічного моніторингу. Це можна представити наступним виразом:

$$N_{(Ti)} \subseteq \{(T-1), (T-2), \dots, (T-6)\}, \quad (1.2)$$

де: (T<sub>1</sub>) – астрономічні та астронометричні ландмарки: пункти Лапласа астрономо-геодезичної мережі України, яка поєднана із триангуляцією, полігонометрією, латерангуляцією та трилатерацією. Локалізація маятників Фуко, що визначають особливості обертання Землі, прецесійно-нутаційні аномалії. Пункти космічної триангуляції – GPS-мереж;

(T<sub>2</sub>) – геодезичні мережі та їх обсерваційні центри: геодезичні піраміди, геодезичні сигнали, геодезичні тури, марки, пікети, мережа висотних позначень: вікових (фундаментальних), тимчасових реперів, ординарів та футштоків рівнів водних поверхонь, центри та знаки космічної альтиметрії та аерокосмічного нівелювання місцевості;

(T<sub>3</sub>) – географічні ландмарки, які поділяються на картографічні, навігаційні, орієнтирні та історичні, що дозволятимуть визначати особливості територіальної організації різних сфер технічної забезпеченості та інженерно-географічної вивченості території, що допомагатимуть в процесі реалізації полігонних рекогносциувальних обсервацій;

(T<sub>4</sub>) – геофізичні ландмарки, які забезпечують проведення моніторингу горизонтальних та вертикальних рухів земної поверхні, визначення запасів корисних копалин та розробка проєкту організації екологічнобезпечних виробництв на промислових територіях, запровадження перманентного моніторингу всіх геосфер на територіях відповідних виробництв. Організація наземних та підземних маркшейдерських експедицій: дослідження штолень шахт, шахтових полів, печер,

карстових порожнин. Проектування соляних рекреалогічних та бальнеологічних шахт;

(Т<sub>5</sub>) – картографічні ландмарки застосовуються при визначенні зон біогенного впливу на підземні води, засолення та гірбіцизації ґрунтів, трансформація шарів педосфери під впливом зміни фізико-географічних та кліматичних зон, організації метеорологічного моніторингу за даними автоматизованих синоптичних лабораторій;

(Т<sub>6</sub>) – історичні ландмарки надають інформацію про історію системи природокористування, зміни та трансформацію кліматичних й погодних умов, їх вплив на ґрунти та іншу денну поверхню Землю.

У загальному вигляді розроблена графічна схема відповідності типу природокористування та комплексу обсерваційних ландмарків (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Кореляційна схема (графічна модель) зв'язку типу природокористування та виду ландмарку спостереження

Таким чином, отримуємо типову матрицю інцидентності типів ресурсного природокористування та забезпечення їх моніторинговим інструментарієм на відповідних обсерваційних ландмарків.

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>
СТ <sub>1</sub>	1	1	0	0	0	0
СТ <sub>2</sub>	1	1	0	1	1	0
СТ <sub>3</sub>	1	0	1	0	0	0
СТ <sub>4</sub>	1	1	0	0	1	1
СТ <sub>5</sub>	1	1	1	1	1	1
СТ <sub>6</sub>	0	1	0	1	1	0
СТ <sub>7</sub>	1	1	0	1	1	1
СТ <sub>8</sub>	0	1	0	0	0	1
СТ <sub>9</sub>	0	1	0	1	1	1
СТ <sub>10</sub>	1	0	1	1	0	1

(1.3)

На прикладі міста Києва (рис. 1.5): це СТ<sub>1</sub>, СТ<sub>9</sub>, СТ<sub>10</sub>, СТ<sub>2</sub>. У відповідності до типу природокористування визначені типи ландмаркових обсервацій. Це відповідно T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>.

Кожний ландмарк відповідає за одне до декількох відповідних типів природокористування. Таким чином, кореляція та необхідність забезпечення розробки та реалізації моніторингу раціонального природокористування обсерваційними ландмарками є необхідною умовою отримання якісних даних про довкілля-простір.

Аналіз матриці та кореляційної схеми довів, що найбільш затребуваними обсерваційними ландмарками в системі природокористування, в частині організації та реалізації активного ресурсокористування є:

- геодезичні ландмарки планових та висотних мереж, а саме топографічні центри – прості та складні (сигнали, піраміди, тури, пікети, створні знаки, теодолітні столи);
- фотограмметричні знаки (розпізнавальні маркери);
- астронометричні пункти Лапласа, NGSS-спостережень, маятники Фуко;
- футштоки, репери основні та робочі, вікові фундаментальні (скельні), ґрунтові, цокольні, NGSS-альтиметрії тощо.

Відповідний комплекс ландмарків динамічної та статичної геолокалізації розширює геоінформаційну основу проектування інфраструктури індустрії державного обсерваційного моніторингу раціонального природокористування економіки України, надає точну та актуальну інформацію про зміни в геопросторі, обґрунтовує та підвищує екологічну та природоохоронну ефективність роботи ресурсовидобувних підприємств, створюючи основу безпеки життєдіяльності населення в повсякденних умовах, а також дає неабиякі можливості онлайн-контролю ситуацій, які виникають під час надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру. Застосування відповідних технологій робить роботу підприємств інноваційною та прагматичною з точки зору застосування геоінтелектуальних систем прийняття екологічних рішень в галузі обсерваційного моніторингу, які тільки починають апробуватися в м. Києві.

КИЇВ. МНОЖИНА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ  
СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

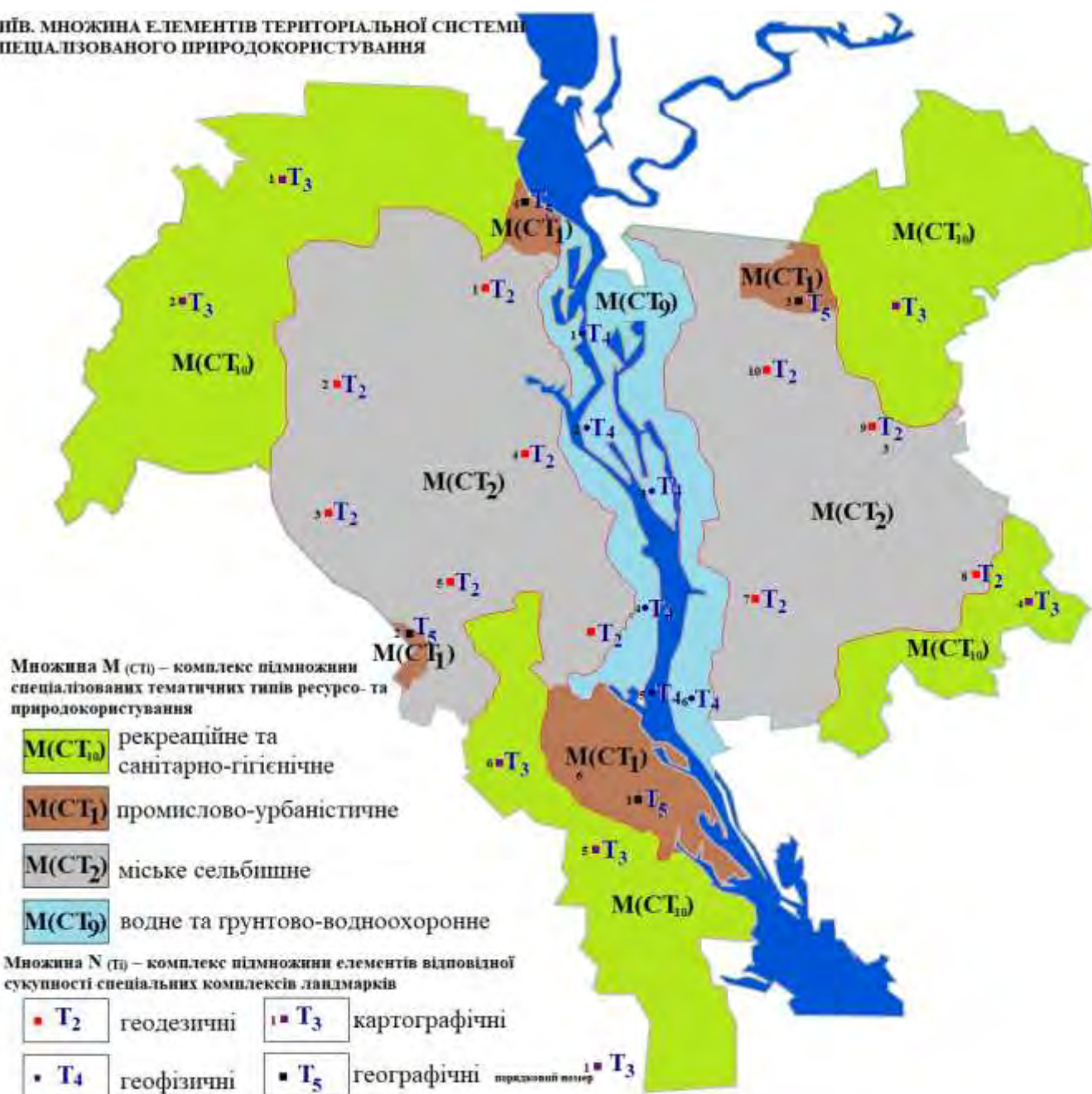


Рис. 1.5. Ідентичність типу природокористування та типу обсерваційного ландмарку на території м. Києва

### 1.3. Інновінг-інструментарій забезпечення рекогностування місцевості

Науково не визначеною задачею навіть в середовищі геоінженерних наук до яких відноситься картографія, геодезія, маркшейдерія, фотограмметрія, астрономо-геодезія є класифікація геодезичних приладів обсерваційного екологічного моніторингу взагалі, і зокрема, асортименту відповідної продукції, яку необхідно застосовувати в галузі оцінки викидів в довкілля. На рис. 1.6 представлена розроблена схема класифікації картографо-геодезичного інструментарію для реалізації обсерваційного моніторингу за ландмарками України.

Іновінг-інструментарій картографо-геодезичного виробництва, які застосовуються в обсерваційному екологічному моніторингу поділяються на аналогові або механічні та оптичні, робота з якими проходить в польових (полігонних) умовах безпосереднього знімання території, наприклад при розплануванні паркової та іншої рекреаційної зони. Цифрові (електронні) товари представляють собою прилади, які технологічно забезпечені електронними або радіоелектронними засобами вимірювання. Функціональність відповідних приладів кутомірна та висотомірна. Кутомірні прилади застосовуються при розплануванні парків та скверів природно-заповідного фонду, а висотомірні для будівництва ландшафтних парків.

Кутомірні прилади, це насамперед теодоліти фірми Leika. Першим, хто застосував теодоліт в галузі екологічного моніторингу був англієць Джон Сіссон, який вимірював кутові напрямки викидів забруднюючих речовин від димарів крупних підприємств м. Лондона. Висотомірні прилади представлені нівелірами (у перекладі означає «рівневий») та тахеометрами (у перекладі – «швидкий») фірм Usrex, Bosh, Leika. У цілях астрономічного спостережного моніторингу за сміттям в навколосемному (Ближньому) космічному просторі використовуються астрономо-геодезичні універсали, секстанти, маркшейдерські та гравіметричні стовпи [5].

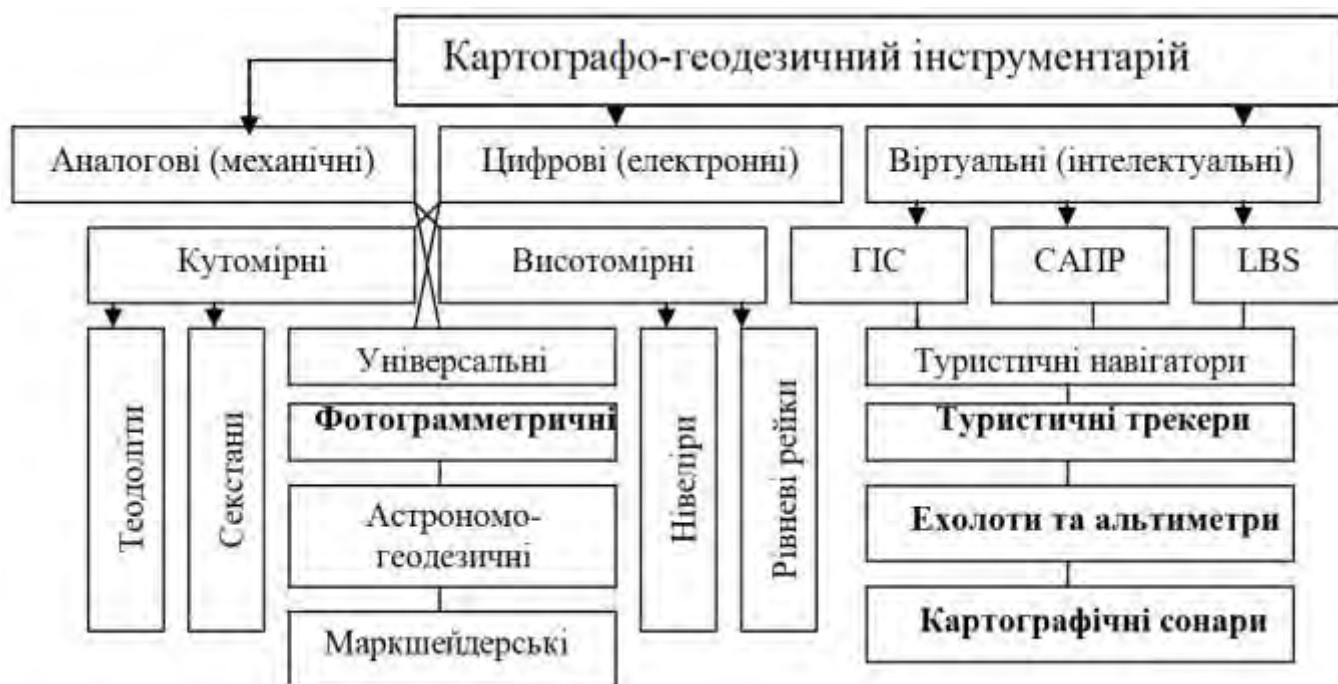


Рис. 1.6. Інструментарій обсерваційного моніторингу довкілля-простору

Віртуальний або інтелектуальний інструментарій представляють собою комерційні програмні продукти: ГІС – географічні інформаційні системи та технології (MapInfo, ArcGIS, Microstation, Panorama, AutodeskMapGuide), САПР – системи автоматизованого проектування або геоінтелектуальні системи прийняття екологічних рішень (MapCAD, GPSSurvey, GPSS standart), LBS-технології мобільного (стільникового) оповіщення про місцеперебування туриста.

*Навігатори*, які необхідно використовувати в обсерваційному рекогноситуванні

представлені фірмами-виробниками: «Аероскан», «Навіоніка», «Навлюкс», Garmin, MapsWithMe.

*Обсерваційні треки* забезпечують експедиційну партію даними про географічні координати положення групи, її швидкість переміщення, висотою над рівнем моря (спелеологічні та альпіністські обсервації) тощо і представлені наступними виробниками продукції: TomTom, Mio, iGo.

*Ехолоти* (вимірювання глибин) знайшли застосування в екогідрологічних обсерваціях, а *альтиметри* (вимірювання висоти літака) застосовуються у *авіавізуальному моніторингу довкілля-простору* та *рекогносциувальному повітроплаванні* і виготовляються фірмами Navteq, «Автосупутник», Garmin.

*Картографічні сонари* мають вузькоспеціалізоване використання в галузі екологічного моніторингу, а саме, в урбопромисловій обсервації.

*Центральною науковою задачею дослідження* є огляд картографічних моделей територіального (міського) розподілу кон'юнктури та попиту на товари картографо-геодезичного виробництва для потреб обсерваційного екологічного моніторингу м. Києва. Для цього необхідно вивчити еколого-географічне та природно-техногенне районування природно-територіальних систем м. Києва. Найбільш повно воно відображено в «Екологічному атласі Києва», а територіальна організація державних картографо-геодезичних підприємств викладена на сайті Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру.

Практичне використання обсерваційних методів та їх інструментаріїв знайшло впровадження при організації еколого-просвітницького туризму в межах природно-заповідного фонду м. Києва. Для укладання відповідної картографічної моделі зазначаються наступні тематичні шари: туристичні і рекреаційні кластери м. Києва за спеціалізацією відповідно до матриці інцидентності, центри виробництва картографо-геодезичних товарів і картографічно позначені ринки збуту відповідної продукції.

Відповідний процес картографічного іцидентно-симплексного моделювання перетворює геодані та їх полісистеми в просторово-територіальні моделі з метою отримання систематизованих та нових взаємозв'язків в системі «моніторинг-територія-ландмарк». В даному випадку складовими системи виступають товари картографо-геодезичного виробництва та територіальна організація екологічного туризму за національними парками та заповідниками.

Алгоритм іцидентно-симплексного картографічного моделювання побудований таким чином, щоб максимально визначити об'єктивні матеріальні явища або абстрактні та штучні конструкти (товари картографо-геодезичного виробництва), що підлягають вивченню у територіальній складовій міста.

Існуючий в екологічній картографії досвід говорить про те, що на відповідних картографічних моделях є змога відобразити різні просторові властивості і відношення, які відносяться до специфічних кореляційних складових, як товари та екологічні послуги з рекреації. Така картографічна модель відтворює геопросторову сутність складових, а саме – геоструктурну визначеність обсерваційних систем в екологічному туризмі м. Києва (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Еколого-туристична карта м. Києва

Картографічні моделі, що складені на територію України наочно демонструють, що географічно територія України поділена на десять еколого-туристичних регіонів:

- центром ділового та подієвого екологічного фестивального туризму є м. Київ (численні екотовставки, бізнесеконференції, екоярмарки тощо);
- ареали урбо-промислового туризму поширені в Луганській, Донецькій, Харківській, Дніпровській та Запорізьких областях – індустріальних регіонах держави, а також м. Київ;
- екологічний зелений туризм має потужні центри в Київській, Черкаській, Полтавській, Житомирській, Рівненській та Волинській областях;
- релігійно-паломницький туризм в екосистемах отримав розповсюдження в м. Києві та Тернопільській областях;
- круїзний (морський та річковий) туризм має центри у Києві, Одеській та Херсонській областях;
- рафтинг та каякінг має центри підготовки в Чернівецькій області;
- альпіністсько-спелеологічний туризм географічно представлений у Львівській, Івано-Франківській областях, та нещодавно і у м. Києві – спелеологічні дослідження Печерських, Варязьких, Китаївських, Звіринських, Кирилівських та Церківщинних печер;

- компанії космічного та авіаційного туризму мають представництва у Києві та Миколаївській області;
- парашутний туризм та повітроплавання поширений в Сумській, Чернігівській та Хмельницькій областях;
- масові центри рекреації та релаксації знаходяться у Києві, Вінницькій та Закарпатській областях.

Відповідно до територіальної спеціалізації еколого-туристичних подорожей розташовуються відповідні підприємства картографо-геодезичного виробництва наступним чном. На території ділового та подієвого туризму розміщена найбільша кількість підприємств (м. Київ) – ДНВП «Картографія», Укрінжгеодезія, Аерогеодезичне підприємство, Географіка, Укргеоінформ. Підприємства міст Харкова, Маріуполя, Бахмута, Донецька та Запоріжжя забезпечують товарами заходи урбо-промислового туризму. Картографічна продукція для екологічного зеленого туризму виготовляється у м. Рівне, Житомир, Київ та Полтава. Плани монастирів та релігійного паломництва активно реалізуються у м. Києві та Тернопільській області. Гідрографічне забезпечення круїзних маршрутів готується у м. Херсон. Плани рафтингових маршрутів виготовляються на підприємстві «Чернівцікартографія»; спеціальні навігаційні карти навігаторів розповсюджуються в м. Івано-Франківську та Львові. Парашутний туризм та повітроплавання розповсюджені у м. Кам'янець-Подільський та м. Суми. На Сіверщині знаходиться відомий на всю країну картгеоцентр цифрових повітроплавальних планів на територію України. Карти санаторіїв та профілакторіїв виготовляються на Вінницькій картографічній фабриці та у науково-дослідному і виробничому картцентрі у м. Мукачевому.

В трьох містах щороку проходять міжнародні туристичні екоярмарки «Мисливство та рибальство» (м. Київ), «Міжнародний туризм та реклама» (м. Горішні Плавні), «Туризм» (м. Одеса), де на продаж виставлені спеціалізоване навігаційне, геодезичне та картографічне тематичне обладнання і забезпечення для сфери екотуризму із вище перелічених центрів картографо-геодезичного виробництва України.

Послуги в організації туристичних та еколого-екскурсійних подорожей неможливі без широкого картографічного, навігаційного, а іноді й інженерно-геодезичного забезпечення. Це підтверджується тим, що геопросторове розміщення є визначальним фактором формування атракцій та дестинацій конкретної території.

Місцерозташування унікальних природних та техногенних об'єктів обов'язково документується, в т.ч. картографічно. Формування нових дестинацій неможливе без географо-картографічного обґрунтування та координування, яке визначається в процесі реалізації обсерваційного екологічного моніторингу. Таким чином підтверджується кореляція між ареалами спеціалізованого екологічного туризму з застосованими обсерваційними ландмарками та супроводжуючим інструментарієм – асортиментом відповідної картографо-геодезичної продукції.

Місцерозташування та кон'юнктура відповідного ринку картографо-геодезичної продукції для сфери індустрії екологічного туризму має територіальну прив'язку, яка визначена прийомами картографічного моделювання в програмному середовищі MapInfo.

На сьогодні в даній галузі наукових досліджень створення геоінтелектуальної

системи прийняття екологічних рішень вирішена проблема застосування інструментарію картографо-геодезичного виробництва при трансформації територіальної організації та управління екологічним моніторингом в середовищі інфраструктури обсервацій.

#### 1.4. Сучасні геоматичні технології реалізації обсерваційного моніторингу

Система супутникового моніторингу і навігації – це система моніторингу обсерваційних ландмарків, яка побудована на основі систем супутникової навігації, обладнання та технологій стільникового і/або радіозв'язку, обчислювальної техніки і цифрових екологічних, природоохоронних та ресурсо- користувальницьких карт.

Супутниковий моніторинг використовується для вирішення задач динамічного екологічного моніторингу в системах управління екологічним моніторингом антропогенного впливу.

Розвиток систем GPS-моніторингу в екологічному моніторингу можна розділити на наступні етапи. Перше покоління – offline-системи, які використовують принцип чорної скрині, який фіксує події, прив'язуючи кожен з них до географічних координат і реального часу. Після прибуття експедиційної групи із полігону вся інформація з такої чорної скрині проходить камеральну картографо-геодезичну обробку. Перевагами такого підходу є велика кількість різномірної інформації, яка збирається пристроєм та відсутність абонентської плати за передачу даних. При цьому передача здійснюється або через фізичне підключення пристрою до комп'ютера диспетчера, або через локальні бездротові мережі. Недоліком тут є те, що інформація стає доступною для обробки і аналізу тільки після прибуття об'єкта на базу.

Друге покоління систем GPS-моніторингу використовує в екомоніторингу для обміну інформацією не фізичні з'єднання та носії, а CSD-з'єднання (Circuit Switched Data) або GSM Data – стандартна технологія передачі даних з комутацією каналів у мережі GSM. Максимальна швидкість доступу складає 9,6 Кбіт/сек).

Третє покоління систем GPS-моніторингу для обміну інформацією використовується GPRS-з'єднання (General Packet Radio Service) – технологія швидкісної пакетної передачі даних у мережах GSM. Швидкість доступу складає 20-40 Кбіт/сек. На сьогоднішній час впроваджуються технології надшвидкісної передачі геоданих 4G та 5G. Важливим призначенням всіх вище перелічених технологій є збір картографічних даних та створення електронних моніторингових екологічних карт.

Процес збору картографічних даних для спеціалізованої ГІС обсерваційного моніторингу починається з аналізу забезпечення району робіт топографо-геодезичними, планово-картографічними матеріалами, а саме перевіряється наявність [26]:

- вихідних пунктів державної геодезичної мережі (далі – ДГМ);
- екологічних, природоохоронних, ресурсокористувальницьких та природокористувальницьких карт та планів різних масштабів на дану територію.

Після чого наявні матеріали геодезичних, екологічних, полігонних, топографічних робіт, що виконувались на даній території, аналізуються на предмет:

- місця розташування вихідних пунктів ДГМ;

- наявності базової екологічної карти масштабу 1 : 10 000;
- забезпечення екологічними картами (планами), що містять відомості про якісні та кількісні значення та властивості навколишнього природного середовища;
- встановлення меж природоохоронних територій та небезпечних екологічних зон.

В результаті аналізу вищенаведених матеріалів визначаються два основні способи створення цифрового картографічного матеріалу:

- оновлення існуючих паперових карт та актуалізація застарілих векторних карт;
- створення нових карт «з нуля», що пов'язано із зміною стану простору-довкілля внаслідок глобальних кліматичних змін.

Наразі в Україні одержання архівного картографічного матеріалу здійснюється за наступною технологією і проводиться шляхом їх сканування з подальшими маніпуляціями над отриманим растрово-картографічним зображенням: геоприв'язка, видалення зниклих геооб'єктів, нанесення нових елементів змісту [ ].

Якщо вимоги при скануванні мінімальні і це задовольняє умови, коли відсканована карта слугує для потреб візуального аналізу або, як растровий фон, поверх якого наносяться тематичні об'єкти, то досить тієї якості, при якій людське око розрізняє необхідні деталі. Вважається, що людське око не може бачити більш ніж 300 точок на дюйм (dpi). Тому для сканування архівних екологічних карт масштабів від 1 : 100 000 і дрібніше застосовується саме така величина роздільної здатності.

Якщо ж сканування екологічної карти та плану проводиться з метою її подальшої векторизації, то розрахунок роздільної здатності виконується за формулою:

$$\delta = 2/n, \quad (1.3)$$

де:  $\delta$  – роздільна здатність, з якою слід сканувати;  
 $n$  – мінімальна товщина лінії на карті.

Це означає, що найтонша лінія, накреслена на карті, повинна складатися як мінімум з 2 пікселів. В такому разі для екологічних карт, мінімальна товщина ліній для яких за нормативами складає 0,1 міліметра, мінімально достатня роздільна здатність повинна становити 20 пікселів на міліметр, або 508 dpi. А для природоохоронних карт масштабу 1 : 200 000, обернена величина дорівнюватиме 10 метрів на піксель. Тому для створення векторних карт крупнішого масштабу в результаті сканування вихідне зображення повинне мати роздільну здатність не менше ніж 508 dpi.

Після завершення сканування отримуємо зображення, яке необхідно записати у растрові файли одного з форматів \*.tiff, \*.bmp, \*.jpg тощо, та здійснити їх прив'язку до заданої системи координат.

Актуалізація існуючих векторних екологічних карт здійснюється шляхом внесення змін в їх геометрію або атрибути об'єктів на основі даних, отриманих після останніх наземних або дистанційних обстежень заданої ділянки території.

Збір вхідних даних для побудови баз картографічних даних екологічної ГІС, а отже, для створення цифрових карт заданого масштабного ряду, здійснюється за допомогою проведення топографічних знімачь. Види топографічного знімання класифіковано на дистанційні та наземні, а вибір методу визначається, в першу чергу, технічними можливостями та економічною доцільністю.

Аналіз результатів екологічного картографування показав, що найбільш інформативними, достовірними та перспективними вихідними матеріалами для створення електронних векторних екологічних карт є такі дані дистанційного топографічного знімання, як космічна та аерофотозйомка.

В даний час для дистанційних топографічних зйомок місцевості все частіше використовуються багатоспектральні оптико-механічні системи – сканери. За допомогою сканерів формуються зображення хмар точок, що складаються з безлічі окремих, послідовно одержуваних елементів. Термін «сканування» позначає розгортку зображення за допомогою скануючого елемента, який поелементно переглядає місцевість поперек руху носія і посиляє променистий потік в об'єктів і далі на точковий датчик, що перетворює світловий сигнал в електричний. Цей електричний сигнал надходить на приймальні станції по каналах зв'язку. Зображення місцевості отримують безперервно на стрічці зі послідовних смуг – сканів, складених окремими елементами – пікселями.

Сканерні зображення можна отримати у всіх спектральних діапазонах, але особливо ефективними є видимий та ІЧ-діапазони. При зйомці земної поверхні за допомогою скануючих систем формується зображення, кожному елементу якого відповідає яскравість випромінювання ділянки, яка знаходиться у межах миттєвого поля зору. Ефективність застосування дистанційного фотознімання пов'язана з високим ступенем просторової та спектральної розрізненості.

Завдяки великому обсягу одержуваної інформації і відносній простоті застосування, дистанційні фотографічні методи зайняли провідне місце у створенні картографічної екологічної інформації. Так, на відміну від тахеометричного, мензульного та наземного фототопографічного знімачь, аерофототопографічне знімання значно скорочує витрати часу і коштів на складання та оновлення екологічних карт. Це відбувається за рахунок того, що фотознімання дає змогу отримати одномоментні зображення значної за розміром ділянки місцевості у вигляді дрібномасштабних аерофотознімків (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Ортофотоплан м. Києва (зйомка червня 2020 р.)

Під час наземного (традиційного) знімання на це потрібно значно більше часу, тому що зображення місцевості створюється поступово, від точки до точки. Крім того, більшість робіт для створення екологічної карти виконується за допомогою технічних засобів у камеральних умовах. Для перетворення знімка в карту чи план, окрім фотографування місцевості, потрібно провести у повному обсязі польові топографо-геодезичні й камеральні фотограмметричні роботи. Останні пов'язані з дешифруванням фотознімків та визначенням виду, форми, положення об'єктів місцевості тощо, внаслідок чого значно скорочується обсяг польових робіт.

Наповнення тематичної бази даних екологічної ГІС вимагає збору специфічної інформації про стан довкілля і побудову ряду тематичних електронних екологічних карт.

Існуючі закордонні новітні технології створення електронних екологічних карт вже доступні вітчизняним розробникам. Але складність полягає у тому, що програмні продукти окремих виробників використовують різне представлення форми Землі, а отже і різні системи координат, що зумовлює труднощі експорту даних та їх конвертування.

Історично склалося так, що в Україні та ряді країн Східної Європи при геодезичних і картографічних роботах багато років використовується еліпсоїд Ф.М. Красовського, розміри якого було обчислено в 1940 р.: велика напіввісь – 6378245 м, полярне стиснення 1 : 298,3. В той час, як в світі існує ряд інших референц-еліпсоїдів (еліпсоїд Бесея, еліпсоїд Міжнародний) та декілька сучасних загальноземних еліпсоїдів (WGS-84, MCB3 (IERS)). Склалася ситуація, коли постає гостра необхідність створення ефективних та універсальних методів перерахунку координат картографічних об'єктів між згаданими системами у національні вихідні геодезичні дати УСК-2000, які вже доступні вітчизняному розробнику.

### **1.5. Інструментарій геотегінгу при реалізації обсерваційного екологічного моніторингу великого міста**

Екологічний моніторинг великого міста – це найбільш бурхлива і затребувана суспільством галузь в системі державного управління, що жваво розвивається. За даними Всесвітньої екологічної організації, Україна посідає одне із провідних місць у галузі екологічного контролю державними органами влади.

Так, в 2019 р. Україна прийняла близько 2 тис. міжнародних моніторингових екологічних місій ООН, ОБСЄ та ЄС (20-те місце в світі). Високий рівень забруднення навколишнього середовища і природна різноманітність ставлять Україну на помітне місце в світі серед країн з потенційним ростом екологічного, просвітницького та еколого-промислового туризму. В країні знаходяться 7 об'єктів Всесвітньої спадщини природи ЮНЕСКО. Різні регіони та біогеоценози в Україні мають великі різноманітні ареали флори та фауни.

Основні еколого-туристичні маршрути в Україні представляють собою відвідування унікальних пам'яток природи столиці України, санаторно-курортних закладів Львівської, Закарпатської, Одеської та Херсонської областей,

гірськолижних курортів Українських Карпат, мандрювання «Золотою підковою природного надбання Черкащини» та «За геологічними пам'ятниками природи Львівщини», круїзи Дніпром та відвідування Національного природного парку «Асканія Нова» на Херсонщині, поїздки тунелями Карпатських гір, відвідування Шацьких озер та Синевиру, мандрювання до грязьових вулканів Олешківщини.

Здійснення такого розгалуженого туризму вимагає перманентного обсерваційного моніторингу з оцінки впливу на довкілля відповідними екостежками за допомогою сучасних систем космічної навігації за методикою геотегінгу та геокешінгу.

Сьогодні в Україні реалізація еколого-обсерваційного моніторингу в галузі запровадження широкомасштабних програм еколого-туристичних експедицій проходить період оновлення, згідно з затвердженою урядом цільовою програмою розвитку охорони природної спадщини в Україні 2018-2028 рр. У найбільш мальовничих і привабливих фізико-географічних зонах України будуть створені сприятливі умови для організації оперативного дистанційного моніторингу стану довкілля-простору, одним з яких є екологічний супутниковий геокешінг, як інновінгова технологія обсерваційного моніторингу.

Питання екологічного супутникового геокешінгу розглядаються у працях професорів Є. Скуритиної, Л.Є. Марченка, а також популярні статті в Вікіпедії та посилення в соціальних мережах. Однак комплексної методично і науково обґрунтованої праці з питань екогеокешінгу не існує. Тому актуальною в контексті формулювання методології обсерваційного моніторингу довкілля-простору є робота по узагальненню і висвітленню відповідної новітньої картографо-геодезичної технології на терені України.

Необхідним є визначення еколого-природоохоронного значення екогеотегінгу в обсерваційному моніторингу в контексті залучення громадських екологічних організацій заради активного пізнання оточуючого світу та промоції природи України, як нової перцепційної програми розвитку держави. Нагальним питанням є представлення варіантів шляхових еколого-рекогносциувальних листів у екогеокешінгу, що складається із системи геоінформаційного довідкового забезпечення щодо фізико- та еколого-географічної характеристики району дослідження. Вони ґрунтуються на визначенні геодезичних координат за допомогою GPS-навігатора, що є технічним оснащенням обсерваційного рекогносциування. З'ясування технічних передумов виникнення екогеокешінгу в світі та Україні подано у роботі.

Історія екологічного геотегінгу в моніторингу як сучасної методики почалася 2000 р. До цього супутники GPS (вся система супутників належить США) передавали координати з помилкою. Система GPS, як раніше і Інтернет, спочатку розглядалася як технологія для військових потреб. 1 травня 2000 р. Президент США У. Д. Клінтон зробив заяву про скасування режиму «selective availability» (режим штучного загублення точності визначення координат). Уряд США визнав GPS як інновінгову технологію, яка необхідна всьому світові, що застосовується у різних областях, від міської «швидкої допомоги» до екологічного моніторингу, розвідки корисних копалин, вивчення джерел забруднення та онлайн-спостереження за

довкіллям-простором. З відміною обмежень користувачі GPS-приймачів отримали можливість визначати координати в 10 разів точніше, ніж раніше.

З появою GPS-пристроїв виникли різні сервіси, що використовуються в системі сучасного екологічного моніторингу. Передусім сервіси пов'язані з еколого-рекогносцивальними полігонними експедиціями, коли навігатор допомагає слідувати від реперу до пікету. Дослідники природи в лісах, в горах і на воді використовують GPS-приймачі для того, щоб позначати окремі точки і складати ці точки в маршрути, це так звані POI-пікети (точки особливого інтересу).

2 травня 2000 р. Дейв Алмер (Dave Ulmer) з Портленда (штат Орегон) в одній з мережевих конференцій запропонував світові моніторинговий екологічний квест «Stash» (хованка природи), сутність якого полягає у тому, що один дослідник створює еколого-інформаційний аншлаг, публікує його координати в Інтернеті, а інші по цим координатам пробують знайти геоінформацію про унікальні та ексклюзивні об'єкти природи. Дейв Алмер створив по світу цілу систему супутникових координованих еколандшафтів, які дали поштовхи розвитку розвідувального екологічного туризму.

Організатор створив цілий тематичний моніторинговий сайт. Потім була заснована моніторингова екокомпанія «Grounded Inc», яка докладає зусилля, щоб зробити геотегінг в екології широко застосованим науково-технічним проектом. Паралельно розвиваються інші сервери, присвячені геотегінгу, такі, як «Navicache» і кілька сайтів в різних країнах світу. Затверджена міжнародна емблема екологічного геотегінгу, що символізує центр (фактично ландмарк, обґрунтування якого подано вище).

Із залученням GPS-пристроїв виникли різні сервіси екологічного моніторингу, що використовують їх можливості.

*Екологічний обсерваційний геотегінг в моніторингу довкілля-простору* – це сучасна технологія пізнання навколишнього природного середовища, спрямована на вивчення стану еколого-географічної спадщини, є ексклюзивним видом активного екологічного та еколого-пізнавального моніторингу при підготовці фахівців інтерпретаторів природної спадщини довкілля.

Завдання цього специфічного виду моніторингу допомагає вирішувати прилад – супутниковий GPS-навігатор, який приймає радіосигнали від штучних супутників Землі. Відповідно до цих сигналів користувачеві надаються координати точки, в якій він знаходиться, швидкість руху, відстань до заданого об'єкта, висота над рівнем моря, шляховий кут, траєкторія руху (азимут), пройдена відстань, астрономічні дані та багато іншого. Просування геотегінгу, як одного з основних напрямків обсерваційного моніторингу, дозволяє реалізовувати задання більш рентабельно та оперативно.

*Геокешінг* («geocaching» з грец. «geo» – Земля, англ. «nat.cache» – природний тайник або пам'ятник) – пов'язаний з пошуком унікальних природних ексклюзивів або розгадування природних аномалій, пов'язаних із географічними координатами.

Еколого-обсерваційний геокешінг запроваджується в регулярних рекогносцивальних експедиціях і може використовуватися для навчання сучасним картографо-геодезичним технологіям не тільки для екологічного моніторингу, які методично формують картографічні вміння та геопросторову компетенцію за

допомогою прийомів ДЗЗ та ГІС, а й з географії, рекреалогії, організації туристичних і еколого-екскурсійних подорожей, екологічного країнознавства та киевознавства.

Організатори реалізації екологічного вивчення закодують урочища у ГІС-інструментарії та вказують їх географічні координати в Інтернеті. Це використовується в науково-педагогічній діяльності. Викладач за цією навчальною моделлю при викладанні курсу «ГІС в екології» виконує роль «штурмана» еколого-рекогносциувальних маршрутів.

В процесі не тільки відзначаються точки на карті, а й збираються матеріали для перевірки точного місцезнаходження та прокладається для студентів-екологів шлях від однієї точки (реперу) до іншої (пікету або марки). Дослідники або студенти отримують перелік точок, які вони повинні відвідати. Завдання – знайти реперні точки, що стосуються еколого-географічної та еколого-туристичної особливості топографії місцевості. У кожній реперній точці (обсервації) студенти виконують навчальні завдання і роблять помітки на своїй дорожній карті (пікетажному екологічному журналі).

Влітку і восени 2019 р. навчальні заходи із організації обсерваційного екологічного моніторингу за технологією екогеотегінгу пройшли в кількох містах України: Києві, Харкові та Черкасах. У всіх містах екологічні технології GPS викликали значний науковий інтерес. При організації апробації інновіт-технології, основне навантаження і конструктивна діяльність була покладена на відзначення точки (реперу) на місцевості.

Наукові завдання *освітнього екогеокешінгу*, поділяються на такі типи: на уважність і пошукову активність навколо зазначеної топографічної, гідрографічної чи орографічної точки. Відповіді на ці питання потребують уваги і спостережливості. Найчастіше студенти, учасники екогеокешінгу не звертають уваги на топографічні об'єкти, які їх оточують. Так, завдання «знайдіть природно-техногенні об'єкти еколого-географічної обсервації біосфери, що мають ознаки орієнтирів», спонукає підняти голову і побачити гілки хвойних дерев, їхню орієнтацію за сторонами світу.

*Екологічний геотегінг* – це технологія не лише наукова, а й навчально-педагогічна із раціональної організації проведення екологічного обсерваційного моніторингу. Наприклад, якщо до наукового завдання прикладається архівний фототеодолітний знімок чи карта, то пошук відповіді на питання «що на цій фотографії чи карті не відповідає сучасній топографічній дійсності» вимагає від дослідників знайти об'єкти, які з'явилися або зникли в даному місці.

Знання еколого-географічних фактів про досліджувану місцевість (геокомунікативна активність) є запорукою успішної реалізації рекогносциування. Пошук відповіді на завдання «Палеоекологіна спадщина» передбачає знання з історії та географії цих місць, наприклад, «чому місце у Києві називається Вовками» (урочище на Південному Заході Біличів у Києві), «чому урочище між Нивками та Академмістечком називається Дударів Сінокіс або Веселий Майдан».

*Технологія локальних обсерваційних вимірювань.* Передбачає використання можливостей GPS-станції або смарт-додатка гаджету. Наприклад, вимірявши площу урочища можна дізнатися його ярусність. Позначивши реперні точки за його

периметром і отримавши від GPS-станції відстані між цими точками дозволяє моніторити площі заповідання.

Екологічні мітки в обсерваційного моніторингу – це ексклюзивна методика із визначення астрономічного азимуту з першого пункту на другий при моніторингу геофізичних змін відхилення прямовисних ліній девіаційної обсервації компасного картографування довкілля-простору (практично визначаються параметри річного схилення магнітної стрілки).

На завершальному етапі обсерваційного моніторингу за технологією супутникового геотегінгу укладають панорамні фотокарти та презентації пояснення у PowerPoint, в яких розповідають про результати виконання наукових завдань за обсерваційними пунктами POI.

Сьогодні українська національна школа підготовки фахівців в галузі екологічного моніторингу покликана формувати геопросторову компетентність, яка дозволить кожному випускнику стати висококваліфікованим фахівцем і спеціалістом, який адекватно орієнтується в сучасних геотехнологіях в екології. Важливим фактором ефективності екологічного моніторингу стає впровадження супутникових навігаційних і картографічних технологій. Але проблема полягає в тому, що декларативне запровадження картографічного GPS-методу до обсерваційного рекогностування часом призводить до формалізації, яка полягає у відкиданні можливостей смарт-систем в екології, що є помилкою і лише лобіює інтереси великих геодезичних компаній.

*Доцільною є інноваційна методологія обсерваційного екологічного моніторингу – супутниковий геотегінг.* Основним завданням методичного забезпечення впровадження геокешінгу до реалізації програм екологічного моніторингу є акумулювання банку описів проєктів та структурованого ГІС-банку «точок-ландмарків». Варіантів організації проєктів у формі екологічного обсерваційного геокешінгу може бути багато.

По-перше, проєкти можуть мати різну предметну спрямованість (екологічне краєзнавство, географія надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, екологічне киевознавство, рекреаційна географія та курортна справа). Крім того, можуть бути міжпредметні або надпредметні спрямування.

Екологічне картографування за допомогою GPS-навігаторів, крім визначення координат, має і багато інших можливостей: визначення відстані, площі, швидкості і часу. Екогеотегінг та його ГІС-варіація може самостійно розробляти маршрути і завдання, що не менш цікаво і пізнавально, ніж визначати об'єкти заданого маршруту і шукати відповіді на питання. Це вже запроваджено в технологію *кіберкартографії*, головне наукове завдання якої – визначитися із завданнями проєкту і задалегідь розробити цікаві дослідницькі проблеми з топографії, географії та екологічних проблем місцевості. Подібні проєкти доцільні в галузі *екологічної геодезії та картографії*.

Ще один спеціалізований напрямок обсерваційного геотегінгу – *еколого-освітній геокешінг* стає дуже популярним в країнах ЄС. Всі дослідники довкілля працюють онлайн в навігаційних картах. У Києві їх розробками займаються підприємства «Візіком», «Аероскан», «Навітел» та «Навіоніка». Вони можуть розробляти і адаптувати відповідні спеціальні карти маршрутів, отриманих у ході

реалізованих раніше проєктів: «Природно-техногенний простір м. Києва», «Підприємства забруднювачі та їх джерела» (фотографування об'єктів та їх одночасне координування та картографування), «Небезпечні техногенні об'єкти», «Природні орієнтири», «Природні ексклюзиви».

Організація екологічного моніторингу за технологією екологічного геотегінгу, як педагогічна та інженерна *методологія апробована в рамках київського міського дистанційного освітнього екологічного проєкту «Екоград»* і присвячена проблемам відеоєкології міста.

*Відеоєкологія* – прикладний напрямок екології, що вивчає вплив видимого довкілля на здоров'я людини. Небагато замислюються про те, що панування темно-сірого кольору, величезна кількість великих плоских поверхонь, переважання прямих ліній і кутів – все це робить негативний вплив на наше самопочуття. Основоположне питання проєкту – психофізіологічний фактор у зовнішньому вигляді географічних об'єктів.

Для реалізації відповідного специфічного обсерваційного моніторингу на основі геокешінгу та геотегінгу визначені п'ять наукових завдань. Для міста Києва пропонується використовувати супутниковий GPS-навігатор Garmin Dakota 20, де результати онлайн-дослідження оперативно представляються у вигляді ментальних карт довкілля-простору. Софт навігатора дозволяє проаналізувати видиме середовище мікрорайонів м. Києва з точки зору геокешінгу. Визначаються «оздоровлювальні території» і непривабливі об'єкти та геопатогенні зони.

В результаті моніторингу визначено агресивне видиме середовище міста, що обумовлює типову забудову м. Києва. З точки зору екопсихофізіології вплив має все, що нас оточує. Голі стіни з бетону, глухі паркани, темно-сіра кольорова гама негативно впливає на здоров'я. Водночас в результаті моніторингу зазначається, що техногенне середовище буває геовітальним. Це залежить від присутності різноманітних елементів – зелених посадок, сучасних будівель, незвичайних за формою і колірної гама, рекламних щитів і барвистих магазинних вивісок. Це формує техногенне довкілля відкритого простору [59].

*Еколого-обсерваційний геотегінг* – це потужний інструментарій, що дозволяє підняти на якісно новий рівень і наповнити новим практичним змістом організацію моніторингу навколишнього природного середовища. Дана технологія дозволяє зробити процес спостереження дійсно актуальним, особистісно-значущим, цікавим і творчим. Доцільною є реалізація відповідної технології на територію м. Києва, в якій використовується маршрут проходження за заздалегідь завданими точками-ландмарками. Точність, з якою GPS-приймач визначає геопозицію, складає декілька десятків метрів. GPS-приймач дозволяє лише «окреслити» невеликий район місцезнаходження об'єкта. Для більш точного пошуку необхідно користуватися геоінформацією з описання маршруту екологічного рекогносрування.

*Еколого-обсерваційний геотегінг*, як новітня методологія, направлений на становлення та вдосконалення (оптимізацію) системи обсерваційного моніторингу: геоінформаційними системами, включаючи використання GPS-навігатора та смарт-гаджетів; технологічної взаємодії в процесі створення загальної програми екологічного моніторингу, роботи з новітніми інформаційно-комунікаційними технологіями геоінформатики, географії, краєзнавства, рекреалогії. В ході

проведення екологічного моніторингу за цією технологією окреслюються і визначаються територіально-функціональні компоненти довкілля-простору.

Сценарій реалізації еколого-обсерваційного геотегінгу поділяється на чотири етапи:

- *рекогностувально-ознайомлювальний*: знайомство з GPS-навігацією та GPS навігаторами, видача завдання;
- *моніторингово-пошуковий (обсерваційний)*: пошук природно-техногенних об'єктів за вулицями міста Києва;
- *створення презентації та обсерваційної моніторингової карти* за результатами пошуків. Показ та захист презентацій результатів моніторингу. Маршрутні карти та листи з завданнями використовуються в якості геоілюстрацій за тематикою, наприклад, «Еколого-географічна спадщина м. Києва».

## 1.6. Розробка інновіт-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору

В основу концепції інновіт-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору покладаються вже апробовані теоретичні аспекти еколого-ландшафтної трансформації природно-територіального комплексу масштабного ряду діапазону 1 : 50 000 – 1 : 100 000. Відповідне мірило параметрів моніторингової територіальної «екобезпеки» еколого-територіального ландшафту підтверджується сучасними матеріалами аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування Землі. І не лише ними. Відомо, що геосистемне ландшафтне картографування при визначенні геофізичних джерел збурювачів латерарності (стабільності) ландшафту проводиться у пріоритетному масштабі 1 : 64 000.

У відповідності до Першої аксіоми ландшафтоутворення «...перетворення ландшафтних територіальних комплексів до самотрансформованих є наслідком антропогенного впливу, який зазначається у температурних та синоптичних показниках...», атрактивність (привабливість) ландшафту та перетворення його на DESTИНАЦІЙНУ БЕЗПЕЧНУ ЕКОЗОНУ відбувається найповільніше. Не зважаючи на це, екологічна безпека довкілля-простору у відповідності до Директив Світової туристичної організації не є пріоритетною і навіть не зазначеною у її регламентах, внаслідок чого статистика постраждалих туристичних груп по усьому світові визначається геометричною прогресією.

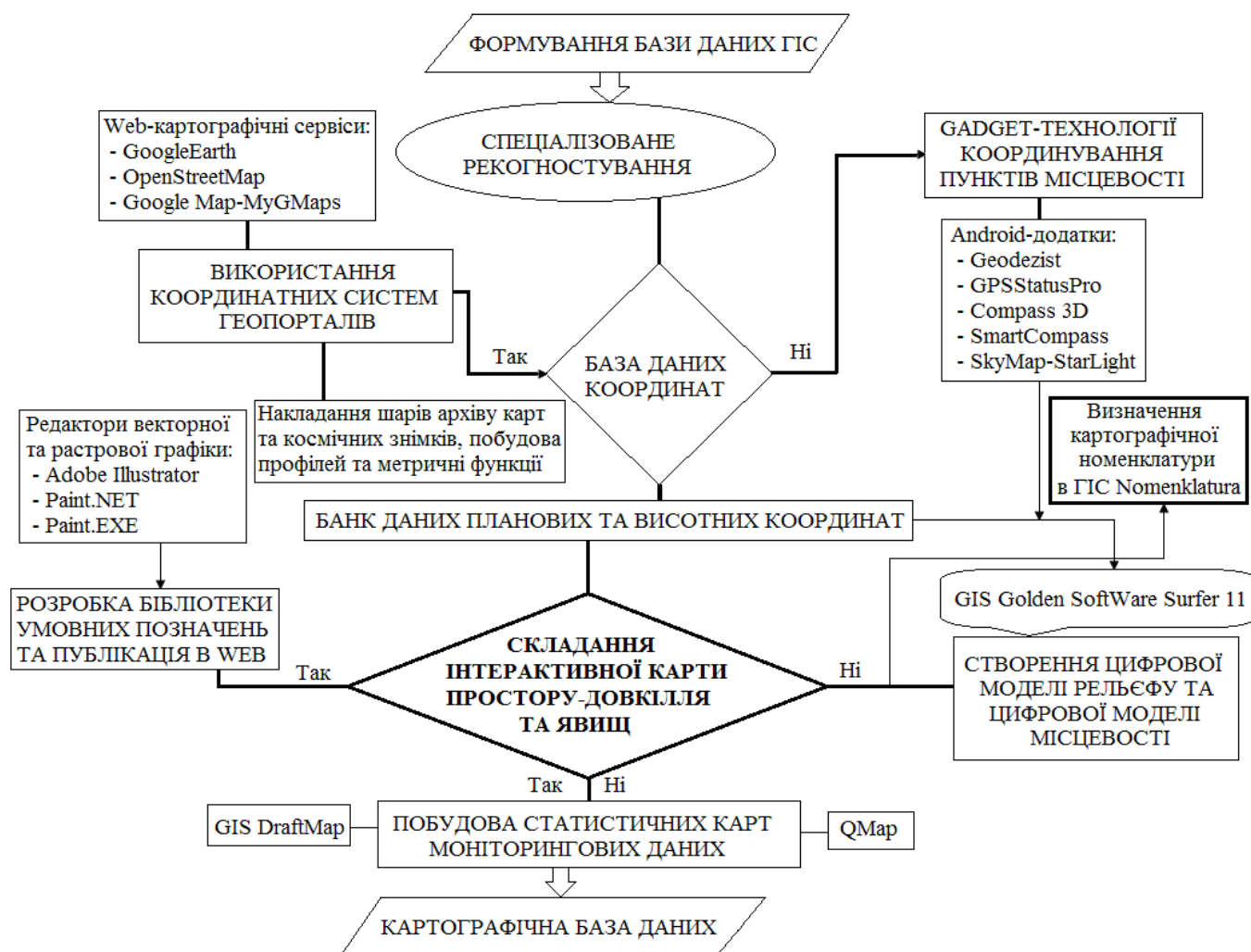
Відповідний недолік складової безпеки при організації туристичних подорожей, особливо не групових, частково компенсується неурядовими інтерактивними картографічними сервісами Інтернету – геопорталами, де туристами-аматорами наносяться потенційні природно-техногенні небезпеки територій, біологічні та санітарно-епідеміологічні небезпеки. Але не враховується фактор геотрансмісії небезпечних речовин в морських портах, литовищах, поштових та транспортних перевезеннях, що супроводжують туристичний трансфер. Але у цих усіх дослідженнях відсутній інструментарій цифрової реальності довкілля-простору, який є основним законом його екологічного моніторингу. Таким чином це потребує формулювання концептуальних засад алгоритму впровадження (апробації) інновіт-інструментарію цифрової реальності

довкілля-простору та подальшої розробки теорії екологічної безпеки довкілля-простору та обґрунтування її наукових законів, апробованих в системі екологічного моніторингу м. Києва.

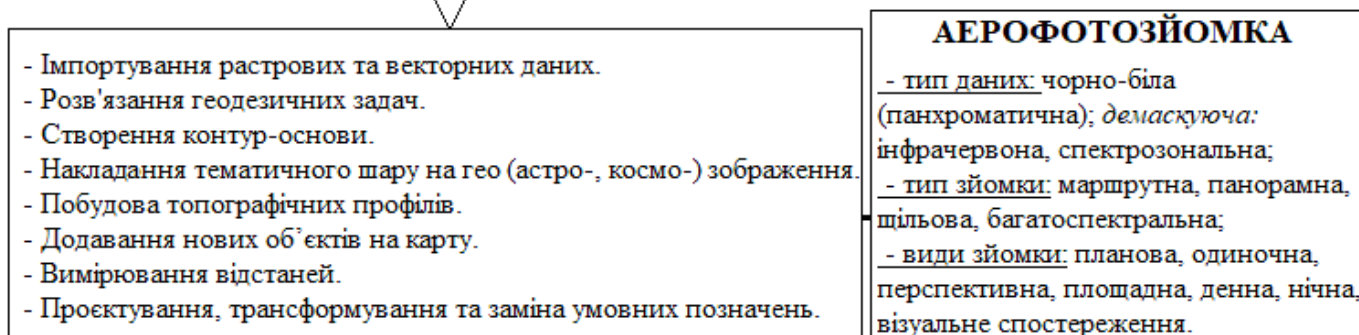
Детально розглянемо апробаційний алгоритм інновіng-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору за допомогою краудосорсингових програм просторової візуалізації (рис. 1.11).

Інформаційно-аналітичним ядром функціонування геоінтелектуальних систем прийняття екологічного рішення є технології формування баз даних ГІС, яка акумулює дані спеціалізованого обсерваційного рекогностування за складовими інфраструктури еколого-географічних обсервацій (ландмарків) [88-89]. Польові рекогностувальні журнали складаються із бази даних географічних (астрономічних) координат в системі ( $XX^{\circ}XX'XX''\cdot XXXX$ ), прямих прямокутних координат у конформній (рівнокутній) проєкції Гауса-Крюгера зі зміщенням ординати  $N = +500000$  метрів та геоцентричних координат  $X, Y, Z$ .

У польових рекогностувальних журналах зазначається: дата, час, середня швидкість у км/год та система координат. В обсерваційному журналі географічних (астрономічних) координат в змістовному наповненні зазначається: № об'єкту місцевості, інтерпретація об'єкту місцевості (назва), точність визначення, азимут (напрямок) та координати об'єкту місцевості (широта –  $\varphi$ , довгота –  $\lambda$ , висота –  $H$ ). В обсерваційному журналі геодезичних координат Гауса-Крюгера в змістовному наповненні окрім перших трьох, як у попередньому журналі ще зазначаються: зближення меридіанів, магнітне схилення, дирекційний кут Сонця, координати  $x, y, h$ . У польовому журналі геоцентричних координат зазначають окрім № об'єкту місцевості й інтерпретації об'єкту місцевості (назви) такі особливості: азимут Сонця, кут місця Сонця та координати  $X, Y, Z$ .



### ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОТЕГІНГУ ДЛЯ ФОТОКООРДИНУВАННЯ ЕКСКЛЮЗИВНИХ ТА УНІКАЛЬНИХ ПАМ'ЯТОК ПРИРОДИ



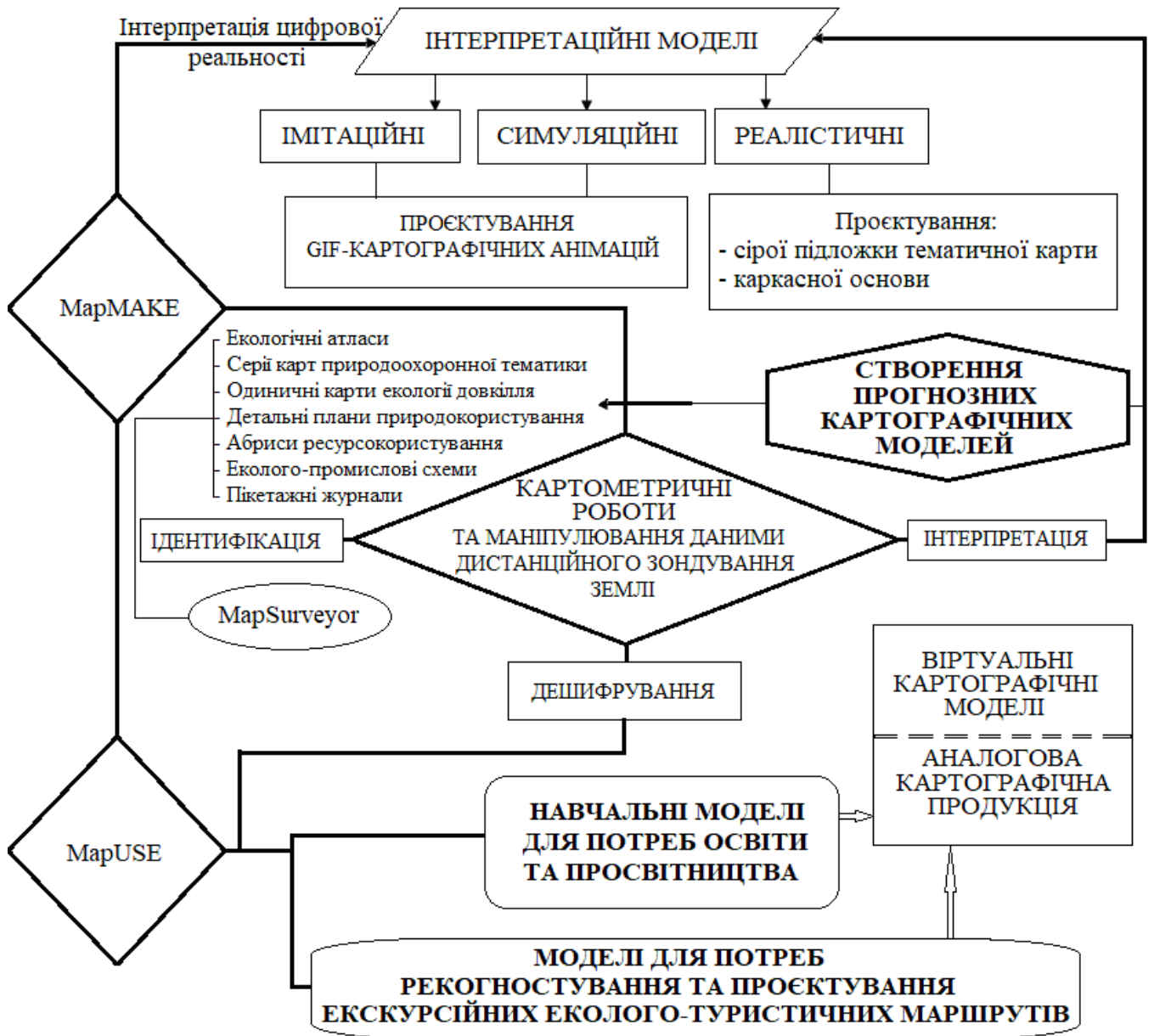


Рис. 1.11. Алгоритм інновінг-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору великого міста

Можливі два варіанта інструментарного забезпечення відповідних геодезичних знімачів. На кафедрі екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління в базі матеріально-технічного забезпечення наявні: графічна станція-геосервер для централізованої геообробки даних F2D64AV HPz640+HP Z27n (K7C09A4); робоча станція адміністратора ГІС кадастру ПЗФ F5G73AV Z440+z24n K7B99A4; комплект для аерофотогеодезичних робіт; квадрокоптер Inspire 2, відеокамера ZENMUSE X4S, акумулятор для квадрокоптера Inspire 2 Part 17TB50 Intelligent Flight Battery, планшет Lenovo. Ця апаратура є високовартісною і для самостійного екологічного моніторингу потребуватиме значних коштів орендної плати.

Інший безкоштовний, але не менш високоточний прийом визначення координат або винесення в натуру точки місцевості, це Android-додатки для смартфонів із відкритим доступом до супутникових сигналів (гаджети із виключно А-GPS-сигналом не бажано застосовувати). А саме програми: Geodezist, Fields Area Measure, Compass, Компас, які визначають відповідні категорії координат в режимі оффлайн.

Перед використанням гаджету (девайсу) необхідно провести його юстеровання та компарування. На території факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів та природокористування (м. Київ, вул. Васильківська, 17) улаштовано GPS-компаратор, який дозволяє визначати похибку визначення географічних координат (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Польовий GPS-компаратор м. Києва

Для визначення широти та довготи можливо також використовувати програми астрономо-геодезичної навігації Star Walk 2, StarLight, а для систем на базі iOS-програму SkyMap-StarLight. Основною програмою для роботи рекомендовано програму Geodezist.

Для роботи в програмі Geodezist необхідно провести наступні налаштування. У налаштуваннях додатку у форматах зазначити кути в системі (XX<sup>0</sup>XX'XX".XXXX), швидкість у км/год та місцевий часовий пояс. Фон карти необхідно обрати гідрид космічного знімку із семантичним навантаженням. За цим шаром зручно додавати точки обсерваційного моніторингу або в іншому режимі автоматично визначати та записувати у пам'ять пристрою координати точок стояння. Також є можливість імпортування даних в програмне середовище ГІС у форматі \*.gpx, яке необхідно імпортувати до краудосорсингових картографічних сервісів Інтернету – GoogleMap та GoogleEarth. Додатковими геоматичними даними, якими може оперувати софт, є розрахунок прямої та оберненої геодезичної задачі, розрахунок зближення меридіанів, астрономічні показники азимуту Сонця та його кут місця.

Не меншою точність метричного забезпечення обсерваційних досліджень є Android-додаток Fields Area Measure, за допомогою якого потрібно чітко і точно обрахувати відстані, площі, а також є можливість додавати власні точки POI, імпортувати та експортувати геодані із інших гаджетів та інших портативних пристроїв. Для забезпечення роботи в єдиній метричній системі у налаштуваннях необхідно зазначити всі показники, які є ідентичними до роботи програми Geodezist.

Астрономо-геодезичні програми мають технологічну можливість визначати магнітне схилення, точність до шести знаків після коми, дійсний азимут тощо. Відповідні програми дають можливість визначати місцеположення навігаційних зірок на небесній сфері, що надає зручності при орієнтуванні на місцевості в автономному режимі у форс-мажорних обставинах. Для потреб екологічного туризму Android-додаток «Компас» передає дані Сонця та Місяця у просторовому режимі, що надає перцепційні уявлення про їх знаходження при щільній хмарності та інших небезпечних метеорологічних явищах.

Камерально відповідні польові роботи, але із меншою точністю можливо виконати при використанні координатних систем геопорталів. Найбільш вживаним для цих цілей є Google Earth, де постає можливість зняття координат та зазначення моніторингової точки на відповідній карті із додатковою можливістю обрання умовного позначення із запропонованих або зазначити авторський умовний знак. За відповідним комплексом полігональних точок можливо побудувати профіль місцевості, знімати будь-які метричні показники, накладати на базовий шар тематичні карти або графічні зображення місцевості різної часової характеристики.

Комплекс зібраних і сформованих геопросторових даних є основою укладання еколого-моніторингових карт, атласів та планів, насамперед інтерактивних. Статичні карти цифрової моделі рельєфу укладаються у ГІС Golden SoftWare Surfer 11. При введенні даних необхідно враховувати послідовність введення координат у відповідності до топології орт проєкції Гауса-Крюгера: Y, X, Z. Програма дозволяє візуалізувати цифрову модель місцевості за технологією відмивання рельєфу, ротації моделі по всім координатним вісям, визначати головні та другорядні ізолінії

(ізогіпси). В програмі зручно відображати графічний масштаб, реперні точки, додавати додаткові написи. При створенні топографічного плану постає необхідність залучати роботу програми визначення номенклатури відповідної карти «Номенклатура». В середовищі ГІС Golden SoftWare Surfer 11 можна створювати моделі полів, які не пов'язані і з топографічною поверхнею. Наприклад, відображати геостатистичний розподіл даних метеорологічних умов, геологічних даних, інших показників (еколого-економічних), тобто показувати дискретні та континуальні масиви статистичних даних довкілля-простору способом ізоліній та орієнтацій ними позначками.

Просторове уявлення географічного розподілу статистичних даних можна демонструвати у картографічному редакторі геоінформаційного моделювання QuickMap (Qmap). Способом картограми за визначеними замкненими полігонами будуються візуалізовані карти способами якісного та кількісного фону. Способом діапазонів представляються різного роду дані. Є можливість роботи з даними зарамкового оформлення та приведення дизайну карти до демонстраційного та товарного вигляду.

Є програма, яка дозволяє проводити дигіталізацію при створенні цифрової основи будь-якої екологічної карти. Крім того доцільно застосовувати програму векторної графіки Paint.EXE для створення контурної карти-основи для подальшого її перетворення у середовищі Digital QuickMap у повноцінну базову карту.

Важливим в проектуванні екологічної карти є дизайн та ескізування макету картографічної моделі. Зручними і перевіреними програмами для відповідних робіт є софт: Adobe Illustrator або найпростіший Windows Paint, графічні можливості якого не знижують якість картографічних та геоінформаційних творів та моделей. Відповідна робота графічних редакторів є основою для проектування імітаційних інтерпретаційних GIF-моделей. Їх можна робити у будь-якому відповідному онлайн-сервісі в мережі Інтернет, які надаватимуть уявлення симуляції та імітації реалістичності довкілля-простору у часі в процесі прогнозування або ретроспективному аналізі.

Найсучаснішим трендом картографічного виробництва геоінформаційних моделей екологічного, природоохоронного та ресурсозбережувального тематичного змісту є проектування інтерактивних краудосорсингових карт в середовищі загальнодоступних геопорталів GoogleMap, OpenStreetMap та GoogleEarth. Для створення інтерактивної карти GoogleMap необхідно імпортувати дані роботи програми Geodezist, обрати для них запропоновану або обрану бібліотеку умовних позначень та сформулювати тематику у легенді карти.

Картографічну модель можна роботи відкритою або для службового користування та завантажити відповідний \*.kmz файл для архівування та зберігання. При умові активізації функції геотегінгу на смартфоні постає можливість автоматичної фотографічної візуалізації об'єкту місцевості на обсерваційній моделі простору-довкілля.

В результаті створення відповідних атласних сценаріїв за ними необхідно проводити картографічні роботи та геоінформаційне маніпулювання даними, як географічного змісту, так матеріалами дистанційного зондування Землі. Це дає можливість створення моделей для потреб екологічного моніторингу та організації

еколого-туристичних подорожей. Бувають такі випадки, коли не працює система доступу до світової мережі, є досвід швидкої розрядки акумуляторів портативного геодезичного Smart-обладнання, і постає проблема подальшої навігації експедиційної групи. В таких випадках партія повинна бути забезпечена аналоговим девіаційно перевіреним компасом, паперовими картами та даними аерокосмічної зйомки. Таким чином, необхідно, навіть в епоху діджиталізації простору-довкілля звернутися до наступних життєнеобхідних питань орієнтування аерокосмічних знімків відносно сторін світу на топографічній карті, а також за тіннями та часом отримання аналогових даних ДЗЗ.

Відповідні завдання стосуються сучасних прийомів спортивно-туристичних змагань на кшталт «Спортивне орієнтування», геокешінг, «полювання на лисиць» та організації екскурсійної діяльності за методикою інтерпретації природи.

Передумовою використання відповідних методів є наявність топографічних карт тих районів, які зображені на аерофотознімках. Фотодокументи накладають на відповідну топографічну карту та орієнтують за координатними лініями, які однаково та однозначно розпізнаються на аерокосмічному знімку та на карті. Найкраще підходять для орієнтування повздовжні контури (мережа шляхів сполучення) та об'єкти великих розмірів (архітектурно-техногенні доміанти та природні комплекси). Потім на фотознімок, який орієнтований таким чином, є можливість візуально перенести з карти напрямок лінії координатної сітки Північ-Південь.

Відповідна технологія може проводитися і в цифровому режимі, коли маємо космофотознімок із невідомими орієнтаційними показниками. Відповідний спосіб орієнтування надзвичайно простий і не потребуватиме ні карти, ні компасу.

На будь-якому аерофотознімку бачимо тіні, що виникають в результаті сонячного освітлення. Виключенням є лише нічні знімки, знімки місцевості, де не має будівель, рослинності або мають «шуми» чи десятибальну хмарність. При орієнтуванні за базову береться емпірична формула за якою Сонце в 6<sup>h</sup> знаходиться на Сході, о 12<sup>h</sup> – на Півдні та о 18<sup>h</sup> – на Заході, а за 12<sup>h</sup> описує на півколо зі Сходу на Захід через Південь. За той самий час тінь проходить шлях у протилежному напрямку на Схід через Північ. Таким чином о 12<sup>h</sup> тінь буде чітко вказувати на Північ. Якщо півколо (180<sup>0</sup>) розділити на кількість годин (12<sup>h</sup>), то отримуємо швидкість переміщення тіні – 15<sup>0</sup>/год.

Таким чином процедура визначення Півночі на знімку є зрозумілою. Сезони року визначаються відповідно до вегетаційних показників педосфери та флори. Але ці аналогові прийоми є надзвичайно рідкісними. Знання щодо відповідної реалізації при забезпеченні обсерваційних екологічних досліджень не є досі актуальними і можуть лише іноді паралельно застосовуватися при наявності високоточного інженерно-геодезичного обладнання.

## **1.7. Інструментарій оперативного визначення ризиків антропогенного впливу у великому місті**

Управління якістю довкілля реалізується шляхом проведення перманентного екологічного моніторингу з виявлення джерел антропогенного впливу на

навколишнє природне середовище. Територіально відповідний моніторинг з оцінки ризиків техногенного навантаження здійснюється на локаціях промислових підприємств, великих забудованих міських територій, що зазнають впливу забруднення транспортними засобами уздовж автомобільних магістралей, та на територіях надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

Для отримання оперативної інформації про стан трансформації навколишнього середовища під впливом антропогенних чинників, виявлення джерел, що формують ризик-фактори та формулювання рекомендацій щодо їх попередження і подолання, застосовуються аерокосмічні технології та геоінформаційні системи. Обробка та моделювання реалізується у створених імітаційних моделях у середовищі експертних геоінтелектуальних систем прийняття екологічних рішень у прикладних ГІС, таких як ГІС Golden Software Surfer та QMap.

На сьогодні в Україні актуальною є проблема ефективності управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу. У таких країнах, як Сполучені Штати Америки, Канада, Німеччина, Франція та Велика Британія ця проблема успішно розв'язується за допомогою технологій геоінтелектуальних систем прийняття екологічних рішень, ядром якої є супутникові системи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Основні задачі ГІС точного управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу є введення, обробка, зберігання і виведення геоінформації відповідно до запитів та вимог системи управління екологічним моніторингом, різноманітних картографічних даних про стан навколишнього природного середовища, геоданих про динамічні рухومی, промислово-антропогенні об'єкти, що впливають на загальний стан довкілля та медико-географічну ситуацію на території місцевих об'єднаних територіальних громад.

Розробляється методологія побудови, конструювання та проєктування моделей, методів і засобів формування динамічних сценаріїв для екологічних геоінформаційних систем реального часу. Для підвищення достовірності сприйняття та представлення геоданих про навколишнє середовище застосовують рухومی об'єкти космічного, повітряного та наземного базування.

Для досягнення вище зазначеної мети необхідно розв'язати такі взаємопов'язані задачі:

- розробити моделі та методи побудови статичного та динамічного складників екологічних ГІС реального часу для управління екологічним моніторингом та оперативного визначення ризиків антропогенного впливу;
- створити технологію інтеграції прикладних програм обробки даних аерофотознімання для створення електронних екологічних карт заданого масштабу;
- запропонувати методи та засоби формування динамічних сценаріїв для екологічних ГІС реального часу;
- на основі запропонованих моделей, методів та алгоритмів створити програмні засоби формування динамічних сценаріїв управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу.

Для розв'язання поставлених задач використаний комплекс методів:

- *розробка моделей статичного та динамічного складників екологічної ГІС* – це застосування апарату системного аналізу на основі теорії академіка В.М. Глушкова: теорія множин, теорія графів;
- *формалізація представлення знань предметної області* – методи дискретної математики та математичного моделювання;
- *створення бази картографічних даних* – методи фотограмметрії та комп'ютерної графіки, цифрової картографії;
- *програмна реалізація моделей та алгоритмів формування динамічного сценарію* – методи структурного, модульного та об'єктно-орієнтованого програмування.

Дослідження базуються на загальнонаукових засадах теорії ризиків, теорії управління, системи управління екологічним моніторингом і наукових концепцій, розроблених провідними українськими вченими: О.І. Бондарем, В.М. Барановим, Г.І. Рудьком, Г.І. Білявським, С.М. Чумаченком.

Аналіз доступних публікацій дає підстави стверджувати, що на сьогодні в Україні немає відкритих для вітчизняних розробників геоінтелектуальних моделей управління екологічним моніторингом та оперативного визначення ризиків антропогенного впливу, методів і засобів побудови динамічних сценаріїв, які створюються за допомогою спеціалізованих ГІС.

Вони дозволяють вести оперативний контроль за станом довкілля та управляти операціями попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру в режимі реального часу (онлайн). Така геоінформація є у закордонних розробників, що ретельно приховується з огляду на комерційні інтереси фірм-монополістів ГІС і частково доступна для вітчизняних геоінженерів та науковців-екологів [27].

В результаті аналізу та узагальнення досліджень екологічних ГІС-моделей, методів та засобів формування динамічних сценаріїв у спеціалізованих геоінформаційних системах знайдено аналоги та обрано прототипи таких систем, виявлено їхні істотні недоліки, серед яких основними є наступні. Використання як фону динамічного сценарію картограм, які не мають властивостей електронних карт, тобто подають зображення місцевості схематично і з великим ступенем спотворення. Відсутність прив'язки рухомих об'єктів космічного, повітряного і наземного базування до світових систем координат та їх відображення на картографічному фоні в реальному часі. Відсутні ефективні моделі та методи формування динамічних сценаріїв, які включають динамічні об'єкти космічного, повітряного та наземного базування. Потребують удосконалення пакети прикладних програм формування динамічних сценаріїв реального часу для ГІС [28].

Застосовано модель взаємодії прикладних програм обробки даних аерофотознімання та технологію їх інтеграції, які включають блок обробки навігаційних екологічних даних та блок корекції сканованого зображення місцевості, що працюють паралельно та дозволяють створити ортофотоплан заданої ділянки місцевості без втрати якості та зі значною економією часу. Це дозволяє проектувати великомасштабні карти управління екологічним моніторингом та оперативного визначення ризиків антропогенного впливу.

Необхідний етап в управлінні моніторингом якості довкілля, – це інженерно-технічні рекогносрування за відповідними пунктами екологічної обсервації ландмарками, в тому числі польове дослідження з виїздом на проблемні об'єкти й території. Відповідний сегмент наукових досліджень забезпечується спеціалізованим інструментарієм – геодезичними приладами: цифровими тахеометрами, лазерними сканерами, комплектами супутникового спостереження для фіксування динамічних (швидкоплинних) явищ та процесів, таких як розлив аміаку або деформація інженерних конструкцій та споруд, що руйнуються під впливом непідконтрольних природних або техногенних стихійних ситуацій. Навіть таких, що виникають унаслідок таких чинників, як надзвичайні суспільно-політичні ситуації та військові дії (пожежі внаслідок підпалу, диверсійні та терористичні акти на промислових об'єктах або комунальних підприємствах).

Виникнення надзвичайної ситуації локального рівня є наслідком термінового координування джерел промислово-антропогенного забруднення. Це потребує використання гаджетних програмних засобів GPS, а саме Android-додатків: GPS Status & Toolbox Professional та GeoDesist. Це дозволяє ітераційно (у першому наближенні) прогнозувати геопросторові аспекти розповсюдження, наприклад, сильнодіючих отруйних речовин. За допомогою командних засобів зв'язку інформування населення щодо проведення оперативних надзвичайних заходів з евакуації територіальної громади у відповідних місцях ураження.

Із запровадженням у систему управління моніторингом дефініції *якості довкілля* та оперативного визначення ризиків техногенного впливу за допомогою безпілотних літальних апаратів, як складової частини аерокосмічних систем, підвищується ступінь оперативної інформованості державних і муніципальних установ та відповідних спеціалізованих аварійно-рятувальних формувань, які моніторять ситуацію у режимі онлайн.

Технологічна функціональність передачі відповідної потокової оперативної геоінформації та її трансформація в цифрові об'єктові та площадні умовні позначення на картографічних сервісах Інтернету – геопорталах (ГІС-картах), електронних ортофотопланах створює передумови для якісного попередження (взяття під контроль) надзвичайної ситуації. Це потенційно зменшує людські та фінансові втрати.

В Україні, з її теперішнім розвитком продуктивних сил та розміщенням виробництва, вважаються застарілими практично всі основні виробничі і не виробничі фонди. Це зношеність технологічного обладнання підприємств, що є наслідком їх виробничого консервування та подальшого закриття. Деякі інженерні аспекти закриття еколого-небезпечних підприємств здійснюється під контролем відповідних державних інспекцій та урядових організацій [32].

Економічна та політична кризи на фоні воєнного конфлікту на Сході держави суттєво посилюють потенційні загрози виникнення надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру. Цьому сприяє значна кількість загиблих, переселення, трудова міграція, втрати території, що є логічним наслідком вище зазначених загальноноціональних проблем.

Для попередження наслідків небезпечних неконтрольованих ситуацій необхідне впровадження постійно діючого екологічного моніторингу для оперативного визначення ризиків техногенного впливу. Він включає:

- розробку картографічних систем управління техногенним впливом;
- формулювання концепції механізмів управління екологічним станом на основі використання аерокосмічних систем для контролю стану навколишнього природного середовища;
- обґрунтування та побудову управлінської моделі екологічного контролю у повсякденних умовах та під час надзвичайних ситуацій;
- створення імітаційних моделей системи управління запобігання екологічним катастрофам.

*Геоінтелектуальним ядром* такої системи управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу є спеціалізовані ГІС, які дозволяють без затримок відображувати оперативну геоінформацію про поточну екологічну ситуацію на цифровій екологічній карті.

Використовуються наступні методи:

- *картографічний* (проведення кореляційного аналізу стану довкілля на полігонних територіях, аналіз факторів природного та техногенного патогенного взаємного впливу, визначення трендів розвитку патогенної ситуації на місцевості – геопросторовий аналіз),
- *геоінформаційний* (аналіз та обробка даних дистанційного зондування Землі, розробка моделі інфраструктури екологічної ГІС),
- *математичний* (формулювання математичного апарату управління екологічним моніторингом, конструювання структурно-параметричних моделей розвитку для подолання екологічних катастроф),
- *метод аналізу й синтезу* (прогнозування екологічних надзвичайних ситуацій з розробкою інтерполяційних методів білінійної інтерполяції техногенних ризиків).

Для вирішення поставлених завдань застосовуються також загальнонаукові та спеціальні методи досліджень:

- *системного підходу та структурно-графічного моделювання* – визначення складових оперативного екологічного моніторингу та формування комплексу джерел для забезпечення його функціонування;
- *узагальнення та логічного аналізу* – обґрунтування нових термінів і понять;
- *описовий* – аналіз досвіду проведення моніторингу;
- *порівняльно-географічний, класифікаційний та експедиційний* – збір фактичних матеріалів;
- *геоінформаційного та картографічного моделювання* – візуалізація просторових еколого-небезпечних об'єктів та їхніх особливостей.

*Науковою основою досліджень* є експериментальна база ГІС та ДЗЗ, що складається з наступних блоків (рис. 1.11).

*Управління екологічним моніторингом* є однією з найбільш важливих у природно-техногенному моніторингу складовою частиною національної безпеки України. Важливим напрямом інновацій у цій галузі є розробка та впровадження

систем управління засобами супутникового моніторингу та геоінформаційного картографування, а точніше, геоінтелектуального моделювання та прогнозування надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру.

*Технологія управління екологічним моніторингом* із визначення ризиків антропогенного впливу реалізується в поєднанні з ГІС та GPS. Це дозволяє забезпечити посилений контроль за проведенням операцій із запобігання та ліквідації їхніх наслідків, відслідковувати зміну ситуації в часі на кожній окремій проблемній території чи акваторії: від навколосемного простору до найменшої площі ділянки.



Рис. 1.11. Експериментальна база наукового дослідження

Все це допомагає провести порівняльний аналіз ситуація, яка складається з прогнозованим вектором розвитку подій (тренду горизонту подій).

В Україні склалася критична ситуація зі зношенням технологічного обладнання, основних фондів підприємств, що несе потенційну загрозу забрудненню навколишньому природному середовищу. Це має суцільно негативну просторову характеристику в усіх регіонах держави. Пікові показники критичності зношення інфраструктури припадають на територію м. Києва.

Вивести місто Київ з потенційного ризику надзвичайної ситуації природно-техногенного характеру допоможуть нові наукові підходи (інструментарії) щодо управління екологічним моніторингом із визначенням показників антропогенного впливу.

Система управління екологічним моніторингом складається зі структурно-параметричної схеми, складовими частинами якої є такі контрольні функції:

- *моніторинг трансферу отруйних речовин територією м. Києва* проводиться за аерокосмічними знімками стану автошляхів, коридорів водного та повітряного транспорту, ліній телекомунікації, нафто-, газо- й аміакопроводів та інших високоенергетичних і вибухонебезпечних хімічних сполук;
- *спостереження за рівнями фонового забруднення* в напрямках проблемно-небезпечних транспортно-логістичних шляхів сполучення з отриманням потокової (оперативної) інформації про кількісні та якісні показники фізико-хімічного стану водної поверхні, суходолу і повітряних мас за допомогою мережі реперних пунктів спостереження довкілля.

У відповідну мережу моніторингу залучаються дані автоматизованих та стаціонарних метеорологічних станцій, гідрологічних постів, пунктів астрономо-

геодезичної мережі, матеріали радіотехнічного та візуального спостереження уздовж відповідних трас. Формуються трасові звіти (пикетажний журнал стану довкілля); контроль розвантаження/завантаження отруйних речовин і сильнодіючих отруйних речовин (далі – СДОР) на транспортні засоби на так званих ординарних постах морських та річкових портів, залізниці, повітряного транспорту, що підпорядковані Митній службі.

Значну увагу у відповідному кластері управління екологічним моніторингом приділяються маркуванню відповідних хімічних сполук чи радіоактивних елементів. Відповідна проблема постає з будівництвом на території Чорнобильської зони відчуження сховища із зберігання радіоактивних відходів. На рис. 1.12 представлена *структурно-параметрична схема* критичної інфраструктури м. Києва, що підлягає оперативному моніторинговому дослідженню.

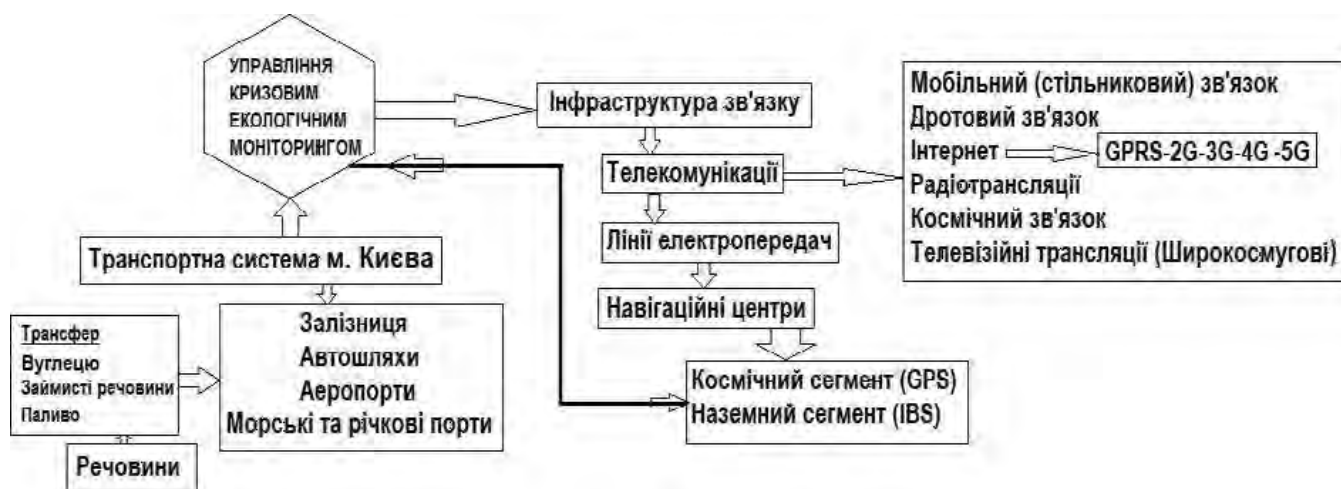


Рис. 4.12. Система управління екологічним моніторингом

*Організація управління кризовим моніторингом є інновітивною, а саме:*

- визначаються оптимальні маршрути транспортування і переміщення отруйних речовин Україною та оцінка ризиків із визначенням масштабів потенційних надзвичайних ситуацій;
- синтезуються підходи у системі управління оперативним (кризовим) екологічним моніторингом у середовищі геоінформаційних систем із застосуванням даних дистанційного зондування Землі;
- оцінюються ризики переміщення СДОР та їх впливу на оточуюче середовище перебування людини в залежності від сезонів року (кліматичних умов), типу топографії місцевості та факторів територіальної організації системи цивільного захисту;
- оцінюються ризики антропогенного впливу отруйних речовин на стан здоров'я населення прилеглих територій, шляхом створення спеціалізованої ГІС «Екологічна геологістика СДОР в Україні»;
- за результатами обробки даних створюється картографічний ресурсу Інтернету (екогеопортал) для проведення оперативного екологічного

моніторингу, попередження природно-техногенних надзвичайних ситуацій та створення моделей ліквідації наслідків потенційних катастроф.

В основу відповідної *математичної структурно-параметричної моделі ГІС* покладені наукові концепції системи інженерного управління екологічним моніторингом (структурно-логістичні коридори), теорія ризиків та катастроф, а також власне теорія управління. На рис. 1.13 представлена *структурно-логічна модель* алгоритму створення відповідної спеціалізованої ГІС.

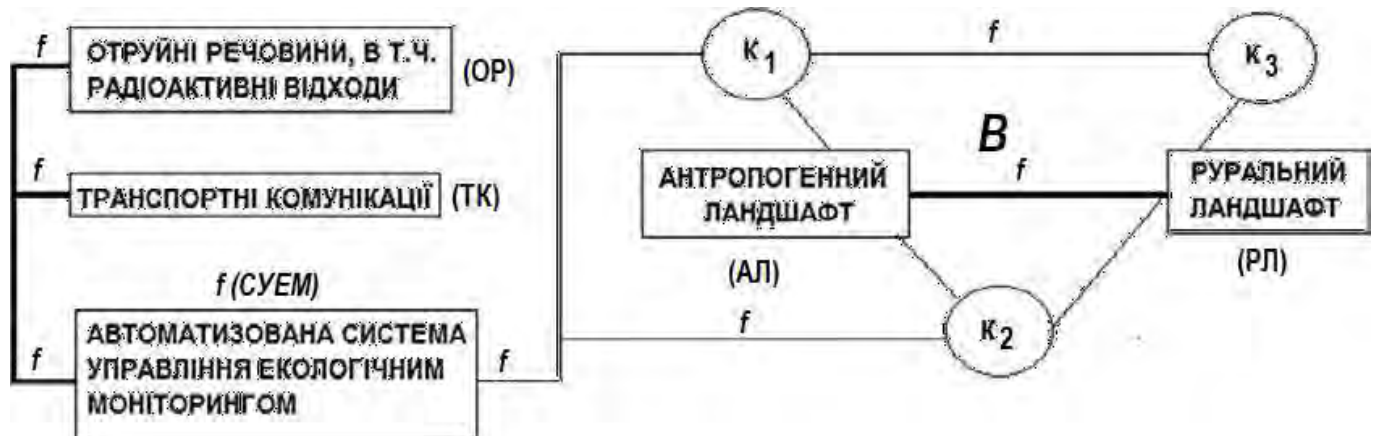


Рис. 1.13. Схема інформаційних потоків формування реляційної бази даних ГІС/

де:  $K$  – коефіцієнти ризиків;

$B$  – математична основа ГІС, де задіяні такі складові:

$f(СУЕМ)$  – функція системи управління екологічним моніторингом;

$f$  – функціональні компоненти роботи ГІС;

ОР – отруйні речовини;

ТК – транспортні комунікації,

АЛ – антропогенний (урбаністичний, промисловий) ландшафт;

РЛ – руральний (сільський, природний) ландшафт;

$K_{1...3}$  – коефіцієнти ризиків техногенного впливу на оточуюче природне середовище (катастрофи).

З геопросторової точки зору проблема визначення відповідних коефіцієнтів  $K_{1...3}$  має географічну складову частину. Картографічно створюється імітаційна модель територіального розподілу коефіцієнтів антропогенних ризиків впливу на навколишнє природне середовище. У кожному кластері стовпчиковою діаграмою у вигляді різних розмірів стрілки показується кількісні характеристики, що відповідає сумарному значенню потенційно-небезпечних об'єктів критичної інфраструктури та представляється значенням  $P_i$ . Складовими елементами загальноміського показника ризику є:  $P_i$  – об'єкти критичної інфраструктури та  $i = 14$  – адміністративно-територіальні суб'єкти м. Києва (райони).

Наукові основи управління екологічним моніторингом ґрунтуються на структурно-параметричному алгоритмі послідовності його реалізації. Система управління спирається на дані сучасних дистанційних зйомок Землі в різних спектрах та опрацьовується ГІС.

*Українська система управління моніторингом* має свою специфічну структуру, і це пов'язано з катастрофічним станом навколишнього середовища. Значним фактором забруднення в Україні є транспортна мережа. Запровадження системи управління відповідними процесами за допомогою ГІС створюють заслін їх розповсюдженню і формують комплекс державних заходів із запобігання природно-техногенним катастрофам.

За допомогою систем моніторингу з об'єктів космічного, повітряного і наземного базування *розв'язується актуальна науково-прикладна задача формування динамічних сценаріїв управління екологічним моніторингом у навігаційних геоінформаційних системах реального часу*. Це підвищує достовірність відображення та сприйняття поточної ситуації та отриманню таких основних наукових та практичних результатів:

- *запропоновано модель взаємодії прикладних програм обробки даних аерофотознімання та технологію їх інтеграції*. Це включає блок обробки навігаційних даних та блок корекції сканованого зображення місцевості, що працюють паралельно. Це дозволяє створити ортофотоплани заданої ділянки місцевості без втрати якості зі значною економією часу, що дозволяє укласти великомасштабні карти будь-якого тематичного змісту;
- *представлено модель бази картографічних даних, сутність якої – це диференціація зв'язків картографічних об'єктів (концептів) з виділенням тематичної, графічної і просторової множин на основі єдності їх концептуалізації та інтерпретації в електронній карті у вигляді одного файлу;*
- *запроваджено технологію відображення символів рухомих об'єктів за рахунок створення бази символічних даних зі складною атрибутикою для наземних, космічних і повітряних об'єктів у залежності від їх типу, структури та функціонального призначення;*
- *розроблений метод відображення переміщень символів рухомих об'єктів на картографічному фоні з частотою відновлення динамічної сцени 50 разів у секунду, що забезпечує плавність відображення та більш достовірне сприйняття динамічної ситуації людиною-оператором;*
- *апробована модель функціонування динамічних сценаріїв у екологічній ГІС*. Сутність удосконалення полягає в новій формалізації опису складових об'єктів, що рухаються в космічному, повітряному і наземному просторах.

Використовується метод трансформації символів рухомих об'єктів синхронно з масштабом картографічного фону, що дозволяє максимально адаптувати динамічну сцену відповідно до запитів оператора ГІС.

Розробка адаптована до діючої системи державного екологічного моніторингу різних рангів: регіонального, місцевого та об'єктового.

Алгоритми покладені в основу розробки багатофункціональної ГІС екологічної безпеки м. Києва.

## 1.8. Геоматичні технології управління моніторингом довкілля-простору великого міста

Управління якістю довкілля реалізується шляхом проведення перманентного екологічного моніторингу з виявлення джерел антропогенного патогенного впливу на навколишнє природне середовище. Територіально відповідний моніторинг з управління якістю довкілля проводиться на територіях крупних промислових підприємств, великих забудованих міських територій, що зазнають впливу забруднення транспортними засобами уздовж автомобільних магістралей та на територіях надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру [18].

Для отримання оперативної інформації про стан трансформації навколишнього середовища під впливом антропогенних чинників, виявлення джерел, що формують ризик-фактори та формулювання рекомендації щодо їх попередження і подолання (в разі виникнення), застосовуються аерокосмічні технології та системи. Обробка та моделювання проводиться на прикладі імітаційних моделей в середовищі геоінформаційних систем, наприклад ГІС Software Surfer.

Необхідним етапом в управлінні моніторингом якості довкілля є безпосередні інженерно-технічні рекогносрування (польове дослідження із виїздом на проблемні об'єкти та території). Відповідний сегмент забезпечується спеціалізованим інструментарієм: геодезичними приладами – тахеометрами, лазерними сканерами, комплектами супутникового спостереження для фіксування динамічних (швидкоплинних) явищ та процесів, таких як розлив аміаку або деформація інженерних конструкцій та споруд, що руйнуються під впливом невідконтрольних природних або техногенних стихійних ситуацій. Або навіть таких, що виникають внаслідок інших генетичних чинників, таких як надзвичайні суспільно-політичні та військові дії: пожежі, внаслідок підпалу, диверсійні та терористичні акти на підприємствах або комунальних організаціях.

При оперативному (надзвичайному) локальному рівні виникнення надзвичайної ситуації, коли виникає необхідність термінового координування джерел промислово-антропогенного забруднення, можливе використання гаджетних програмних засобів GPS, а саме Android-додатки: GPS Status & ToolBox Professional та GeoDesist. Їх використання дозволить ітераційно (у першому наближенні) прогнозувати геопросторові аспекти розповсюдження, наприклад, сильнодіючих отруйних речовин та за допомогою командних засобів зв'язку з попередження і інформування населення провести оперативні надзвичайні заходи із евакуації населення на відповідних територіях.

Із запровадженням в систему управління моніторингом якості довкілля безпілотних літальних апаратів, як складової частини аерокосмічних систем, підвищується ступінь оперативної інформованості відповідних державних та муніципальних установ, відповідних спеціалізованих аварійно-рятувальних формувань, які дозволяють в режимі онлайн моніторити ситуацію та приймати рішення в режимі реального часу [29].

Технологічна функціональність передачі відповідної потокової оперативної геоінформації та її трансформація у цифрові об'єктові та площадні умовні

позначення даних на електронні ортофотоплани (ГІС-карти), створює передумови для якісного керування (взяття під контроль) будь-якої надзвичайної ситуації, що потенційно зменшуватиме людські та фінансові втрати. Всі ці технології випробовуються концепцією геоінжинірингу.

*Геоінжиніринг* – комплекс технологій, методик та прийомів отримання та маніпулювання геопросторовими даними. Геоінжинірингове дослідження в системі обсерваційного моніторингу довкілля-простору та реалізація відповідних наукових та проєктних досліджень ґрунтується на теоретико-методологічних положеннях та концепціях про моделювання та картографування системи довкілля-простір, як однієї з головних і найважливіших методологічних проблем сучасної теорії простору-часу. Функціонування та реалізація на практиці відповідного методологічного апарату геоматики в інженерних дослідженнях починається з методологічного обґрунтування підходів до технології інженерно-картографічного вивчення загальнонаукової проблеми природокористування.

Теоретичним фундаментом реалізації концепції геоінжинірингового обсерваційного моніторингу є наступні наукові теорії прикладного геоінформаційного картографування і моделювання антропогенного та природного середовищ, що сформульовані проф. С.М. Білокриницьким та Б.І. Волосецьким, управління базами даних, маніпулювання ними, а також геоекономічні обґрунтування відповідних досліджень обґрунтовані М.А. Хвесиком.

Окреме застосування вищезазначених технологій у обсерваційному моніторингу не дає повноцінного результату. Поєднання методів геодезії, картографії, технічних та географічних наук є основою розробки програми масштабних досліджень довкілля-простору. Методологія повинна кореспондуватися з державною програмою раціонального природокористування. Не вирішеним з наукової точки зору є обґрунтування полікомпонентності, структурованості, термінології та технологічного процесу прийомів геоінжинірингу системи обсерваційного моніторингу довкілля-простору. В методологію необхідно закласти функції багатоаспектності та мультиформатності отриманих результатів. Реалізація відповідної методологічної програми обсервації дає найвищий результат достовірності і стає основою до прийняття управлінських рішень в системі екологічної безпеки.

Інжинірингова концепція геоматичної парадигми розкриває можливості *розв'язання наукової проблеми розробки методології оптимальних інструментарних аспектів метризації довкілля-простору*. Необхідним для забезпечення розуміння відповідної концепції є термінологічне визначення поняття картографічної геоінформаційної моделі довкілля-простору, запровадження структурно-параметричних алгоритмів вишукування масивів ретроспективних та сучасних картографічних творів, що демонструють мінливість та трансформацію різних рівнів довкілля-простору, показують проблему природокористування та природоохоронну тематику [22].

Дефініція відповідних визначень дозволяє дати стислий огляд проєктованих відповідних тематичних шарів картографічних моделей, прокласифікувати їх та обґрунтувати відповідний ранжир, розробити критерії оцінки геоінформаційної достовірності та наукової цінності для проведення дослідження в рамках

широкоформатного та мультимасштабного обсерваційного моніторингу довкілля-простору та його прикладного напрямку у вивченні системи природокористування в Україні.

Проведення спеціалізованих інженерно-обсерваційних картографічних досліджень (геоінжинірингу) ґрунтуються на наступних передумовах виконання наукових завдань: розробці концепції алгоритму спеціалізованого екологічного дослідження та розкриття призначення, практичного використання тематичного змісту електронної обсерваційної екологічної карти природокористування, як результату реалізації парадигми обсерваційного моніторингу.

Інша сукупність передкартографічних, польових, дистанційних і камеральних методів, послідовність їх впровадження і отримання очікуваного результату складають методологічну парадигму інженерно-обсерваційних картографічних досліджень (геоінжинірингу).

В основу алгоритму покладений принцип, що передбачає створення структурно-параметричної схеми складових і містить компонентний наскрізний просторово-часовий аналіз матеріалу та його подальший синтез. Результатом є укладання тематичного картографічного матеріалу з обов'язковою публікацією на геопорталах та картографічних ресурсах Інтернету. Такий підхід дозволяє встановити напрямки, тенденції розвитку дослідження систем природокористування та визначити певні закономірності динаміки функціонування, управління та їх територіальну організацію.

При реалізації виконання геоінжинірингових досліджень обсерваційного моніторингу довкілля-простору визначаються генезис та закономірність природно-техногенних явищ. Передкартографічні дослідження (науково-природничі експедиції-рекогностування) дозволяють виявляти геопросторові зв'язки в системах «довкілля-простір» та «суспільство-довкілля» та формувати комплексний абрисний матеріал, який багатосторонньо відображає структурні зміни та визначає ієрархію підсистем господарювання, їх видів та форм. Наприклад, кар'єрів видобутку. Відповідний алгоритм представлений на рис. 1.9.

*Польові методи* поділяються на *геодезичні* (топографічні, навігаційні та кадастрові) та інші прийоми отримання геоінформації за допомогою інструментарію вимірювальної техніки, в тому числі геофізичної. Геодезичні технології представлені *маркшейдерськими* (інженерно-геодезичні визначення та вишукування у підземному кар'єрному та видобувному виробництві). Топографічне знімання місцевості є основою у формуванні земельного кадастрового банку. Визначаються межі ділянок та господарств, надаються координатні характеристики об'єктам підпорядкування та відповідальності для їх грошової оцінки. В результаті укладаються індексно-кадастрові плани [23].

Необхідним є запровадження цифрового різнопланового знімання, такого як цифрова роботизована тахеометрія місцевості, що інтегрована із супутниковими методами місцевизначення. На деяких етапах обсерваційного рекогностування, що не вимагають високої точності позиціонування, застосовуються системи навігації розгалуженої діючої мережі стільникової LBS-навігації. В деяких випадках застосовують гравіметричні, астрономо-геодезичні та гідрографічні методи

вивчення трансформації систем оновлення геоданих для геоінформаційного моделювання довкілля-простору.

Методологічно слід розрізняти фундаментальні польові рекогностування довкілля-простору, що характеризують глобальні тенденції в геосфері (геофізичні зміни), та методи, що пов'язані з особливостями побудови системи раціонального природокористування: мікрогеологічних, мікрокліматичних та антропогенних змін в довкіллі-просторі конкретного масштабу обсервації, внаслідок чого видозмінюються та трансформуються методики, прийоми та способи отримання геоінформації у відповідності до специфіки екогеосистем.

*Геолого-геофізичні методи.* Сейсмометричні та гравіметричні зйомки застосовуються в дослідженнях суцільного природного простору, визначають його зміну. Інформація, що отримана внаслідок глобальної гравіметричної й сейсмічної зйомки характеризує зміни фізичного поля Землі, яке впливає на еколого-обсерваційні показники природокористування. Наприклад, при проведенні зйомок визначаються пласти залягання цінних порід, обсяги запасів. Дані є основою розрахунку економічної рентабельності розробки корисних копалин.

*Сучасні дистанційні методи* включають лідарну, наземну фототеодолітну, аеро- та космічну багатоспектральну зйомку. В залежності від роздільної здатності отримується вихідна необхідна екоінформація. Такі дані є затребуваними при зборі та формуванні геопросторового банку даних та його обробки. Дистанційні методи та результати їх обробки визначають латентність рухів. Наприклад, метод квазістереоефекту дозволяє визначати мінливі рухи відкосів кар'єрів та розрахувати об'єми проведення виробіток, запасів тощо.

Критерії достовірності обсерваційних моніторингових даних довкілля-простору визначаються в експертних геоінтелектуальних системах, що контролюють оперативну систему обсерваційного моніторингу.

Оперативна потокова онлайн-трансляція дозволяє операторам обсерваційного перманентного моніторингу, які контролюють процес, аналізувати актуальну ситуацію завдяки впровадженню геотегінгу – технології геопозиціонування та координування об'єктів за їх геофототеодолітними фотографічними панорамними зображеннями, що дозволяє втручатися на різних етапах ресурсокористування в технологічний процес.



Рис. 1.9. Алгоритм методології геомоніторингу довкілля системи природокористування великого міста.

На *етапі картоукладання* (камеральних робіт) здійснюється обробка та формування архітектури сформованої СУБД, маніпулювання якими здійснюється системами експертних ГІС та web-картографування. Вони забезпечують: координатно-часове місцеположення, формують та передають необхідні геоповідомлення, визначають та візуалізують позаштатні ситуації забруднення довкілля. На цьому етапі важливе значення надається цифровому дешифруванню при процедурі ідентифікації як явних джерел забруднення (шлейфові димові труби, основні об'єкти забруднення у комплексі промислових підприємств, дифузійних плям на дзеркалах водних об'єктів), так і латентних (виявлення об'єктових джерел викидів у довкілля різноманітних СДОР, в т.ч. й радіаційного випромінювання). За допомогою відповідних інструментаріїв укладається оперативна електронна карта (план) охорони природи та природокористування.

Загальне управління відповідними етапами координується геоінтелектуальною системою прийняття екологічних рішень за сформованими базами даних відповідних геоінформаційних блоків (тематичних шарів). З ціллю забезпечення простоти використання ці шари об'єднуються в інформаційні блоки, що є реляційною базою даних геоінформаційної концепції парадигми обсерваційного моніторингу довкілля-простору.

Етапи картографічного моделювання довкілля-простору дозволяють сформулювати методологічні підходи акумулювання геоінформації в різні вузькоспеціалізовані тематичні ГІС-шари з багатьох проблемних питань екології довкілля. Кожному тематичному ГІС-шару проблемно-орієнтованої обсерваційної моніторингової ГІС-картографічної моделі відповідає картографічний банк даних умовних позначень – бібліотека умовних знаків, яка супроводжується семантичною інформацією [24].

*Цифрові обсерваційні моніторингові ГІС-картографічні моделі довкілля-простору* – новий різновид електронних еколого-географічних карт, що

використовується диспетчерськими службами управління вуглевидобутку, перевезення та трансмісії ресурсів, в т.ч. нафто-, газо-, сланце- проводів, рятувальних служб різних підприємств. Наявність інтегративності модулів геоінтелектуальних систем із супутниковими приймачами забезпечує оптимальну роботу організації, безпеку довкілля та охорону праці.

Типова електронна обсерваційна моніторингова ГІС-карта довкілля-простору має наступні шари: шляхова мережа, гідрографія, рослинний покрив, небезпечні підприємства, місця видобутку та залягання корисних копалин, мости, тунелі та транспортна біфуркація. Відповідний відомчий (для службового користування) картографічний продукт містить наступні додаткові оперативно-тактичні елементи тематичного навантаження: платформи та станції залізниць, термінали та пункти цивільного захисту в цілях розробки та прокладання схем-планів евакуації населення та карти заходів щодо ліквідації катастроф та їх наслідків. Наприклад, сучасні еколого-гідрографічні карти природокористування поряд із інформацією про небезпечні особливості водотранспортних сполучень також відображають особливості господарської діяльності в акваторіях або визначають місця викиду небезпечних отруйних речовин.

Періоди актуалізації відповідних карт для різних регіонів та населених пунктів України можуть бути різними і визначаються ступенем забудови, темпами будівництва чи змінами топографії внаслідок гіперактивного природокористування. Період актуалізації може бути зменшений за рахунок залучення даних перманентного цифрового дистанційного зондування. Процес актуалізації є наукоємною задачею, тому що вимагає редагування об'єктів зразу з їх появою чи зникненням. В іншому випадку, відповідні ГІС-моделі довкілля-простору не будуть відповідати сучасним вимогам з повноти та достовірності.

Результатом проведення обсерваційного рекогностування – є первинні цифрові, як правило абрисно-пикетажні картографічні ГІС-моделі природокористування та заходів охорони довкілля, екологічно-просвітницького туризму. Така інформація є все більше суспільно значимою, особливо під час обґрунтування територіальної організації системи управління екологічним обсерваційним моніторингом довкілля-простору різних масштабно-територіальних рівнів, реалізації заходів раціонального природокористування та охорони навколишнього природного середовища.

Проектування, укладання, видання та розповсюдження актуалізованих картографічних моделей довкілля-простору із вище обґрунтованих тематик є конче необхідним для запобігання надзвичайним ситуаціям природного, техногенного, як наслідок, соціально-політичного та воєнного характеру.

*Одним із сучасних напрямків постає застосування SMART & MindMap-технології в методиці реалізації обсерваційного моніторингу. SMART-технології в сучасних технологічних інноваціях при проведенні обсерваційного екологічного моніторингу є надзвичайно різноманітними. Спеціалізованим напрямом SMART-методу при обсерваційному рекогностуванні місцевості постають кібернетичні прийоми у вигляді SMART & MindMap-технології. Вони отримали назву – метод ментальної (розумової) карти місцевості, яка*

вперше була обґрунтована англійськими вченими Тоні Бузаном та Ентоні Б'юзеном. Технологія спирається на наукових доктринах про закони роботи мозку. Вітчизняний вчений, який близько підійшов до розв'язання проблеми класифікації ментальних географічних карт є проф. А.М. Берлянт та А.Ф. Асланікашвілі, які запропонували відповідний напрямок, що назвали метакартографією або неогеографією.

SMART & MindMap-технології, а саме її структура, є ексклюзивною та унікальною, яку порівнюють з методикою нейронного програмування, яке відтворює механізми уявного (ментального або віртуального) картографування.

З точки зору нейронної кібернетики, відповідні стежки ментальних (розумових) карт утворюються нервовими клітинами в уявленні геопросторової інформації у науковців експедиційної групи. Сукупність відповідних стежок формують в уявленні дослідника ментальну карту обсерваційної геоінформації.

При постійному повторюванні полігонних досліджень, наприклад гідрологічними обсерваціями, аналізується більший обсяг геоінформації, який акумулюється на шляху їх проходження. Тим самим, продуктивніше стає робота експедиційної партії. Якщо моніторингова місія створює (моделює) спонтанно на місцевості максимальну кількість відповідних екологічних стежок, це посилює ефективність колективного мислення та сприйняття еколого-географічної інформації, тобто йде формування геоінженерного (системно-логічного) мислення та аналітичної обробки поточної ситуації в доквілля-просторі. Особливо це має вагу при ліквідації наслідків екологічних катастроф.

Метод SMART & MindMap-технології в екологічному моніторингу або метод Бузана, визначає SMART & MindMap-технології як надзвичайно міцну віртуальну графічну техніку (картосеміотику, картолінгвістику та картопрагматику) у процесі полігонної реалізації обсерваційного рекогностування міських (урбанізаційних) ландшафтів, актуальність вивчення яких підтверджується реаліями теперішнього метеорологічного та кліматичного перетворення в Україні.

В основі SMART & MindMap-технології покладені наступні аксіоми:

- предмет геопросторової візуалізації (наприклад пожежна та бактеріологічна безпека) демонструється ментальним геозображенням, яка розміщується в центрі ментальної екологічної карти м. Києва, основні ідеї (екобезпекові характеристики) відображаються відгалуженнями, які радіантом виходять з центрального зображення, центральні терміни над відгалуженнями визначаються ключовою картиною або ключовим словом, наприклад «екологічна небезпека м. Києва», «техногенна аварія», «забруднення доквілля малих річок м. Києва»;
- менш важливі геокартографічні асоціації займають місце над лініями, які примикають до основних відгалужень. Одна одиниця геопросторової інформації може бути джерелом мультикількості асоціацій у дослідника доквілля, які, в свою чергу, є джерелом надзвичайної кількості асоціацій (геопросторових перцепцій);
- формується променеве мислення та просторове уявлення про стан доквілля та всеохоплююче поглинання всієї екологічної накопиченої інформації і

відображає роботу мозку на підкорковому рівні. SMART & MindMap-технологія стає зовнішнім периферійним графічним проявом відповідної концепції. На рис. 1.10 представлена схема, що відображає підхід та методику SMART & MindMap-технології ментального картографування при реалізації засад екологічної безпеки та проєктів екологічного моніторингу.

Укладання SMART & MindMap-проєктів в ході підготовки проведення екологічного моніторингу та подальша оптимізація з уточнення змістовного наповнення ментальних карт є наслідком когнітивного процесу успішного сприйняття оточуючого середовища.

Наука, що займається вивченням MindMap-технологій сприйняття інформації називається *гемісферологією*.

*Камеральне (кабінетне) опрацювання* результатів екологічного моніторингу спирається на відпрацюванні відповідної взаємодії, забезпечує нову, більш високу якість отриманих картографічних реальних матеріалів.

Картографічні технологічні MindMap-моделі в екології поділяються на ментальні, когнітивні і можуть бути і самі різних підвидів. При відпрацюванні технологічних тем (робота GPS-обладнання) найбільш результативними основами стають операційні функціонально-спеціалізовані топографічні плани та карти. Для задач вивчення впливу інженерних конструкцій та споруд (теплоенергетики) на довкілля застосовують предметні (спеціалізовані) екологічні карти [6].



Рис. 1.10. Картосемантична складова MindMap-технології в системі картографо-геодезичного забезпечення рівнів екологічної безпеки великого міста

*Ментальні екологічні карти довкілля-простору* можуть бути раціональні та образні (ірраціональні). У першому випадку вони представляють собою деяке ієрархічне дерево або набір екранів, збудованих за визначеним алгоритмом і виражається глосарієм теми (тематичними спеціалізованими екологічними та природоохоронними визначеннями).

В другому випадку MindMap-технологія – це організована композиція картосемантичних знаків, картографічних символів, геоінформаційних картин. Термінологія, що об'єднує відповідний комплекс уявних ментальних карт в даному випадку доцільно називати *геоіконічними псевдокартографічними геозображеннями*, які несуть асоціативні стимули.

В процесі реалізації екологічного обсерваційного моніторингу довкілля-простору доцільно використовувати *ментальні карти дискусійного походження*. Які формуються під впливом обміну думками членів експедиції. Картограф отримує більш конкретизовану та повну геоінформацію, що буде покладена в основу реальної екологічної карти.

Розроблена універсальна комп'ютерна геоінформаційна програма для побудови ментальних екологічних карт-таблиць MindMapManager v.1.745.23, яку можна використовувати у підготовчих роботах при укладанні екологічної карти за результатами екологічного обсерваційного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору. Це дозволяє контролювати особливості представлення картосемантики об'єктів природи та техносфери.

MindMap-технологія, як складова SMART-ресурсів в екологічному моніторингу є інноваційним технологічним прийомом при вивченні довкілля-простору, а також є інструментарієм, що підтвердив свою ефективність в контексті простоти сприйняття математичної, техніко-технологічної та функціональної характеристики способів та прийомів забезпечення персональної та колективної безпеки в експедиційних екологічних дослідженнях [7].

В результаті розробки геоінжинірингових прийомів у вивченні особливостей трансформації системи природокористування приходимо до наступних висновків:

- термінологічно обґрунтовані і запроваджені поняття обсерваційних моніторингових ГІС-карт природоохоронної тематики та карт обсервації, що розширює глосарій сучасної теорії екологічного моніторингу;
- проведено аналіз екологічних картографічних творів, що лежать в основі передрекогносцирувальних обсерваційних робіт;
- прокласифіковані відповідні картографічні твори за специфікою відтворення ними моніторингової природоохоронної інформації та обґрунтовано їх ранжування;
- розроблені геоматичні критерії визначення інформаційної цінності та геометричної достовірності ГІС-карт довкілля-простору;

- запроваджені геоінженерні інновації у картографуванні, які стали основою виокремлення шару спеціалізованих електронних картографічних моделей – *цифрових обсерваційних моніторингових ГІС-картографічних моделей довкілля-простору*, що показують і вирішують актуальні наукові проблеми сбалансованого природокористування, шляхом раціонального використання природних та рекреаційних ресурсів на основі картографічно обґрунтованих розрахунків у ГІС.

## Висновки до розділу

Сформульована концепція методології обсерваційного екологічного моніторингу. Теоретично визначені та на практиці перевірені затребуваність та практична цінність мережі інфраструктури еколого-рекогносцирувальних обсерваційних центрів – ландмарків. Зазначена їх класифікація, приналежність та тип до відповідного спеціалізованого екологічного моніторингу у різних кластерах географічної оболонки Землі. Доведена кореляція між типом ландмаркової обсервації, фізико-географічною зоною та типом ресурсо- та природокористування.

Запроваджена система геоінжинірингового моніторингу навколишнього природного середовища. Визначені інструментарні особливості при реалізації екологічних полігонних досліджень. Вибудована система прецизійних когнітивних моніторингових досліджень із урахуванням метричності довкілля-простору, яке підлягає перманентному або фоновому моніторингу.

Розроблений алгоритм проведення обсерваційного моніторингу за інновітним технологічним інструментарієм Gadget (smart)-картографії. Зазначені особливості запровадження супутникових навігаційних технологій. Наведені прикладні напрямки організації зйомок місцевості за допомогою безпілотних літальних апаратів, залучення та обробки даних аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування Землі.

Особлива увага приділена методологічному обґрунтуванню дефініції «довкілля-простір». Запропоновано визначати відкрите довкілля навколишнього природного середовища та закритий антропогенний простір. Це може бути підземні конструкції та споруди, закриті приміщення сфери туристичного обслуговування, штольні, шахти, печери. Відповідні простори також потребують проведення обсерваційного екологічного моніторингу, яке науково до теперішнього часу не було визначено математично, фізично, геодезично та картографічно.

Сформульована геоматична концепція екологічного моніторингу, що поєднує сучасні технології фізико-хімічного дослідження геосфери, метризації просторів за допомогою високоточних картографо-геодезичних та фотограмметричних технологій. Доведена ефективність та результативність проведення обсерваційного рекогносцирувального моніторингу за реперними точками (ландмарками), що складають основу успішної реалізації моніторингу та отримання своєчасних та достовірних даних та матеріалів у вигляді геоінформаційних екологічних карт, атласів та геопорталів.

Важливим сегментом екологічного моніторингу – є розроблена система управління екологічним моніторингом антропогенного впливу на довкілля-простір. Розроблена концепція викладена у структурно-параметричних схемах реалізації відповідного рекогносцирувального моніторингу.

## РОЗДІЛ II. КАРТОГРАФІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ-ПРОСТОРУ ВЕЛИКОГО МІСТА

*Геоіконіка* – це візуалізація довкілля-простору різноманітними прийомами картографічної, фотограмметричної, семіотичної, картопрагматичної та семантичної інтерпретації методами та способами визначення кластерних характеристик природно-територіального комплексу.

В системі обсерваційного екологічного моніторингу великого міста геоіконічна методологія відіграє репрезентативну роль моделювання та прогнозування стану довкілля-простору, його часової, просторової та змістовної (топографічної) трансформації.

Геоіконіка є основою реалізації екологічного моніторингу навколишнього природного середовища, а також відкритих та закритих антропогенних предметно-функціональних просторів, як складової частини довкілля.

*Картографічне моделювання* – це універсальний інструментарій формування бази даних геоінформації при дослідженнях реальної дійсності. Запровадження картографічного методу геоінформаційного дослідження довкілля-простору дозволяє оперативно визначати потенційно-небезпечні території та зони потенційних надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

Задачею картографічної методології в обсерваційному моніторингу довкілля-простору м. Києва є визначення аналізу моделей зберігання геопросторових даних, методи побудови класифікаторів екологічних моніторингових обсерваційних карт.

### 2.1. Геоіконіка картографічних моделей довкілля-простору міста

#### 2.1.1. Класифікатор моделей довкілля-простору

Процес створення класифікатора екологічної інформації передбачає попередню класифікацію об'єктів, яка проводиться згідно з правилами поділу вихідної множини об'єктів на підмножини відповідно до певних правил кодування, кожному з яких надається унікальний код, призначений для формалізованого опису різних характеристик даних.

До існуючих методів класифікації (ієрархічний, фасетний і дескрипторний) висуваються такі вимоги:

- необхідна ємність та повнота, що забезпечують опис всіх об'єктів у межах класифікації;
- необхідна глибина деталізації;
- можливість розв'язання переліку задач різного рівня;
- можливість розширення та зміни класифікатора;
- забезпечення інтеграції з іншими класифікаторами;
- простота ведення класифікатора.

У рамках відповідного дослідження розроблено геоіконічний класифікатор, розділений на три пов'язані між собою системні частини:

- шарів об'єктів місцевості;
- параметрів об'єктів;
- умовних позначень.

На вищому ступені ієрархії відбувається поділ інформації на класи за елементами змістовного навантаження карти. Глибина і ширина деталізації кожного класу неоднакова і залежить від рівня взаємної залежності об'єктів та обраних критеріїв класифікації.

На нижніх ступенях класифікації елементів змісту розташована сукупність елементарних однотипних об'єктів, що являють собою дані про місцевість. Кожному елементарному об'єкту карти надається визначений набір параметрів. Їхня кількість та значення залежить від об'єкта.

Класифікатор шарів вміщує перелік найменувань об'єктів класифікації та їх кодових позначок, а також сукупність ідентифікаційних ознак, які характеризують об'єкт класифікації. Перелік об'єктів класифікації складено в порядку зростання їх кодів. Ця частина класифікатора складається з трьох блоків:

- кодування ознак шарів;
- ім'я шару класифікації;
- перелік параметрів, що належать об'єктам класифікації.

Методи кодування у класифікаторах перераховані в табл. 2.1.

Таблиця 2.1  
Методи кодування в класифікаторах

Метод	Кодування	Складність	Опис
Порядковий метод	Порядковий номер	Простий	Не несе жодної інформації про об'єкт класифікації
Серійно-порядковий метод	Числа із серії чисел, закріплених за об'єктами класифікації	Простий	Використовується для ідентифікації об'єктів у поєднанні з класифікаційним методом
Послідовний метод	У кодовому позначенні знаки на кожному ступені поділу залежать від результатів розбиття на попередніх ступенях	Більш складний	У результаті кодове позначення угруповання дає інформацію про послідовність ознак, що характеризують це угруповання

Паралельний метод	Кодування ознак класифікації відбувається незалежно одна від одної певними розрядами чи групою розрядів кодового позначення	Складний	Субпідрядні ознаки, володіючи повною однорідністю, розташовуються паралельно в усіх ланках ієрархічного ланцюга, або не субпідрядні паралельні ознаки штучно встановлюються в певній послідовності
-------------------	---	----------	--

Класифікатор параметрів містить перелік параметрів, що характеризують об'єкти класифікації, їх смислові значення, ознаки та кодові позначення. Він складається з трьох частин:

- кодування ознак параметрів;
- ім'я параметра класифікації;
- смислове значення параметрів.

Класифікатор умовних знаків містить перелік ознак, що описують об'єкти класифікації, їх смислових значень та порядкових номерів. Він складається з двох частин:

- номер умовного позначення;
- підклас умовного позначення [19].

### **2.1.2. Стандартизація проєктування геоіконіки знакових систем картографічних моделей екологічної безпеки**

Процес стандартизації знакових систем картографічної моделі екологічної безпеки можна умовно поділити на три етапи: присвоєння координат першої точки місцеположення природно-техногенного об'єкта, відображення лінійного умовного позначення та здійснення його візуалізації. Тому постає завдання присвоєння вихідних базових координат символу об'єкта згідно з його місцеположенням в геопросторі та загальної стандартизації умовних позначень.

Вхідними даними в процесі стандартизації символів на картографічному зображенні є геопросторове картографічне зображення (космофотокарта, ортофотоплан або аналогова екологічна тематична карта) та географічні, геодезичні (прямокутні) та геоцентричні координати. Для експерименту візьмемо дані, отримані в результаті GPS-позиціонування за допомогою Android-трекера «Геодезист» або GPS-навігатора на мобільному телефоні GPS Status Tools Pro.

Методи й засоби отримання геоприв'язаного картографічного зображення, використовуючи дані аерофотознімання та дистанційного зондування Землі, обґрунтовані професорами А. В. Левонимом, Б. С. Карельцевим, В. М. Толобуньком. Розроблений алгоритм проєктування бази символічних даних базується на методиці стандартизації виведення картографічних умовних позначень у ГІС зі складною

атрибутикою для відображення різних типів природно-техногенної небезпеки, які дають змогу встановити її функціональне призначення в реальному часі.

Такий алгоритм містить наступні етапи. Перерахунок географічних еліпсоїдних координат об'єктів зображених на екрані дає змогу вирішити завдання присвоєння перших стандартизованих екранних координат картографічному знаку в процесі формування динамічної сцени ГІС.

Розробка структурної схеми геоінформаційної технології формування динамічних сценаріїв стандартизації забезпечують зазначенням напрямків потоків даних у її мережі. При цьому геоінформаційну технологію умовно поділено на два блоки, які виконують обробку та формування відповідно статичного й динамічного складників динамічної сцени.

Проводиться порівняння якісно-кількісних показників характеристик запропонованої інформаційної технології формування динамічних сценаріїв стандартизації з відомими прототипами.

Проте в цих дослідженнях є розбіжності в розрізі використання та уніфікації картографічних проекцій і систем координат між джерелами вхідних даних. Зокрема: GPS-трекер надає координати об'єкта в географічних координатах системи WGS-84 (А. В. Левон), а динамічний сценарій картографічного зображення у ГІС відображено в умовних екранних координатах (Б. С. Карельцев).

Таким чином завдання уніфікації базових координат умовного позначення на картографічному цифровому зображенні зведено до задачі перерахунку координат для відображення їх на екрані динамічного сценарію.

Наведемо ітераційний алгоритм стандартизації геоіконіки через етапи перерахунку координат рухомого об'єкта, який подано в графічній формі на рис. 2.1.

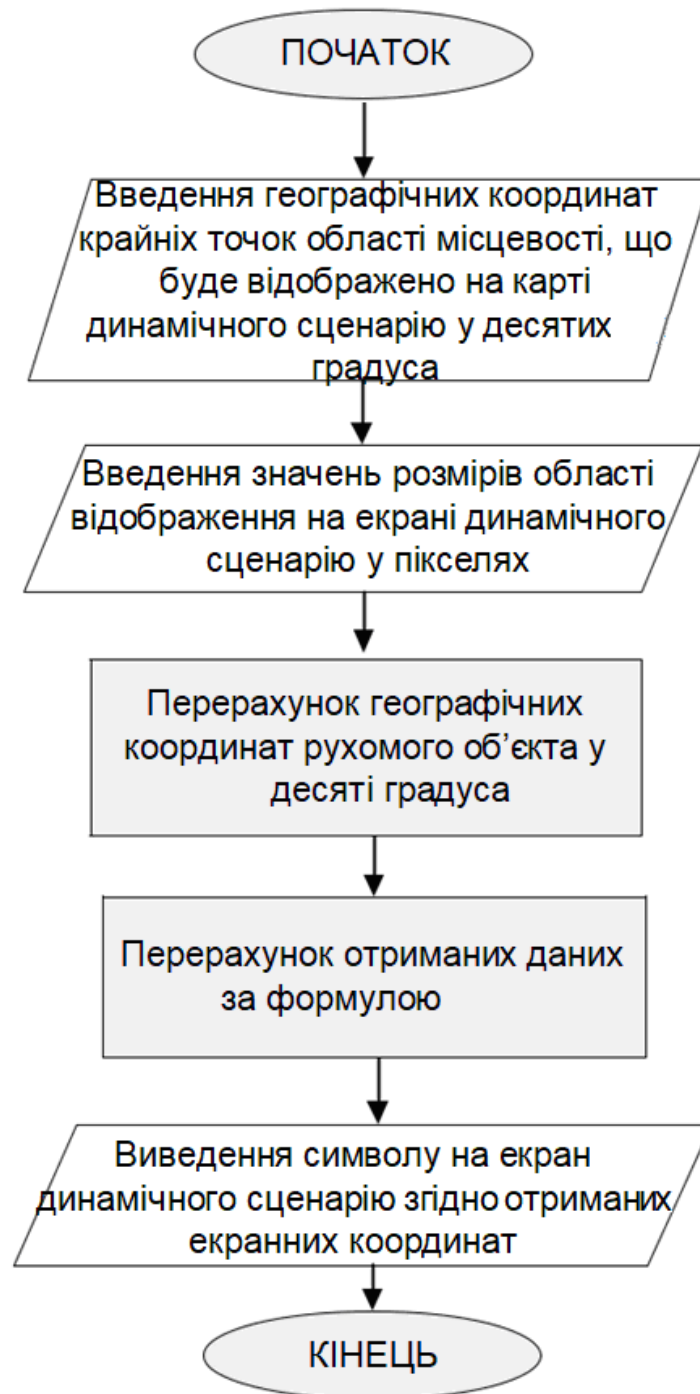


Рис. 2.1. Алгоритм стандартизації перерахунку координат зі світових еліпсоїдних в екранні координати ГІС [26]

Запропонований алгоритм дає можливість на основі даних про місцеположення об'єкта в системі еліпсоїдних геоцентричних координат та координат електронної карти розрахувати стандартні екранні координати символу (умовного позначення) рухомого об'єкта. Перерахунок світових географічних координат на екранні полягає в процесі перемасштабування (наприклад, відрізок завдовжки  $2\pi$  має бути перетворено на відрізок завдовжки 600 пікселів) і зсуві (наприклад, точок з від'ємними координатами на екрані немає, а потрібно здійснити

зсув перемасштабованого відрізка в додатню ділянку). Цього досягають лінійним перетворенням:

$$\begin{aligned}x_s &= ax_m + b \\ y_s &= cy_m + d\end{aligned}\quad (2.1)$$

де:  $(x_m, y_m)$  – світові географічні координати рухомого об'єкта;  $(x_s, y_s)$  – екранні координати символу об'єкта в рамках динамічного сценарію;  $a$  і  $c$  – коефіцієнти, що відповідають за перемасштабування (розтягування по горизонталі й вертикалі);  $b$  і  $d$  – коефіцієнти, що відповідають за зсув уздовж цих напрямків.

Щоб визначити конкретні значення цих коефіцієнтів, треба вирішити, в якій ділянці у світовій системі координат WGS-84 міститься умовне позначення, що спостерігається, та в якій ділянці екрана динамічного сценарію треба відобразити його символ.

Нехай світові координати змінюються в діапазоні:

$$\begin{aligned}x_{\min} &\leq x_m \leq x_{\max} \\ y_{\min} &\leq y_m \leq y_{\max}\end{aligned}\quad (2.2)$$

де:  $(x_{\min}, y_{\min})$  – координати крайньої Південно-Західної точки ділянки місцевості, що відображено на електронній карті;  $(x_{\max}, y_{\max})$  – координати крайньої Північно-Східної точки ділянки місцевості, що відображено на електронній карті;  $(x_m, y_m)$  – поточні географічні координати місцеположення умовного позначення. Для координат, поданих у десятих градусах запропоновано перерахунок координат, отриманих з GPS-трекера, здійснюється за формулою:

$$g\ m'\ s'' = g + \frac{m'}{60} + \frac{s''}{3600}\quad (2.3)$$

де:  $g$  – географічні градуси;  $m$  – географічні мінути;  $s$  – географічні секунди.

Обираємо верхній лівий куток вікна динамічного сценарію ГІС за початок екранних координат з точкою  $O(0, 0)$ , а розмір вікна, у пікселях, позначимо як  $W$  (*Width*) і  $H$  (*Height*). В такому випадку перетворення світових координат на екранні виконується за формулою:

$$\begin{aligned}x_s &= \frac{W}{x_{\max} - x_{\min}} \cdot (x_m - x_{\min}) \\ y_s &= H - \frac{H}{y_{\max} - y_{\min}} \cdot (y_m - y_{\min})\end{aligned}\quad (2.4)$$

Створення картографічного банку даних умовних позначень (бібліотеки символів рухомих об'єктів) потребує стандартизації та врахування вимог до відображення типів предметної ділянки, що рухається в просторі та відображається на екрані дисплея, а також визначення її призначення та функціональної структури.

Відображення простору подається на трьох рівнях: наземному (інженерна техніка різного призначення), повітряному (літаки, гелікоптери, безпілотні літальні апарати) та космічному (космічні апарати).

На *космічному рівні* відображають космічні об'єкти, що здійснюють дистанційний моніторинг стану природно-техногенної безпеки, на *повітряному* здійснюють візуалізацію й керування рухом літаків та інших літальних апаратів, що моніторять онлайн екологічну ситуацію з повітря, а на *наземному* ставиться завдання відстежування, керування й регулювання всіх технологічних операцій.

Подання об'єктів у вигляді складних символів (умовних позначень) дає змогу людині-операторові мати уявлення, до якого типу вони належать та яку функцію виконують.

Стандартизуючи екранний образ динамічної обстановки, що склалася, людина-оператор за стандартизованим зображенням символу (умовного позначення) об'єкта встановлює його вид до вимог стандартизації та визначає рівень його візуалізації. Наприклад, якщо об'єкт потенційно-небезпечний, антропогенний. Тоді алгоритм стандартизації, що змінює структуру простору  $Sp$ , яку картографують, подається у вигляді:

$$Sp = \{S(x, y), F(x, y), D(x, y)\}, \quad (2.5)$$

де:  $S, F, D$  – умовні позначення об'єктів відповідно наземного, повітряного та космічного простору;  $(x, y)$  – координати їх місцеположення в просторі у плоскій геодезичній системі координат Гауса-Крюгера.

Сформулюємо правила побудови стандартизованого символу (умовного позначення) системи екологічної безпеки. Для вирішення задачі стандартизації відображення, наприклад динамічних об'єктів, використовується підхід, що полягає у відновленні двовимірного квазікартографічного зображення  $Z(x, y)$  об'єкта за параметрами, що визначається проектом створення бібліотеки умовних позначень, яке подано у вигляді функції:

$$Z(x, y) = \sum_{i=1}^N Z_i(x, y)P_i(x, y) \quad (2.6)$$

де:  $N$  – число елементів об'єкта;  $Z_i(x, y)$  – зображення  $i$ -го елемента об'єкта;  $P_i(x, y)$  – функція розміщення  $i$ -го елемента об'єкта ( $Z_i(x, y)$ ). У фізичному сенсі це дозволяє проектувати умовний знак генералізованим та читабельним в залежності від місця розміщення умовного позначення в тематичному змісті поля карти  $P_i(x, y)$  та геометричного вигляду умовного позначення (натуралістичного, фотографічного, стилізованого)  $Z_i(x, y)$ .

Такий підхід застосовується для стандартизації в разі проектування символів (умовних позначень) системи екологічної безпеки [8].

Відображення екологічних об'єктів має номінальний характер, тому візуалізація переміщення значків у ГІС не має визначального значення, а можливо в деяких випадках навіть змістовно перевантажує картографічне зображення.

Важливішими під час стандартизації геоіконіки символічних позначень є врахування результатів дешифрування космічних знімків високої роздільної здатності, за якими проєктують умовні позначення натуралістичного (картинного) виду.

Стандартизовану модель двовимірного умовного зображення об'єкта подаємо у вигляді множини:

$$F(x, y) = \{F_{мет}(x, y), F_{GPS}(x, y), F_{ДЗЗ}(x, y)\} \quad (2.7)$$

Символи для відображення космічного апарату визначаються в залежності від його функціонального призначення, а саме:

- $F_{мет}$  – для метеосупутника,
- $F_{GPS}$  – для супутників, що обслуговують мережу GPS,
- $F_{ДЗЗ}$  – для супутника, що здійснює дистанційне зондування Землі.

Об'єкти екологічної безпеки довкілля-простору класифікуються за їх типами й технологічними показниками реалізації обсерваційного моніторингу. З метою спрощення процесу стандартизації уніфікованих умовних позначень розділимо об'єкти природно-техногенної небезпеки на три групи: антропогенні, промислові та біотичні.

Будова символу має істотне значення для обсерваційного моніторингу та керування операціями ліквідації екологічних катастроф.

Для відображення символів їх класифікують за функціональними призначеннями і типом. На основі цієї класифікації відображають їх символи у вигляді:

$$D(x, y) = \{D_{КСМ}(x, y, c); D_{КПГ}(x, y, c); D_{КЛГ}(x, y, c)\} \quad (2.8)$$

Основними елементами будови умовного позначення, що суттєво впливає на проєктування його символу, є:

$D(x, y)$  – декартове зображення картографічного умовного знаку;

$D_{КСМ}$  – картосемантична складова позначення: підписання назви об'єкту природно-техногенного середовища або експлікаційний номер у легенді карти;

$D_{КПГ}$  – картопрагматична складова позначення: характеристика вибору кольорової гами відображення, геометричної фігури або картинного геозображення, що надаватиме однозначне визначення (впізнавання) об'єкту місцевості;

$D_{КЛГ}$  – картолінгвістична складова позначення: правила написання топонімічних назв навколо об'єкта природно-техногенної безпеки, власної назви підприємства або природного ексклюзиву, представлення іменування однією або декількома мовами у відповідній транслітерації (відповідно до територій іноземних країн, що картографуються).

У всіх складових позначення присутній ротаційний показник  $c$ , який визначає ступінь обертання умовного знаку, його семантичної та лінгвістичної складових в

залежності від масштабу цифрової карти (зумування геозображення), куту огляду території при умові імпортування геоданих до картографічних сервісів Інтернету (геопорталів). Основне призначення показника – це зробити компоновку тематичного змісту електронної карти генералізованим та прийнятним для читання.

При проєктуванні умовного позначення необхідне його трасування в системі кольорового моделювання стилю знаку, що визначається у рівнянні:

$$K_{KV} = \{D_{ZH}, D_{UIB}, D_{UIC}, \} \quad (2.9)$$

$K_{KV}$  – коефіцієнт кольорової універсальності умовного позначення.

$D_{ZH}$  – значення натуралістичності (картинності) знаку;

$D_{UIB}$  – універсальні параметри відображення знака, які показують загальну кількість кольорових сегментів;

$D_{UIC}$  – універсальні параметри візуального сприйняття знака, що визначають кількість кольорових сегментів, які домінують у картографічній візуалізації змісту.

Для швидкого розпізнавання користувачем картографічного умовного позначення з погляду його функціонального призначення пропонується введення відповідного коефіцієнта кольору та стандартних співвідношень (таблиці 2.1 та 2.2). Вибір кольору картографічного умовного позначення обумовлено його контрастністю на фоні тематичної карти.

Таблиця 2.1.

Принцип вибору кольору картографічного умовного позначення деяких об'єктів природно-техногенної безпеки відповідно до його територіального (геопросторового) розподілу

<i>Геоіконіка картографічного умовного позначення об'єктів природно-техногенної безпеки. Точкові об'єкти природно-техногенної безпеки</i>		
Об'єкти критичної інфраструктури	Показник ротації $c$ умовного позначення	Перцепційний колір (колір асоціації)
Об'єкти енергетики	$c_1$	Чорний
Об'єкти транспортної інфраструктури	$c_2$	Червоний
Об'єкти комунальних підприємств	$c_3$	Коричневий
<i>Лінійні об'єкти природно-техногенної безпеки</i>		
Траверси руху повітряного транспорту	$c_4$	Чорний
Підземні лінійні споруди	$c_5$	Червоний

Таблиця 2.2.

Стандартні співвідношення між формою та розміром картографічного умовного позначення об'єктів і масштабом картографічного зображення

Найменування символу рухомого об'єкта,	Розмір матриці зображення символу (в пікселях)	Масштаб картографічного фону для контрольованої ділянки довкілля-простору
Проста точка	2x2	1 : 10 000 000 – 1 : 5 000 000
Точка мікрорастр	3x3	1 : 5 000 000 – 1 : 1 000 000
«Нуль»	4x4	1 : 1 000 000 – 1 : 500 000
Простий символ	8x8	1 : 500 000 – 1 : 100 000
«Хрестик в нулі»	16x16	1 : 100 000 – 1 : 50 000
Стандартний символ	32x32	1 : 50 000 – 1 : 10 000
Стилізоване зображення символу	64x64	1 : 10 000 – 1 : 5 000

В процесі стандартизації виділяються такі етапи трансформації символного зображення (з одночасною зміною масштабу картографічного фону): трансформування точки в геометричну фігуру («нуль»); топологічне трансформування вихідної геометричної фігури; введення конструктивних елементів, що формують графічні символи різної структури («хрестик у нулі»); введення конструктивних елементів, що формують групи символів однакової вихідної структури; встановлення градації розмірів у системі складних символів рухомих об'єктів.

Застосування правила картографічної стандартизації проектування умовних позначень трьох типів, що дають змогу встановити тип та функціональне призначення об'єктів, суттєво підвищує реальність відображення й адекватність сприйняття картографічної моделі користувачем.

Розглянемо задачу відображення лінійного (статичного) та обертового (кінематичного й динамічного) переміщення складного картографічного умовного позначення на екрані ГІС-карти. Для формування динамічних сценаріїв стандартизації передбачено такі операції: формування та виведення візуальної статичної інформації, тобто картографічного зображення, та динамічної, яка являє собою переміщення рухомих об'єктів на ньому.

Експериментально доведено, що для відображення переміщень відносно простих символів у матриці 8 x 8 точок та за їх невеликої кількості (3-5), цілком допустимо застосовувати метод синусно-косинусних перетворень.

Алгоритм програми стандартизації відображення лінійного й обертового переміщення складного картографічного умовного позначення за допомогою синусно-косинусних перетворень, подано на рис. 2.2.

Основна ідея іншого підходу полягає у використанні бази даних символів (далі – БДС), що зберігає всі можливі азимутального зображення та кутове обертання, що визначається користувачем, які заздалегідь програмуються.

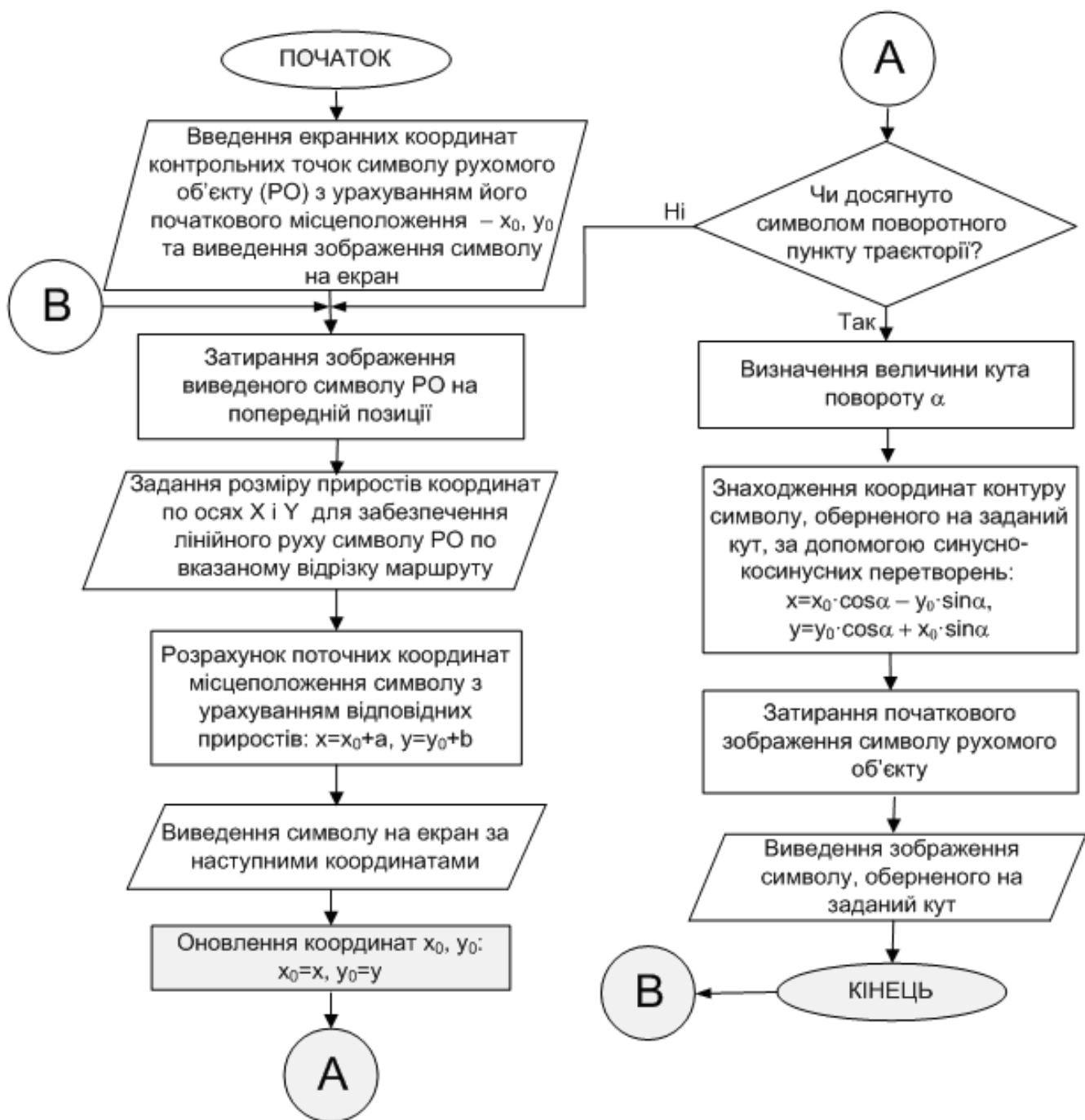


Рис 2.2. Алгоритм лінійного руху та повороту складного картографічного умовного позначення, який реалізує метод синусно-косинусного перетворення. (РО (Potential Object) – потенційний об'єкт екологічної безпеки [26])

У разі необхідності виведення на екран об'єктів різного типу потрібно заздалегідь створити БДС для кожного такого типу. В цьому разі виникає питання необхідної кількості азимутальних зображень, за допомогою яких необхідно відобразити плавний поворот, тобто відображення руху символу без мерехтіння. Оскільки експериментально встановлено, що реакція людини на зміну азимуту повороту символу лежить у межах  $8^{\circ}$ – $12^{\circ}$ , то для повного відображення всіх необхідних кутів повороту символу в БДС здебільшого достатньо зберігати його азимутальні зображення з кроком кута повороту  $\varphi_0 = 11,25^{\circ}$ . Отже, база даних

символів для кожного типу повинна містити не менше ніж  $N = 360^\circ/\varphi_0 = 360^\circ/11,25^\circ = 32$  зображення. Алгоритм представлений на рис. 2.3.

При цьому дані у БДС зберігаються в наступному вигляді. Кожне стандартне зображення символу зберігається в окремих файлах, які впорядковані за зростанням кута повороту з кроком  $\varphi_0$  для кожного типу символу об'єкта й містяться в окремому адресному просторі. Під час виконання повороту визначають номер файла для відповідного типу символу об'єкта, який зберігає зображення потрібного символу, повернутого на необхідний кут  $\varphi$ . Нехай  $K$  – код зображення символу (порядковий номер файла, в якому зберігається необхідне зображення). Якщо  $\varphi$  – відомий кут повороту, на який необхідно повернути картографічне умовне позначення об'єкта, то  $K$  визначають за формулою:  $K = 360^\circ/\varphi + 1$ .

Виникає питання про доцільність цього підходу в разі збільшення розмірів баз даних символів та збільшення розмірності матриці пам'яті й кількості типів об'єктів. Дослідження засвідчують, що такі БДС не потребують значних ресурсів, тобто значних витрат пам'яті для їх формування й зберігання. Для експерименту створено стандартизовану базу даних символів для зображення складного картографічного умовного позначення об'єкта, який описує матриця розміру  $32 \times 32$ . При цьому одне растрове зображення цього символу займає 3,05 Кбайт, а отже, БДС, що складається з 32 символів, має розмір усього 98 Кбайт.

Встановлено, що для побудови динамічної сцени на екрані середнього розміру (SVG-A) кількість відображуваних об'єктів у цьому випадку не перевищує 20 рухомих символів, причому деякі з них будуть однотипні. Так, у разі одночасного відображення символів 20 типів об'єктів, необхідно не більше ніж 1,1 Мбайт, що не потребує значного обсягу пам'яті.

У разі одночасного повороту й лінійного переміщення символу обчислюють нові координати в екранній системі координат за формулами (2.4), а потім в точку з цими новими координатами виводиться вже повернуте вибране з БДС зображення складного символу. На рис. 2.4 подано модифікований алгоритм повороту складного картографічного умовного позначення, який реалізує метод базових матриць.

Побудова уніфікації динамічного сценарію для вирішення завдань стандартизації картографічного умовного позначення передбачає плавний перехід від однієї карти до іншої або ж перехід між картами різного масштабного ряду. При цьому пропонують створити картографічні умовні позначення, розміри яких адекватні масштабу картографічного зображення і не спричинять зменшення його інформаційного навантаження. Це породжує завдання створення програмних засобів забезпечення трансформації зображень картографічного умовного позначення рухомих об'єктів та своєчасної зміни еколого-безпечного картографічного фону, причому розмір картографічного умовного позначення має бути пропорційним масштабу карти.

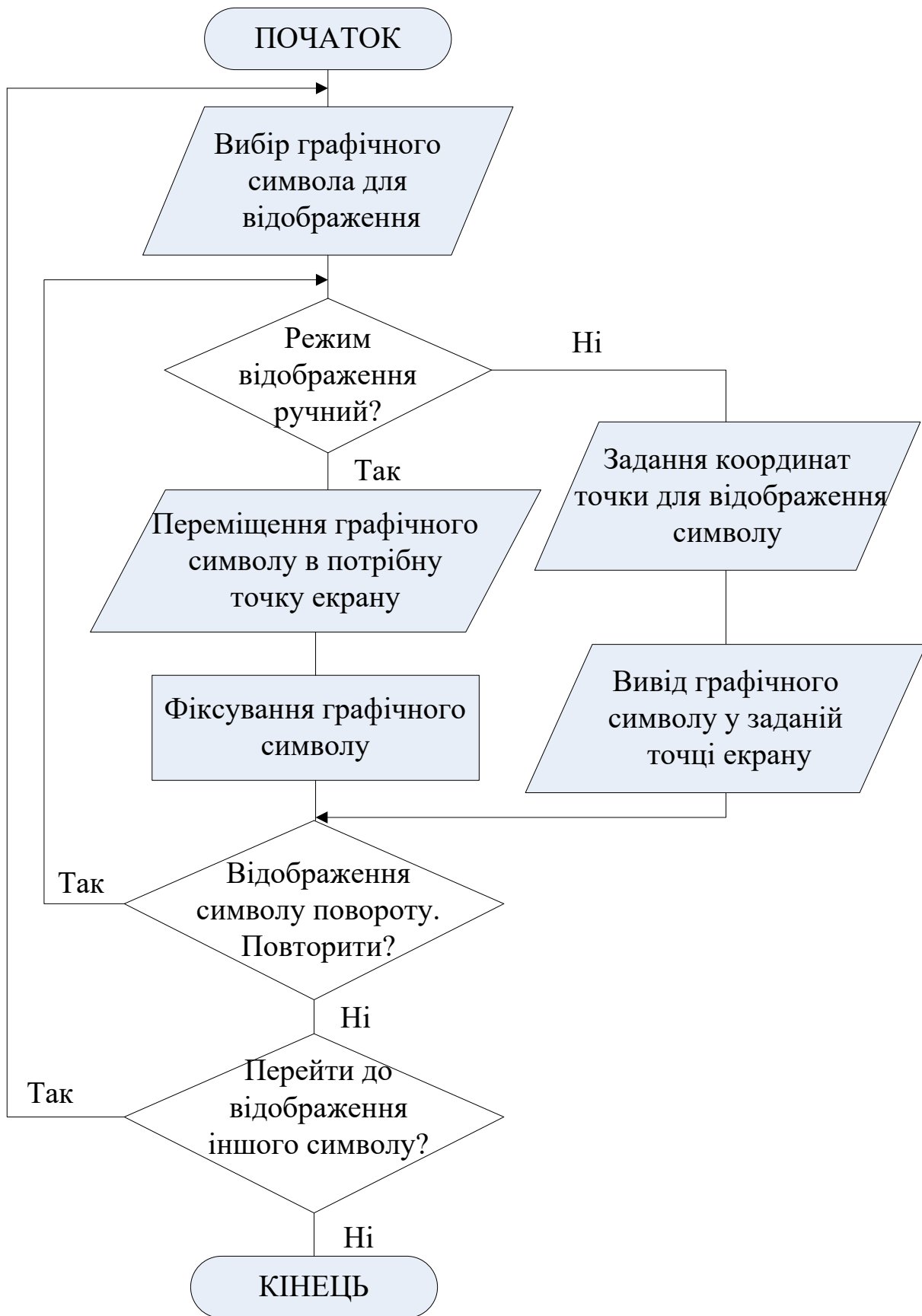


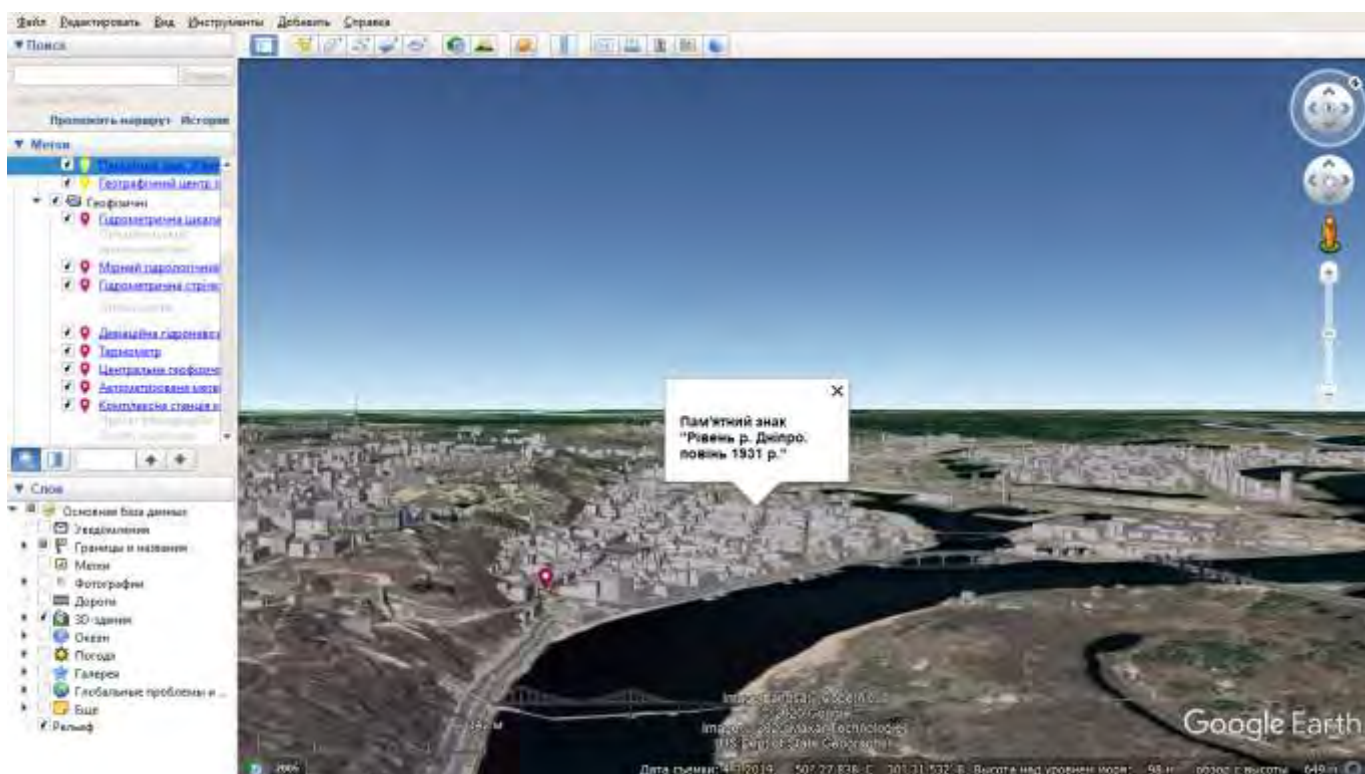
Рис. 2.3. Алгоритм стандартизованого відображення складного картографічного умовного позначення на екрані динамічної сцени ділянки карти в реальному часі



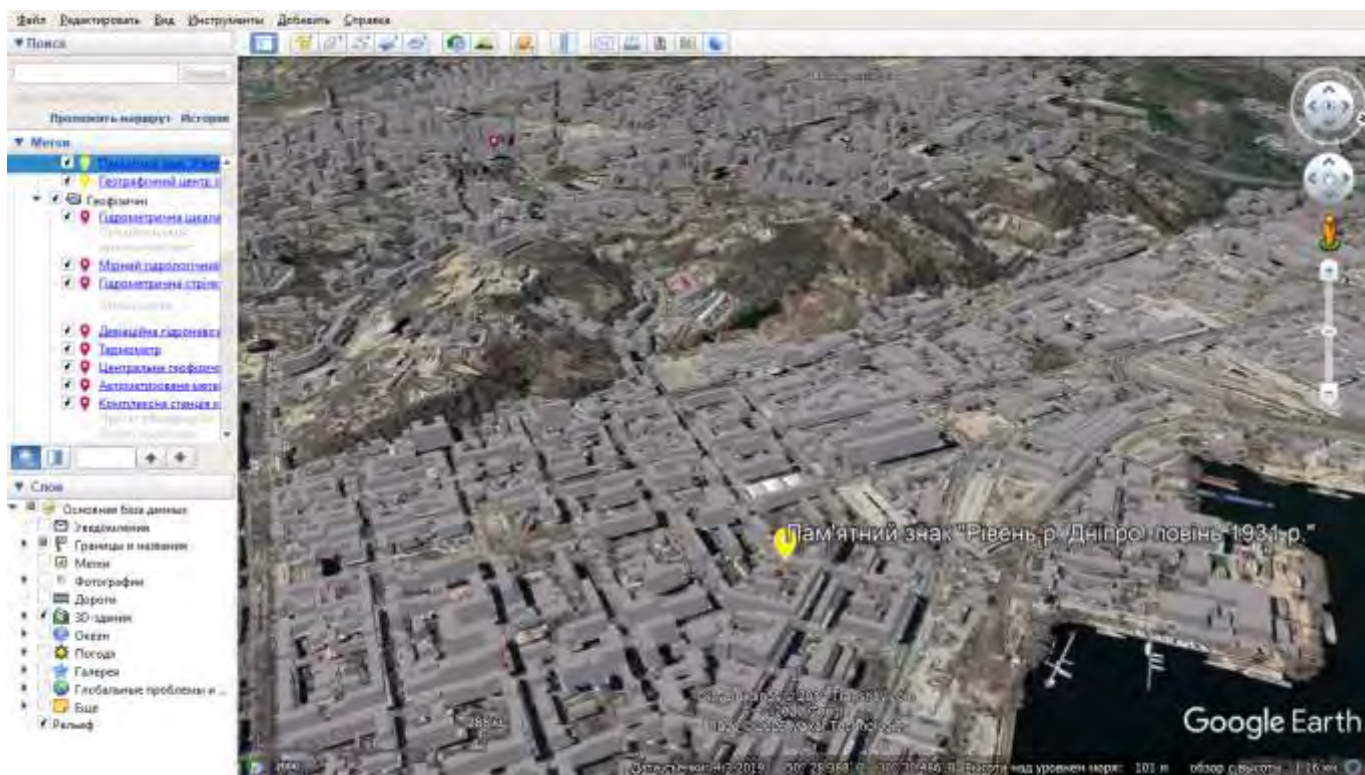
Рис. 2.4. Модифікований алгоритм повороту складного картографічного умовного позначення, який реалізує метод базових матриць (т.О – точка об'єкта; т. Опр – точка об'єкта проектна) [26]

Дослідження дали змогу дійти висновку, що для кожного етапу управління екологічною безпекою та моніторингом проєктують карти різного масштабного ряду. Наприклад, для відображення небезпечних природних явищ недоцільно використовувати карту великого масштабу, й навпаки, для екологічного моніторингу та управління у сфері екологічної безпеки необхідно диференційовано відображати ці операції у масштабі 1 : 10 000 – 1 : 2000 і більше.

Для інтерактивного картографування об'єктів інфраструктури еколого-природоохоронних обсервацій м. Києва у геопорталі Google Earth необхідно використовувати запрограмовані операціною оболонкою умовні позначення, які мають вищеописані функції ротації у відповідності до зручного положення виду картографічної моделі (рис. 2.5).



А



Б

Рис. 2.5. Ротація умовного позначення на карті ландмарків м. Києва у середовищі геопорталу Google Earth в залежності від сторін світу (А – вид на Північ, Б – на Захід)

Подані моделі й алгоритми створення стандартизованих тематичних електронних картографічних умовних позначень дають можливість наповнити БКД різною семантикою та геоіконікою, продиктованою технічним завданням. Завдяки моделюванню та класифікації концептів предметної сфери з застосуванням принципів цифрової картографії сформовано динамічний сценарій алгоритму стандартизації та уніфікації геоіконіки умовних позначень у системі екологічного моніторингу й управління екологічною безпекою.

### 2.1.3. Оцінювання якості геоіконіки картоінформаційних систем екологічної безпеки

Важливою задачею є дослідження якості геоіконіки інфраструктури геопросторових даних геоінформаційних систем. Якість даних постає актуальною у сфері моделювання задач, пов'язаних з екологічною безпекою. Потрібним постає формулювання алгоритму виявлення неякісних баз даних тематичних шарів геоінформаційних моделей та розробки математичного апарату та методу ітерацій у визначенні критеріїв якості геопросторових даних спеціалізованих ГІС.

Також важливо сформулювати рекомендації щодо поліпшення та підвищення якості базового інформативного матеріалу для проєктування оперативних екогеоінформативних систем та вказати напрямки щодо стандартизації графічних

візуалізацій та уніфікації зображувальних засобів. Доцільним є аналіз якості базових основ функціонування геоінформаційних систем.

Оцінка якості геоіконіки геоінформаційних систем такого спеціального призначення, як аналіз екологічної безпеки ґрунтується на їх глибокому вивченні та всебічному аналізі. Виходячи з цього, встановлюють коло споживачів ГІС, комплекс завдань, для вирішення яких вона призначається, і на цій основі формулюються вимоги до ГІС. Визначають значення критеріїв якості, що забезпечують загальну надійність.

Геоінформаційні системи екологічної безпеки потребують стандартизації, сертифікації та оцінювання якості баз інфраструктури геопросторових даних. В системі екологічного моніторингу та природно-техногенної безпеки – це наукоємна технологічна проблема, яка є центральною при оперативному та тактичному вирішенні нагальних проблем національної безпеки взагалі та безпеки життєдіяльності суспільства зокрема.

Аналіз якості ГІС, після загального ознайомлення з нею, починається з математичних елементів: проєкції, масштабу і компонування. Їх вплив, особливо масштабу, на утримання, повноту, детальність та точність, а також на способи зображення висвітлено в наступних наукових працях: проф. О.О. Светличного (загальна теорія формування якісних даних програмних продуктів), проф. Ю.Б. Баранова (статика даних ГІС), академіка А.М. Берлянта (оцінка точності геоінформаційних моделей), професорів Е.Г. Капралова та А.В. Кошкарьова (стандартизація семантики ГІС). *Не вирішеним залишається формулювання алгоритму проведення аудиту якості баз даних екологічних ГІС.*

Такий ітераційний алгоритм визначення якості баз даних складається із послідовних завдань у такій послідовності:

- визначення елементів ГІС, що підлягають аудиту якості;
- сформулювання прийомів аналізу якості атрибутивних баз даних;
- обґрунтування якості тематичного змісту баз даних екологічних ГІС;
- висвітлення етапів реалізації алгоритму оцінки якості геоінформаційних моделей;
- розробки аналітичного апарату розрахунку якості математичної та тематичної основи ГІС;
- проведення аналізу якості повноти змісту, його наповнення та стандартизації прийомів акумуляції.

Відомості про призначення ГІС визначаються з її програми або інструкції з проєктування. Іноді призначення ГІС обумовлено її спеціалізацією, наприклад «Природно-техногенная безпека м. Києва» та «Геопортал територій підприємств м. Києва». Однак у багатьох випадках призначення доводиться встановлювати виходячи зі змісту цифрових карт ГІС та інших модулів.

Аналіз якості дає можливість встановити елементи змісту, оцінити наукову обґрунтованість, логічну структурованість і системний рівень класифікацій, доцільність використаних способів зображення. Аналіз якості даних дозволяє сформулювати технічний висновок про низку принципово важливих особливостей ГІС і оцінити ступінь їх відповідності вимогам, сформульованим її спеціалізацією.

Слідом за вивченням якості легенди, вивчається математична основа ГІС, спочатку за окремими її елементами (гідрографія, рельєф, населені пункти або геопросторова основа, а потім елементи тематичного змісту). Це поглиблює уявлення про зміст ГІС і полегшує її подальше комплексне використання за окремими ділянками. У процесі аналізу якості ГІС з'ясовують зв'язки, взаємну узгодженість і «питому вагу» всіх елементів, так само як обсяг і повноту відомостей. На цій стадії також виконується оцінка якості оформлення, яка не може бути заснована тільки на загальній оцінці якості візуалізації графіки. Головна мета оцінки якості графіки ГІС – з'ясувати наскільки чітко, виразно і технологічно розкрито зміст геопросторової моделі екологічної безпеки.

Аудит якості геометричної точності за масштабом і за типом ГІС, генералізації по взаємній узгодженості різних елементів змісту, сучасність за часом проектування ГІС, недостатні для остаточних висновків про надійність ГІС. Для цього служать різні дані. Найпростіше скористатися інструкціями і нормативами, використаними при проектуванні ГІС або звернутися до її програми, формуляру та джерел, але вони доступні в рідкісних випадках [25].

Найбільш поширений прийом аналізу якості – порівняння досліджуваної ГІС з іншими аналогами. Це можуть бути:

- а) ГІС тієї ж території і тематики, що використовуються переважно для з'ясування точності і ступеня генералізації;
- б) спеціальні ГІС-геопортали тієї ж тематики і близьких масштабів на інші території, аналогічні в географічному відношенні для аналізу повноти змісту і якості генералізації;
- в) ГІС іншої тематики для зіставлення із загальних елементів змісту;
- г) новітні Android-ГІС, особливо для перевірки сучасності.

Порівняльний аналіз якості проводять вибірково за ділянками, найбільш характерними, забезпеченими допоміжними даними шляхом рекогносрування. Використання космічних знімків, які є тематичною базою даних ГІС екологічної безпеки, знімає це обмеження.

При аналізі якості ГІС залучаються також текстові джерела, наприклад адміністративні довідники і матеріали технічних альманахів з безпеки для перевірки на геоінформаційних моделях природно-техногенної небезпеки і загальної екологічної ситуації. Текстові дані набувають особливого значення при оцінці якості ГІС. Їх складають за матеріалами екологічного моніторингу природно-техногенної безпеки проблемних територій. При аналізі якості ГІС, використовуваних для розрахунків, зростає значення кількісних оцінок за основними критеріями надійності, і в зв'язку з цим, стає необхідним контрольне визначення похибок, які з'являються при багаторазовій вибірковій перевірці аналізованої ГІС.

Аналіз якості стає більш обґрунтованим при рекогносруванні (ознайомленні) з місцевістю показаної на геоінформаційній моделі території, з аспектами та об'єктами природно-техногенної безпеки. Щоб оцінити якість геоінформаційного відображення дійсності, треба мати про неї попереднє уявлення. Важливо бути знайомим з геопросторовими характеристиками території, щоб краще зрозуміти особливості даної ГІС і вибрати відповідні геоінформаційні моделі для порівняння.

У заключній стадії аналізу якості слід приділяти увагу додатковим даним шарів ГІС, що пояснюють або доповнюють геоінформаційне зображення, а також допоміжному оснащенню, що полегшує роботу з ГІС.

Аналіз якості дозволяє вивчити тематичний зміст баз даних ГІС, побачити їх дійсні переваги і недоліки та визначити наскільки повно задовольняють вони поставленим вимогам моніторингу екологічної безпеки. Далі залишається підвести загальний підсумок – дати коротке, недвозначне формулювання кінцевих висновків. Його слід представляти у вигляді алгебраїчної суми позитивних і негативних значень SWOT-аналізу.

Алгоритм аналізу якості геоінформації полягає в різнобічному дослідженні її особливостей і властивостей, що обумовлюють якість і придатність ефективно задовольняти потреби, що встановлюються відповідно до призначення ГІС.

Для оцінки якості технічних виробів в ISO 8000 «Якість даних» широко використовується узагальнююче поняття «надійність виробів». Це здатність безвідмовно виконувати задані функції в певних умовах в режимі перманентної роботи з необхідною точністю та протягом встановленого терміну дій.

Стосовно ГІС, надійністю в такому її подоланні, є повнота, достовірність, точність і сучасність геоданих. Це тлумачення не дає повне уявлення про ефективність, що передбачає надійне оптимально-технічне використання ГІС з найменшими витратами праці, коштів і часу.

Найбільш якісні бази даних ГІС у геопорталів – геоінформаційних ресурсах Інтернету, підключених до сервісів Google Earth та Google Map. Така інформація оперативно оновлюється за даними космічної зйомки – найбільш якісного геоматеріалу-основи ГІС з екологічної безпеки.

Аналіз і оцінка якості ГІС необхідні при проектуванні і створенні нових геоінформаційних моделей, для засобів дослідження споживачам-науковцям, при вирішенні конкретних практичних завдань екологічної безпеки, при прогнозуванні надзвичайних ситуацій.

Збір, аналіз та оцінка джерел утворюють один з відповідальних етапів формування будь-якої якісної бази даних ГІС. Повнота, достовірність, точність та актуальність вихідних даних багато в чому зумовлюють надійність ГІС, а зручність її використання позначається на витратах. Важливо не тільки підібрати джерела, але також зробити аналіз їх якості, оцінити та вибрати серед них найкращі.

Аналіз та оцінка якості геоданих ГІС виявляються необхідними також при розробці програм дослідження екологічної безпеки, зокрема природно-техногенних ризиків промислових об'єктів. У цьому випадку за основу для вивчення якості залучаються спеціалізовані опції ГІС тієї ж теми або того ж типу. Уникнути недоліків існуючих ГІС та врахувати їх позитивні сторони – практична мета наукового дослідження. До аналізу джерел доводиться вдаватися і в процесі безпосереднього проектування ГІС, наприклад при вирішенні питань про ув'язки та погодження різних джерел між собою. Аналізу та оцінці піддається кінцевий проєктний макет ГІС з метою перевірки, наскільки ГІС відповідає своїм цільовим призначенням і як здійснені в ній програмні установки та налаштування.

Для геопорталів аналіз та оцінка якості геоданих обов'язкові при складанні рецензій (критичних відгуків). При цьому аналізують наукову та ресурсну

доброякісність ГІС та її практичне значення через апробацію якості даних. При рекомендації або виборі баз геоданих ГІС, що залучаються для вирішення конкретних наукових або практичних завдань екології та екологічної безпеки, результати аналізу зазначаються у відповідному сертифікаті якості.

Аналіз та оцінка якості баз даних ГІС можуть переслідувати різні цілі. Саме з огляду на мету дослідження, встановлюють ті елементи і особливості ГІС, які потребують найбільшої уваги, та намічають критерії для оцінки переваг. Здійснюється різнобічний аналіз, який встановлює відповідність опцій ГІС її цільовим призначенням, тобто виявляє придатність ГІС для певного кола споживачів та ефективного вирішення певних завдань: наукових, технічних, навчальних. У цьому випадку досліджують всі згадані вище елементи і властивості, враховуючи разом з тим, що їх значення на різних оверлейнах ГІС неоднакові. Наприклад, геометрична точність – один з найважливіших показників якості ГІС, широко використовуваних для вимірювань, втрачає своє значення на демо-версіях (рекламних копіях).

В залежності від цілей аналізу одна і та ж база даних ГІС може отримувати різні оцінки. Наприклад, висновки, зроблені під час аналізу якості метаданих, як джерела для складання іншої бази даних, можуть відрізнитися від тих, які були отримані при оцінці модулів ГІС з точки зору її первісного цільового призначення. Точність конкретної геоінформаційної моделі масштабу 1: 100 000, що не задовольняє встановленим для цього масштабу нормам, може виявитися цілком прийнятною при використанні даної моделі як джерела для складання моделі масштабу 1: 500 000.

На наступних етапах реалізації алгоритму оцінки якості геоінформаційних моделей екологічної безпеки розглядаються особливості аналізу та критерії оцінки окремих елементів та властивостей геоданих переважно щодо геопросторових сюжетів. Ці елементи і властивості знаходяться між собою в тісному зв'язку. Їх аналіз має головним чином методичний сенс. Зручно спочатку досліджувати якість окремих опцій ГІС, не втрачаючи аналіз точності технологічних зв'язків, і вже потім прийти до кінцевих висновків, підбиваючи загальний підсумок.

При *аналізі якості математичної основи ГІС* – її масштабу, проєкції та координатних сіток, компонування та системи разграфки (а для екологічних моделей також системи координат та геодезичної опори) особливо важливо встановити доцільність прийнятого масштабу. Для цього треба з'ясувати, наскільки даний масштаб задовольняє вимогам, що впливають з призначення ГІС щодо її точності, повноти та наповнення змісту, а також масштабованості геопросторового зображення.

Розглянемо зв'язок між масштабом і можливою точністю визначення в ГІС координат і відстаней. Точність геоінформаційних моделей ГІС обумовлена нормативними документами, за якими середні помилки 2-D положення предметів та твердих контурів щодо найближчих опорних пунктів не повинні перевищувати 0,5 мм, а в гірських та пустельних районах – 0,75 мм, причому в якості граничних помилок приймаються подвоєні значення середніх. Це означає, що середні помилки  $m_k$  і  $m_d$  в координатах окремих точок та відстанях між ними, визначених у ГІС, для рівнинних територій будуть дорівнювати:

$$m_k = \pm 0,5 * N * m \quad (2.10)$$

$$m_d = \pm 0,5 \sqrt{2N} \pm 0,7N \quad (2.11)$$

де:  $m_k$  – коефіцієнт спотворення (похибки визначення) поздовжнього масштабу, вимірюється у значеннях роздільної здатності  $dpi$ , який повинен знаходитися в діапазоні  $\{20 \dots 50 dpi\}$ .

$N$  – значення чисельного загального масштабу,

$m$  – значення частого масштабу за краями карти.

Значення  $\pm 0,5$  залежить від значення спотворення на карті в залежності від широти картографування. Відповідне значення є сталим для різниці широт, в яких знаходиться Україна.

У формулі 2.11:  $m_d$  – коефіцієнт спотворення (похибки визначення) поперечного масштабу, який повинен знаходитися в діапазоні  $\{100 \dots 150 dpi\}$ . Значення  $-0,7$  – коефіцієнт зближення меридіанів для території України в проєкції UTM (Меркатора).

За формулами (2.10-2.12) визначається чисельне значення проєктного масштабу  $N_{пр}$  та значення частого масштабу за краями карти  $m_{пр}$ :

$$N_{пр} = 2000 m_k, m_{пр} = 1420 m_d(m) \quad (2.12)$$

Теоретично величина помилки не залежить від довжини вимірюваного відрізка, але при використанні цифрової опції вимірювання відстаней «Лінійка», фактична помилка може зростати зі збільшенням вимірюваних довжин внаслідок піксельної деформації дисплейного зображення.

Формули (2.12) дозволяють знаходити найменший масштаб, що забезпечує необхідну точність. Наприклад, якщо середня помилка в визначенні координат растрових контурів не повинна перевищувати  $\pm 100$  м, то  $N = 200\,000$ ,  $m$  – значення частого масштабу за краями карти відповідного масштабу є сталим значенням та дорівнює  $0,23587$ . Сформулюємо завдання – розрахувати найменший масштаб карти, що задовільнятиме значенням картосеміотичного проєкту.

Обчислимо значення похибок (неточностей) поздовжнього масштабу карти (за довготами):

$$m_k = \pm 0,5 * N = 0,5 * 200000 (0,23587) = 23,6 dpi$$

Розрухунок значення похибок (неточностей) поперечного масштабу карти (за широтами):

$$m_d = \pm 0,5 \sqrt{2N} \pm 0,7N = 0,5 \sqrt{2 * 200000} - 0,7 * 200000 = 139,7 dpi$$

Розраховуємо проєктні значення масштабів, в яких умовні позначення картографічного банку даних знаків будуть максимально семантичними (читабельними):

$$N_{np} = 2000 m_k = 2000 * 23,6 = 47,200$$

$$m_{np} = 1420 m_d(m) = 1420 * 139,7 * 0,23587 = 46780,47$$

Отже, за значенням  $m_{np}$  наближено визначаємо, що базовий масштаб 1: 200 000 (і більше) не задовольняє поставленій умові відображення умовних позначень і є надзвичайно дрібним. Розрахований показник  $m_{np} = 46780,47 \approx 50000$ . Тобто мінімальне значення масштабу проєкту карти повино бути не менше і не більше 1: 50 000.

Встановимо зв'язок між масштабом та точністю визначення площ. Це обумовлюється середньою відносною помилкою вимірювання площі  $m_p$ , вираженою у відсотках:

$$m_p = 100 \frac{M_p}{m_p} \quad (2.13)$$

де:  $M_p$  – площа вимірної ділянки геодезичними методами та  $m_p$  – площа вимірної ділянки картографічними або фотограмметричними методами.

Середня квадратична помилка вимірювання площі  $p$  повинна відповідати середній помилці  $m_k$  – значенню похибок (неточностей) поздовжнього масштабу карти (за довготами). Тоді, вираз (2.13) перетворюється так чином:

$$m_{p\%} = 100 \frac{2m_k}{\sqrt{p}} \quad (2.14)$$

Величина  $m_p$  обчислена для ділянок різної площі при  $m_k = \pm 0,05$  см. та показана в табл. 2.3. Оскільки

$$p = \frac{10^{10} P}{N^2}; \quad (2.15)$$

де:  $P$  – площа на місцевості, що окремо обчислюється у  $\text{км}^2$  та у гектарах. Формула (2.14) буде мати вигляд:

$$m_p = 100 \frac{2m_k N}{10^5 \sqrt{P}} \quad (2.16)$$

де:  $m_k$  – значення у  $\text{см}^2$ , а  $P$  – у  $\text{км}^2$  та в окремому розрахунку в гектарах.

Звідки

$$N = 500 \frac{m_p \sqrt{P}}{m_k} \quad (2.17)$$

де:  $m_k$  – значення у  $\text{см}^2$ , а  $p$  – у  $\text{км}^2$  та в окремому розрахунку в гектарах.

Таблиця 2.3  
Середні відносні похибки визначення площі (в %)

Ділянка $p$ на геоінформаційній моделі в $\text{см}^2$	$m_p = 100 \frac{2m_k}{10^5 \sqrt{P}} [\text{см}^2]$
1	10
5	4,5
25	2
100	1

Наприклад, якщо необхідно вимірювати площі в  $25 \text{ км}^2$  і більше із середньою помилкою, що не перевищує 2 %, то  $N$  дорівнюватиме 100 000. Для цієї точності придатні моделі масштабу 1: 100 000 і крупніше. При цьому не враховуються помилки вимірювання площі. Так само як і при способах вимірювання, що застосовуються в сучасній геоінформатиці, вони приблизно на порядок менше власних помилок. Зокрема, при електронному геоінформаційному моделюванні відносна помилка визначення площі падає до 0,3 %.

Щоб оцінити, наскільки масштаб відповідає вимогам точності, треба встановити ці вимоги та з'ясувати, як вони задовольняються при даному масштабі.

При аналізі відповідності масштабу вимогам повноти досліджують можливість вміщення даної графічної бази при збереженні її високої зображувальної здатності в технологічній схемі передачі інформації. Для цього треба знати густоту  $q$  геопросторових явищ в природі та встановити доцільне допустиме квадратичне навантаження на моделі  $n_0$  – кількісний показник навантаження на змістовну частину карти.

Для об'єктів, локалізованих по пунктах, зручно встановлювати густоту об'єктів в природі їх числом на  $100 \text{ км}^2$  території, а навантаження – числом об'єктів на  $100 \text{ см}^2$  моделі. Але при іменованому масштабі  $M$ , вираженому числом кілометрів на  $1 \text{ см}^2$ ,  $100 \text{ см}^2$  геоінформаційної моделі відповідають  $100 \text{ км}^2$  місцевості. Отже,

$$n_0 = M^2 q \quad (2.18)$$

Для вичерпного нанесення потенційних екологічно-небезпечних об'єктів місцевості м. Києва на карту при навантаженні  $n_0$ , що наприклад дорівнює 100 (100 пунктів на  $1 \text{ дм}^2$  моделі) і при густоті  $q$ , що дорівнює 16 та 4 об'єктам (в середньому на  $100 \text{ км}^2$ ), достатні масштаби в першому випадку 1: 250 000, у другому – 1: 500 000.

Разом з тим формула (2.18) дозволяє визначити  $n$ -навантаження, що припадає на  $1 \text{ дм}^2$  геоінформаційної моделі масштабу  $M$  при будь-яких значеннях густини  $q$ . Наприклад, при густоті 16 та 4, вичерпний показ пунктів на геоінформаційній моделі масштабу 10 км в 1 см. визначає нанесення в  $1 \text{ дм}^2$  геоінформаційної моделі відповідно 1600 та 400 об'єктів. Тому в зазначеному прикладі при обмеженні

навантаження геоінформаційної моделі 100 об'єктами на 1 дм<sup>2</sup> зберігається масштаб 1: 1 000 000, лише 1/16 та 1/4 від загальної кількості об'єктів природно-техногенної безпеки.

При аналізі повноти геоінформаційної моделі щодо лінійних об'єктів необхідно порівнювати загальну (сумарну) довжину цих об'єктів на геоінформаційній моделі з їх загальною довжиною в натурі (при перерахунку останньої величини в масштаб геоінформаційної моделі).

Оскільки прямі та повні підрахунки величин, необхідних для аналізу, вимагають значного часу, слід вдаватися до вибірових підрахунків, користуючись спрощеними прийомами.

Способи виконання вибірових підрахунків, що забезпечують бажану точність, розглядаються в математичній статистиці, а спрощені вимірювання – в геоінформатиці. Наприклад, доведено, що загальну довжину дорожньої мережі  $L$  (см), що виражена в масштабі карти в межах ділянки геоінформаційної моделі, в дециметровому квадраті, можливо наближено визначити за формулою:

$$L = \frac{\sqrt{n-1}}{2} \sum_{j=1}^k l_j \quad (2.19)$$

де:  $L$  – довжина зовнішнього контуру (в даному випадку 40 см), а  $n$  – число замкнутих ланок (контурів) дорожньої мережі в межах цієї ділянки,  $l_j$  – сума довжин всіх елементів дорожньої мережі. Таким чином, всі вимірювання обмежені підрахунком кількості ланок. Не бажано обирати всі ланки мережі разом взяті. Необхідно їх групувати за типом рельєфу та особливостей географічної ситуації, але не менше 5-10 об'єктів.

Для наближеного визначення сумарної довжини ліній гідрографічної мережі  $G$  зручно використовувати прозору оверлей-палетку в опції ГІС з паралельними прямими, проведеними при постійному інтервалі  $k$  (3-5 мм). Після накладання оверлей-палетки на геоінформаційну модель, підраховують число всіх перетинів ліній з лініями гідрографічної мережі:

$$G = 1,57nk \quad (2.20)$$

Такий розрахунок слід виконувати двічі при двох перпендикулярних положеннях оверлей-палетки (використовується в ГІС Surfer).

Масштаб геоінформаційної моделі забезпечує необхідну якість зображення певних об'єктів, коли відомі вимоги, що впливають з призначення геоінформаційної моделі та особливостей її використання. Наприклад, є необхідність виділення з геоінформаційної моделі кластеру забруднень від ТЕС з мінімальною площею в 1 га. Нехай далі встановлено, що прийняті умовні позначення забезпечують достатню чіткість зображення, коли розмір мінімальної ділянки (комірки) не стає менше 16 мм<sup>2</sup> (4 на 4 мм). Звідси випливає, що 4 мм на моделі повинні відповідати 100 м на місцевості, або поставленим умовам задовольняє

масштаб 1 : 25 000. У загальному вигляді формула для визначення відповідного масштабу має вигляд:

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{10^5} \sqrt{\frac{p}{P}}, \quad (2.21)$$

де:  $N$  – знаменник чисельного масштабу геоінформаційної моделі,  $P$  – мінімальний виділ в натурі (в км<sup>2</sup>),  $p$  – відповідний йому мінімальний контур на геоінформаційної моделі (в см<sup>2</sup>).

Якщо задана чіткість зображення окремих об'єктів вимагає збільшення масштабу, то необхідність повного зображення будь-якої території (країни, області) на одному дисплеї та зручність користування геоінформаційною моделлю може спонукати до зменшення її квазімасштабності звичайним зумуванням на панелі опцій ГІС. Наприклад, в національних електронних атласах екологічні моделі мають максимальний масштаб, що зображує країну в цілому. Це функціонально пов'язано з форматом електронного атласу.

При оцінці доцільності масштабу доводиться враховувати також: співвідношення масштабу досліджуваної моделі з масштабами однотипних тематичних моделей та технологічні моменти використання, що виникають після друкування моделі на плотері.

Оцінка масштабу стосовно до вимог точності, якості, повноти нерідко призводить до незгоди з висновками експертів оцінювачів якості ГІС. Тому в остаточному судженні про якість масштабу слід враховувати весь комплекс вимог до геоінформаційної моделі та її відбиток як в масштабі, так і в інших особливостях моделі: в повноті змісту, геометричній точності. Побаження споживачів ГІС про збільшення масштабів моделей нерідко не пов'язані з вимогою відповідного підвищення геометричної точності. Їм потрібно лише більш велике зображення, що полегшує користування, що можна отримати простим зумуванням. Взагалі для геоінформаційних моделей систем екологічної безпеки важлива відповідність масштабу вимогам точності, а для оглядових (екогеопорталів) – вимогам повноти і зручності роботи (ергономічність моделі).

Аналіз якості інших математичних елементів може відрізнитися в залежності від масштабу та виду ГІС. Відносно закордонних ГІС основна увага звертається на з'ясування проєкції, системи координат та особливостей координатних сіток. Ці відомості необхідні при використанні ГІС в якості джерел (коли виникає необхідність в обчисленні та введення поправок для переходу до математичної основи, прийнятої для відповідної моделі) або при геоінформаційних вимірах, правильність яких залежить від врахування систематичних похибок, що обумовлюються відмінностями в математичній основі моделі.

Для дрібномасштабних геоінформаційних моделей набуває істотне значення аналіз якості проєкції та компонування. У проєкції враховуються характер і величина спотворень, особливості їх розподілу, доцільність проєкції в геопросторовому відношенні та зручність використання у зв'язку з призначенням ГІС. На геоінформаційних моделях, що залучаються для вимірювання кутів та

відстаней (при моніторингу екологічної безпеки), необхідні рівнокутні проєкції, але, якщо потрібен облік площ (наприклад, на геоінформаційних моделях ЛЕП, газо- і нафтопроводів), застосовують рівновеликі проєкції для багатоцільових науково-довідкових екогеопорталів нерідко використовують проєкції проміжні за їх властивостями.

Існуючі різні підходи до оцінки величини спотворень. Часто обмежуються вимогою, щоб спотворення були візуально невідчутні. Наприклад, вважають що проєкції візуально рівновеликі, відносяться до них проєкції з спотвореннями площ, які не перевищують 5 %. В інших випадках надають перевагу малим спотворенням на тих частинах геоінформаційних моделей, де зосереджено її основний зміст та допускають суттєві спотворення на іншому просторі (наприклад, в приполярній зоні для вивчення впливу глобального потепління на рівень світового океану та градієнта температур). Іноді доводиться миритися з досить великими спотвореннями, якщо проєкція зручна для вирішення певних завдань екології. Класичний приклад – використання проєкції Меркатора у морських навігаційних геопорталах.

Просторова доцільність проєкції передбачає її вибір з урахуванням теми та змісту геоінформаційної моделі. Адекватний зразок просторового підходу подає дві проєкції: циліндричну стереографічну проєкцію Голла та псевдоциліндричну рівновелику проєкцію Еккерта, побудовану з розривами за океанами. Перша проєкція має великі спотворення, але дає безперервне зображення простору. Друга проєкція, на якій кращу якість зображення досягнуто ціною втрати цілостності геоданих, вживається для геоінформаційних моделей оцінки впливу промисловості на навколишнє середовище. Використовуються вони для геоінформаційних моделей, зміст яких поширюється на великі простори.

Якість повноти змісту ГІС та його достовірність визначають якість самої геоінформаційної моделі. Повнота змісту, тобто її різнобічність та обсяг укладеної інформації оцінюється за її обсягом даних для характеристики явищ відповідно до призначення ГІС та розв'язання практичних та наукових завдань. З призначення ГІС випливають вимоги до повноти, що зумовлюють: відбір елементів змісту, розробку для них класифікацій, вибір способів зображення, цензи та норми генералізації, співвідношення («питома вага») елементів та загальний обсяг геоінформації.

Відбір елементів змісту може видозмінюватися навіть на різних оверлеях ГІС. Наприклад, деякі з них видаються в різних варіантах, кожен з яких зберігає тільки елементи, що цікавлять певні групи споживачів ГІС (Міндовкілля, ДСНС).

Наступним ітераційним кроком оцінки якості є семантика ГІС. Доцільність обраних для ГІС способів зображення (наприклад, обґрунтованість вибору для передачі рельєфу горизонталям та відмиванню) розглядається одночасно з аналізом змісту ГІС у зв'язці з її призначенням, масштабом та специфікою екологічних явищ.

Оцінка якості оформлення, застосованих у геоінформаційних моделях графічних засобів, має на меті з'ясувати її ступінь «читаності» геоінформаційної моделі – легкість та швидкість сприйняття ГІС в процесі її використання. На ступінь «читаності» геоінформаційної моделі впливає ряд факторів: розрізнення (індивідуальність) та наочність окремих позначень; зорове сприйняття логічних

зв'язків та підпорядкованість в системі позначень, а також загальне графічне навантаження на геоінформаційну модель.

Розрізнення позначень, що припускає їх безперечну зорову диференціацію, багато в чому залежить від індивідуальності, простоти та чіткості штрихових знаків, належного контрасту фарб, фонових кольорів та штриховок у цифровому форматі. Великий вплив мають загальні розміри знаків та їх деталей, а також співвідношення розмірів системних знаків.

Наочність позначень визначається їх «образністю», доступністю для безпосереднього впізнання зоровою асоціацією окремих знаків та цифрових кольорів ГІС з відображеними об'єктами природи або їх властивостями. Вплив цього фактора на якість оформлення обмежена. По суті знакових геоінформаційних систем межі використання принципу наочності виявляється вузьким, особливо на тематичних геоінформаційних моделях з екологічної безпеки.

Логічні зв'язки в системі знаків визначаються системним підходом до конструювання легенди геоінформаційної моделі, її структурою, диференціацією знаків внутрішніх підрозділів, відображенням системи з урахуванням спільності знаків всередині кожного підрозділу. При використанні геоінформаційної моделі необхідно не тільки розрізняти окремі категорії об'єктів (наприклад, промислові підприємства, насосні станції, небезпечні об'єкти теплоенергетики), але і візуально об'єднувати їх у типові групи – *кластери* (об'єкти промислової інфраструктури або урбанізований ландшафт). Враховування їх внутрішньої підпорядкованості (наприклад, в значенні меж забруднень), треба сприймати в наростаючій силі забарвлення інтенсивності явищ (наприклад, ареали забруднень та викидів).

Логічно-конструкційне оформлення забезпечує виразність геоінформаційної моделі, як одного з елементів якості ГІС-моделі, тобто подачу та висунення на перший план основних елементів та головних об'єктів змісту. Це досягається за допомогою використання для них відносно великих знаків та насичених яскравих цифрових фарб. Навпаки, другорядним об'єктам присвоюються невеликі за розмірами знаки та не яскраві кольорові гами, що відводить їх на задній план. Подібний прийом, іноді навіть з використанням трипланової подачі матеріалу, уживаний на багатьох тематичних ГІС-моделях з екології. Зокрема, для поліпшення основи, коли їй не слід кореспондувати з основним змістом геоінформаційної моделі. Логічність знаків допомагає виявляти співвідношення та встановлювати одночасно загальні закономірності просторового розміщення явищ.

Вплив на читання геоінформаційної моделі її загального графічного навантаження, вираховується у відсотках площі, зайнятої штриховими знаками та написами, або у відсотках площі чорного (хроматичного та кольорового) забарвлення в штрихових знаках та написах по відношенню до загальної площі геоінформаційного зображення. Навантаження можна обчислювати також в квадратних міліметрах на 1 см<sup>2</sup> геоінформаційної моделі. На думку проф. Ж. Бертена, оптимальна площа чорного, що забезпечує найкращу читаність моделі, відповідає 5-10 %. За даними проф. В. І. Сухова, оптимальне навантаження геоінформаційної моделі знаками та підписами населених пунктів дорівнює 12 %, а гранична – 15-18 %. Зазначимо, що один і той же зміст може давати різне

навантаження на геоінформаційну модель в залежності від малюнка та розмірів знаків.

Поняття «зміст» та «навантаження» не тотожні один одному. Але при певній системі знаків навантаження функціонально пов'язане з обсягом змісту геоінформаційної моделі. Щоб уникнути втрати читабельності обсяг змісту геоінформаційної моделі не повинен перевищувати загальне графічне навантаження за допустимі межі. На рис. 2.6 показана перезавантаженість карти м. Києва.

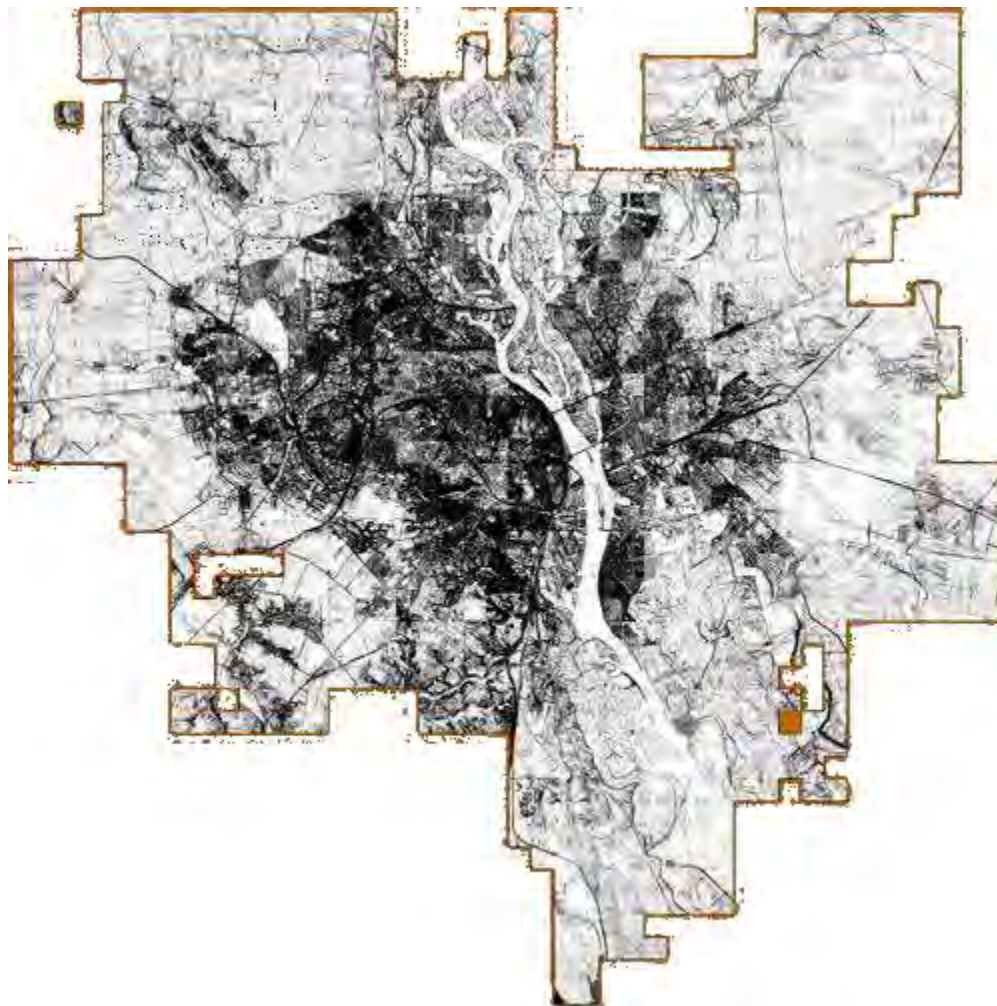


Рис. 2.6. Приклад слабкої читаності карти м. Києва

Аналіз ГІС екологічної безпеки не можна обмежувати вивченням якості її геоінформаційних моделей порізно. Впровадження в ГІС системного підходу спонукає враховувати у кожній ГІС систему геоінформаційних моделей, які знаходяться в певних відносинах та зв'язках між собою. ГІС екологічної безпеки, як система геоінформаційних моделей, відображає геодані за допомогою роздільного моделювання складових комплексів елементів, їх стану та взаємозв'язків поряд з синтетичною передачею цих комплексів. При аналізі якості ГІС важливо оцінювати її повноту та внутрішню єдність. Для цього розглядається архітектура ГІС в цілому, зіставляючи її окремі опції та функції. Вихідною основою служать вимоги до ГІС,

що впливають з її призначення. Зокрема, з урахуванням цих вимог встановлюються оптимальний формат та обсяг інфраструктури геопросторових даних.

Вимога повноти, що спонукає до збільшення числа оверлеїв та до укрупнення масштабів, вступає в протиріччя з встановленим розміром бази даних, що примушує до обмеження кількості опцій та зменшення масштабу. Вихід з суперечності знаходять в усуненні елементів, показників та системоутворюючих зв'язків, другорядних в даному комплексі та при заданому призначення ГІС. Поєднуючи на одній геоінформаційній моделі прості та взаємопов'язані сюжети – диференціації масштабів, згідно значенням та складності конкретних тем картографування. Такий аналіз якості показує, наскільки вдало вирішена ця задача.

Уніфікація масштабів, проєкцій, класифікацій виконується з ціллю внутрішньої єдності баз даних ГІС в цілому, але може завдавати шкоди якості окремим геоінформаційним моделям. Індивідуальний підхід до розробки змісту та графіки з урахуванням специфіки теми й геопросторових умов здатний дати кращий результат. Наприклад, для зіставлення рельєфу на різних геоінформаційних моделях екологічних ГІС важливо мати загальну гіпсометричну шкалу. Для найкращої передачі рельєфу в окремих ГІС краще розробити на відповідних геоінформаційних моделях самостійні шкали. Саме порівняльний аналіз якості геоінформаційних моделей ГІС дозволяє побачити, наскільки вдало подолані подібні труднощі, як враховані специфічні особливості без нанесення відчутного збитку єдності та якості баз даних ГІС.

Прикладне завдання оцінки якості ГІС включає аналіз в цілому окремих геоінформаційних моделей та порівняльний аналіз опцій та метаданих. Це зручно вирішувати методом ітерацій. Перша ітерація – загальне ознайомлення з ГІС, а також вивчення в цілому. Це дозволяє встановити структуру ГІС (розділи та їх будову), тематичну повноту кожного розділу, систему масштабів та проєкцій, обґрунтованість їх вибору, особливості компонування, загальний характер типових оверлеїв, наявність та особливості супроводжуючих текстів, оцінити рівень та якість графіки.

В результаті аналізу якості ГІС, аналізу за територіальним охопленням, масштабами та послідовності роботи модулів програм, проводиться районування за масштабами, визначаються візуалізовані значимі території екологічної безпеки.

При ґрунтовній оцінці якості ГІС, на другому ітераційному етапі аналізуються архітектура геоінформаційних моделей ГІС окремо за тематичними шарами. Це дозволяє визначити місце, значення та своєрідність кожної геоінформаційної структури в моделі та у всьому комплексі у цілому, визначити питання, специфічні для конкретних задач екологічної безпеки (наприклад, територіальний розподіл потенційно-небезпечних об'єктів) та тим самим надати цілеспрямованість детальному аналізу геоінформаційних моделей ГІС екологічної безпеки.

Аналіз якості окремих геоінформаційних модулів ГІС супроводжується зіставленням баз даних між собою, зокрема, оверлеїв тематичних шарів. Це посилює обґрунтованість оцінок якості та разом з тим накопичує фактичний матеріал для систематичного порівняльного аналізу. Наприклад, підхід до оцінки якості генералізації в цілому може бути різним залежно від того, інстальовані чи ні в архітектурі ГІС-тематичні модулі регіональних аспектів екобезпеки. Коли тематичні

геоінформаційні модулі функціонують в ГІС, то у загальній програмній моделі ГІС впливає фактор жорсткого відбору геоданих з навантаження та підвищення якості ГІС або зосередження уваги на головних об'єктах змісту карти.

Завершальний етап дослідження якості ГІС містить порівняльний аналіз, що дозволяє перевірити внутрішню єдність опцій програми, прийти до остаточного висновку про повноту ГІС та дати їй оцінку в науковому та технічному відношенні.

В перспективі єдність роботи модулів не впливатиме на якість продукту, але це не означатиме послаблення вимог до формальної беззастережної стандартизації всіх ГІС з екологічної безпеки навіть у відношенні таких питань, як проєкції, масштаби, способи зображення, знаки, шрифти. Наприклад стандартизація розмірів шрифтів для назв населених пунктів на геоінформаційних моделях різних масштабів в ГІС позначається сприятливо на дрібномасштабних моделях. Рекомендується використовувати невеликі написи назв підприємств промисловості на дрібномасштабних моделях.

На завершальному етапі, при загальній оцінці якості ГІС проводиться аналіз внутрішньої завершеності ГІС, зокрема, якою мірою розміщення тих чи інших явищ, показаних на одних геоінформаційних моделях, знаходить пояснення на інших моделях цієї ж ГІС. Подальші дослідження пов'язані з оцінкою якості в аспектах науково-технічної та технологічної об'єктивності, актуальності та оперативності ГІС екологічної безпеки через створення картосемантичного комплексу інструментів ГІС.

#### **2.1.4. Картосемантичний комплекс інструментів для візуалізації та передачі геопросторових даних обсерваційного моніторингу в картографічних легендах**

Усі функції тематичних даних, показаних на карті, повинні пройти процес спрощення, узагальнення (іноді перебільшення) і, нарешті, символізації за допомогою картосемантичного комплексу інструментів візуалізації та передачі даних у картографічних легендах на етапі конструювання картографічної легенди при програмуванні алгоритму укладання відповідної географічної карти. Це є одним із центральних наукових завдань теоретичної та прикладної картосеміотики.

Питаннями картосеміотичного конструювання картографічних легенд займалися такі теоретики картографії: М.М. Баранський (1934 р.), К.О. Саліщев (1966 р.), О.Ф. Асланікашвілі (1967 р., 1974 р.), О. Володченко (2009 р.). Вони заклали теоретико-методологічну основу технологічних і виробничих трендів автоматизованого проєктування і конструювання картографічних легенд.

Болгарський професор картографії Радостин Стоянов у своїй праці дуже скептично ставиться до теорії картосемантичних комплексів картографічної візуалізації і символізації даних, називаючи їх «ментальними основами передкартографічних робіт», які не мають спільного з картографічними роботами укладання карт. Мало дослідженим залишається питання картосеміотичних, картосемантичних та картосеміологічних (картних) підходів до філософії проєктування картографічних легенд геопросторових моделей, що створюються на основі ГІС-технологій.

Важливим є не лише вивчення концептуальних засад формування конструювання типових загальногеографічних спеціалізованих легенд карт, а й перевірка відповідних гіпотез заради підтвердження або спростування деяких наукових концепцій стосовно відповідного технологічного інструментарію та сучасних технологій візуалізації в картографії.

Для візуалізації географічних явищ у суспільстві та навколишньому природному середовищі використовуються символи на картах, що представляють різні геопросторові дані, пов'язані з місцем, відстанями, обсягами, рухом, функціями, процесами кореляції. Ці явища поділяються на чотири основні категорії: *точка* (безвимірні дані), *лінії* (одномірні дані), *площа* (двовимірні дані), *обсяги* (тривимірні дані). Усі дані, що картографуються, відображаються у легенді карти спеціальними умовними позначеннями. Професор В.С. Тікунов виокремив три групи полімодельних конструкцій картографічних легенд: ланцюговоподібні (однопорядкові); мережеві (порівняльного аналізу вивчення явищ), деревоподібні (подібності явищ) та тип «переплетіння крон дерев».

Сучасна наукова парадигма методології конструювання картографічних символів ґрунтується на тому, що чотири категорії даних мають бути представлені на карті тільки в трьох основних типах символів: *точках*, *лініях* і *областях*. Таким чином, значна увага повинна бути зосереджена на створенні картографічної легенди – бібліотеки умовних позначень-символів, які зображують більше однієї характеристики. У той же час, кожен з трьох типів символів представляє різні основні географічні особливості інтерпретації, що методично апробовано на топографічних картах США. У тематичній картографії ці символи можуть бути використані для подання географічних статистичних даних, наприклад, густина або щільність.

Подамо порівняльний картосеміотичний аналіз фрагменту бібліотеки умовних позначень України та США. Картолінгвістична інтерпретація картографічних знаків геодезичної мережі на картах українських і США відрізняється. Замість знаку «пункт тріангуляції» запроваджений термін «горизонтальний контрольний пункт»; знак «пункт полігонометрії» на американських картах представляє собою картолінгвістичну інтерпретацію як «межевий знак». Різними картопрагматичними конструкціями подано і піктограму «репер». На українських топографічних картах відсутні картографічні умовні знаки «геодезична піраміда», «пункт екологічного моніторингу», «промислове підприємство». Картинне зображення знаку «колодязь» на американських картах повністю не збігається із вітчизняною бібліотекою умовних позначень для топографічних карт.

В українських каталогах умовних позначень відповідна картопіктограма за іконометрією ідентична знаку «рудникова штольня». Умовного позначення «маяк» на американських топокартах немає, проте в українській бібліотеці картографічних позначень існує цілий перелік різних типів умовних позначень маяків при укладанні легенди морських і річкових навігаційних карт в ГІС deKart. Таким чином, *запровадження порівняльної картосемантики умовних позначень ГІС різних країн є важливою науковою задачею прикладної картосеміотики.*

Процеси створення і укладання каркасу умовних картографічних знаків на етапі авторського програмування карти називаються технологічними прийомами

укладання метакарти. Після того, як метакарта створена, обирають, які географічні особливості повинні бути зображені на карті та яким чином. Масштаб карти є важливим фактором у визначенні того, які функції можуть бути показані та у який спосіб. Деякі дані не підходять для зображення на всіх рівнях. Якщо географічні показники відображаються в помилковому масштабі, то дані можуть виявитися занадто перевантаженими або їх масив буде занадто малим.

Взагалі, для відображення геоінформації, є два основні алгоритми конструювання картографічних символів, які використовують при укладанні картографічних легенд: *живописні (картинні, натурні)* і *абстрактні*.

Символи з точки зору картосемантики і теорії сприйняття графічної інформації, що їх розробив професор М.К. Бочаров (1957 р.), мають у переважній більшості *мальовничий (картинний)* вид середовища, об'єктів, явищ, які вони представляють. Ці символи, як правило, відображають формові (об'єм, параметри, топологію) та кольорові особливості. Наприклад, символом для організації пікніка може бути картинка «стіл для пікніка», символом рослинності чи області заказника може бути «зелений полігон». Символи, описані як абстрактні, можуть бути будь-якої геометричної форми, визначені представленням якісних функцій. Наприклад, ряд послідовних точок та/або квадрати можуть представляти квартали населених пунктів у легенді карти. З іншого боку, кольорові або малюнкові полігони можуть представляти різні соціальні явища, наприклад, щільність населення на карті. Існує невелика різниця в тому, як технологічно відрізняється побудова картографічних символів для відображення географічних явищ у комп'ютерному середовищі і звичайному ручному (рукописному) при укладанні паперової карти.

На думку проф. О. Володченка, у виборі розміру картографічного символу потрібно застосовувати такий алгоритм для дотримання вимог, що стосується запровадження аксіоми, де *картографічні символи (позначення) є підходящими для різних масштабів, при яких карта може розглядатися як адекватна картографічна модель*. Іноді кращий вибір розміру може бути результатом компромісів. В цьому випадку укладається мінілегенда. Важливим є те, що на жодній карті, незалежно від дизайну символу або використання засобу джерела геоінформації, всі символи повинні бути чітко описані в легенді карти.

При картосеміотичному аналізі типової картографічної символізації важливо мати чітке уявлення про набір даних для їх зіставлення. Розподіл набору умовних позначень може бути вивчений шляхом розрахунку описових статистик семіотико-інформаційних одиниць умовних позначень на карті, таких як: *середнє, режимне, середній діапазон, стандартне відхилення*. Такий рівень вимірювання в теорії картографічної мови називають шкалою вимірювання. Коли географічних даних для укладання карти надто багато, це є не завжди добрим і непрактичним.

Відповідний перенабір геоданих з надлишкових вимірювань є позитивним лише в топографічних зніманнях). Щоб призначити унікальному символу ідентичний запис даних, необхідно визначити при його проєктуванні відповідні морфографічні, прагматичні, семантичні, сигматичні та стилістичні картосеміотичні категорії його моделювання.

Для відображення важливо, щоб критерії класифікувалися і групувалися. Є кілька методів класифікації картосеміотичних критеріїв при менеджменті

модульних структур умовних картографічних позначень. В результаті проведення мультиквадрикового картосеміотичного аналізу метаданих у ГІС, можуть бути застосовані тільки певні типи картографічних знаків. Наприклад, легенда аеронавігаційної GPS-NGSS-карти, де значна кількість геооб'єктів умисно не враховується в легенді цифрової карти.

В легендах карт спеціального призначення та проблемної орієнтації застосовуються картопиктограми. У деяких ГІС-програмах (Bentley Microstation) не роблять різниці між інтервалом і співвідношенням у картографічній символізації, називаючи їх як *безперервний картографічний знак*. Це є технічно помилковим, тому що інтервал починається з *природного нуля*, а співвідношення даних не дозволяє це зробити.

*Метод класифікації у конструюванні системи умовних позначень* ґрунтується на суб'єктивному визнанні розриву в розподілі статистичного масиву даних, де є значно менше похибок та неточностей (для топографічних планів забудованих територій).

Побудова гістограми даних виявляє ці недоліки статистики. Цей метод, розроблений Джорджем Дженксом, де результат впливу зводиться до мінімуму зміни в класах, якщо збільшуються відмінності між класами. Він найбільш корисний, коли набір даних має більш ніж одне модальне значення і включає топологію символу: його розміри, форму, орієнтацію, структуру (текстуру), кольоровість (колір) та значення кольору (яскравість і легкість). Ці змінні, окремо або в комбінації, використані для розробки бібліотеки умовних позначень – легенди географічної або спеціалізованої карти. Однак не всі змінні в рівній мірі відносяться до символізації всіх типів географічних явищ або наборів даних.

Символізація номінальних або якісних даних, як правило, найменш складна. У процесі впровадження картографічного дизайну символів необхідно лише вказати різницю в класі, і, що важливе, це не передбачатиме ранжування. Змінні форми, текстури, відтінки використовують для формування умовних позначень якісних даних. Символізація кількісних даних при конструюванні легенд карт є більш складною. Часто виникає необхідність показати дані логічним продовженням. При цьому змінні розміри значення кольору є більш важливими, внаслідок чого в конструюванні картографічної символіки на цих картах зображують номінальні дані, що повинні використовувати зовсім різні форми та/або відтінки, а не розміри. Це правило професора А.С. Васмута, яке застосовується до ліній, що зображують символи номінальних даних.

Порядкові дані при моделюванні (конструюванні) політочки символу у геоінтелектуальній системі на стадії укладання тематичної географічної карти із зображенням порядку даних можуть використовувати абстрактні геометричні форми або символи, що класифікуються відповідно до розміру. Інший метод для зображення порядкових даних використовує той самий символ точки різних кольорних значень.

Для акцентування на проблемно-орієнтованих географічних об'єктах модульні функції розміру і кольору можуть бути об'єднані. Важливими є дослідження топології розмірів картографічного знаку та розрахунок площі, що займе картографічна стеоіконіка на карті. Для цього зображують інтервал і співвідношення даних, за допомогою яких можна досліджувати зміни значення кольору і структури картографічного знаку, щоб показати поступове значення даних. Колір відповідної прогресії в одному з відтінків акумулює значення даних, які збільшуються в міру збільшення значення від білого до насиченого кольору. Це особливо підходить для легенди монохромної карти. Даними класами відображаються поступові зміни. Наприклад, від світло- до темно-сірого біполярна прогресія відображає дані у діапазоні від позитивного до негативного, а гіпсометричні відтінки показують висоту вище і нижче рівня моря.

Формування картосемантичного інструментарію візуалізації і представлення геопросторових даних залежить від зображувальних засобів та стосуються конкретної за змістом і призначенням географічної карти, яка укладається. Результати реалізації відповідної методики представлені на прикладі карти унікальних дерев м. Києва (рис. 2.7).

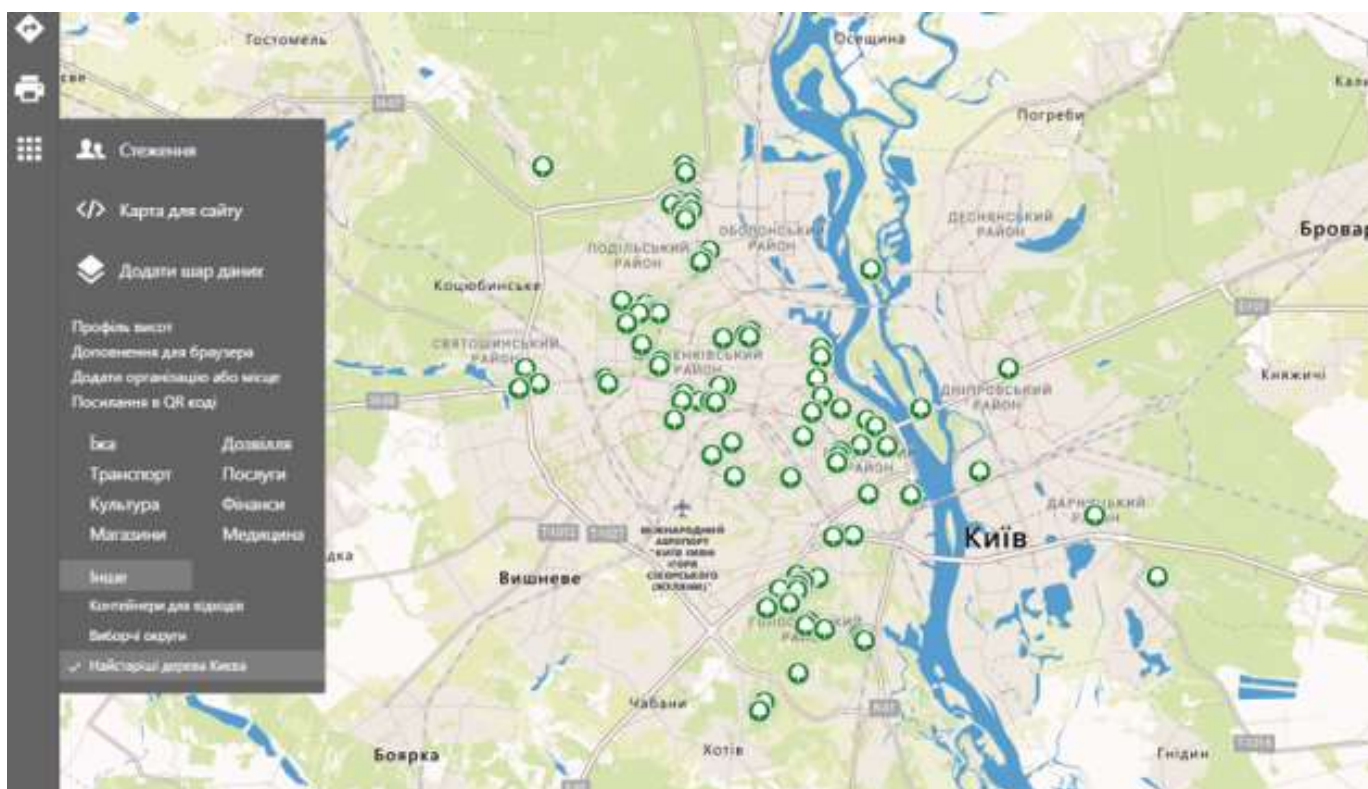


Рис. 2.7. Онлайн карта найстаріших дерев м. Києва

На сьогодні вирішені такі наукові задачі:

- визначені поліметричні елементи візуалізації географічних даних;
- проведений порівняльний аналіз картосемантичних піктограм вітчизняних та іноземних топографічних карт;
- сформульовані основні алгоритми конструювання картографічних символів;

- запроваджений картосеміотичний аналіз типової картографічної символізації на відповідних прикладах географічних легенд карт;
- запропоновані картопрагматичні та картосеміотичні моделі прогресивного визначення текстур передачі кольорової кількісної інформації при конструюванні картографічних легенд.

### **2.1.5. Метододика проектування картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних територій м. Києва**

Наукове завдання уніфікації умовних позначень картографічних моделей, що створені в середовищі геоінформаційних систем є актуальною, особливо для карт і атласів природоохоронної та заповідної тематики. Уніфікація та стандартизація умовних позначень шляхом створення картографічного банку даних (бібліотеки) надає можливості ефективного державного регулювання та управління у заповідній справі, а саме: єдиний каталог умовних позначень функціональних зон національних природних парків, гідрологічних, геологічних, ботанічних пам'яток природи, інженерно-технічних та проектних заходів на території природних парків та заповідників. Це дозволяє уникати різночитання та некореспондентності тематичного змісту відповідних карт.

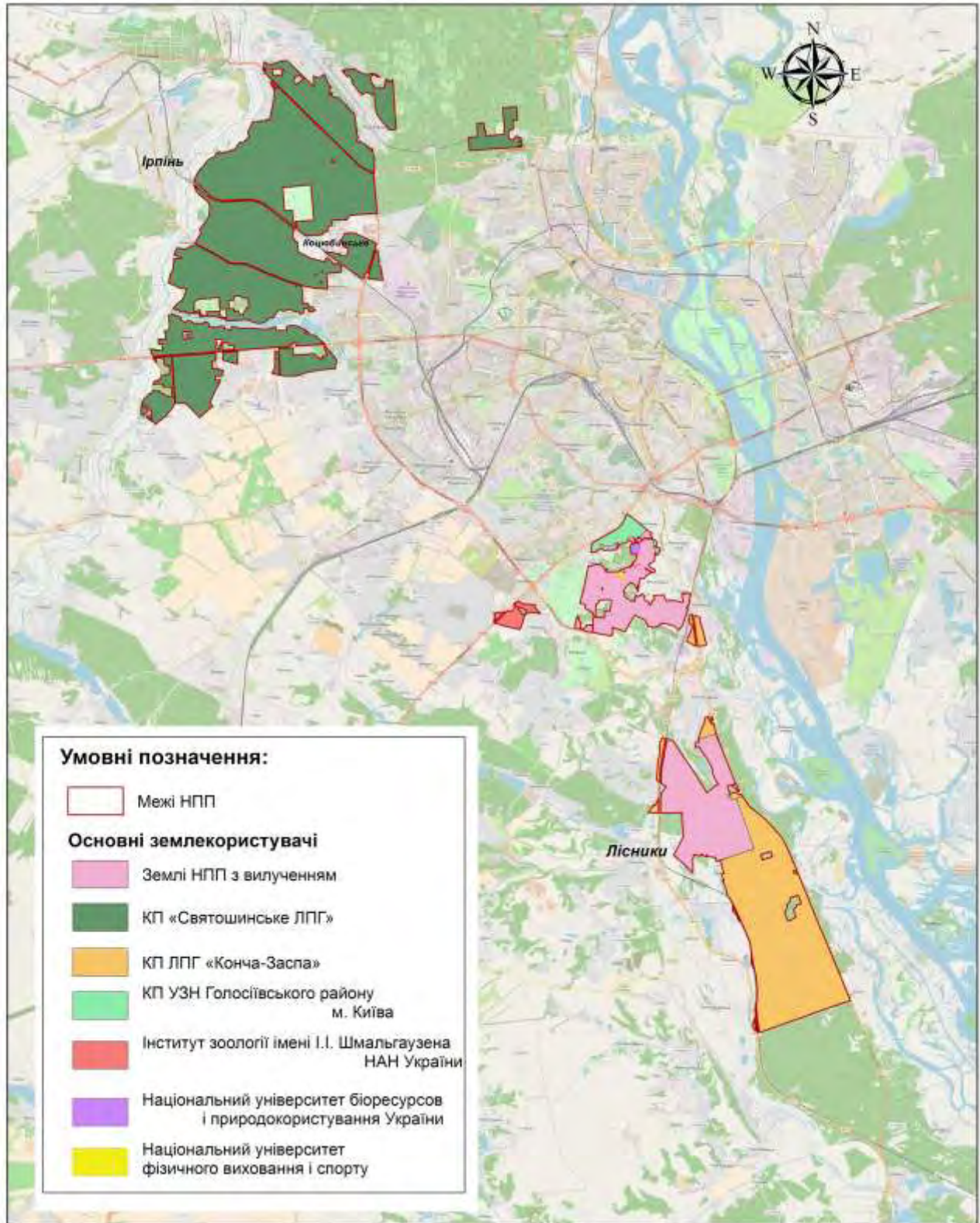
Подамо моделі створення умовних позначень за вимогами семіотики, які були апробовані при створенні проекту організації Національного природного парку «Голосіївський», легенду карти та власне карту (рис. 2.8).

Для прийняття оптимальних управлінських рішень в природно-заповідній справі необхідна інформація про різні параметри діяльності муніципальних і регіональних структур природоохоронних організацій та інноваційний досвід моніторингу навколишнього природного середовища взагалі і окремо на природно-заповідних територіях національних природних парків.

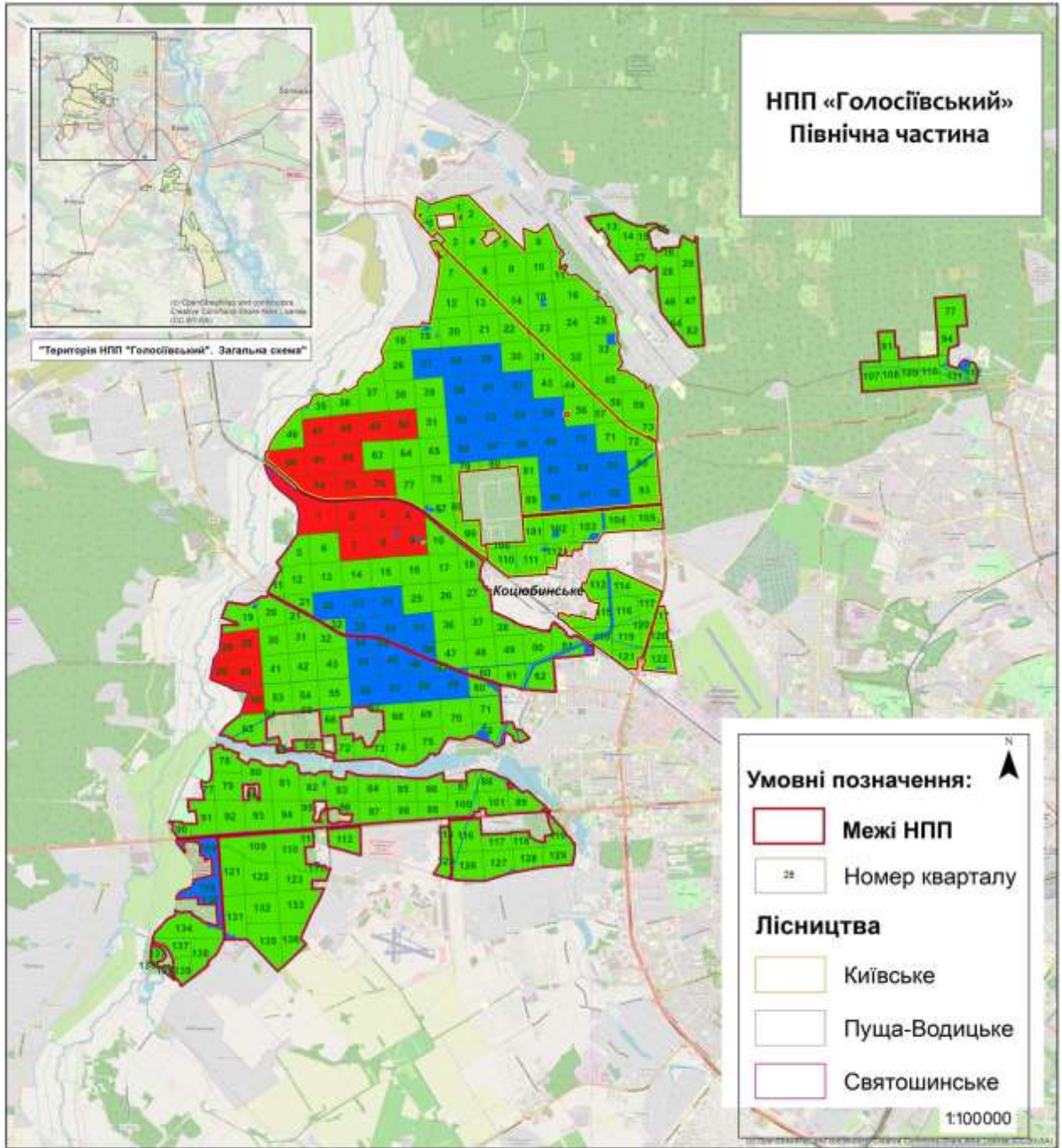
Універсальний спосіб, що демонструє масштабність, просторовість та локалізацію відповідних явищ та об'єктів, – є картографічний. Мовою є легенда природозаповідної карти – бібліотека картографічного банку даних умовних позначень об'єктів на територіях та акваторіях природно-заповідного фонду (ПЗФ) України.

Технологічне проектування умовних знаків природно-заповідного фонду, складових ланок в єдиному ланцюгу екологічного картографування, недостатньо висвітлено в сучасній науковій літературі. Основний наголос ставиться на демонстрації лише функціональних особливостей ГІС-систем, а мова карти – умовні позначення, досліджуються недостатньо.

Наукова проблема полягає в тому, що уніфікованих (стандартизованих) умовних позначень об'єктів ПЗФ не існує. Наслідком цього є картографічна некореспондентність атласів та карт відповідної тематики (різночитаність, яка пов'язана із тим, що кожен автор карти самостійно і одноосібно розробляє відповідну знакову бібліотеку) і, як наслідок, – не забезпеченість прийняття державних рішень за уніфікованими картографічними документами, що може бути серйозним фактором нестабільності роботи галузі.



А

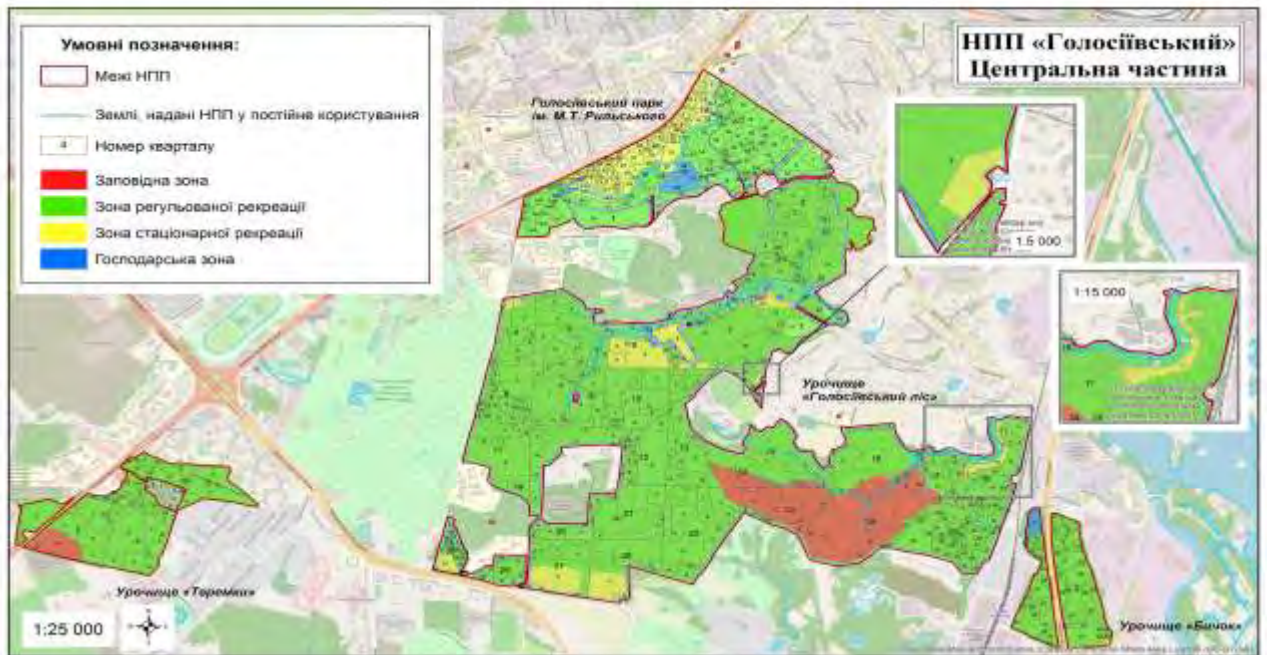


**Заповідна зона**

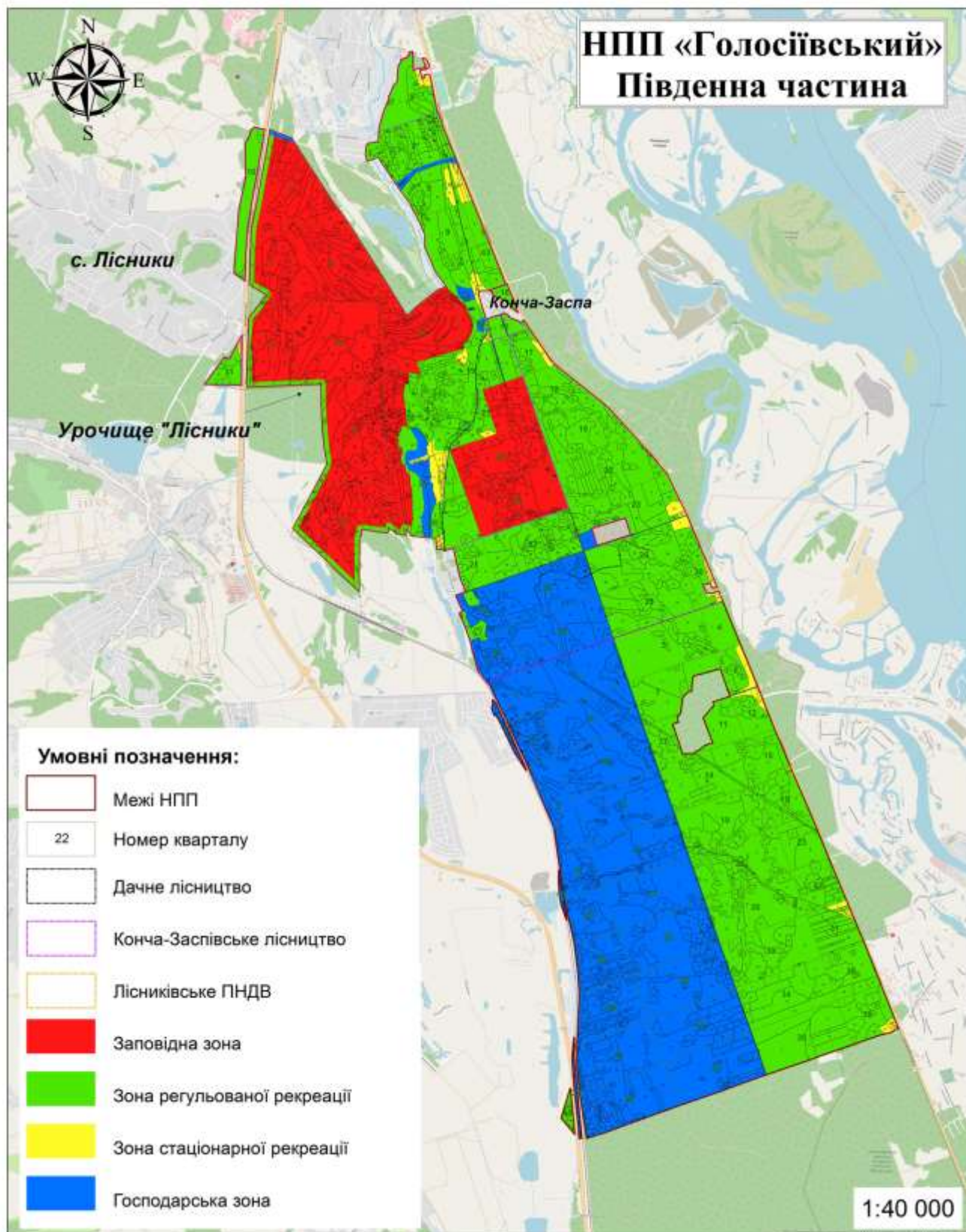
**Зона регульованої  
рекреації**

**Господарська зона**

Б



В



Г

Рис. 2.8. Карта національного природного парку «Голосіївський» з легендою позначень

(А – карта землекористувачів, Б – Північна частина, В – центральна частина, Г – Південна частина)

Відсутність уніфікованої стандартизованої бібліотеки умовних позначень об'єктів ПЗФ України унеможлиблює єдиний (континуальний) загальнодержавний картографічний моніторинг довкілля та прийняття оптимальних рішень у заповідній справі. Відсутність надійної, повної і доступної спеціалізованої бібліотеки умовних позначень ПЗФ стала набагато більш серйозною проблемою, ніж в минулому. Звичайно, на сьогоднішній день існує цілий ряд систем, які можуть забезпечувати вирішення цієї проблеми лише на етапі геовізуалізації просторових явищ. Це в першу чергу електронні карти геоінформаційних систем, а також цілий ряд картографічних ресурсів мережі Інтернет (геопортали).

Актуальною є розробка теоретико-методологічних прийомів проектування стандартизованої і уніфікованої національної бібліотеки умовних позначень об'єктів природно-заповідного фонду України.

*Картографічний банк умовних позначень (бібліотека)* – це новий вид допоміжних геоінформаційних підсистем, адаптованої під попит цифрового картографування в природно-заповідній справі.

Запровадження уніфікованої стандартизованої бібліотеки умовних позначень об'єктів ПЗФ України та її впровадження в систему геоінформаційного картографування національних природних парків та заповідників представляє однорідну геосемантичну інформацію про відповідні території України і є важливим фактором вирішення завдань формування системи охорони навколишнього середовища, природозаповідання, а також надання еколого-освітніх (еколого-краєзнавчих), туристсько-рекреаційних та екскурсійних послуг.

Методологія алгоритму розв'язання цієї наукової проблеми спирається на географічні, топографічні, аерокосмічні моделі відображення навколишнього середовища та його сприйняття у вигляді адекватного знаку із геоінформаційною прив'язкою до державної системи геодезичних координат УСК-2000. Картографічний банк даних умовних позначень інтегрується до програмних комплексів сучасних ГІС: Map-CAD, Digitals, Panorama, ArcGIS і не вимагає тривалого навчання ГІС-користувачів і не є високотехнологічним для переформатування потокової геоінформації карт (символьної або текстової). Це лише призводить до створення національного картографічного стандарту.

Проектування системи умовних знаків для наповнення електронної карти – є складним завданням на початковій стадії розробки. З початку необхідно розглянути загальні критерії вибору умовних позначень для потреб заповідної справи. Картографічний банк умовних позначень являє собою систему картографічних знаків, що візуалізуються і відповідним чином інтерпретуються на екрані монітора. Для визначення критеріїв, за якими моделюються відповідні умовні позначення, необхідно розглянути питання проектування картографічних піктограм на електронній карті. Підхід до проектування системи картографічних позначень і карти в цілому багато в чому визначається призначенням, тематикою, масштабом картографічної моделі, що складається.

Істотна відмінність в підході до проектування умовних позначень спостерігається в залежності від функціонального призначення карти (цільової аудиторії). Наприклад, карта для наукових цілей функціонального зонування національного природного парку контрастує з картою, що відображає освітньо-екологічні, туристичні, рекреаційні ресурси природно-заповідної території. Карта для наукових цілей ПЗФ, на відміну від карт широкого вжитку, призначена для зняття з неї точної і достовірної геодезичної інформації.

Основна задача проектування і конструювання умовних позначень для ГІС природно-заповідних територій полягає в тому, щоб візуалізація інформації з електронних карт однозначно сприймалася і інтерпретувалася, як на персональному комп'ютері, так й на навігаторах, смартфонах або інших переносних девайсах.

Умовні картографічні позначення, як графічна мова карти, показують модифікований вид об'єкту, його просторове положення, розміщення і інформацію про нього. Перевага картографічних знаків перед вербальним поясненням полягає в тому, що вони допомагають розкрити просторово-тимчасові зв'язки і відносини. Наука, яка вивчає знакові системи, називається *картосеміотикою*.

Відповідність позначень до дійсності представлена в легенді карти, яка служить саме для уточнення її змісту. *Легенда* – система використаних на карті умовних позначень і текстових пояснень до них. У легенді необхідна послідовність позначень, тобто класифікований відбір, що більш логічно подає зображуваний об'єкт або процес.

При проектуванні стандартизованої бібліотеки картографічних позначень здійснюються наступні операції. Вибір умовних позначень за допомогою семіотики. Визначаються критерії вибору конструкції знаку, кольору і пріоритету сприйняття знака (об'єкта) на карті з позиції основних аспектів семіотики. Критерії вибору знаків адаптуються за допомогою кольорознавства. Розглядаються умови однакового сприйняття кольору виробником і споживачем карти для ергономічного проектування системи.

Розглянемо критерії вибору умовних позначень з позиції семіотики, яка включає в себе наступні аспекти: синтаксичний, семантичний, прагматичний та лінгвістичний. За допомогою картографічної синтактики вирішуються такі питання: будуються та систематизуються картографічні позначення за допомогою графічних засобів, досліджується поєднання графічних засобів в одному позначенні, аналізуються комбінації картографічних зображень в просторі змістовного навантаження карти, а також шляхи їх раціонального компоунання.

Такі позиції картографічної синтактики моделюються за допомогою умовних позначень в ГІС таким чином, щоб вони мали деяку загальну систему за елементами їх конструкції. Об'єкти протипожежної системи національного природного парку та інженерно-технічні заходи, що проводяться на його території, є спорідненими об'єктами тематики і тому повинні мати знаки однакової конструкції, але з різним кольором.

Необхідно встановити об'єкти, які є пріоритетними і другорядними, для того щоб згодом визначити для них форму і колір умовного позначення об'єктивно за їх призначенням. Пріоритетними об'єктами на карті природно-заповідного фонду є наступні: межі парку (заповідника), функціональні зони, лісові квартали, річки,

ставки, службові споруди, підписи. Причому ступінь зниження пріоритету відбувається згідно перерахованим в списку об'єктам і виглядає наступним чином:

$$A \subseteq \{f(x_1), f(x_2), f(x_3), \dots, f(x_n)\}, \quad (2.22)$$

де:  $x_i \in A$ ,  $A$  – сукупність знаків першорядної групи, з умовою, що:

$$f(x_1) > f(x_2) > f(x_3) > \dots > f(x_i), \quad (2.23)$$

де:  $f(x_i)$  – метричні параметри умовного знаку об'єкту;  $i$  – порядок пріоритету об'єкта,  $n$  – кількість пріоритетів у виборі об'єкту картографування.

Другорядними об'єктами на карті є наступні об'єкти: геолокалізація червонокнижної та зеленокнижної флори та фауни, геоморфологічні особливості, що використовуються в рекреалогічних цілях, аншлаги, реперні центри. В другорядному списку об'єктів ступінь значущості буде наступною:

$$B = \{f(y_1), f(y_2), f(y_3), \dots, f(y_m)\}, \quad (2.24)$$

де  $y \in B$ ,  $B$  – сукупність знаків другорядної групи, з умовою, що:

$$f(y_1) \geq f(y_2) \geq f(y_3) \geq \dots \geq f(y_m), \quad (2.25)$$

де  $f(y_i)$  – метричні параметри умовного знаку;  $i$  – порядок пріоритету об'єкта,  $m$  – кількість другорядних пріоритетів картографічного позначення об'єкту.

У другорядній групі, як видно з формул, допускається рівність знаків в частині сприйняття, тобто не має значення, що деякі позначки цієї групи можуть візуально сприйматися однаково. Визначивши умовні позначення по групам, приступимо до їх конструювання.

Умовні позначення ПЗФ України відповідно до характеру поширення зображувальних об'єктів і явищ поділяються на три групи:

$$I \subseteq \{a, b, c\}, \quad (2.26)$$

де:  $I$  – є множина умовних знаків;

$a, b, c$  – підмножини  $I$ ;

$a$  – топологічна група позначень (гідрологічні, геологічні, ботанічні пам'ятки природи);

$b$  – лінійна група позначень (туристичні маршрути, дороги, річки на території ПЗФ);

$c$  – площинна група позначень (лісові квартали, територія парків та заповідників).

Кожна група складається з наступних елементів:

$$\begin{aligned} a &\subseteq \{K, L, C, Q, M\} \\ b &\subseteq \{K, L, C, Q, M\} \end{aligned} \quad (2.27)$$

$$c \subseteq \{K, L, C, Q, M\}$$

Літеральними позначеннями вказані наступні характеристики умовного позначення:  $K$  – форма,  $L$  – розмір,  $C$  – колір,  $Q$  – орієнтування,  $M$  – внутрішня структура.

Змінюючи параметри в кожній групі умовних позначень не тільки вирішують поставлене завдання формування черговості сприйняття умовних позначень, а й обирається вдале розташування (компонування) на карті з урахуванням законів картографічної генералізації, а також забезпечення їх естетичного сприйняття (картографічний дизайн умовних позначень).

При конструюванні умовного позначення визначаємо його геометричні характеристики або його вид. Наприклад натуралістичний (піктограма, що нагадує конструктивний вигляд об'єкту). Виходячи з наявних груп умовних позначень обираємо шрифт, розмір, колір, ефект для поліпшення сприйняття.

Другим критерієм семіотики при розробці позначень є картографічна семантика, в якій виділяються наступні напрямки: вивчення змістовного значення знаків, співставлення до дійсності, виявлення інформаційних властивостей знаків на різній семантичній та семіотичній основі.

Зміст позначень полягає в тому, щоб за допомогою графічного образу і відповідно складеної легенди карти передати ту особливість, яка властива об'єктам ПЗФ України. Для цього необхідно встановити родові і видові зв'язки об'єктів ПЗФ України.

Безсумнівно, що еколого-освітні і туристсько-краєзнавчі об'єкти є спорідненими в рамках сфери гуманітарної роботи на території ПЗФ і, отже, повинні бути систематизовані, тобто приведені до загальних критеріїв наступним чином:

$$Q \subseteq \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6\}, \quad (2.28)$$

де:  $X_i \in Q; Q$  – фундаментальна сукупність картографічних позначень у ГІС;

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$  – сукупність картографічних позначень певної групи видового зв'язку у картографічній легенді, що відобразатимуть об'єкт або зображуване явище.

Позначення дозволяють характеризувати якісні та кількісні особливості об'єктів ПЗФ, а також їх внутрішню структуру. На картах ПЗФ України позначення, що відображають національні природні парки використовують абстрактні геометричні знаки: квадрати, ромби, трикутники. Однак ці знаки позамасштабні (розмір знаків буде незмінний при збільшенні або зменшенні масштабу, тобто як при зумуванні), і, отже, розмір позначення не відображає кількісну характеристику, а колір – якісну.

З'ясувавши всі напрямки картосемантики, переходимо до третього критерію картосеміотики, а саме до картографічної прагматики при проектуванні картографічних бібліотек позначень.

*Картографічна прагматика* допомагає розглянути сприйняття позначень виробниками і споживачами картографічної продукції (в даному випадку, працівниками природно-заповідного фону та еко туристами).

При створенні картографічного банку даних умовних позначень аспекти інтерпретації сприйняття позначень виражаються наступним чином. Виробники карт повинні при використанні стандартизованих (уніфікованих) картографічних позначень об'єктів ПЗФ, на основі знання процесів і законів зорового сприйняття, забезпечити доступну інтерпретацію позначень з урахуванням зчитування знаків ГІС-системами.

Споживачі карт повинні мати можливість аналізувати карту і розуміти сутність представлених об'єктів та відображених явищ. Це дозволить однозначно інтерпретувати смислове навантаження на картографічне умовне позначення.

Знання з *картографічної лінгвістики* допомагають підписувати назви географічних об'єктів, визначати шрифт, колір та орієнтацію у полі змістового навантаження карти. Якісна читаність умовних позначень буде в тому випадку, якщо дотримані правила і рекомендації кольорознавства.

Процес проєктування бібліотеки умовних позначень ПЗФ України є досить складним завданням. Для позитивного сприйняття геоінформаційної карти національного природного парку необхідна умова – умовні позначення повинні відповідати правилам картосеміотичної науки. Ґрунтуючись на цих правилах можна вирішити основне завдання оптимізації сучасної системи умовних позначень, що відображають об'єкти ПЗФ України. Таке завдання полягає в тому, щоб візуалізація інформації з карт легко сприймалася, однозначно інтерпретувалася та достовірно використовувалася.

### **2.1.6. Особливості побудови умовних позначень в геоінформаційних системах**

Картографічні умовні знаки – це застосовувані на картах позначення різних об'єктів місцевості та їх якісних і кількісних характеристик. Знання умовних знаків та їх властивостей є необхідною умовою розуміння зображеного на карті, основою уміння "читати" карту, правильно проводити вимірювальні роботи та одержувати за її допомогою необхідні відомості.

Через зір людина отримує більшу частину інформації, що дозволяє їй проводити усвідомлену цілеспрямовану діяльність. Зоровий аналізатор формує в психіці людини первинні зорові відчуття – кольору, світла, форми, образів зовнішнього світу, забезпечує зорову діяльність людини. Під час побудови геоінформаційних систем прецизійного землеробства особливу увагу приділяють, як статичним, так і рухомих об'єктам, які відображаються за допомогою умовних знаків.

Різноманітність позначень на картах практично безмежна. Картограф вільний у виборі знаків і способів оформлення, і це дозволяє складати яскраві, оригінальні карти всіляких стилів, що відкривають простір творчій думці й уяві користувача. Однак свобода вибору ускладнює уніфікацію і стандартизацію знаків. Будь-яка карта має потребу в легенді, що роз'яснює зміст позначень.

Існують встановлені норми, зумовлені особливостями самого явища, що картографується, певні правила поєднання знаків і традиції. Багато що диктують умови сприйняття знаків, необхідність вимірювання по картах. При цьому всі картографічні знаки можна скласти, використовуючи лише шість графічних змінних: форма, розмір, орієнтування, колір, насиченість кольору і внутрішньої

структури знака, за допомогою яких формується все різноманіття знаків.

На стику картографії та семіотики – лінгвістичної науки, що досліджує властивості знаків і знакових систем, сформувався особливий інструментарій – *картографічна семіотика (картосеміотика)*, в рамках якої розробляється загальна теорія систем картографічних знаків як мови карти. У ній вивчається досить велике коло труднощів, яке охоплює виникнення, класифікацію, якості і функції картографічних символів і способів картографічного відображення. Семіотика вміщує три головні складові: семантику, синтактику і прагматику.

Відповідно ці складові існують й в картографічній семіотиці:

- *картографічна семантика* – відношення умовних позначень із об'єктами, що відображуються та явищами;
- *картографічна син тактика* – застосування й побудова знакових систем, структурні властивості, граматики мови карти;
- *картографічна прагматика* – інформаційна цінність умовних позначень при передачі інформації та особливості їх сприйняття користувачем.

Існують загальні правила побудови умовних знаків. Товщина ліній та розмір умовного знака мають бути масштабовані пропорційно зміні масштабу перегляду карти. Під час створення умовного знака необхідно враховувати розмір, колір, ширину лінії, будову умовного знака та його орієнтацію.

Розмір умовного знака безпосередньо пов'язаний з відстанню перегляду оператором поверхні дисплея, на якому представлений об'єкт. Для комфортного сприйняття об'єктів складної форми рекомендований мінімальний розмір умовного знака. Він має становити не менше 20' кута зору.

Під час створення умовних знаків важливо досягти максимального контрасту між символом та фоном дисплея задля підвищення ефективності сприйняття інформації.

Існує діапазон прийнятних кольорів символів, які були емпірично перевірені. У табл. 2.4 перераховано кольори з відтінками символів у значеннях RGB і HSL.

Якщо експлуатаційні вимоги до умовних знаків, такі як апаратна конфігурація, фон дисплея, а також умови перегляду (наприклад, навколишнього освітлення), вимагають альтернативного кольору символу, колір обирається на основі тестування на предмет перевірки ергономічності.

Контраст може бути забезпечений використанням чорного кольору (RGB: 0, 0, 0) для графічного зображення, коли воно відображається на світлому фоні, а також з використанням білого (RGB: 255, 255, 255), коли воно відображається на темному фоні.

При відображенні лінійних об'єктів *основною метою* є досягнення розрізнення при нормальній відстані від глядача. Вибір оптимальної ширини лінії залежить від розміру та навантаження сцени, а також від кольору відображення.





















Геометрія умовного знака, будова символів мають створюватися на геометричному центрі символу або графічного зображення.

Точкові об'єкти при їх відображенні умовними знаками мають бути розташовані залежно від точки їх прив'язки. Точка прив'язки знаходиться у знаків:

- симетричної форми – в центрі фігури;
- з широкою основою – в середині основи;

- мають основу у вигляді прямого кута, – у вершині кута;
- є поєднанням кількох фігур, – у центрі нижньої фігури.

Таблиця 2.4  
Діапазон емпірично перевірених кольорів з відтінками у значеннях RGB і HSL

Колір	За замовчуванням	Темний	Середній	Світлий
Червоний				
	RGB	RGB	RGB	RGB
	(255, 0, 0)	(200, 0, 0)	(255, 48, 49)	(255, 128, 128)
	HSL	HSL	HSL	HSL
	(0, 255, 128)	(0, 255, 100)	(0, 255, 152)	(0, 255, 192)
Синій				
	RGB	RGB	RGB	RGB
	(0, 255, 255)	(0, 107, 140)	(0, 168, 220)	(128, 224, 255)
	HSL	HSL	HSL	HSL
	(127, 255, 128)	(138, 255, 70)	(138, 255, 110)	(138, 255, 192)
Зелений				
	RGB	RGB	RGB	RGB
	(0, 255, 0)	(0, 160, 0)	(0, 226, 0)	(170, 255, 170)
	HSL	HSL	HSL	HSL
	(85, 255, 128)	(85, 255, 80)	(85, 255, 113)	(85, 255, 213)
Жовтий				
	RGB	RGB	RGB	RGB
	(255, 255, 0)	(225, 220, 0)	(255, 255, 0)	(255, 255, 128)
	HSL	HSL	HSL	HSL
	(42, 255, 128)	(42, 255, 110)	(42, 255, 128)	(42, 255, 192)
Фіолетовий				
	RGB	RGB	RGB	RGB
	(255, 0, 255)	(80, 0, 80)	(128, 0, 128)	(255, 161, 255)

HSL	HSL	HSL	HSL
(213, 255, 128)	(213, 255, 40)	(213, 255, 64)	(213, 255, 208)

Якщо умовний знак знаходиться на виносці, то кінцева точка має показувати місцезнаходження об'єкта. Індикатор зміщення є одним із варіантів для зниження завантаженості. Інші варіанти для зменшення візуальних перешкод включають в себе:

- зміну положення умовних знаків зі збереженням виноски таким чином, щоб вони не закривалися іншими об'єктами, або ігнорування деяких знаків у відображенні;
- кодування з урахуванням змінної об'єктів (наприклад, об'єкти з високим відсотком впливу відображаються у вигляді символів, а з низькопроцентним – як точки).

Вибір варіантів відображення для адресації перешкод обирається для кожної конкретної реалізації. Орієнтацію умовного знака використовують для зменшення навантаження на карту та відображення напрямку руху об'єктів. З розвитком картографічних комп'ютерних анімацій до графічних змінних, якими оперує картограф, можна додати ще й динамічну, що значно розширює інформативність застосування умовних знаків. Карту динаміки не слід плутати з картографованою динамічною змінною:

- *динамічна змінна форми* (умовний знак може змінювати свою форму, причому зміна форми може йти по-різному, залежно від семантики знака);
- *динамічна змінна кольору* (умовний знак змінює оригінальний колір на інші кольори; швидкість і тип зміни кольору характеризують інтенсивність картографованого процесу);
- *динамічна змінна розміру* (умовний знак змінює розмір, зміна розміру залежить від семантики);
- *динамічна змінна внутрішньої структури знака* (в середині знака відбувається зміна текстури або малюнка знака);
- *динамічна змінна положення знака* (умовний знак циклічно переміщується по полю карти).

*Проектування динамічних картографічних знаків* – новий інструментарій картографічної семіотики, яка швидко розвивається. Великі її перспективи прогнозують у поєднанні з тривимірною графікою.

Для відображення рухомих об'єктів доцільно враховувати інерційність зору. Цей феномен пов'язаний з послідовністю зорових образів, що виникають безпосередньо після припинення подразнення сітківки. При цьому можливі накладення і спотворення сприйняття, що ведуть до помилкових дій людини, ілюзіям руху й інерції зору.

Призначення умовного знака шару (або декількох шарів) відбувається в «Менеджері шарів» викликом команди «Умовний знак», де відображаються доступні умовні знаки (УЗ), їх номери, зменшені зображення та типи знаків. Якщо атрибутів для відображення недостатньо, то параметру можна призначити точковий умовний знак. Таким чином, можливо формувати підписи в комбінації з фігурами довільної

форми.

Для ведення бібліотеки УЗ використовується «Менеджер умовних знаків». Більшу частину вікна ліворуч займає робоче поле, призначене для перегляду та редагування, в той час як на правій панелі зображені піктограми доступних знаків на карті. При створенні нового УЗ за замовчуванням він визначається прямокутником розміру 2\*2 (мм). Точка прив'язки вказує на точку, яка буде суміщена з вузлом об'єкта карти при відображенні знака. Тип знака визначає, як буде застосовуватися той чи інший знак при відображенні об'єкта, до якого даний знак призначений. У ГІС Digitals передбачено десять типів умовних знаків, що забезпечують відображення більшості типових елементів карти.

Перед назвою типу вказано аббревіатуру, яку можна бачити на піктограмі знака в каталозі і в діалозі призначення умовного знака шару.

*Одиночний.* Найпростіший тип, призначений для відтворення позамасштабних знаків. Точка прив'язки такого знака може перебувати в центрі, в основі, в іншому місці, передбаченому графічним дизайном знака. Знак цього типу можна призначити не тільки шарам, а й атрибутам шару.

*Лінійний.* Призначений для відображення лінійних контурів. Точка прив'язки лінійного знака зазвичай розташована зліва, а довжина знака визначає крок, з яким він повторюється вздовж контуру. Для знаків цього типу можна застосувати опцію розтягування елемента знака на всю довжину об'єкта, замість його тиражування.

*Площинний.* Площинний знак призначений для заповнення контурів повторюваними елементами. При створенні знаків цього типу можна передбачити групування елементів, яке дозволяє отримати більш якісне заповнення.

*Лінійно-орієнтований.* На відміну від лінійного знака, лінійно-орієнтований малюється тільки на вузлах об'єкта в напрямку попередньої і наступної точки об'єкта. Побудову на першій і / або останній точці об'єкта можна заборонити, обравши відповідні налаштування.

*Лінійно-масштабований.* Даний тип застосовується для відтворення об'єктів, обмежених верхньою і нижньою кромкою. Щоб знак правильно промальовувався, об'єкт, якому призначений даний тип знака, повинен збиратися у вигляді полілінії з розривом. Для того щоб знак масштабувався (розтягувався) від кромки до кромки, при його створенні першою має бути намальована службова лінія, яка буде визначати висоту знака (тобто межу масштабування).

*Одиночно-кутовий.* Нагадує лінійно-орієнтований знак. Промальовується у вузлі об'єкта в напрямку бісектриси кута, складеного попередньою, поточною і наступною точками.

*Лінійно-кутовий.* Цей тип поєднує в собі переваги лінійного і лінійно-орієнтованого знаків. Знак тиражується уздовж контуру і, додатково, промальовується на вузлах. Дозволяє отримувати зображення знаку на вузлових точках при застосуванні штрихових ліній.

*Дволінійний.* Дозволяє поєднувати два лінійних знака в одному. Елементи знака об'єднуються в дві групи, а сам об'єкт збирається у вигляді полілінії з розривом, що складається з двох фрагментів, які зазвичай йдуть паралельно один до одного. Одна з груп застосовується як лінійний знак до першого фрагмента, друга група, відповідно, до другого. Такий знак може стати у пригоді, коли є необхідність

використовувати в одному об'єкті два види лінійних знаків для різних сторін об'єкта.

*Штрихування абсолютне.* Використовується для створення штрихування, що заповнює контур об'єкта. При цьому штрихи зберігають постійне орієнтування в карті (щодо напрямку на Північ).

*Штрихування відносне.* Те ж, що і штрихування абсолютне, але орієнтування (нахил) штрихування прив'язується до самого об'єкта.

Можливості створення знаків досить великі. Для полегшення процесу створення УЗ попередньо необхідно задати його розміри та крок «сітки» прив'язки. Умовні знаки складаються з певного набору геометричних примітивів (полілінії, прямокутник, коло, півколо та текст), які вибираються шляхом позначення відповідного символу на панелі інструментів вікна (Symbol Manager). При вставці тексту проводиться базова лінія, відносно якої буде орієнтуватися підпис, та задається номер параметру, з якого буде зчитуватись значення. Номер параметру може бути порядковим номером, або кодом параметру, заданим у «Менеджері параметрів». Текстовому елементу можна встановити атрибути вертикального та горизонтального центрування відносно базової лінії. Використання текстового елемента дозволяє створювати комплексні знаки.

Технологія створення складених символів розроблялася з тим, щоб значно розширити можливості оформлення карт, щоб з'явилась можливість налаштування умовного знаку не тільки під параметри зорової системи людини, а й під умови використання картографічної продукції.

Альтернативою умовним знакам з текстовими елементами є HTML-підписи. Для зміни форми елемента необхідно спочатку його помітити. Існує можливість помічати одразу декілька об'єктів та переміщатися між ними. Можливості редагування дещо обмежені, але цих можливостей більш ніж достатньо для простого редагування. Для складніших випадків у Digitals існує функція «Об'єкт у символ», яка дозволяє перетворювати у символи помічені об'єкти безпосередньо з робочого вікна карти. Складові елементи умовних знаків можуть перекриватись, і тоді виникає необхідність змінити порядок їх відображення.

При створенні площинних умовних знаків може виникнути необхідність їхнього групування для уникнення нерівномірності заповнення поблизу контуру, викликаного нестачею місця для відображення усього умовного знаку. Згруповані умовні знаки відображаються окремими групами.

Іноді виникає необхідність поєднувати умовні знаки в ланцюги. Призначивши шару умовний знак, який вміщує ланцюг, ми фактично призначаємо два і більше умовних знаків, в залежності від довжини ланцюга, одному шару. На практиці існування ланцюгів більше двох є малоймовірним. Існує можливість зберігання бібліотеки умовних знаків для переносу на інші карти у форматі Digitals Symbol Library (SLB), або у HTML. Зберігши бібліотеку в даному форматі, отримуємо сторінку зі всіма умовними знаками бібліотеки, де присутні номер умовного знаку, його піктограма, тип умовного знаку та його розміри [19].

### 2.1.7. Побудова тематичних баз картографічних даних

Під час побудови тематичних баз картографічних даних задаються тип лінії, її заливка, стиль, а також може задаватись умовний знак. Карта складається з шарів, стилів і атрибутів (рис. 2.9).

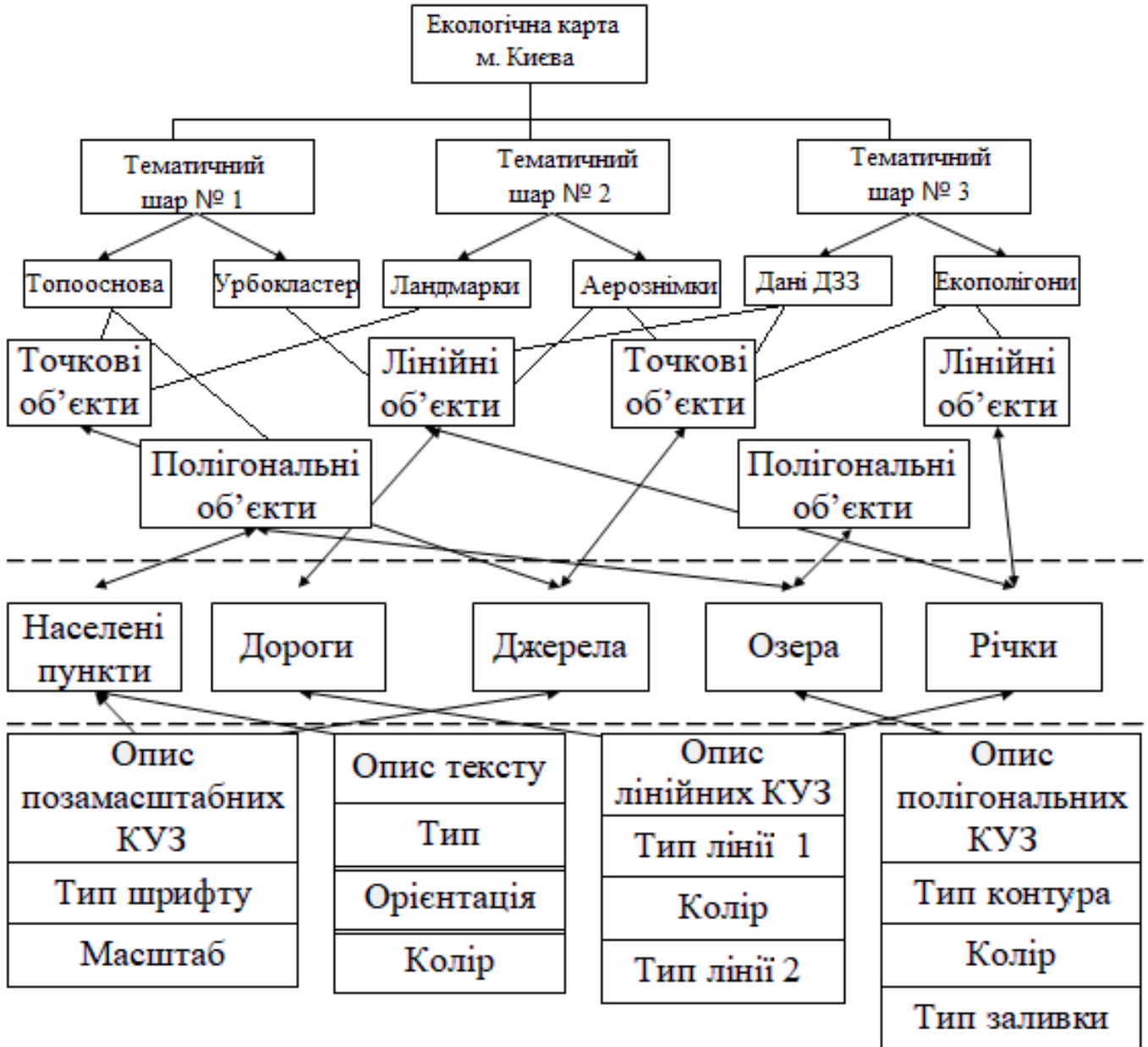


Рис. 2.9. Шари, стилі та атрибути екологічної карти м. Києва [26]

Шари визначають класи об'єктів. Оформлення об'єктів шару задається набором стилів. Кожен шар може містити необмежену кількість стилів. Стиль включає в себе опис лінії, заливки, шрифти, а також умову, при виконанні якої об'єкт шару відображається даним стилем. Умови ґрунтуються на атрибутах шару, масштабі відображення, математичних і логічних операторах.

Якщо виконані умови побудови присутні в декількох стилях, застосовується стиль, розташований вище за списком. При не виконанні всіх умов застосовується перший у списку стиль. Допускається явний вибір стилю об'єкта. Стилі, які можна вибирати явно, не повинні містити умов. При створенні нового шару створюється стиль за замовчуванням.

Збережений набір стилів створює тематичний вид. Тематичний вид містить тільки опис стилів і не містить опис шарів. Кількість тематичних видів карти не обмежується. Кількість стилів для різних тематичних видів однієї і тієї самої карти може бути різною. Такий підхід дозволяє легко створювати різні тематичні відображення однієї і тієї самої карти за наступним алгоритмом (рис. 2.10).

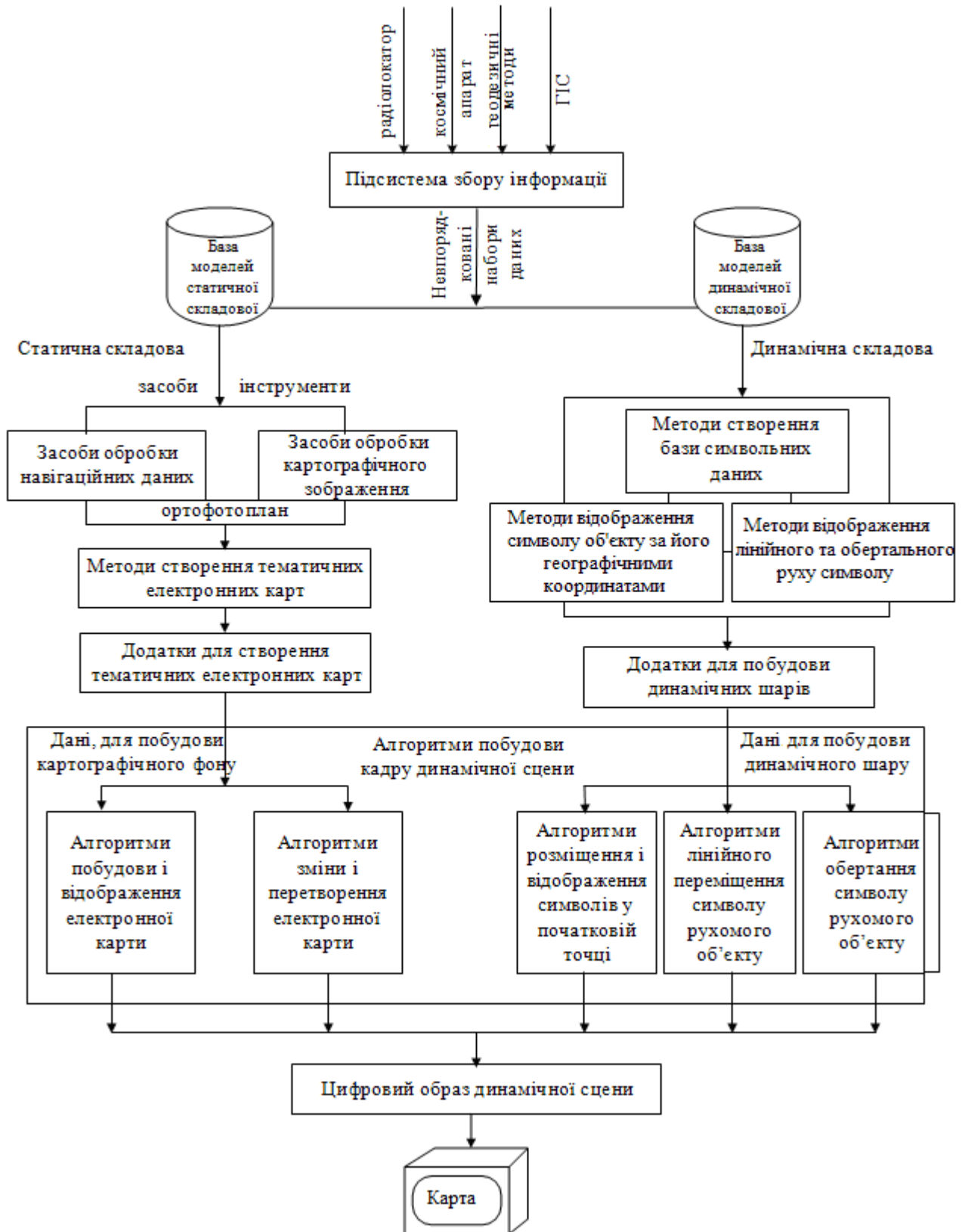


Рис. 2.10. Алгоритми побуду візуалізаційних опцій карти [26]

Шар у базі даних представлений таблицею геометрії (згідно з OGC Simple features) і набором пов'язаних атрибутивних таблиць. Поля головної таблиці

атрибутів шару можуть посилатися на допоміжні таблиці. Наприклад, на таблицю зі списковими значеннями. При цьому в головній таблиці зберігаються лише індекси записів, а не самі значення (нормалізована форма таблиць БД).

Атрибути шару можуть бути обчислюваними. Обчислювані атрибути зберігаються в базі даних, проте їх значення оновлюються при зміні й оновленні карти. До обчислюваних атрибутів відносяться площа, периметр, число точок, а також будь-який визначений атрибут, значення якого визначається.

Зберігання значень обчислюваних атрибутів у БД дозволить звертатися до них в SQL-запитах без створення проміжних зв'язків (datasources) з таблицями цієї БД. Такі атрибути будуть доступні стороннім клієнтським програмам, що працюють з БД за стандартом OGC Simple features, нарівні з іншими атрибутами. Точніше сказати, для сторонніх застосувань обчислювані атрибути будуть не відрізнятися від статичних атрибутів при створенні інтерактивної екологічної карти (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Послідовність забезпечення роботи тематичних баз даних карти [35]

Вирази, що використовуються для розрахунку обчислювальних атрибутів, мають зберігатися в таблицях метаданих, разом з іншим описом атрибутів. До опису атрибутів відносяться: відображуване на карті ім'я атрибута, тип значення, ознака – обчислюваний / не обчислюваний, коментар користувача.

До налаштувань шару відносяться: призначення шару, тип «локалізації», статус, діапазон видимості, обмеження доступу.

*Призначення шару:* топологічний або оформлювальний. Топологічні шари беруть участь у геометричних перевірках, оформлювальні використовуються лише для підготовки карти до друку або публікації. Топологічні шари повинні містити географічні об'єкти, оформлювальні шари – об'єкти, яких немає в навколишньому світі. Наприклад, такі об'єкти, як підписи, легенда карти, стрілка Півночі, рамка карти. Вони мають перебувати в оформлювальних шарах програмного забезпечення програмних модулів ГІС (рис. 2.12).

## Блок обробки навігаційних даних

## Блок корекції сканованого зображення

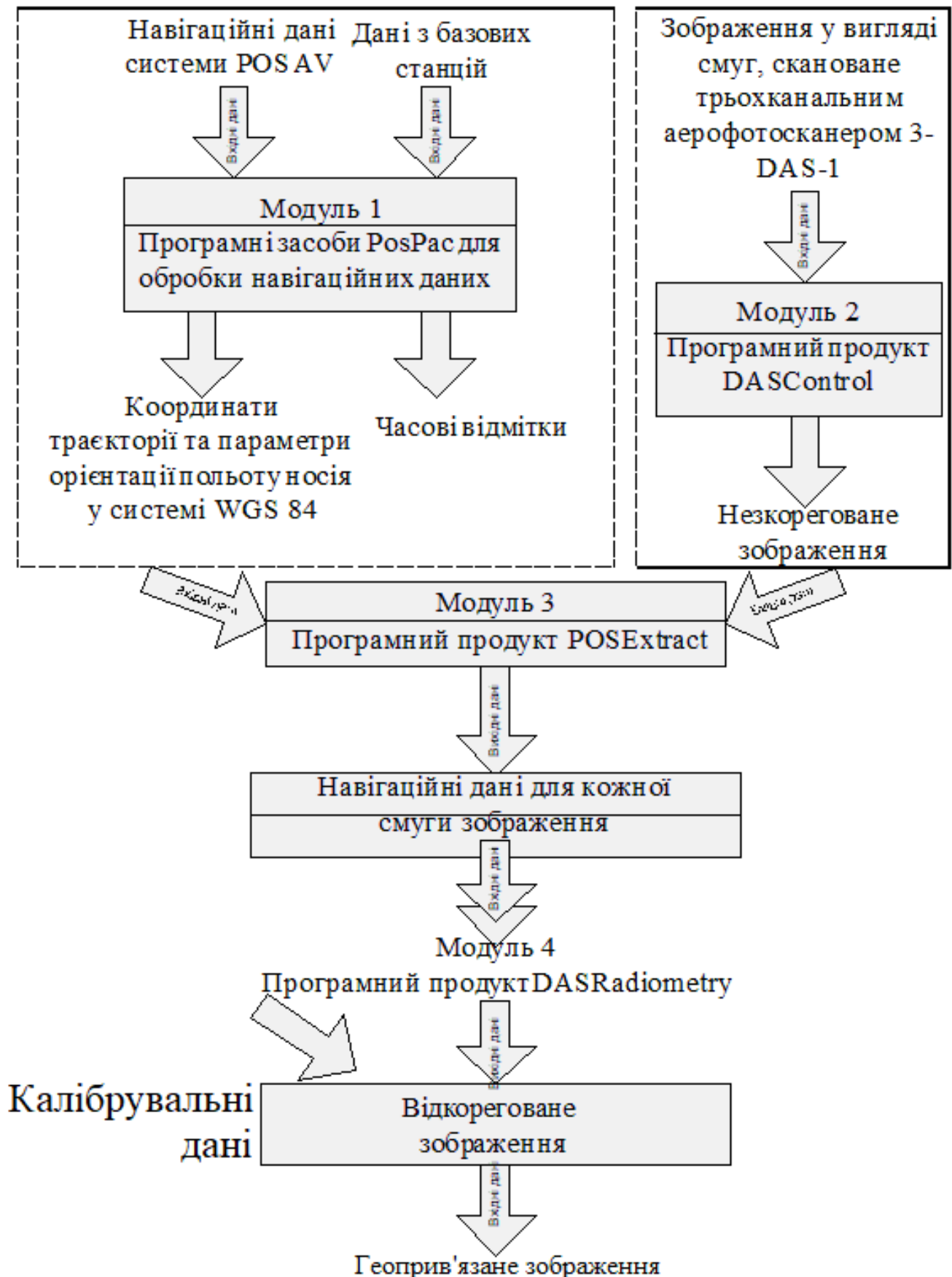


Рис. 2.12. Програмні модулі ГІС аерокомісмічної візуалізації даних [26]

При побудові карти можливо збирати шари з довільних джерел. Список зовнішніх шарів і стилів також відображається у вікні редагування класифікатора. Кореневим елементом списку зовнішніх шарів є ім'я файла-джерела або найменування БД чи веб-сервісу.

При вставці зовнішніх шарів з карт у рідному форматі з БД PostGIS можна вибирати шари, які необхідно додати, або ж вставляти всі доступні шари. Після вставки зовнішнього шару в карті-приймачі доступна також його таблиця атрибутів (рис. 2.13).



Рис. 2.14. Атрибутивна облонка конструктора карти [35]

Редагування структури шарів і атрибутів зовнішніх шарів стає доступним для редагування стилів. Змінені стилі не записуються в карту-джерело, а зберігаються в карті-приймачі. Зміна геометрії об'єктів та їх атрибутів зберігається в карті-джерелі.

## 2.2. Інструментарій картографічного методу дослідження довкілля-простору

### 2.2.1. Аудит карт системи природокористування та екологічної безпеки

Використання природних ресурсів все більше набуває складових ознак національної безпеки в світі. Вичерпується все: водні ресурси для сільського господарства при забезпеченні меліорації чистою водою, а також при забезпеченні чистою питною водою життєдіяльності великих промислових агломерацій, міст-мільйонників, де в майбутньому буде зосереджуватися лівова частка усього світового народонаселення.

Виснажується потенціал земельних ресурсів, що є наслідком виникнення світової продовольчої кризи, забруднюється атмосферне повітря, що приводить до захворювання населення – донора національних бюджетних систем.

Реалізація програм раціонального природокористування не відновлювальних природних ресурсів – нагальна проблема сучасної цивілізації. Дослідити відповідні процеси та дати їм адекватну оцінку й прогноз в глобальному та локальному масштабі можна за допомогою географічних карт. Дослідження карт системи природокористування є актуальною проблемою сучасної географічної картографії в контексті комплексного вивчення підходів до картографічного забезпечення раціонального природокористування в Україні.

Картографуванню системи природокористування та охорони довкілля в присвячені наукові праці наступних вчених: В.А. Пересадько – природоохоронне картографування в масштабі області України (Харківський університет), В.А. Барановський – еколого-географічне та медико-гігієнічне картографування території України (РВПС України), Руденко Л.Г., Пархоменко Г.О. – картографування територіальних систем охорони природи (Інститут географії НАН України) та інші.

*Карти систем природокористування* можна знайти в працях не лише професійних картографів, а й у вчених суміжних географічних спеціалізацій. Наприклад в монографії «Просторові дестинації м. Києва». В роботі присутні карти санітарно-оздоровчого комплексу та присвячені проблемі родючості та еродованості ґрунтів м. Києва.

Жодні дослідження не узагальнюють досвід у картографуванні трансформації систем «довкілля-простір» та «суспільство-природа» та не дають теоретико-методологічного обґрунтування дострокового прогнозу розвитку територіальних систем та сталого розвитку з боку вивчення змін картографічної топоніміки, трансформації системи розселення населення, в залежності від змін економічних формацій, геополітичних відносин.

*Мета досліджень ставить наступні наукові завдання вирішення проблем:*

- дати термінологічне визначення поняття «карта системи природокористування»; вишукати масив картографічних творів, що висвітлюють проблему природокористування та природоохоронну тематику;
- дати стислий огляд відповідного шару картографічної продукції;
- рокласифікувати та обґрунтувати відповідний ранжир карт систем природокористування;
- розробити критерії оцінки інформаційної достовірності та цінності для проведення еколого-географічного дослідження трансформації системи природокористування у м. Києві.

Визначення карти системи природокористування або карти природоохоронної спеціалізації можна ґрунтується на термінологічному визначенні «раціонального та сбалансованого природокористування».

Класифікаційна схема карт системи природокористування представлена на рис. 2.15.

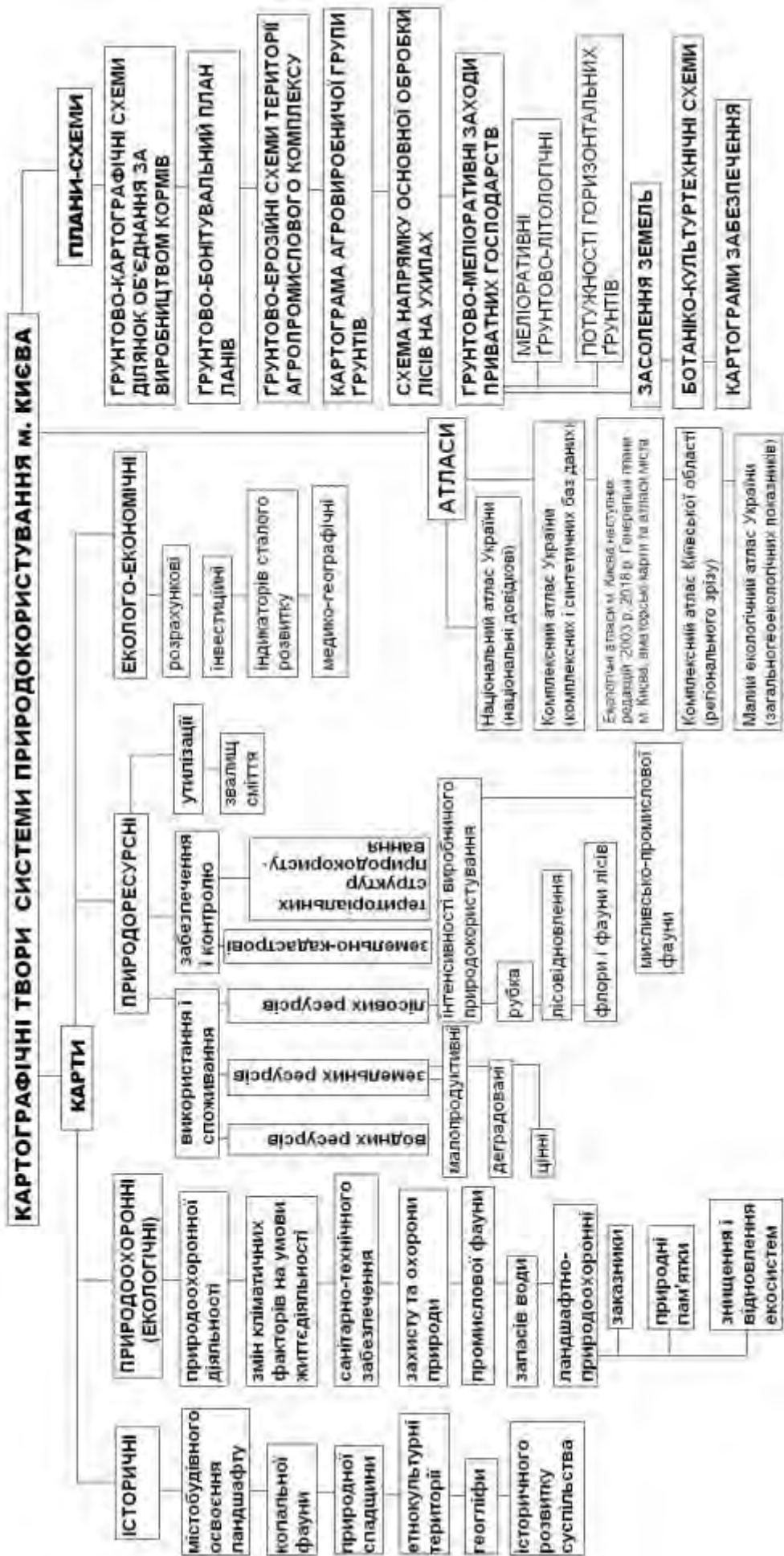


Рис. 2.15. Класифікація карти системи природокористування м. Києва

*Карта системи природокористування* – це картографічний твір, що демонструє національну та міжнародну інфраструктуру геопросторових даних про сферу виробничої та наукової діяльності, спрямованої на комплексне вивчення, освоєння, використання, відновлення, поліпшення й охорону природного середовища та природних ресурсів з метою сталого розвитку продуктивних сил і збереження сприятливих умов життєдіяльності людини.

*Природоохоронна карта* – модель геопросторової інфраструктури в системі забезпечення охорони природи та раціонального природокористування.

Першою, відомою картою системи природокористування в Україні є “Межирицька карта”, яка наочно демонструє уявне узагальнення оточуючого природного середовища та господарства. На ній також присутні умовні позначення елементів примітивного природокористування, а саме: мисливські угіддя, території чотирьох кулеподібних будівель, глиняні схили.

У Екологічному атласі м. Києва (2003 р.) представлена ціла серія карт системи організації раціонального природокористування. Карта “Природоохоронна діяльність у м. Києві” (масштаб 1 : 4 500 000) та її зміст відображає еколого-географічні особливості системи природокористування вмісті: районний розподіл стану забруднення (рис. 2.16).

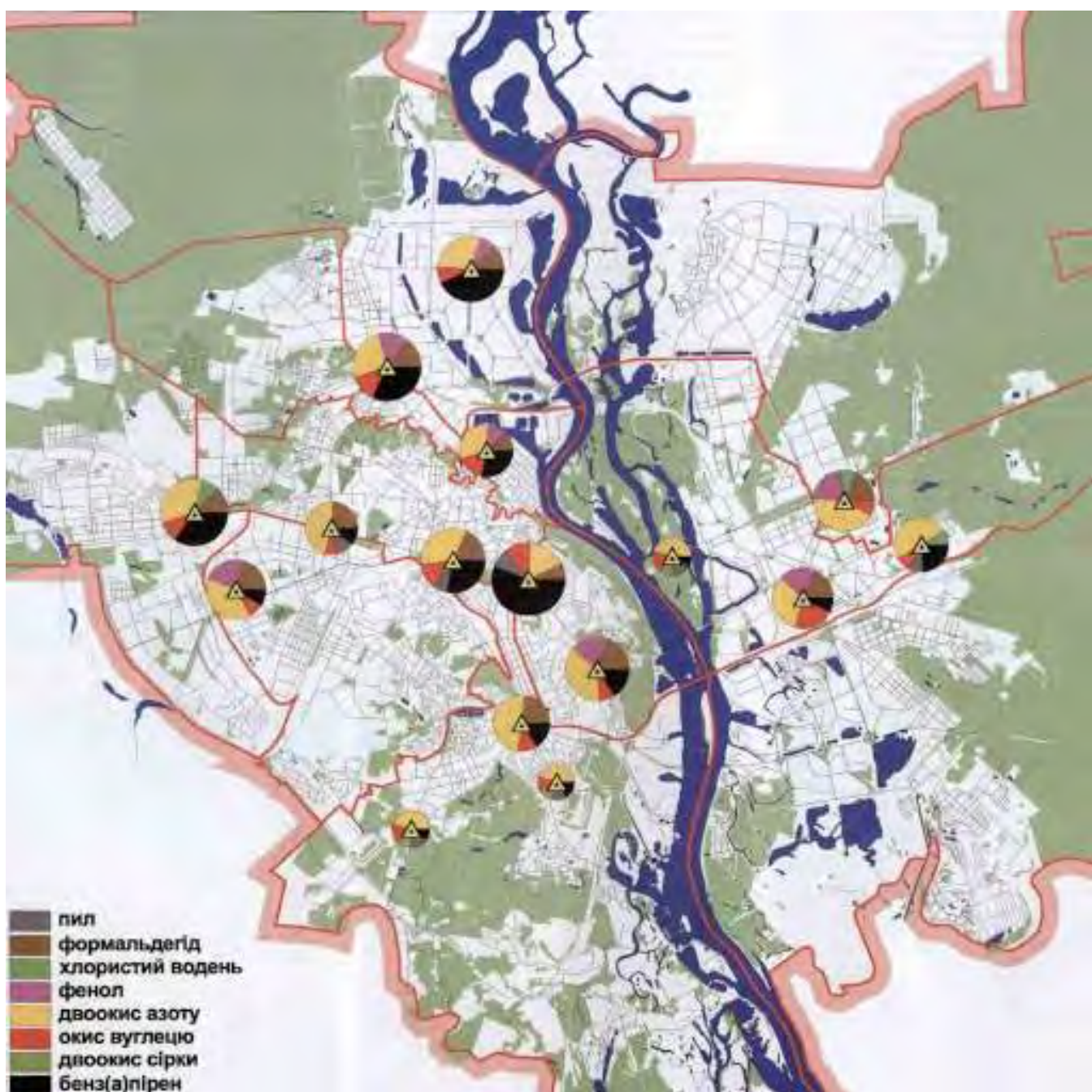


Рис. 2.16. Районий розподіл кількості забруднення за станціонарними пунктами

На відміну від будь-якої карти, що демонструє регіональний розподіл грошових вкладень у заходи з охорони природи на основі щорічної статистичної інформації (картограмної карти), у «Комплексному атласі України» показані недержавні та урядові організації та їх кількість у відповідності до кожного міста способом локалізованих значків. Інформаційне (тематичне) навантаження на географічну основу карти представлено блоком «регіони України із найбільшими інвестиціями в систему природокористування», в т.ч. м. Київ.

Карта «Забезпечення водними ресурсами та їх використання м. Києва» (масштаб 1 : 1 500 000) показує забезпеченість і використання водних ресурсів за різними виробничими потребами муніципального господарства та обсяги їх споживання.

В «Комплексному атласі України» представлена карта «Еродовані орні землі» у масштабі 1 : 7 000 000, яка надає синтетичну інформацію про відсоток площ еродованих земельних ресурсів. Додатками до карти є наступні карти-схеми системи прикладного природокористування в системі екологічного землекористування у довільному масштабі: «Деградовані та малопродуктивні орні землі» та «особливо цінні продуктивні ґрунти». Карти демонструють відсотки площ орних земель по областям України та окремо по м. Києву.

До особливих видів картографічних творів системи природокористування і представлення географічної інформації відносяться *картоїди*. На фрагменті картоїду «Скупчення сміття» показані території для утилізації за наступними критеріями інтерпретації сміття: звалища та обсяги сміття, відстані між звалищами, способи утилізації сміття.

Фрагменти серії карт (автор І.П. Підоплічко) розвитку лісового покриву демонструють стан лісів за часовими зрізами від I тис. до н.е. до XIX ст. Спеціальною (адресно-орієнтованою) є карта копальної фауни (автор Г.О. Пархоменко) із вузькоспеціалізованою бібліотекою умовних позначень. Це карти «Рослинність у ранньому та пізньому голоцені» демонструють ареали реліктових типів рослинності. Продовженням тематики картографування є серія карт змін рослинності в ході історичного розвитку суспільства у мезоліті, неоліті та сучасних періодах (автори: А.Т. Артюшенко, Р.І. Арап, Л.М. Безусько, С.І. Турло, Г.О. Пархоменко).

Карта «Зміна впливу кліматичних факторів на умови життя і господарювання діяльності людей» (автор Г.О. Пархоменко) показує межі агрокліматичних зон, а також може використовуватися в прикладних задачах, про що демонструються географічні особливості розміщення районів з несприятливими погодними умовами для безпеки життєдіяльності місцевих громад та їх господарської діяльності. З точки зору картосеміотики картографічний банк умовних позначень є індексним, тобто у літерально-цифровій формі.

Легенда карти «Територіальна структура природокористування» (автори: І.А. Горленко, Л.Г. Руденко, Г.О. Пархоменко) дає уявлення про територіальний розподіл інтенсивності виробничого природокористування, кластеризацію виробництва за рівнями з індексацією (індексно-багаторівнева картографічна інтерпретація). Аналіз карти виявив, що найвищий рівень інтенсивності природокористування є в Донбасі та Слобожанщині. Недоліком карти є спрощена бібліотека умовних позначень.

Інші картографічні твори із зазначеної проблематики, а саме: «Земельні угіддя», де позамасштабними умовними позначками показані сільськогосподарські угіддя, торфорозробки, водосховища. Інформативний зміст карти «Вплив Київського водосховища на розподіл основних метеорологічних елементів» є основою до укладеної карти «Використання водних ресурсів у м. Києві», де картограмою показані запаси води за адміністративними районами в млн. куб. метрах на рік, об'єми води та її розподіл за різними виробничими рівнями. На карті санітарно-технічного забезпечення природокористування «Порушення санітарного стану річок» локалізованими позначками інтерпретовані місця виникнення забруднення річок в балах, відповідно до рівня забрудненості.

Відповідний блок карт покладено в базу геоданих еколого-туристичної карти Києва та Київської області (рис. 2.17).



Рис. 2.17. Природоохоронні та еколого-туристські території Київщини

Карта «Захист та охорона лісів» надає вичерпну інформацію про заходи захисту лісів із застосуванням прийомів та способів локалізованих діаграм та піксельно-розряджених конструкцій. Наступною в цій серії карт є твір «Заходи рубки лісу» із показом щільності ваги рубки лісу для визначеної території. Карта «Заходи лісовідтворення» показує у вигляді картограм процес посадки молодого лісу.

Карта «Ресурси промислових риб» демонструє екваторіальне районування основних рибопромислових районів та виробничого потенціалу. Тематично-проблемний напрямок впливу господарської діяльності людини на тварин та біоту представлений наступними картами: «Охорона ресурсів водоплавної фауни» та «Збагачення ресурсів мисливсько-промислової фауни».

Карта із змістом групування районів Київської області за рівнем забезпеченості природно-ресурсним потенціалом показує природні ресурси території за градаціями та їх забезпечення за районами області.

Особливим видом карт системи природокористування є *ландшафтно-природоохоронні карти*, які представляють інформацію про заповідні об'єкти від державних заказників до геологічних пам'яток, проведення меліоративних заходів та локалізацію установ зі збагачення і охорони природних ресурсів при їх використанні.

Локальний рівень системи природокористування (на прикладі м. Києва) представлений планами, схемами та абрисами, а саме – наступними картографічними творами «Ландшафти території Києва та міська забудова», де показані: межі міської забудови, міська рослинність зеленої зони міста та їх часова трансформація.

Історичні плани-схеми системи природокористування показують ареали містобудівного освоєння ландшафтів за різними часовими зрізами (X, XII, XVIII, XX стт. та сучасний час) (рис. 2.18). До особливих карт даного тематичного напрямку відносяться плани ландшафтно-архітектурних систем міста. До карт системи природокористування належать інженерні плани транспортного забезпечення та облаштування територій. Г. Острроверхом у 1999 р. укладена карта «Інтегральної оцінки стійкості рельєфу Києва за морфометричними даними» із демонстрацією лісозахисних зон міста способом ареалів.

Приклади побудови комплексних умовних позначень для карт системи природокористування розроблені акад. Руденком Л.Г. із урахуванням суспільно-господарських факторів. Специфіка відповідних побудов обґрунтована відображенням на картах синтетичних характеристик в системі «суспільство-природа». Це знайшло відображення на плані «Київ. Функціонально-територіальна структура». На карті застосований прийом монохромного кольорового коду Б. Ратоті.

Карта деградації ґрунтів представлена у національних доповідях про стан навколишнього середовища із показниками деградації земельних ресурсів України.

У зарубіжному досвіді, найбільш актуальною є карта природокористування Республіки Чорногорії із показом на ній лісів, шляхів сполучення, сільськогосподарських підприємств.

Карти систем природокористування представлені в «Національному атласі України» та є основою при виконанні і реалізації досліджень охорони навколишнього природного середовища водних об'єктів України. До карти природоохоронної тематики відносяться й генеральні плани міст.

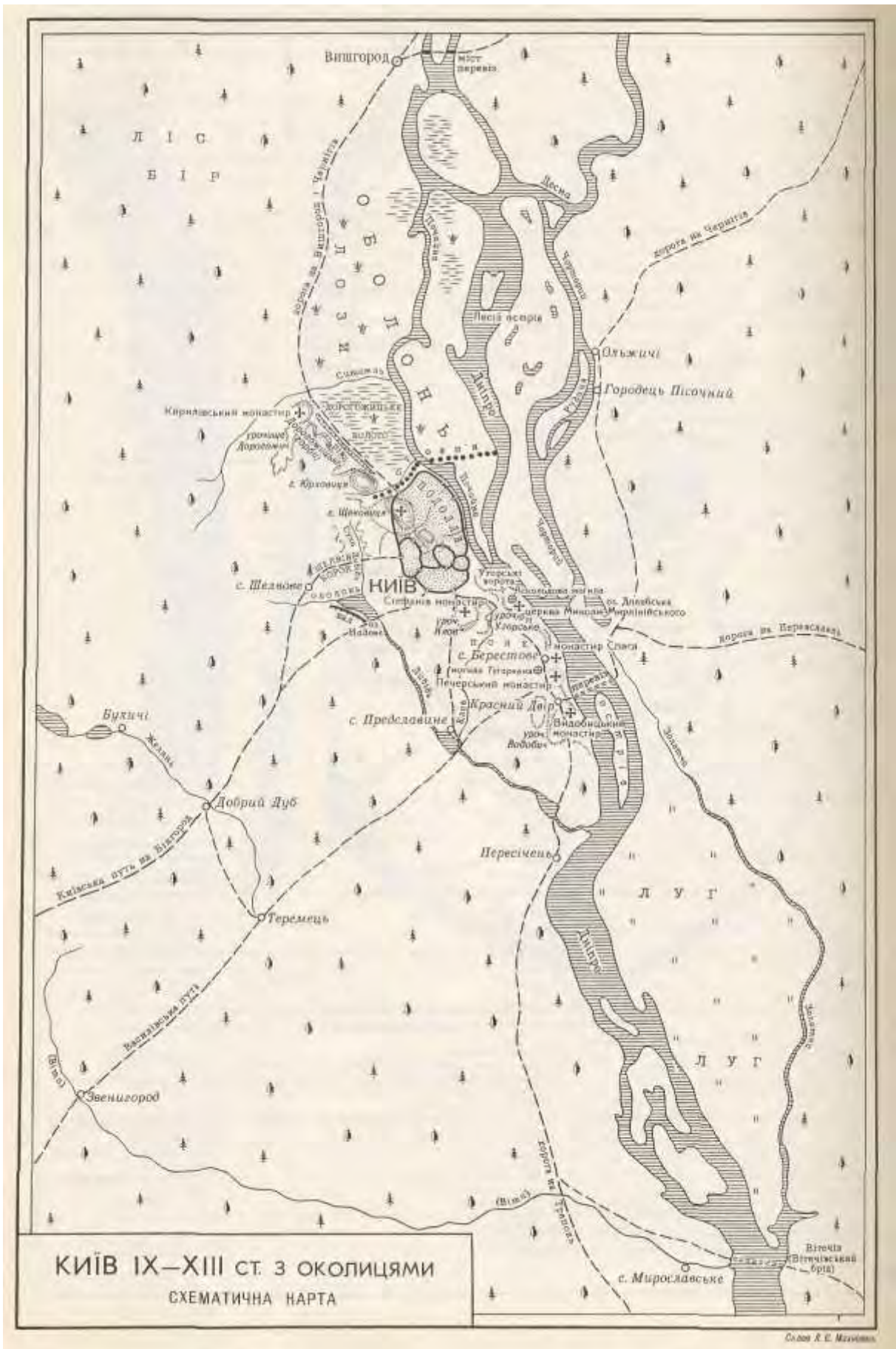


Рис. 2.18. Довкілля-простір м. Києва ІХ-ХІІІ стт.

Відповідно до схеми класифікації картографічних творів, комплекс карт розподіляється на карти природокористування при фундаментальних географічних дослідженнях змін навколишнього природного середовища та карти прикладного змісту – планів-схем при розв'язанні задач оцінки землі, земельно-кадастрових відносин та робіт із землеустрою та землевпорядкування приватних сільськогосподарських підприємств.

Карти системи природокористування поділяються наступним чином:

- *історичні* – демонструють зміни у часі розселення населення, територій господарювання, зміни і трансформації рельєфу, долин річок;
- *природоохоронні (екологічні)* карти, на яких відображають сучасні процеси в системі «довкілля-простір» та «суспільство-природа», природно-ландшафтні зміни в містах під час урбанізаційних змін довкілля, захисту довкілля;
- *природноресурсні* карти є похідними від загальногеографічних карт копалин, але із особливостями у легенді, де представлені умовні позначення інтенсивності виробничого природокористування в основних державних кадастрових *планах*: водних, земельних, лісових, міських, повітряних, морських. До природоресурсних карт відносяться карти систем забезпечення та утилізації промислових та комунальних відходів;
- *еколого-економічні* карти переважно є картограмними і інтерпретуються для кожної визначеної території розраховані прогностичні показники індикаторів сталого розвитку, інвестиції;
- *плани-схеми інженерного природокористування* застосовуються при визначенні критично можливих показників раціонального використання земельних ресурсів для попередження їх виснаження та деградації, проведенні економічно обґрунтованих робіт із максимального збереження потенціалу ресурсів.

Для проведення багатостороннього оцінювання стану системи природокористування в Україні, необхідно визначені критерії до методики оцінки інформаційної цінності картографічних творів природоохоронного змісту.

*Критерії оцінки (аудиту) карти* ґрунтуються на вивченні її тополого-геометричної основи (картографічному каркасі), на якій надбудовуються проблемно-тематичні навантаження (тематичний зміст карти).

Першим, найголовнішим критерієм є часова відповідність картографічного твору, тоб то наскільки карта є актуальною. У картах природокористування їх можна поділити на актуальні електронні (ГІС) з терміном експлуатації від 5 до 7 років із незначними змінами географічної еколого-економічної (господарської) діяльності. Застарілими картами вважаються твори, що відтворюють повноцінну еколого-географічну характеристику території більше 10 років.

*Картосеміотичні критерії* – новітній напрям картографічного аудиту картографічних творів, який складається із семіотичних, прагматичних, лінгвістичних та семантичних критеріїв.

Семіотика карт досліджує їх текстові літерально-цифрові (індексні) та комбіновані кластери математичної основи карт. Відповідний напрямок прикладної картосеміотики методично поділяє такі карти за видами передачі та представлення

інформації: цифрові (електронно-дисплейні карти), аналогові карти (паперові скляні, білбордеві, неонні), 3-D та 4-D динамічні картографічні моделі.

Прагматика карт визначає сприйняття умовних позначень та рекомендує, які види умовних знаків є візуально сприйнятливими на карті, що проектується та як їх позначати. Це стосується масштабних та позамасштабних (довільних) умовних позначень на абрисах природоохоронного змісту.

Лінгвістична складова критеріїв оцінки географічної достовірності та цінності картографічного твору визначає наявність чи відсутність написів у різних транскрипціях.

Семантично карти системи природокористування ранжуються за специфікою видів представлення еколого-економічної інформації та змістовними критеріями. Вони поділяються на тематичні карти на топографічній (геодезичній) основі, аерокосмофотознімки, схеми природокористування невеликих об'єктів, що не виражаються у масштабах (абрис кар'єру).

Необхідними критеріями дослідження інформаційної цінності карт є сучасність тематичного змісту та географічної основи. Стосовно прикладних планів-схем природоохоронної тематики та природокористування переважають наступні критерії: наявність прогнозних характеристик (інформаційна база, що покладена в основу карти), еколого-економічна та власне екологічна інформація.

*Оцінемо картографічні твори за критеріями.* Практично всі вище зазначені карти є застарілими (історичними), окрім карт Національного та Комплексного атласів. За семіотичною складовою вони є комбінованими та аналоговими двомірними картографічними моделями.

З прагматичної точки зору на картах переважають позамасштабні знаки та довільні бібліотеки умовних позначень із підписами, що обмежуються лише назвами основних географічних об'єктів. Семантично, це карти без особливих спотворень масштабу та топографічної основи, які використовуються при вивченні історичних трендів розвитку основ природоохоронного картографування в Україні.

Формула загальногеографічних критеріїв методики оцінки інформаційної достовірності та цінності карти природоохоронної тематики на основі вище викладених критеріїв оцінки визначається видозмінною формулою А.М. Большакова – теоретика математичної обробки геодезичних вимірювань. Сумарна кількість неточностей на карті повинна прагнути до мінімуму [39]:

$$\left( \sum_{i=1}^{m_1} n_{1i} + \sum_{i=1}^{m_2} n_{2i} + \sum_{i=1}^{m_3} n_{3i} + \sum_{i=1}^{m_4} n_{4i} \right) \rightarrow \min \quad (3.1)$$

де,  $n_1$  – похибки масштабу;  $n_2$  – похибки математичної основи;  $n_3$  – похибки вихідних передумов теми;  $n_n$  – картосеміотичні похибки.

Формула визначає геопросторовий (картографічний) сегмент парадигми обсерваційного моніторингу довкілля-простору, що містить географічний аудит та рекогностування території, які разом утворюють систему прийомів первинного збору інформації та її представлення в картографічному вигляді. Проведення географічного аудиту зводиться до вивчення змістовної насиченості, актуальності та

достовірності архівних та сучасних проблемно-орієнтованих атласів, карт та планів. В картах еколого-обсерваційної тематики важливими є аналіз просторово-часових особливостей розвитку природно-територіальних систем.

### 2.2.2. Картографування надзвичайних ситуацій природного характеру

За всю історію свого існування людство прагнуло створити довгостроковий картографічний моніторинг прогнозування надзвичайних ситуацій природного характеру, оскільки запобігання стихійним природним лихам є економічно виправданим порівняно з витратами, спрямованими на ліквідацію наслідків катастроф. Не можливо не зазначити, що сучасний період розвитку техносфери як складника біосфери дуже негативно впливає на динамічне співіснування людини та природи.

Сучасна цивілізація не раз зустрічалася з катастрофами, що приходили зненацька і завдавали згубного впливу, наслідком якого була смерть людей, знищені міста та посіви. Причиною їх були різноманітні природні явища – виверження вулканів, землетруси, цунамі, повені, смерчі, епідемії.

Катастрофа 26 квітня 1986 р. засвідчило, що аварії скоєні руками людей можуть бути у тисячі разів небезпечними ніж найпотужніші природні катаклізми. У той день людство фактично злякалося само себе більше, ніж вулканічна або сейсмічна активність природи.

Сьогодні необхідно визначити, що собою являють екологічні катастрофи. По-перше, це подія, що миттєво та зненацька розвивається. Наприклад, якщо у кар'єрі висаджують пусту породу для того, щоб дістатися до руди, цей вибух (навіть найміцніший та руйнівний), зовсім не катастрофічний, а науково підготовлений та технологічно запланований. Будь-яка катастрофа обов'язково має катастрофічні наслідки, обертається руйнуваннями та загибеллю людей. До речі, нікому зі вчених не спадало на думку назвати катастрофою вибух наднової зірки або виверження вулкана у віддаленій частині Тихого океану. Хоча їх наслідки є надзвичайно чутливими на всій території земної поверхні.

Сучасна наука намагається знайти відповідь на питання, чому виникають екологічні катастрофи. Донині вважалося, що основною першопричиною надзвичайних ситуацій природного характеру є природна стихія, землетруси, вулканічна активність, цунамі, в тому числі підводні, тайфуни, повені. Це лише короткий реєстр випробувань для людської цивілізації сьогодні. Необхідно зазначити, що найбільшу небезпеку докільля зазнає від антропогенного впливу.

Аварії на атомних реакторах, вибухи на хімічних заводах, падіння літаків, зіткнення потягів із різними видами отруйних речовин стає нашою повсякденною реальністю. Останнім часом стає зрозумілою, що межа між катастрофами природними та штучними є дедалі прозорішою та взаємопов'язаною.

За часів Римської республіки відомим на той час ученим-картографом Гаєм Фуррієм Каміллом була створена карта катастроф на територію Апеннінського півострову. Вперше в історії проблемно-орієнтованого картографування за допомогою ізоліній був представлений довгостроковий сейсмічний прогноз на

найближчі роки. Зазначимо, що проблема картографування екстремальних явищ була актуальною вже за часів народження перших інституцій держави та права.

Американські та англійські вчені провели спільне дослідження відносно генезису надзвичайних ситуацій. Висновок звівся до того, що головною причиною сучасних природних катастроф є людська діяльність. Землетруси та повені, посухи та вибухи підземних газів – до всіх цих негативних подій людина та її господарська діяльність має пряме відношення. Останнім часом виник новий термін в теорії катастроф. Це рукотворні катастрофи та ексцеси. Ці катастрофи пов'язані із антропосферою.

Згідно даних ООН відомо, що щорічні збитки від катастроф природного та техногенного походження становить суму, що дорівнює 2-4 % і більше в структурі ВВП багатьох країн. В Україні тільки щорічні бюджетні витрати на ліквідацію наслідків чорнобильської катастрофи перевищують 2 % від загального обсягу ВВП.

Економічна та військово-політична криза, що супроводжує країну із лютого 2014 р., супроводжується збільшенням частки застарілих технологій та обладнання, зниження рівня модернізації і оновлення виробництва. Деіндустріалізація економіки, збільшує ризик виникнення катастроф. У цьому зв'язку, проблема прогнозування та оцінки наслідків надзвичайних ситуацій займає провідне місце в діяльності Державної служби з питань надзвичайних ситуацій (ДСНС).

Для складання урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій (УІАС НС), замовниками якої виступили Кабінет Міністрів України та ДСНС було прийнято рішення використовувати аналітичні й моделюючі можливості географічних інформаційних систем (ГІС). Робота ГІС спрямована на створення прогнозно-моделюючих комплексів запобігання, мінімізації і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Комплекс моделюючих геоінформаційних систем створюють як складник розподіленої інформаційної структури УІАС НС, який інтегрує інформаційні потоки таких урядових і державних установ, як Кабінет Міністрів України, Гідрометцентр України, ДСНС та інших організацій. Відтак утворюється єдине геоінформаційне середовище, що здатне забезпечувати необхідний рівень як постачання вихідними даними для моделювання, так і підготовки інформації для системи прийняття рішень.

Український центр менеджменту Землі та ресурсів розробляє геоінформаційний прогнозно-моделюючий картографічний комплекс урядової системи з питань надзвичайних ситуацій у м. Києві. Системне забезпечення комплексу базується на платформі нового покоління програмних продуктів ESRI – ArcGIS.

Сьогодні інформаційне забезпечення комплексу ґрунтується на розміщених у ДСНС України таких баз даних:

- надзвичайних ситуаціях, що отримують інформацію про час, типи та масштаби катастроф;
- гідрометеорологічної інформації, що оперативно формується за даними Гідрометцентру України;
- загальнодержавному реєстру потенційно небезпечних об'єктів;
- фонді електронних тематичних карт території м. Києва;

### Результати прогнозування наслідків можливого прориву дамби Київської ГЕС в умовах водопілля 1979 р.

Умови: розхід КГЕС – 7220м<sup>3</sup>/с, Десна – 2410м<sup>3</sup>/с, підпорний рівень Канівського вдсх – 93,7м  
Ширина прориву – 400м

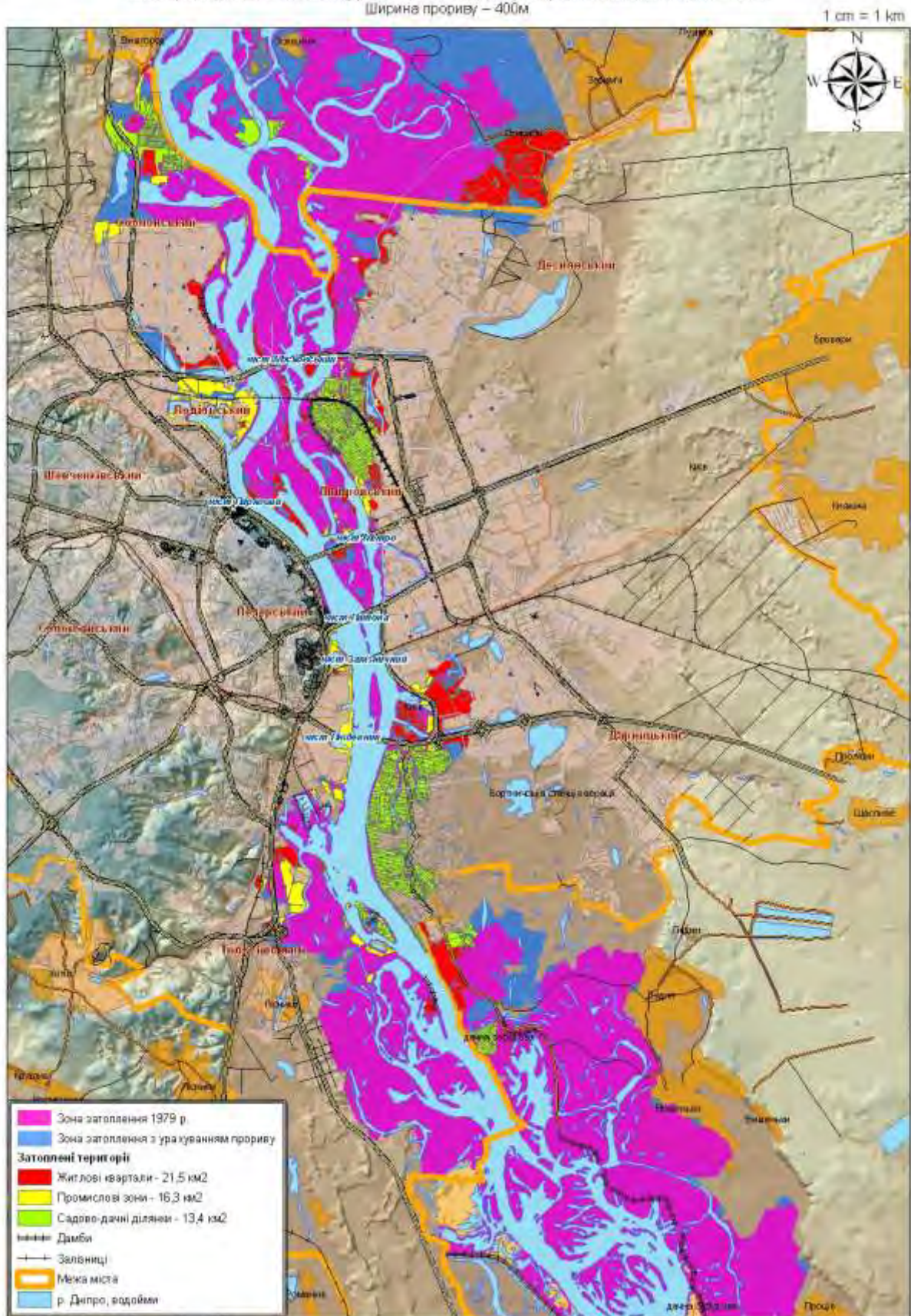


Рис. 2.19. Картографічна модель катастрофічного водопілля у м. Києві

На даний момент реалізовані вищевикладені програми, спрямовані на вирішення проблем моделювання катастроф картографічними методами дослідження:

- прогнозування та оцінка наслідків катастрофічної повеней у м. Києві (рис. 2.19);
- прогнозування та оцінка наслідків селевих проявів;
- прогнозування й оцінка наслідків викидів в атмосферу небезпечних хімічних речовин;
- геопросторова оцінка можливих наслідків карстових проявів;
- виконання розробки алгоритмічної бази прогнозно-моделюючих комплексів;
- проведення реалізації програм просторового моделювання території затоплення;
- актуалізація даних про довкілля-простір засобами аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування з вивченням гідрометричних та гідрографічних особливостей водних об'єктів та дорожньої мережі м. Києва.

Для того, щоб бази даних дослідження були і мали визначну ланку в ланцюгу картографічного моніторингу екстремальних ситуацій, треба скласти програму картографічних досліджень з урахуванням наступних важливих факторів:

- принцип максимального обліку тих генетичних основ процесів і закономірностей, що картографуються;
- принцип консервативної оцінки, тобто вибору гіршого для катастрофічної ситуації варіанти інтерполяції та екстраполяції матеріалів.

Перший з цих принципів дає змогу перейти від суб'єктивно-емпіричного способу організації фактичного матеріалу до побудови, яка враховує об'єктивний вплив факторів і процесів на розподіл показників, які картографуються.

Другий принцип особливо важливий за умов браку фактичних даних і знань про закономірності їхнього розподілу й зміни. Його використання допомагає мінімізувати небезпеку пов'язану з цим неповним знанням і тим самим підвищити надійність екологічних оцінок. Необхідно зазначити основні напрями наукових досліджень з питань геоінформаційного картографування катастроф:

- запобігання надзвичайним ситуаціям природного характеру шляхом запровадження математико-картографічних методів у довгостроковому моделюванні та прогнозуванні надзвичайних ситуацій;
- захист населення України від радіоактивного опромінення, джерела яких потрібно визначати картографічними методами дослідження при залученні даних дистанційного зондування Землі та аерокосмічної зйомки;
- створення експертних географічних інформаційних систем контролю за джерелами забруднення довкілля-простору, радіаційний захист персоналу потенційно небезпечних об'єктів, що там працюють (закритий простір-довкілля), шляхом створення волоконної геокодованої кіберсистеми картографічного попередження катастроф;
- переведення керівної техніки радіаційно небезпечних об'єктів (нового саркофагу Чорнобильської АЕС, пунктів поховання відходів) у

контрольований безпечний стан шляхом створення віртуальної 3-D кадастрової геоінформаційної системи;

- вжити ГІС-керуваних заходів спрямованих на обмеження міграції радіонуклідів та зменшення впливу радіоактивного забруднення на навколишнє середовище;
- ГІС-організація та проведення комплексного моніторингу довкілля-простору (біогеоценозів);
- проведення наукових досліджень з використанням космічної навігації GPS, що інтегровані у географічну експертну систему керування надзвичайною ситуацією;
- дотримання правил збереження природних пам'яток культури та історії та їхній ГІС-моніторинг.

*Картографування катастроф* – це напрям проблемно-орієнтованого картографування, основним завданням якого є створення на картографічній основі за допомогою умовних позначень і картографічних способів відображення сучасної динаміки надзвичайних ситуацій природного характеру.

Завдяки отриманим даним, що можуть залучатися як із наземних експедиційно-спостережувальних даних, так і дистанційних аерокосмічних спектрональних знімків. Таким чином створюється довгостроковий картографічний прогноз розвитку статичної дисрівноваги біогеоценозів, що інтегровані у техносферу.

Актуальність та домінування цього напрямку наукових досліджень у проблемно-тематичній картографії є безапеляційно беззаперечною. На сьогодні маємо безліч урядових і неурядових програм зі реалізації моніторингу надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Але вони безконтрольні та некорельовані між собою, що не кореспондується у єдиному напрямі стратегічних наукових досліджень щодо складання національної програми запобігання природної катастрофи на базі картографічних методів дослідження.

Сьогодні в Україні складено безліч екологічних карт та атласів різного спрямування й орієнтації: від радіоекологічних до біосферних і медико-географічних. Але повністю відсутні справжні, з картографічної точки зору, грамотно складені карти екологічних та природних катастроф.

Завдяки тому, що різні організації: ДСНС України, Інститути географії та геологічних наук Національної академії наук України не синхронно працюють, створюється штучна колізія картографічного конфлікту умовних позначень, способів відображення, компоновки та читаності карт.

Для обґрунтування об'єктивності положень треба зосередити увагу на основних апробованих на сьогодні в Україні науково-дослідних атласах і картах з питань екологічних та природних катастроф: «Малий екологічний атлас України» (асп. Шевченко Р.Ю.), «Екологічний атлас України» (проф. В.А. Барановський), «Медико-екологічний атлас» (проф. Шевченко В.О.), «Карта ризику для населення від можливих аварій на атомних електростанціях» та на багатьох інших відповідних картографічних творах, призначених для комплексного дослідження й оцінки екологічної ситуації в Україні. Тільки на основі їхнього аналізу і використання для побудови різних геоінформаційних картографічних моделей можна створити єдину

систему узгоджених прогнозів катастроф та рекомендацій щодо їхнього запобігання, ефективного спостереження й керування через ГІС-системи.

Один з першим в Україні ноу-хау в галузі екологічної картографії став проект геоінформаційного картографування надзвичайних ситуацій природного характеру. Ідея створення зародилася у липні 1995 р. на засіданні Наукового сектору кризового центру Міністерства екології та ядерної безпеки України. Спочатку робота являла собою картографічний моніторинг евтрофікації р. Дніпро. Була оприлюднена програма досліджень у галузі комплексного картографування природних катастроф.

У квітні 2000 р. на засіданні секції «Екологія» Ради з вивчення продуктивних сил України НАН України був апробований перший варіант «Екологічного атласу м. Києва», що включав понад 24 статистичні карти щодо забруднення й катастроф довкілля міста. Почався період створення математичного підґрунтя вже геоінформаційної системи на базі растрової інформації. Наступного року була представлена медико-екологічна карта з детермінаційною шкалою залежностей захворювання населення від процесу урбанізації, а також спровокованими людиною катастрофами.

У 1999-2000 рр. побачили світ карти: «Карта магнітних аномалій», «Радіоекологічне забруднення». В цілому за період 1992-2002 рр. створено 51 карта катастроф.

Перший стислий випуск з питань афторшокового стану біосфери вийшов у березні 1996 р. «Атлас Чорнобильської зони відчуження» (редактор Д.В. Ісаєв). Він відображає лише основні характеристики катастрофічних наслідків у зоні, загальні особливості територій і деякі природні умови даної території України.

Розроблявся багатоформатний «Атлас Чорнобильської зони відчуження». Це комплексний багатоаркушний атлас техногенної катастрофи ядерного вибуху, який системно відображає особливості впливу основних наслідків із залученням даних сучасних наукових досліджень. Науковим завданням атласу є картографічне вивчення впливу генетичних мутацій на динаміку деградації біомів. Картографічно модельовані особливості в поставарійному перетворенні навколишнього середовища, радіоекологічної і радіогігієнічної ситуацію на полігоні досліджень.

Тільки на основі картографічного аналізу і використання ретроспективних та сучасних екологічних карт можна створити різні прогностичні картографічні моделі, систему взаємоузгоджених прогнозів катастроф і рекомендацій щодо їх запобігання й ефективного спостереження, керування катастрофічними ситуаціями через картографічні експертні системи, що є головним науковим завданням картографування катастроф та явищ екстремального характеру.

### **2.2.3. Інструментарій комплексного екологічного атласного картографування великого міста**

Рівень забруднення навколишнього середовища в місті перевищує всі нормативи та гранично допустимі концентрації небезпечних речовин. Особливо це стосується повітря, що зазнає впливу від викидів автомобільного транспорту. Його кількість в м. Києві налічує понад мільйон засобів. При цьому значна частина з них, це застаріла продукція автопрому, яка максимально виділяє в атмосферу небезпечні

об'єми вуглецю. Такі транспортні засоби в країнах ЄС є забороненими. Необхідно зазначити, що Україна, яка є учасником Токійського протоколу, не виконує її положення в частині лімітації забруднення від транспортної інфраструктури.

Велике місто, у відповідності до класифікації населених пунктів вважається такими, населення яких налічує понад 250 тис. мешканців. Треба відрізнити номінальну чисельність населення, що підраховується за кількістю зареєстрованих громадян та фактичною, яку визначає трудова маятникова міграція із міст-супутників промислових агломерацій. В Україні таких міст, що формують промислові агломерації є декілька. Це Дніпровська урбопромислова агломерація (міста: Дніпро, Кам'янське, Новомосковськ), Одеська разом із м. Чорноморськ, Криворізька, Київська, Харківська. Вони визначають центри великих антропогенних навантажень на довкілля-простір відповідних природно-територіальних комплексів.

Значні об'єми викидів в навколишнє природне середовище міських просторів завдають несанкціоновані викиди у малі річки, що колекторовані в підземні водотоки; організація незаконних сміттєзвалищ навколо збудованих елітних селищ; робота малих промислових підприємств, що завдають патогенного впливу на довкілля у нічні часи. Наприклад, це асфальтовий завод у м. Києві, що забруднює виключно в часи нічної роботи повітря житлових масивів Почайна, Оболонь та Мінського.

В Україні юридично оформлена відповідальність та плата за лімітами викидів у довкілля під час роботи індустріальних комплексів різних форм власності. Але насправді, фактично, правові засади охорони навколишнього середовища не працюють. Проблема ґрунтується не лише у великому рівні корупції в природоохоронній галузі. Відсутні документально підтверджені джерела та ареали забруднень та не визначений їх небезпечний вплив на здоров'я та безпеку життєдіяльності населення. Так, за допомогою приладів та датчиків визначаються числові показники рівня впливу на довкілля (рис. 2.20). Складаються статистичні звіти, технічні документи, методики оцінки впливу на довкілля (рис. 2.21). Універсальним способом візуалізації відповідної гео- та екоінформації є *спеціалізоване тематичне картографування*.





Рис. 2.20. Тривісний геофон акусто-сейсмічного моніторинга системи «Горгона», встановлений по проспекту Перемоги в м. Києві, щовиконує вимірювання рівня вібрацій і шуму внаслідок будівельних робіт



Рис. 2.21. Програмне забезпечення Geoscope, яке інстальовано на персональних ПК, гаджетах та девайсах

В процесі оцінки впливу на довкілля та в стратегічному екологічному плануванні м. Києва аналітика та прогноз здійснюється за допомогою картографічних творів та моделей. Зазначимо, чим відрізняється картографічний твір від картографічної моделі в системі екологічного моніторингу великого міста. Картографічний твір здійснює поточну демонстрацію у тематичному змісті стан параметрів навколишнього природного середовища. Його укладання допускається у польових умовах екологічного рекогносцирувального моніторингу. Умовні позначення, як правило є авторськими, не уніфікованими. Математична основа карти є довільною. Фактично, картографічний твір є електронним абрисом (схемою) полігонних досліджень. Він виконується у Gadget-картографічних додатках, планшетних картографічних редакторах, програмах растрової та векторної графіки.

Картографічна модель результатів проведення екологічного моніторингу представляє собою верифіковану геопросторову візуалізацію еколого-природоохоронних заходів із поліпшення та оптимізації стану довкілля-простору. Укладається в програмних оболонках ГІС-систем. Зміст моделі демонструє рекомендації, дії та прогноз. Демонстраційні можливості картографічної моделі вищі за картографічний твір. Це характеризується форматами даних, інтеграційними можливостями передачі геопросторової інформації [34].

*Геопросторова інформація при реалізації екологічного моніторингу* та програм охорони навколишнього природного середовища інтерпретується у наступному ряді картографічної продукції:

- пікетажному журналі полігонних рекогносцирувань;
- абрисі оперативної екологічної інформації;
- плані організації природоохоронних заходів рекультивациі та ревіталізації ландшафтів;
- картографічного твору (карти) моніторингової інформації;
- картографічної моделі (ГІС) екологічного моніторингу та прогнозу;
- серії карт стану навколишнього природного середовища;
- комплексних екологічних атласів спеціалізованого тематичного картографування.

Проведемо характеристику затребуваності та ефективності застосування відповідних категорій карт в екологічному моніторингу м. Києва (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Оцінка картографічної продукції в системі екологічного моніторингу міста

Параметри оцінки Вид	Територіальне охоплення	Пріоритетний масштаб	Основні елементи змісту	Область застосування
Пікетажний журнал полігонних рекогносцирувань.	Витягнуті (лінійні) ділянки земної поверхні, ширина зони	1 : 50 1 : 100 1 : 200 1 : 250	Топографічна ситуація місцевості	Проектування вулично-дорожньої мережі

	моніторингу до 50 м. від осьової лінії пікетажу			
Абрис оперативної екологічної інформації.	Мікрорайони міста, промислові майданчики, зони сміттєзвалищ, несанкціонованого приєднання до систем ЖКГ.	1 : 500	Топографічна ситуація, джерела забруднення геосистем	Оцінка впливу на довкілля та стратегічне екологічна оцінка
План організації природоохоронних заходів рекультивації та ревіталізації ландшафтів.	Окремі адміністративно-територіальні райони міста, промислові вузли та великі транспортно-логістичні території, що не працюють	1 : 500 1 : 1 000 1 : 2 000 1 : 2 500 1 : 5 000	Топографічна ситуація із генералізацією у відповідності до масштабу, роза вітрів	Моніторинг природно-територіальних комплексів, що зазнали впливу промисловості
Картографічний твір (карта) моніторингової інформації.	Територія міста, сельбищні та промислові території, агломерація або околиці міста	1 : 10 000 1 : 25 000 1 : 50 000 1 : 100 000	Фізико-географічна ситуація, кліматичні дані	Формування оперативної екологічної інформації
Картографічна модель (ГІС) екологічного моніторингу та прогнозу.	Територія міста, сельбищні та промислові території, агломерація або околиці міста. Адміністративна область	1 : 10 000 1 : 25 000 1 : 50 000 1 : 100 000 1 : 500 000	Ландмарки, маршрути полігонних експедицій	Створення проекту організації заходів охорони довкілля міста
Серія карт стану навколишнього природного середовища.	Включають території всіх територій. Всі рівні деталізації природних та промислових зон	Масштаби відповідають деталізації проблемних зон	Топографічна та фізико-географічна складова	Порівняльна характеристика розвитку рівнів забруднення
Комплексний екологічний атлас спеціалізованого тематичного картографування.	Охоплює всі території міста та навколишніх передмість. Антропогенний	Весь масштабний ряд карт	Залежить від генералізації створеної карти	Загально-екологічна характеристика довкілля-простору

	та природний ландшафт			міста
--	-----------------------	--	--	-------

Таким чином, комплексне екологічне атласне картографування м. Києва максимально репрезентує стан навколишнього природного середовища трансформованого природно-територіального комплексу. Воно дозволяє всеохоплююче вивчити хронологію патогенного впливу на ландшафти. Дозволяє дослідити елементи антропогенного рельєфу. Є можливості оцінити наслідки антропогенного навантаження. Провести аналіз між станом навколишнього середовища та захворюваністю населення.

Комплексність атласного екологічного картографування розкриває особливості територіальної організації виробництва, суспільних та громадських установ, рекреаційного потенціалу зелених зон, водних просторів. Є основою генерального планування перспективного розвитку забудованих територій. Дозволяє у планово-висотному забезпеченні обґрунтувати проекти ландшафтного дизайнерського планування територій, що підлягають антропогенному навантаженню. Визначає його проєктні показники таким чином, щоб запобігти патогенного впливу на біоту. Це насамперед, при будівництві Подільсько-Воскресенського мостового переходу, проєкту другої навколо міської автомобільної дороги.

Для реалізації проєкту створення комплексного екологічного атласу м. Києва першочерговим етапом є формулювання його концепції. Це означає, що необхідно визначити технічні, технологічні та функціональні аспекти роботи над відповідним завданням. Технічна складова проєктування визначається інструментарієм обробки еколого-природоохоронної інформації, яка поступатиме до первинних баз даних, які покладені в тематичний зміст блоків атласу. Цим визначається методика обробки статистичних даних, визначається її актуальність та перевірка доцільності їх візуалізації. Технологічні прийоми атласного картографування впливають із технічного завдання на його створення. За проблемними сторонами обґрунтовують тематичні розділи атласу. Відповідно до атласного картографування м. Києва визначені такі блок-структури:

- трансформованість природного ландшафту під впливом швидкоплинних кліматичних змін;
- деградація природного ландшафту під дією антропогенного навантаження від найдавніших часів до сьогодення;
- зміни гідрографічної розчленованості природно-територіального комплексу. Зміни гідрологічного стану басейну р. Дніпро;
- особливості геологічних структур літосфери м. Києва, вертикальні та горизонталі рухи земної поверхні за районами м. Києва. Визначення показників «чаші опускання» міста;
- показники забруднення гідросфери, літосфери, атмосфери, педосфери та біосфери за адміністративно-територіальними одиницями м. Києва;
- нетрадиційні загрози довкілля: іонізоване випромінювання, шумове, світлове та еніологічне забруднення;

- медико-географічна характеристика та тренди захворюваності населення міста, шляхи поліпшення стану;
- ревіталізація та рекультивация потенційно-небезпечених промислових територій міста;
- перспективний екологічний генеральний план розвитку м. Києва.

Функціональна складова використання карт комплексного екологічного атласу м. Києва потребує визначення вже на етапі проєктування.

В сучасних умовах функціонування відкритих картографічних систем це забезпечується роботою в середовищі картографічних сервісів Інтернету – геопорталів. Пропонується порівняльна характеристика геопорталів як оболонок візуалізації баз даних екологічного атласу м. Києва (табл. 2.6).

Таблиця 2.6

Порівняльний аналіз краудсорсингових картографічних сервісів для атласного інтерактивного еколого-природоохоронного картографування великого міста [35]

№ з/п	Характеристика	OpenStreetMap (OSM)	Google Earth	Wikimapia	Google Map
<i>Основні відомості</i>					
1.	Можливі варіанти завантаження (браузер, гаджет, девайс)	Через браузер, мобільні додатки Android, iOS	Через браузер, мобільні додатки Android, iOS	Через браузер, мобільні додатки Android, iOS	Через браузер, мобільні додатки Android, iOS
2.	Режими перегляду геоінформації	Перемикання між картами-«підкладками» з різним змістовим навантаженням	Карта / супутниковий знімок / гібрид. Накладання шарів з інших сервісів	Карта / супутниковий знімок / гібрид. Накладання шарів з інших сервісів	Карта / супутниковий знімок / гібрид. Накладання шарів з інших сервісів
3.	Територіальне охоплення	Місто у цілому	Місто у цілому	Місто у цілому	Місто у цілому та за окремими територіями (за замовчуванням)
4.	Умови реєстрації	Обов'язкова для	Не є обов'язковою	Обов'язкова для	Обов'язкова для

	укладача карти	редагування	м для додавання простих об'єктів. Для більш розширеного редагування необхідна реєстрація	редагування	редагування
5.	Підтримка мов (інтерфейсу, геозображення)	Вибір мови	Вибір мови	Вибір мови	Вибір мови
<i>Картографічний інструментарій</i>					
6.	Доступні інструменти у кожному із сервісів для створення власної карти	Точкові, лінійні та площинні об'єкти та інструменти редагування	Одинадцять категорій створюваних та редагованих об'єктів	П'ять категорій створюваних та редагованих об'єктів	Шість основних категорій, деякі категорій мають свої під категорії
7.	Характеристик а умовних позначень точкових, лінійних, площинних об'єктів	Точкові, лінійні та площинні об'єкти та інструменти редагування. Точки, лінії та полігони, стилізовані у тому числі кольором. Деякі полігони відображені контуром. Усі полігони напівпрозорі (Editors mode)	Лінії, точки та полігони з відповідною стилізацією. Частина полігонів відображена лініями	Точки, лінії та полігони, стилізовані у тому числі кольором. Деякі полігони відображені контуром	Лінії, точки та полігони з відповідною стилізацією. Частина полігонів відображена лініями
8.	Введення атрибутивних даних, способи їх відображення на карті	Значна кількість категорій даних, відображаються при виборі об'єкта	Декілька категорій даних, відображаються при виборі об'єкта	П'ятнадцять категорій даних, що відображаються при виборі об'єкта	Декілька категорій даних, відображаються при виборі об'єкта
9.	Пошукові можливості	Пошук об'єктів	Вбудований пошук	Пошук об'єктів по	Вбудований пошук у

	сервісів	WorldWide або ж в рамках території, відображеної на екрані		категорії, по всій території	Google
--	----------	--	--	------------------------------	--------

Розглянемо конструктивні блоки атласного екологічного картографування м. Києва.

*Архів ретроспективних та сучасних карт м. Києва* являє собою файли відсканованих картографічних творів (рис. 2.22). Для переходу до опції створення модулю картографічної інформації визначаються основні параметри: класифікатор вулиць, номерів будівель, класифікатор адміністративних районів міста, класифікатор об'єкта/явища природно-техногенної небезпеки м. Києва.

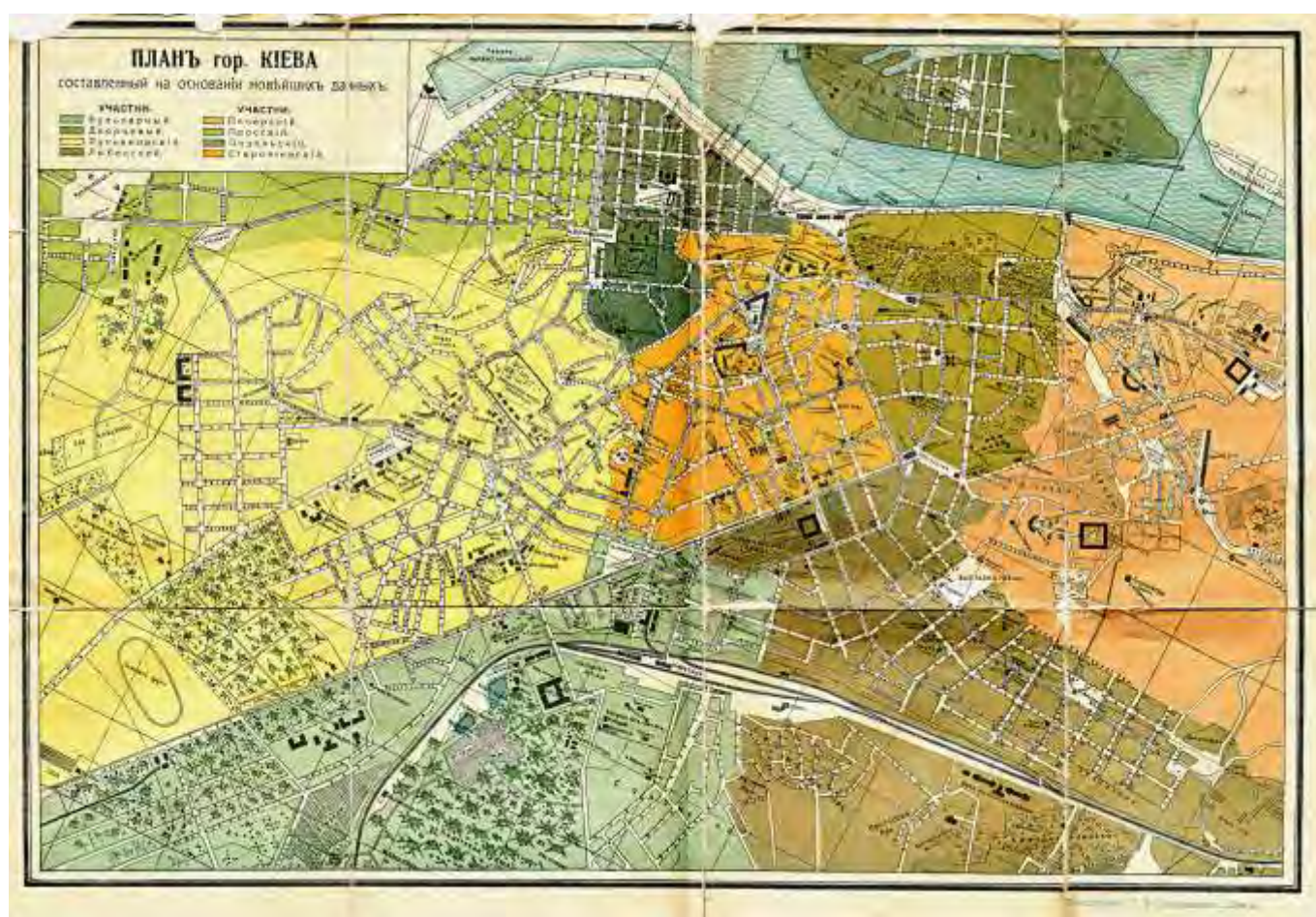


Рис. 2.22. План м. Києва, 1914 р.

Сформована інформаційна база об'єктів/явищ природно-техногенної небезпеки є основою для створення кількох карт різного призначення (рис. 2.24):

- *інвентаризаційні карти* окремих адміністративних районів м. Києва;
- *рекомендаційні* (аналітичні і комплексні) карти для практичного використання;

- науково-дослідницькі синтетичні карти, які фіксують теоретичні особливості мережі об'єктів/явищ природно-техногенної небезпеки.

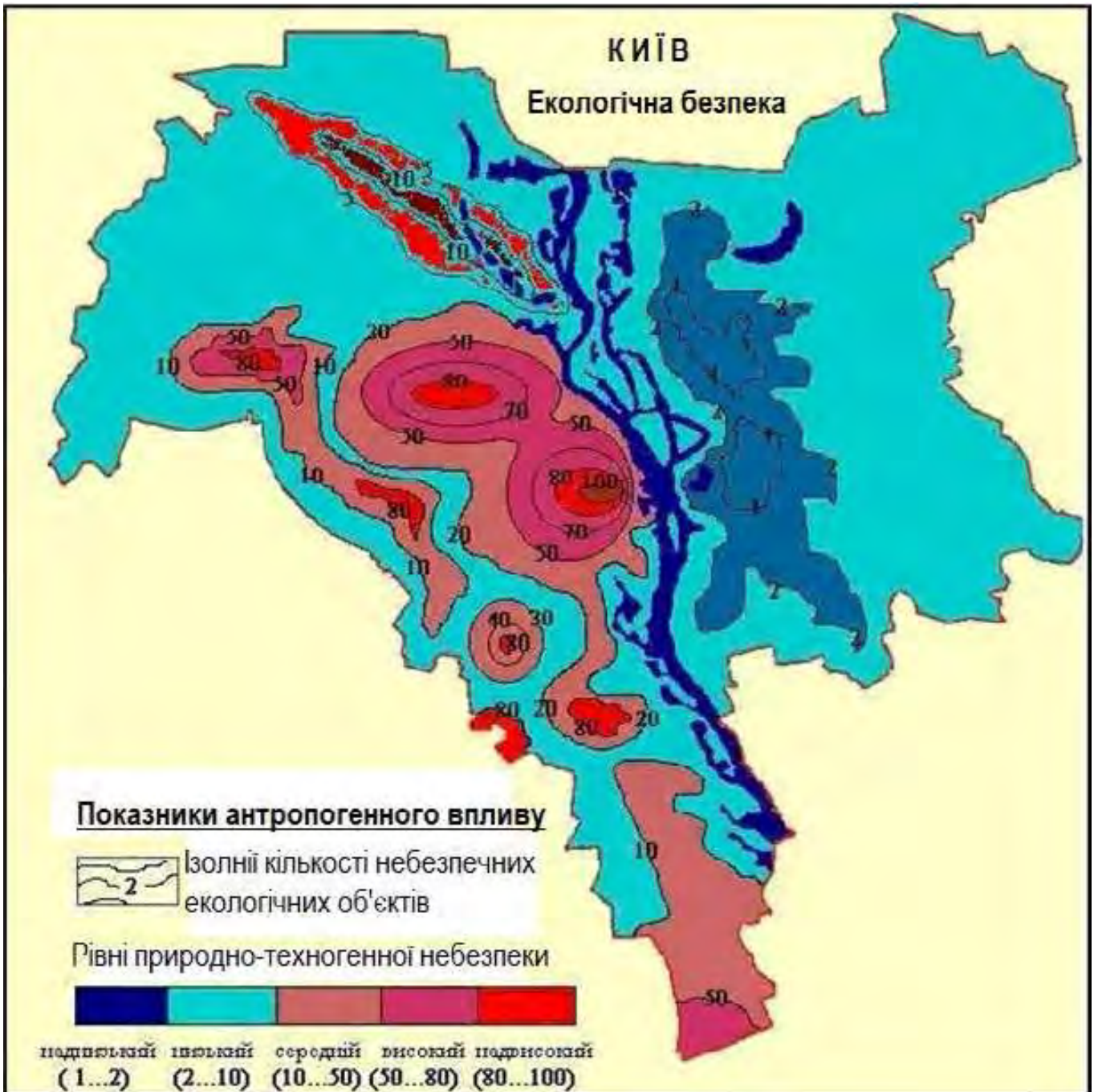


Рис. 2.23. Карта екологічної безпеки м. Києва

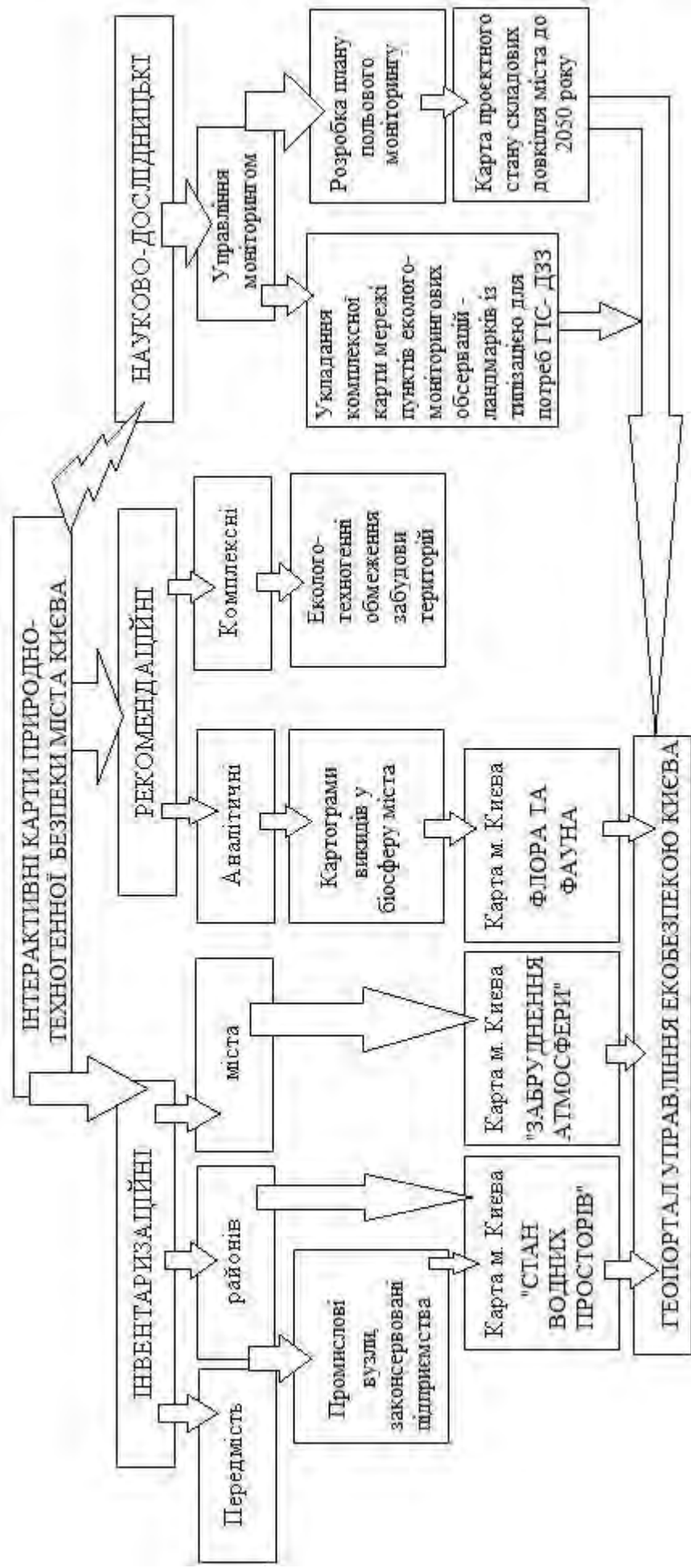


Рис. 2.24. Структурно-графічна модель системи картмоделей м. Києва

*Інвентаризаційні карти* відбивають положення та сучасний стан мережі об'єктів/явищ природно-техногенної небезпеки конкретної території, зокрема адміністративних районів м. Києва. Такі карти створені здебільшого на основі польових експедиційних маршрутних досліджень з урахуванням даних друкованих картографічних матеріалів. Основне призначення таких карт – слугувати базовим картографічним матеріалом для створення інших карт у спеціалізованій ГІС управління екологічним моніторингом. Такі карти формують первинну базу даних.

Інвентаризаційні карти представлені такими темами: стан водних просторів, забруднення атмосфери, флора та фауна м. Києва (щільність політочкових об'єктів, які відображають диференціацію та розсіювання джерел забруднень), промислові вузли та законсервовані території (географія об'єктів / явищ природно-техногенної небезпеки, яка постійно оновлюється). На основі первинних інвентаризаційних карт адміністративних районів створюються карти окремих передмість, географічних частин Києва (центру міста) та територій міста загалом на різні часові зрізи.

*Рекомендаційні (аналітичні та комплексні) карти* становлять карти, призначені для практичного використання в управлінні екомоніторингом. Зміст таких карт рекомендує користувачу обрати оптимальне планування території та конкретні екологічні обмеження.

На карті природно-техногенної безпеки м. Києва пропонується дві групи об'єктів/явищ:

- *аналітичні* (відображені об'єкти/явища природно-техногенної небезпеки окремих топонімів та їхню щільність);
- *комплексні* (відображені об'єкти/явища природно-техногенної небезпеки, всі або окремі, втрачені промислові об'єкти).

Зміст *науково-дослідницьких карт* синтезує отримані в результаті досліджень дані про територіальні особливості мережі об'єктів/явищ природно-техногенної небезпеки м. Києва.

Представлені карти мають велике значення для управління екологічним моніторингом, територіальним плануванням, заповідною справою та туристичною діяльністю у розвитку м. Києва як туристичного центру, де повинна гарантуватися екологічна безпека рекреантів.

Для забезпечення цілісності відповідних створених карт екологічної безпеки м. Києва, логічної послідовності розкриття географічного місцезоположення екологічних небезпек м. Києва, застосовано системний підхід при вивченні об'єкту картографування та при створенні карт та моделей.

*Геоінформаційне картографування довкілля-простору* виконується в декілька етапів. Результатом аналізу картографічних джерел є виокремлення основних етапів в історії виникнення екологічних небезпек на територіях, установлення історико-географічних особливостей. Розроблено концепцію створення карт екологічної безпеки м. Києва, що відображають територіальну щільність об'єктів антропогенного впливу на довкілля міста у різні періоди.

*Навігаційні екологічні GPS-карти* – це екологічні картографічні пошукові системи всіх потенційно небезпечних територій. До географічної бази даних карт

входить інформація про місто. ГІС-структура екобезпекових карт включає такі блоки:

- територія м. Києва площею понад 830 кв. км;
- відображення промислової забудови станом на 2020 р.;
- адреси підприємств та організацій, що забруднюють довкілля Києва;
- інформація про унікальні природні об'єкти міста (визначні природні пам'ятки Києва);
- рубрикатор (цифрова легенда карт), що містить тематичні рубрики та підрубрик.

Основні ГІС-можливості GPS-карт екологічної безпеки м. Києва:

- відображення довільно вибраного фрагмента карти міста на екрані дисплея;
- визначення місцезнаходження природно-техногенного об'єкта міста на карті за його назвою;
- знаходження місцезнаходження об'єкта на карті за його поштовою адресою;
- отримання інформації про природно-техногенний об'єкт міста та його відображення на карті;

Пошук природно-техногенного об'єкта проводиться за наступними критеріями:

- рубрикатором розташування (повною та неповною назвою);
- отримання інформації про транспортну інфраструктуру для потреб ДержНС;
- отримання інформації про особливі (унікальні) природні території міста;
- визначення відстаней між природно-техногенними об'єктами;
- виведення на пристрій для друку потрібних фрагментів карти характеристик окремих об'єктів.

Один з оверлеїв карти екологічної безпеки м. Києва представлено на рис.

2.23.

Геоінформаційне картографування середовища природно-техногенних об'єктів великого міста дозволяє зробити такі висновки:

- прогнозування динаміки природно-техногенного середовища за моніторинговими картами має здійснюватися у спеціалізованих ГІС;
- картографування ґрунтується на наукових методологічних засадах географічної картографії;
- в основі виділення ядер повинен бути аналіз процесів ядроутворення, визначення ядер середовища промислових підприємств (ядра великих промислових комплексів м. Києва);
- стимулювання процесів формування нових ядер антропогенного середовища неможливе без геоінформаційного картографування.

В результаті розробки геоінформаційної системи з управління екологічним моніторингом з'явилась можливість швидко отримувати, обробляти й актуалізувати результати екологічного моніторингу великого міста за технологічними ознаками роботи екологічно небезпечних підприємств, а також ретельно стежити за процесом територіального планування.

Геоінформаційна система дозволяє значною мірою спростити систему управління й охорони довкілля міста, скоротити водночас матеріальні витрати,

суттєво покращити інформативність і оперативність на всіх рівнях геоінформаційного моніторингу – від збирання й обробки даних, збереження та обміну існуючої геоінформації.

Картографічний ресурс спеціалізованої геоінформаційної системи в мережі Інтернет має ефективні ГІС-засоби надання різноманітної інформації та широкі комунікативні можливості.

Визначені інтеграційні можливості створеної спеціалізованої ГІС, що дозволяє більш повно використовувати її можливості для геоінформаційного картографування екологічної безпеки і підвищення якості електронних карт.

Представлена характеристика способів укладання просторових баз даних природно-техногенних територій міста. Визначаються можливі рівні інтеграції цифрових даних, що застосовуються в ГІС, та практичні результати, які можна одержати залежно від складності даних. Показані шляхи реалізації управління екологічним моніторингом через укладання геоінформаційного реєстру об'єктів природного та техногенного середовища м. Києва.

Апробація геоінформаційного реєстру можлива за виконання низки умов. Насамперед це створення координованого центру захисту довкілля, ухвалення державної програми міського геоінформаційного картографування довкілля, зняття обмежень на доступ до геоінформації, застосування Інтернет-технологій під час подальшої модернізації даної ГІС і популяризації знань про київське довкілля-простір.

## Висновки до розділу

Геоіконічна парадигма покладена в основу при розв'язанні задачі проектування візуалізаційної складової геоінформаційної моделі результатів обсерваційного рекогносцирувального екологічного моніторингу.

В результаті сформульовані концептуальні основи проектування картографічного банку даних умовних позначень об'єктів екологічної безпеки, об'єктів критичної інфраструктури, картографічної бібліотеки умовних знаків унікальних та ексклюзивних об'єктів природно-заповідного фонду м. Києва.

Визначені принципові засади геоіконічної оцінки системи умовних позначень, що забезпечують якість геоінформаційної системи в розрізі оцінки сформованої бази даних екологічного моніторингу довкілля-простору. Геоіконічна парадигма обсерваційного моніторингу методологічно ґрунтується на постулатах прикладної картосеміотики, картопрагматики, картолінгвістики та картосемантики.

Умовне позначення або мовно-семантична архітектура екологічної карти довкілля-простору визначає просторово-часові характеристики за допомогою прийомів, способів та методів геоінформаційної інтерпретації трансформації систем природокористування.

Сформований модифікований алгоритм повороту складного картографічного умовного позначення, який реалізує метод базових матриць та алгоритм стандартизованого відображення складного картографічного умовного позначення на екрані динамічної сцени ділянки поля в реальному часі.

Перевірена аксіома про стандартні співвідношення між формою та розміром картографічного умовного позначення об'єктів і масштабом картографічного зображення.

Методологічні засади інновінг-інструментарію картографічного моніторингу довкілля-простору великого міста ґрунтуються на детальному вивченні класифікаційних природоохоронних ознак, природокористування, ресурсокористування. Оцінка (аудит) карт довкілля, обрахування коефіцієнту інформаційної цінності змістового наповнення картографічної моделі.

Основним полігоном картографічного аудиторського дослідження довкілля-простору є великий масив архівних та сучасних планів навколишнього середовища м. Києва.

Проведений картографічний аудит відповідних геопросторових моделей у відповідності до їх картометричності, семантики, геоіконіки, особливостей визначення природних та техногенних ареалів довкілля різних часів. Проведена порівняльна характеристика картографічних ресурсів еколого-природоохоронного змісту різних масштабів та інших пошукових картографічних матеріалів великого міста (на прикладі Києва).

Актуалізовано загальну тематику картографування надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на забудованих територіях трансформованого природно-техногенного ландшафту.

Вперше в еколого-картографічний аудит було запроваджено новий глосарій громадських вулично-довідкових навігаційних картосхем навколишнього природного середовища, які оповіщають про природні, техногенні, аномальні та

інші потенційно-небезпечні явища та суцільні та дискретні процеси та явища у оточуючому середовищі, проведена їх класифікація т детальний опис тих, що локалізовані на території міста Київ. Укладена кореляційна картографічна модель територіальних особливостей розташування картографічних аншлагов, постерів та інших карто указів, що виконують попереджувальну роль та інформування про еколого-небезпечні території. Вперше визначений відповідний клас моделей та включений у ранжир екологічних та природоохоронних карт забезпечення реалізації проведення рекогностувального обсерваційного моніторингу довкілля-простору.

Запроваджена класифікація карт обсерваційного екологічного рекогностувального моніторингу довкілля-простору м. Києва.

Розроблений ітераційний алгоритм створення картографічних моделей на територію потенційних надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Укладена карта екологічної безпеки м. Києва.

## РОЗДІЛ III. ІНСТРУМЕНТАРІЙ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ УРБОСИСТЕМИ

Методологія обсерваційного екологічного моніторингу великого міста включає в себе методи фотограмметрії та прикладної зйомки місцевості у різних спектрах фототеодолітного зондування.

Теплофізорна фотограмметрія дозволяє визначати та прогнозувати кліматичні та фенолого-метеорологічні аномалії змін навколишнього природного середовища, дає можливість побачити латентні процеси та явища у тепловому полі великого мегаполіса, визначити поля баричної топографії. Дає можливість інтерполювати дані та прогнозувати надзвичайні екологічні ситуації.

Запровадження відповідних методик робить проведення екологічного моніторингу більш прецизійним, а матеріали даних більш конформними для потреб їх інтеграції в середовище спеціальних геоінформаційних систем.

Основою методології є технологічні прийоми дистанційного зондування Землі, автоматизовані системи спеціалізованого дешифрування, ідентифікації та інтерпретації об'єктів довкілля.

### **3.1. Моніторинг теплофізичних властивостей природно-техногенних об'єктів довкілля (на прикладі Батисвої гори м. Києва)**

Наукові засади експрес-діагностики теплофізичних властивостей природно-техногенних об'єктів ґрунтуються на теорії теплопровідності матеріалів і методології теплопровідного опору та концепції інтенсивності передачі теплової енергії в навколишньому природному середовищі у контексті визначення періоду часу вегетації флори міських природних урочищ та парків.

У зв'язку з запровадженням в систему екологічного моніторингу міста експертних оцінювань якості довкілля, оцінки впливу на довкілля та впровадження європейських директив експрес-діагностика міського простору-довкілля набуває пріоритетності. Для підтвердження сертифікатів і достовірності досліджень запроваджуються методики суміжних до *екологічної картографії* інженерно-технічних дисциплін, таких як прикладна фотограмметрія.

Сучасна *експрес-діагностика теплофізичних властивостей об'єктів природно-територіального комплексу міста* проводиться із залученням технології *цифрової фотограмметрії* – визначення геометричних, просторових, фізико-хімічних, мікробіологічних, теплофізичних та інших характеристик об'єктів, явищ, предметів за допомогою цифрових фотографічних та інших зображень різного спектру (тепловізійного, тепловізорного – інфрачервоного, ультрафіолетового). Однією із сучасніших методик визначення теплофізичних характеристик в контексті змін періоду вегетації при зміні кліматичних умов є методи цифрової фотограмметрії або прийоми вимірювання зображень і аналіз топографії місцевості за даними растрового електронного зображення.

Аналіз і реконструкція деяких топографічних характеристик при вивченні їх теплофізичних властивостей або реконструкція поверхонь – є одним із

важливіших аспектів використання можливостей сучасної *растрової електронної фотограмметрії*.

Ідея застосування цифрових стереофотограмметричних методів при оцінці електронних зображень структур виникла ще в 1940-х рр. і апробована професором Д. Готтхардтом у 1942 р. в Університеті штату Мічіган (США). Проте до теперішнього часу, не зважаючи на значні практичні й теоретичні досягнення в цій області *прикладної фотограмметрії*, залишаються не вирішеними певні завдання.

Одним із першочергових завдань при обробці електронних знімків є визначення виду проєкції або апріорний математичний опис процесу утворення зображення за допомогою методів *математичної картографії*. Як правило, при збільшенні до 300 крат виходить зображення, яке має вигляд і розглядається як центральна проєкція, при збільшенні до 500 крат – як паралельна. Використання центральної проєкції для моделювання трьохмірних моделей і побудова *квазіізотерм* теплофізичної диференціації на неї при збільшенні до 500 крат є виправданим і підтверджується експериментально.

Теоретичне узагальнення наукових підходів щодо вивчення основних фізичних характеристик потребує розкриття поняття *градієнта температур* на *антропогенно трансформованих ландшафтах* (поверхнях) для відповідного еколого-географічного моделювання площ на довгостроковий період. Теплофізичні властивості ландшафтів, детермінація температурного градієнта в їх середині, визначення топології розташування максимальних і мінімальних температур на поверхні, а також апробація оптимального методу цифрової фотограмметрії для високоточного моделювання теплофізичних властивостей, проводиться у форматах 3-D та 4-D.

Апробаційним матеріалом є методики та підходи, які залучаються в експрес-діагностиці теплофізичних властивостей міських урочищних просторів, трансформація яких є швидкоплинна в умовах мегалополісу.

Методика цифрової фотограмметрії є технічним інструментарієм із графіко-аналітичною системою з нанесеною сіткою *псевдопаралелей* і *псевдомеридіанів* із ціною поділки 0,25 мм, що входять до комплекту зразків фотограмметричного обладнання теплофізичної макрозйомки. Для забезпечення дослідження необхідне отримання стереопари цифрових електронних знімків, з яких обирається ділянка поверхні.

Визначення теплофізичної структури ландшафтів необхідно для розв'язання низки науково-практичних завдань. Методика підрахунку віку поверхні визначається на основі ідентифікації концентричних температурних стрибків поздовжнього профілю ландшафту. Отримання відповідного профілю без спотворень задача надзвичайно наукоємна та технологічна. Для розв'язання проблеми необхідне *дистанційне реконструювання* теплофізичних градієнтів у часі за допомогою модельної поверхні окремого об'єкта на визначеній території міста [30].

Методика отримання стереопар у *екологічній фотограмметрії* полягає в повторній зйомці території міста, під різними кутами по відношенню до електронного зонду. Стереозображення оброблюють на електронному обладненні

*Philips SEM 505*, що здійснює сканування. Прилад поєднаний з комп'ютером через спеціальний блок, у якому вихідний сигнал трансформується в цифрове теплофізичне зображення на екрані комп'ютера. Пряме з'єднання скорочує кількість помилок при переносі зображення з тепловізора, а також дає можливість оператору обрати оптимальну експериментальну область для встановлення типових теплофізичних градієнтів топографічної поверхні (рис. 3.1).

Для побудови цифрової моделі теплофізичних градієнтів необхідно користуватися фотограмметричною системою *Z-Space 1.2*, а також спеціально розробленим програмним ГІС-комплексом *Program of Analysis 3D Model (PA-3DM)*, який складається з двох функціональних блоків, об'єднаних спільним інтерфейсом. Технологічний ланцюг побудови трьохмірної теплофізичної моделі представлено на рис. 3.2.



Рис. 3.1. Електронний фотограмметричний Philips SEM 505, який здійснює сканування знімків в різних спектрах

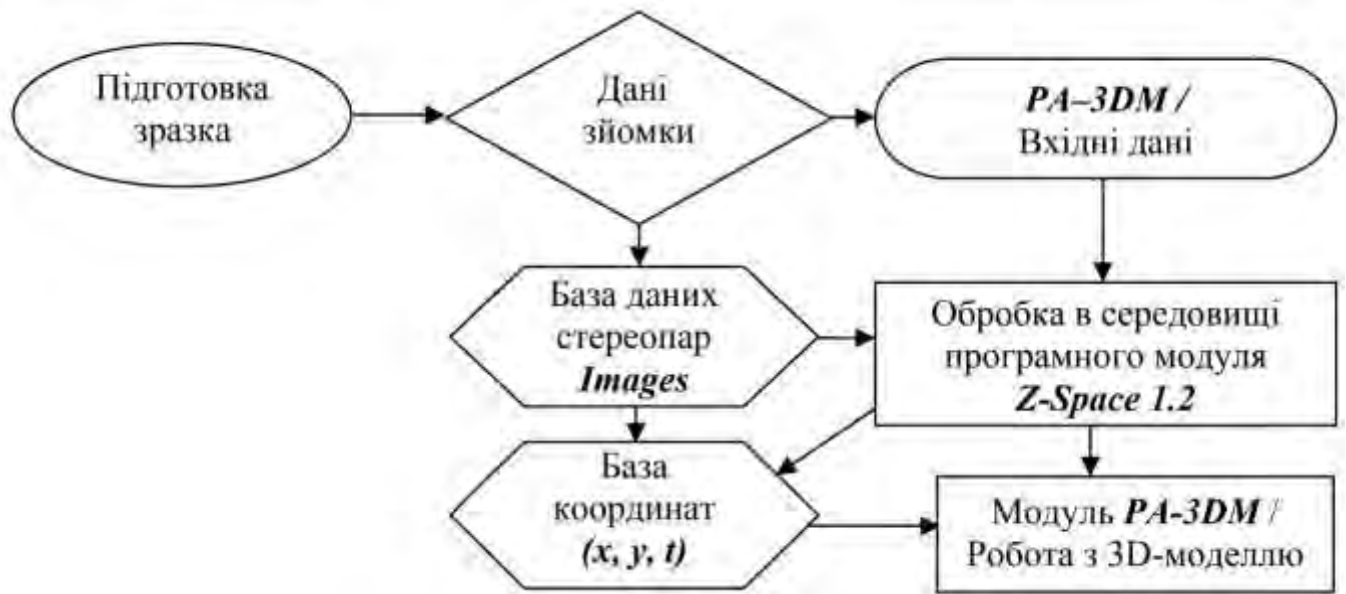


Рис. 3.2. Технологічний ланцюг отримання тримірної теплофізичної моделі

Підсистема підготовки *PA-3DM / Вхідні дані* – програмний модуль (опція), який представляє комплекс зібраної статистичної інформації у вигляді 3D-поля даних (поверхні температурних градієнтів) і реалізує функції встановлення параметрів розмітки (внутрішнє орієнтування):

- фокусна відстань фотокамери  $f$ ;
- координати  $x_0, y_0$  головної точки та шість елементів зовнішнього орієнтування – координати центру проєкції  $S - (X_S, Y_S, Z_S)^2$ ;
- поздовжній і поперечний кути нахилу знімка  $\alpha, w$  і кут повороту  $c$ .

Визначення опорних точок на стереознімку зберігає їх у вигляді текстового файлу (зовнішнє орієнтування) та визначає параметри фотографування для не метричних знімків.

Оброблена стереопара, а також вхідні параметри подаються як вихідні дані на вхід до цифрової фотограмметричної системи *Z-Space 1.2*. (рис. 3.3).

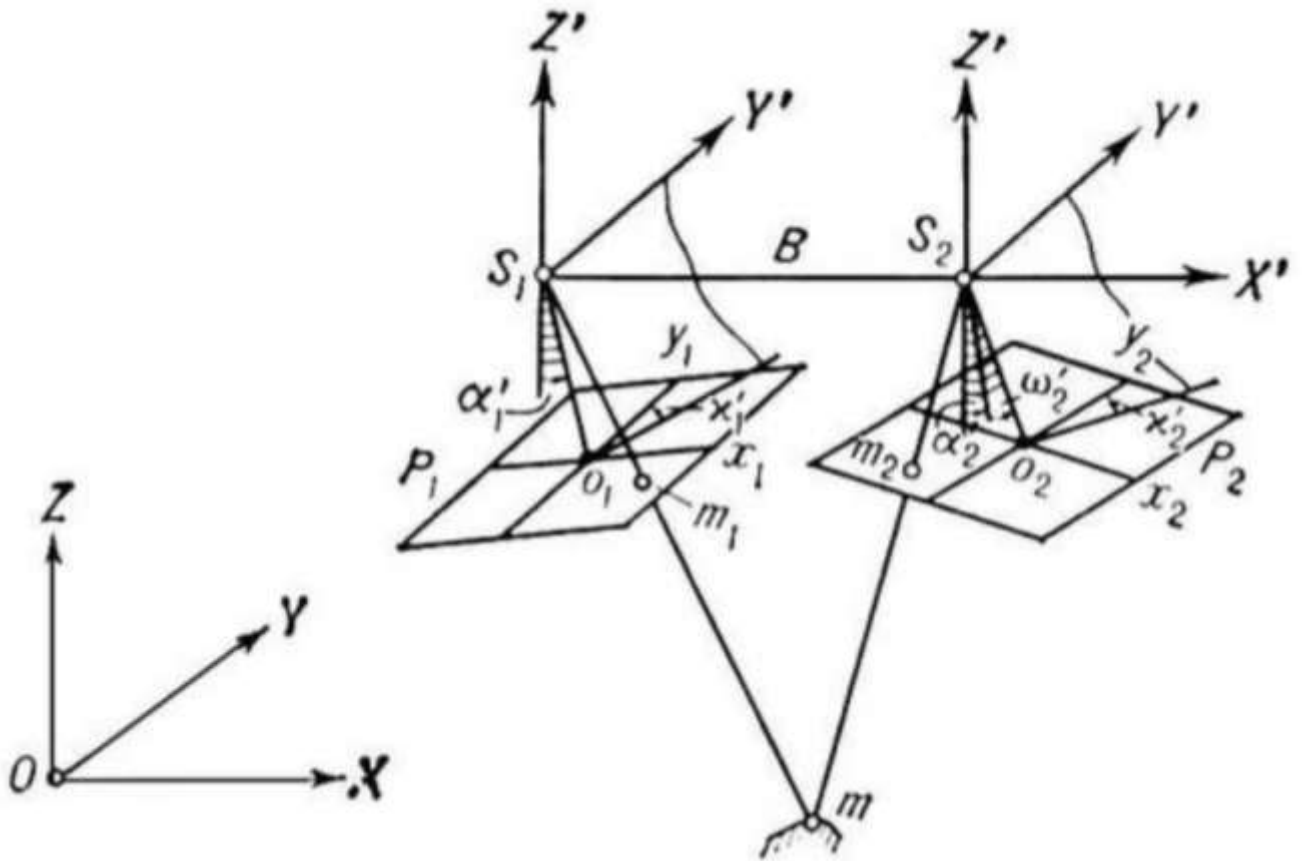


Рис. 3.3. Елементи зовнішнього та внутрішнього орієнтування цифрової стереофотограмметричної пари електронних знімків

Між координатами точки об'єкта та її температурою існує зв'язок, де:

- $X, Y, Z$  і  $X_S, Y_S, Z_S$  – координати точок  $M$ -коду і точки  $S$  в системі координат  $OXYZ$ ;
- $X', Y', Z'$  – координати точки  $m$  в системі  $SXYZ$ , яка є паралельною до системи  $OXYZ$ , що обчислюються за плоскими координатами  $x$  і  $y$ .

Взаємовідношення елементів є вигляд:

$$\begin{aligned}
 Ta_1 &= \cos \alpha \cos c - \sin \alpha \sin w \sin c; \\
 Ta_2 &= -\cos \alpha \sin c - \sin \alpha \sin w \cos c; \\
 Ta_3 &= -\sin \alpha \cos w; \\
 Tb_1 &= \cos w \sin c; \\
 Tb_2 &= \cos w \cos c; \\
 Tb_3 &= -\sin w, \\
 \text{де } c_1 &= \sin \alpha \cos c + \cos \alpha \sin w \sin c, \\
 c_2 &= -\sin \alpha \cos c + \cos \alpha \sin w \cos c, \\
 c_3 &= \cos \alpha \cos w,
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

де:  $c$  – направляючі косинуси температурних градієнтів на топографічній поверхні.

Формули зв'язку між координатами точки  $M$ -коду об'єкта й координатами екстремальних значень температур  $m_1$  і  $m_2$  на стереопарі  $P_1 - P_2$  мають відповідність, де  $B_X, B_Y$  і  $B_Z$  – проєкції базису  $B$  на вісі координат.

Якщо елементи зовнішнього орієнтування стереопари відомі, то координати температури максимальної та мінімальної точки об'єкта визначаються методом прямої засічки. Положення точки поверхні знаходиться по одиночному знімку в окремому випадку, коли об'єкт плоский ( $Z$ -const). Координати мінімальних значень температур  $x$  і  $y$  точок знімків вимірюються на *монокомпараторі* або *стереокомпараторі*.

Елементи внутрішнього орієнтування відомі з результатів калібрування *цифрового тепловізора*, а елементи зовнішнього орієнтування визначаються при фотографуванні об'єкта методом *фототріангуляції*. Якщо елементи зовнішнього орієнтування знімків невідомі, то координати максимальних і мінімальних значень температур точок поверхні об'єкта знаходять із використанням опорних точок (метод зворотної засічки).

*Опорна точка* – визначена на знімку контурна точка об'єкта з координатами температур, які отримано в результаті теплофізичних вимірів або з *фототеплотріангуляції* (англ. *photoheattriangulation* – метод визначення координат точок із максимальним і мінімальним градієнтом, визначених прийомами дистанційного зондування. При цьому аналізують геометричні властивості фотознімків одного або декількох трикутників із променів (тріангуляція). Використовується для вирішення ряду теплофізичних інженерних задач.

Застосовуючи зворотну засічку, спочатку знаходять елементи взаємного орієнтування градієнтів температур на знімках  $P_1 - P_2$ , де –  $\alpha'_1, \alpha'_2, w'_2, c'_2$  в координатній системі  $S_1X'Y'Z'$ ; вісь  $X$  збігається з базисом, а вісь  $Z$  лежить у головній базисній площині  $S_1 S_2$  знімка  $P_1$ . Потім обчислюють координати точок температур моделі в тій же системі. Використовуючи опорні точки, переходять від координат точок моделі до координат температур точок об'єкта.

Елементи взаємного орієнтування уможливають встановлення перехідних температур на знімку в ті значення, якими вони були при фотографуванні об'єкта (початкові градієнти температур). У цьому випадку кожна пара відповідних променів, наприклад  $S_{1m1}$  і  $S_{2m2}$ , перетинаються і утворюють точку ( $m$ ) моделі. Сукупність променів, що належать знімку, називається термов'язкою, центр проєкції –  $S_1$  або  $S_2$  – вершиною термов'язки. Масштаб моделі залишається невідомим, тому що відстань  $S_1$  та  $S_2$  між вершинами в'язок вибирається довільно. Відповідні точки стереопари  $m_1$  і  $m_2$  містяться в одній площині, яка проходить через базис  $S_1 S_2$ .

Визначаємо елементи взаємного орієнтування. Вимірюють координати центрів максимальних температур не менше п'яти точок стереопари і розв'язують їх способом послідовних наближень. Координати точок моделі з мінімальними температурами обчислюють, вибравши довільно довжину базису  $B$ , і вважаючи  $X_{S1} = Y_{S1} = Z_{S1} = 0$ ;  $B_X = Y$ ;  $B_Y = B_Z = 0$ . При цьому просторові координати точок  $m_1$  і  $m_2$  знаходять, направляючи косинуси для знімка  $P_1$  за елементами  $\alpha'_1, w'_1 = 0, c'_1$ , для знімка  $P_2$  за елементами  $\alpha'_2, w'_2, c'_2$ .

За координатами  $X' Y' Z'$  точки моделі визначаємо координати максимальної температури поверхні, де  $t$  – знаменник масштабу моделі. Направляючі косинуси

отримують, підставляючи замість кутів  $\alpha$ ,  $w$ ,  $\alpha_2'$  позовжній кут нахилу моделі  $x$ , поперечний кут нахилу моделі  $h$  – кут повороту моделі  $q$ .

Визначаємо сім елементів зовнішнього орієнтування моделі –  $\varphi$ ,  $\zeta$ ,  $\omega$ ,  $x$ ,  $h$ ,  $q$ ,  $t$ . За ними складаються рівняння для трьох або більше опорних точок і розв'язують їх методом інтерполяції температурного градієнту поля значень. Координати опорних точок знаходять фотометричним способом або методом *фототриангуляції*. Сукупність точок об'єкта, координати екстремальних температур яких відомі, утворюють *цифрову теплофізичну модель* об'єкта для складання *теплофізичної карти градієнта температур*.

Окрім аналітичних методів обробки знімків, застосовуються аналогові, засновані на використанні *фотограмметричних приладів*: фототрансформатора, стереографа, стереопроектора [40].

При роботі зі стереопарою зразка в програмі *Z-Space* вручну здійснюється прив'язка відповідних опорних точок на лівому й правому зображеннях. Після такого вибору програма оцінює рівень температури та кореляцію точок. При високому коефіцієнті кореляції здійснюється технологічний перехід до створення *цифрової теплофізичної матриці денної поверхні ландшафту*.

Для моделювання і візуального відображення *моделі температурного градієнта ландшафту* або визначення часу вегетації розроблено другий програмний модуль системи *РА-3DM / Робота з 3-D-моделлю*.

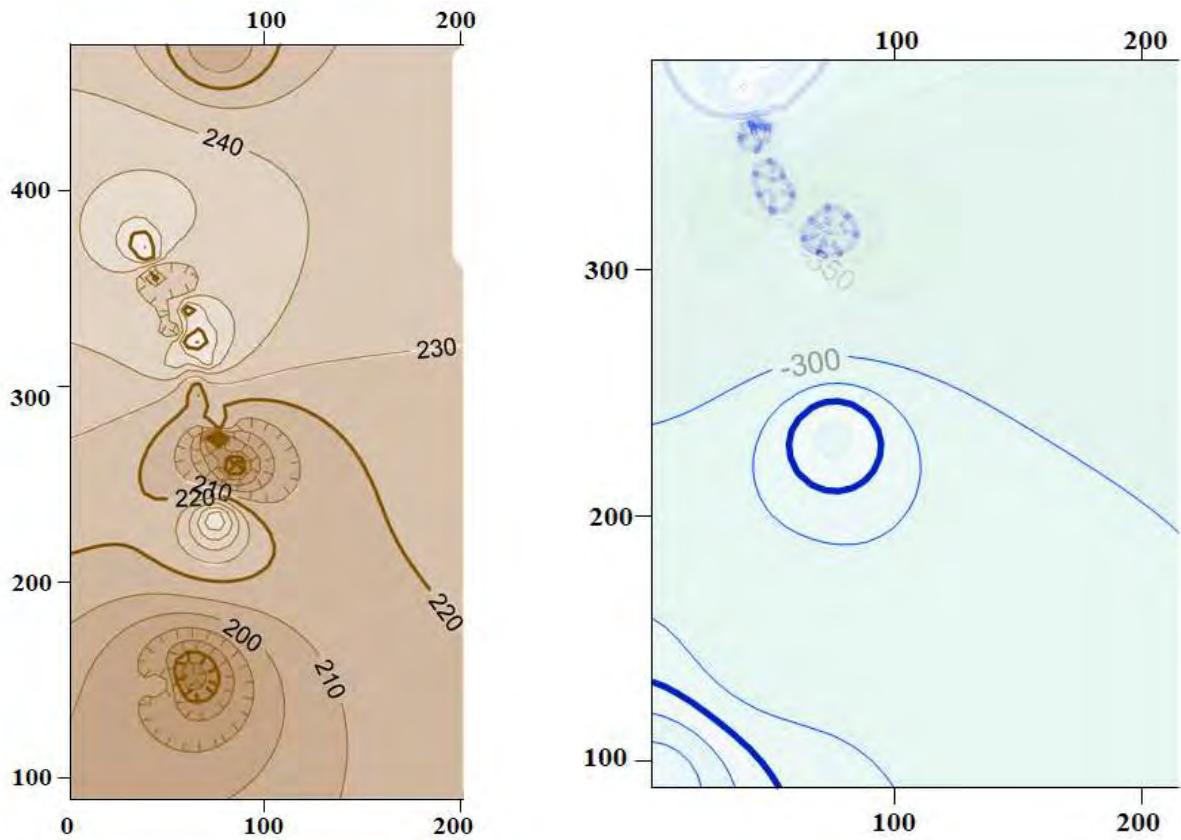
Використання інструментальних засобів забезпечує додаткові можливості для *теплофізичного експрес-аналізу*, наприклад, *теплофізичне картографування поверхні* через рівнопроміжні та стохастичні часові інтервали (функція – «*Палітра*»), *теплофізичне профілювання* (опція – «*Зріз*»), вимірювання градієнта температур (опція – «*Лінійка*»).

За допомогою системи *РА-3DM* розв'язується задача реалізації екологічного моніторингу та *експрес-діагностики теплофізичних властивостей міських ландшафтів* за їх 3-D-моделюванням.

Отримуємо *профілі цифрового терморельєфу* уздовж будь-якого напрямку поверхні з відображенням так званого графіка температури. За допомогою даних відповідних графіків отримуємо виокремлені концентричні термічні градієнти, які називатимуться *екзотермічними зонами поверхні рельєфу*.

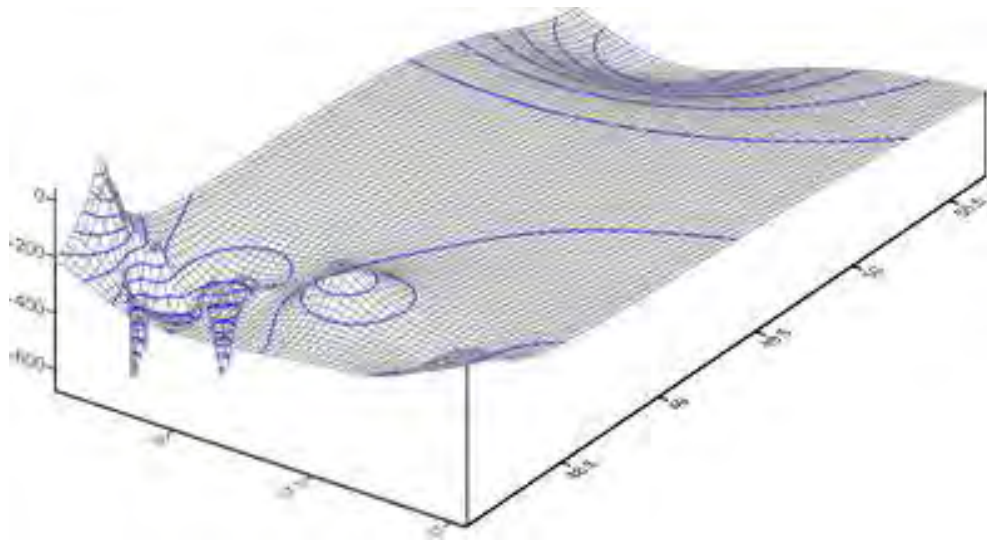
Отримані графіки у вигляді *псевдоізоTERM* збережені у вигляді файлу графічного формату [43].

На рис. 3.4 представлено результат експрес-діагностики теплофізичного поля топографічної поверхні Батисвої гори у м. Києві.



А

Б



В

Рис. 3.4. Визначення теплового баричного поля поверхні Батієвої гори м. Києва у червні 2020 р. (А), листопаді 2019 р. (Б) та 3-D – модель середнього теплового баричного поля (В). Значення ізоліній: 210, 200, 300, 350 – сумарне значення температурного нагрівання поверхні протягом року

Технології моделювання теплофізичних властивостей ландшафтів з використанням цифрових фотограмметричних методів вирішують інноваційні наукові задачі експрес-діагностики теплофізичних властивостей природно-територіального комплексу, а саме:

- моделювання середовища за їх трьохмірними моделями поверхонь;
- застосування системи, яка інтегрує спеціально розроблене програмне забезпечення RA-3DM і ліцензовану цифрову фотограмметричну систему Z-Space 1.2. Це уможливило проводити високоточне вимірювання градієнта температур у середовищі;
- використання фотограмметрії в наукових дослідженнях щодо прогнозування терміну вегетації є технологічною основою створення комплексної наукової колекції (атласу) теплофізичних властивостей локальних ландшафтів під впливом дії ТЕС, АЕС, ГРЕС за їх чотирьохмірними координатами.

Визначимо прикладні аспекти фотограмметричних методик з експрес-діагностики теплофізичних властивостей міських ландшафтів:

- велика продуктивність (вимірюються не об'єкти, а їх зображення);
- висока точність (використання точних апаратів, інструментів для обробки знімків);
- вивчення як нерухомих, так і рухомих об'єктів;
- повна об'єктивність результатів вимірів, які виконуються дистанційно.

Визначено, що щільні, панорамні фотознімки отримані із застосуванням радіолокацій, телевізійних, інфрачервоно-теплових та інших знімальних систем, істотно розширюють можливості будь-яких експрес-методів визначення теплофізичних властивостей ландшафтів. Вони мають єдиний центр проєкції та елементи зовнішнього орієнтування, які безперервно змінюються в процесі побудови зображення. Це не ускладнює використання таких знімків для вимірювальних цілей екологічного обсерваційного моніторингу.

Подальші дослідження потребуватимуть удосконалення підходів щодо підвищення точності фотограмметричних зондувань, а саме – розробки методів дистанційного експрес-контролю тепловізійної зйомки поверхні підземних просторів колекторів малих річок для контролю температурних градієнтів.

### **3.2. Дешифрування об'єктів природокористування міста по цифровим космічним геозображенням**

Використання матеріалів цифрової космічної зйомки дає можливість аналізувати широкий комплекс об'єктів природокористування (самих об'єктів, їх груп, сукупностей), процесів (розвиток, функціонування, переміщення), відносин (взаємодія, ієрархії, залежності, співвідношення).

Об'єкти природокористування поділяють на типи: промислово-урбаністичні, міські сельбищні, транспортно-промислові, гірничо-промислові, сільськогосподарські, іригаційно-землекористувальницькі, пасовисько-тваринницькі, лісогосподарські, лісопромислові, водно і ґрунтоохоронні, рекреаційні та санітарно-гігієнічні. Вони дуже чітко розрізняються на цифрових

космічних геозображеннях за прямими і непрямими ознаками. Розглянемо особливості дешифрування найцікавіших об'єктів.

Загальній методиці дешифрування присвячені багато робіт по цифровій і аналітичній фотограмметрії. Але не вирішеною залишається задача спеціалізованого дешифрування цифрових космічних геозображень різного спектру.

Необхідно визначити об'єкти та предмети, що підлягають дешифруванню в функціональних системах природокористування та імпорт результатів в середовище ГІС.

Для задач природокористування необхідні знімки надвисокого дозволу (дозвіл крупніше 2 метрів), такі як WordView 1, GeoEye 1, Cartosat-2, Terra Sar-X, QuickBird, Ikonos, OrbView-3, Eros-1A і 1B, Kompsat-2, Ресурс-ДК, WorldView -1 і TerraSAR X, і з високою роздільною здатністю (2-3 метри), такі як Radarsat 2, Alos Prism, Spot-5, Cartosat-1, Formosat-2 і програмне забезпечення, такі як модуль Feature Analyst для Erdas Imagine 9.0 та ArcGIS 9.1.

*Об'єкти гірничопромислового природокористування.* Їх розпізнають, як правило, на зумованих великомасштабних знімках. Окремі об'єкти, наприклад, кар'єри, видно і на середньомасштабних. Вони виділяються різними тональними переходами, топологією геометричних форм, розмірами, деякою обмеженістю елементів зображення, які розміщені по відношенню до суміжних елементів ландшафту (послідовність, примикання, відступ).

Підприємства з видобутку руди, твердого палива, будівельних матеріалів розпізнають за головною складовою фотомалюнка. Наприклад: кар'єри – це негативні форми антропогенного рельєфу витягнутої або овальної форми з диференціальним фототонном в залежності від виду розроблюваної копалини.

Часто буває можливим встановити на космознімках способи транспортування порід – транспортну інфраструктуру підприємства ресурсовиробітки. Відвали (терикони) порід інтерпретуються конусоподібними і віялоподібними структурами з ярусною надбудовою. Додатковою складовою відвалів можуть служити іноді помітні на них плями темного тону з регулярною смугастою або комірчастою структурою зображення – це ділянки зони рекультивації.

Гідровідвали – це замкнуті або напівзамкнуті багатокутники, окреслені веслуванням, поруч, як правило, можна побачити піщану відпрацьовану частину – «пляж розробки». Суттєвою ознакою розмежування підземних і відкритих гірничих розробок на космознімках служить їх географічне розташування: відкриті розробки відокремлені від населених пунктів, пов'язані з ними зручним транспортним сполученням, а шахти можуть розміщуватися і в центрі міста (міста Донецького вугільного басейну).

За знімками вдається визначити типи і види мінеральних ресурсів (за фототонном, його насиченості – когерентності, інтерферентності, геометричній формі і топології підприємства). Наприклад, при гідравлічному способі видобутку вугілля, додатковою властивістю ресурсовиробітки служать відстійники. Додатковою інформацією про галузь підприємства можуть бути сліди його впливу на навколишнє природне середовище. Гірничодобувне підприємство інтерпретують за мозаїкою різнотонових ліній, прямокутників правильної геометричної форми.

*Об'єкти промислово-урбаністичного (енергогенеруючого) природокористування.* Підприємства з виробництва енергії інтерпретуються на тепловізорних геоізображеннях, інфрачервоних смугових сканерних знімках. Легко визначити ГЕС (дамба, інфраструктура генерування енергії, ЛЕП), АЕС (градирні), ТЕС (димлять димарі, терикони вугілля або компресорні станції газопроводу).

Основною проблемою, яка вирішується за допомогою цифрового (автоматизованого) дешифрування, є визначення ареалів несанкціонованого природокористування та незаконного забруднення навколишнього середовища, зокрема організація звалищ побутового та промислового сміття.

*Об'єкти санітарно-гігієнічного (екологічного) природокористування.* Вони розміщуються, найчастіше, за межею населених пунктів і пов'язані з ними автошляхами. На космоснімках вони мають хаотичний малюнок з нерівним сірим фототонном та невизначеною в плані геометричною формою з ефектом маскування.

Промислові відстійники дешифруються за світлим фототонном вод в природних або техногенних пониженнях (багатокутники). Водоочисні споруди мають особливу топологію, яка нагадує в плані «циферблат» (цистерни для попереднього відстоювання, і вирізняються системою темних прямокутників – очисних басейнів) (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Промислові відстійники Бортницької станції аерації м. Києва

*Об'єкти сільськогосподарського (інженерно-аграрного) природокористування.* Орні землі дешифруються за формою і характером меж угідь і за фототонном. Масиви орних земель створюють на знімках мультітональну мозаїку прямокутних, іноді колоподібних, осередків з чіткими контурами. Фототон

осередків варіюється від світло-сірого до чорного, в залежності від сезонного агростану полів.

Надійність інтерпретації залежить від виду і часу зйомки. Для степу підходять літні знімки, лісостепу – осінні, коли масиви рябі та контрастують з луками і ріллею. Ягідники, виноградники, сади, плантації розпізнаються під час застосування методу квартальної нарізки ділянок і характерною текстурою зображення (точково-смугастої) – це сади, плантації чаю, виноградники.

Геофізіономічні особливості цифрових космознімків виявляють екзогенні процеси, які мають місце на угіддях і дають можливість оцінити ефективність агротехнічних заходів на полях. Ерозійні форми на полях дешифруються за плавною звивистістю, деревовидним малюнком, поступовим розширенням, відсутністю на них перетинів. Їх початкові форми – безруслові ущільини і ділянки змиву ґрунтів, визначають за системою світлих тонових смужок.

Антропогенні зміни природних ландшафтів відбуваються внаслідок нераціонального і незбалансованого природокористування. Дешифруються забруднені території, вирубані ділянки лісу, зміна рельєфу внаслідок господарської діяльності або військових дій.

Спектрональна зйомка димових факелів надає інформацію про концентрацію отруйних речовин, радіус їх розсіювання при різних швидкостях вітру, а також ймовірний сектор осідання викидів.

Вся наведена інформація акумулюється в спеціалізованій ГІС. В результаті програмних картографічних модуляцій отримується тематична картографічна модель особливостей природокористування та оптимізації навколишнього середовища в проблемному регіоні.

Загальне забруднення повітря над містом на космознімках виглядає як сіра «вуаль» або темна пляма (рис. 3.6).



Рис. 3.6. Смог над Київським регіоном у квітні 2020 р.

Чим більше забруднення атмосфери міста – тим щільніше «вуаль» і тим гірше відображається структура вулиць і кварталів міста. Багатозональне сканування міських парків проводиться в помаранчевих, червоних і інфрачервоних діапазонах. При цьому виявляють пошкоджені крони дерев.

За наявними плямами отруйних речовин від навколишніх об'єктів природокористування, що порушують нормативи викидів, визначають центри розташування несанкціонованих об'єктів природокористування.

На космоснімках за шлейфами забруднення вод від підприємств, що розташовані в безпосередній близькості до об'єктів життєзабезпечення, за допомогою ЕМХ-спектра (синьо-зелена ділянка), визначається склад забруднення, ареал, концентрацію до глибини 3 метрів. В містах і на узбережжі морів – до 30 метрів. Під час критичної концентрації забруднення, оптична яскравість вод збільшується, пік інтенсивності випромінювання (яскравості) зміщується в бік довгих хвиль [18].

Дешифрування різних матеріалів ДЗЗ застосовується для вирішення різноманітних проблем природокористування великого міста, розв'язання геоecологічних завдань, а в перспективі – для проведення глобального універсального моніторингу ефективного регулювання господарською системою.

### **3.3. Використання багатоспектральних зображень в екологічному моніторингу для визначення антропогенного впливу**

Одним з перспективних напрямків використання космічної зйомки є дистанційне зондування Землі із застосуванням багатоспектральних сенсорів. Проведення зйомки супутником оптикоелектронного спостереження здійснюється в «вікнах прозорості», де технологічно функціонують багатоспектральні сканерні системи в діапазонах 0,3-1,3; 1,5-1,8; 2,0-2,6 мкм.

У видимій, ближній інфрачервоній і середньої інфрачервоній частинах спектра виявляються чіткі відмінності відбивної здатності. Це ускладнює розробку універсального алгоритму обробки космічних зображень.

На сьогоднішній день, визначені і достатньо вивчені «атмосферні вікна» з мінімальним поглинанням оптичного сигналу. Поряд з цим, використовується і частотний діапазон для проведення оптимальної зйомки в залежності від змісту прикладної задачі. Залишаються невивченими спектральні характеристики багатьох різних видів об'єктів і речовин, що впливають на спектральний їх відклик, що вимірюється оптичними системами дистанційного зондування.

Сучасні системи дистанційного зондування різнофункціональні за технологією реалізації знімальних програм. Для потреб екологічного моніторингу важливе значення відіграють технічні характеристики геозображень, а також методи автоматичної ідентифікації (дешифрування) потенційно-небезпечних об'єктів або явищ незалежно від їх геолокалізації (наземні, підземні, плавучі або латентні, динамічні та статико-кінематичні) [10].

Основним джерелом фотограмметричного моніторингу антропогенного впливу є аналіз каталогу космічних геозображень на території навколишнього середовища.

Каталоги отриманих космічних геозображень різнопланові і класифікуються технологією зйомки за діапазонами, технологічними і технічними параметрами ПЗС-матриці супутникових знімальних систем, кривизною Землі, просторовою відбивною здатністю географічних об'єктів, станом атмосфери та її шарів, динамічністю явищ, що підлягають зондуванню.

Важливим є вивчення геометрії цифрового супутникового геозображення в контексті розробки автоматизованих прийомів трансформування маршрутних знімків та «розкриття» спотворених зон на зображенні внаслідок його «перспективності» або іншої «ущільненості» географічної інформації. Проекція отриманого геозображення досліджується методами фотограмметричних побудов.

На рис. 3.7 позначені:  $A$  – ширина смуги знімання;  $Q$  – повний кут знімання;  $V$  – лінія нормалі – основної координати в фотограмметрії;  $O$  – центр проекції зображення – центральна точка контурної області нульових викривлень;  $N_0, N_1, N_2$  – ізоколи-індикатриси  $T_{iso}$  (лінія рівних викривлень), за якою знаходяться спотворені ділянки зображення. Це може проявлятися в зміні кольору геооб'єкту, його топологічних характеристик. Відповідні області спотворення визначаються вимірюванням координат контрольних точок на цифрових геозображеннях: 1 та 2 із відповідними каталогами геодезичних координат місцевості:  $\varphi, \lambda, h$ .

Зі спотворенням дійсних координат об'єктів на місцевості, за якими реалізується екологічний моніторинг, «зміщується» і супутня геоінформація, достовірність якої фактично втрачається. Особливого значення такий «зсув» геоданих проявляється в процесі розробки оперативних дій з ліквідації наслідків техногенних та природних надзвичайних ситуацій. Приведення координат на цифровому знімку до дійсних геодезичних датумів контрольної точки місцевості, призводить до збалансування та у відповідності дійсним географічним координатам.

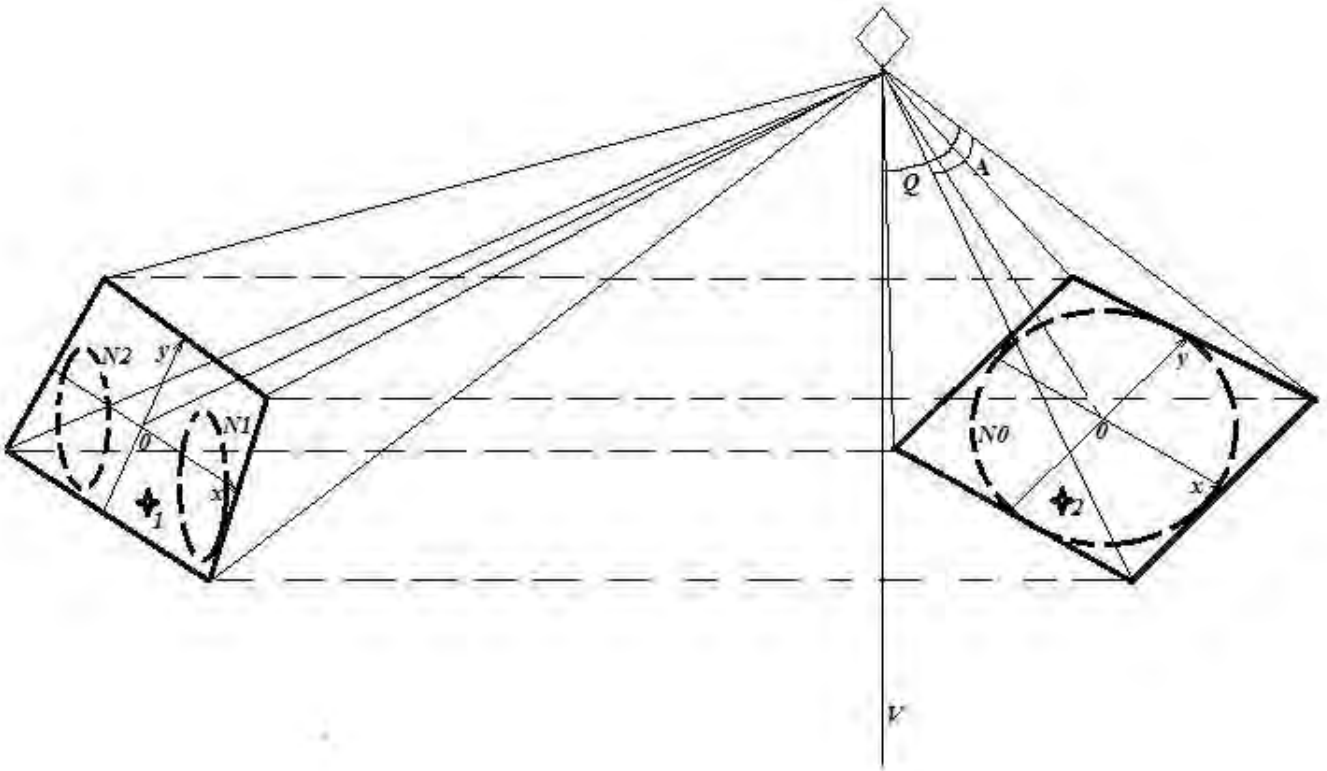


Рис. 3.7. Геометрія цифрових дистанційних зображень

«Зсув або стискання» географічної інформації за зовнішніми контурами ізокол вирівнюється за допомогою виправлення кутових величин на знімку суміщенням координатних ліній  $x$  та  $y$  на знімку із координатними лініями цифрової топооснови. Цей кут обчислюється за допомогою коефіцієнтів Гауса за формулами:

$$\sin A = \frac{f}{\sqrt{R_{N1}}};$$

$$\operatorname{tg} Q = \frac{f}{h}$$
(4.3)

де:  $A$  – поздовжній кут «змивання» геоінформації;  $f$  – коефіцієнт значення ізокол, що залежить від широти території космічного знімання;  $R_{N1}$  – значення суміщення пікселів на знімку, що залежить від трансформації координат;  $N1$ ,  $Q$  – поперечний кут,  $h$  – висота космічного знімання.

Математичне перетворення аналітично приводить цифрову основу до трансформаційної моделі (ортофототрансформації знімків).

Наступним етапом досліджень є інтерполяційне або екстраполяційне відображення фотогеографічної (геоіконічної) складової панорамних, маршрутних та перспективних цифрових геозображень, що стиснуті контурами ізокол, які формують багатопланове сприйняття географічної інформації [9].

Подамо принцип формування космічного багатоспектрального зображення під час реалізації дистанційного зондування. В космічній зйомці головним джерелом освітлення є Сонце. Розподіл енергії, що випромінюється Сонцем, математично має вираз функції залежної від довжини хвилі по всьому електромагнітному діапазону, відомому як сонячний спектр.

Сонячна енергія поширюється через атмосферу Землі, її інтенсивність та спектральний розподіл змінюються під впливом атмосфери. Внаслідок цього енергія взаємодіє з поверхнею, яка відбиває сигнали, пропускає і/або поглинає. Потім відбита/випромінювана енергія повертається назад через атмосферу в оптичний пристрій штучного супутника Землі у фотоприймач, де піддається додатковій зміні через фізичні параметри інтенсивності сигналу та функції спектру. В результаті, енергія сприймається приймачем, де вона вимірюється і перетворюється в цифрову форму для подальшої обробки та використання. Особливість багатоспектральної зйомки полягає в тому, що на виході аналогово-цифрового перетворювача формується багатоспектральне зображення (рис. 3.8), де  $X$ ,  $Y$  – просторові (геодезичні) координати, а  $\lambda$  – кількість спектральних каналів.

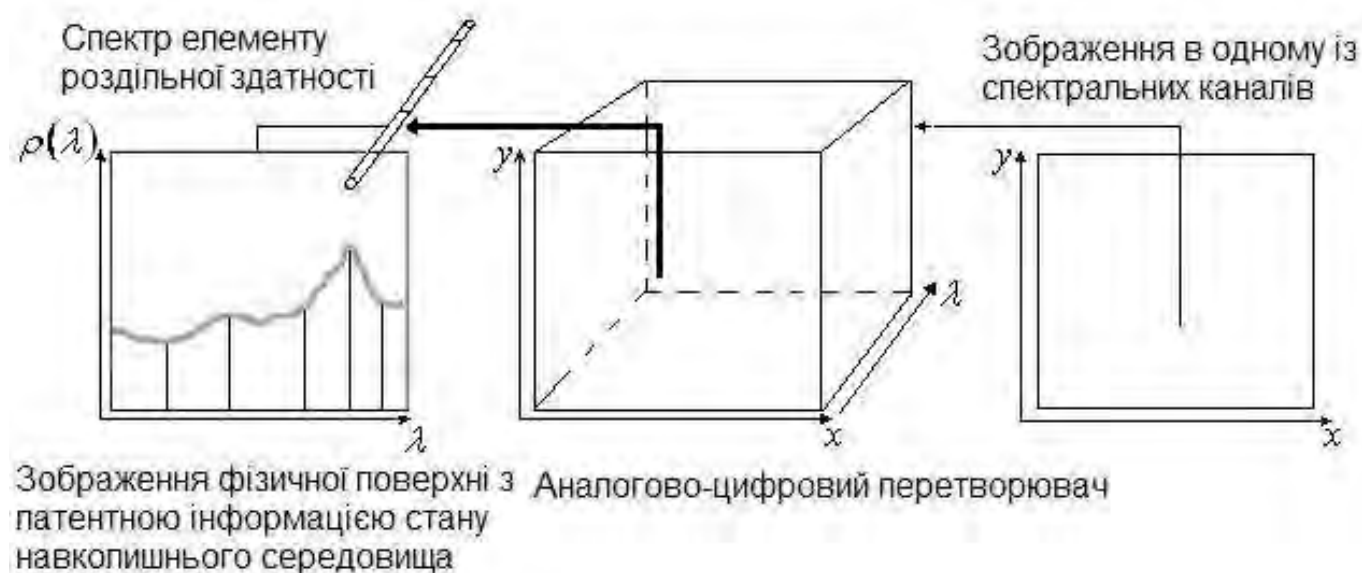


Рис. 3.8. Багатоспектральний куб зображення

При цьому, спектральні характеристики знімку визначаються здатністю відображати, поглинати і пропускати сонячну енергію. Відбиття, поглинання і пропускання падаючих сонячних променів залежать від довжини хвилі світла і описуються ланцюгом енергетичного балансу:

$$I_{\lambda} \rightarrow R_{\lambda} \rightarrow A_{\lambda} \rightarrow T_{\lambda} \quad (4.4)$$

де:  $I_{\lambda}$  – падаюча енергія;  $R_{\lambda}$  – відображена енергія;  $A_{\lambda}$  – поглинена енергія;  $T_{\lambda}$  – поглинаюча енергія.

Величина відбитої енергії залежить від багатьох факторів: довжини хвилі, висоти Сонця та його азимуту відносно структури поверхні об'єкта, потоку

розсіяної та сумарної радіації, азимуту напряму спостереження відносно площини головного вертикала, кута відхилення напряму спостереження від вискової лінії.

Ці фактори при обробці знімків забезпечується процедура розпізнавання різних об'єктів, а також виявлення в приземній області атмосферних змін. Крім цього, в залежності від сигнатури (спектральної характеристики) сигналу, визначаються стан хлорофілу рослинності, а також ґрунтовий покрив і стан водного середовища. Таким чином оцінюється стан навколишнього природного середовища, що є основою оперативного екологічного моніторингу довкілля.

Відповідні властивості ефективно використовуються при виявленні хвороб рослин, деградації ґрунту, забруднення води та атмосфери, а також інших факторів, що призводять до зміни їх стану. Таким чином, здійснюється класифікація різних типів за даними ДЗЗ.

У теоретичному плані багатоспектральне зображення представляє як кадр інформації, який містить в собі випромінювання з функцією спостереження безперервного простору, яке залежить від довжини хвилі і тимчасових змін. Однак на практиці всі датчики мають обмежені просторові, спектральні, радіометричні технічні параметри і часову роздільну здатність, в результаті чого кадр яскравості записується з кінцевою роздільною здатністю.

Просторова роздільна здатність оптико-електронної системи спостереження визначає розміри об'єкту, який можна побачити на поверхні Землі як певний об'єкт, який виокремлений від оточуючого середовища. Просторова роздільна здатність також пов'язана з тим, наскільки якісно оптико-електронна система може записувати просторові деталі.

Спектральна роздільна здатність космічного знімку визначається шириною смуги спектрального каналу, яка використовується для вимірювання або представляється на різних довжинах хвиль. Радіометрична роздільна здатність характеризується числом біт, які використовуються для опису значення яскравості вимірюваної величини в кожній спектральній смузі (рис. 3.9).

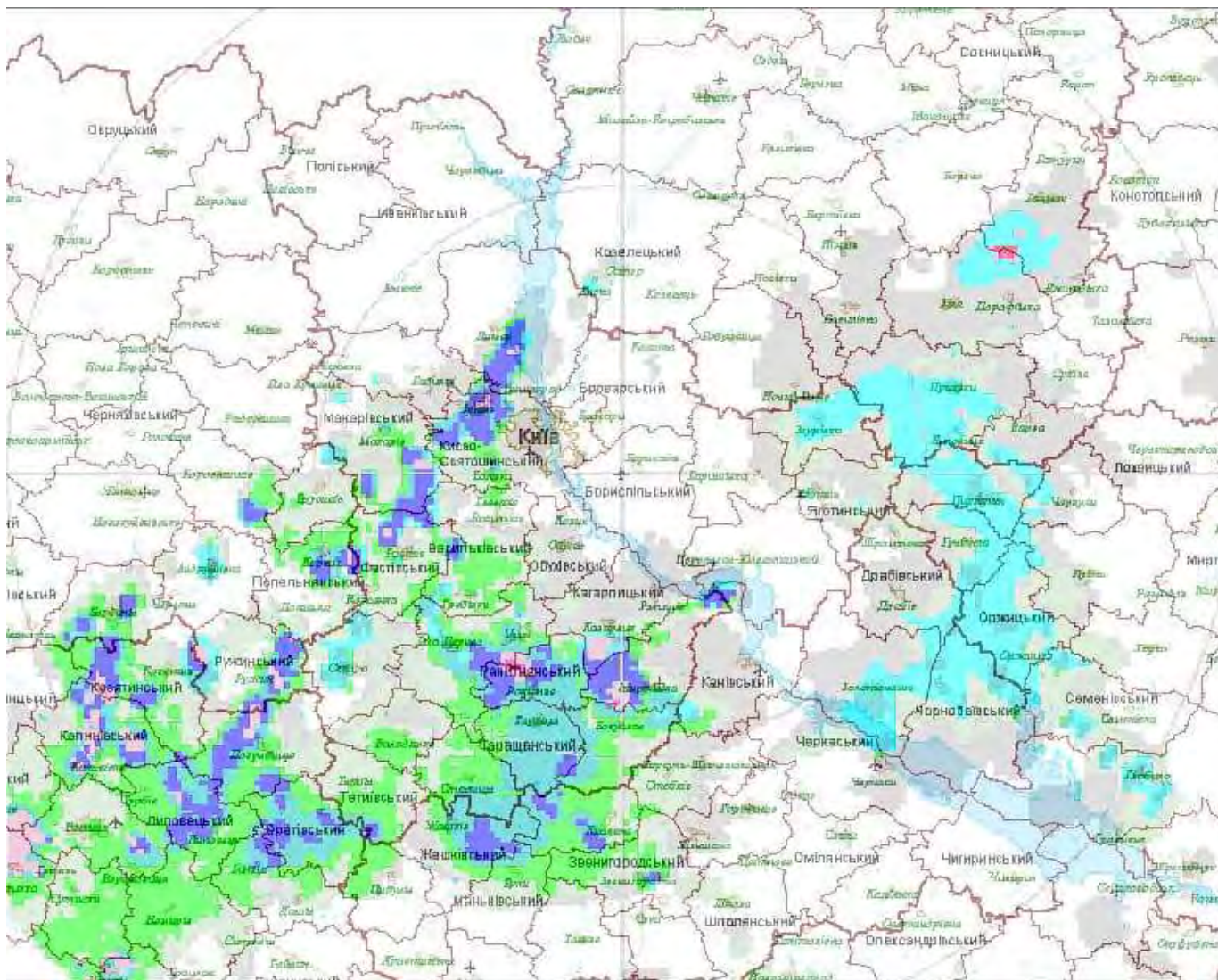


Рис. 3.9. Використання даних радіолокаційної зйомки для геоінформаційного моделювання небезпечних атмосферних явищ у столичному регіоні

Тимчасова роздільна здатність пов'язана частотою оптико-електронної системи проводити з космічного апарату дистанційне зондування Землі для отримання нового космічного зображення. Крім цього, спектральна і радіометрична роздільна здатність інтерпретуються у вигляді записаного спектру.

Іншою важливою стороною використання багатоспектральних космічних зображень є те, що вони орієнтовані на класифікацію у вигляді групи подібних точок. Множини точок кожного класу зменшують випадкові помилки при класифікації точок, тому що інтерпретація кадру ґрунтується на кластеризації більшості точок. Наприклад, якщо одна з кожної тисячі точок в зображенні є помилково класифікованою, то окремі помилки не змінюють загального сприйняття при ідентифікації. Однак збільшення кількості точок зі зміненою сигнатурою вагає інтерпретації інших властивостей.

Геоінформаційні властивості космічного зображення залежать від числа і ширини спектральних діапазонів оптико-електронної системи космічного апарату при дистанційному зондування Землі, що використовуються для збору інформації.

Багатоспектральні пристрої (девайси) мають сотні вузьких смуг. У табл. 3.1 наведені принципи відмінності між системами дистанційного зондування, які використовують просторову і спектральну інформацію.

Дослідження багатоспектрального зондування, а пізніше гіперспектрального зондування, привело до науково-методичного підходу для дистанційного зондування природного середовища, який включає наступні функціональні опції: вивчення складу мінералів, визначення характеристик покриву місцевості, оцінка параметрів стану врожаю.

Недоліком методу є те, що у додатках-опціях морфологічна (про форму) інформація (яка є важливою передумовою для дистанційного зондування штучних об'єктів), є мінімально корисною в процесі виявлення об'єктів, тому що різні природні матеріали не мають зумовлених форм. Це стосується в першу чергу забруднення та викидів небезпечних отруйних речовин.

При дешифруванні космічних знімків та обробці багатоспектральних космічних зображень при екологічному моніторингу викиди, і забруднення змінюють атмосферну структуру і мають невизначену форму, можуть бути змішаними з іншими речовинами приземної атмосфери.

Таблиця 3.1

Порівняння просторової і спектральної обробки космічних знімків ДЗЗ

Особливості етапів обробки	Обробка космічних зображень	
	Просторова	Спектральна
Сприйняття зображення	Інформація закладена в просторовому розташуванні точок в кожній спектральній смугі.	Кожна точка має пов'язаний спектр, який використовується для розпізнавання джерел забруднення у відповідному елементі роздільної здатності знімку конкретної місцевості.
Визначення місцепозиціонування	При обробці зображень використовується інформація про геометричні ознаки.	Обробка може здійснюватися по одній точці одноразово.
Можливість розпізнавання	Необхідна дуже висока просторова роздільна здатність для розрізнення об'єктів за формою (множина точок).	Немає необхідності у високій просторовій роздільній здатності (одна точка).
Роздільна здатність	Висока просторова роздільна здатність вимагає високої апертури і призводить до зниження у співвідношенні «сигнал-	Спектральна роздільна здатність більш важлива, ніж просторова.

	шум».	
Обсяг оброблювальних даних	Обсяг даних зростає квадратично з ростом просторової роздільної здатності.	Обсяг даних збільшується лінійно зі збільшенням числа спектральних смуг.
Можливість використання оброблювальних систем	Обмеження в розробці повністю автоматизованих алгоритмів, що використовують геопросторові властивості.	Повністю автоматичні алгоритми, які використовують спектральні властивості, розроблюються для окремих додатків ГІС.

Порівняння просторового і спектрального підходів обробки космічних зображень пов'язано з принциповою відмінністю виявлення і визначення об'єктів щодо пошуку джерел забруднення для його розпізнавання в кадрі з постійною формою або спектром.

Існуючі методи обробки космічних знімків розроблені для класифікації забруднюючих речовин, що впливають на навколишнє середовище, і не застосовуються в дослідженні з двох причин. По-перше, ступінь впливу в кадрі занадто малий для забезпечення оцінки статистичних властивостей виявлення на знімку. По-друге, в залежності від здатності датчика, інтерпретована геоінформація може проявитися тільки в декількох точках або навіть в одній точці. Роз'єднаний характер процесу екологічного моніторингу та зокрема визначення ступеня впливу (взаємодії) підтверджує, що кластеризація подібних зразків досить складна.

Виявлення потенційно небезпечних екологічних об'єктів можливо, завдяки зведенню множини складних операцій при обробці та комплексної оцінці існуючих можливостей, яка є складовою частиною більш складної схеми обробки космічних зображень. При цьому, багатоспектральні датчики можуть не надавати повної (генералізованої) еколого-географічної інформації, в якій просторова роздільна здатність знижується за умов поліпшення спектральної роздільної здатності.

Для ефективної обробки космічних зображень при проведенні екологічного моніторингу дистанційними методами на сучасному етапі активно розвиваються підходи, де отримання даних пов'язане із різними спектральними діапазонами. При цьому, кожен датчик дозволяє отримати цифрові зображення підстилаючої поверхні в різних спектрах електромагнітного випромінювання.

Інформація про трансформаційні зміни на поверхні можуть відобразитися в зміні геометричних характеристик, просторових поділах рівнів яскравості, а також спектральних сигнатур. Щоб отримати максимальну інформацію про зміни і стан, зони спостереження необхідно об'єднувати з отриманими даними від різних методів обробки космічних знімків.

Багатоспектральні знімки найбільш доцільні для пошуку антропогенних джерел забруднення, для яких спектральна інформація є просторово достовірною та технічно вимірюваною на відміну від морфологічної або інформації про форму.

Використання багатомірності багатоспектральної візуалізації космічних зображень дозволяє отримувати більш повну інформацію від аналізу даних, а також

здійснення обробки багатовимірних даних за допомогою алгоритмів виявлення і вилучення геоінформації.

Комплексна обробка даних дозволяє представляти їх на цифрових екологічних картах стану навколишнього середовища при проведенні екологічного моніторингу в середовищі геоінформаційних систем.

### **3.4. Еколого-антропогенна інтерпретація змісту космічних знімків міста**

Дослідження антропогенних факторів забруднення довкілля ведеться найбільш універсальним методом – геоінформаційним картографуванням на основі даних дистанційного зондування. Підвищена увага приділяється моніторингу антропогенного ландшафту з розробкою заходів щодо мінімізації впливу й адаптації природного середовища на трансформацію довкілля. Територіально проблема дослідження лімітована великими міськими агломераціями, такими як: Київська, Харківська, Дніпровська. Особливого значення набуває актуальність моніторингу на території м. Києва.

Технологія та система проектування та обробки фотограмметричних моделей належать до класу систем підтримки прийняття екологічних рішень (управлінських екологічних систем). У разі дослідження еколого-антропогенного впливу для управління допустимими рівнями забруднення довкілля забудованих територій відповідне моделювання ґрунтується на розробці напрямів покращення сприйняття космічних геозображень.

Розглянемо алгоритм еколого-антропогенної інтерпретації змісту космічних знімків на основі дешифрування різноформатних баз даних.

Основою картографічної моделі еколого-антропогенного змісту є дешифрування ортофотозображення. Існують спеціальні алгоритми проектування картографічних моделей на основі обробки космічних геозображень. Фактично це проектування інфраструктури геоінформаційної системи для ефективного управління рівнями допустимого забруднення довкілля урбанізованих територій та визначення їх впливу на природні ландшафти.

Формулювання нової методики дешифрування КЗ та обробки даних ДЗЗ роблять традиційні методи картографування більш ефективними та рентабельними. Це дозволяє апробувати технологію відображення еколого-антропогенної інформації на трансформованих ортофотопланах та визначати її особливостей в метричних характеристиках КЗ для реалізації програм екологічного моніторингу у великому місті. Зокрема, потребує вдосконалення алгоритм екологічного моніторингу м. Києва.

Алгоритм проектування картографічних моделей пов'язаний узагальненням панхронологічної екологічної інформації з координатною територіальною прив'язкою, яка несе атрибутивну геоінформацію, що акумулює моніторингові інтегральні дані про вплив на довкілля еколого-небезпечних техногенних факторів у найзручнішому для зіставлення вигляді – цифровій карті спеціального призначення.

В основу алгоритму проектування спеціалізованих картографічних моделей покладено принцип «оверлейного» сприйняття геозображень, який функціонально пов'язаний з технологією визначення змін показників екологічних характеристик

місцевості, отриманих та оброблених за визначений моніторинговий період часу. В результаті оцінка факторів патогенного впливу на довкілля території демонструється як диференційне визначення змін поточних природних параметрів.

Під час апробації відображення результатів екологічного моніторингу використовують трансформовані ортофотоплани масштабом 1 : 2 000 – 1 : 5 000, а також космічні знімки суміщені в ГІС з топографічною та картографічною основою, де відображуються основні об'єкти місцевості, найбільш важливі виробничі підприємства, а також природні «особливості», які впливають на довкілля (природні аномалії).

Технологічно картографічні моделі еколого-антропогенного змісту проєктують, ескізують та дизайнерські оформлюють у програмному середовищі засобів геоінформаційного оброблення даних дистанційного зондування Землі з подальшим використанням їх в редакторах векторної географіки [11].

Основою тематичного змісту під час розробки картографічної моделі є цифрові спектрзональні або панхроматичні космічні зображення, отримані з різним часовим проміжком. Алгоритм проєктування фотограмметричних моделей здійснюється в певній послідовності етапів. Узагальнену блок-схему алгоритму вибору і обробки космічних знімків (рис. 3.10). Розглянемо особливості використання космічних зображень та умови їх отримання.

Ефективне використання КЗ при проєктуванні фотограмметричної моделі виконується наступною ітерацією. Здійснюється вибір технічних характеристик відносно оптико-електронної системи бортового спеціального комплексу космічного апарата дистанційного зондування Землі (далі – ОЕС БСК КА ДЗЗ) відповідно до вирішуваного завдання екологічного моніторингу з метою фстворення спеціальної космофотокарти. Детально вивчаються фізико-географічні характеристики території та особливості пербігу на них процесів природного і техногенного характеру, що призводять до зміни довкілля на основі даних вже безпосереднього використання і обробки КЗ.

Роботи здійснюється за допомогою спеціальних програмних комплексів обробки космічних знімків та засобів автоматизованої фотограмметричної обробки. При цьому змістовна складова картографічної моделі формується при проведенні геопросторової прив'язки і дешифруванні (інтерпретації) космічних знімків, які повинні задовольняти вимогам, вказаним раніше, і мають бути представлені в цифровому векторному вигляді [33].

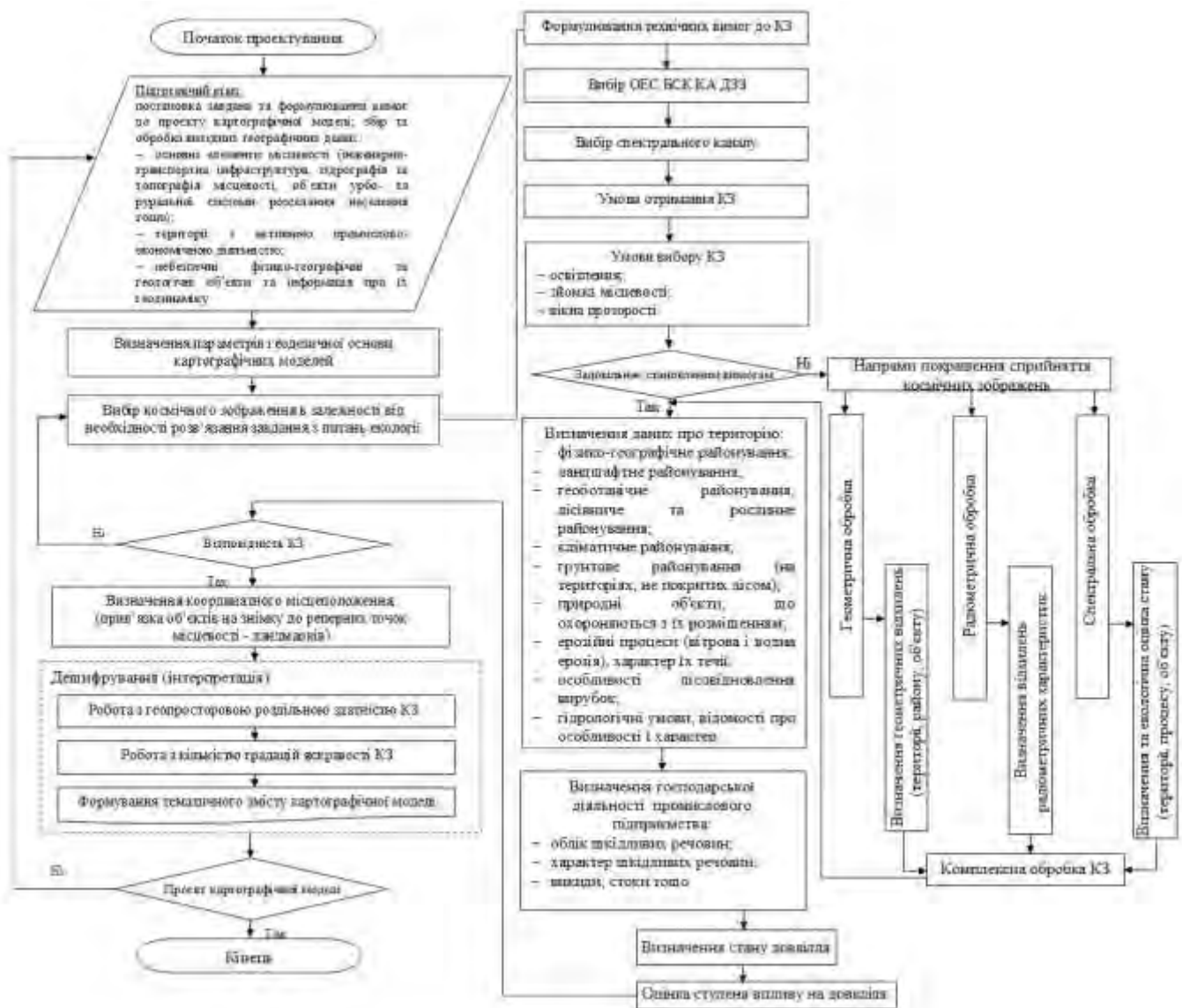


Рис. 3.10. Блок-схема алгоритму проєктування фотограмметричної моделі

Обираємо діапазони спектральних каналів враховуючи відомості про промислові підприємства, що розташовуються на території, а також про природно-техногенні трансформації, що виникають внаслідок їх функціонування. Для відповідного визначення застосовуються різні спектральні характеристики об'єктів, що забруднюють навколишнє природне середовище. Для вибору спектральних каналів, їх кількості та діапазонів в процесі візуального дешифрування об'єктів довкілля використовується відповідні таблиці.

Просторова роздільна здатність знімків обирається також на основі таблиць і відомостей про характерні розміри ділянок території та відомостей про масштаби природних процесів на території.

Етап дешифрування охоплює визначення прямих та непрямих ознак об'єктів з використанням:

- форм зображення об'єкту й характеру межування;
- кольору або тону зображення об'єкту;

- текстури (особливості чергування відтінків);
- сусідства з іншими об'єктами (закономірність геопросторового розташування).

Технологічно порівняльна обробка зображення характеризує вірогідність того, що той або інший піксель зображення відповідає проблемній ділянці території, яка піддається природному чи антропогенному геовітальному або гепатогенному впливу.

Сутність формування зони перекриття між двома знімками полягає в тому, що з кожного знімку виділяємо комплекс підмножин пікселів, яка задовольняють двом умовам:

- ділянка території, що зіставлена до відповідних пікселей, які відображаються і на інших знімках;
- пікселі на обох знімках містяться в межах робочої зони відповідних знімків, а не на полях, що залишилися після просторової прив'язки.

Шляхом виділення частини вихідного зображення одного знімка за допомогою різних масок виділяємо частини зображення на кожному зі знімків за тематичною маскою. У подальших маніпуляціях використовуються лише матеріали для виділених зон.

Обробка кольорової палітри зображення зі статистичним та ймовірнісним обробленням кожного пікселя підвищує контрастність і впізнавання території. Лише ці пікселі буде видно на результативному геозображенні. Виділяємо кілька діапазонів (наприклад, для позитивних і негативних зображень) з привласненням їм різних контрастних кольорів.

В процесі реалізації екологічного моніторингу, пов'язаного з визначенням кількісних показників шкідливих речовин та їх концентрації в приземній атмосфері є застереження, що стосуються деяких видів космічних знімків, складові компоненти яких не дозволятимуть здійснити виявлення процесів впливу на довкілля. Тому, для покращення якості окремих космічних зображень використовуємо комплексну обробку космічних знімків в спеціальних програмних ГІС-комплексах за напрямками.

В спеціальних програмних фотограмметричних комплексах оснащеними різними інструментаріями поліпшення зображення візуалізуються атрибутивні дані у вигляді векторного або растрового зображення. Алгоритми поліпшення геозображень адаптуються відносно тих маніпуляцій над даними дистанційного зондування, які мають бути візуалізовані. Фільтрацією поліпшуються виділення контурів або меж.

Зниженням різних видів апаратних шумів, поліпшуються подальшим класифікаційним аналізом. Крім цього застосовуються статистичні методи для розпізнавання тих або інших об'єктів місцевості за даними ДЗЗ, щодо проведення їх класифікації за допомогою чисельних методів [12].

Ці методи ефективні для кількісної оцінки під час фотограмметричної обробки даних дистанційного зондування. Результати, отримані після обробки й аналізу даних, подаються у зручному вигляді й форматі (цифрові картосхеми, електронні атласи, онлайн-карти на картографічних сервісах та ресурсах Інтернету – спеціалізованих тематичних геопорталах).

При окремих флуктуаційних випадках в процесі фотограмметричної обробки алгоритм дещо змінюється. Радіометрична обробка спектру спостереження території проводиться таким чином, щоб відповідний спектр відповідав заданному (моніторинговому) об'єкту.

Застосовуючи відповідну методику створена геоінтелектуальна система прийняття екологічних рішень у м. Києві. Окреслені шляхи природно-ресурсного відновлення міста на екологічних засадах.

Атрибутивна база даних ґрунтується на матеріалах аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування м. Києва. Акумулявання не просторових баз даних географічних координат об'єктів критичної інфраструктури та їх фотограмметрична візуалізація та моделювання в середовищі операційної системи Envi (рис. 3.11).



Рис. 3.11. Інфраструктура м. Києва на нічному космічному знімку

Наукоємною є задача дешифрування (інтерпретації) космічних знімків видимого спектра. Деякі техногенні об'єкти, наприклад, ПАТ «Київводоканал»

ідентифікувалися лише на спектрозональних знімках. Характеристики теплового випромінювання й забруднення опрацьовувалися на космічних геозображень об'єктів теплоенергетики.

У реальних системах, де реалізуються фотограмметричні вимірювання, лише в окремих діапазонах спектральних смуг, виділення об'єктів буде складним. Тому доцільно використовувати багатоспектральні зображення й застосовувати особливості їх дешифрування (інтерпретацію) для картографічного виявлення зон техногенного забруднення за спектральними складовими.

У сучасному програмному фотограмметричному продукті вже існує інновітг-інструментарій для програмування власних алгоритмів оброблення космічних зображень.

Наведений підхід охоплює комплексну обробку КЗ за складовими геометричного, радіометричного й спектрального характеру.

Для малих або прозорих (латентних) об'єктів просторова (видимий спектр) або радіометрична роздільна здатність не дає можливості вирішити завдання ідентифікації. У разі високої концентрації вони мають суттєвий вплив на довкілля. В цьому випадку обробка КЗ здійснюється виключно на основі спектральної інформації.

## Висновки до розділу

Для визначення теплофізичних показників перегрівання міської (урбаністичної) території запропонована нова технологія спектрометричної мікроскопної растрової тепловізornoї фотограмметрії.

Розроблена нова принципова схема обробки дійсних ортофотопланів, досліджені технологічні прийоми стереофотограмметричної обробки мікрознімків листя дерев в період вегетації, що надає повну геоботанічну інформацію про стан ґрунтів, трансформації температурних градієнтів в атмосфері.

Побудована дво- та тривимірна картографічна модель зміни баричної та температурної топографії Батієвої гори м. Києва та території Солом'янського лісопарку. Дана модель дозволяє прогнозувати зміни рельєфу київського природно-територіального комплексу на найближчі роки з урахуванням зміни фізико-географічних зон та кліматичних поясів.

Розроблені нові підходи щодо геоінтелектуального дешифрування із пошаровою ідентифікацією та інтерпретацією техногенного ландшафту на прикладі окремих промислових майданчиків м. Києва. Визначені пріоритети дешифрування дійсних аерофото- та ортофотопланів із застосуванням розробленої класифікаційної схеми кореляційної відповідності обсерваційного ландмараку та типу природокористування.

Запроваджено інновінг-інструментарій оптичної цифрової корекції ортофотопланів та розроблено графічну модель відповідності трансформації геозображень на космічних знімках зроблених із ШСЗ сонячно-синхронної та геостаціонарної орбіт.

## РОЗДІЛ IV. ЕКОЛОГІЧНИЙ ОБСЕРВАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ДОВКІЛЛЯ-ПРОСТОРУ м. КИЄВА

Полігоном апробації та реалізації інновіng-інструментарію екологічного обсерваційного рекогносцивального моніторингу відкритого довкілля-простору є м. Київ.

Місто Київ, як трансформований природно-територіальний комплекс зазнав патогенного антропогенного впливу починаючи із стародавніх часів. Зміна рельєфу, зникнення малих водних просторів, зниження рівня підземних вод, масова вирубка зелених урочищ знайшло відображення на стані здоров'я киян та оточуючому довкіллі. Особливого вивчення потребували гідрологічна мережа природних та штучних водойм, в тому числі бюветів, фонтанів, джерел.

Інновіngом в дослідженні постає вивчення громадських картографічних зображень м. Києва у публічних просторах. Вони є новим інформаційним джерелом у вивченні трансформації довкілля та систем природокористування у м. Києві у плині часу. Картографічний обсерваційний аудит природно-техногенного середовища міста Києва є основним етапом обсерваційного моніторингу довкілля-простору.

Практичне застосування розробленої методології знайшло апробацію при побудові гіпергенезичної карти м. Києва, розрахунку періоду екологічних катастроф за сучасними космічними технологіями. Визначаються еніогеографічні особливості території м. Києва.

### 4.1. Сучасна фізико-географічна характеристика території м. Києва

**Рельєф.** Територія м. Києва розташована на Східно-Європейській рівнині на межі природно-географічних зон мішаних лісів та лісостепу. Ця місцевість достатньо зволожена і відзначається досить розвинутою гідрографічною мережею. На території міста, за даними Державного комунального підприємства (ДКП) «Плесо», нараховується близько 430 водних об'єктів загальною площею майже 23,5 км<sup>2</sup>. До їх складу входять 129 озер, 102 ставки, 24 затоки, 2 протоки, 43 невеликі штучні водойми, 27 каналів, 9 річок, 28 струмків та 32 джерела. На рис. 4.1 представлено схему розташування деяких з них. Одним із найбільших водних об'єктів міста є р. Дніпро, стік якого зарегульовано Канівським водосховищем.



Рис. 4.1. Схема розташування основних водойм м. Києва

За морфометричними характеристиками водойми Києва досить різні. Площа їх водного дзеркала коливається від 0,0025 до 1,86 км<sup>2</sup>, об'єми – 0,003–19,3 млн. м<sup>3</sup>. Середня глибина варіює від 0,85 до 15 м, максимальна – від 1,85 до 28 м.

Більша частина заплавної міської водойми знаходиться на сформованому алювіальними відкладами лівобережжі, решта – на правобережжі Дніпра. Ці водойми виникли у процесі багатоговікового зміщення русла річки. На правобережжі Дніпра, більша частина якого характеризується вододільно-яружним типом рельєфу,

знаходяться також водойми, які виникли в кар'єрах або в результаті перегороджування малих водотоків.

Територія Києва знаходиться на межі трьох орографічних областей: Придніпровської височини, Поліської та Придніпровської низовин (рис. 6.17, Б).

У межах Придніпровської височини, що включає Київське плато, сформувалися центральна та Південно-Західна частини міста. Ця височина характеризується незначним похилом у Західному напрямку. Максимальні значення висот досягають 170–175 та 190–196 м над рівнем моря. Поверхня цієї території відзначається досить глибоким та густим ерозійним розчленуванням до 80 м. Такий рельєф зумовив можливість існування тут невеликих водотоків (річок Либідь, Совка, струмків Горіхуватка, Голосіївський, Китаївський та ін.), на руслі яких в результаті штучного перегороджування їх долин створено ставки: Совські, Горіхуватські, Дідорівські, Китаївські та Палладінські. Крім цього, тут зосереджені водойми, що виникли на місці кар'єрів. Одним із таких водойм є оз. Глинка, яке виникло в результаті видобутку глини. В цілому, в межах цієї орографічної області нараховується близько 170 водних об'єктів.

Поліська низовина (Київське Полісся), що включає Західну і Північно-Західну частини міста, представляє собою слабо розчленовану хвилясту морено-зандрову рівнину. Формування її рельєфу зумовлено водно-льодовиковими процесами. Абсолютні відмітки цієї низовини варіюють від 140 до 190 м БС (Балтійської системи висот). Величина вертикального ерозійного розчленування низовини становить 20–30 м. У межах цього району знаходиться більше 100 водних об'єктів. Одними з найбільших водотоків на Поліській низовині є річки Горенка, Котурка, Любка, Нивка та Сирець, в долинах яких також створено значну кількість невеликих ставків. Тут також зосереджуються безстічні озера Синє та Голубе.

Східна, Північно- та Південно-Східна частини міста зосереджені в межах Придніпровської низовини. Ця орографічна область являє собою алювіальну рівнину з надзаплавними терасами, сформованими акумулятивною та ерозійною діяльністю Дніпра. Відмітки її висот становлять 90-125 мБС. В процесі багатовікового зміщення русла Дніпра, обумовленого планетарними процесами (Каріолісова сила), виникла значна частина сучасних заплавних водойм. На сьогодні тут зосереджено більше 150 водних об'єктів. Зокрема це озера лівобережжя: Райдужне, Тельбін, Вирлиця, Прірва, Сонячне, Тягле, Небріж, та затоки: Десенка, Довбичка, Берковщина, Осокорки та ін.

Північній, центральній та південній частинах міста на правобережній заплаві Дніпра знаходяться озера стариць р. Почайна системи Опечень (Мінське, Лугове, Пташине, Богатирське, Кирилівське, Йорданське), озера Редьчине, Центральне, Вербне та затоки Верблюд, Собаче Гирло, Оболонь, Київська Гавань, Славутич, озера Видубицьке, Конча та Заспа, рукав Коник, затока Старик.

**Геологічна будова та гідрогеологічні умови.** Характеристики міських водних об'єктів значною мірою залежать від геологічних особливостей території. Поверхня центральної частини території міста сформована лесовими

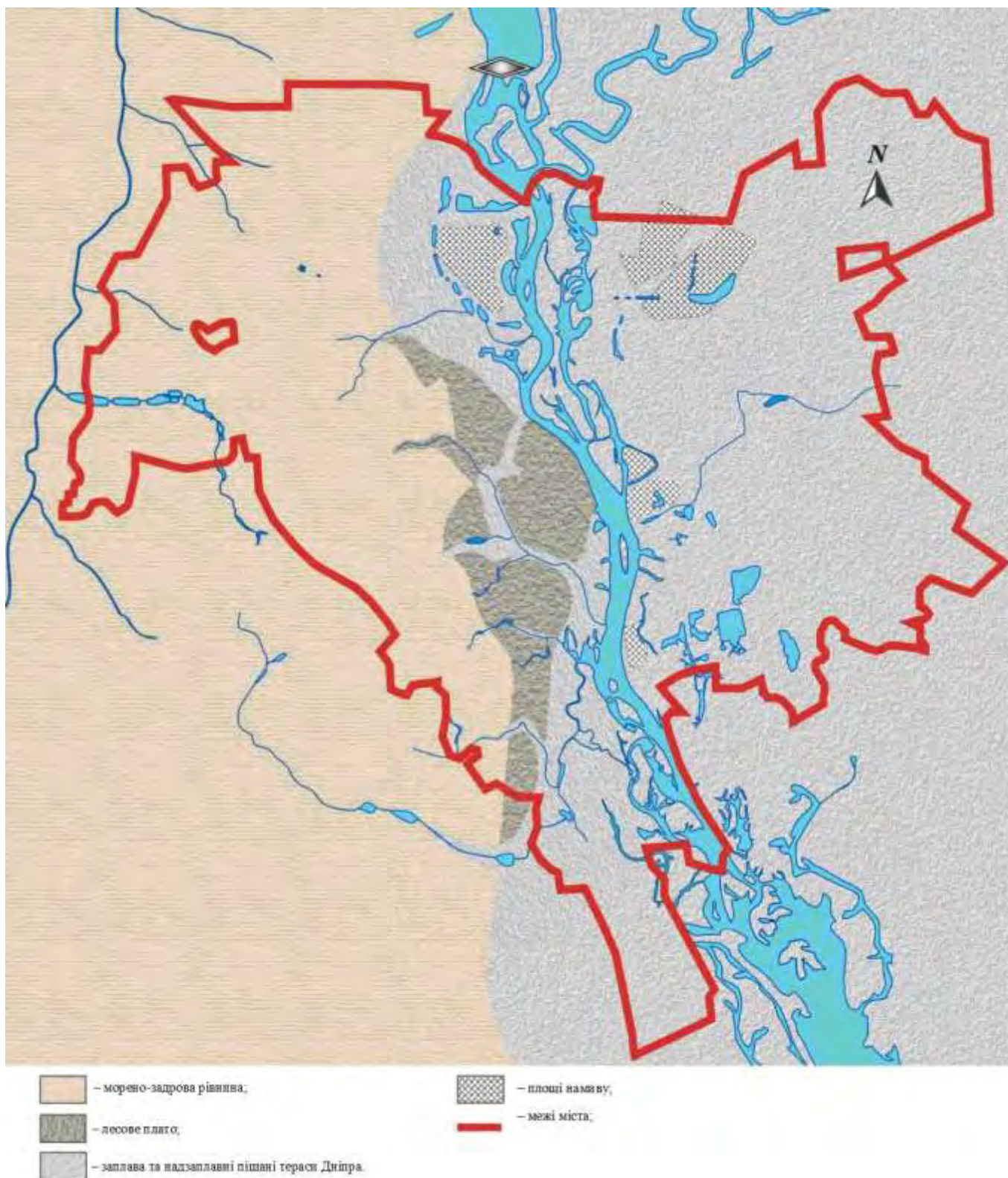


Рис.4.2. Схема геоморфологічних областей м. Києва

грунтами (рис. 4.2), що зосереджуються в межах Придніпровської височини, зокрема Київського плато та вододілів річок Дніпро й Либідь. Потужність пласту лесових ґрунтів може становити 5-20 м. Вони складені лесовими, суглинистими та легкосуглинистими ґрунтами.

В результаті вирубки лісів тут змінилися умови зволоження лесових ґрунтів. Це призвело до прискорення ерозійних процесів, зсувів та обвалів. Додатковим фактором порушення режиму вологи стала забудова території, у процесі якої було засипано значну кількість ярів та балок, долин малих водотоків тощо.

На правобережних схилах Дніпра та на його притоках поширені делювіальні відклади. Їх потужність сягає 20 м. З вирубкою лісу ці відклади набули високої рухливості. Для їх стабілізації проведено численні комплексні заходи: насадження лісу, створення набережної, підпірних стінок, дренажних систем, водостоків тощо.

Поверхня морено-зандрової рівнини сформована льодовиковими відкладами. Льодовиковий комплекс складають надморенні флювіогляційні піски, моренні та валунні суглинки, підморенні водно-льодовикові піски, супіски, алеврити. Їх потужність на різних ділянках становить 2-26 м. Ці відклади формують водоносний горизонт, який розділяється мореною на підгоризонти. Водовмісними є також і флювіогляційні піски, в товщі яких зустрічаються лінзи суглинків. Потужність горизонту льодовикових відкладів становить 0,5–36 м, глибина залягання 0,4-32 м. Дебіт свердловин у цих ґрунтах 0,35-2,9 л/сек. Розвантаження схилів відбувається джерелами, дебіт яких становить 0,01-1,5 л/сек.

Завдяки таким властивостям цих ґрунтів забезпечується живлення озер Синє та Голубе (масив Виноградар), а також малих річок Катурка, Горенка, Нивка та ін. Русло, заплава, надзаплавні тераси Дніпра та його приток сформовані алювіальними відкладами. Вони представлені переважно різнозернистими пісками, супісками, суглинками, глинами, гравієм та галькою. Потужність алювіальних відкладів від 3 до 70 м. Ці піски характеризуються досить доброю водопроникністю (фільтраційними властивостями), завдяки чому забезпечується живлення заплавних водойм підземними та поверхневими водами. Швидкість фільтрації вод в них становить 5–30 м/доба.

На правобережжі Дніпра породи залягають у такій послідовності: бурі та рябі глини, полтавські та харківські піски, кийський мергель, бучацько-канівські піски (рис. 4.3).



Рис. 4.3. Вертикальний геологічний розріз території м. Києва із Заходу на Схід

Бурі глини характеризуються водонепроникними властивостями. Вони виходять на схилах правобережжя Дніпра, прорізаних правими його притоками. Їх висотні відмітки становлять 150-170 м БС або 60–80 м над рівнем Дніпра. В товщі цих глин для перехоплення першого водоносного горизонту та запобігання зсувів прокладено присхилові штольневі дренажі.

Рябі глини розташовані в межах висотних відміток від 140 до 160 м БС. За властивостями ці глини дуже гідрофільні, в результаті чого відбуваються їх зсуви.

Полтавські піски є стійкими породами. Їх абсолютні відмітки становлять 120-145 м БС. Потужність пласту – 5-30 м.

Нижче залягають харківські піски. Вони знаходяться у межах висотних відміток від 115 до 125 м БС. В товщі шару цих пісків формується другий водоносний горизонт. Потужність його складає 5-6 м, інколи 12 м. Коефіцієнт фільтрації – 0,1-4,1 м/доба. Розвантаження підземних вод із цих пісків відбувається через джерела схилів річок.

Київський мергель, або так звана «блакитна глина», залягає в межах 85-110 м БС. Потужність цих глин варіює від 7 до 42 м. Ці ґрунти використовуються як основа споруд при навантаженнях під фундаменти. У товщі шару цих глин закладено київський метрополітен.

Нижче залягають бучацько-канівські піски, розповсюджені на всій території міста. Їх потужність становить 7-45 м. Дрібно- та середньозернисті піски формують водоносний горизонт, безпосередньо пов'язаний з алювіальними водами Дніпра.

На лівобережжі Дніпра, за виключенням його долини, нижче алювіальних відкладів залягають пласти київського мергелю. Наступним шаром порід є бучацько-канівські піски.

**Кліматичні умови.** Територія м. Києва характеризується помірно континентальним кліматом з відносно м'якою зимою та жарким літом.

Середня тривалість сонячного сяння становить 1840 годин або 45 % від вірогідного. Найменша – у грудні (32 годин або 14 % від вірогідного), найбільша – у липні (287 годин або 62 % від вірогідного). Річні значення сумарної сонячної радіації за нормальних умов хмарності становлять в середньому 4020–4050 МДж/м<sup>2</sup>.

Протягом року в м. Києві та його околицях переважаючими напрямками вітру є Західні та Північні, що становлять, відповідно, 17,7 і 13,6% від загальної повторюваності (рис. 4.4). Переважаючим є вітер зі швидкістю 2–5 м/с, повторюваність якого становить 60,2 %.

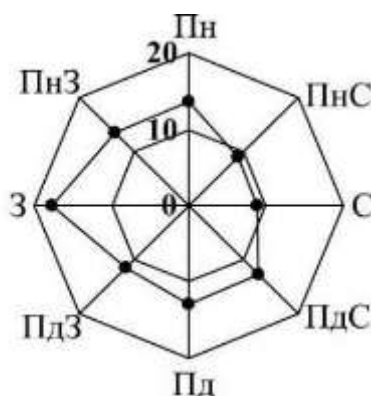


Рис. 4.4. Повторюваність напрямку вітру в м. Києві, %

Повторюваність вітру зі швидкістю 0-1 м/с значно менша – 34,8 %. Більш сильні вітри спостерігаються рідко: зі швидкістю 6-9 м/с – 4,6 %, понад 10 м/с – менше 0,5 %. Середня за рік швидкість вітру в місті дорівнює 2,4 м/с, за містом (Бориспіль) – 3,4 м/с. Найбільша середньомісячна швидкість вітру відзначається взимку (2,7–2,9 м/с), найменша – влітку (2–2,2 м/с) (рис. 4.5).

Середня річна температура повітря в місті складає +8 °С, середня температура повітря найбільш теплого місяця (липня) +19,8 °С, найбільш холодного (січня) – 4,7 °С. За багаторічними даними, абсолютний максимум температури в Києві спостерігався в 1936 році (+39,4°С), абсолютний мінімум – в 1950 році (–32,9 °С).

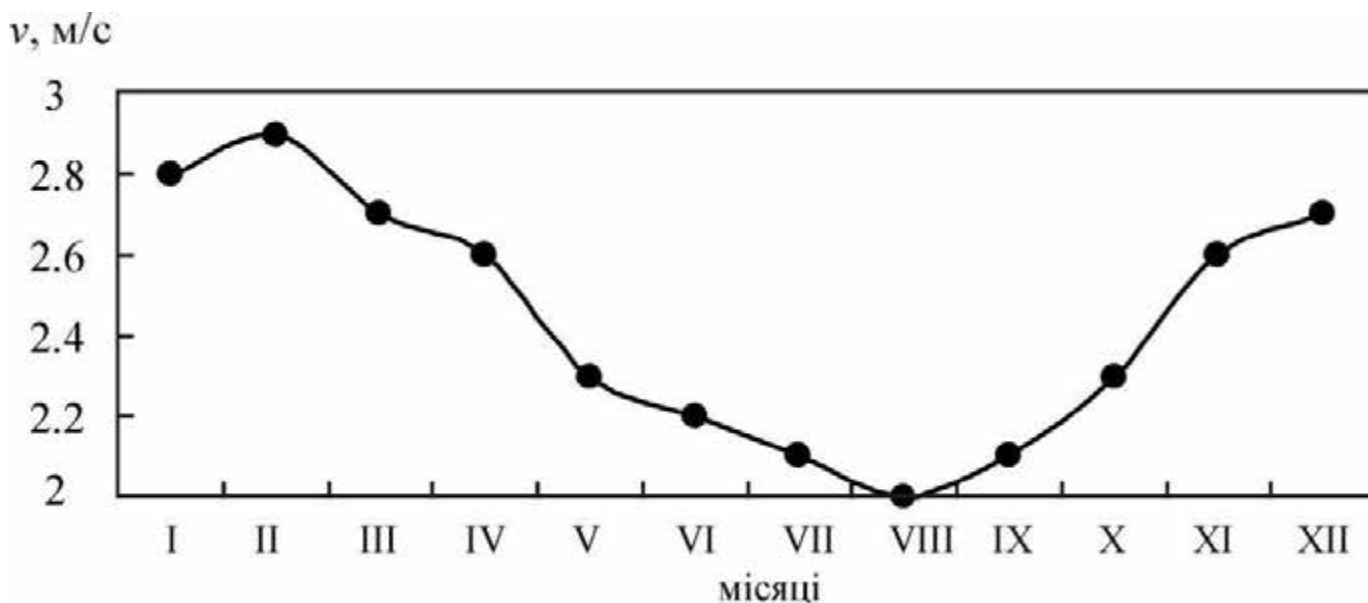


Рис. 4.5. Річний хід середньомісячної швидкості вітру (м/с) в Києві (за даними спостережень м/с Київ)

До теперішнього часу, коли йде зміна кліматичних умов, фіксувалися низькі температури повітря, що відзначалися в період з грудня по лютий. Середня кількість днів з температурою нижче 0 °С була 136 на рік. Кількість днів з температурою повітря нижче –10 °С сфіксувалося 40. Зараз ймовірність мінімальної температури повітря нижче –25 °С не перевищує 5 %. З 90-х років ХХ-го століття *простежується тенденція до зменшення числа днів з низькою температурою.*

Середня дата першого заморозку припадала на 18 жовтня, середня дата припинення весняного заморозку – 12 квітня. Безморозний період тривав в середньому 188 днів.

Найбільша глибина промерзання ґрунту, яка спостерігалася в лютому, становила 65–85 см. Період промерзання складав 135-150 днів. Тривалість періоду з позитивними значеннями температур у холодні роки становив 110-130 днів, у теплі – 200-270 днів.

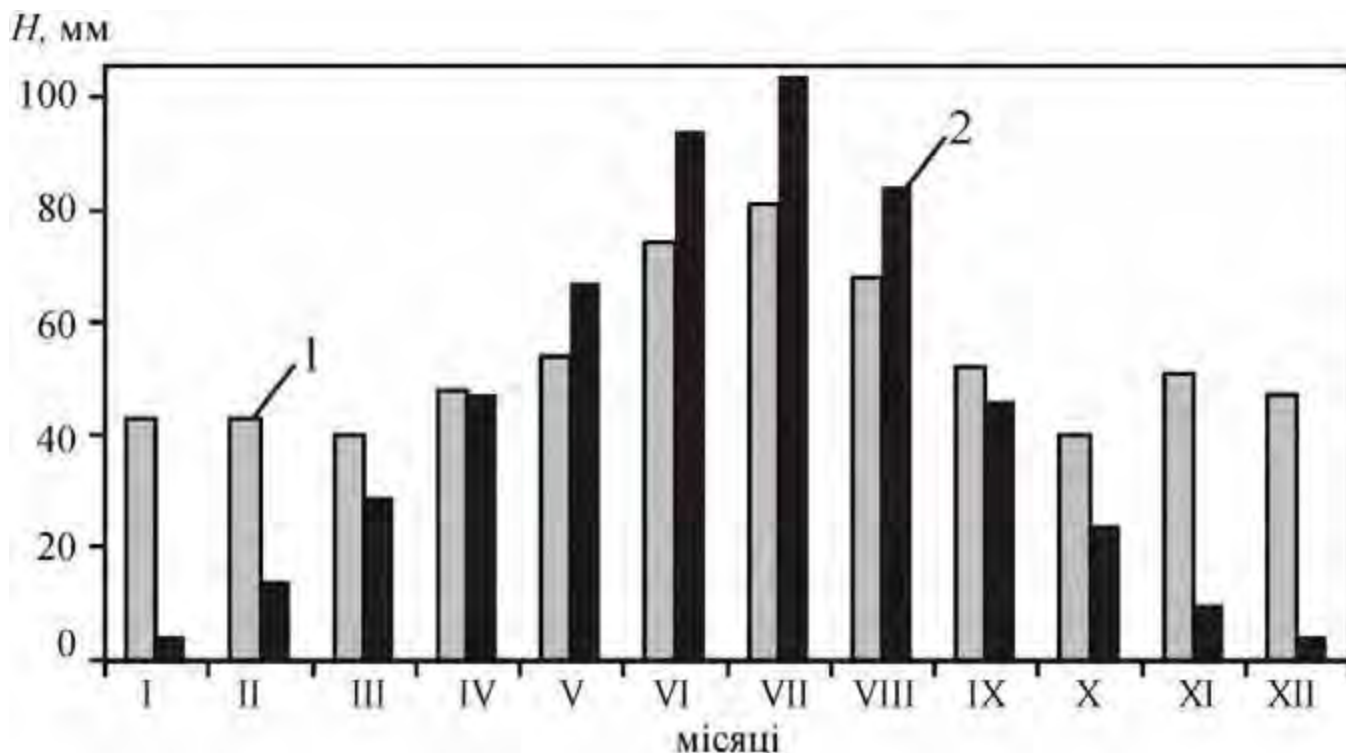


Рис. 5.6. Середньомісячні величини шару опадів (1) та випаровування (2) в м. Києві

В районі Києва за рік випадає 640-650 мм атмосферних опадів. Взимку їх кількість складає в середньому 133 мм, навесні – 142, влітку – 223, восени – 143 мм. Максимальна кількість опадів припадає на липень, мінімальна – на жовтень та березень (рис. 4.6). Опади у вигляді дощу відзначають у 70 % випадків. Сніговий покрив повинен формуватися в другій половині грудня, досягаючи висоти 20-30 см, і утримуватися від 60 до 130 діб. У другій половині лютого – першій половині березня сніг повинен сходити. У зимовий період зараз мають місце часті довготривалі відлиги.

Річний шар випаровування в районі міста складає 520-530 мм. В зимовий період на території міста він складає 22 мм, у весняний – 143, у літній – 282, в осінній – 80 мм. Максимальні місячні значення відзначаються у червні-липні, мінімальні – у грудні-січні.

#### 4.2. Природно-антропогенні ландшафти м. Києва: тренди трансформації

Сучасна міська забудова правобережної частини Києва у загальних рисах збігається із конфігурацією ареалу ландшафтно-екологічних систем доби Київської Русі, окрім дуже розчленованих територій, які виконують рекреаційну функцію.

Це свідчить про певний зв'язок сучасних ландшафтно-екологічних систем і комплексів міста із давніми ландшафтно-територіальними системами та попередніми ландшафтно-урочищними комплексами. Це виявляється у територіальному збігові ландшафтно-господарських і ландшафтно-антропогенних систем, збереженні давніх ландшафтно-екологічних елементів).

Сучасними ландшафтно-архітектурними масивами і комплексами наслідуються попередні планувальні форми і функції. Таким чином це розкриває

наукову проблему вивчення трансформації природно-антропогенних ландшафтів м. Києва.

Питання вивчення ландшафтів м. Києва потребує постійного дослідження, оскільки на сучасному етапі розвитку техносфери людина постійно намагається якомога більше полегшити власне життя за рахунок природного ландшафту. Це виявляється насамперед у зростанні кількості антропогенного навантаження на природні екосистеми м. Києва. Міські території, на які здійснюється постійне навантаження перебуває в досить складному екологічному стані і потребує постійного оновлення.

Постає вирішення *наукової задачі моніторингу функціональних ландшафтів м. Києва* та їх просторо-вочасова трансформація, аналіз значення біоценотичних угруповань рослин в житті міських біоценозів під впливом всеохоплюючої урбанізації.

Алгоритм дослідження даного питання поставив вирішити певні кола питань:

- проаналізувати основні етапи розбудови міста та формування ландшафтно-архітектурних систем Києва;
- охарактеризувати ландшафтну структуру територій м. Києва;
- дати характеристику комплексних зелених зон міста;
- проаналізувати ландшафтно-антропогенні риси покриву м. Києва;
- проаналізувати та систематизувати відомості, щодо особливостей рослинного покриву м. Києва.

Для унаочнення аналізу містобудівного освоєння ландшафтів території Києва, з'ясування основних етапів і тенденцій формування *ландшафтно-екологічних систем* і комплексів міста для кожного часового зрізу змодельовані ареали містобудівного освоєння.

До X ст. ареал антропогенної трансформації ландшафтів території міста складався з дрібних полів, землеробських, культових та промислово-торгових поселень підвищеної слабохвилястої лесової рівнини та заплави Дніпра. Межі первинного еколого-антропогенного освоєння ландшафтів підвищеної слабохвилястої лесової рівнини, складеної лесовидними суглинками із ясно-сірими та сірими лісовими легкосуглинковими ґрунтами під свіжими дібровами та судібровами, складали землеробські та культові поселення.

Інше ядро антропогенної трансформації у межах ландшафтів слабохвилястих заплав, утворених пісками із прошарками суглинків із дерновими й лучними супіщаними та піщано-легкосуглинковими (фрагментами оглеєними) ґрунтами під різнотравно-злаковими луками складав промислово-торговий осередок Подолу.

Давнє ядро м. Києва, як відомо, складалося із двох частин – «Верхнього Міста» на підвищеній слабохвилястій лесовій рівнині та «Нижнього Міста» (Поділ) на заплаві Дніпра біля гирла Глибочиці (рис. 4.7). До середини X ст. були повністю заселені розчленовані відлогі й пологі схили та останці між верхньою і нижньою частинами міста.

З'явилась необхідність в розширенні меж Києва. У середині X ст. ареал антропогенного впливу на ландшафти складається із одного домінуючого поля освоєння, що охоплює урочища підвищеної слабохвилястої лесової рівнини

(Верхнього Міста) відлогих і пологих схилів лесової рівнини та заплави Дніпра (Поділ).



Рис. 4.7. Парома Подолу (колишня заплава р. Глибочиця). Зараз вулиці – Верхній та Нижній Вали

В кінці X ст. площа верхньої частини міста значно розширюється за рахунок забудови Міста Володимира (Гора) і спорудження його укріплень (рис. 4.8). Однак на цю частину міста, розташовану на лесовому плато, припадало не більше (6 %) міської забудови, на схили (33 %), а більше половини території (61 %) займала нижня частина Міста – Поділ, розташована на високій заплаві Дніпра.

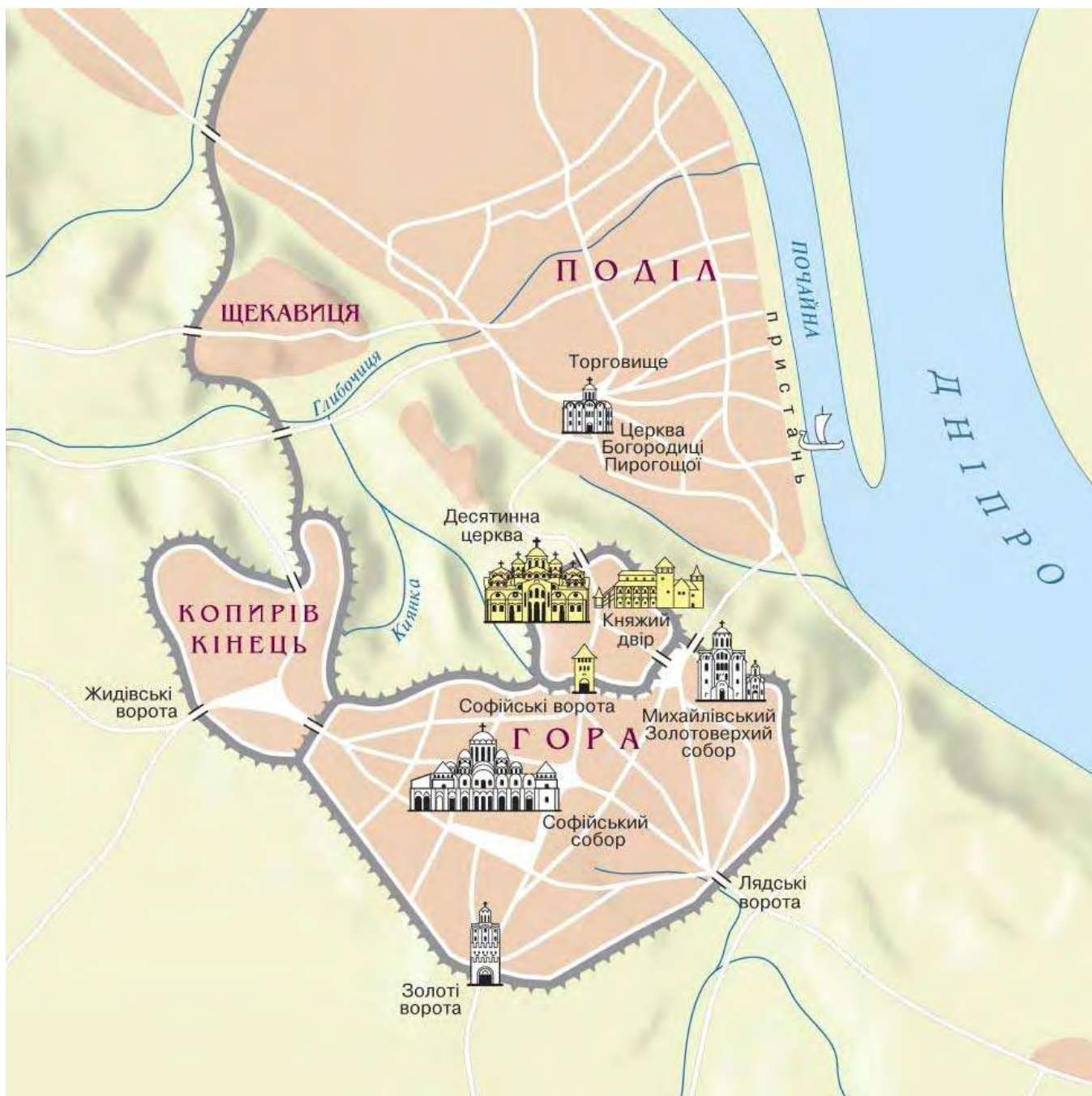


Рис. 4.8. Топографія м. Києва у X ст.

У XI-XII ст. усі дрібні поля освоєння були розташовані у межах урочищ підвищеної слабохвилястої та горбистохвилястої лесової рівнини, складеної лесовидними суглинками із сірими та темно-сірими лісовими легкосуглинковими ґрунтами під свіжими дібровами та грудями (грабовими дібровами). На той час вони вже розорані, із значним землеробським освоєнням, що свідчить про наслідування ландшафтно-антропогенними системами у процесі містобудівельного освоєння центрів землеробських ландшафтно-господарських систем. Загальна площа містобудівного освоєння у ландшафтах широколистянолісового типу становила 51 % території.

У XIII-XVIII ст. набуває адміністративні функції нова частина міста, що лежить у межах підвищеної горбисто-хвилястої лесової рівнини – Печерська. До середини XIX ст. печерська частина сполучається з основним ядром Києва. Забудовується лесова рівнина навколо Печерської фортеці, вздовж долини Либіді та крутих схилових ділянок хрещатицької долини. Розширюється Нижнє Місто на правобережній високій заплаві. За цей час площа забудови змінюється майже втричі, переважно за рахунок підвищеної лесової рівнини та заплави. Ареал антропогенного освоєння охоплює майже всі рівнинні і частково схиліві урочища підвищеної слабохвилястої і горбисто-хвилястої лесової рівнини межиріччя Дніпро – Либідь (55,7 %). Межі освоєння заплави Дніпра (Поділ) складають 44,3 % ареалу освоєння.

Із кінця XVIII ст. вперше починається забудова ландшафтів змішано-лісового типу знижених давньоалювіальних рівнин – надзаплавних право- та лівобережних терас Дніпра. До середини XIX ст. всі плоскорівнинні і пологосхиліві місцевості підвищеної лесової рівнини в межиріччі Дніпра та Либіді забудовуються, і починається освоєння аналогічних ландшафтів правобережжя Либіді (Байкова гора, Забайків'я, Деміївка, Протасів яр) в результаті чого, поля освоєння ландшафтів широколистяного типу складають 59,5 % ареалу містобудівного освоєння (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Світлина долини р. Либідь до забудови

Поступово забудовуються ландшафти змішано-лісового типу, це переважно урочища моренно-водно-льодовикових підвищених рівнин (Шулявка, Солом'янка). Продовжується забудова знижених надзаплавних давньоалювіальних терас та

високих заплав р. Либіді і правобережжя Дніпра. Поля містобудівного освоєння в ландшафтах змішано-лісового типу складають 8,1 % від загальної площі ареалу освоєння, заплавні – 32,4 %. В цей період центр міста стає багатоповерховим, збільшується кількість громадських споруд, покращується благоустрій головних магістралей, зростає кількість підприємств, установ.

У XIX – поч. XX стт. проводиться інтенсивне спорудження залізниць, промислових підприємств та фабрик. Залізниці прокладаються переважно по заплавах малих річок та днищах великих балок (Либідь, Сирецька балка), а також по вододільних частинах моренно-водно-льодовикових та лесових рівнин. Триває процес забудови ландшафтів змішано-лісового типу (їх ареал освоєння збільшується до 14,6 % площі ареалу містобудівного освоєння). Межі освоєння широколистяно-лісових та заплавних ландшафтів складають відповідно 58,2 % і 27,2 % загальної площі ареалу.

Після подій 1917 р. та громадянської війни 1918-1924 рр. у м. Києві антропогенне освоєння території відбувається, головним чином, за рахунок порівняно малопродуктивних в сільськогосподарському відношенні ландшафтів змішано-лісового типу. Продовжується і забудова ландшафтів підвищеної лесової височини на правобережжі р. Либіді та заплавних місцевостей. У 30-ті рр. забудовуються вільні ділянки, ущільнюється забудова центральних кварталів. Проводиться реконструкція старих будинків. З'являються нові райони (Печерсько-Звіринський).

З початку XX ст. до 1941 р. площа міської забудови зростає у п'ять разів (9,7 тис. га). У передвоєнний час площа міста з зеленою зоною досягає 68 тис. га.

У 1952 р. починається забудова нових житлових масивів: Першотравневого, Відрадного, Нивок у змішано-лісових ландшафтах підвищеної морени воднольодовикової рівнини (їхнє поле освоєння зростає до 52,4 % від загальної площі ареалу містобудівного освоєння). Площа поля освоєння в ландшафтах широколистянолісового типу складає 34,4 % ареалу освоєння, частка заплавних ландшафтів знижується до 13,2 %.

У 1967 р. був затверджений новий Генеральний план розвитку міста. В основу плану, реалізація якого почалася вже наступного року, було покладено ідею розміщення житлових масивів на намитих ґрунтах, на місці частково заболочених, малоцінних для сільського господарства територій у заплаві Дніпра, що стає головною архітектурно-планувальною віссю міста. Це дозволило зберегти придатні для землеробства землі, зробити місто більш компактним і перейти від радіальної до радіально-кільцевої структури його території.

На намитих ґрунтах будуються масиви Русанівка (рис. 4.10), Березняки, Оболонь, Троєщина. На пісках давньоалювіальної зниженої терасової рівнини – Лісовий, Воскресенський, Лівобережний, Північно-Броварський масиви.

На моренно-водно-льодовиковій рівнині – Виноградар, Вітряні гори, Академмістечко та інші.

Новітні технічні засоби будівництва дозволили вести забудову дуже розчленованих крутосхилових місцевостей підвищеної лесової рівнини, доля яких в ландшафтній структурі забудованих територій міста зростає за повоєнний період від 2,5 до 7,0 %.



Рис. 4.10. Житловий масив Русанівка

На сьогодні на території Києва забудовано 395,1 тис. га, тобто у тричі більше, ніж у повоєнні роки. Ареал містобудівного освоєння складається із двох великих частин – Правобережної та Лівобережної. Фоновими у сучасному ареалі освоєння (52,4 % площі ареалу містобудівного освоєння) є урочища ландшафтів змішанолісового типу, що розвинуті у правобережному полі освоєння та домінують в лівобережному.

Урочища ландшафтів широколистяно-лісового типу зустрічаються тільки на правобережному полі освоєння і займають 24,3 % ареалу містобудівного освоєння. Заплавні урочища займають центрально-вісьове положення. У лівобережній частинах це 23,2 % ареалу освоєння.

Із розвитком будівництва на штучних ґрунтах досить значної трансформації зазнають аквальні системи. Відбувається каналізування, засипання багатьох озер, струмків і малих річок (Глибочиця, Клов, Горіхуватка й інші). Цей процес у деякій мірі компенсується створенням нових, впорядкованих і очищених старих ставків, озер тощо. На цей час штучні аквальні системи складають 0,1 % площі ареалу містобудівного освоєння.

Згідно з генеральним планом перспективного розвитку міста, перспективне житлове будівництво буде сконцентроване головним чином на намивних ґрунтах у заплавних ландшафтах долини Дніпра.

Найбільшим житловим масивом є Троєщина (рис. 4.11). Запланована також нова забудова заплави у районі сіл Осокорки, Позняки та Вигурівщини. Місто фактично перетворюється на кам'яний мегалополіс.



Рис. 4.11. Панорамний аерофотознімок житлового масиву Троєщина

За весь період існування міста Києва на території міських біоценозів створюються антропогенні та рекреаційні зони. Вони створюються з метою посилення захисних та санітарно-гігієнічних функцій і є місцем відпочинку населення, хоча частка останніх зменшується постійно.

Виходячи із аналізу генетико-морфологічної структури відновлених ландшафтів забудованої території Києва, для формування сучасних *ландшафтно-антропогенних систем* вагомим є існування певної дизрівноваги серед основних типів ландшафтів території міста – широколистяно-лісових і змішано-лісових. Складним і поступовим є характер межі між ними.

Урочища ландшафтів змішано-лісового типу поширені у Північно-Західній, Північній частині міста на Правобережжі (моренно-воднольодовикові та озерно-водно-льодовикові рівнини) і займають більшу частину Лівобережжя (давньоалювіальні терасові рівнини). На їх основі утворилися новітні ландшафтно-антропогенні системи і комплекси багатоповерхової вільної забудови.

Урочища ландшафтів широколистяно-лісового типу поширені тільки на Правобережжі, у центральній, Південно-Західній і Південній частині міста. Вони складають основу *ландшафтно-архітектурних систем* давнього ядра Києва та

новітніх ландшафтно-архітектурних комплексів Південно-Західної і Південної його частин.

Особливістю розміщення заплавної ландшафтів та акваторії Дніпра є смуга із Півночі до Півдня (фрагментарно – на Півночі і Півдні, вузькою смугою у центрі міста, на Правобережжі і широкою смугою на Лівобережжі). Вона визначає питому вагу у формуванні *ландшафтно-екологічних систем* як природної планувальної осі Києва.

Аналіз рослинного покриву територій основних зелених зон міста Києва показав, що найбільш поширеними на територіях лісопарків є деревні види рослин, заплавні та зволожені місця, що характеризуються видовою різноманітністю болотної рослинності, а піскові ділянки представлені псамофітами. Але ці території знаходяться під загрозою знищення та потребують захисту з боку адміністрації міста. Це питання піднімають громадські екологічні організації столиці, що постійно підвищують суспільний інтерес [3].

### **4.3. Картографічний обсерваційний аудит природно-техногенного середовища міста Києва**

Карти фіксують усі зміни, що відбуваються в природі і суспільстві. Складаючи карти трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох, маємо змогу розглянути природні та техногенні об'єкти з різних боків, побачити їх минуле шляхом геопросторового аналізу кількісних та якісних характеристик, а головне, проаналізувати просторові закономірності розміщення на території міста.

При вивченні трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох, що є одним з перспективних напрямів обсерваційних досліджень, виділяють такі напрями роботи:

- виявлення та описи картографічних фондів бібліотек та архівів;
- історико-джерелознавчий аналіз старовинних карт;
- порівняльний аналіз старовинних та сучасних карт;
- аналіз картографічних творів із залученням сучасних методів технічних наук;
- проектування, складання та оновлених карт-реконструкції та трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох.

У сучасному екологічному дослідженні м. Києва бракує картографічних схем та планів, путівників по визначним природним, техногенним та антропогенним ексклюзивам столиці. Існуюча картографічна база даних обмежується лише відображенням довкілля-простору Подолу, Старого міста, Печерська та Видубичів, тобто тих рекреаційно-туристичних центрів міста, що вже більше півсторіччя є традиційними популярними об'єктами довкілля-простору м. Києва.

Укладені карти як у паперовому, так й електронному форматах повністю не відображають загальний природно-територіальний потенціал таких привабливих місцевостей та урочищ, як Китаїв, Церківщина, Мриги. Тому існує потреба у створенні карт трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох на карту-основу території сучасного м. Києва.

Зміст зазначеної карти трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох зумовлений її призначенням, а саме:

- для задоволення потреб реалізації обсерваційного моніторингу,
- картографічний матеріал повинен включати всі без винятку елементи довкілля-простору міста.

Для забезпечення даної вимоги всі техногенні споруди класифікуються наступним чином: промисловість, назва, небезпечні фактори оцінки впливу на довкілля, наближеність житлового фонду, геологічна будова, особливості мікрокліматичної ситуації. Це дозволяє створити багатоаспектний план евакуації населення при надзвичайних ситуаціях.

Для адекватного відображення оцінки впливу на довкілля, картографічна змістовна класифікація повинна мати наступну конкретизуючу градацію: зруйновані, не діючі, працюючі частково, підприємства, що проєктуються та будуються. Враховуючи, що столиця України повертає українізовані топонімічні назви районів, історичних місць та житлових масивів, на картах і легендах у різних тематичних шарах ці дані мають бути подані українською та англійською мовами.

При створенні карт трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох необхідно використовувати матеріали картографічних збірань і описів, що зберігаються у Національній бібліотеці імені В.І. Вернадського НАН України. Нині існує кілька таких описів: це карти Афанасія Кальнофойського 1638 р., Миколи Закревського ХІХ ст. та карта ГУГК СРСР «План г. Києва» 1990 р.

Робота зі стародавніми картами, тобто обробка та оновлення за ними сучасної інформації є центральним етапом роботи по укладанні нових екологічних карт. У першу чергу це аналіз трансформації природно-територіальних систем (ландшафтів), що дає змогу визначити ступінь їх зміни для подальшого прогнозування. Розроблені прийоми і структура візуального аналізу старовинних карт трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох, включають визначення назви, дати створення, місце зберігання, ім'я автора, а також розмір, масштаб, тип умовних знаків, точності, якість оформлення та наукову цінність картографічного твору. Не зупиняючись детально на всіх аспектах цього аналізу, подамо лише деякі з них, що дадуть вичерпну інформацію про трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох.

Аналіз базується на глибокому і всебічному вивченні старовинних карт у тісному зв'язку з фізико-географічними умовами з широким залученням архівних джерел. Правильно датувати карти допомагає вивчення історії створення і розвитку об'єкта дослідження, даних про автора, стилю малюнків, умовних знаків. Важлива характеристика кожної карти – її масштаб. Він істотно впливає на точність, повноту і докладність зображення. Головний критерій аналізу архівних карт, планів та схем – повнота змісту і відповідність топографічній дійсності.

Робити висновок про відповідність топографічній дійсності можна лише знаючи цю дійсність, уявляючи природні особливості еволюції об'єкта, який досліджується. Шлях до цієї цілі лежить через вивчення архівної літератури. Порівняння змісту карти зі змістом технічних звітів та інших джерел дає змогу всебічно оцінити вірогідність правильності картографічного зображення. Геометричну точність архівних карт оцінюють шляхом фотопорівняння із сучасним

станом об'єкта або із сучасною картою. Заключним етапом аналізу є визначення наукової цінності архівної карти, закладеної в ній геоінформації, можливості її подальшого використання в обсерваційному екологічному моніторингу.

Методика географо-джерелознавчого аналізу повністю залежить від кінцевої мети дослідження. Мета визначає напрям аналізу і вибір критеріїв оцінки. У даному разі при вивченні географічних особливостей місць розташування природно-техногенних об'єктів при складанні карт трансформації довкілля-простору м. Києва різних епох, немає необхідності детально зупинятися на всіх критеріях джерелознавчого аналізу. Обмежимося лише стислим описом архівних зображень промислових споруд міста. Це допоможе зрозуміти географію розвитку цих унікальних об'єктів довкілля-простору м. Києва.

Візуальному аналізу передкартографічних робіт передувала довга і кропітка робота над картами довкілля-простору м. Києва М. Закревського, А. Кальнофойського, І. Фундукля.

*Карти довкілля-простору м. Києва Миколи Закревського.* План міста Києва у Х ст. являє собою топографічну експозиційно-орографічну карту з відображенням основних фізико-топографічних районів тогочасного міста (рис. 4.12).



Рис. 4.12. Довкілля міста Києва у Х ст. (реконструкція географа М. Закревського)

Як образно-знакова модель вона поєднує географічну основу з основними урбанізованими територіями. Плани та карти Миколи Закревського підтверджують містоутворюючу роль природно-техногенного простору при формуванні єдиного

урболандшафту міста. Тим самим екологічні фактори є домінуючими при формуванні довкілля-простору м. Києва.

М. Закревський склав наступну серію карт довкілля м. Києва, що відображають ландшафти плани міста: 988-1240 рр., 1400-1600 рр., 1600-1864 рр., 1700-1800 рр., центру Києва ХІХ ст., ур. Лаври, загальний оглядовий план Києва і околиць ХІХ ст. (рис. 4.13) У фундаментальному творі «Описаніє Києва» до карт, зазначених вище, вносяться елементи топонімічної коректури: Йордан (р. Почайна), Поділ – урочище Плоске у підніжжі гори Юрковиці.



А



Б



В

Рис. 4.13. Карти-реконструкції довкілля-простору Миколи Закревського:  
А – 988-1240 рр.; Б – 1400-1600 рр.; В – 1700-1800 рр.

Специфічним у картах М. Закревського є умовні знаки деяких природних та антропогенних об'єктів. Наприклад, незважаючи на чітке дотримання масштабування умовного позначення легенди деякі елементи ландшафту зображується позамасштабним плановим знаком. На плані 1600-1864 рр. позначені практично всі річки та гори, що становлять сьогодні втрачену природну спадщину м. Києва. Загальний оглядовий план м. Києва і околиць у ХІХ ст. – це топографічний план сучасного зразка у масштабі 1 : 300 000, де нанесена вся топографо-географічна основа. Умовними знаками позначені унікальні дерева в урочищах міста та околиць. Це дає значний об'єм інформації, особливо щодо околиць, які ще в переважній більшості не зазнали всеохоплюючого будівельного буму. Планам М. Закревського не притаманні помилки масштабу, компоновання, умовних позначень у легенді, тому сім карт атласу можуть стати базовою основою ГІС «Екологія довкілля-простору міста Києва». Відмінною особливістю карт М. Закревського є адекватна картосеміотика, топографо-геодезична відповідність, географічна сучасність.

*Карти довкілля-простору м. Києва Афанасія Кальнофойського.* Топологія ландшафту м. Києва та візуально-просторове зображення ландшафту, їх географічне розміщення чітко простежується в картографічних творах книги "Тератургима" 1638 р. Враховуючи топологічне розташування зображених головних споруд, не важко ідентифікувати містоутворюючу роль Київських висот та пагорбів: Скавики (Щекавиці), Хор'євиці, Уздихальниці, Дитинки, Старокиївської гори (рис. 4.14).



Рис. 4.14. План м. Києва А. Кальнофойського, 1638 р.

Загальна характеристика планів довкілля-простору Києва А. Кальнофойського з ідентифікації ландшафтів тогочасного міста, підтверджує відповідність досліджень М. Закревського географічній та еколого-ландшафтознавчій реконструкції природного середовища м. Києва давньослов'янського періоду. Звичайно, з картографічного погляду план А. Кальнофойського є більш інформативним та насиченим, де основна увага дослідника приділяється орографії та гідрографії м. Києва та відображенню їх у вигляді позамасштабного знаку.

На відміну від карт М. Закревського, де показується загальна фізико-географічна локалізація об'єктів антропогенного ландшафту. Але не акцентуючи увагу на деяких картосеміотичних недоліках, оглядові плани та схеми стародавнього м. Києва двох географів-києвознавців є взаємодоповнюючими і змістовнішими при розгляді питань топоприв'язки ремісничих споруд міста до характерних об'єктів навколишнього природного середовища, природного та урбанізаційного ландшафтів. Домінування на схемі А. Кальнофойського метричних характеристик ремісничих споруд ур. Гончарі, Кожум'яки (ярусність, об'єм, географічна орієнтація та прив'язка) надає наочну характеристику і властивості при вивченні питання трансформації ландшафтів, на відміну від карт М. Закревського, де вони показані схематично і умовно. На сьогодні метод картографічного відображення, застосований А. Кальнофойським, впроваджений у еколого-освітніх картах м. Києва.

А. Кальнофойський вперше серед усіх дослідників довкілля м. Києва подав пояснювальну записку до карт атласу. Він зазначав, що м. Київ розвивається спіралеподібно, по колу від основних центрів: Лаври, Копирева Кінця (сучасна Львівська площа), Перевісища (сучасний Хрещатик) та Євсейкової долини (сучасна Європейська площа).

*Карти довкілля-простору м. Києва Івана Фундукля* та географічне розташування природно-антропогенних об'єктів розглядаються в загальній характеристиці огляду Києва відносно ландшафтного дослідження (рис. 4.15). Подається ґрунтовний геопросторовий аналіз рельєфу, долини малих річок та р. Дніпро. Головним картографічним твором є план Черепанової гори та панорамна карта Києва 1783 р., що укладені на базі карт А. Кальнофойського. Це передусім генеральний план Печерська з усіма особливостями ландшафтної забудови та план міської фортеці, з якої можна ідентифікувати яри та урочища.

# Планъ окрестностей Кіева.



Масштабъ 1:100,000

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 верст.

Рис. 4.15. Карта довкілля-простору м. Києва 1850 р.

За аналітичними матеріалами карт довкілля-простору міста є можливість створення карти зруйнованих ландшафтів у межах сучасної Київської агломерації. Карта подаватиме загальне уявлення про чотири містоутворюючі передмістя: Поділ, Хрещату долину, Печерськ, а також Видубичі. Окрім містоутворюючих центрів, представлені колишні урочища і селища, що в більшості були знищені при будівництві нових житлових масивів у середині ХХ ст. Такі карти відтворюють всі ландшафти Києва і матимуть пояснювальну записку до всіх природно-антропогенних об'єктів.

Наступним результатом картографічного обсерваційного аудиту природно-техногенного середовища міста Києва є карта сучасних трансформованих природних ландшафтів. Геоінформація, що подається до неї, ґрунтується на широкому обсерваційному рекогностувальному вивченні об'єктів, яке має дві складові: картографічний моніторинг ландшафтів за сучасними цифровими та паперовими географічними картами Києва та безпосереднє вивчення їх місцезнаходження, що знайшло відображення у програмі укладання карти.

Труднощі в безпосередній картографічній роботі займає створення географічної основи. Така основа створюється не лише на кварталну частину Києва, а й на всю територію підконтрольну Київської міській Раді, для того, щоб відобразити рівні екологічної безпеки територій Пущі-Водиці, Бортничів та селища Віти-Литовської (колишня Чапаєвка).

Ландшафт м. Києва є неоднорідним, його елементи та природно-територіальні комплекси (кластери) розташовані нерівномірно та мають велике географічне, топографічне та гідрографічне розгалуження. Географічна основа карти – це цифрова інформація, що формувалася шляхом безпосередньої дигіталізації гідрографічної мережі, кварталів та дорожньо-транспортної інфраструктури: мостів, шляхопроводів, підземних та наземних шляхів.

Інші об'єкти навколишнього природного середовища та міського господарства вилучені цензом та відбором як такі, що заважають адекватності зображення та перевантажують геоінформаційну базу даних. Тому на основі присутні лише контури кварталів, річок та струмків міста, а підписуванню підлягають лише адміністративні райони Києва, що збігаються з таксономічними одиницями обсерваційної моніторингової експедиції. Розроблені пунсонні умовні знаки унікальних об'єктів довкілля-простору м. Києва є точковим та квадратними, а не площадними і не позамасштабними.

Для показу головної градації елементів міського ландшафту (природний автохтонний та природний змінений промислово-антропогенний) створені художні позамасштабні умовні знаки.

Дизайнерське оформлення введеної геоінформації на географічну основу здійснюється за допомогою програми обробки векторної графіки Adobe Photoshop без залучення географічних інформаційних систем. Точність географічної відповідності задовольняється великим масштабом картографування 1 : 30 000 для центру міста та 1 : 250 000 для Київської агломерації.

Для відображення відповідних елементів ландшафту не потрібне знання високоточної координатної характеристики і введення інформації їде за адресно-номерним принципом. Для потреб обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору м. Києва має значення картографічне спотворення відстаней, що має місце при екологічному картографуванні східних експозицій Київських гір Печерська, Гончарів, Кожем'яків, Старого міста, Пирогового та Копирева Кінця. Для цього у карту вводиться інформація про рельєф місцевості, переріз та висотна шкала відстаней-прокладень. Це робиться для того, щоб рекогностувальна група мала повне уявлення про реальну відстань між елементами київського ландшафту.

Передкартографічні дослідження та роботи містять: складання ескізу карти в електронному форматі, який включає чорно-білу географічну основу території, що підпорядкована Київській міській раді, з адміністративно-територіальними межами районів міста, їх назви та назви місцевостей, що склалися історично. Для підвищення географічної наочності потовщеними лініями показується берегова та острівна лінія річки Дніпро та Десенки-Чорторій (4.16).



Рис 4.16. Ріка Десенка-Чорторій в районі о. Лупуховатий

Карти зруйнованих та сучасних ландшафтів Києва можуть використовуватися у сфері рекреаційно-туристичного та еколого-освітнього менеджменту та місцевого

екологічного краєзнавства. За ними можна виявляти закономірність трансформації ландшафту шляхом зіставлення створеної карти з технічними планами та картами генерального планування м. Києва. Використання таких карт доцільно у дослідженнях природно-техногенного потенціалу столиці України з нанесенням на основу псевдоізоліній міцності ландшафту та його сталість. У проведенні інтерполяційного аналізу місцезнаходження зниклих унікальних природних об'єктів шляхом порівняльного картографічного аналізу створеної карти та архівних схем.

Кarti відіграють все більшу роль у природоохоронній діяльності муніципальних органів влади м. Києва, як систематизовані і узагальнюючі матеріали (картографічні моделі) при моніторингу розвитку промислової індустрії та контрольованої житлової забудови, що масово набирає оберти у столиці.

#### **4.4. Інтерпретація довкілля-простору на картографічних зображеннях публічних просторів м. Києва**

Картографічні геозображення останнім часом все більше оточують людину в системі архітектурного та природного ландшафту міста. Це передусім білборди та постери із зображеними на них карто-схемах розташування гіпермаркетів з ілюстрацією найбільш зручних під'їздів до їх паркінгів, абриси планувальних територій нових житлових районів із зведеними комплексами елітного житла.

Цифрові інформаційні транспортно-логістичні вуличні дисплеї показують на оперативній електронній карті вузли щільного скупчення транспорту, туристські пришляхові плани і схеми розташування визначних пам'яток історії та культури околиці.

Вони не є продуктом науково-обґрунтованих прийомів щодо їх укладання, а є особливими просторовими моделями оточуючого середовища, які виконують функцію суспільного призначення: улаштування дороговказів, картинних планів оточуючої місцевості з метою PR-компанії унікальних географічних, історико-культурних, краєзнавчих, історико-меморіальних, сакральних та розважальних об'єктів.

Поряд із переважно практичним призначенням картографічних зображень, нерідко вони є складовими конструктивними елементами архітектурного декору приміщень чи споруди, що підкреслює функціональне призначення об'єкту. Даний вид картографічних зображень потребує класифікації, термінологічного обґрунтування, детального опису, дослідження їх дизайну та семіотики.

Зазначена наукова проблема не досліджувалася. Не акцентувалася увага до так званих «карт громадського призначення». Таж ситуація стосовно київських картографічних зображень, які утворюють цілий комплекс пам'яток декоративної картографії.

У зв'язку із скасуванням ліцензування в сфері картографічного виробництва будь-яка комерційна чи комунальна структура м. Києва може замовити картографічний навігатор. Він буде розташовуватися на найбільш привабливих із точки зору геологістики вулицях та майданах, що показуватиме місцеположення відповідних об'єктів на карті м. Києва і тематичну інформацію про діяльність, у

самих зручних системах умовних знаків із будь-якою генералізацією географічної інформації.

З'явився новий напрямок *комерційної картографії* – *вулична* або *інформаційно-довідкова картографія*. На автошляхах міста, в людних місцях, торговельних закладах та паркінгах з'являються постери, білборди, лайтбокси із картографічним зображенням частин м. Києва та представленням різноформатної тематичної інформації про столицю України. Тому є необхідністю наукового вивчення такого нового формату картографічної продукції.

*Науковим завданням* – є теоретико-методологічне і термінологічне обґрунтування громадських картографічних геозображень довкілля-простору м. Києва, як особливої категорії системи картографічних творів, їх класифікація та типізація за відповідно розробленими ознаками, дослідження просторового розподілу відповідних об'єктів на території м. Київ та подання їх детального опису відносно обсерваційного моніторингу природного середовища м. Києва.

Необхідним є термінологічне обґрунтування *картографії довкілля-простору* та її прикладного напрямку – *вуличної інтерпретаційної картографії*. Це спонукає до вивчення основних вуличних карт м. Києва, визначення їх достовірності, адекватності та можливості реального застосування, а також класифікації вуличних карт.

*Інтерпретаційна картографія довкілля-простору* – прикладний напрямок виробництва, який спеціалізується на розробці, укладанні та виданні картографічних творів на замовлення, що несуть в собі рекламно-інформаційний чи довідковий зміст про навколишнє природно-техногенне середовище (довкілля-простір).

Це інновінгова складова екологічного картоукладання, що розробляє особливі прийоми проєктування, укладання та розміщення постерних карт з урахуванням усіх можливих засобів максимальної передачі великого обсягу геопросторової інформації на географічній основі з урахуванням топографії улаштування їх на місцевості із ціллю звернення максимальної уваги з боку екотуристів.

Наведемо класифікаційну схему ранжування вуличних карт (рис. 4.17).



Рис. 4.17. Класифікація інтерпретаційних карт довкілля-простору публічних просторів

Методологія досліджень ґрунтується на проведенні полігонних обсерваційних екологічних рекогносцирувальних експедицій по виявленню, параметризації та опису визначних картоподібних моделей довкілля-простору м. Києва.

*Громадське картографічне зображення довкілля м. Києва* або *картографічне геозображення довкілля громадського призначення* – це образно-знакова просторова модель із довільною системою метричності, масштабності та зображувальних засобів і прийомів. Головним призначенням є інформативність, наочність, оглядовість, що перетворює карти у важливий засіб пізнання певної території. Громадські картографічні зображення довкілля-простору класифікуються за наступними критеріями: призначенням і використанням, змістом, територією, способами укладання, різновидами, місцерозміщенням, матеріалом виготовлення.

За призначенням практично всі громадські картографічні зображення довкілля-простору є довідкові, рідше науково-двідкові та прикладні. При цьому ступені інформаційного навантаження карти, наочність, способи зображення явищ і об'єктів залежать від розмірів картографічного зображення, а не масштабу. Чим більше метричні параметри карти, тим вища та щільніша геоінформаційна місткість зображення.

За змістом картографічні зображення довкілля-простору поділяються на: *рекламно-інформаційні*, *туристські*, *загально-географічні* та *еколого-краєзнавчі*. Територія охоплення різна – від зображення країн Світу, що зустрічається рідко і розміщуються на фасадах та вікнах туристичних агенцій подорожей. Серед них домінують великомасштабні зображення, насамперед території парків, природних та

історико-культурних заповідників, екологічних стежок. Вони переважають в системі громадських геозображень.

Способи підготовки, укладання та виготовлення геозображень різноманітні, залежно від типу: *рукописні (вітражна карта), дрібноскляні (дрібнокам'яна карта-мозаїка), паперова карта*, що виготовлена із залученням комп'ютерної поліграфічної техніки.

Різновиди картографічних геозображень довкілля громадського призначення наступні: *глобулярні, постерно-бігбордні, карти-мозаїки та декоративно-оздоблювальні карти-вітражі, аерофотозображення – ортофотоплани, дисплейні (неонно-електричні), паперові фрагменти плану міста*.

Відповідні географічні об'єкти розміщуються переважно на узбіччі автобанів, на стінах споруд та мурах, на перехресті транспортно-логістичних артерій, при в'їздах до населених пунктів або визначних місць, в вестибюлях та фойє наземних та підземних споруд. Їх можна прокласифікувати наступним чином: місцерозташування на земній поверхні та приміщеннях. Матеріалами виготовлення є: кольорове скло (мозаїка), каміння, глянцевий папір, оргскло.

Розглянемо визначні та типові громадські картографічні зображення довкілля-простору м. Київ по *категоріям: глобуси, карти, плани, абриси*. На території м. Київ функціонує розгалужена мережа системи тимчасових та постійних громадських картографічних зображень, що демонструють трансформацію навколишнього природного середовища (довкілля-простір).

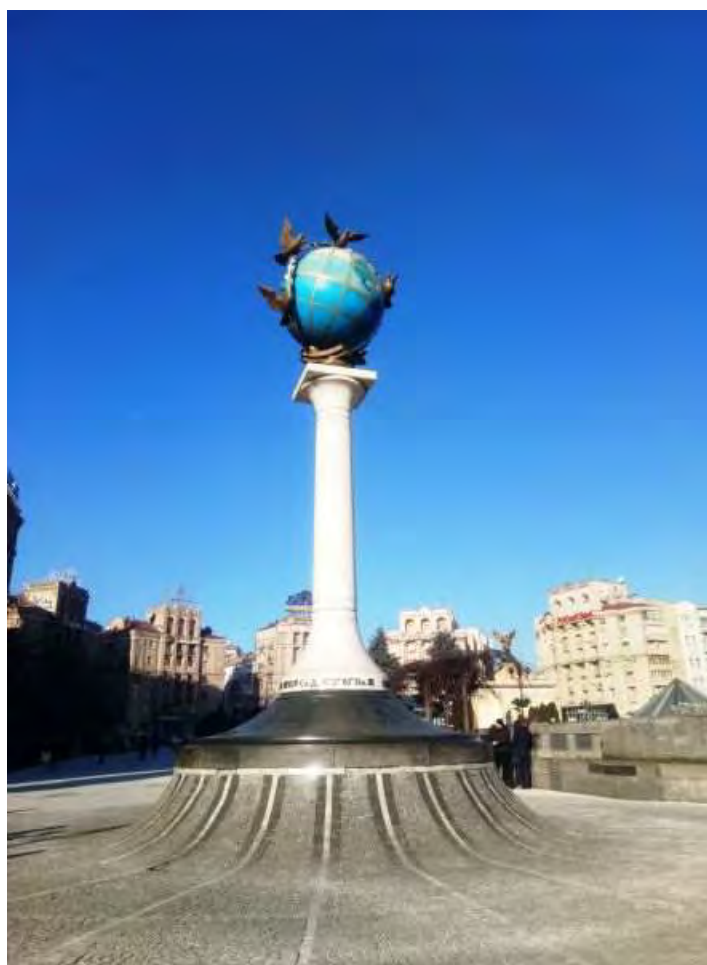


Рис. 4.18. Нульовий кілометр м. Києва – картографічний глобулярний знак довкілля-простору Землі

Найвідомішим і найвпізнаванішим є глобулярне картографічне зображення планети на колонні центру початку ліку відстаней (знак Міжнародного поштового союзу – «нульовий кілометр Києва»), що навпроти Головного поштамту на Майдані Незалежності. Діаметр моделі земної кулі – 85 см, масштаб 1 : 35 000 000 (рис. 4.18). Глобус має відповідний до нахилу земної вісі до площини Екліптики кут у  $23^{1/2}$  градуси та обертається проти годинникової стрілки із швидкістю обертання Землі навколо своєї вісі за  $23^h 56^m$ . На поверхні глобусу присутня градусна сітка із паралелями 0, 30, 60 градусів відповідно Північної та Південної широти та меридіанами  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$  відповідно Західної та Східної довготи. Позначені вони товстими жовтими кольоровими смугами. Способом ареалів (коричневим кольором) показані континенти. На перетині координатних ліній  $\varphi = 50^\circ$  та  $\lambda = 30^\circ$  пунсоном визначено географічне положення міста Київ та подана його назва великими літерами. В нічний період доби глобус підсвічується внутрішньою ілюмінацією. Знак встановлений влітку 2001 року.

На території Міжрегіональної академії управління персоналом (МАУП), біля Президентського університету у 2001 р. встановлений глобус, як об'ємне тривимірне зображення Землі. На відміну від глобусу, що знаходиться в центрі міста, він позбавлений геодезичних дат та параметрів, але в інших показниках він повністю відповідає категорії глобулярних картографічних творів: щільна сітка паралелей та меридіанів, акваторія Світового океану, контури материків та країн, що на них розташовуються. Особливість відповідного картографічного твору полягає в тому, що якісним фоном показані країни, де відповідний заклад вищої освіти має свої філії. Тобто, глобус є тематичним. В середині глобусу вмонтована аббревіатура із перших літер скороченої назви закладу – МАУП. Діаметр кулі – біля полуметра. Орієнтовний масштаб 1 : 20 000 000. Інший відповідний глобулярний аналог на території міста є на території торговельно-економічного університету.

Унікальними є і картографічні (планові) зображення. При в'їзді до міста з Одеського напрямку (проспект академіка Глушкова) з правого узбіччя всередині минулого сторіччя на честь 1500-річчя міста Києва встановлена стілобатна кам'яна карта-мозаїка із показом розміщення головних природних ландшафтів м. Київ. Розмір споруди 3 x 2 м. Прагматика умовних знаків є натуралістично-картиною. Орієнтовний масштаб зображення 1 : 10 000.

На території Національного виставкового центру «Експоцентр України» встановлений у 2008 р. перспективний аерофотоплан території НВЦ. Розміри постеру 3 x 5 м. На плані біля кожної споруди позначений порядковий номер із відповідною текстовою інтерпретацією призначення у легенді. Орієнтовний масштаб 1 : 50 000, висота фотографіметричної зйомки – 250 м. На плані показана власне територія виставкового центру та значна частина Національного природного парку «Голосіївський». На головній алеї комплексу у 2005 р. встановлена постерна карта політико-адміністративного устрою України із представленням якісним фоном регіонів України. Розміри зображення 3 x 2 м., орієнтовний масштаб 1 : 1 200 000.

Відповідна карта має також ознаки тематично-спеціалізованої – на ній зображені основні промислові підприємства – донори Державного бюджету України.

Карти-схеми довкілля-простору по місту Києву присутні скрізь: у парках відпочинку, на територіях природних заказників (природно-заповідного фонду), меморіальних місцях, цвинтарях, монастирях, технополісах (рис. 4.19).

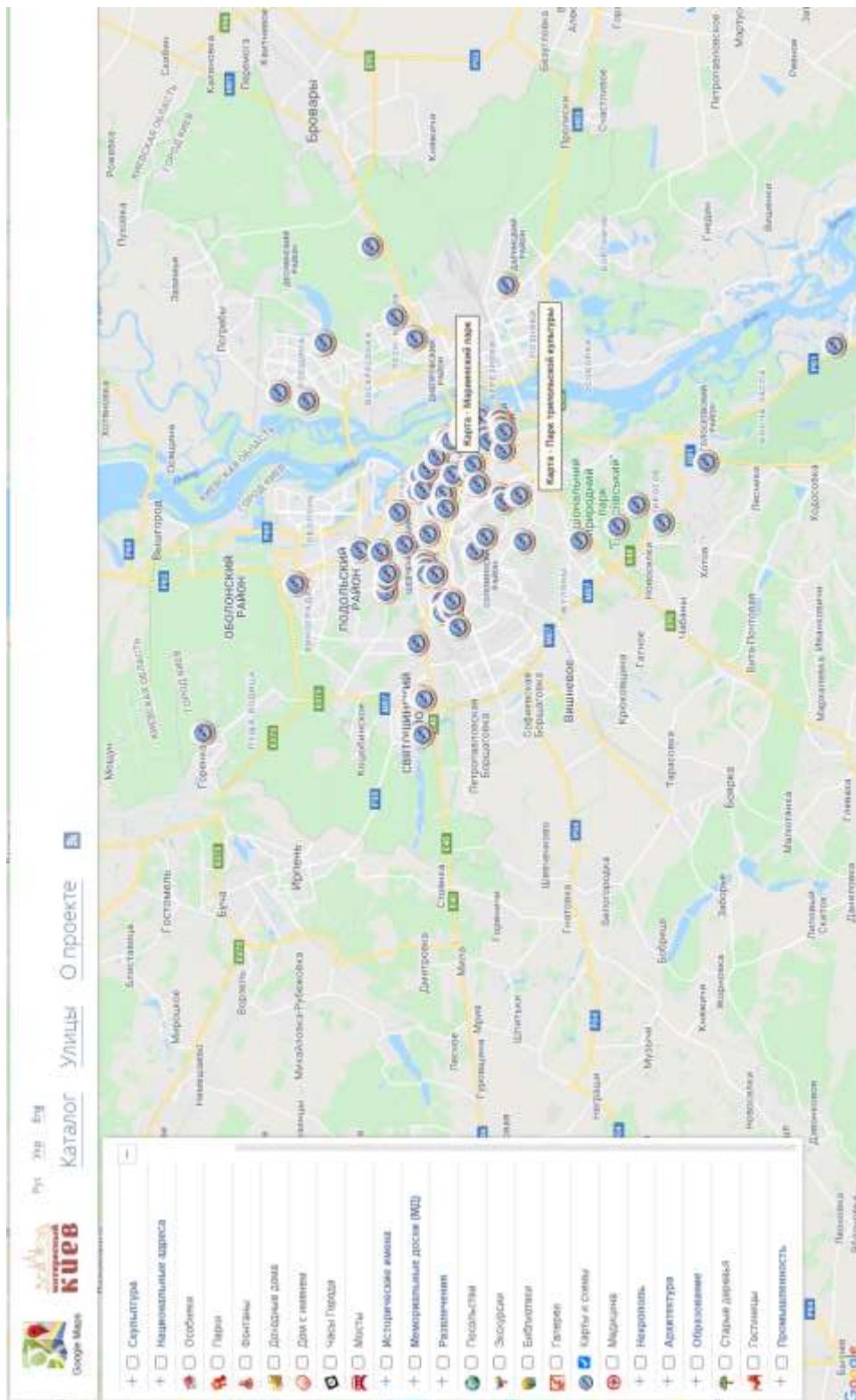


Рис. 4.19. Карта громадських (інформаційно-довідкових) карт м. Києва

До особливо цікавих, з точки зору екологічної картографії м. Києва відносяться: картосхеми території МАУП із планом Трипільського парку із унікальною бібліотекою умовних знаків монументів цієї праслов'янської цивілізації у масштабі 1 : 500 (Фрометівський пров.), плани Києво-Печерської Лаври (вул. Близньопечерна, Лаврський пров.) у відповідних масштабах 1 : 500 та 1 : 300. Система умовних знаків є комбінованою: пунсони та натуралістичні знаки. Враховуючи їх панорамність, розрахований вертикальний масштаб зображень. Він становить 1 : 10. Карти-транспоранти можна знайти на мурах Михайлівського Золотоверхого монастиря, що присвячені географії депортацій, голодоморам та політичним репресіям в СРСР у 20-х – 30-х рр. ХХ ст. Вони встановлені влітку 1998 р. Українським Гельсинським Союзом. Представлена серія із 5 карт у масштабі 1 : 20 000 000 у розмірах 30 x 70 см, Картографічний банк даних умовних знаків представлений картинними позначками. Територія картографування представлена просторами СРСР у кордонах до 1939 р.

Подібні ландшафтні карти вміщені у 1992 р. також на мурах Національного заповідника "Київська фортеця" із зображенням стародавніх культових та військово-оборонних мурів Києва, літописних струмків, озер та ставків, таких як Сетомль, Киянка, Скоморох. За типом ці карти відносяться до пропагандистських картографічних творів (рис. 4.20).



Рис. 4.20. Стінна карта довкілля Києва VI-XIX ст. на мурі Київської фортеці

*Технічні та інформаційні (тимчасові) карти-постери* встановлюються біля майданчиків зведення великих суспільно-значущих споруд та конструкцій. Вони виконують функцію інформування населення про зміни оточуючого середовища після завершення робіт. Унікальне картографічне зображення є на Трухановому

острові біля озера Бабиного і має назву «Будівництво Подільсько-Воскресенського мостового переходу» у поздовжньому масштабі 1 : 700 та вертикальному 1 : 50. Розмір плакату 2 x 2 м. На ньому показаний стан оточуючої території до 2021 р.

Відповідні схеми улаштовуються під час реконструкцій міських шляхопроводів, а також будівництва великих житлових масивів.

*Фасадні картографічні зображення.* На стіні нижнього корпусу готелю «Мир» (Голосіївська площа) встановлена світодіодна карта Світу з параметрами 1,5 x 1 м у масштабі 1 : 20 000 000. Зображення контурно повторює рівновелику пряму псевдоциліндричну картографічну проєкцію Мольвейде-Гуда з розривами за океанами. Основним елементом картографічного зображення є материки, які позначені жовтим кольором. Зображення виконує декоративно-оздоблювальну роль і прикрашає архітектурний цоколь муру споруди. Унікальними є картоподібні зображення в вестибюлях та фойє наземних та підземних споруд міста.

В торці вестибюля станції метрополітену «Поштова площа» Оболонсько-Теремківської лінії на всю стіну 7 x 4 м. викладена мозаїчна карта м. Києва в масштабі 1 : 75 000. Семіотика зображення є специфічною: картинні умовні знаки архітектурних пам'яток, мостів та будівель кореспондуються із центральним умовно-схематичним зображенням головної артерії міста Дніпра-Славутича з демонстрацією умовної топографії. Розміщення споруд відповідає дійсному взаємному розташуванню відповідних еколого-географічних об'єктів. Карта є прикрасою станції.

До відповідних *декорно-оздоблювальних картозображень* можна віднести наступні твори. Вітраж карти фізичної поверхні, що складається із двох частин (ефект вікна) в рекреації третього поверху будівлі географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка в рівновеликій прямій псевдоциліндричній картографічній проєкції Мольвейде (улаштована у 2005 р.). Карта-картина Києва (вул. Тимошенка, 2 на Оболоні). Годинник-карта України в вестибюлі Українського Дому. Карта-мозаїка із марок Укрпошти в фойє Головного поштамту.

До *оперативних картографічних зображень техногенного довкілля-простору* відносяться електронні карти-дисплеї, що демонструють транспортні затори (пл. Слави), неонна карта-схема руху потягів (готель «Експрес»), карта-схема навігації на Дніпрі в масштабі 1 : 1 000 000 (розмір 1 x 4 м) в залі очікувань Київського річкового вокзалу. Ця карта є історичною – показані пристані, які вже не існують, але все це є унікальним матеріалом вивчення історії навігації по Дніпру. Карта датована 1950 р.

*Карти ландшафтних парків культури та відпочинку природно-заповідного фонду м. Києва.* Біля основних проходів головних паркових зон міста розміщуються постери із нанесеними екостежками та визначними архітектурними пам'ятками на їх території. Найбільш відомим є Феофанійський ландшафтний парк (рис. 4.21).

На картосхемі показана безпосередньо зелена зона парку, вулично-дорожня мережа із підписами основних проїздів і вулиць, гідрографічні об'єкти. Різними кольорами передана класифікація споруд забудови: від культової до адміністративної. Поряд із кожним об'єктом подається підпис із назвою споруди. Існує і інший, оновлений варіант постеру (2020 р.), де об'єкти культової



градація будинків на за функціональним призначенням. Представлена експлікація забудованої території.



Рис. 4.22. Пам'ятний знак «Витік р. Либідь»

Відповідний тип вуличних карт докільця-простору поряд із топографічною ситуацією надає інформаційно-довідкову інформацію про парк, відповідальну особу та телефон, за яким з ним можна зв'язатися, надається інформація про замовника, упорядника парку та виконавців – відповідальних осіб за санітарно-технічний стан територій.

*Навігаційні плани.* Надають детальну геоінформацію про проїзди, автошляхи, паркінги, АЗС, СТО та іншу розгалужену інформацію про транспортну інфраструктуру території.

Проаналізуємо один із них. На схемі НТУУ «КПІ» показані напрямки допустимого руху транспортних засобів територією університету та паркінги, зелена паркова зона закладу, гуртожитки та житлові будинки навколишніх масивів. Нанесена соціально-розважальна інфраструктура: бібліотека, центр культури та мистецтв, проведена експлікація забудованої території. Традиційним також є кольорова диференціація службової специфіки використання будинків містечка. За таким змістовним навантаженням укладена схема будівництва Подільсько-Воскресенського мостового переходу (рис. 4.23).



Рис. 4.23. План-схема та пікетажний журнал будівництва Подільсько-Воскресенського (Турецького мосту) м. Києва

*Еколого-туристські картосхеми.* Розташовуються на мурах пам'яток культового і історико-культурного призначення, переважно при вході до національних історико-культурних заповідників, якими є Національний Києво-Печерський історико-культурний заповідник і Національний заповідник «Софія Київська».

*Плани території закладу.* Розташовуються при в'їзді до медичних закладів міста вузької спеціалізації. Карта-постер містить топографічну інформацію, дорожньо-логістичну мережу, натуралістичне представлення розміщення культових споруд та інших будівель, експлікацію та фотозображення відповідних споруд.

*Карти-білборди.* Стали найбільш популярні в останні роки у зв'язку із масштабним будівельним бумом 2000-2020 рр., коли столиця України почала позбуватися провінційного урболандшафту із будинками середньої вистоності та застарілим жилово-комунальним фондом. Почали зводитися величезні та помпезні житлові комплекси новітньої архітектури. За периметрами будівництва розміщуються постери-карти зі 3-D та плановим положенням житлового комплексу.

Є карти, де надається еколого-географічна інформація про різні часові періоди розвитку територіальної організації громади, влади та суспільства даної території. Зустрічаються карти проєктів ландшафтного дизайну розвитку території та інша інформаційно-довідкова база даних та контактні номери телефонів. Даний тип вуличних карт є тимчасовим, що виставляються лише на час будівництва комплексу, на відміну від карт-заповідників чи парків.

Подібно до інших вуличних карт, в них присутня експлікація будівель території, зелена зона та схеми проїздів.

У цілому вуличні карти є наочними, генералізованими та інформативними, що укладені у переважній більшості за результатами космічного зондування м. Києва. За результатами польових досліджень на початку 2020 р.

Підрахована приблизна кількість вуличних карт – біля 200. Їх географія та районий розподіл за визначеною типізацією презентовані на карті (рис. 4.24).

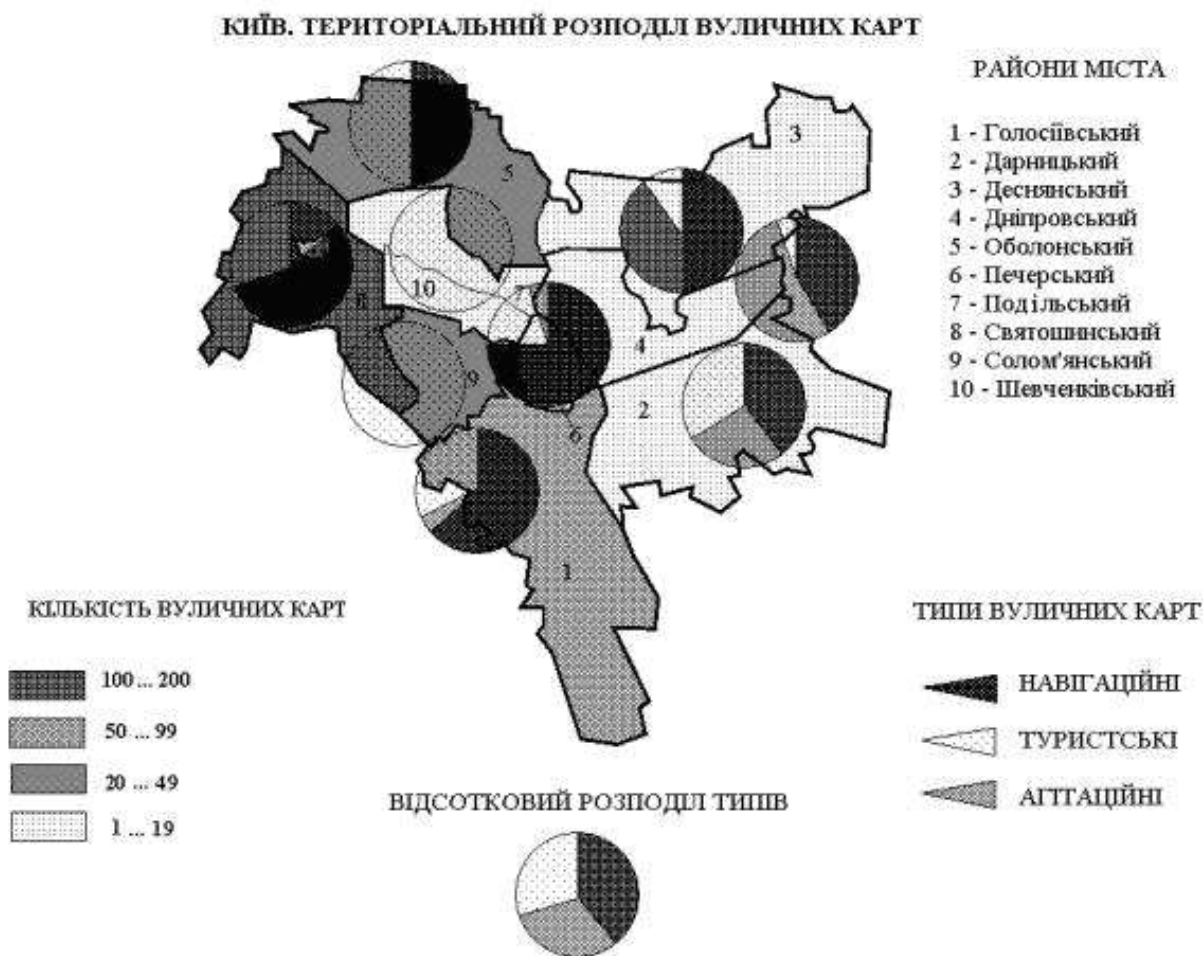


Рис. 4.24. Геопросторовий розподіл обсерваційних карт довкілля-простору в публічних просторах

Мережа громадських картографічних зображень довкілля-простору в м. Києві почала розвиватися фактично із 1982 року. Багато з них – дуже застарілі, але переважна більшість з них – пам'ятки історії міської картографії. Вони є окремими картографічними творами із своєю, притаманною лише ним, картоукладацькою культурою, семіотикою, методикою побудови.

Наявність цих карт в місті полегшує орієнтацією з будь-яких питань суспільного життя і є важливими документами у дослідженнях та обсерваційному моніторингу довкілля та комплексному картосеміотичному вивченні трансформації екології довкілля-простору на відповідних специфічних картоподібних зображень території міста Київ з точки зору.

У більшості районів м. Києва домінують навігаційні вуличні карти. Найбільша їх кількість (еколого-туристських карт) є у Подільському та Шевченківському районах. Природоохоронні вуличні карти складають ще незначну кількість з усієї кількості карт довкілля-простору у місті.

#### 4.5. Екологічний моніторинг та екологічна безпека рекреаційного природокористування дніпровських островів міста Києва

Регіональний ландшафтний парк «Дніпровські острови» (далі – РЛП) площею 1 214,99 га створений рішенням Київської міської Ради від 23 грудня 2004 р. в межах Голосіївського, Деснянського, Дніпровського, Оболонського та Печерського районів міста [37]. РЛП територіально межує з державним заказником «Жуків острів», біосферним заказником «Озеро Вербне», басейну р. Почайна, Голосіївським національним природним парком. До структури території парку входять суходільні й акваторіальні простори. Водні ресурси представлені Північною межею Канівського водосховища, яке географічно проходить за греблею Київської гідроелектростанції (далі – ГЕС), і гідронімами заток, проток і гирл (з Півночі на Південь): судноплавний канал Київської ГЕС, Старосільський рукав (Річище), затоки Журавель, Лукове, гирло р. Десна, Доманя (Десенка), Собаче Гирло, Оболонь, Наталка, Десенка, Гавань (Притика), Матвіївська губа та затока Довбичка, протоки Русанівська, Венеціанська та Щуча, Русанівський канал і затоки Південної частини РЛП (Видубицька, Берківщина, Дніпровська, Синятин, Будіндустрії, Миколайчик, Галерна, Підкова, Млинове та Старик).

Суходіл РЛП являє собою 41 об'єкт: плесові острови й острови з лісовими масивами, півострови та прилеглі території заплави Дніпра та його притоків (з Півночі на Південь), острови Васильківський, Пташиний, Великий, Крайній, Лордовський, Муромець, Оболонський (Катін), Собачий (Псів), Уткін, Лопуховатий (Ольгин), Міжмостний (Михайлівський, Качиний, Лелековий, Деснянський), Труханів із півостровом Лісовим, Рибальський півострів, острови Долобецький, Венеціанський (Передмостова Слобідка), Гідропарк (Малий), Русанівський, Малий, Штучний, Великий, Супутник, Лиска, Жуків, півострів Водників, острови Козачий, Проміжний та Ольжин.

До гідрографічної мережі РЛП входить ще до 30 безіменних островів природного та техногенного походження (створені внаслідок роботи гідронамивних агрегатів і острів-фортеця з розташуванням девіаційної башти, яка використовується для перевірки роботи компасів суден із GPS-координатами: 50°21'50" N, 30°34'40" E). Оглядовий ортофотоплан РЛП «Дніпровські острови» представлений на рис. 4.25.



Актуальність дослідження ґрунтується на необхідності комплексного екологічного моніторингу РЛП, флори та фауни островів, забруднення водних просторів, організації рекреаційної діяльності на території. Сьогодні цікавість до РЛП підсилює громадський розголос щодо можливої приватної забудови території Труханового острова, антропогенного впливу на біоту РЛП під час будівництва Подільсько-Воскресенського мостового переходу, що набуло форм довгобуду (із грудня 2003 р. забита перша демонстраційна паля опори мосту в районі Прибабиного озера). Потребують вирішення питання створення рекреологічного кадастру територій і акваторій РЛП, їх утримання та захисту; визначення рівня еколого-рекреаційного потенціалу парку для залучення інвестицій на його розвиток, організації екологічних квестів, флешмобів і екофестивалів.

У науковій літературі інформація про РЛП «Дніпровські острови» висвітлюється мало. В інтернет-публікаціях значна увага приділяється можливому приєднанню РЛП до Голосіївського національного природного парку. Але такий юридичний акт є передчасним, адже надзвичайно різні складники заповідання представлені у відповідних одиницях природно-заповідного фонду м. Києва. Голосіївський НПП це здебільшого лісові масиви, «Дніпровські острови» – водні простори зі значною частиною незайманих острівних територій.

Історична гідролого-екологічна інформація щодо дніпровських островів висвітлена в монографії І. Парнікози «Київські острови та прибережні урочища на Дніпрі – погляд крізь віки». Аналіз попередніх публікацій виявив, що в еколого-географічних дослідженнях дніпровських островів у районі м. Києва недостатньо вивчені природна характеристика долини р. Дніпро, історія дніпровських островів, урочища з точки зору ботаніки, орнітології, не запропоновані шляхи оптимізації довкілля долини р. Дніпро в районі м. Києва.

Незважаючи на мальовничість ландшафтів парку, не сформована і технологічно не обґрунтована його еколого-рекреаційна інфраструктура. Потребують вивчення основні фізико-географічні й еколого-ландшафтні характеристики РЛП методами дистанційного зондування, аналізу архівних і сучасних географічних та топографічних карт території парку, проведення рекогностувальних еколого-моніторингових експедицій для уточнення еколого-біологічних і бальнеологічних даних для прокладання екологічних маршрутів (екостежок) територією й акваторією парку, укладання еколого-рекреаційних картосхем, оптимізації освітньо-екологічної роботи в РЛП, а також картографічного обґрунтування планування території парку та мережі обмеженого транспортного забезпечення [16].

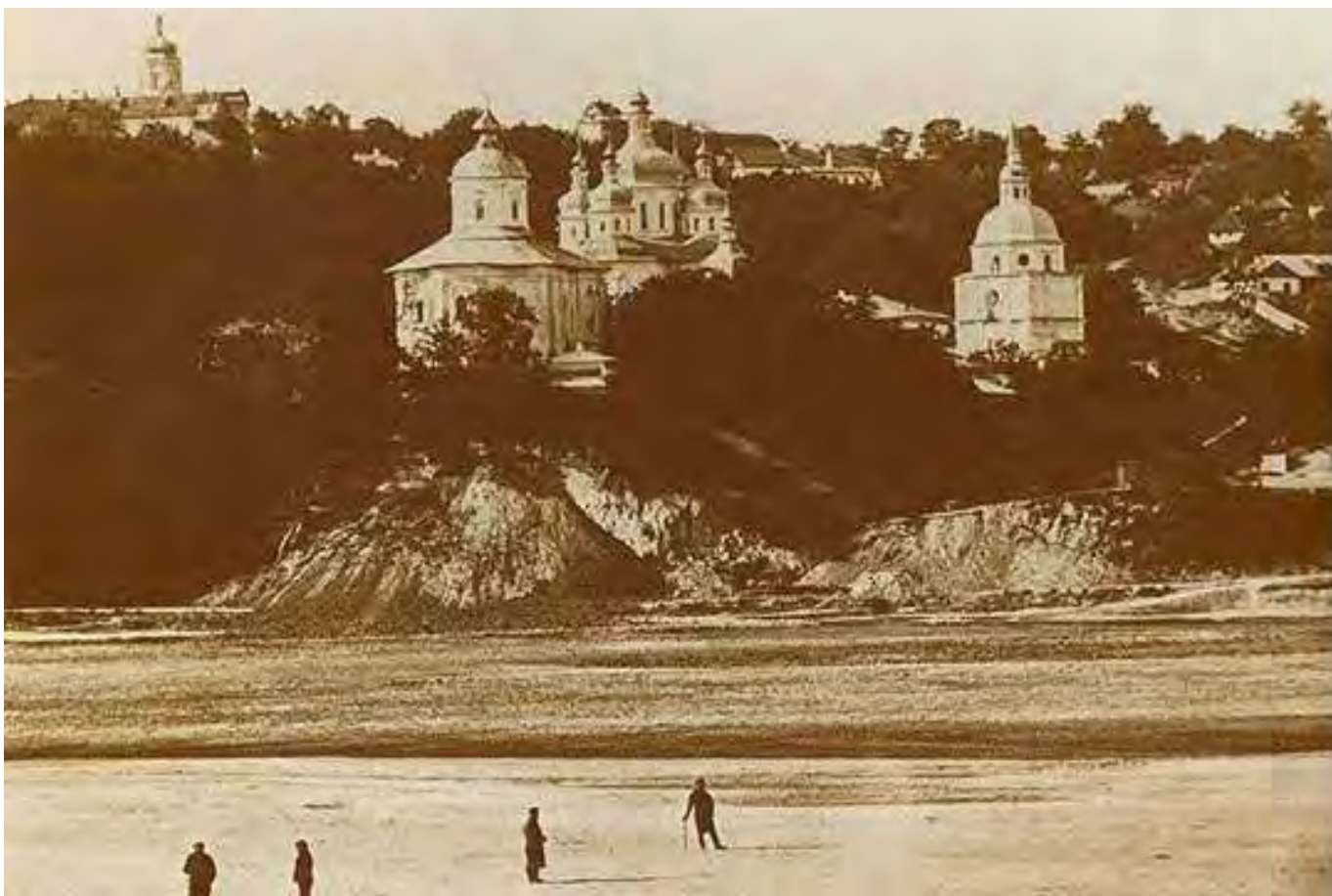


Рис. 4.26. Світлина пересохлого русла р. Дніпро у 1901 р.

Не вирішеною залишається проблема методологічного та загально-наукового обґрунтування еколого-просвітницького простору дніпровських островів, рекреацій та їх інтерпретації, дослідження та розробки картографічного проєкту організації еколого-рекреаційної діяльності в РЛП з урахуванням еколого-географічних, соціально-економічних та історико-культурних чинників. Використані наступні методи дослідження: експедиційний, описово-географічний (опис нових ортофотопланів) і картографічний (моделювання даних) у середовищі геоінформаційної системи (далі – ГІС).

В акваторії Канівського водосховища м. Києва триває природний процес утворення островів, що не є екологічною катастрофою і не відповідає масовій інформації про обміління Дніпра. Це твердження спростовується звичайними фотографічними порівняннями водних просторів між мостами Метро та Є.О. Патона період 50-70 рр. ХХ ст. із сьогоденням. Дослідженнями доведено, що тоді площі плесових замілин були надзвичайно більші за теперішні, а берег Труханового острова середини ХХ ст. глибше впирається до водної артерії, ніж за теперішнього стану (рис. 4.27, 4.28).

Є інформація, що р. Дніпро має періодичні гідрологічні феномени щодо повного висихання русла. Так, 1901 р. в Україні були дуже спекотні весна і літо, кілька місяців не було жодних опадів, постраждали врожаї, обмілили річки й озера, а в Києві русло Дніпра цілком персохле. Внаслідок цих природних катаклізмів навіть дно Дніпра місцями потріскалося і було настільки рівним, що там влаштувалися

перегони диліжансів, а деякі велосипедисти навіть організовували велозабіг «Київ – Канів». Російський уряд намагався поглибити русло, але й там, на глибині, води не було. Подивитися на висохлу річку приїзжали фахівці із сусідніх країн. Залишилися фотографії пересохлого Дніпра проти Видубицького монастиря. Були й аномалії з надзвичайними повенями, про що збереглися пам'ятні знаки на Подолі та Трухановому острові та на опорах київських мостів (рис. 4.26).



А

Б

Рис. 4.27. Фото еволюції берегової лінії Труханового острова РЛП «Дніпровські острови»: А – 1957 р., Б – 2013 р.



А

Б

Рис. 4.28. Фото еволюції плесової зони Венеціанського острова (Передмостова Слобода) РЛП «Дніпровські острови»: А – 1970 р., Б – 2015 р.

Для запобігання надзвичайним ситуаціям розробляються різні картографічні і проєктні пропозиції щодо розвитку Труханового острова, які висвітлені у статті «Живого журналу» (англ. – Livejournal) сайту «Захоплюючий Київ». Еколого-рекреаційні складники острова – у публікації Д. Белова «Труханов остров: лесная чаща в самом сердце Киева» з картою-схемою розташування об'єктів релаксації на території Дніпровського парку культури та відпочинку (назва частини РЛП до

середини 2000-х рр.). Наукове дослідження РЛП «Дніпровські острови» проводилося за напрямками, зазначеними на рис. 4.29.



Рис. 4.29. Алгоритм наукових досліджень

Відповідно до карти на рис. 4.25, поділяємо територіально-акваторіальний простір РЛП на ареали екологічного моніторингу визначених зон. Перша зона екологічного моніторингу – острови Труханів, Муромець, Великий і маленькі острови біля них. Другий центр природно-рекреаційного моніторингу РЛП – острови Долобецький і Венеціанський (Передмостова Слобода), третій – острів Жуків, четвертий – малі і безіменні острови та мілини [15].

*Острів Великий* розташований біля дамби Київської ГЕС, є природно-антропогенним утворенням, що виникло внаслідок зарегулювання Київського моря. Острів є піщаним, витягнутим у вигляді підкови в напрямку течії р. Дніпро. Внутрішня «підкова» острова омивається затокою Журавель, 80 % території острова представлено чагарниками та широколистяними посадками, у Південно-Східній його частині розміщується селище дачних ділянок. Навколишні води острова мешканці використовують у рибальській справі. Єдиним джерелом забруднення вод острова є водна станція, теплоходи та приватні яхти, що проходять уздовж острова.

Острів має надзвичайно високий рівень освітньо-екологічного та рекреаційного потенціалу. Це зумовлено тим, що з його Північної частини відкривається пряма видимість на першу станцію гідротехнічного каскаду дніпровських ГЕС – Київську гідроелектростанцію. Із цієї ділянки проглядаються шлюзи, судноплавний канал і релігійна перлина м. Вишгорода – церква Св. Бориса та Гліба. Облаштування відповідного майданчика дасть можливість створити так звану «view point» для популярних зараз селфі-сесій. Купальний напрям на острові в його Північній і Північно-Східній частинах є небезпечним та забороненим, що

пов'язано з роботою гідровузла та дніпровської водогінної станції. Що стосується еколого-техногенної безпеки України та м. Києва, цей острів має військово-стратегічний статус.

*Труханів острів* є найбільшим островом РЛП «Дніпровські острови» (назва пов'язана з ханом Тугурханом). Острів виник за часів Середньовіччя. Відомо, що судохідна частина тогочасного Дніпра проходила за руслом сучасної Матвіївської затоки та губи. На Схід від півострова Лісового (Південно-Східна частина Труханового острова) у давнину була дельта р. Десна, що складалася із власне Труханового, тоді ще Долобецького, та Венеціанського (Передмостова Слобода) островів. Із побудовою дамби в Північній частині сучасної Десенки-Чорторій р. Десна стала впадати в р. Дніпро в районі сучасного о. Великий.

Труханів острів складається з Північної частини – Муромця, на якому розташований орнітологічний заказник «Урочище Бобрівня» (острів також відомий великою кількістю бобрів і побудованими ними системами дамб на однойменній р. Бобрівня) й острова Крайній, що примикає до Муромця із Заходу. У центральній частині ур. Муромець розташований парк Чорторій із радіальною системою паркових алей і колоподібною клумбою, що оформляється АТ «Київзеленбуд» щороку із квітня по вересень. На зазначеній території також є болотні угіддя – менше 5 % від загальної площі. Поряд із болотом на Схід локалізовано озеро Хробак. На острові Муромець розташований піщаний кар'єр на місці прориву труб земленасосів.

Площа лісів урочища сягає 70 %. На цій території розташовані: оз. Стара Річка в ур. Калинівка й озера Кільнище та Мале Кільнище в степовій частині урочища, що становить 30% площі загальної території. Труханів острів перетинають два мости: Північний та Північний залізничний, від кам'яної набережної пагорбів був перекинутий пішохідний Парковий міст. Будується двоярусний Подільсько-Воскресенський автотролейбусний міст (народна назва – Турецький міст). Острів відомий такими розважально-рекреаційними зонами, як: спортивна конферма, нічний клуб “The Most Open Air”, водний екстрим-парк із мінігольфом в ур. Чорторій, футбольне поле ФК «Троєщина», кордодром. Тут розташовано багато баз відпочинку: «Чайка» на березі протоки Десенки, «Космополіт».

У вузькій частині між річищами Дніпра та Десенки в районі залізничного моста позначено місце катастрофи мотопароплана (8 червня 2012 р.). Територія Труханова острова поділяється на два підковоподібних півострови – Західний (між річищем Дніпра та Матвіївською затокою) та Лісовий (між Матвіївською затокою та р. Десенка-Чорторій). Півострів Західний забудований одно-, двоповерховими будинками спортивних баз і навчально-спортивних комплексів. РЛП «Дніпровські острови» Труханів острів має значний природно-рекреаційний потенціал.

Другим за потенціалом, але найбільш залученим до еколого-рекреаційної діяльності є о. Передмостова Слобода (Гідропарк) разом з о. Долобецький, на який перекинутий арковий парковий міст. Інші острови не матимуть найближчим часом економічної перспективи щодо (рентабельності) для еколого-рекреаційних інвестицій. Це є наслідком віддаленості від центру та слоборозвиненої системи роботи річкового транспорту, що перебуває в занепаді останні двадцять років. Отже, моделювання еколого-рекреаційного потенціалу необхідно проводити на південній

території Труханового острова, який буде експериментальним полігоном при проведенні аналогічних досліджень на інших слабо рекреаційованих островах РЛП «Дніпровські острови».

Велике значення урочищ островів мають при формуванні теплофізичного поля міста через вплив на вегетативні, фенологічні та кліматичні процеси. Зелені зони островів входять до зеленого поясу м. Києва, акумулюють й абсорбують усі патогенні викиди в атмосферу, суттєво впливають на термічне регулювання повітряних мас у холодні та спекотні сезони.

Для визначення рівня, якого сягає температура акваторій і територій дніпровських островів протягом спекотної погоди, були використані термальні знімки з космічного супутника "Landsat-8". Спеціалізовані розвідки здійснено Центром аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України. Виявилося, що середня приземна температура поверхні островів становить + 22,3 °С, коли на Майдані Незалежності вона сягає + 55,6° С. Зелені зони Труханового острова є терморегулятором міського клімату. Досліджені середньолітні температури для вивчення ролі зелених насаджень у РЛП та відсоток їх озеленення. Відсоток озеленення розраховується за знімками з високою просторовою роздільною здатністю із супутника "WorldView-2".

Дослідженню підлягають також райони приватного сектора Русанівських садів, оскільки в них відсоток озеленення регулюється власниками ділянок і є переважно високим. За даними моніторингу, середня температура становить +20°С – +25°С у районі оз. Бабиного. На забудованих територіях Оболоні, що прилягають до Дніпра, – на рівні > + 40° С. Взимку відповідний градієнт температури знижується в напрямку островів Труханів, Муромець, Долобецький і концентрує сумарний показник холоду над дніпровською акваторією міста.

Перевірка цих даних здійснювалася за спектральними індексами спектрограм листя дерев. Оцінка екологічних умов їхнього росту на дніпровських островах визначена на окремих ділянках о. Гідропарк (Передмостова слобідка) та в акваторії затоки Вовкувата в залежності від нагрівання фізичної поверхні та кореляції вегетації і температурного регулювання.

На вегетацію дерев дніпровських островів у районі м. Київ впливає і температура водної поверхні на всіх рівневих зрізах глибин. Дані супутника «Landsat-8» та результати їх обробки дозволяють оцінювати теплофізичний стан, який протягом року зазнає значних коливань. Більш сталою температура є в руслі р. Дніпро, мінлива – у Венеціанській протоці та особливо в затоках у районі Оболоні.

Найбільші відмінності між температурними умовами в річищі Дніпра та в Десні-Чорторій спостерігаються в другій половині липня – першій половині серпня, коли температура води найвища і найбільше рівня евтрофікації. Униз від Київської ГЕС за течією температура води поступово зростає: частково завдяки прогріванню на значних мілинах, частково – завдяки впливу Десни, температура в якій улітку вища, ніж у Дніпрі. У літній період найтеплішою є вода в затоках Дніпра Оболоні: Наталці, Собачому Гирлі та Луковому (Верблюді).

Стан каламутності води в районі дніпровських островів досліджується за моніторинговими пунктами в районі о. Великий, о. Венеціанський, урочищ Гідропарк, Нижня Теличка, Нижні Осокорки. Цей показник також залежить від

теплофізичних інтегральних показників повітря, води та суходолу дніпровських островів.

Доведено, що відсоток зелених насаджень впливає на конвекцію техногенного повітря м. Києва. Вони перешкоджають надмірному охолодженню взимку та перегріванню влітку, формуючи річкові бризові вітри уздовж берегової лінії лівого берега та висот Правобережжя.

Оскільки кліматичні і особливо температурні показники є домінуючими для організації курортно-рекреаційних зон, то моделювання екологічного та природно-рекреаційного потенціалу території Труханового острова проводиться за результатами еколого-краєзнавчих географічних експедицій із визначення географічних координат цікавих та унікальних об'єктів довкілля, визначення їхньої при-вабливості за п'ятибальною системою перцепційності. Протягом 2016-2020 рр. проведено відповідні екологічні рекогносцивальні роботи.

Роботи екологічних польових рекогносцивальних експедицій виконували наступними етапами: у геоінформаційній системі на ортофотоплані площа південної частини Труханового острова була розбита на регулярну (реляційну) сітку кроком 100 на 100 метрів, у вузлах якої за допомогою GPS-програми для Android (GPS Status Pro) визначені три координатні показники – географічна широта, довгота та висота. Потім галсами пройдені маршрутні коридори. За нерегулярною сіткою зібраний координований банк даних унікальних об'єктів природи. Після формування еколого-географічної бази даних аналітично визначається природно-рекреаційний потенціал Південної частини Труханового острова. Він є високим.

За результатами аналізу географічної бази даних об'єктів природно-рекреаційного потенціалу сформульовані наступні рекомендації.

Півострів Західний є найбільшим як рекреаційна територія острова, адже в перспективі разом із півостровом Лісовим його доцільно залучати до еколого-рекреаційної роботи. Це спеціалізований напрям – еколого-освітня діяльність.

Другим епіцентром рекреаційних можливостей РЛП є Північна частина Матвіївської затоки, де доцільно розвивати спортивно-оздоровчий напрям, організувати еколого-освітні квести (локалізований центр заходів – місточок через Матвіївську губу). З підвищенням рівня еколого-рекреаційної й еколого-туристської привабливості постає необхідність перетворення РЛП на Національний природний парк «Дніпровські острови».

Еколого-краєзнавчими експедиціями та детальним рекогносциванням місцевості визначені ареали найбільшої кількості унікальних еколого-географічних, освітньо-екологічних та історико-культурних об'єктів досліджуваної території.

Регіональний ландшафтний парк «Дніпровські острови» є унікальним об'єктом природно-заповідного фонду м. Києва, потенціал якого для еколого-освітнього, рекреаційного й екологічного (зеленого) туризму ще недооцінений.

На основі даних екологічного експедиційного рекогносцивання виявлені об'єкти природних туристичних атракцій.

Архіпелаг дніпровських островів м. Києва може використовуватися лише для екологічного просвітництва. Відповідні водно-територіальні оази природного заповідника – це єдине, що залишилося недоторканим сучасною виснажливою урбанізацією м. Києва, що триває останні двадцять років.

Забороненими повинні бути будь-які будівельні заходи, окрім добудови Подільсько-Воскресенського мосту з улаштуванням станції метро «Труханів острів» на зразок станції «Гідропарк», тобто без промислового та цивільного будівництва.

Важливо зберегти всі без винятку зелені насадження островів, як важливі кліматичні та температурні балансири. Їх знищення призведе до постійної смогової туманності, формування небезпечного нерозсіюваного хмарного фронту над містом, перетворення мегаполіса на зону екологічного лиха.

Пропонується організувати центри повітроплавального туризму, відновлення та модернізація санаторних зон та перетворення островів на курортні центри рекреації подібні Нью-Йоркському «Сентрал-Парку».

Рекомендовано приєднати до РЛП «Дніпровські острови» акваторії прилеглих до парку природних об'єктів: каскад озер Опечень (річище та заплава літописної р. Почайної), рекультивована заплава р. Либідь та інших малих річок і притоків р. Дніпро, мозаїку озер Позняківсько-Осокорківських плавнів.

Перспективою подальших наукових досліджень РЛП «Дніпровські острови» є розробка проєкту створення комплексного Національного природного парку «Київський Славутич» і рформування відповідного проєкту ревіталізації його природних ландшафтів [14].

#### **4.6. Екологічна безпека довкілля в акваторії каскаду озер Опечень міста Києва**

Прикладні наукові екологічні дослідження присвячені проблемам рекультивації технологічних водойм столиці України. Найбільшим каскадом штучних озер м. Києва – є Опечень, які, за ствердженнями києвознавців, знаходяться в палеобасейні літописної ріки Почайна [42].

*Мета дослідження* – проведення еколого-географічного польового рекогностування озер, колекторів та каналів, аналіз матеріалів фізико-хімічного аналізу довкілля урочищ. У результаті доведено, що каскад озер Опечень – це ставкова система технологічних водойм, поєднаних дренажем із метою збору та виведення талих та стічних вод. Також тут виявлені джерела ендегенного та екзогенного забруднення прилеглих урочищ.

Проаналізовані результати лабораторних фізико-хімічних заборів проб повітря, води та ґрунту в урочищах, що примикають до каскаду озер. Проаналізований матеріал про результати аерокосмічного зондування каскаду озер з метою гідрогеокологічного моніторингу. Міській владі та громадським організаціям представлені рекомендації утриматися від будівництва паркових та рекреаційних територій до повної віталізації патогенних факторів довкілля в акваторії озер [31].

Забруднення навколишнього середовища м. Києва сягає масштабів екологічної катастрофи. Місто перетворилося на одне з найнебезпечніших місць життєдіяльності в Європі.

26 квітня 2016 р. прийняте рішення, відповідно до якого річку Почайна, як гідронім занесено у «Реєстр адрес, вулиць та інших поіменованих об'єктів м. Києва» [36]. Виникає потреба комплексного еколого-географічного вивчення, підтвердження або спростування топо- і гідрографічної реальності ріки Почайни в

контексті еколого-лімнологічного дослідження місцевості, проведення моніторингу урочищ навколо каскаду озер та каналізованого, промислового (технологічного), колекторно-дренажного каналу. Треба визначити безпекові аспекти життєдіяльності та можливості проєктування та функціонування рекреаційних зон навколо.

Історичні аспекти лімнологічного природокористування Опечені опубліковані в працях П. Розвадовського та Н. Петрова. Питання екології та географії київських малих річок та водоймищ розглядаються в наукових працях проф. В.І. Вишневського [15-16], де досліджується загальна гідрографія київських малих водотоків, їх екологічні проблеми. Проблемам Опечені присвячена невелика частина роботи з конкретизації місцезнаходження озер (топографії та гідрографії), але не досліджені гідроніми, проблеми екології та безпеки життєдіяльності на навколишніх та прилеглих до них територіях. Питання захисту довкілля Опечень висвітлюються у публікаціях М. Шарлеманя та П. Доліщінського.

Із метою проведення екологічного аудиту урочищ навколо озер, колекторів та каналів запропонований метод еколого-географічного рекогностування місцевості. *Рекогностування* (визначення німецького лінгвістичного походження «*rekognoszierung*», від лат. «*recognosco*» – «оглядаю, обстежую») – методика експедиційного (польового, топографічного) візуального, описового (картографічного у середовищі відкритих геоінформаційних систем, на кшталт Maps.Me) та інструментального уточнення за допомогою супутникового навігатора чи гаджет-додатку GPS Status Professional. Визначається локалізація унікальних об'єктів природних ландшафтів та міського середовища, які мають значний потенціал включення у рентабельні (економічно вигідні з позиції фінансового обґрунтування) рекреаційні зони.

Значну увагу необхідно приділити фізико-хімічному аналізу повітряного та водного просторів урочищ (камеральне дослідження аналітичних матеріалів екологічних лабораторій), а також матеріалам аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування Землі стосовно території озер Опечень.

Визначаємо початковий (реперний) пункт дослідження. За результатами рекогностування місцевості, визначений струмок, який починає свій біг із дачного урочища на Північ від озера Редькін. GPS-координати витоку: 50<sup>0</sup> 32' N та 30<sup>0</sup> 28' E. Завершальними локаціями є місце впадіння колекторного потоку до р. Дніпро, нижче Північного мосту. В систему колекторів промзони входить також водотік в ур. Наталка, так званий струмок Сетомль [17].

Урочища Опечень з однойменним каскадом штучних озер локалізовані в Оболонському районі м. Києва і простягаються із Півночі на Південний Схід, довжиною 10,3 км. Площа екокоридору становить приблизно 32 км<sup>2</sup> із максимальною шириною у 400 м, мінімальною – у 7 м. Екстремальні значення глибин в озерах коливаються від 1 до 17 м. [20]/

Гідроніми штучного каскаду озер-ставків під загальною назвою «Опечень» становлять (рис. 4.30): Редькін (Міністерка), Редчене (Мінське), Опечень (Луг), Пташине, Богатирське (Андріївське або Пожежне), Кирилівське (Верхнє), Йорданське (Нижнє) та Вовкувате, які омивають житловий масив Оболонь і які гідрографічно перетворюють урбаністичний ландшафт на міжозеря. Інформаційні аншлаги (рис. 4.31), що встановлені за берегами озер, зазначають, що водоймища є

штучного походження і є антропогенними промисловими ставками, які не придатні до рекреаційного використання. Відповідна інформація відповідає дійсності: озера – це результат намивних робіт при будівництві житлового масиву Оболонь на початку 1970-х рр. Лише два озера є природними і є залишками палеоруслу зниклої річки Почайна: Кирилівське та Йорданське. В минулому це було одне озеро Довге Кирилівське, про що стверджують плани м. Києва. Озера Вербне (Дзеркалка) та Біле не входять до каскаду озер Опечень і є колишніми гідронамивними кар'єрами.



Рис. 4.30. Космічне зображення ділянки досліджень (підложка – ГО «Почайна»)



Рис. 4.31. Картографо-інформаційний аншлаг на березі стариці р. Почайна

При дешифруванні каскаду озер на космічному геозображенні у картографічному сервісі Інтернету Wikimaria прослідковується умовна симетрія гідрографічного візерунку водних просторів Опечені на Оболоні з відповідним каскадом таких самих за походженням наливних озер колишнього Вигурівського струмка на Троєщині (рис. 4.32).

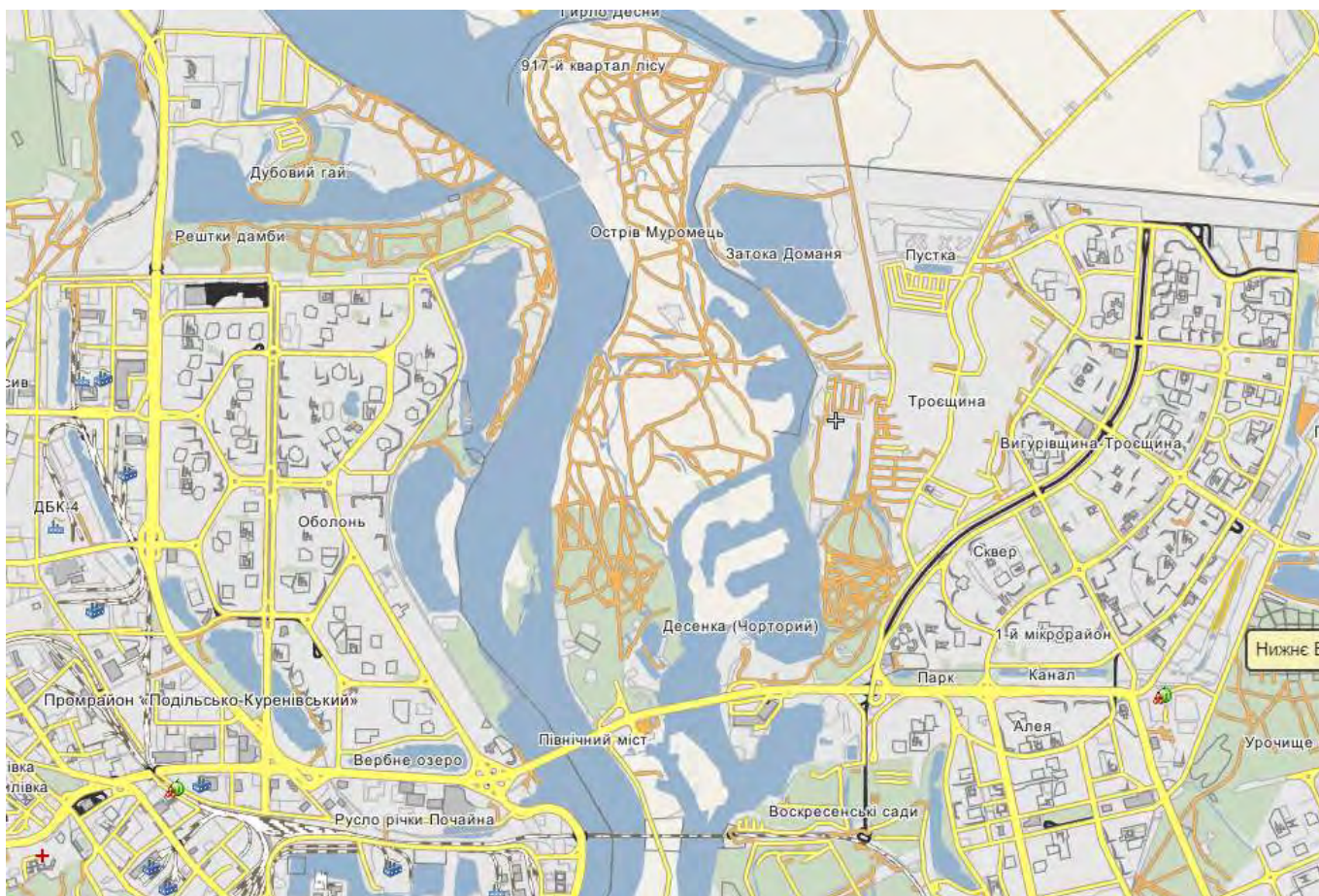


Рис. 4.32. Сіметрія озер Оболоні та Троєщини

Порівнюючи сучасну гідрографічну мережу каскаду озер зі станом місцевості на плані міста 1991 р. визначено, що деякі озера протягом 1990-х – 2000-х рр. були осушені і зникли. На їх місці уздовж проспекту С. Бандери збудовані торговельні комплекси та розважальні заклади: «Metro Cash&Carry», «Блокбастер», «Блокбастер-Мол». Також деякі невеличкі заплавні озера зникли в районі промзони на вулиці Богатирській.

Навколишні та прилеглі урочища включають розгалужену мережу струмків та річок, серед яких виділяються великі водотоки: р. Сирець із своєю притокою – струмком Курячий Брід, окремо Кирилівський струмок (впадають до оз. Кирилівського), струмки Коноплянка, Западінка, Княжиха (впадають до оз. Луг), струмок Мушанка (до оз. Редчене), струмок Водиця (до оз. Редькін), струмок Конічинка (до оз. Пташине).

Ріка Сирець розпочинає біг своєї течії з Придніпровської височини м. Києва в районі Рубежівського парку «Нивки». У верхній течії ріка протікає у глибокому яру, до якого впадають струмки Кам'янка та Рогостянка, які вкриті деревинною рослинністю. На окремих ділянках Сирець тече у бетонному колекторному руслі, подекуди – у колекторі під землею. Ріка Сирець впадає із Заходу до оз. Кирилівське біля станції метро «Оболонь» (рис. 4.33). Під землею у пластах протікають струмки Крива Почайна (під вулицями Приозерна та Йорданська) та струмок Юрковиця, що

впадає у Притику. Фактична площа водозбору (басейну) ріки Сирець включає ще й значну частину Подільського та Шевченківського районів столиці.



Рис. 4.33. Річище р. Сирець при впадінні в оз. Кирилівське

До гідрографії озер Оболонського району належать намивні озера Оболоні – Біле (Центральне), Лукове та Верблюд. В Екологічному атласі Києва водотік, що впадає до оз. Кирилівського, яке колекторно поєднано з Андріївським, Пташиним та Йорданським, вважається продовженням р. Сирець, що і впадає у р. Дніпро у затоці Вовкувате. На денну поверхню в районі промзони виходить не р. Почайна, а р. Сирець. Активісти відродження р. Почайної навіть у назві публікації не акцентують на титульному іменуванні ріки, а вивчають її історико-екологічні трансформації у розрізі природокористування оболонської місцевості та лімнології озер Опечень.

Палеогідрологічні дані стверджують, що місця впадіння р. Почайної до р. Дніпро сформували дельту із трьох рукавів, а саме: на Півдні ур. Наталка виходив перший рукав (Північний рукав р. Почайної), так званий струмок Сетомль, який тече

по зливному каналізаційному колектору; другий рукав – це бетонний водоспуск, розташований у правобережній затоці р. Дніпро, дещо нижче Північного мосту у затоці Вовкувата; третя ділянка дельти у вигляді підземних палеострумків (стародавніх русел) впадає до Гавані-Притики.

Розгалужена гідрографічна мережа й активний гідрологічний режим басейну урочища впливає на рівні водоносних горизонтів, а на кількість бюветів артезіанської води на території житлового масиву Оболонь, яких налічується понад двадцять двох джерел чистої питної води. На порівняння, на Троєщині їх – 12, Лісовому масиві – 5, Харківському – 15.

Перша колонка чистої артезіанської води почала працювати з 1970-х рр. і функціонувала до кінця 2000-х рр. Причини закриття водогону не відомі, але пов'язані з будівельними роботами у відповідному урочищі.

Гідрологічні особливості урочищ впливають на специфіку метеорологічної та синоптичної картини, що іноді набуває ознак надзвичайних ситуацій. Так, протягом 2002-2004 рр. в акваторії Кирилівського озера спостерігалися смерчі. Значна кількість аномальних атмосферних явищ має місце увечері після спекотного дня у повітрі над оз. Вовкувате. Це місця геологічних розломів, відповідно до карти, що укладена І. Чудо (рис. 4.34).



Рис. 4.34. Розломи Почайнинської промзони на фрагменті карти гепатогенних зон І. Чуда, 2005 р. [41]

Із геоморфологічної точки зору, урочища Опечень складається з алювіальних відкладів заплав і полювіальних балок (піски, супіски, суглінки), які і формують Поліську Оболонську низовину Київського Полісся.

У земельно-територіальному плані каскад наливних озер Опечень розташовується між промисловими зонами власне Почайни, Плоського, Куренівки, Пріорки та великим житловим масивом Оболонь. Ширина пойми каскаду озер дає змогу лише спроектувати еколого-рекреаційну рекультивацію природно-урбанізованого комплексу, яка матиме низку обмежень (лімітуючих факторів). В урочищах, що примикають до Кирилівського озера, виявлені фітобіологічні забруднювачі (рослина ехіноцистис шипуватий), а уздовж відкритого каналізованого каналу за ТРЦ «Плазма» локалізовані ценхрус довгоколюнковий та болиголов. Ці рослини отримали першість за негативним впливом на здоров'я населення як адвентивні й отруйні та викликають алергічні загострення. Наявність поряд із каналом Північного напівкільця залізної дороги підвищує рівні шумового забруднення та створює небезпеку для потенційних відвідувачів проектного парку культури та відпочинку «Почайна», що створений розпорядженням Київської міської ради у лютому 2016 р.

Забруднювати довкілля урочищ долини р. Почайна, що існувала до 30-х рр. ХХ ст., почали ще задовго до доби індустріалізації. Першим задокументованим антропогенним фактором впливу був аеродром, де Ігор Сікорський випробував свої літальні апарати. Литовище розташовувалося із складами паливно-мастильних матеріалів між Кирилівським озером та ур. Куренівка.

Антропогенних трансформацій зазнало єдине озеро Йорданське при будівництві «синьої» гілки метрополітену. Воно було розділено дамбою на два дренажних озера: Кирилівське (Верхнє) та власне Йорданське (Нижнє). Проектом будівництва планувався вихід лінії метро на денну поверхню. Для цього була запроєктована широка ділянка Оболонського проспекту, але туннель пустили під землею. Це підтверджується рухом складу вагонів метро від станції «Почайна» до станції «Оболонь», коли відчувається спочатку різкий підйом до гори, а потім – повільний спад.

У безпосередній близькості до басейну озер знаходяться промислові забруднювачі акваторії і навколишніх урочищ: суднобудівний завод та його теплоенергоцентраль (оз. Вовкувата та Гавань-Притика), асфальтовий завод, склотарний завод, ПАТ «Генератор», ПАТ «Лакма» (оз. Опечень (Луг), Пташине).

Патогенним фактором забруднення вод є розгалужена мережа вулично-дорожньої сітки та щільна локалізація автозаправних станцій на розі Оболонського проспекту та проспекту С. Бандери, уздовж узбіччя вул. Богатирської. Взимку 2016-2017 рр. на проспекті С. Бандери над підземним бетонним водотоком між Йорданським озером та каналом збудували АЗС, незважаючи навіть на те, що станція розташовується у санітарній зоні навколо державного природного іхтеологічного заказника «Озеро Вербне».

Після закриття цілої низки промислових підприємств Почайнинського промвузлу у 1990-х рр. рівень забруднення знизився, але новими джерелами забруднення стали торговельні комплекси та стихійні ринкові території, надзвичайно висока кількість транспортних засобів, які спричиняють

багатокілометрові затори. Недарма територія ур. Плоське (історична назва – топонім сучасної Почайни) – є однією забруднених в м. Києві.

Протягом 1970-1980-х рр. в озера каскаду скидалися відходи у вигляді смоли без очищення і переробки. Сталася навіть техногенна аварія на асфальтовому заводі, наслідком якої є чорний мул під шаром 2-3 см піску на оз. Вербному, Йорданському та Кирилівському, який залишається на донних шарах й до сьогодні.

Північні озера каскаду Опечень зазнають патогенного антропогенно-промислового впливу снігоплавильного заводу, ПАТ «Пивзавод Оболонь», ангарів бувшого «ГлобалФіш», роботи залізничного перегону «Зеніт-Вишгород». Після запуску в експлуатацію ТЦ «Епіцентр» забруднюється оз. Редчене (Мінське).

Наступним фактором забруднення басейну є підземна мережа водовідведення (каналізаційна мережа), яка несе всі нечистоти в озера Кирилівське, Йорданське, Опечень (Луг). Відповідні дренажі, які прокладені під вулицею О. Архипенка, Оболонським проспектом, частково пролягають під проспектом Героїв Сталінграду, вулицями Богатирською, Йорданською, З. Гайдай, Героїв Дніпра, Малиновського та Тимошенка. Вони збирають талу, дощову та забруднену воду. Особливо небезпечний рівень забруднення підвищують ці мережі навесні та під час сильних злив влітку. Часто створюються стихійні звалища сміття. У деяких місцях річка захаращена, зокрема, гілками та стовбурами дерев (оз. Луг та Пташине).

Значний рівень біогенного забруднення створюють стихійні кладовища домашніх тварин (уздовж Йорданського озера, берегів р. Сирець та оз. Кирилівського). У прилеглих до озер урочищах відсутні гідрологічні пости для моніторингу стану довкілля (репери спостереження за забрудненням води). Стан атмосферного повітря моніторить одна станція-пост атмосферного контролю, що знаходиться за адресою: проспект Оболонський, 14 (ПСЗ № 17).

За останніми даними спостережень, відсоток забруднення повітря урочищ формальдегідами становить 20 %, бензапіреном – 45 %, оксидом вуглецю – 5 %, діоксиду азоту – 25 % та фенолу – 5 %. Ці показники неуклінно підвищуються щороку з незначними сезонними коливаннями.

Не краща ситуація із забрудненням ґрунтів акваторії важкими металами. Забруднення ртуттю басейну озер має підвищений вміст у районі озер Редчене, Опечень (Луг) та Пташине. Вміст Hg коливається від 0,05 до 0,1 мг/кг(л). Частково забруднена ртуттю відкрита долина Почайнинського колектору в районі Почайнинської промзони. Плями забруднення свинцем виявляються в акваторії озер Пташиного та Опечень (Луг) (60-100 мг/кг(л)) та районі оз. Вовкувате (130-160 мг/кг(л)).

Сумарне забруднення басейну каскаду та навколишніх урочищ – середнє з епіцентрами небезпечних рівнів у таких локаціях: Притика-Почайна-Вовкувата (Cu<sub>40</sub>, Sn<sub>20</sub>, Ag<sub>10</sub>, Pb<sub>6</sub>, Zn<sub>5</sub>, Hg<sub>3</sub>), Кирилівське-Опечень (Луг) (Sn<sub>25</sub>, Cu<sub>20</sub>, Zn<sub>10</sub>, Pb<sub>4</sub>, Hg<sub>3</sub>).

Моніторинг виявив інші небезпечні показники. Радіоактивне забруднення Cs<sub>137</sub> визначається дискретними плямами з рівнем 0,5-1,0 Кі/км<sup>2</sup>. До забруднених Cs<sub>137</sub> належать озера: Редчене (частково), Опечень (частково), Андріївське та Кирилівське. Але його концентрація щороку значно знижується до безпечних показників.

Іншою, не менш важливою геоекологічною проблемою Опечені, на думку науковця В.Є. Філіповича (ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України», Київ, Україна), є підтоплення ґрунтовими водами та просідання ґрунтів. Це викликане тим, що палеоруслор. Почайна законсервоване під пластами намивного піску і сепатогенно впливає на довкілля. Внаслідок ліквідації природного стоку ґрунтових вод, так званих дренажів. Також виявлено, що не все історичне русло р. Почайни залишилося в межах сучасних озер Опечень. Частина русла, разом із повноводними старицями, знаходиться під намивними ґрунтами житлового масиву. Все це проковує підняття природних ґрунтових вод по всій площі масиву Оболонь.

Цей процес також проковується побудовою висотних будинків із заглибленими фундаментами та підземними паркінгами в поймах палеорусел, що може викликати періодичне підтоплення підвалів, наслідком чого стає деформація несучих інженерних конструкцій будинків та постійні аварії на тепломережах.

У кінці 1980-х р., на Півночі Оболоні була спроба осушення оз. Білого (Центрального), наслідком якого стало підняття ґрунтових вод і затоплення підвалів у найближчих шістнадцятиповерхівках. Процес осушення водою тоді був призупинений і після обстеження гідрогеоекологічних умов заборонений. Нині навколо озера побудована екозона (рис. 4.35).



Рис. 4.35. Озеро Біле на Північній Оболоні

Відповідні осередки підтоплення житлового масиву інтерпретуються на матеріалах теплового космічного зондування Оболоні. Підвищена задуха на території району влітку викликана заміною природного ґрунтового покриву, забудованими і асфальтованими територіями, що практично виключила з водного балансу випаровування з поверхні ґрунту. Внаслідок цього в теплий період року мешканці Оболоні відчують запах гару в повітрі, який спровокований автомобільним смогом, що не розсіюється, а зависає над житловим масивом, формуючи антропогенну духоту (так званий метеорологічний ефект «нульової» рози вітрів).

Басейн каскаду озер Опечень має значні еколого-географічні, гідрогеоecологічні, біотичні та абіотичні проблеми та небезпеки, які потребують вирішення різними шляхами рекультивації та ревіталізації території.

Окремої природної гідроекосистеми під назвою «ріка Почайна» не існує. Функціонує лише дренажний водоскидний канал із каскаду озер, що забезпечує гідравлічну стабільність рівнів природних та промислових вод Оболонського району. Відсутній притаманний річкам гідрорежим.

Повернення гідронімії Почайної (Почайнинського каналу – лише так можна іменувати так зване «русло») на план м. Києва в контексті повернення природно-гідронімічної спадщини є позитивним, але як історичної пам'яті (рис. 4.36).

Довкілля каскаду озер Опечень та Почайнинський канал із навколишніми урочищами характеризується буферністю із концентрацією зелених насаджень загального користування, наявністю потенційних об'єктів природно-заповідного фонду.

Головними причинами потенційних надзвичайних ситуацій є затоплення, що пов'язані зі штучним рельєфом Оболоні і порушенням природної фільтрації ливневих вод внаслідок щільної антропогенної забудови. Основний фактор у формуванні ділянок підтоплення – це баражі на шляхах ґрунтових вод похованої гідромережі. Тому необхідно зміцнювати підземні комунікації, підвальні приміщення та фундаменти житлових будинків.

На відміну від патогенних природних факторів, що заважають створенню паркової території «Літописна Почайна», у майбутньому є можливість перетворення урочищ на респектабельний столичний історико-культурний та екологічний публічний простір із визначними об'єктами сакральної-культури архітектури.

Туристичними об'єктами є – каплиця та церква Ікони Божої Матері «Неопалима Купина», Хрест Симона Петлюри на березі Кирилівського озера, Покровський собор із внутрішньою каплицею на честь Покрови Божої Матері на березі оз. Редчене, історико-сакральні мурали уздовж Почайнинського каналу, знак «Почайна». Є пам'ятники-скульптури неподалік озера Богатирського (Андріївського, Пожежного): Героям-рятівникам, пожежникам із чашею «Вічного вогню», стела Героям Чорнобиля (площа Телятнікова), алея дерев, висаджена зірками українського шоубізнесу та музей пожежної техніки. Вивчення такого матеріалу стає окремим напрямом дослідження – *еколого-рекреаційне безпекове киевознавство*.

Лише після повної еколого-хімічної, геоботанічної і радіоекологічної дезактивації і рекультивації можна облаштовувати парк культури та відпочинку та інсталивати інші екологічні та рекреаційно-релаксаційні зони.

Поряд із цим небезпечні фактори довкілля акваторій озер, колекторів, каналу та навколишніх урочищ все одно знижуватимуть еколого-рекреаційний та екскурсійно-краєзнавчий потенціал відповідної історичної місцевості [13].

#### **4.7. Екологічний моніторинг штучних гідроекологічних об'єктів м. Києва**

На основі історико-ретроспективного аналізу еколого-географічних досліджень міського середовища Києва необхідно дослідити ретроспективно-екологічні зрізи трансформації природного ландшафту в антропогенний.

Еколого-геопросторовий аналіз дозволяє вивчити штучні еколого-гідрологічні об'єкти: фонтани, водограї, водогони та їхній вплив на навколишнє природне середовище. Це потребує проведення їх класифікації.

В еколого-географічних дослідженнях значну увагу приділяють проблемі довкілля урбоекологічних ландшафтів. Одним із найбільших та особливих в екологічному моніторингу України – є дослідження природно-техногенного ландшафту міста Києва.

До прикладних еколого-географічних досліджень належать ретроспективний аналіз гідрографії та рельєфу міста, біорозмаїття та соціально-екологічні процеси,

розвиток столичних наукових центрів та інститутів, що спеціалізуються на вивченні екології довкілля столиці України.

На стику історії екології, урбоекології та екологічного моніторингу сформувалася нова інженерно-екологічна методологія (науковий напрям) – *екологічне києвознавство*, головне наукове завдання якої – комплексне й інтегральне вивчення навколишнього природного й антропогенного середовища, прогнозування його трансформації з урахуванням історичних чинників розвитку міста як сталої екологічної системи.

Проблемними завданнями цього наукового дослідження є вивчення основного чинника виникнення міста Києва. Це водні простори, штучні та природні об'єкти, фонтани, бювети, як складники сучасного природно-техногенного ландшафту київської агломерації від найдавніших часів до сьогодення.

Органи державної влади міста та громадські екологічні організації постійно висловлюють свою стурбованість погіршенням стану довкілля у столиці. Передусім це підвищення градієнта теплового поля міста, варварське вирубання урочищ під будівництво житлових масивів, викиди від автомобільного муніципального та приватного транспорту тощо. Тому актуальним є визначення початку процесу знищення природного довкілля столиці від часів заснування міста IV-V ст. (дослідники П. Толочко, М. Закревський, М. Каргер). Деякі дослідники довкілля-простору м. Києва вважають, що йому приблизно 3 000 років (доісторичні назви: Данапрштат, Метрополіс, Куяба). Залишилася картографічна спадщина історії міста, за якою можна дослідити історію трансформації навколишнього природного середовища м. Києва.

Картографічне дослідження особливостей розміщення стародавніх ландшафтів Києва здійснюється на основі абрисів, картосхем, планів, карт та атласів від часів монголо-татарського нашествия, лаврських (патерікових) планів і гравюр А. Кальнофойського, малюнків А. Вестерфельда, М. Груневега, географічних карт М. Закревського, планів А. Меленського, І. Ушакова, І. Фундуклея та інших картографічних творів києвознавців.

Першим відомим планом м. Києва з відображенням навколишнього природного середовища є план, укладений за наказом монголо-татарського хана Манглі-Гирея. Традицію картографування трансформації довкілля м. Києва продовжив також іноземець, німецький мандрівник Мартін Груневег. Він безпосередньо дослідив річки та пагорби Верхнього Міста, Печерська та Подолу, склав кресленики Перевісища (сучасна Європейська площа), плани входу в Лаврські печери та план-схема Печерська. Він фактично відтворив еколого-географічне середовище, а також їхні характерні обриси та форми. М. Груневег відобразив пропорції та особливості географічного розташування ярів та урочищ Липок.

Лаврські Патерикові карти А. Кальнофойського, ченця Києво-Печерської Лаври, уперше надруковані в 1638 р. як додаток до його книги «Teraturguma Lubo Cruda» («Тератургіма») і містять плани, які найбільш достовірно представляють стародавній Київ. Вони орієнтовані у Східному напрямку, на відміну від прийнятої на той час орієнтації більшості карт на Захід.

Плани І. Ушакова (1695 р.) завдяки перспективно-рисунковому зображенню передають численні деталі гідрографічної мережі м. Києва та особливості їх

місцезнаходження, наприклад, річок Почайна та Сетомль (рис. 4.37).



Рис. 4.37. Фрагмен плану м. Києва І. Ушакова

Плани XVIII ст. показують доквілля міста в натуралістичному (картинному) вигляді, що є особливою їхньою цінністю. Але вони мали значну кількість неточностей та викривлень через недосконалість знімальних матеріалів і поліграфічного видання (гравіювання, відтиску та вицвітання карти).



Рис. 5.38. Микола Закревський, географ-картограф, історик-києвознавець, дослідник довкілля-простору м. Києва

Важливим джерелом еколого-краєзнавчих досліджень міста Києва є історичні карти, складені М. Закревським (1805-1871 рр.) (рис. 5438). Відомим українським істориком, картографом, географом та дослідником створена серія із 37 карт Києва на окремі часові періоди. Аналіз їхнього змісту дає змогу відстежувати розвиток забудови території Києва та вивчати географічні особливості забудови урочищ. Основну увагу приділено планам Києва у X ст., 988-1240 рр., 1240-1600 рр. та специфіці умовних знаків. Географічна цінність планів М. Закревського для еколого-картографічного моніторингу довкілля м. Києва полягає у відповідності сучасним вимогам картографування, що може бути основою для створення сучасних карт довкілля певного історичного періоду.

Історія джерел картографування довкілля м. Києва від стародавніх часів до сьогодення є прикладом яскравого та своєрідного літопису території міста, що дає уявлення не тільки про його забудову, природу, але і про географо-рекреаційне середовище м. Києва.

Сьогодні науково не вивчені з погляду екологічного *природокористування м. Києва* історія побудови фонтанів міста та їхнє призначення за різними епохами в розвитку Києва. Це штучні гідроекологічні об'єкти м. Києва, їх історія та сучасність. Потребує вивчення історія еколого-аерокосмічної думки в дослідженні довкілля міста.

Штучні екологічні зони, що включають фонтани та водограї, клумби й екоінсталяції в публічному просторі м. Києва, їх класифікація та узагальнення, проведення їх історичного дослідження виділені в новий напрям *еколого-києвознавчих досліджень*. Значна увага приділяється їх історичному вивченню. Необхідною умовою досліджень екологічних об'єктів антропогенного генезу є наявність наукових і дослідницьких установ та організацій, вивчення історії їх виникнення, розвитку наукової думки в галузі. Ключовими з них визначені підприємства аерокосмічної індустрії, аналіз результатів історії впровадження розробок як основи проведення ретроспективного (історичного) еколого-обсерваційного моніторингу.

Дослідження антропогенних (штучних) екологічних об'єктів території міста, історія аерокосмічної думки в м. Києві передбачає апробацію нової методології – *екологічного києвознавства*, яке поділяється на:

- *історичне києвознавство* щодо літописної гідрографії (штучна та природна);
- *екооорографію* (релігійна та рекреаційна);
- *історичне природо- та ресурсокористування*;
- *історію забудови міста та її природних урочищ*;
- *історію трансформації біосфери (флори та фауни)*;
- *медико-екологічні проблеми*;
- *економіко-екологічне моделювання*;
- *історію інженерно-екологічної науки Києва*.

Проведемо відповідний еколого-києвознавчий моніторинг.

*Вода* – джерело життя і початок всього світу і зокрема антропогенного розвитку міста Києва. Перший фонтан у центрі Києва був облаштований у 1849 р. на нинішній Європейській площі губернатором І. Фундуклеєм. Сьогодні загальна кількість фонтанів становить приблизно 90.

*Фонтани та бювети м. Києва* – штучні еколого-гідрологічні об'єкти міського середовища й окраса столиці України, які потребують окремого еколого-географічного вивчення. Вони є унікальними в системі антропогенного ландшафту, а їхнє екологічне призначення змінювалося часом, формою, видом, архітектурою під впливом історії розвитку міста.

Усі сучасні фонтани м. Києва мають таку класифікацію: *зрошувальні фонтани* (для газонів та клумб), *церковні фонтани-ківорії*, *фонтани-охолоджувачі перехожих* (улітку), *декоративні фонтани* (у приміщеннях громадських закладів), *фонтани-скульптури*, *питні фонтани (бювети) та питні фонтани на пляжах*, *історичні фонтани*, *фонтани-пам'ятки*.

До окремої категорії екогідрографічної штучної мережі належать *бювети*.

*Фонтан* – це складна інженерно-архітектурна споруда, яка працює за замкненим водяним циклом і містить загальну, гідротехнічну й електротехнічну частини. Традиційно сезон роботи фонтанів у столиці починається наприкінці квітня – на початку травня і триває до кінця жовтня.

Найпершим фонтаном у Києві вважається «Самсон» (інша назва – «Феліціан»), який розташований на Контрактовій площі. У давнину, ще за часів Київської Русі, на цьому місці був звичайний резервуар, куди стікала вода із сусідньої Андріївської гори через дерев'яні труби, які були зариті глибоко в землю.

До появи системи очищення води і сучасного водопостачання по трубах, кияни для отримання води користувалися джерелами підземних джерел і глибокими колодязями. Деякі такі джерела використовують і зараз. Найпопулярнішими з них є джерело св. Серафіма Саровського в Пущі-Водиці, джерела в Кучминому Яру (Солом'янський район) і на Сирці. Кажуть, у цих джерелах вода чиста і має цілющі властивості.

Серед джерел Києва є ще і священні, воду з яких використовують для хрещення і зцілення від хвороб. Вони розташовані на територіях монастирів Голосіїва, Китаїва, Подолу (Флорівському) та Києво-Печерській Лаврі.

У парку «Феофанія» та поблизу Свято-Пантелеймонівського жіночого монастиря можна знайти декілька цілющих криниць. Найвідоміша з них – цілителя Пантелеймона. Завдяки Старцю Іринарху вода із трьох джерел – Живоносного, Тихонівського та Пантелеймонівського – накопичувалася у Великому джерелі і вже звідти піднімалася по схилах пагорба до монастиря (рис. 4.39).



Рис. 4.39. Джерело у Феофаніському лісі

Надзвичайно цілющими є джерела у Феофанії. Відомий учений-біохімік О. Палладін любив відпочивати поруч із ними. На смак вода із трьох джерел відрізняється, але всі три види допомагають від багатьох хвороб, зокрема й від дуже важких захворювань.

На Подолі, у центрі Фролівського монастиря біля Вознесенського храму, є давнє цілюще джерело імені святих Фрола та Лавра. Воно виглядає як камінь, з якого тече чиста вода, що має жовтуватий відтінок через насиченість залізом.

Перші фонтани Києва були споруджені для потреб ченців та парафіян. На початку XVII ст. з'явився перший централізований канал водопостачання.

У 70-ті рр. XIX ст. Київська міська Дума започаткувала будівництво першого централізованого водопроводу Києва. Згідно з договором, «Київське товариство водопостачання» повинно було не лише спорудити водогін, а й установити фонтани в місті. На засіданні міської Думи 16 вересня 1871 р. були затверджені місця для двох перших фонтанів Термена – на Царській (сучасна Європейська) та Хрещатицькій (майдан Незалежності) площах. Пізніше затвердили місця для решти фонтанів: на Театральній площі, на Подолі біля Гостинного двору, на Михайлівській та Бессарабській площах. Першу трійку серії так званих «близнюків-фонтанів» встановили 1899 р.: біля Золотих воріт «Іван», у Царського саду (сучасний Маріїнський парк) та на Караваївській площі (сучасна пл. Льва Толстого). Решта фонтанів з'явилися в 1900–1901 рр. у сучасному Маріїнському парку та на Софійській площі.

*Фонтан «Моряк»* (або «Костянтин») з'явився приблизно 100 років тому на Бессарабській площі. Згодом, у 1912 р. «Моряка» замінили громіздким чавунним фонтаном. А після Другої світової війни на цьому місці встановили фонтан із гладкого червоного мармуру, який у народі назвали «Лотосом», квітку якого він нагадував. Незабаром перед Бессарабкою взялися будувати підземний перехід і водограй «Лотос» перенесли в парк за філармонією. Але з початком будівництва металевої арки «Дружба народів» – монумента до 300-річчя «возз'єднання України і Росії». І тільки в 1998 р. «Лотос» знайшов таки своє місце – перед входом до Пасажу, на Хрещатику, де досить органічно виглядає. Існував також фонтан у вигляді слона, що купався на місці сучасної арки «Дружба народів» до її будівництва.

У радянські часи значна кількість фонтанів розміщувалися біля універсамів та великих магазинах. Так, на Оболоні фонтани працювали біля сучасного супермаркету «Велика кишеня» (колишній Універсам № 3) на Оболонській площі (колишня Дружби народів), біля сучасного супермаркету «АТБ» (проспект Героїв Сталінграду, 2) та поруч, за адресою Героїв Сталінграду, 2а. Це фонтан із двох басейнових резервуарів. У занедбаному стані зараз недіючий фонтан біля кінотеатру «Братислава».

*Фонтани на головній площі міста.* У 60-х рр. на площі Калініна (Майдан Незалежності) збудували перший каскадний фонтан. Кожне десятиріччя фонтан змінював назву – спочатку до «1500-річчя Києва», згодом фонтан т. з. «Дружби народів». Після довгої реконструкції головна площа Києва у 2001 р. оновилася фонтанами. На парній стороні майдану споруджена алея фонтанів із шести малих і одного великого фонтана. На непарній стороні – пам'ятний комплекс Незалежності України, частиною якого став каскадний фонтан. Споруджений фонтан «Водяна куля» біля Національної музичної академії України (Київська консерваторія). Праворуч від «Каскадного фонтана» облаштували фонтан-монумент «Засновники Києва» (скульптор А. Куш).

До 2020 р. у Києві спорудили понад 90 фонтанів, найкреативніший з яких – фонтан бажань, встановлений на стіні готелю «Інтерконтиненталь», який розташовується на Михайлівській площі. 28 травня 2017 р. на озері Тельбін запущена унікальна (єдина в Україні) система аерації: сам фонтан зі світлодіодними світильниками та системою стереовідтворення звуку. Складна НТ-інженерна конструкція складається з компресорної станції, системи трубопроводів та восьми аераторів, які покликані врятувати озеро від поступового вмирання (заболочування). Відповідний фонтан є на Китаївських ставках.

Ексклюзивним є фонтан «Парасолька» на Оболонській набережній, зроблений із граніту з підсвічуванням, знаходиться в «Саду каменів». Цей зелений куточок столиці відкритий у 2011 р. до Дня Незалежності. Креативним втіленням став фонтан-карта м. Києва із дитячими скульптурами засновників міста: Кия, Щека, Хорива та Либеді (рис. 4.40).



Рис. 4.40. Фонтан засновникам м. Києва у картографічній інтерпретації

На відміну від старих, усі сучасні фонтани в Києві мають систему оборотного водопостачання. Це означає, що вода у фонтані ходить по замкнутому циклу, куди автоматично додається невеликими порціями, компенсуючи викликані випаровуванням і розбризкуванням втрати. Від цього фонтани в Києві стали більш економічними, але виникає проблема обробки води.

Всі сучасні фонтани Києва оснащені системою хіміобробки. Ця система, за нормальної експлуатації, гарантує дотримання всіх санітарних норм води в міському фонтані.

Київ не випадково називають ще містом питних фонтанів (бюветів).

*Бювети міста Києва* – це питні артезіанські свердловини різних водоносних горизонтів глибиною від 100 до 300 м. Кожен із фонтанів-бюветів має унікальну архітектурну надджерельну конструкцію (павильйон), яка не повторюється. У кожному районі м. Києва вже встановлено до кількох десятків таких бюветних павильйонів, які дають можливість усім бажаючим безкоштовно користуватися екологічно чистою водою (рис. 4.41).



Рис. 4.41. Бюветний комплекс біля Горіхуватських ставків, поруч із  
Голосіївською площею

За весь час існування системи бюветного водопостачання в Києві не було жодного випадку спалаху інфекційних захворювань, викликаних артезіанською водою. Артезіанська вода з бюветів рекомендована Міністерством охорони здоров'я України для пиття та приготування їжі, особливо для дітей і хворих. Створена інтерактивна карта бюветних комплексів м. Києва та інших штучних гідрографічних споруд (рис. 4.42).

Нині запроваджується тренд на приватні фонтани, які встановлюють у готелях, приватних садибах, із системою водоочищення, схожою на систему фільтрації у торговельних центрах. В одному з таких закладів – торговельному центрі «Глобус», що під Майданом Незалежності, є невеличкий фонтан, що став ще й «меценатом». Фонтанні комплекси у ТРЦ «Дрімтаун 1 та 2» відповідають еколого-географічній тематиці кожного атриуму (фойє). Цікавими за формами є фонтани в універмазі «Україна» та торговельно-розважальному центрі «Караван». Перед фасадами навчальних закладів та торговельно-розважальних закладів також улаштовують водограї як елементи ландшафтного дизайну.

*Фонтани та бювети* – штучні гідроекологічні об'єкти антропогенного ландшафту міського середовища. Вони покращують мікрокліматичні умови безпеки життєдіяльності та естетичний вигляд публічного простору. Особливе їх значення у

міському просторі в часи зміни кліматичних показників.

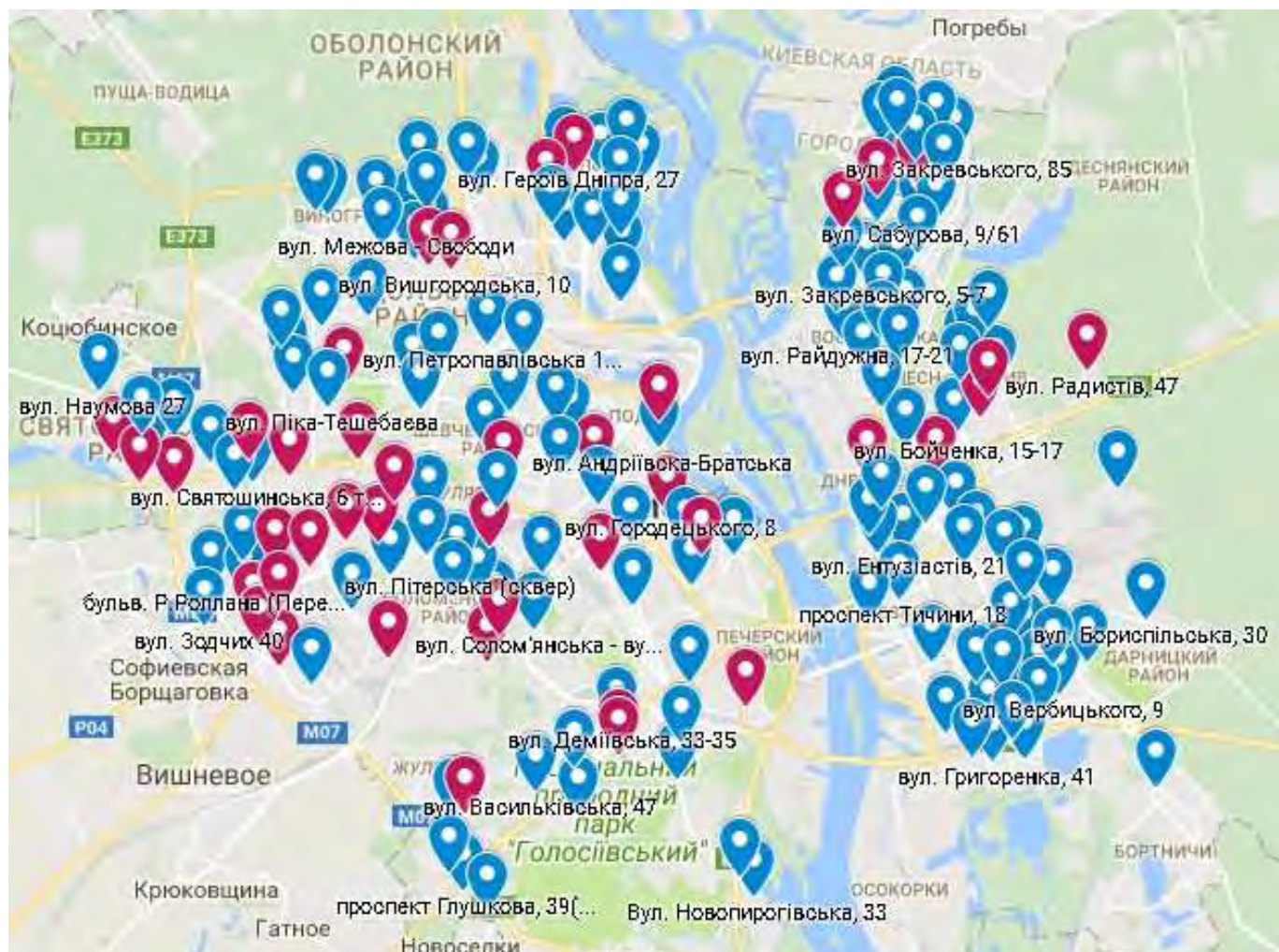


Рис. 4.42. Інтерактивна карта бюветних комплексів м. Києва

#### 4.8. Методика побудови гіпергенезичної (еколого-геодезичної карти) м. Києва

З розвитком нових технологій вивчення фігури Землі та її гравітаційного поля, з підвищенням їх точності і підвищенням можливостей повторних вимірів все більшого значення набуває кінематичний аспект геодезії. А саме – визначення точок земної поверхні та елементів земного гравітаційного поля у часі.

Вже з'явився новий розділ у науці про Землю, який полягає у взаємодії геодезії, геофізики, астрономії та океанології. Він займається проблемами вивчення зміни положення і елементів гравітаційного поля Землі в часі та інтерпретація з метою доведення кореляції із катастрофами. Він отримав назву екологічної *геодинаміки*. Її зміст об'єднує задачі, сформульовані членом-кореспондентом АН у 1985 р. М.С. Молоденським, де він опичує сили, які є причиною зміни фігури і гравітаційного поля Землі, що викликають надзвичайні ситуації природного характеру.

Останнім часом місцеві сейсмологічні станції Інституту геофізики НАН України постійно, раз на місяць, фіксують коливання астеносферної оболонки в

районі *Київської агломерації*. Прилади фіксують коливання земної кори від 2,3-4,1 бала за міжнародною шкалою землетрусів Ріхтера. З появою аномальних зон Беньофа можна говорити про деформаційні явища, викликані початком сейсмічної активності. Вони пов'язані з ростом Українських Карпат та великими розломами Українського щиту.

*Гіпергенезична (еколого-геодезична) карта м. Києва* – це новітня модель в екологічній геодезії природокористування та картографування надзвичайних ситуацій. Вона показує райони, місце, розповсюдження надзвичайних ситуацій геодинамічного характеру. У перекладі «*giper*» означає – «*надто*», «*genesis*» – «*походження*». Карта, демонструє території з великими аномальними геофонами, які мають ендоземне енергетичне походження. Мається на увазі візуалізація об'єктивних даних про характер та швидкість руху блоків земної кори під м. Києвом.

Шляхом вивчення руху земної кори в сейсмоактивних частинах міста можливо отримати дані точного прогнозу сейсмічної екологічної небезпеки, в тому числі великих землетрусів, більш повільних деформацій, що призводять до більш правильного розуміння тектонічних процесів.

Для проведення відповідного *гіпергенезичного (еколого-геодезичного моніторингу)* розглянемо відповідні практичні методи.

*Геодезичний метод* являє собою *астрономо-геодезичне нівелювання* – метод визначення перевищень точок *квазігеоїда (геоїда)* відносно поверхні *референц-еліпсоїда*. Згідно *теорії ізостазії (гіпотеза Пратта)*, виходить, що *астеносфера* лежить на одній глибині. Тоді щільність земних мас при переході від одного до другого стовпа земної кори є не однорідною. Наприклад, м. Київ має середню висоту гір рівною максимальному значенню 180-205 м. над рівнем моря, а середня глибина р. Дніпро в районі міста має відмітку -7,8 м. За цими вихідними реперними даними можна визначити рух земної кори (динаміку висот  $H$ ) у вертикальних та горизонтальних напрямках.

Висоти  $H$  визначають відступи точок від еліпсоїда по нормалі до нього. Це демонструється на карті нівелювання м. Києва. Точність даних залежить від густоти точок, у яких відомі значення висот земної поверхні над еліпсоїдом. Значення висот отримують, як правило, із нівелювань, проте отримані висоти віднесені не до еліпсоїда, а до деякої іншої поверхні – рівневої, за яку приймають рівень моря, тобто поверхні геоїда. Якщо припустити, що нівелірні висоти відраховуються від поверхні, яка визначається рівнянням  $W = const$  і збігається з рівнем моря, то задача буде полягати у визначенні нівелірних висот точок фізичної поверхні Землі, а також у визначенні висот геоїда від вибраного еліпсоїда. Визначенні таким чином висоти  $H$  називають *геодезичними висотами* (рис. 4.43).

Відрізок  $M_1M$  представляє відстань від нуля-пункта висот – геоїда до фізичної поверхні Землі, яку називають *ортометричною висотою* точки  $M$ . Отже, *ортометрична висота* – це висота точки фізичної поверхні Землі над поверхнею геоїда, відкладена по силових лініях поля сили ваги (за прямовисними лініями), що проходять через цю точку.

Для їх фізичного визначення пропонуємо прийом *астрономічного та гравіметричного нівелювання*. Так, за останнім, розраховуючи відхилення

прямовисних ліній висот квазігеоїда можна визначити значення зсувів тектонічних плит. Загальна схема визначення висот представлена на рис. 4.43.

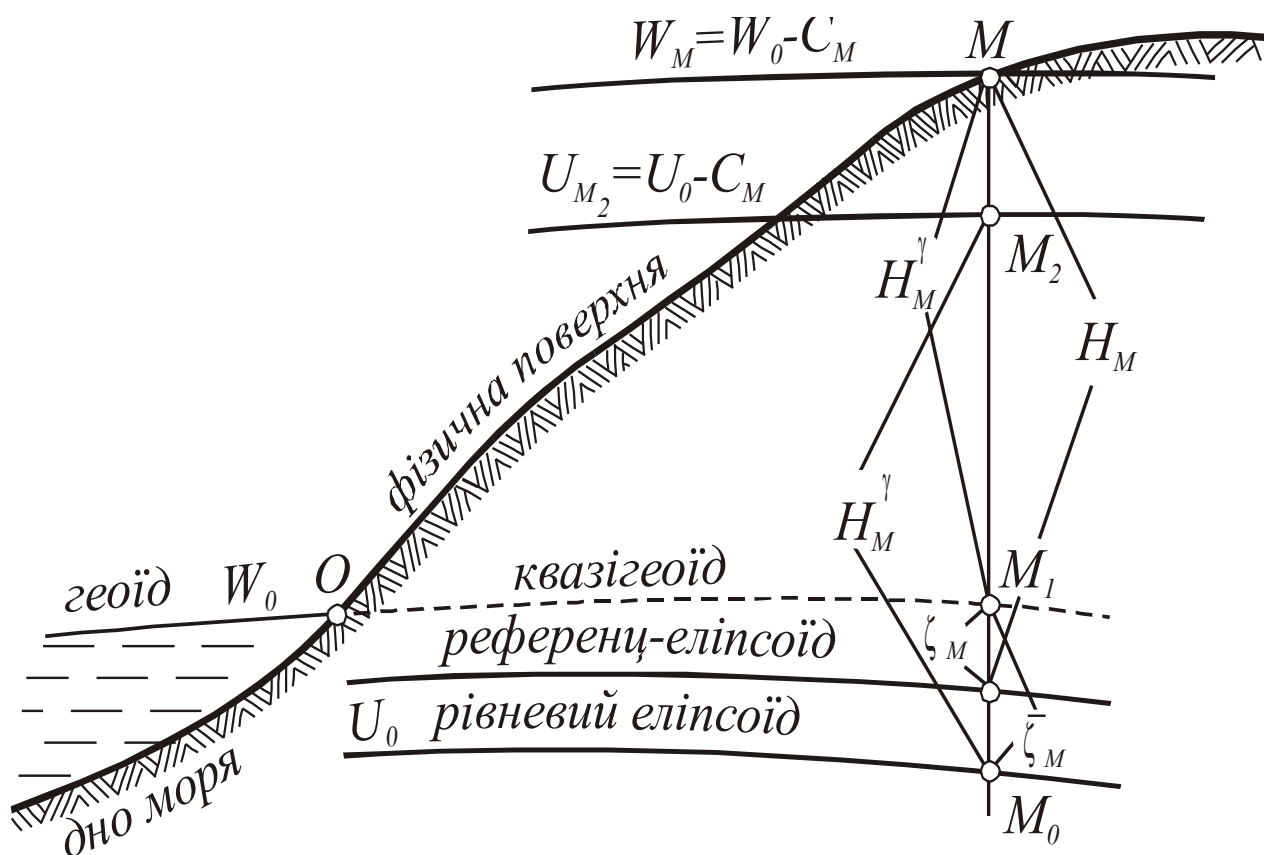


Рис. 4.43. Система гіпергенезичних висот у м. Києві [38]

З рис. 5.21 видно, що *нормальною висотою*  $H_M^\gamma$  точки  $M$  фізичної поверхні Землі називається відрізок  $M_0M_2$  силової лінії, що проходить через точку  $M$  в полі нормального потенціалу сили ваги, між рівневими поверхнями  $U = U_0$  (рівневий еліпсоїд) і  $U_{M_2} = U_0 - C_M$ .

Якщо від точок фізичної поверхні Землі відкласти по силових лініях нормального гравітаційного поля вниз їх нормальні висоти, то отримаємо поверхню *квазігеоїда*. Тоді нормальну висоту можна розглядати як висоту точки фізичної поверхні Землі над квазігеоїдом.

*Геодезична висота*  $H_M$  точки  $M$  дорівнює сумі нормальної висоти  $H_M^\gamma$  і *аномалії висоти*  $\bar{\zeta}_M$ . Аномалія висоти  $\bar{\zeta}_M$  дорівнює відрітку  $M_2M$  і називається *висотою квазігеоїда* над відліковою поверхнею. Суттєвих поправок за те, що геодезичні висоти відкладають не по силових лініях нормального поля, а по нормалях до еліпсоїда, не виникає.

Висоти  $N$  визначають за допомогою *глобальних гравітаційних моделей* Землі, висоти (аномалії висот)  $\bar{\zeta}$  – методом *астрономічного* чи *астрономо-гравіметричного нівелювання*.

Перевагою *нормальних висот* над *ортометричними* є те, що вони відповідають такому *поділу геодезичної висоти  $H$*  на *гіпсометричну* і *геоїдальну* складові, при якому кожна з них може бути однозначно і строго визначена лише за вимірами на фізичній поверхні Землі.

*Ортометричні висоти* мають суттєвий недолік принципового характеру – вони не можуть бути обчислені точно, оскільки при цьому, необхідно задаватися тією чи іншою моделлю розподілу мас в тілі Землі. Від цього недоліку ортометричних висот вільні *нормальні висоти*, які обґрунтував проф. М.С. Молоденський при розробці загальної теорії фігури Землі.

*Фотограмметричний метод* визначення висот при укладанні *топографо-географічних карт* використовує візуально-порівняльну морфологічну різницю (відтворення зсувів) за допомогою польових геодезичних методів: нівелювання та побудови триангуляції I класу. Всі ці процедури необхідні для визначення руху земної кори. Його ще називають *інженерно-геологічним методом*.

Розповсюдження сейсмічних хвиль є нерівномірними в просторі, що є наслідком неоднорідності геологічної будови.

Вся накопичена інформація перероблюється в еколого-геологічну ГІС та карту м. Києва (рис. 4.44).



Рис. 4.44. Методи побудови гіпергенезичної карти м. Києва

На гіпергенезичній карті м. Києва показані можливі епіцентри землетрусів. Слід зазначити, що гіпергенезична карта використовується як карта надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

*Картографічний моніторинг сейсмічної небезпеки м. Києва* дозволяє вказувати на тенденцію розвитку сейсмічності даної території. *Електронна карта сейсмічності земної кори у м. Києві* дає можливість прогнозувати рухи блоків Українського щиту. Тому будівельні організації та установи різних форм власності повинні враховувати, що м. Київ знаходиться у зоні середньої сейсмічної активності. Якщо проаналізувати карту (рис. 4.46) приходимо до висновку, що небезпечними є Печерський, Шевченківський та Дніпровський райони.

*Астрономічними і геодезичними методами* на базі геофізичних даних зонами підняття є вулиці Мазепи та Лаврська, Омеляновича-Павленка, проспект Перемоги (Брест-Литовський), проспект Героїв Сталінграду (Володимира Івасюка), Маяковського та ур. Видубичі (сельклінальні зони).

*Антиклінальні території* мають велику сейсмічну аномалію – зону Беньофа, тобто епіцентри землетрусів.

Через все тематичне поле карти проходять *ізосейсти* – лінії з однаковими амплітудами коливання *межі Мохо*. Це лінія розповсюдження сейсмічних хвиль. Це канали за якими проходить енергетична напруга земної кори м. Києва.

*Флексури вісі Спредінга* розділяють місто на дві геолого-енергетичні підзони, які рухаючись один до одного підвищують *самосейсмічність астеносфери*. До цього визначаються ще й особливості *геологічної будови земної кори у місті*.

Використані оцінки показують, що геодинамічні варіації коливання сейсмічних хвиль проходять на глибини, величини якої якраз характеризує відступи квазігеоїда від геоїда:

$$\Delta H^g = \left(1 - \frac{\gamma_m}{g_m}\right) \cdot H_{\text{вим.}} \quad (4.1)$$

де:  $\Delta H^g$  – трансформація ортометричної висоти,  $H^g$  – нормальна висота,  $g_m$  – прискорення сили тяжіння у вільній атмосфері,  $H_{\text{вим.}}$  – геодезична висота від рівня астеносфери,  $\gamma_m$  – нормальна сила ваги.

Розрахуємо показники руху земної кори під м. Києвом. Прийmemo що:  $g_m = 9.8 \text{ м/с}^2$ ,  $g_m - \gamma_m = 0.003 \text{ м/с}^2$  та  $H_{\text{вим.}} = 5 \text{ км}$ , то різниця  $H^g - H^s = 2.4 \text{ м}$ ; для більш рівнинних районів м. Києва, при  $g_m - \gamma_m = 0.0005 \text{ м/с}^2$  та  $H_{\text{вим.}} = 1 \text{ км}$  різниця буде біля  $5 \text{ см}$ .

Одним із провідних методів в дослідженні є *супутниковий*. За даними *супутникового радіовисотоміра* визначається висота геоїда на даній місцевості (рис. 4.45). Потім дані порівнюються із *гравіметричними даними*.

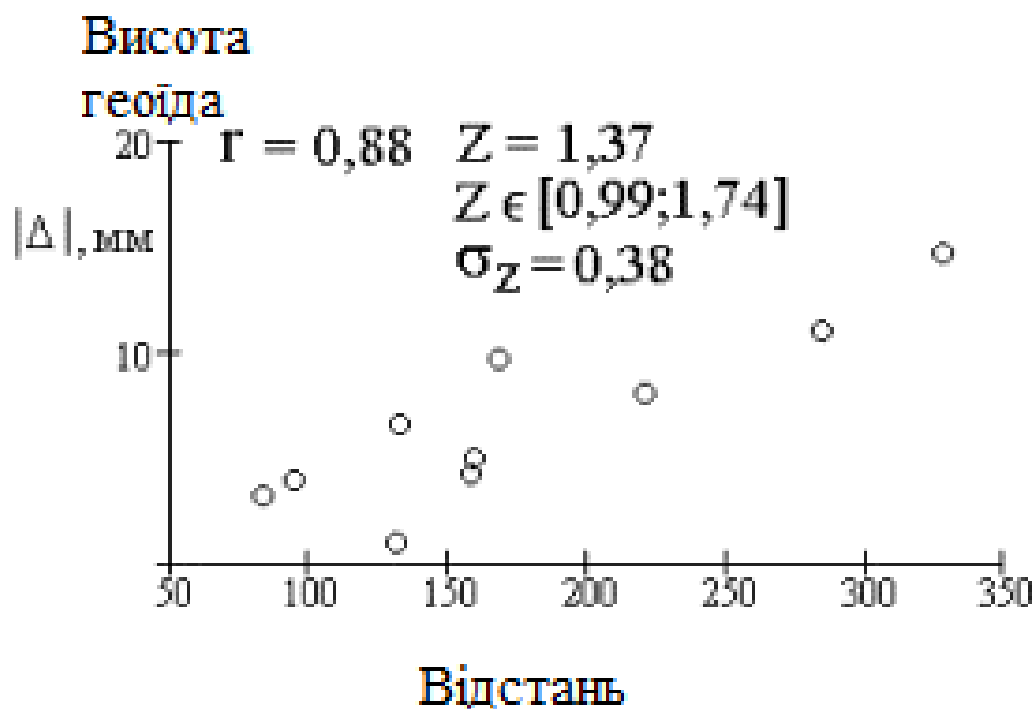


Рис. 4.45. Профіль висоти геоїда, отриманий методом GPS-нівелювання

За цими даними укладається *карта астроном-геодезичних висот м. Києва* – основа гіпергенезичної карти міста.

Наступний метод, який застосовувався в моніторингу – *світлолокації Місяця*, що дає можливість вивчати динаміку руху земної кори. Сутність методу полягає у вимірюванні напрямків імпульсивними лазерними далекомірами до кутових відбивачів, доставлених на поверхню Місяця американським КА. Визначається *Грінвіцький зоряний час* проходження відбивача через *місцевий меридіан*. Найбільш точні стаціонарні прилади дозволяють зафіксувати динамічні явища із Землі із середньоквадратичною похибкою 0,2 м.

Головним є *метод довгобазисної радіоінтерферометрії*. Розглянемо принцип дії методу. Нехай ведеться прийом синусоїдального радіосигналу з квазару антенами 1 та 2 від випромінювача, значно віддаленого порівняно з довжиною бази між антенами. Це робить для того, щоб вважати напрями радіопроменів на нього з антен паралельними. Зрівняння фаз, прийнятих антенами сигналів визначається час проходження фронту хвилі від антен 2 до антени 1. Знаючи швидкість світла можна визначити довжину переміщення фронту хвилі з 2 в 1, а по ньому при відомій відстані між базами відповідний кут. За різницями прийому сигналу визначають рух земної кори. При цьому потрібно робити поправку за «хрест Ейнштейна» (гравітаційне лінзування), кривизну простору-часу та релятивістські космогонічні ефекти.

Після завершення усіх лабораторних камеральних обробок створюється проєкт *гіпергенезичної (еколого-геодезичної) карти* у масштабі 1 : 40 000. Нами розраховано, якщо землетрус у Карпатах більше 7 балів, то згідно закону

*Гутеаберга-Ріхтера*, час проходження сейсмічної хвилі від епіцентру землетрусу до м. Києва пройде за 1 хв. 2 сек.

З точки зору попередження відповідної надзвичайної ситуації природного характеру постає проблема проведення *моніторингу землетрусів у м. Києві*. Він проводиться на базі картоінформаційних технологій.

Укладена *гіпергенезична карта м. Києва* (рис. 4.46) демонструє сучасні рухи земної кори у горизонтальних та вертикальних напрямках. Створена на основі картографічного забезпечення «Призрак» – *геодезичної геоінформаційної оболонки моделювання сейсмо-тектонічної ситуації* на десятиріччя наперед. Це дає можливість запобігти масовим руйнуванням в разі потужного землетрусу більше 7 балів.

Модель запрограмована таким чином, що в разі такого землетрусу, наприклад катастрофічного 10-12 балів, столиця України понесе великі матеріально-технічні втрати внаслідок провокування землетрусом похідних техногенних катастроф. Це руйнування кийівської греблі, вибухи технологічних систем забезпечення. Це все спровокує національну катастрофу.

*Гіпергенезична карта м. Києва* – фундамент розробки нової запобігаючої програми в разі подібних надзвичайних ситуацій. Місто Київ в територіальному плані на 2020 рік представляє щільно забудований антропогенний та техногенний ландшафт із невеликою часткою природних комплексів. А це означає, що в разі *надзвичайної ситуації еколого-геологічного характеру* центральною стане проблема ліквідації саме техногенних наслідків катастрофи. Наприклад, для міста розрахована верхня критична межа кількості поверхів у забудовах. Це максимум 16 поверхів. Зараз є споруди понад 30 та 45 поверхів. І це є небезпекою. Не кажучи вже про проблему гасіння пожеж на таких висотних рівнях.

*Карти геодинаміки м. Києва* повинні стати фундаментом всіх інженерних та будівельних робіт у м. Києві.

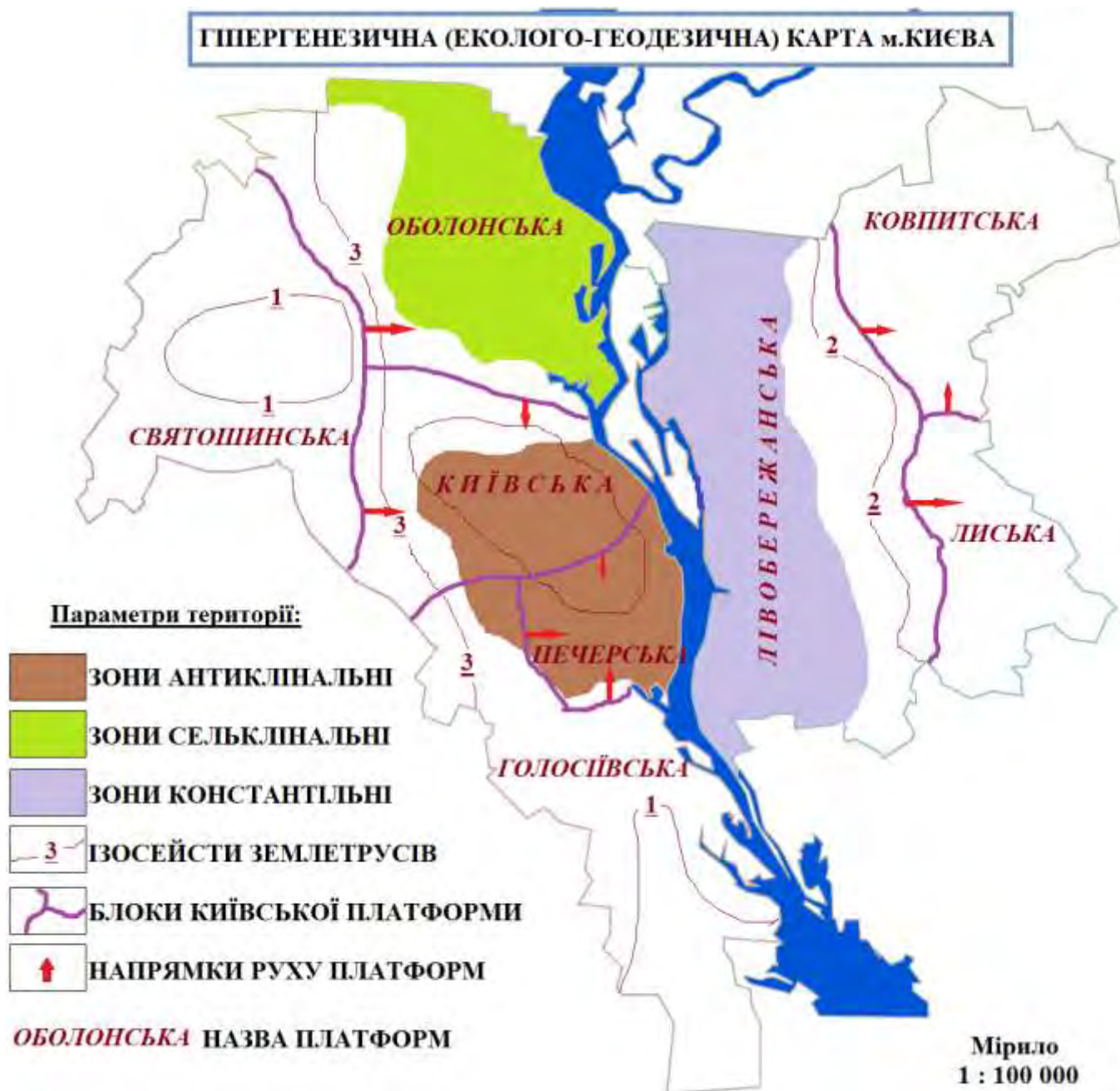


Рис. 4.46. Гіпергенезична карта м. Києва

*Сейсмічний комп'ютерний моніторинг* дає повну інформацію про дійсні природні явища, які спостерігаються з рухами земної кори. Використовуючи вище зазначені методи складається проєкт *сейсмічного моніторингу надзвичайних ситуацій* за допомогою технічних прийомів *космічної геодезії*. Метою методів є визначення координат точок місцевості та моделювання їхнього «*топографічного дрейфу*». За цим показником визначаються горизонтальні рухи астеносфери. Таким чином визначається *геодинаміка рельєфу Київської агломерації*.

Вищевикладені методи та їх застосування дає забезпечують корегування «*Генерального плану м. Києва*» із розширення міста, недопущення будівництва небезпечних інженерних конструкцій та споруд. Проєктування за технологією підвищеної сейсмостійкістю необхідно проводити на платформах м. Києва з

урахуванням аномалій магнітного, гравітаційного поля та регенерацією ендегенних процесів під астеносферою міста.

Результатом проведеного *картографічного аналізу* є візуалізація *природної сейсмічності міста*. Якщо топографічна маса міста не має ознак дії внутрішніх енергетичних сил планети, то необхідно казати про *сейсмоконстантність території*, яка зараз спостерігається у м. Києві.

У м. Києві активно розвиваються ендегенні процеси, викликані тектонічними та техногенними вертикально-горизонтальними рухами Землі – формування «*чаши опускання*» м. Києва. На 2020 р. Показник дорівнює майже одного метра.

Створена *гіпергенезична (еколого-геодезична) карта* є картографічним документом запобігання у системі розробки програми екологічної безпеки м. Києва.

Карта є керівним документом при виникненні катастрофи, за матеріалами якої необхідно проєктувати заходи ліквідації наслідків екологічного лиха.

#### 4.9. Моніторинг екологічних катастроф у м. Києві

В екологічній історії м. Києва можна знайти перелік природних та техногенних надзвичайних ситуацій та катастроф. Це війни, пожежі, землетруси, полярні сьйва, повені та епідемії, які фіксувалися в літописах, документах та картах періодично. Подамо історичний зріз задокументованих екологічних катастроф та надзвичайних ситуацій.

У 1017 р. при великій пожежі в місті згоріло 700 будинків. Наслідком стала зміна системи розселення містян на суміжних до Старого Міста територіях.

У Повісті Временних Літ Нестора Літописця є запис: «... в рік 6573 (1065 рік н.е.) було знамення на Заході, зірка велика з променями як би кривавими. З вечора сходила вона на небо після заходу Сонця, і так було сім днів. Пізніше в Сетомль було знайдено істоту (ця річка протікала біля Києва, по луках Оболоні, впадала в річку Почайну). Її витягли рибалки в невід і розглядали його до вечора і знову кинули в воду. Був же він такий: на обличчі у нього були сороміцькі частини, а іншого не можна і сказати сорому ради. Перед тим часом і Сонце змінилося, і не стало світлим, але було як Місяць...» (рис. 4.47).



Рис. 4.47. Явище на Києвом 1065 р.

У 1092 р. м. Київ був охоплений чумою, від якої померло більше семі тисяч киян.

У 1100 р. від м. Києва до м. Володимира Волинського спостерігався сильний землетрус. У матеріалах Печерських літописів є запис «...ледве церкви встояли, а шкоди багато учинилося, хрести із бань попадали...».

5 лютого 1108 р. над Києво-Печерською Лаврою з'явився «вогняний стовп» та був землетрус.

У вересні 1122 р. у м. Києві відчувався землетрус.

Сильна пожежа у липні 1124 р., що тривала дві доби, перетворила більшу частину міста на попил. На Подолі згоріло 600 будинків. У цьому ж році трапилося два землетруси та сонячне затемнення, що викликало жах серед киян.

Суздальський літопис стверджує, що в м. Києві у 1145 р. пожежею було знищено пів Подолу.

У 1224 р. зафіксовано появу над містом комети: «...це була зірка надзвичайної величини, яка показувалася на Заході міста протягом тижня, освітлюючи небо яскравим сяйвом. У той же рік трапилася неслыхана посуха ... ліси, болота горіли полум'ям, клуби диму закривали Сонце, імла затягнуло повітря та мертві птахи падали на землю...».

У 1346 р. Київ охоплений моровою язвою (бубонною чумою), «...від якої тоді майже все місто спорожнів...».

У 1424 р. у м. Києві новий спалах морової язви.

Запис 1603 р.: «...у той час Київ та вся Україна була охоплена надто сильною моровою язвою, так й замок київський внаслідок пожежею був охоплений...».

У 1710 р. Київ повторно спіткала чума.

1770 р. – епідемія чуми. У місті з 20 тис. мешканців 4 тис. померло.

26 березня 1790 р. трапився землетрус.

27 листопада 1793 р. у м. Києві знову був землетрус.

9 липня 1811 р. серед доби трапилася катастрофічна пожежа на Подолі. Він увійшов у трійку наймасштабніших у ХІХ ст. Очевидцем трагічних подій став директор гімназії Я. Мишковський, який доповідав доповідав своєму керівництву наступне: «...перед назгасаючим вогнем не змогло встояти ніякий кам'яний будинок, ні склеп, ні церква, хоча й криті залізом та були вимощені; погребі з залізними дверима та рамами, якщо мали хоча що небудь дерев'яне або самий малий отвір, вигоріли також. Протягом шістнадцяти годин поглинання незвичним полум'ям важлива частина м. Києва, що відома під назвою Поділ згорів. Це 1176 будинків, Духовна Академія із Братським монастирем, Грецький монастир, Флорівський монастир, 11 кам'яних церков та 4 дерев'яних приходських, оби дві пошти, Магістрат, Контрактовий будинок та запаси різної деревини та інших товарів на березі ставали здобиччю вогню ... більша частина Подолу вигоріла, лише невелика Північна сторона за Нижнім Валом – вулиці Костянтинівська, Введенська та Волоська вцілилися...».

Постраждали подоляни вимушені були тулитися у куренях на Оболоні. Серед них мешкав відомий проповідник протиерей Іван Леванда. Він писав до однієї своєї знайомої: «... Ви дуже пам'ятаєте наш чудовий Києво-Поділ. Але тепер його не має. Його не існує. 9 липня його знищила страшна пожежа, не жалкуючи у ньому нічого при посусі, вітрі та плам'яному вихорі. Церкви, монастирі, будинки зруйнувалися в огні та попилі. Навколо жах, але вигляд Флорівського монастиря, після спалених до фундаментів келій, в яких загинуло 30 з лишком тіл монахинь та послушниць, які задихнулися та обгоріли, перевершували інші жахи...».

Вночі з 9 на 10 лютого 1821 р. протягом 15 хвилин був сильний землетрус.

1831 р. За свідками географа, історика та киевознавця Миколи Закревського (1805-1871), «...у перший раз з'явилася у багатьох місцях Росії страшна хвороба Холера, проникла в Київ та призвела велике спустошення...».

11 січня 1838 р. трапився землетрус. Ректор університету Св. Володимира М. Максимович, що мешкав на Печерську, згадував: «...почувся дивний гул, що схожий на літній шум екіпажів по бруківці. Дивлюся: на стіні у мене захитався, як маятник, портрет наого приснопам'ятного професора Данилевича, а на столі моему захитався великий підсвічник. Це продовжувалося біля трьох хвилин...».

У 1845 р. повінь на Подолі повністю знищела будинки та 451 дім пошкоджений. Рівень води в р. Дніпро склав 779 см.

Під час епідемії холери 1847 р., що продовжувалася до 1 серпня, померли 990 киян.

4 та 5 липня 1848 р. йшов такий сильний дощ, що «...Хрещатицька вулиця до того наповнилася водою, що між будинками перервалося будь-яке сполучення; вода

стояла у пів зросту людського...». Це вийшла з берегів р. Хрещата, що протікала по самісінькому центрі вулиці.

6 червня 1849 р. трапилася сильна буря. Вона згинала та ламала хрести на банях багатьох церков, пошкодила багато будов, завалила паркани та вирвала з коренями фруктові дерева у садах.

У 1853 р. місто було охоплено епідемією холери: захворіли 1437 мешканців, з яких померли 813 осіб.

Увесь липень 1908 р. спостерігалось полярне сяйво, що було викликано падінням Тунгуського метеориту (30.06.1908 р.).

23 вересня 1908 р. трапився землетрус. Газета «Киянин» писала: «...у величезному п'ятиповерховому будинку А.П. Слінко на Андріївському узвозі серед мешканців трапилася справжня паніка. Квартиранти, особливо із верхніх поверхів, в переляку повискакували та кинулися вниз, я вирішив, що будинок повзе та валиться. Один пан, що сидів за письмовим столом, явно відчував, як його та стіл декілька разів підкинуло, при чому двері та стільці стукали, шпалери тріщали, штукатурка дала тріщину...».

У весняну повінь 1917 р рівень води у р. Дніпро піднявся до позначки 785 см.

З 26 квітня по 10 травня 1931 р. трапився небувалий розлив Дніпра. 2 травня був зафіксований рівень води 853 см. Була затоплена вся прибережна смуга обох берегів Дніпра. На лівому: Труханів острів, Передмістна, Микільська, Кухмістерська Слобідки. На правому: Теличка, всі набережні вулиці та деякі райони Подолу до Кирилівської вулиці. Під водою виявилися Ігорівська, Андріївська, Борисоглібська, Ільїнська, Нижній та Верхній Вали, Ярославська, Щекавицька, Юрківська, Оболонська та Введенська вулиці. Про що свідчить гідрологічний історичний ландмарк на вулиці Юрківській 34-А, коп. А (рис. 4.48).



Рис. 4.48. Пам'ятна дошка про відмітку рівня води в 1931 р.

Для захисту промислових підприємств були зведені заслони висотою до двох метрів із цегли, щебеню, мішків із піском. На Подолі та Лівому березі у загальній кількості було знищено та пошкоджено 2700 будинків.

13 березня 1961 р. трапився прорив земляної дамби у Бабиному Яру. У повідомленні урядової комісії від 31 березня говорилося, що загинули 145 осіб та 143 доставлені до лікарні. Висота потоку рідкої земляної маси, рухалася зі швидкістю 5,16 м/сек., склала на окремих ділянках більше 10 м/сек. За 30 хвилин потік змив все, що було на його шляху. Було зруйновано 163 будинки (248 квартир), де мешкали 1228 громадян.

4 березня 1977 р. зафіксовано землетрус силою 3 бали. Була паніка серед киян, але ніяких наслідків не було. Епіцентр, як завжди знаходився у горах Вранча Румунських Карпат.

26 квітня 1986 р. сталася Чорнобильська катастрофа у 130 км. від міста Києва. Напередодні над м. Буча спостерігалось гало у вигляді хреста.

30 травня 1990 р. стався землетрус силою 4-5 балів за шкалою Ріхтера.

27 жовтня 2004 р. стався черговий землетрус силою 4 бали.

2019-2020 рр. Вперше за 140 років метеорологічних спостережень у м. Києві не наступила зима.

Весна-літо 2020 р. у м. Києві оголошений беспрецедентний карантин у зв'язку із поширенням пандемії коронавірусної інфекції COVID-19. Оголошено надзвичайну ситуацію природного характеру медико-бактеріологічного походження. Зупинена робота громадського транспорту. Громадянам заборонено без нагальних потреб виходити з дому.

Необхідно визначити генезис та періодику екологічних катастроф у м. Києві.

Сучасний *прогноз екологічних катастроф* здійснюється за допомогою *математичного аналізу, космічних знімків та обґрунтування отриманих даних космологічними законами*. Це *новітня задача* у дослідженні генезису катастроф. Бажано виявити, як впливають процеси в космічному просторі на розвиток планети у цілому та з'ясувати кореляцію між енергетичним балансом планети та періодичністю катастроф у м. Києві.

Зосередимо увагу на *космологічному червоному зсуві*. З наукової точки зору задача дослідження космологічного зсуву обумовлена багатьма факторами: точністю вимірювання космічних об'єктів та відстані до них. Звичайно, що *невидимі чорні діри* змушують підвищити точність вимірювань, використовувати *інтерферометри типу Merlyn*.

*Космологічний червоний зсув* – це зсув ліній у бік довгих хвиль у спектрі, який отриманий від далекого космічного джерела. Обираємо для м. Києва галактику С (рис. 4.49). Вибір узгоджується із співвідношення різниці прийнятої і випущеної довжин до випущеної довжини хвилі із Головної астрономічної обсерваторії у Голосіїві. Якщо лінія водню Лайман-Альфа з довжиною хвилі  $\lambda_1 = 1216 \text{ \AA}$ ,  $\text{\AA}$  – астрономічна одиниця на довжині хвилі  $\lambda_2 = 4864 \text{ \AA}$ , то червоний зсув Галактики Z дорівнює:

$$Z = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_2} = \frac{4864 - 1216}{1216} = 3 \quad (5.2)$$

З цього виразу робимо висновок, що чим вище число  $Z$ , тим простір-час на даній ділянці (м. Київ) *алотропічний*. Це тягне за собою ймовірність космічних катастроф на рівні 0,3-0,4 за розподілом Гауса. Це може проявлятися у вигляді частих метеоритних дощів та зоною постійної перегелізації небезпечних космічних об'єктів. Для Києва показник  $Z = 3$ . Ймовірність таких явищ невелика, від 0,1 до 0,3 одиниць розподілу за Пуасоном.



Рис. 4.49. Галактика NGC 1365

*Червоний зсув* називають ще *ефектом Доплера*. Знаючи червоний зсув  $Z$  визначаємо швидкість відліту NGC 1365. Якщо швидкість невелика порівняно зі швидкістю світла, то це можна представити у вигляді формули:

$$V = c * Z = 300\,000 \text{ км/с} * 3 = 900\,000 \quad (5.3)$$

У даному випадку  $Z > 1$ . Це означає, що швидкість NGC 1365 пов'язана із більш складним процесом, зв'язаним із *кривизною простору-часу*.

*Кривизна простору-часу* зв'язана з гравітацією або зі зміною щільності просторової космічної речовини. Щільність речовини Сонячної системи галактики Чумацького шляху (рукав Оріону) дорівнює  $10^{-29}$  до  $10^{-31}$  г/см<sup>3</sup>.

При червоному зсуві розраховуємо відстань до NGS 1365, застосовуючи закон Хаббла:

$$V = H_0 * r \quad (5.4)$$

$H_0$  – постійна Хаббла та дорівнює 75 км/(с \* Мпк)

Використовуючи дані для галактики М 104 (бачимо у зимні місяці на небосхилі широти м. Києва):  $\lambda_1 = 21$  см,  $\lambda_2 = 21,2$  см, то червоний зсув галактики  $Z$  дорівнює:

$$Z = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{\lambda_2} = \frac{21,0 - 21,2}{21,2} = -0,01 \quad (5.5)$$

$$r = \frac{V}{H_0} = \frac{C * Z}{H_0} = \frac{300000 * 0,01}{75} = 40 \text{ Мпк} \quad (5.6)$$

*Мпк* – мегапарсек, парсек, одиниця вимірювання в *астронометрії* та дорівнює часу, що проходить світло за один астрономічний рік.

*Червоний зсув є мірою часу катастроф для даної території планети звідки спостерігається.* Дані, які підраховані вище компонується в єдиний закон виникнення та циклічності катастроф Герципрунга-Рессела.

Для м. Києва за результатами спостережень галактик М 104 та NGS 1365 розрахована періодичність природних катаклізмів, яка має середньостатистичне значення 10,9 років.

Таким чином періодичність екологічних катастроф для м. Києва становить біля двох тисяч років. Це підтверджено археологічно київським дослідником В. Хвойком на стоянці Кирилівській на Подолі. Були знайдені докази сильного землетрусу, що зруйнував місто, яке існувало на території сучасної столиці України. Також ця теорія підтверджує *гіпотезу циклічності цивілізації* на нашій планеті.

За даними наукових досягнень в області *позагалактичної астрономії* та *космогонії* отримуємо математично обґрунтований модельований синусоїдальний час періодизації виникнення катастроф. Треба зазначити, що відповідна теорія надзвичайно ефективна при прогнозуванні цих процесів у *моніторингу впливу гравітаційного випромінювання на екологічні катастрофи у м. Києві*. Це дозволяє виявити взаємозв'язок між обміном енергії планети та енергетичним балансом довкілля-простору із часом.

*Космологічні закони*, за якими визначені для м. Києва період екологічних катастроф та напруга земної кори є *інноваційним у динамічній геодезії*, а також при картографуванні *нетрадиційних надзвичайних ситуацій природного характеру (космічного генезу)*.

Застосування космологічних законів в наукових дослідженнях набагато менші ніж *передові космічні фотограмметричні технології*. Їх застосування є на зародковому етапі, у зв'язку з накопиченням нових фактичних даних про геофізичні особливості сейсмічно активних зон земної кори. Вивчення їх динаміки за допомогою високочутливої геофізичної апаратури визначає кореляцію зі станом здоров'я людей на визначених територіях.

Відповідні дослідження мають за мету виявляти тісні зв'язки між станом здоров'я людини та локалізацією *геоаномальних зон*, функціонування біогеоценозів м. Києва. Визначення на їх території аномальних значень теплового, гравітаційного, електромагнітного поля та радіаційного випромінювання.

Основними джерелами енергетичних випромінювань є *ендогенні* (з надр Землі) та *екзогенні* (з Космосу). Вважаємо, що біосфера нашої планети має єдине енергетичне поле із своєрідною структурою та такими головними складовими енергетичних випромінювань, як електромагнітні, електричні, теплові, інфрачервоні, надвисокочастотні поля. Регулятором взаємодії живих організмів з енергією навколишнього простору є *енергетичні оболонки*, що оточують всі живі й неживі об'єкти матеріального світу.

Використовуючи *космологічні закони* та *космічні технології* (космічні знімки, дані дистанційного зондування) складаються *геоенергоаномальні карти м. Києва*. Таким чином створюємо *прогнозні геопросторові моделі екологічних катастроф* за даними визначення *енергетичного потенціалу території м. Києва*.

*Геоенергоаномальні зони* поєднані з геологічними аномаліями. Це розломи, тріщини в земній корі, ділянки значної концентрації напружень високих теплових потоків з надр Землі, карстові підземні порожнини, підземні потоки, рудникові штольні, родовища металів.

За своєю формою *геоенергоаномальні зони* поєднуються із *геоекологічними аномаліями*. Це смуги, лінії (лінеamenti) та кільцеві утворення різного діаметру. Найдовші з таких смуг або лінеamentів дешифруються на космічних знімках м. Києва.

Згідно з результатами досліджень за допомогою *передових космічних програмних засобів*: SarSAT, UniSat, UfoSAT, *геоенергоаномальні зони визначені в системі геодезичних координат*.

*Геоенергоаномальні зони* відіграють надзвичайно важливу роль. По-перше, це канали вертикального перетікання електромагнітної енергії в системі «літосфера – атмосфера-Космос». По-друге, як канали перетікання речовини із глибинних зон Землі до її поверхні. Контроль за цим явищем – *сейсмічний екологічний контроль* на Печерську проводить Державне космічне агентство України. По-третє, як регуляторний механізм у розрядці тектонофізичних напружень шляхом електромагнітного перевипромінювання надлишку енергії в атмосферу та іоносферу. Останнє, зокрема, підтверджується тим, що над *геоенергоаномальними зонами земної кори* спостерігаються ділянки особливих *екоенергетичних і метеорологічних збурень* в атмосфері.

Дослідженнями встановлено, що в *геопатогенних зонах* мають місце негативні процеси: нерівномірні осідання будівельних конструкцій, підвищена корозійність трубопроводів та інші фактори. Особливо небезпечними є ділянки, розташовані в

місцях перетину гепатогенних зон кількох напрямків. Слід зазначити, що місця для будівництва таких споруд як, Чорнобильська, Рівненська та Хмельницька АЕС були обрані проєктувальниками невдало. Адже ці станції споруджено саме там, де перетинаються гепатогенні лінементи.

Іншим методом виявлення *геоенергоаномальних зон* є аналіз даних космічного дистанційного зондування. Такі зони виявлені і на території м. Києва. На космічному знімку м. Києва та прилеглих територій вдалося розпізнати два довгих лінементи, що перетинаються у вигляді літери X та три концентричні кільцеві зони. Такі структури видно на космічних знімках решти території України, а також інших країн. Це так звана сітка Хартмана.

Центр складної сітки *кільцевих геоенергоаномальних зон* розташований на горі *Клинець*, поряд зі *Старокиївською горою*. *Проблема енергоаномальних зон м. Києва* потребує подальшого дослідження. Ймовірно, що гепатогенними є не всі кільцеві зони, а лише їх сегменти (рис. 4.50, 4.51). Більш повно гепатогенні зони представлені на карті І. Чуда (рис. 4.52) та карті аномалій В. Ляшенка (рис. 4.53) [21];

Деякі аспекти знайшли своє відображення в *еколого-астрологічних картах м. Києва* (рис. 4.54, 4.55). За їх допомогою, на думку еніологів, можливо визначати часові характеристики *потенційних природно-техногенних небезпек*. До переваг цих *еколого-астрологічних карт* можна віднести те, що це саме карта, а не схеми міста. Вони виконані фахівцями-картографами на базі топографічної картооснови Києва. Це дозволяє з високою точністю поєднувати геоінформацію кожного окремого явища природи з енергетикою міста і оцінювати їх резонанс.

Після ретельного аналізу карт Києва, визначена гора Дитинка як центр кола, що височіє посеред урочища Гончарі-Кожум'яки. У карті дається досить докладний опис районів Києва, настільки, наскільки це можливо в рамках даного видання. Показані деякі загальні моменти, які характерні для прояву енергетики на місцевості, а також на деяких можливостях професійного використання цих карт.

Звичайно, що дана інформація може бути виключно рекомендаційною та такою, що науково популяризує питання вирішення *проблем екологічної безпеки Києва*.

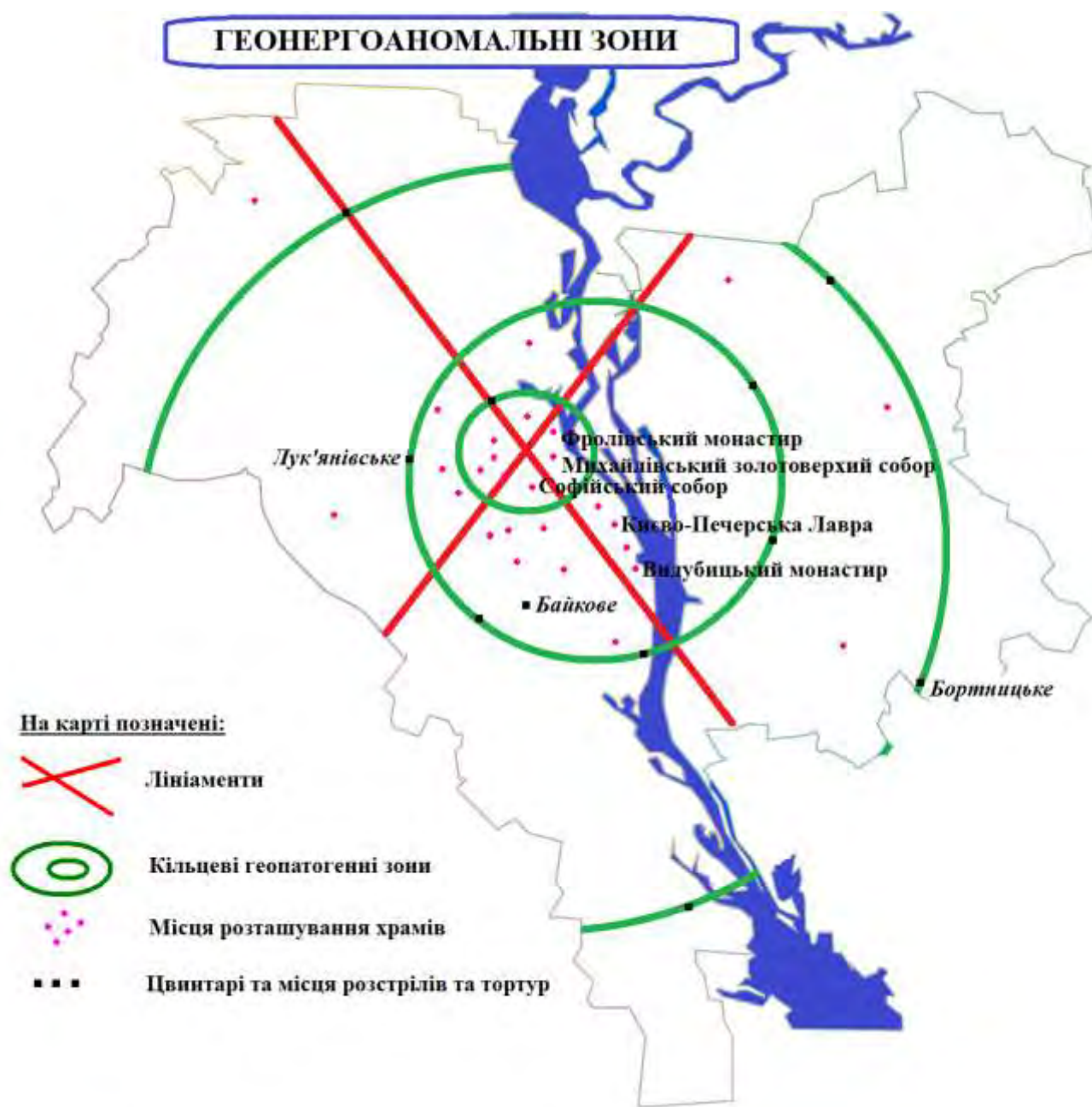


Рис. 4.50. Карта геоенергоаномальних зон м. Києва

У першій чверті ХХІ ст. *екологічні космогеодезичні дослідження* набувають пріоритету у будівництві. Дані *космології, екогеографії і геодезії* формують новий науковий напрямок – *космокодезію*.

Новий напрямок у прогнозі катастроф дає більш конкретний та точний прогноз. Він ґрунтується на моделюванні за даними статистичного аналізу. В майбутньому це стане документом, застосовуючи його можна укласти детальні плани місцевості, застосовуючи *космологічні закони* та картографічні технології. Вони стануть в нагоді будівельним та проєктним організаціям. Вони акумулюватимуть геоінформацію про екологію, геологію, геофізичні поля, знання про важливі при розплануванні відповідальних інженерних споруд та конструкцій систем життєзабезпечення суспільства.

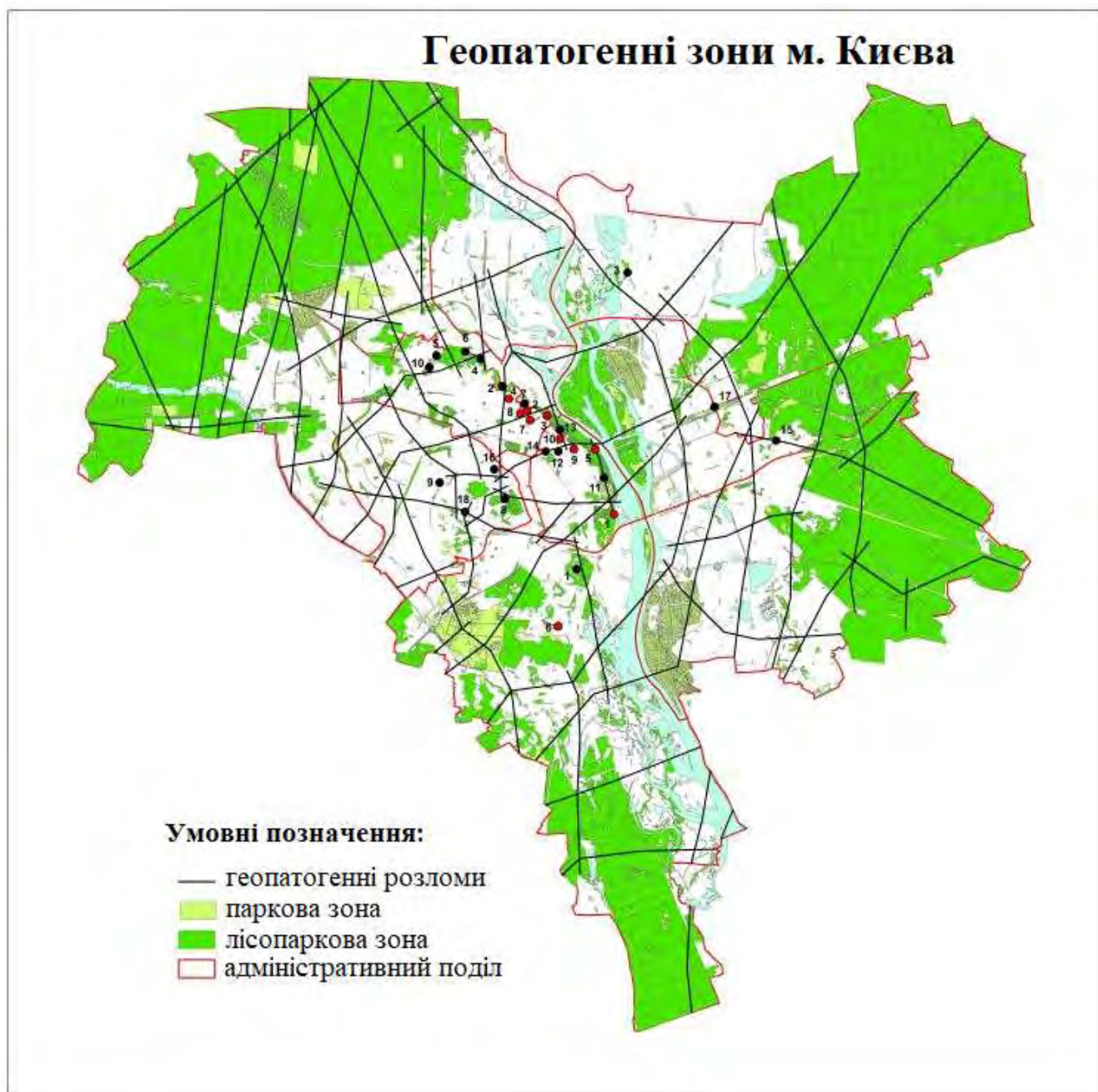


Рис. 4.51. Карта геопатогенних зон м. Києва (2000 р.)





Рис. 4.53. Карта аномальних явищ в м. Києві (автор В. Ляшенко, 2011)

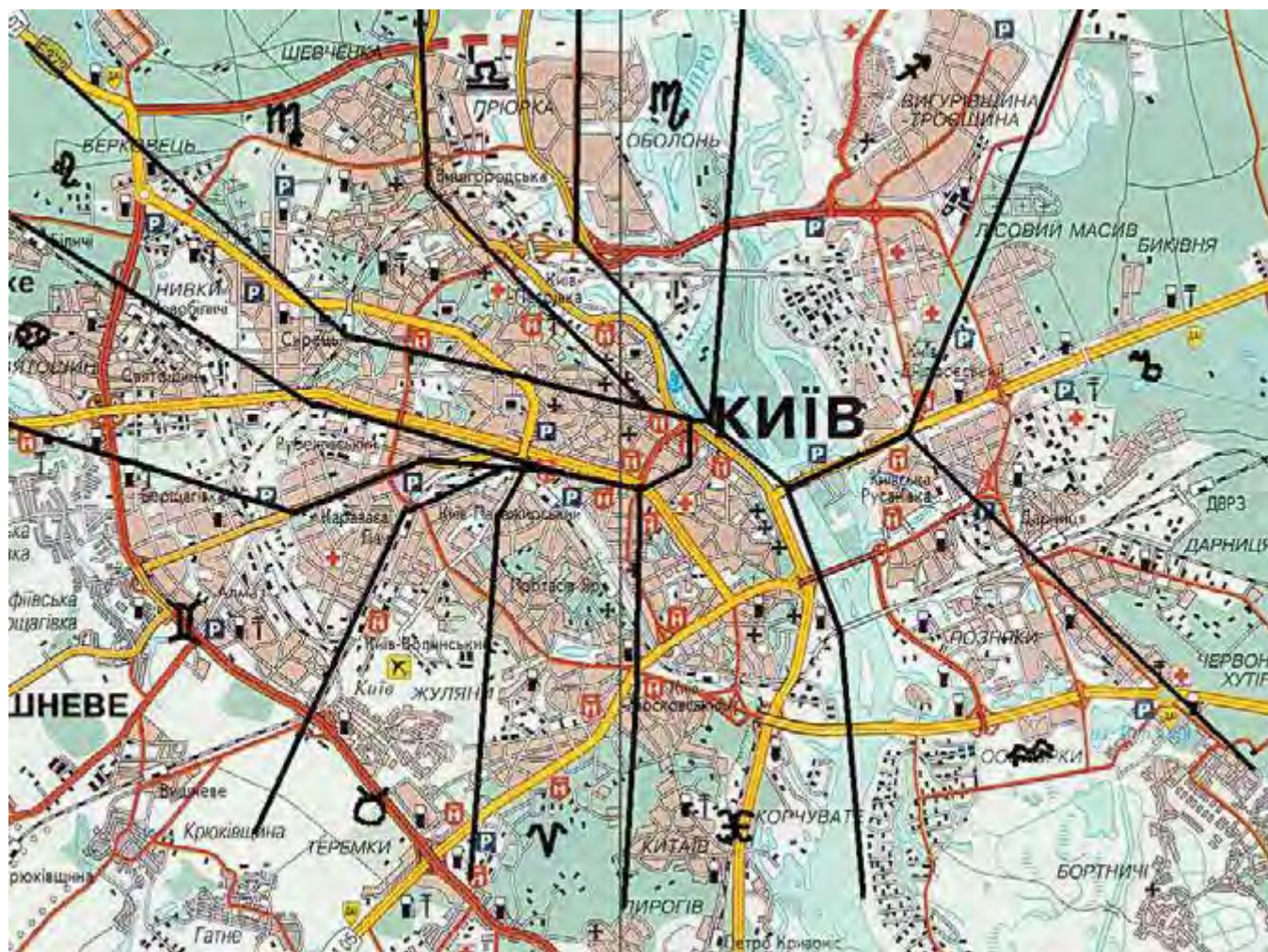


Рис. 4.54. Астролого-топографічна карта м. Києва, 1998-2004 рр.



Рис. 4.55. Астролого-екологічна карта, 2011 р. (Автор П. Міхлін, 2011)

## Висновки до розділу

Екологічний обсерваційний моніторинг був апробований на території м. Київ з точки зору стану навколишнього середовища.

Вперше в еколого-картографічний аудит було запроваджено новий глосарій громадських вулично-довідкових навігаційних картосхем навколишнього середовища м. Києва. Вони інформують про природні, техногенні, аномальні та інші потенційно-небезпечні явища, суцільні та дискретні процеси та явища довкілля столиці. Проведена їх класифікація та представлений детальний опис. Укладена кореляційна картографічна модель територіальних особливостей розташування картографічних аншлагів, постерів та інших карто вказівників. Вони виконують попереджувальну функцію.

Проаналізовано трансформацію топографії м. Києва під впливом урбанізаційних процесів та міського природокористування. Описані сучасні кліматичні характеристики території м. Києва, що обумовлені зміною синоптичних показників.

Були проведені екологічні експедиційні дослідження м. Києва за двома новими природно-територіальними пам'ятками довкілля-простору: а саме територією пам'ятки довкілля місцевого значення «Історичний ландшафт Київських гір та долини р. Дніпро» (регіональний ландшафтний парк «Дніпровські острови») та у долині каскаду озер Опечень (парк Почайна). Відповідні території ніколи не досліджувалися з точки зору еколого-гідрографічної характеристики, створення реєстру островів, флори, фауни, географічної, туристської та рекреаційної складової.

Вперше створений екологічний ортофотоплан пойми р. Дніпро та басейну р. Почайна. Представлений алгоритм проведення піших екологічних рекогностувань на відповідних місцинах. Визначені біологічні, геологічні, ботанічні, гідролого-метеорологічні та еніологічні небезпеки та шляхи їх попередження.

Визначені природоохоронні заходи, які потребують відповідні урочища та екозони для їх оптимізації та ревіталізації. Зазначаються сформульовані наукові задачі щодо поліпшення медико-географічних ситуації та збереження відповідних природних зон, які відіграють роль теплофізичного балансиру у формуванні теплового інфрачервоного поля природного та техногенного ландшафту столиці України.

Еколого-географічні експедиції по м. Києву визначили наступне:

1. природно-територіальний комплекс, що здатний відновлюватися знаходиться у критичному стані, особливо гідрографічна мережа, площа якої щороку зменшується. Це пов'язано із еволюцією ландшафтів під дією історико-урбанізаційних чинників, посушливим кліматом, відсутності опадів влітку та взимку, засміченням, осушенням водойм та знищенням підземних водних горизонтів;
2. необхідне створення нових територій природно-заповідного фонду, як річка Почайна (Почайнинський меліоративний канал), дніпровські острови поліпшують стан довкілля-простору, при чому як відкритих, так й закритих просторів. Зовнішній температурний градієнт та внутрішні мікрокліматичні та мікроекологічні показники у середині осель, предметно-орієнтованих та

функціональних приміщень є пов'язаними і визначаються станом здоров'я населення міста, яке є нижче середнього;

Вперше приділена увага та описані штучні гідрографічні об'єкти м. Києва: фонтани та бювети. Вони відіграють еколого-рекреаційну та релаксаційну роль у поліпшенні мікрокліматичних умов забудованих територій. Визначені вітальні властивості джерел та малих річок на території монастирів на паркових зон м. Києва. Укладена карта штучних джерел м. Києва. Вона надає інформацію про рівень, шари та ступінь зволоженості ґрунтів.

Укладена гіпергенезична (еколого-геодезична) карта м. Києва. Вона показує геотектонічну активність на території міста. Визначає швидкість вертикальних та горизонтальних рухів земної поверхні під впливом природно-техногенного антропогенного навантаження на довкілля-простір. Запроваджений новий лік висот – гіпергенезичний. Розрахована швидкість формування «чаші опускання м. Києва».

За теоретико-експериментальними підрахунками визначений період екологічних катастроф на території міста. Застосовування космологічних законів та передових космічних технологій, як наддовгобазисна радіоінтерферометрія. За основний об'єкт (космічний репер) було обрано Галактику із джерелом радіовипромінювання. Астронометрична обробка відповідних даних надала інформацію про потенційно небезпечні явища та процеси. Відповідно до їх часової амплітуди виникнення, сформульовані заходи попередження відповідних нетрадиційних надзвичайних ситуацій.

Визначений вплив гепатогенних геологічних зон на трансформацію довкілля-простору. Укладена карта геоенергоаномальних зон м. Києва із візуалізацією концентричних гепатогенних кіл. Запропоновані теоретичні аспекти виникнення гепатогенних зон та розташування на них потенційно небезпечних об'єктів.

## РОЗДІЛ V. ГЕОІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ПРИЙНЯТТЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ У м. КИЄВІ

*Інформаційно-аналітична система ГІС & GPS/GNSS-обсерваційного екологічного моніторингу міста Києва* є самостійним програмним твором, що складений на основі програмних модулів фірм ESRI та MicroStation та є спеціалізованою геоінформаційною системою узагальнення систематизації та оперативного прийняття екологічних рішень у галузі геоінформаційного картографування природно-територіального комплексу м. Києва. В основу покладено результати проведеного моніторингу м. Києва протягом 2016-2020 рр. В результаті створений геоінформаційного реєстр критичної антропогенної інфраструктури та небезпечних природно-територіальних комплексів м. Києва.

Показник, який надає можливість оцінити стан *природно-територіальних комплексів* та за допомогою якого формується відповідна база даних *екогеоінформаційної системи* із інформаційно-аналітичною складовою екологічної безпеки та даних екологічного обсерваційного моніторингу складається із наступних значень. Це антропогенне перетворюваність техногенно-трансформованих екосистем, інтенсивність трансформації ландшафту та площі природно-територіального комплексу (промислового майданчику). Він складає ядро геопросторового сегменту відповідної спеціалізованої ГІС. Модулі системи формують банки даних факторів забруднення навколишнього середовища в межах контуру досліджуваного *полігону природно-антропогенного (промислового) району обсерваційного екологічного моніторингу*.

Визначеним масштабом екогеоінформаційних моделей (векторних цифрових екологічних карт довкілля-простору) є 1 : 25 000 та 1 : 500 – 1 : 10 000 для окремих урочищ та ландшафтів. Цей масштабний ряд необхідний для оперативного виявлення джерел забруднення навколо підприємств, оповіщення відповідних аварійно-рятувальних служб для прийняття рішень по їх ліквідації, а також оповіщення населення про небезпеку та загрозу для здоров'я.

Відповідна інформація розміщується у відкритих (публічних) картографічних ресурсах та сервісах – геопорталах Інтернету: Google Earth, Google Map, OpenStreetMap, Wikimapia, а також на громадських (інформаційно-довідкових) картографічних зображеннях у відкритих та закритих просторах.

Представлені результати досвіду світової практики із забезпечення оптимальних рівнів екологічної безпеки та її прогнозування у спеціалізованих ГІС екологічного обсерваційного моніторингу довкілля-простору. Роботи виконувалися з метою покращення картографічної функціональності ГІС Golden Software Surfer. В ній створювалися геопросторові карти полів щільності. Формуються тематичні блоки серії екологічних карт з попередження та запобігання виникнення природно-техногенних загроз та впливу на здоров'я населення. *Вирішена наукова задача створення єдиної загальнодержавної системи геоінформаційного контролю за станом навколишнього середовища навколо потенційно небезпечних промислових підприємств.*

Мета проєктування відповідної *автоматизованої геоінформаційної картографічної системи* з питань екологічного обсерваційного моніторингу рівнів

екологічної безпеки територій полягає у вирішенні серії науково-технічних проблем. Це моделювання та маніпулювання інфраструктурою геопросторових даних спостережень при прогнозуванні стану навколишнього природного середовища у режимі реального часу. Збереження геопросторових даних у єдиній загальнонаціональній еко-ГІС, використовуючи дані аерокосмічної зйомки та інших методів, прийомів та способів дистанційного зондування, в т.ч. й обсерваційного екологічного рекогностування урбанізованих територій.

Математична модель будь-якої ГІС ґрунтується на великих експериментальних роботах. Враховуючи те, що такі дослідження у сфері управління екологічним моніторингом проводяться державними структурами, потрібно зосередити увагу на методології досліджень з проектування відповідної спеціалізованої ГІС для м. Києва.

Однією з важливих завдань *математичного ГІС-моделювання* є своєчасне виявлення нових даних про природні ресурси та довкілля м. Києва. Про їх стан, динаміку та формулювання рекомендацій щодо його оптимізації.

Наукові методи створення ГІС ґрунтуються на *парадигмах математичного лінійного програмування та методу найменших квадратів*. При складанні алгоритмів геоінформаційних досліджень не враховуються і не використовуються комплексна картографічна оцінка елементів архітектури баз даних екологічної ГІС.

Апарат математичного забезпечення програми, при інтегруванні баз даних злічує розрахований коефіцієнт екологічної завантаженості на природні ландшафти. Також математичний апарат запроваджує функцію інтеграла-обмежувача, що залежить від природних лімітуючих факторів екологічної репродуктивності екоцинозів м. Києва у меридіональному напрямку. Таким чином підсилюються програмні модулі та функціональність геоінформаційної системи.

Програмний апарат екологічної моделі *ГІС дослідження екосфери м. Києва* містить покладену в себе задачу просторового геоінформаційного аналізу стану літосфери післяаварійного періоду. Доцільно застосовувати ймовірнісні характеристики просторового аналізу біосфери міста, покладаючи в основу *парадигму замкненої енергетичної системи «геосфера-літосфера»*.

Загальна формула моделі такої біогеосистеми містить наступні компоненти: літосфера, атмосфера, гідросфера, біосфера, техносфера, педосфера; деякі біологічні кореляційні коефіцієнти, наприклад астронометричні моделі Герцшпрунга-Рессела. Вони дозволяють виявляти сталі геохімічні процеси у лімітованому навколишньому середовищі.

При запровадженні *біноміального розподілення у програмний алгоритм* екологічної ГІС підвищуються функціональні залежності математичної моделі від отриманих результатів. Тобто йде порівняння проектних показників із вже отриманими. Аналізуються архівні матеріали досліджень з новими практиками їх апробації, як делімітованої моделі.

Математична модель не буде повною для функціонування, якщо не запроваджено роботу, що визначатиме комплексні амплітуди значень при дослідженні природних аномалій. Таким чином забезпечується узгодженість отриманої вихідної ГІС-інформації, що кореспондується і взаємоінтегрується із форматами, що відображають взаємозв'язки явищ у довкіллі-просторі м. Києва.

Також використовуємо космічну інформацію при складанні алгоритму роботи геоінформаційної системи «Екологія Києва». Це вимагає координованої прив'язки моделі до *референц-еліпсоїда WGS-84* та дозволяє автоматизовану прив'язку ГІС-космічної інформації до геодезичної основи екологічної карти м. Києва.

Останнім часом активно постає питання розвитку нових методів програмування геоінформаційних систем екологічного змісту. Застосування В-сплайнових функцій в моделюванні процесів та явищ у навколишньому середовищі зазначає кореляційний зв'язок геоаномалій і забруднень довкілля.

Сформулюємо аксіому, якою визначається порядок алгоритмізації в програмі розробки архітектури екологічної геоінформаційної системи: *геоінформаційна система оцінки стану навколишнього середовища окремої території довкілля-простору має наступні функціональні модулі залежностей, які формують ментальну та віртуальну модель зовнішнього та внутрішнього природного та відповідно техногенного навантаження на довкілля та представляє дані у вигляді тематичних шарів єдиної екологічної карти.*

Представимо функціонально-кореляційну блок-схему математичної моделі геоінформаційної системи «Екологія Києва» - геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень (рис. 5.1).

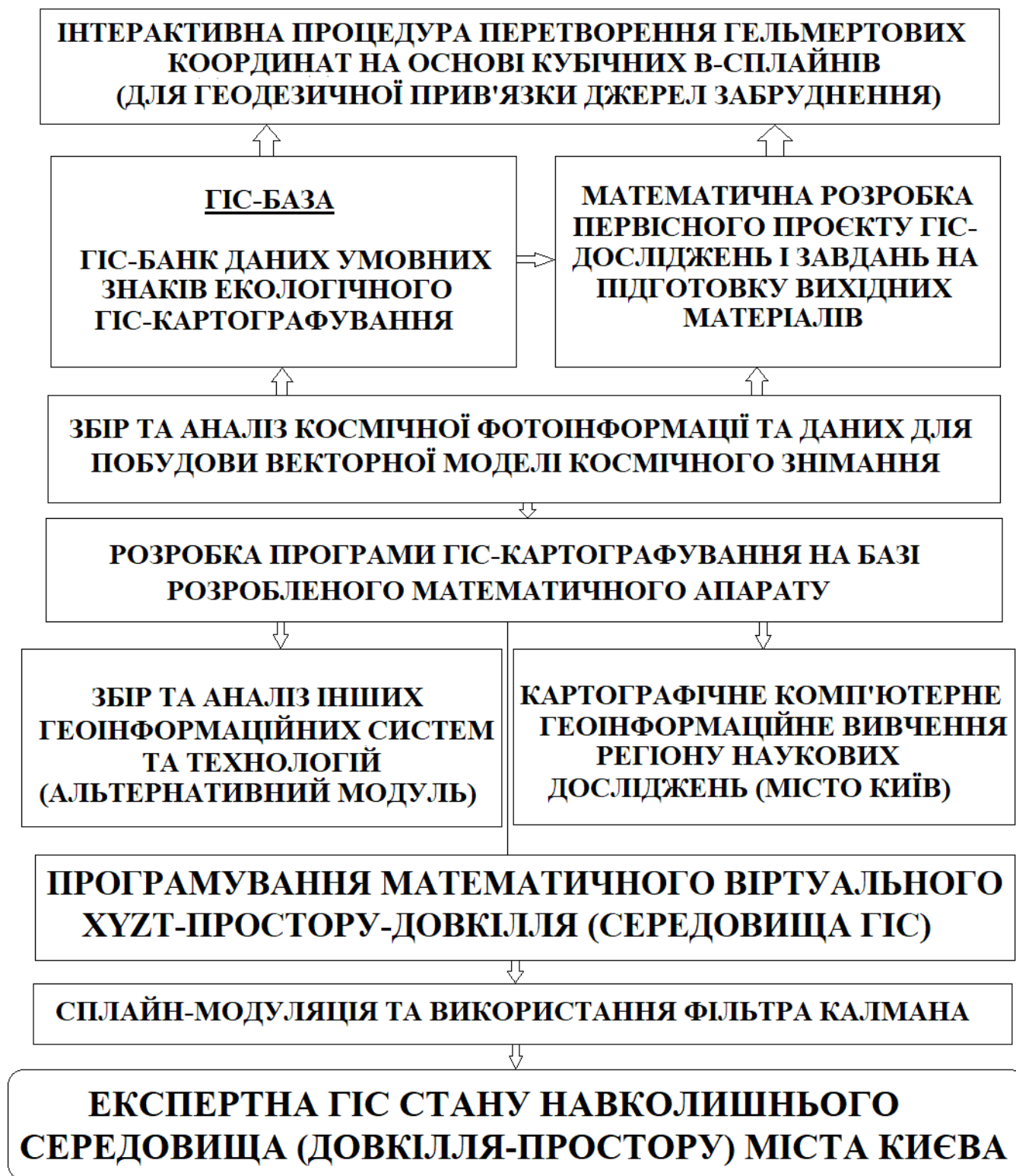


Рис. 5.1. Алгоритм проектування архітектури геоінформаційної системи «Екологія Києва»

*Експертна ГІС стану навколишнього середовища* – це геоінформаційна система та програма, яка є головним геоінформаційним картографічним інструментарієм, що визначає та призначає зміст, методи створення при трасуванні

алгоритмів ГІС-досліджень стану, довгострокового прогнозу та моніторингу навколишнього природного середовища м. Києва.

Головне функціональне рівняння геоінформаційної системи, що забезпечує її технологічну ефективність моніторингу довкілля-простору м. Києва складається із наступних компонентів: проєктні значення екопотенціалу території м. Києва, отримане значення екопотенціалу території м. Києва, поправка за системний зсув пікселів на дисплейній карті та поправка за комп'ютерно-просторову редукцію – коефіцієнт продуктивності ГІС.

В рівнянні є компоненти, що показують розподілення основних похибок програмного забезпечення ГІС, що враховує потенціальні функціональні залежності за критерієм Гребса у просторі-часі. Була введена функція інтегрованої залежності екосистеми від дії закону *енергетичної регенерації екосистем (закон оптимума)* в часі.

Досвід показує, що при комплексному математичному моделюванні матеріалів ГІС-досліджень з застосуванням сплайн-функцій, математичного та геометричного програмування при залученні даних аерокосмічної зйомки, виявляються нові, невідомі раніше дані про природні ресурси, довкілля, зовнішнє (відкрите) та функціональне (закрите) навколишнє середовище довкілля-простору. Наприклад, геогліфічний антропоморфний образ на космічному знімку м. Києва (рис. 5.2).



## Рис. 5.2. Антропоморфне дешифрування космічного знімку м. Києва

Відповідний алгоритм апробований у будівельній справі, проєкті генерального міського планування м. Києва (визначення геологічних аномалій, небезпечних природних умов, антропогенних порушень природного потенціалу територій м. Києва). Цей метод був застосований при складанні екологічних карт м. Києва.

### 5.1. Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу м. Києва

Головне завдання системи GPS-ГІС «Управління екологічним моніторингом» полягає у реалізації географо-картографічного моніторингу природно-техногенного комплексу м. Києва. Це систематизація та узагальнення екологічних матеріалів експедицій, аналіз карт міста за особливостями географічного розміщення потенційно-небезпечних територій, особливо під час укладання електронних абрисів місцеположення в сучасній щільній забудові міста для їх відтворення. В подальшому доцільно доповнити наступні функції геоінформаційної системи: створення геоінформаційного реєстру, організаційні (система охорони природи) та прикладні (аналіз географічного місцеположення підприємств).

Дослідження антропогенних чинників забруднення довкілля виконується універсальним методом геоінформаційного картографування на основі даних дистанційного зондування. Підвищена увага приділяється моніторингу антропогенного ландшафту для мінімізації впливу та адаптації природного середовища до трансформацій довкілля. Територіально проблема дослідження лімітована великою міською Київською агломерацією.

Технологія і система ГІС-проєктування картографічних моделей належать до управлінських систем моніторингу еколого-антропогенного впливу в допустимих рівнях забруднення довкілля забудованих територій. Таке моделювання спрямоване на покращення сприйняття космічних геозображень.

У сучасних умовах природно-техногенного (антропогенного) навантаження на довкілля та підвищених ризиках антропогенного впливу на біотум. Києва, виникає необхідність у формулюванні спеціального *алгоритму проєктування картографічних моделей* на основі обробки космічних геозображень. Фактично це створення інфраструктури геоінформаційної системи для ефективного управління за умов допустимого рівня забруднення довкілля урбанізованих територій та їх впливу на природні ландшафти.

Створена інформаційно-аналітична система ГІС & GPS / GNSS-управління екологічним моніторингом ризиків антропогенного впливу м. Києва є самостійним програмним дослідженням на основі програмних модулів фірм ESRI та MicroStation. Це спеціалізована геоінформаційна система, в якій систематизовано оперативне ухвалення рішень у галузі геоінформаційного картографування системи природно-техногенної безпеки м. Києва, як складової частини національної інформаційно-управлінської системи попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій при створенні геоінформаційного реєстру потенційно небезпечних об'єктів Києва.

Алгоритм проєктування картографічних моделей узагальнює панхронологічну екологічну інформацію з координацією на території, містить атрибутивну

геоінформацію, яка акумулює моніторингові інтегральні дані впливе на довкілля екологічно небезпечних техногенних чинників у найзручнішому для порівняння вигляді – для цифрової карти спеціального призначення.

В основу методів проектування спеціалізованих картографічних моделей покладено принцип піксельного сприйняття геозображень, який функціонально пов'язаний із технологією визначення змін показників екологічних характеристик місцевості, що отримані й оброблені за конкретний моніторинговий період часу. У результаті оцінка чинників патогенного впливу на довкілля території визначається диференційними змінами поточних природних параметрів.

Результатом застосування ГІС-технологій у картографуванні надзвичайних ситуацій природного та техногенного харктеру є розроблені електронні карти екологічної безпеки м. Києва. Одним з аспектів розроблення наукових основ системного картографування екологічної безпеки є запровадження спеціалізованої інформаційно-аналітичної системи ГІС & GPS / GNSS-досліджень просторових destinations екологічної безпеки м. Києва для систематизації та узагальнення геоінформаційної бази даних щодо потенційно небезпечних природних і промислово-антропогенних територій міста.

Головною функцією створеної спеціалізованої інформаційно-аналітичної системи ГІС & GPS / GNSS (Global Navigation Satellite Systems) просторових destinations екологічної безпеки м. Києва є оперативність пошуку потенційно-небезпечного об'єкта за багатьма характеристиками: адреса, назва споруди, вид промисловості, наявність СДОР, конструктивні характеристики споруди, топонімічна приналежність, періоди. ГІС включає традиційні блоки банків і баз даних, як-от: топографо-геодезична інформація, тобто топографічна основа, аеро- та космічні знімки; геотегінг та геокешінг, тематичні карти проблемної та покомпонентної спрямованості; цифрова (таблична) статистична інформація.

Додаткова інформація має вигляд графіків, схем, фото- та відео зображення. Алгоритм картографування новозбудованих потенційно-небезпечних споруд побудований за принципом експертних оцінок (рис. 5.3).

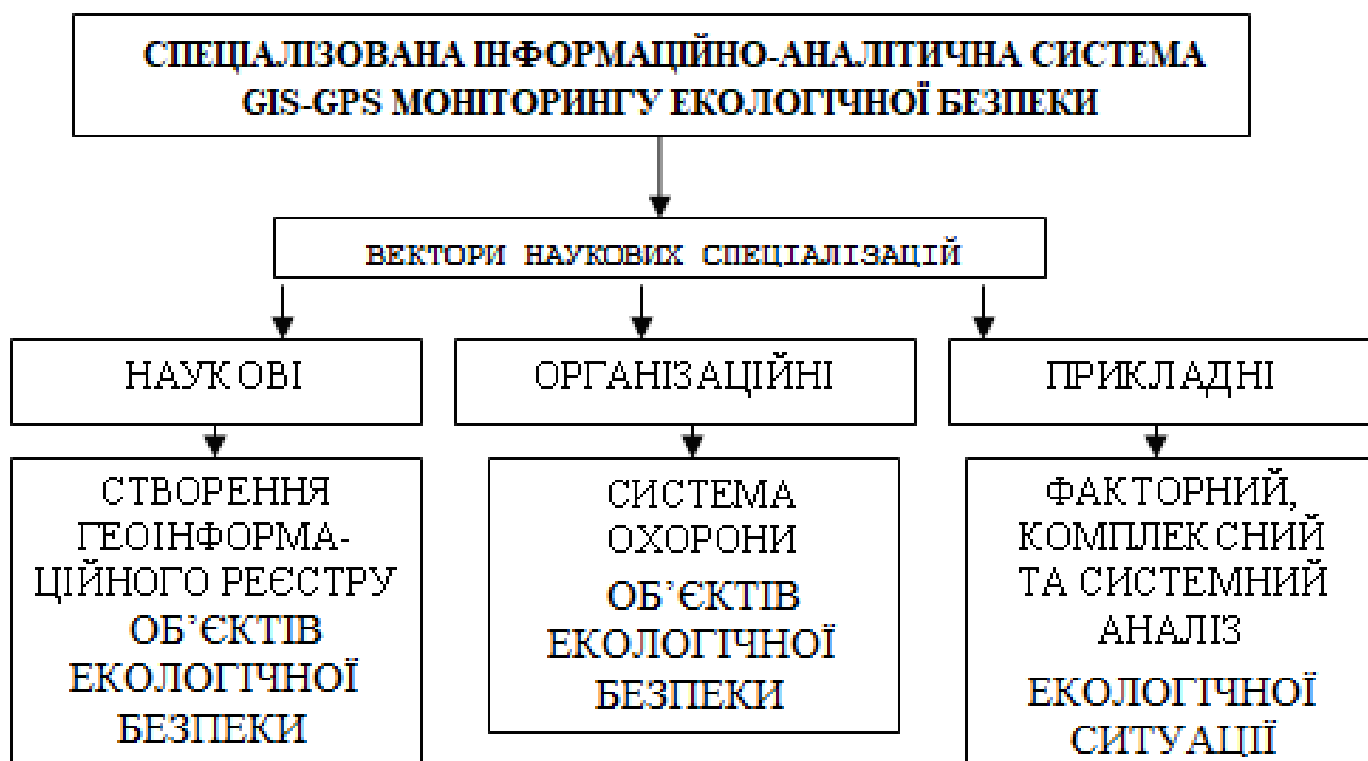


Рис. 5.3. Графічна модель функцій ГІС & GPS-досліджень

Основна вимога створеного програмного засобу, що покладена в основу формування ГІС, – це модульність, відкритість і повна сумісність з іншими програмними продуктами. Програмне забезпечення ГІС територіальної організації об'єктів екологічної безпеки є єдине інтегроване програмне середовище уніфікованих форматів даних із користувацьким інтерфейсом, стандартними прикладними програмними засобами.

Модуль геоінформаційної системи містить картометричні параметри географічного розташування. Це дозволяє визначати залежність між об'єктами екологічної безпеки, різноманітні види особливостей розміщення меж, що досліджуються, картографуються новозбудовані об'єкти екологічної безпеки, а також ті, що проєктуються та будуються.

ГІС має набір «вмонтованих» алгоритмів, які дозволяють не лише надавати інформаційно-консультаційні характеристики про потенційно-небезпечний об'єкт довкілля й антропосфери, а й оперативно визначає функціональні залежності між, наприклад, ресурсно-територіальною складовою та джерелами забруднення.

Система управління базами даних ГІС є гнучкою, орієнтованою на можливість використання інформації, що надходить з інших ГІС, сформованої в іншому програмному забезпеченні. Наприклад, зовнішня інтеграція в середовищі ГІС «Управління екологічним моніторингом для оперативного визначення ризиків антропогенного впливу на території м. Києва» передбачає використання модуля інтеграції – універсального транслятора даних, який дозволяє (рис. 5.4) її здійснення перед початком процесу геоінформаційного картографування.



Рис. 5.4. Концептуальна модель ГІС/GPS-моделювання природно-техногенного простору

Розглянемо модульні напрямки роботи відповідної геоінформаційної мобільної системи.

*Тактичний модуль збору геопросторових даних* забезпечує геоінформацією, яка необхідна для підтримки ухвалення рішень керівниками середньої ланки. Ухвалення рішень потребує синтезу всіх значущих типів даних (атрибутивних та просторових). Геоінформаційна система з успіхом забезпечує цей синтез. Наприклад, під час аналізу розміщення нової промислової забудови (дані про тип споруди, адресу, топонімічне положення) та просторові (дані про місцезположення доріг до неї, наявність зон рекреації) (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Графічна модель синтезації інформації у ГІС

Результатом роботи геоінформаційної системи – є укладання відповідних GPS-електронних карт, які значною мірою сприяють більш ефективному використанню міських територій, їхнього зв'язку із програмами міського розвитку (рис. 5.6).

Значущим є той факт, що створена спеціалізована ГІС є не лише засобом підготовки тематичних карт, а передусім інструментом просторового аналізу географічного розміщення об'єктів природно-техногенної безпеки за часом у місті для проєктувальників. Вона є частиною науково-практичного процесу, який включає вартісну оцінку міської території, визначення інвестиційно цікавих територій під час їх будівництва, визначення найбільш ефективного їх використання за допомогою змін функцій на кінцевому етапі, відпрацювання пропозицій з оптимізації природного простору міста та його екологічного комфорту.



Рис. 5.6. Модель укладання GPS-карт управління екологічним моніторингом

Геоінформаційно-системний підхід під час проектування та складання карт управління екологічним моніторингом м. Києва полягає в розгляді сутності й особливостей екологічної інформації, географічного аналізу регіональних відомчих інформаційних потоків, структурно-функціональних особливостей ГІС, просторової організації даних у системі, технічних та програмних засобів її створення, ролі автоматизації оброблення даних, картографічного моделювання та генерування оперативної документації.

Функціонально ядро мобільної ГІС включає наступні блоки геоінформації.

*Алфавітно-цифрова інформація* – це нормативно-довідкова база даних усіх без винятку об'єктів явищ природно-техногенної небезпеки м. Києва. Джерелом інформації можуть бути карти, схеми, звіти екологічного моніторингу, дані метео- та гідростанцій (рис. 5.6).

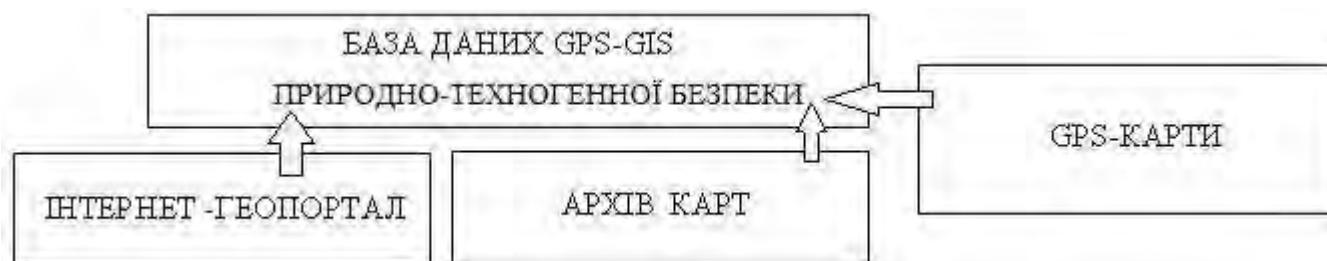


Рис. 5.6. Структурно-графічна модель функціонування ГІС

## 5.2. Суть задачі та напрямки реалізації ГІС-GPS/GNSS-забезпечення прийняття екологічних рішень у м. Києві

Прикладами застосування ГІС-технологій у картографуванні природно-територіальних комплексів на міському рівні є розроблені *електронні карти небезпечної інфраструктури м. Києва*. Одним з аспектів розробки *наукових основ системного обсерваційного картографування довкілля-простору* є пошук шляхів створення спеціалізованої інформаційно-аналітичної системи ГІС & GPS/GNSS-обсерваційного екологічного моніторингу м. Києва для забезпечення шляхів систематизації та узагальнення геоінформаційної бази даних про природно-територіальний комплекс міста.

*Головною функцією* спеціалізованої інформаційно-аналітичної системи ГІС & GPS/GNSS (Global Navigation Satellite Systems)-обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору м. Києва є оперативність пошуку об'єктів критичної інфраструктури за багатьма характеристиками: адреса, назва споруди, інженерно-конструктивний стан (характеристика) споруди, топонімічна приналежність.

*ГІС включає традиційні блоки банків і баз даних:*

- топографо-геодезичну інформацію (топографічна основа, аеро- і космічні знімки); геотегінг, кеокешинг,
- тематичні карти проблемної та покомпонентної спрямованості;
- цифрову (табличну) статистичну інформацію;
- додаткову інформацію у вигляді графіків, схем, фото- і відеозображення).

Крім того, застосовуються алгоритми картографування новозбудованих об'єктів критичної інфраструктури у різноманітних варіаціях у залежності від зміни того чи іншого параметра. Такі *алгоритми побудовані на основі принципу експертного програмування екологічної обсерваційної карти* (рис. 5.7).

Основні вимоги щодо програмних засобів, які покладені в основу формування ГІС є модульність, відкритість і повна сумістимість з іншими програмними продуктами. Тобто програмне забезпечення ГІС обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору м. Києва являє собою єдине інтегроване програмне середовище уніфікованих форматів даних, користувацького інтерфейсу і стандартних прикладних програмних засобів.

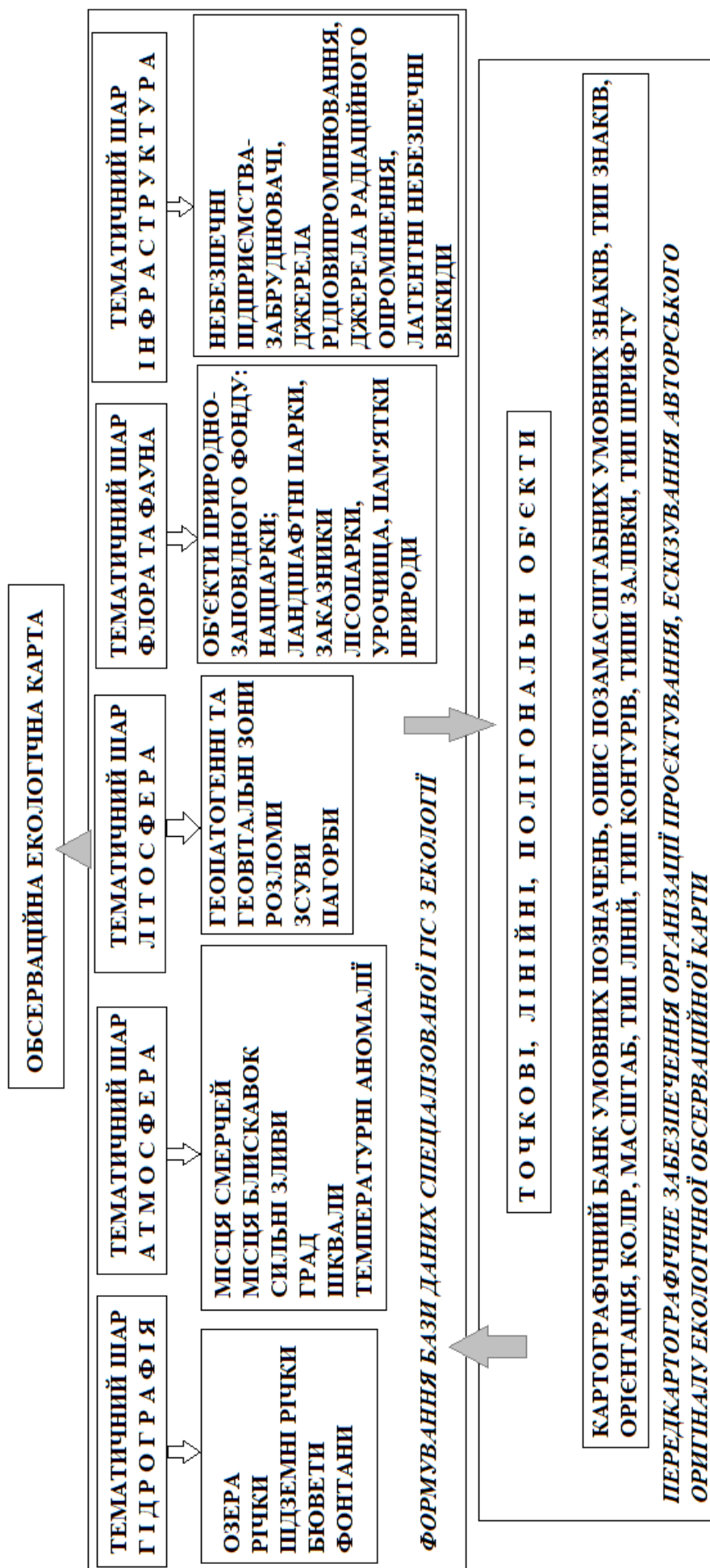


Рис. 5.7. Графічна модель програми організації проектних робіт із складання  
обсерваційної екологічної карти м. Києва

Модулі геоінформаційної системи проводять:

- визначення картометричних параметрів географічного розташування об'єктів критичної інфраструктури;
- визначення залежності між об'єктами;
- різноманітні види аналізу особливостей розміщення між промисловими об'єктами та компонентами забудови, що призначені для викидів відпрацьованих елементів у геосферу, що досліджуються;
- оперативне картографування новозбудованих димарів та відстійників, несанкціонованих врізок до дощової каналізації, а також таких, що проектуються та будуються.

ГІС має набір «вмонтованих» алгоритмів, які дозволяють вирішувати всі перераховані вище задачі, тобто встановлювати не лише інформаційно-консультаційні характеристики об'єктів критичної інфраструктури, а й оперативно визначати функціональні залежності між, наприклад, топонімічної складової походження назви підприємства, а також мають змогу оперативного картографування позаштатних ситуацій (рис. 5.8).

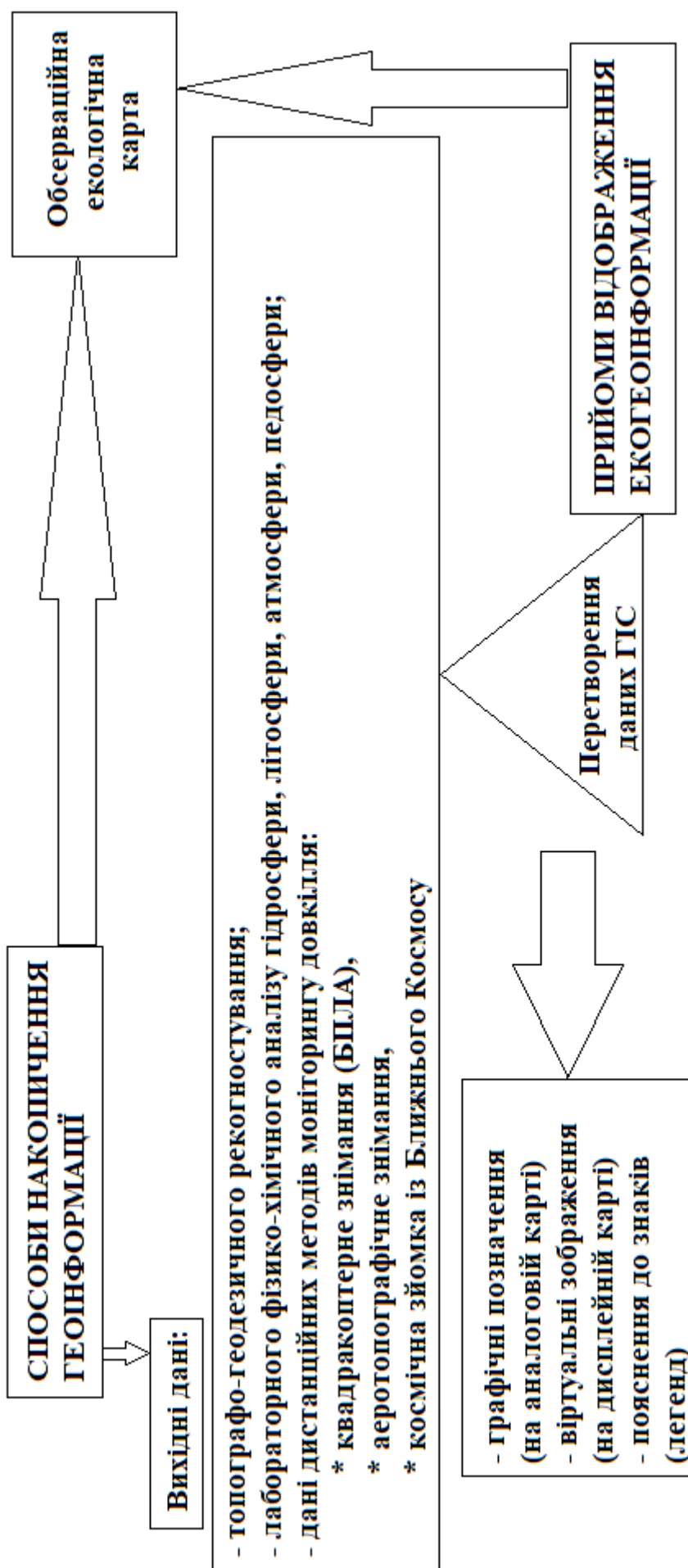


Рис. 5.8. Алгоритм перетворення баз даних ГІС обсерваційного екологічного моніторингу міста Києва

Як і будь-яку ГІС, розробка починається з формування банків і баз даних. Відомо, що більшість просторових і непросторових атрибутивних даних зберігається в реляційних базах даних, що не завжди відповідає сучасним вимогам географічного аналізу. У ГІС обсерваційного екологічного рекогносцивального моніторингу довкілля-простору м. Києва використовуються об'ємно орієнтовані банки даних та розширені реляційні системи підтримки баз даних. Це забезпечує перехід від механічного зберігання та візуалізації даних до сценаріїв підтримки прийняття рішень (рис 5.9).

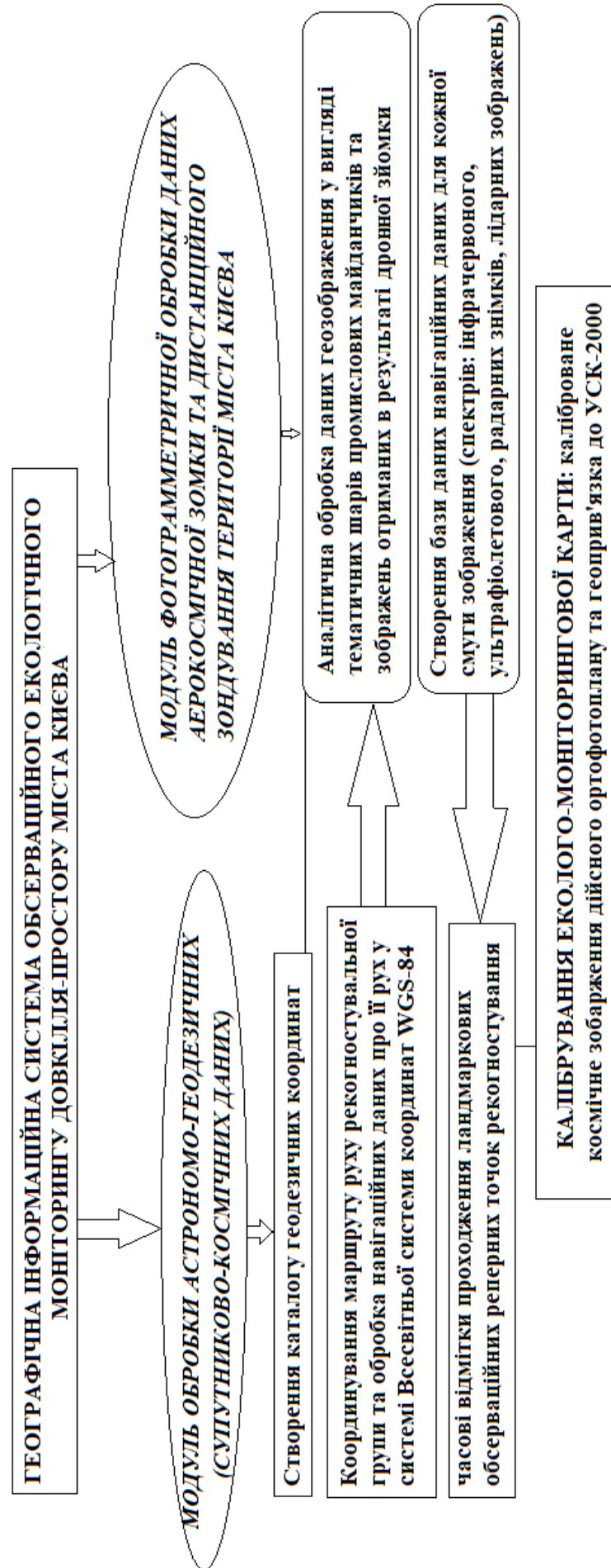


Рис. 5.9 Сценарії обробки даних геоінформації при картографуванні

Функціонування динамічних моделей вимагає, щоб відношення попередньо визначеного набору змінних у середині бази даних сформувалися як програмно, так й концептуально. Принципову можливість цього підходу забезпечує парадигма об'єктно-орієнтованого програмування та інтерфейс прикладного програмування бази даних. Об'єкти, що включають атрибутивні дані можуть взаємодіяти між собою й зберігати результат для подальшого використання.

Структура баз даних (БД) ГІС обсерваційного екологічного рекогностувального моніторингу довкілля-простору м. Києва включає три структурні інформаційно-функціональні групи:

- джерела даних моделей статичної складової, основним призначенням яких є формування предметних БД інформаційного обслуговування структур виконавчої влади (КМДА), підтримки прийняття рішень і вирішення всіх функціональних задач системи;
- методи й засоби реалізації інформаційного забезпечення, що зосереджені в основних видах забезпечення функціонування системи алгоритмів побудови картографічного зображення, організаційному, технічному, математичному, програмному;
- інформаційна база системи обслуговування районного й загальноміського рівнів, яка складається з необхідної кількості предметних БД, що включають картографічну, текстову й алфавітно-цифрову (табличну) інформацію.

Структура баз даних в територіальному, і змістовному аспектах імітує структуру комплексу критичної інфраструктури м. Києва.

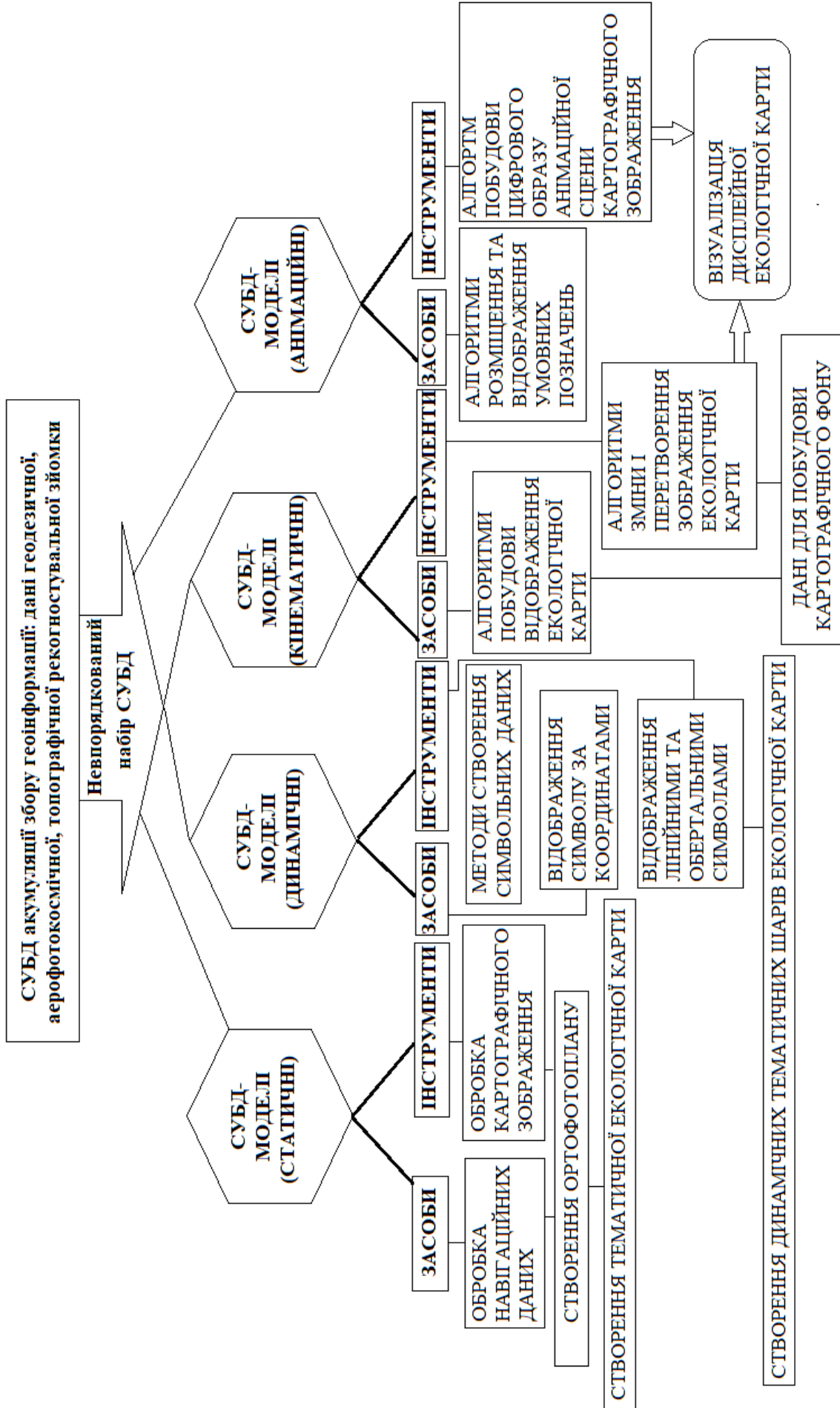


Рис. 5.10. Алгоритм формування СУБД екологічної карти та ГІС-архітектури

Система управління базами даних (СУБД) ГІС є гнучкою, орієнтованою на можливість використання інформації, що поступає з інших ГІС, сформованих за допомогою іншого програмного забезпечення (рис. 5.10).

### 5.3. Вибір програмного забезпечення для геоінформаційного моделювання довкілля-простору м. Києва

Для геоінформаційного моделювання техногенного середовища м. Києва обране програмне забезпечення з відповідними функціями. При формуванні комплексної бази даних об'єктів критичної інфраструктури м. Києва постає необхідність створення баз, у яких містяться дані, включаючи географічні співвідношення.

У програмних продуктах попередніх поколінь географічні відомості, як правило, зберігалися в графічних файлах. Відповідна технологія використовується й у даній ГІС. Однак у ГІС обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва ця опція відрізняється тим, що за її допомогою проводяться досить складні перетворення даних у процесі трансформації проекції. При зміні системи координат, такі дані, зазвичай, представлені у різних системах координат від умовної до геодезичної, отримані з різних джерел обсерваційного моніторингу.

Для знаходження конкретного об'єкту критичної інфраструктури м. Києва в ГІС використовується гнучка система запитів. Принцип гнучкості доповнюється застосуванням мови структурованих запитів. Для створення й виконання таких запитів перетворень даних та їх представлення застосовуються реляційні бази даних. Переваги таких баз даних полягають у тому, що дані структуровані у вигляді таблиць і не залежать від програмних додатків, а також можна використовувати прості не процедурні мови запитів.

Реляційна база даних ГІС широко використовуються лише для збереження атрибутивної інформації. Географічні властивості об'єктів критичної інфраструктури зберігаються у внутрішній структурі бази даних. Вперше збереження атрибутів та їх географічних властивостей у таблицях було проведено в базах даних програмного продукту компанії Intergraph. Відомості про географічні характеристики також містяться в атрибутивних таблицях програмних продуктів фірми ESRI. Це поліпшело функціональні характеристики системи.

Принцип багаторівневості архітектури ГІС обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва передбачає можливість використання незалежних функцій програмного додатку зовнішніх баз даних. Імпорт та експорт даних здійснює спеціалізоване програмне забезпечення (рис. 5.11).

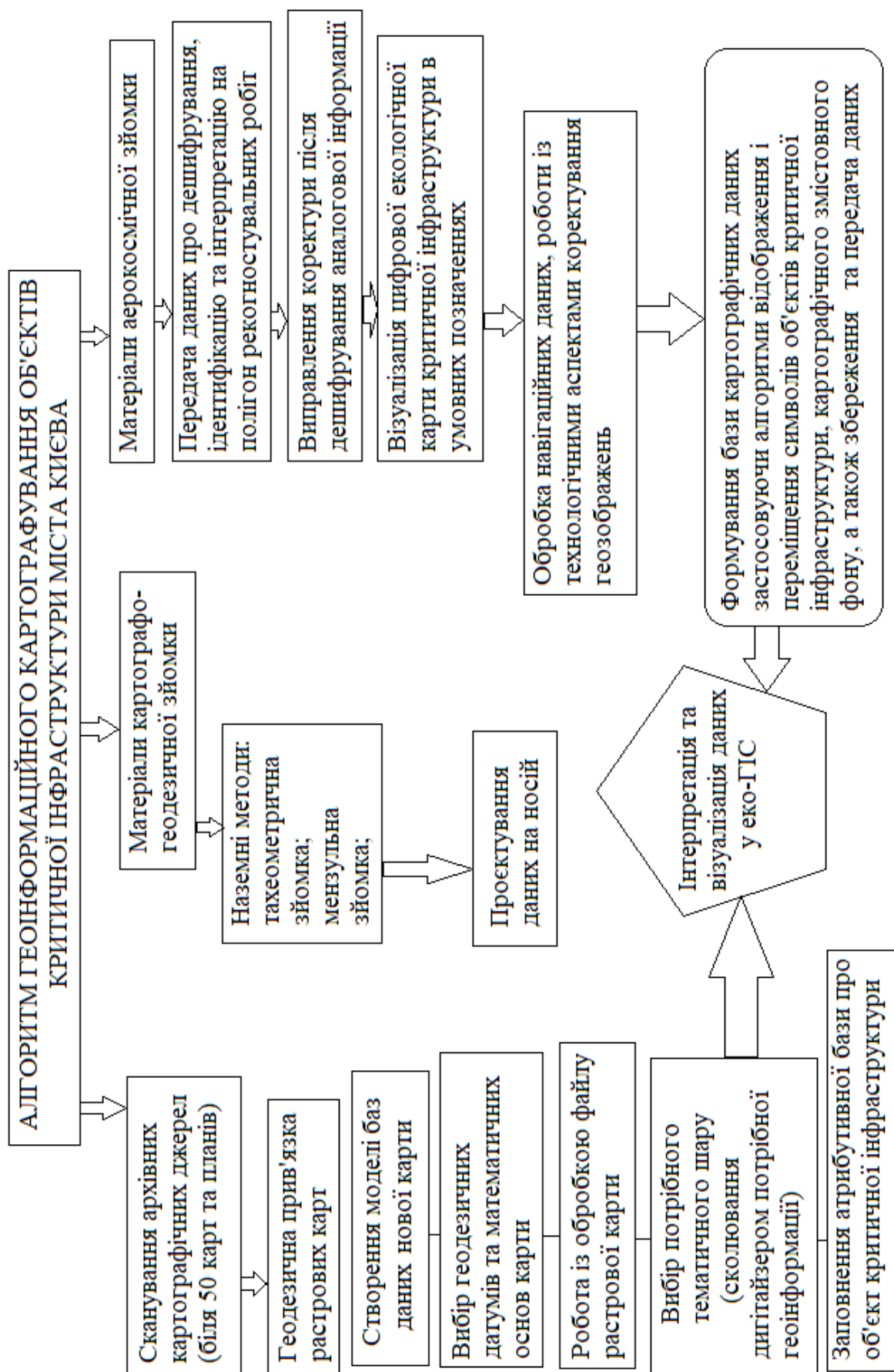


Рис. 5.11.Послідовність технології формування реляційної бази даних ГІС

*Модульна структура ГІС* обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва передбачає наявність базового програмного пакета, який називається «ядром» ГІС, що керує відображенням шарів карти об'єктів критичної інфраструктури м. Києва (Рис. 5.12).

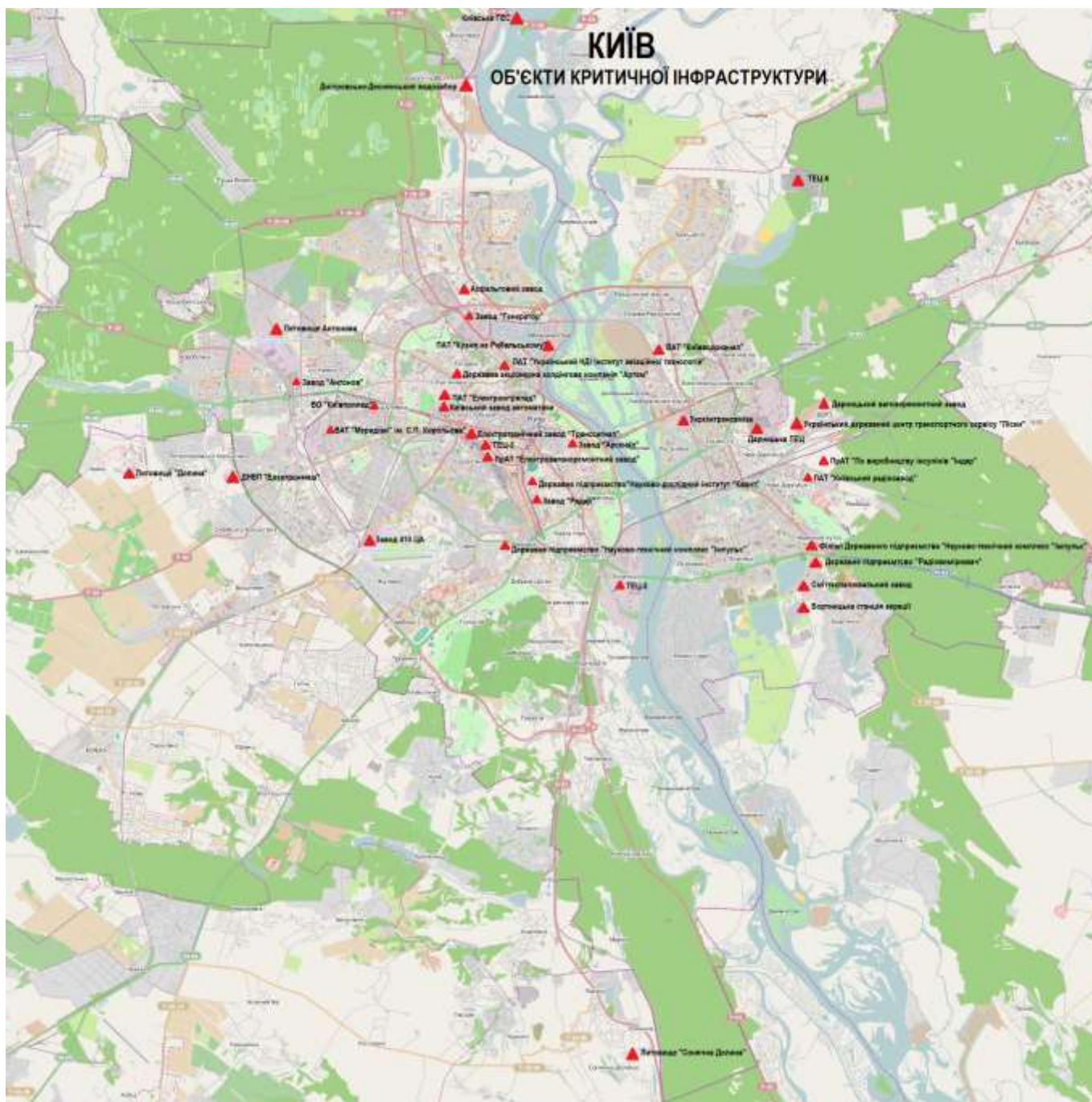


Рис. 5.12. Об'єкти критичної інфраструктури м. Києва

У робочому просторі ГІС зберігаються результати запитів. Оскільки сам запит є реляційною базою даних та за результатами роботи можна обмінятися даними з

іншими користувачами в мережі Інтернет, або зберегти їх в основній реляційній базі, модифікувавши таким чином електронну карту об'єктів критичної інфраструктури м. Києва.

#### 5.4. Створення геоінформаційного банку даних обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва

При створенні геоінформаційної бази даних об'єктів критичної інфраструктури м. Києва застосовуються:

- спеціалізовані картографічні програми, що входять до складу програмно-апаратних картографічних комплексів, призначених для картографічних виробництв;
- картографічні блоки геоінформаційних систем (ArcView, MapInfo, AutoCAD, ArchiCAD); векторні та растрові графічні програми загального призначення (Adobe Illustrator, Macromedia, Adobe Photoshop).

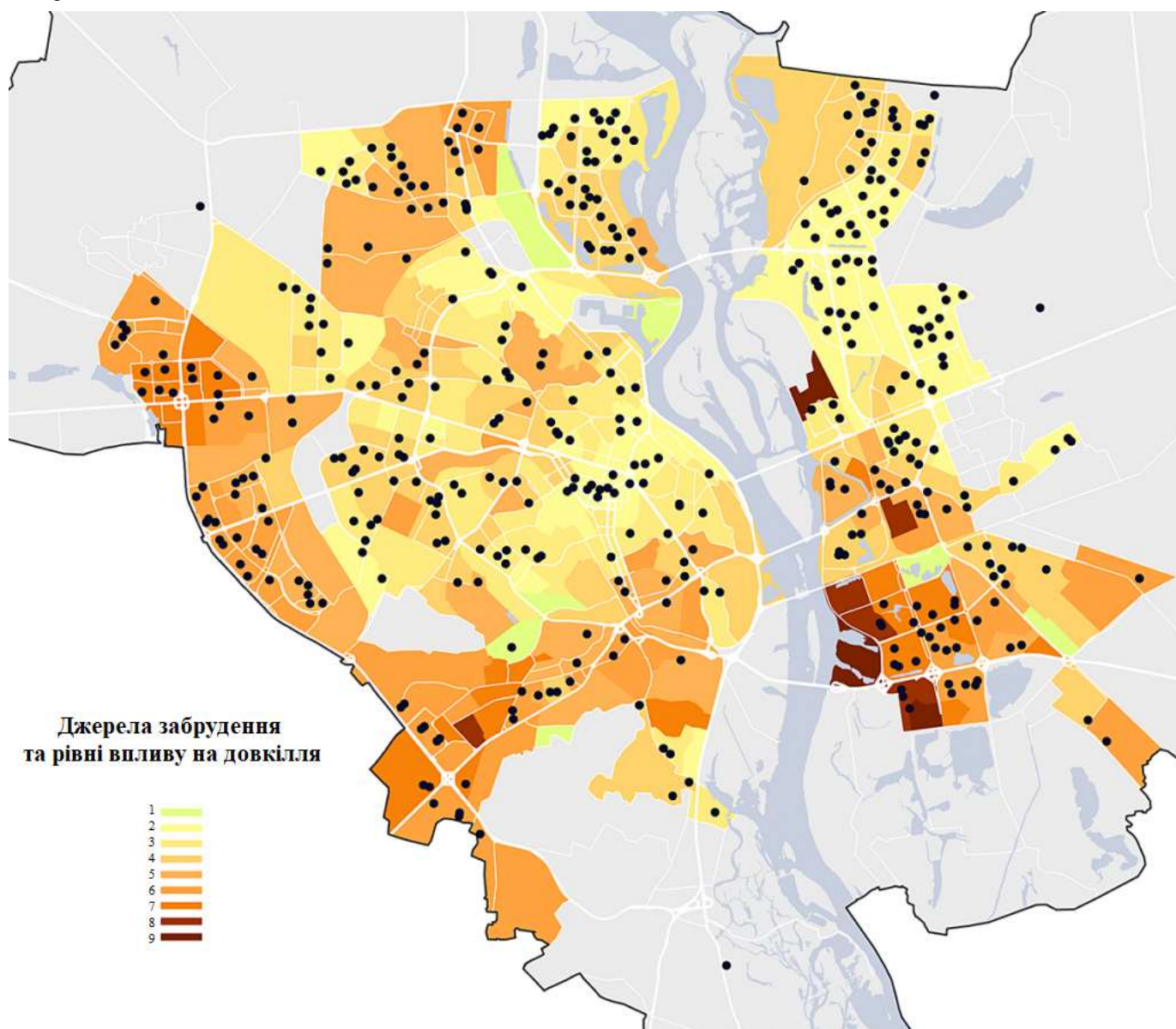


Рис. 5.13. Результат використання програм векторної графіки при укладанні



Технологія створення цифрових карт у ГІС обсерваційного екологічного рекогносциувального моніторингу довкілля-простору м. Києва визначається затвердженими на загальнодержавному рівні, узгодженими, професійно складеними інструкціями й технічними завданнями. При цьому враховується складність і неоднозначність інтеграції даних, що представляються на карті позамасштабними та оригінальними умовними знаками. Це не призводить до помилок у цифрових картах та не придатності у використанні, як джерел інформації. Так, на *комплексній оціночній карті якості життя населення м. Києва* (рис. 5.15) використовується механізм знакової комбінаторики у застосуванні способу арелів, масштабних та позамасштабних позначень. Це в сукупності підвищує інформативність картографічної моделі.

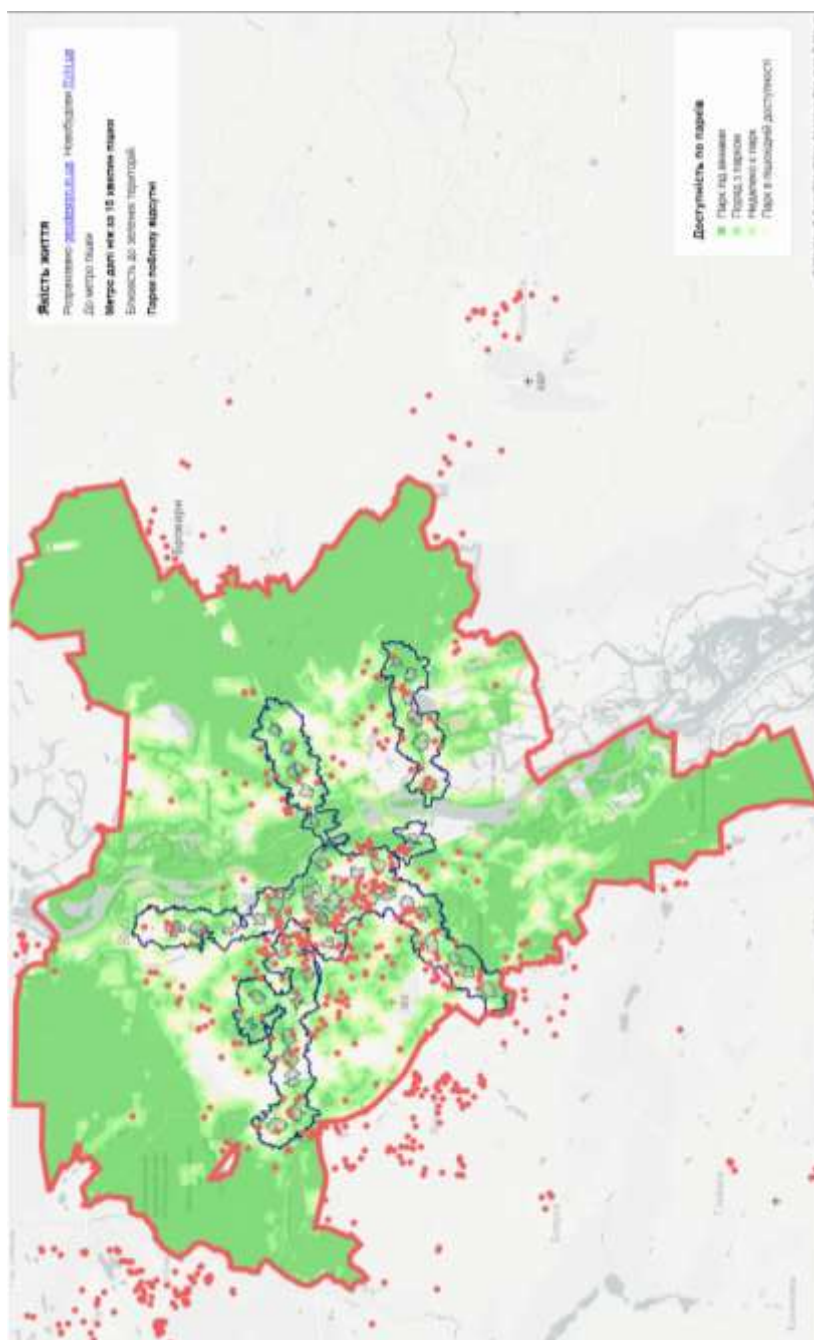


Рис. 5.15. Карта якості життя киян під впливом довкілля

Основною проблемою, що виникала при створенні геоінформаційного банку даних об'єктів критичної інфраструктури м. Києва в середовищі ГІС обсерваційного екологічного рекогностувального моніторингу довкілля-простору м. Києва було визначення реального відображення положення меж у різних цифрових джерелах і часові параметри даних. При цьому визначалось наскільки правильні цифрові структури, що представлені в базах даних, як вони відбивають реальну ситуацію (моделюють реальність) та наскільки точно алгоритми дозволяють розрахувати правильне значення результату співставлення даних.

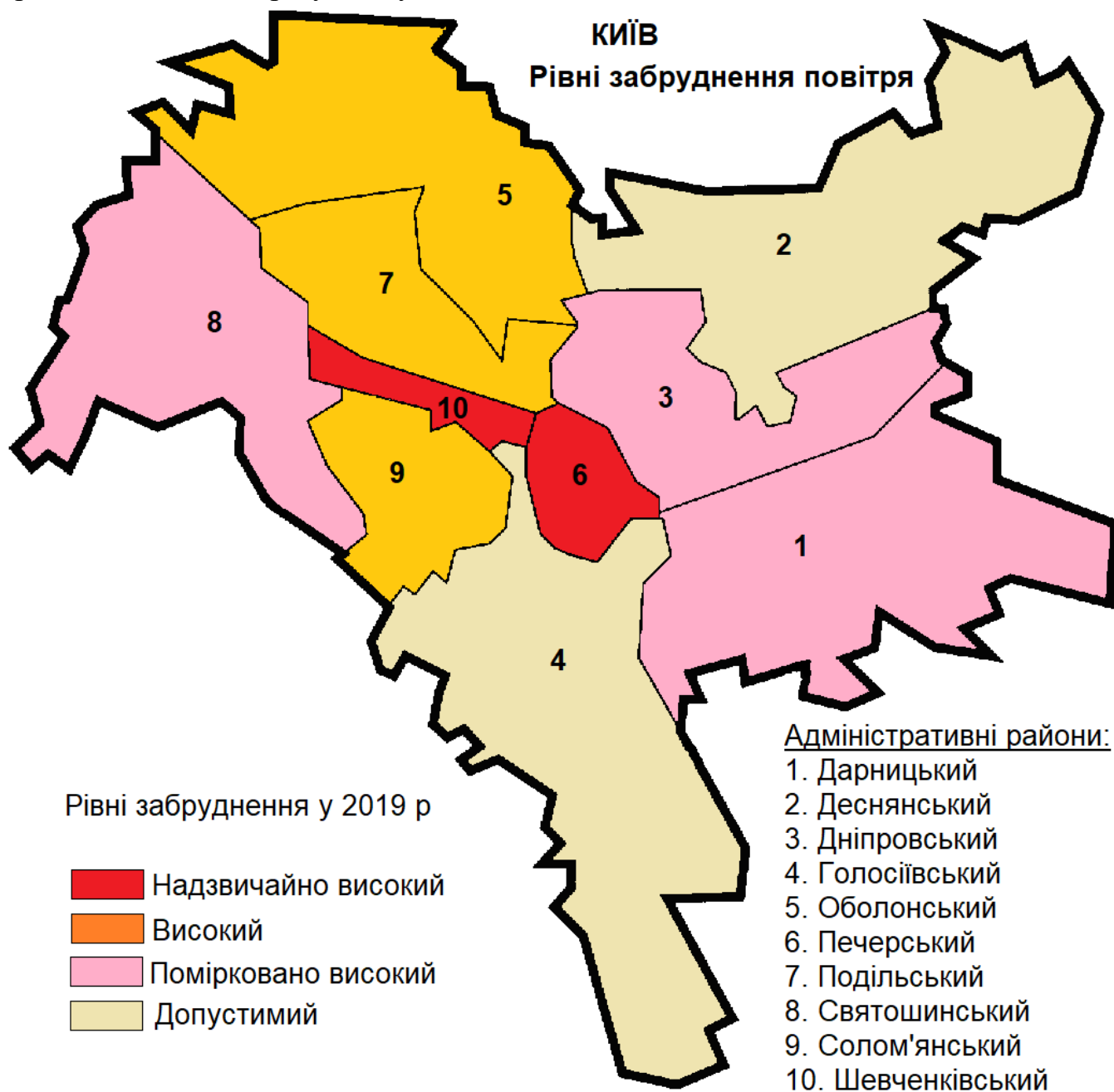


Рис. 5.16. Тематичний шар «Забруднення повітря»

На карті забруднення повітря м. Києва (рис. 5.16) використовується кількісний фон при якісному відображенні оцінки впливу на атмосферне повітря міста за адміністративними одиницями. Це дозволяє проводити районування території міста

за загальним рівнем допустимих значень забруднень при використанні автоматизованих станцій замірів забруднюючих елементів в повітрі.

Кількісна інформація в моніторинговій ГІС складається з таких елементів якості: повнота, логічна узгодженість, позиційна точність, часова точність, тематична точність. Кожний елемент включає опис аспектів кількісної оцінки якості набору даних. Повнота визначається достатністю даних для цілісного, детального, адекватного представлення просторових об'єктів. Ці вимоги були застосовані при укладанні *карти викидів у повітря від стаціонарних джерел* (рис. 5.17).

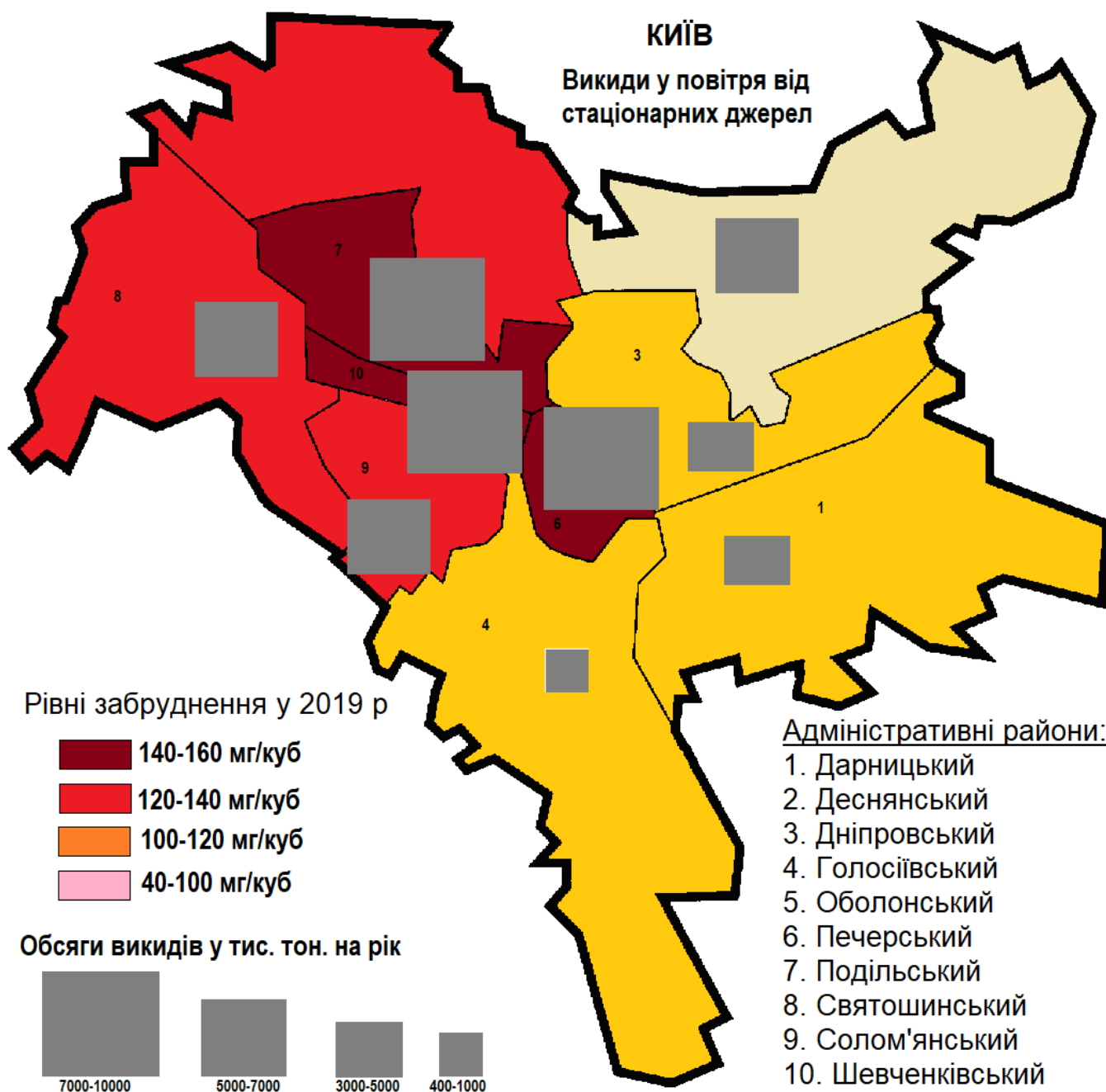


Рис. 5.17. Тематичний шар «Викиди в повітря від стаціонарних джерел»

Цифрові просторові дані обсерваційного екологічного рекогностувального моніторингу довкілля-простору м. Києва використовуються як:

- база цифрових загально-географічних даних, що є сучасним електронним інформаційним ресурсом;
- основа для розробки тематичних баз даних для геоінформаційного картографування на міському рівні в масштабах 1: 64 000 та дрібніше в багатофункціональних геоінформаційних системах;
- основа для створення електронних карт результатів обсерваційного екологічного рекогносциувального моніторингу довкілля-простору м. Києва.

### 5.5. Апробація ГІС та GPS в параметричному дослідженні критичного промислово-територіального комплексу

Найкращим способом при відображенні статистичних даних є картограма або із однотонним пошаровим фарбування або застосування різної гами кольорів для посилення візуального ефекту визначення рівнів забруднення. Така технологія була застосована при укладанні *карти рівнів забруднення гідросфери м. Києва* (рис. 5.18).

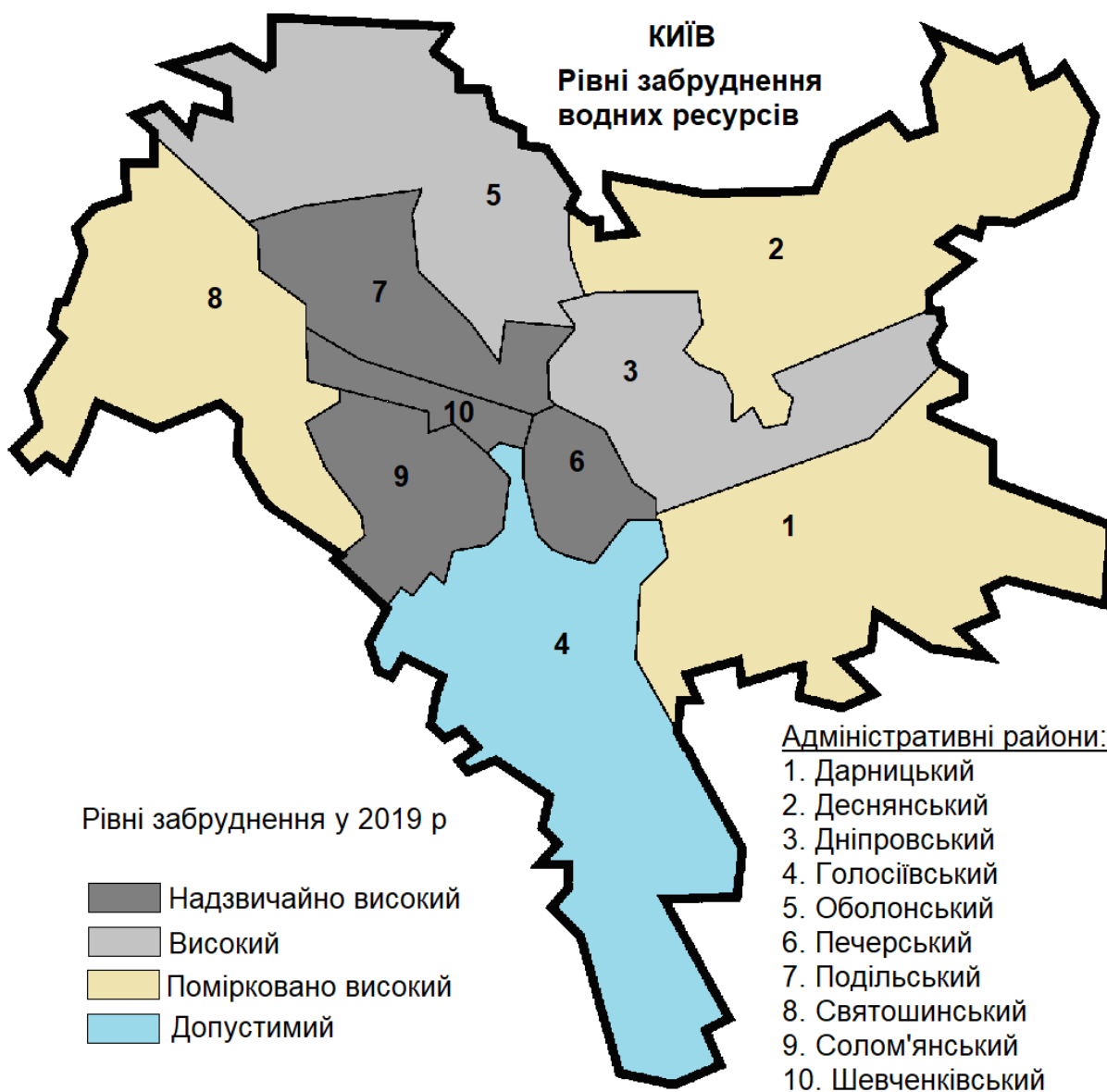


Рис. 5.18. Тематичний шар «Рівні забруднення водних ресурсів»

Складність такого синтетичного (морфокомплексного) картографування ґрунтується в зображеннях кольорового насичення. Кольори в гамі розміщені в напрямку зростання складності передачі багатоморфологічної інформації про об'єкт критичної інфраструктури. Основними кольорами є коричневий, помаранчевий, жовтий, зелений, блакитний, синій. При необхідності гама може розширюватися завдяки використанню фіолетового та бузкового кольорів (рис. 5.19).

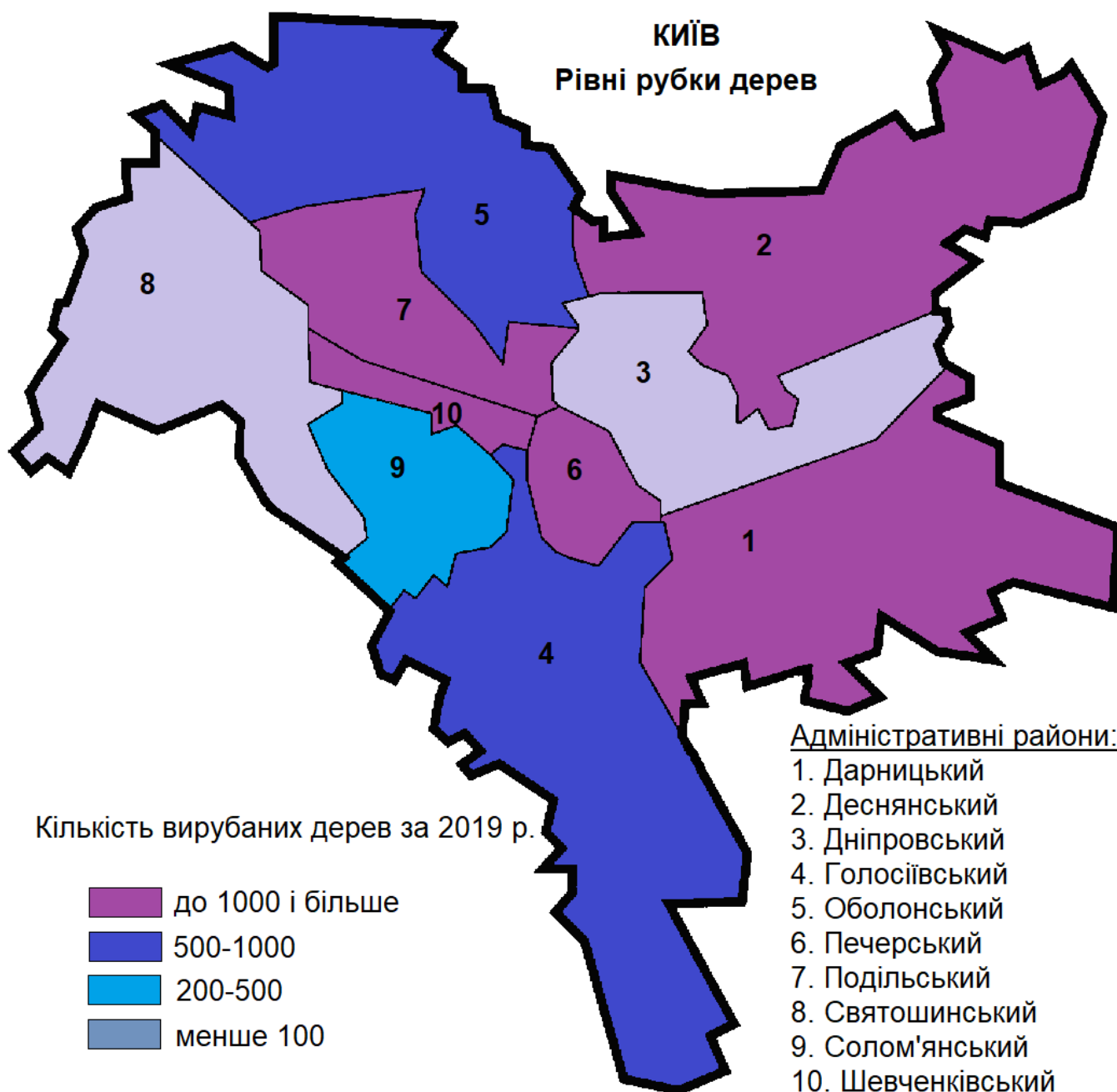


Рис. 5.19. Тематичний шар «Рівні рубки дерев»

Такий рівень складності передачі синтетичної інформації при GPS-картографуванні обсерваційного екологічного рекогностувального моніторингу

довкілля-простору м. Києва сформований протягом усього мегациклу географічного краєзнавчого дослідження об'єктів критичної інфраструктури. Зображення транспортної інфраструктури, що відносяться до поліплощинних об'єктів, на карті об'єктів критичної інфраструктури м. Києва можуть показуватися різними лініями, а саме, суцільними полігонами ліній, штриховкою площадного об'єкту на карті або пунктирно-штриховими комбінаціями, але однієї товщини ліній та напрямом штрихування.

Відповідна функція в ГІС дозволяє наносити інформацію без відповідної легенди об'єктів на карту. Це застосовано при створенні карти (рис. 5.20). Був застосований безгенералізаційний режим, що дає змогу отримувати електронні карти у вигляді растрового зображення. Функціональні можливості такої GPS/GNSS-електронної карти-основи наступні: простота безгенералізаційного нанесення баз даних обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва та можливість зміни умовного знаку (способу зображення) без зазначення легенди. Це спорушує картосеміотичні властивості карти з точки зору сприйняття геоінформації.

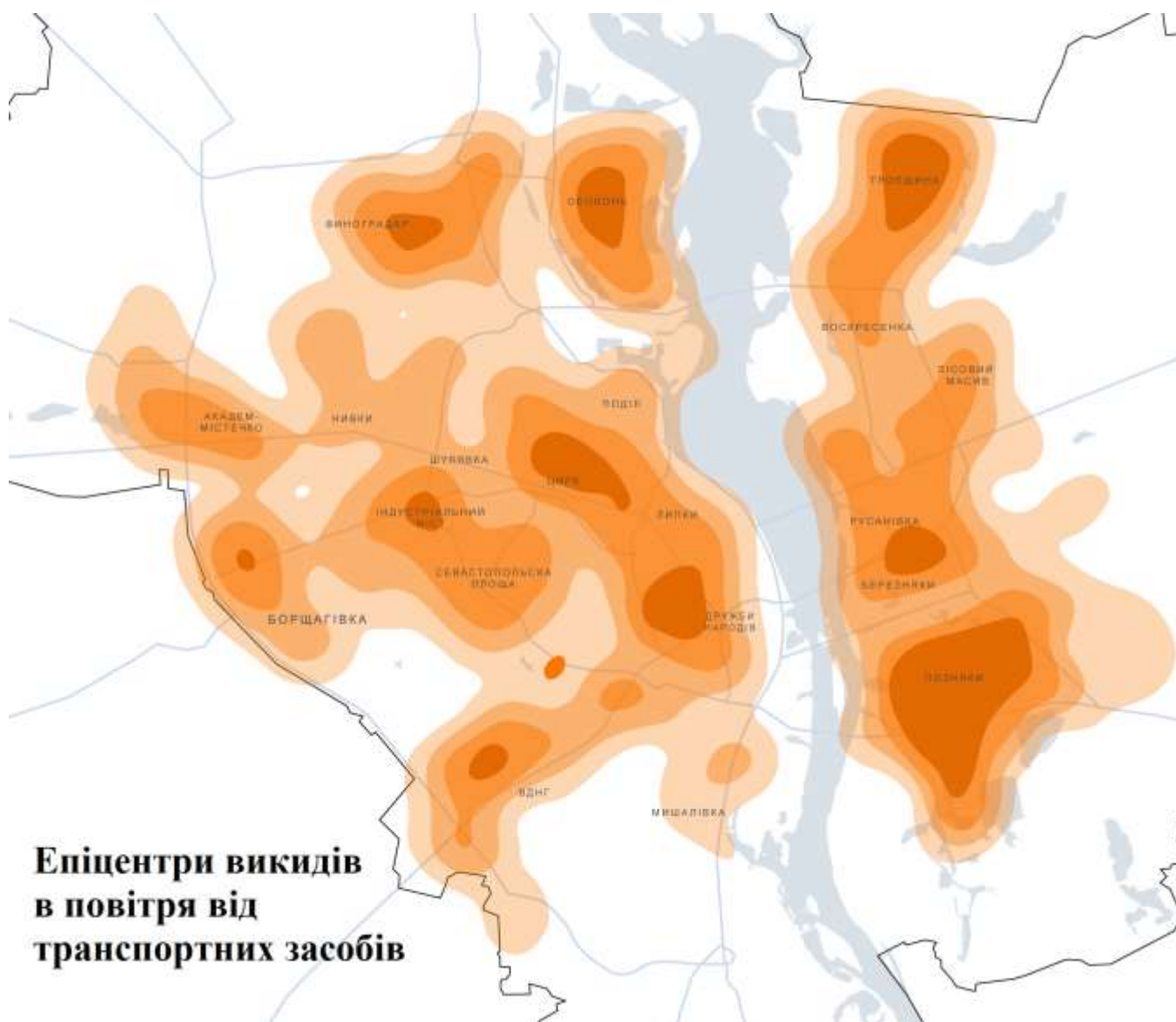


Рис. 5.20. Карта епіцентрів та ареалів розповсюдження викидів у повітря м. Києва

Існує ще дві форми укладання електронної GPS/GNSS-карти-основи в ГІС-карті результатів обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва у векторному та растровому форматах. Обидві мають свої переваги та недоліки. Передача геодезичної інформації в ГІС зобов'язує використовувати додаткові модулі растрових зображень, що не вимагає наявності додаткових модулів, але потребує постійного оновлення інформації при подальших географічних експедиціях.

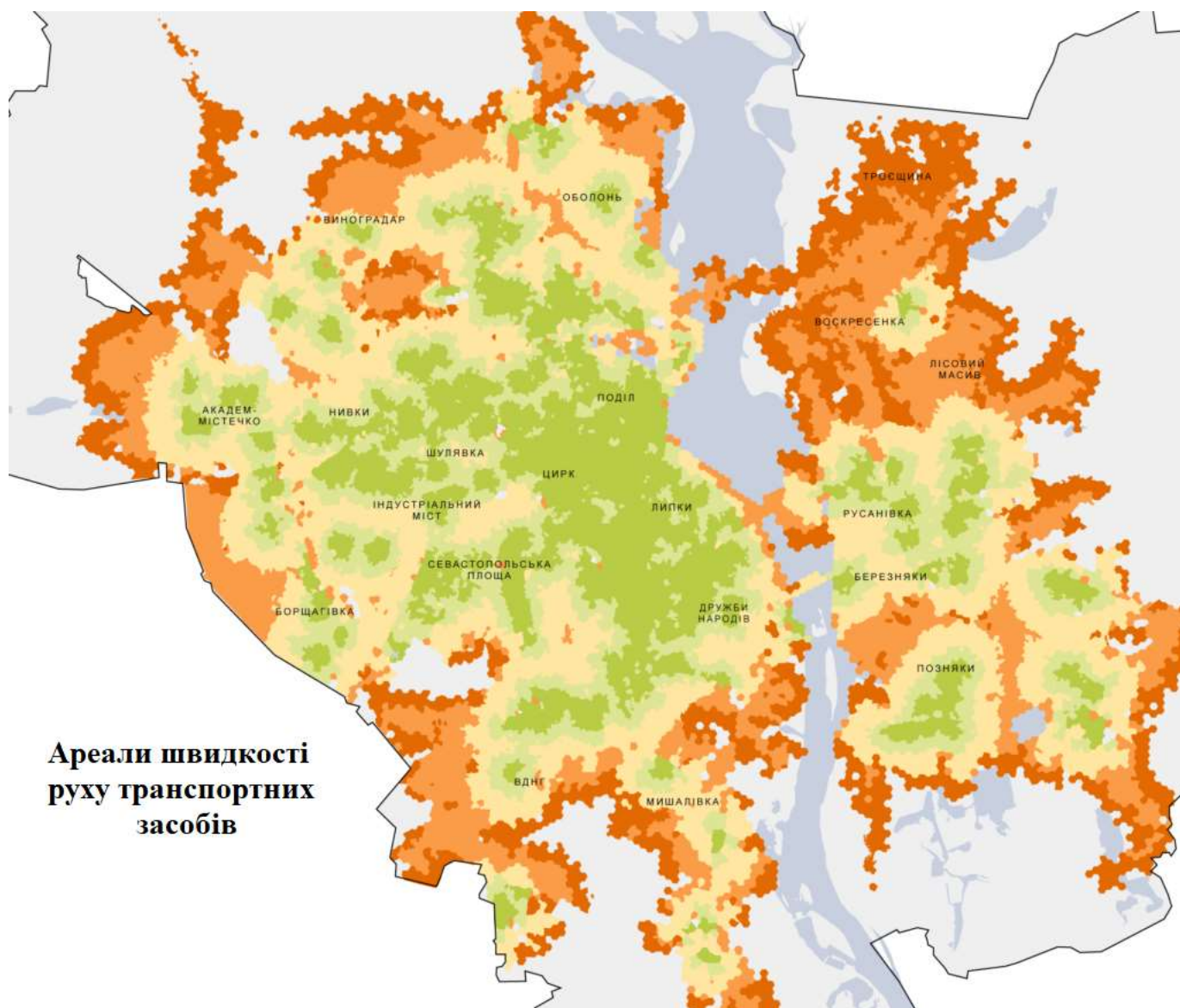


Рис. 5.21. Ареали швидкості руху транспорту: зелений: менше 25 км/год, помаранчевий – від 50-90 км/год.

При використанні останньої функції ГІС дані зберігаються у векторному форматі, а передача їх користувачу відбувається в растровому вигляді. Існує також можливість використання спеціальних браузерів через Інтернет, які значно прискорюють швидкість обробки інформації в системі в екстреному режимі при

проведенні паралельної екологічної експедиції по уточненню географічного положення відповідного об'єкту критичної інфраструктури. Відповідна методологія була застосована при укладанні *карти ареалів хайвеїв м. Києва*. За картою визначається рівень забруднення повітря. Відповідно, чим менше швидкість, тим більше викидів у довкілля (центральна частина м. Києва) (рис. 5.21).

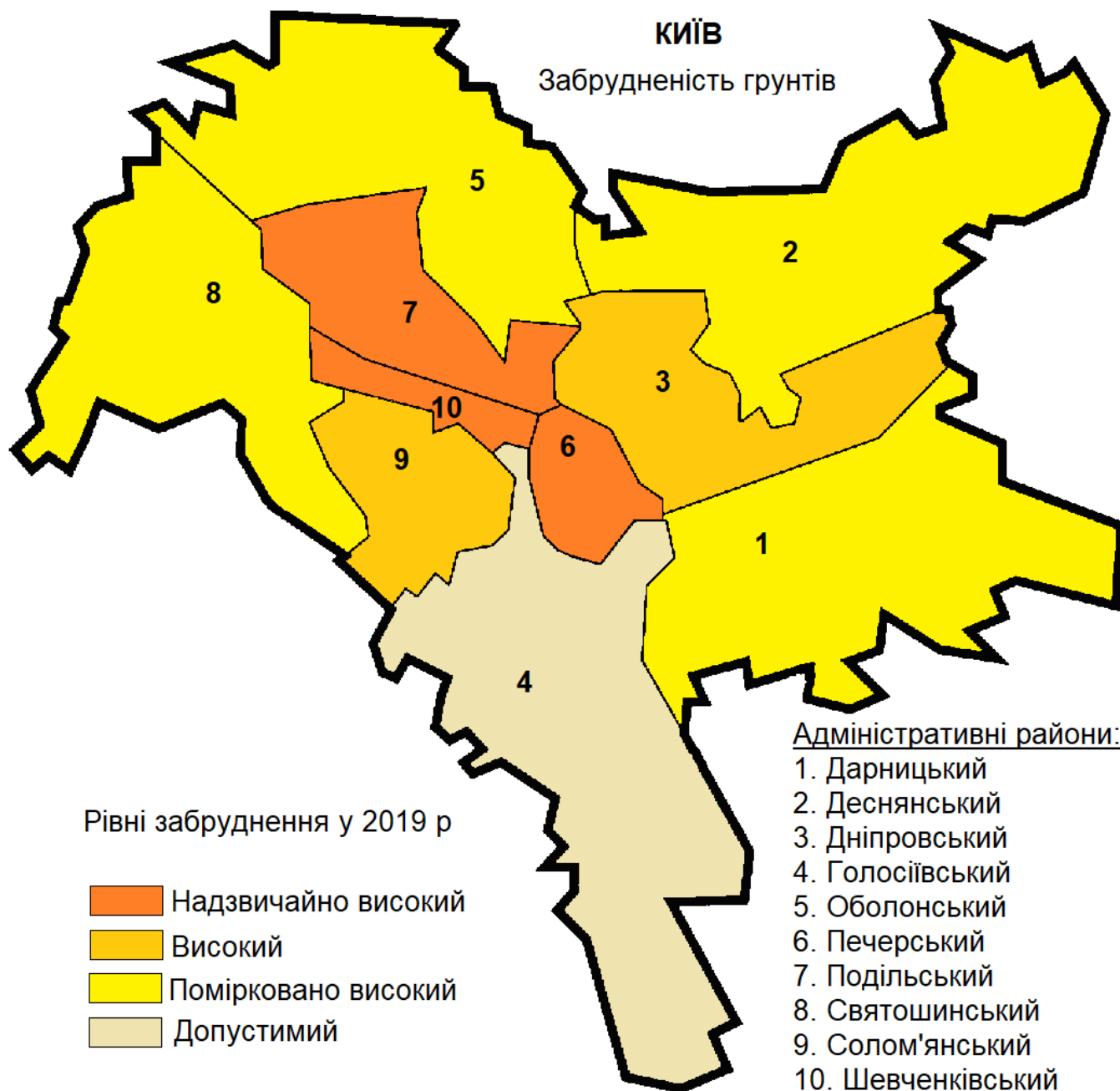


Рис. 5.22. Тематичний шар «Забрудненість ґрунтів»

Стратегічний (управлінський) напрямок застосування геоінформаційної системи орієнтований на вищу керівну ланку. Застосування геоінформаційної системи в цьому напрямку здійснюється з метою вирішення неструктурованих задач, наприклад, такої задачі як планування території для її ревіталізації чи інших промислових місць для їх рекультивації. Незважаючи на те, що збір, обробка та

управління даними є важливими функціями спеціалізованої ГІС, проте в основному ГІС використовується для аналізу та підтримки *географо-картографічного моніторингу забрудненості ґрунтів м. Києва* (рис. 5.22).

Обробка параметрів у ГІС обсерваційного екологічного рекогносциувального моніторингу довкілля-простору м. Києва виконується за допомогою картографічного реєстру із записом значень параметрів. Усі бази даних ГІС зберігаються на серверах та мають проміжні архівні копії на дисках.

### **5.6. Укладання серії статистичних карт забруднення довкілля м. Києва**

При створенні серії статистичних карт середовищі ГІС застосовуються функціональні можливості спеціалізованої ГІС.

*Статистична серія карт забруднення м. Києва* – є результатом моніторингових досліджень і є невід'ємною частиною прогнозування і побудови картоекологічних моделей. Однією із задач створення серії статистичних карт м. Києва є картографічна інтерпретація результатів моніторингу на антропогенних територіях із вивченням особливостей географічного положення ландмарків обсерваційного екологічного рекогносциувального моніторингу довкілля-простору м. Києва з одночасним геоінформаційним картографуванням отриманих даних у режимі онлайн.

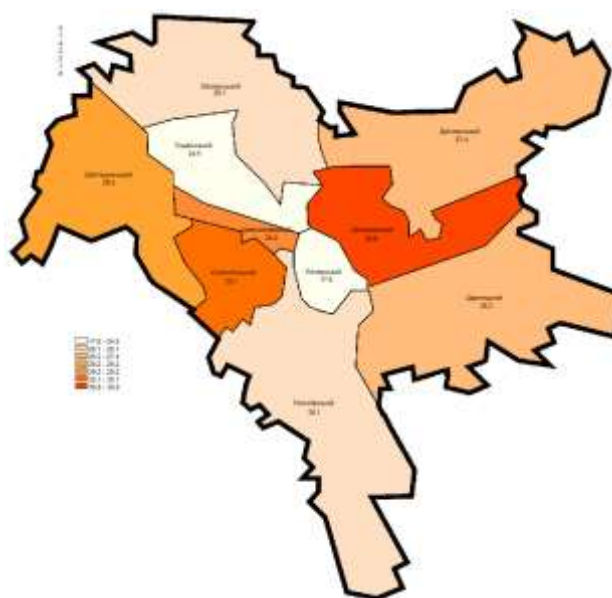
Змістовна складова серії карт м. Києва надає наступні переваги на завершальному етапі геоінформаційного моніторингу у вирішенні задач дослідження просторових дестинацій небезпечних екологічних об'єктів життєдіяльності територіальної громади.

Це наочне відображення інформації в картографічному вигляді з точки зору комплексного представлення патогенного впливу на довкілля (оцінки впливу на довкілля) від критичної інфраструктури м. Києва. Постає можливість точної адресації інформації за адміністративними районами міста. Додаткова систематизація інформації є важливою для прийняття управлінських і охоронних рішень. За ними проводиться аналіз та обробка даних безпосередньо в середовищі ГІС без використання додаткових програмних продуктів і без втрати прив'язки до картографічного зображення.

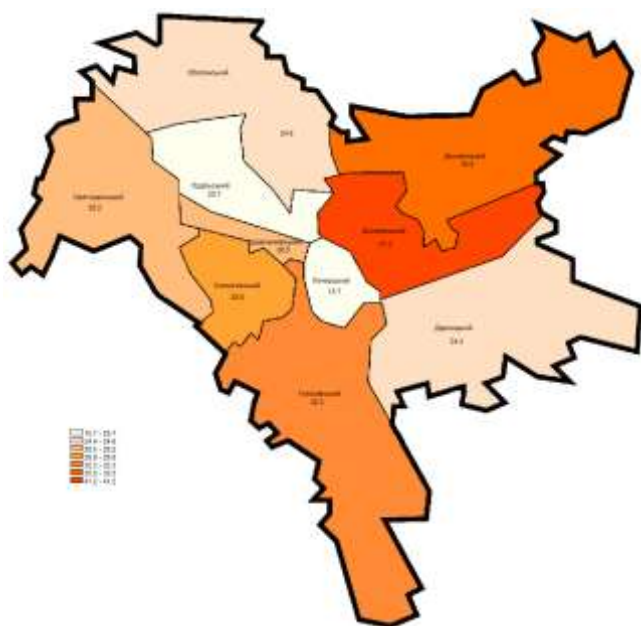
*Результатом реалізації обсерваційного моніторингу постає комплексні статистичні карти рівнів природно-техногенних забруднень на територію міста та його агломерацію* (рис. 5.23, 5.24).



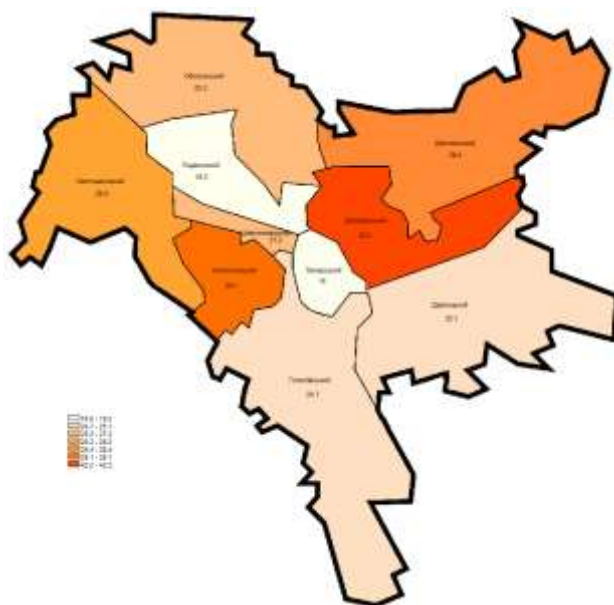
2005 p.



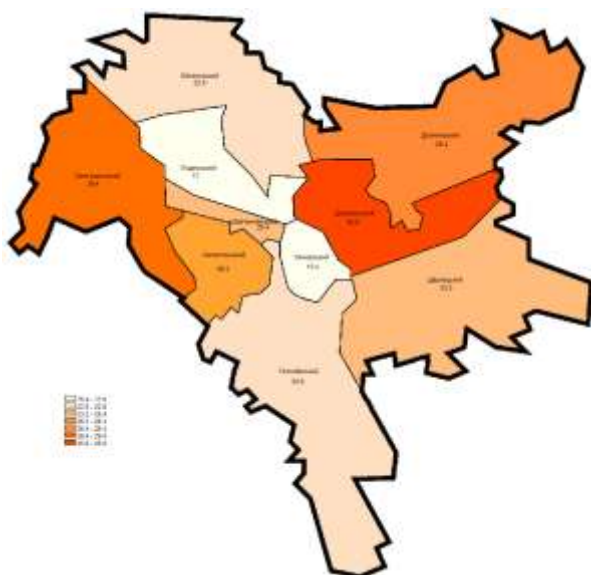
2008 p.



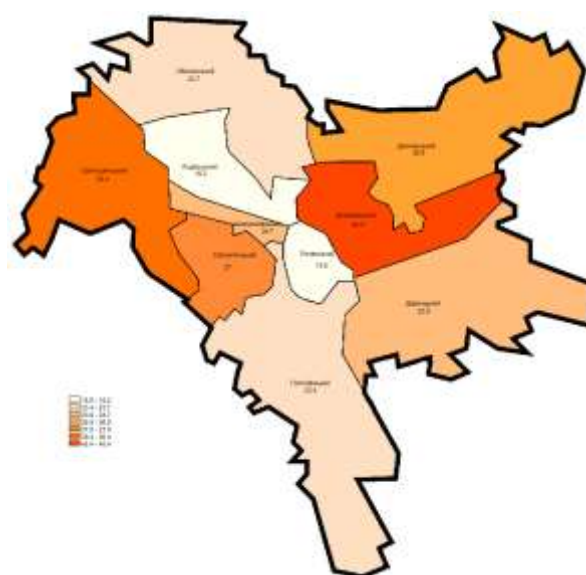
2009 p.



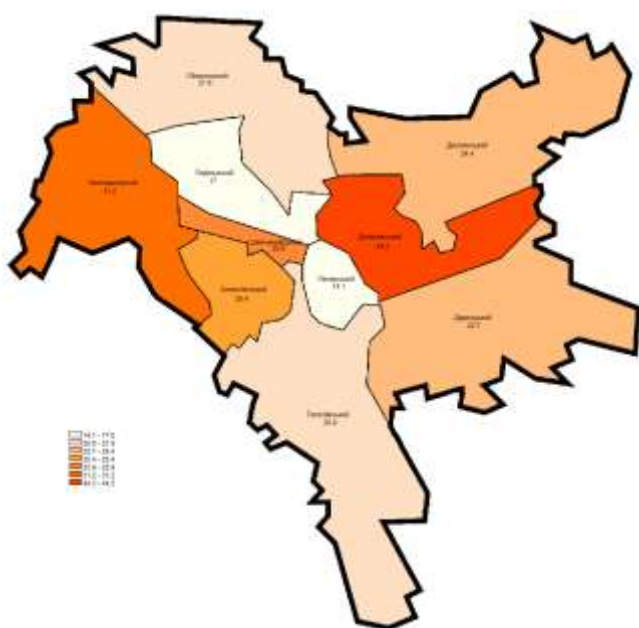
2010 p.



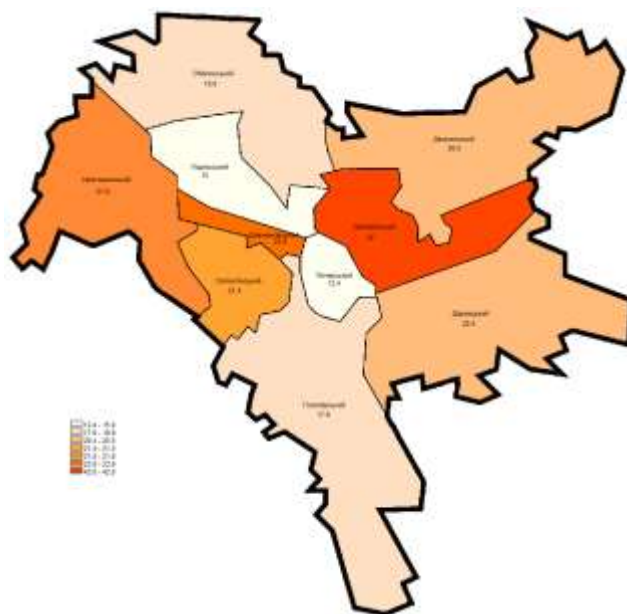
2011 р.



2012 р.

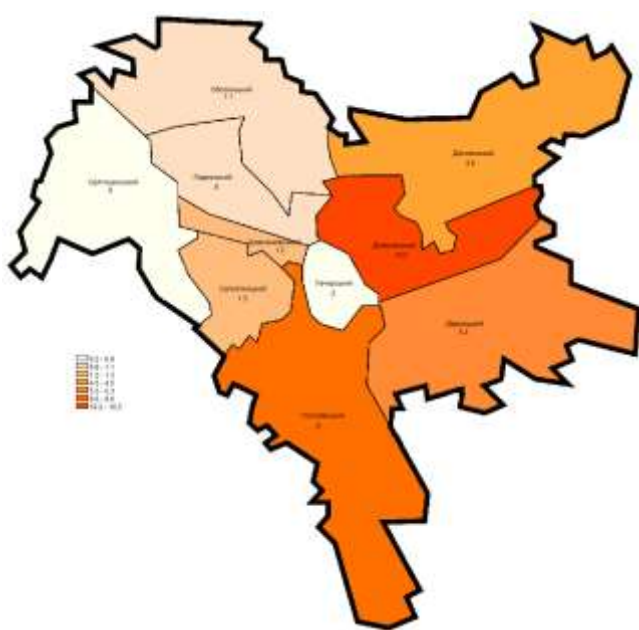


2013 р.



2014 р.

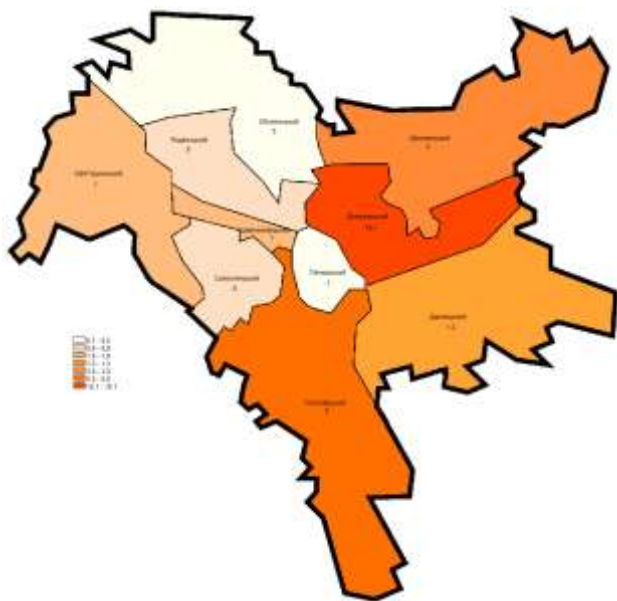
Рис. 5.23. Сумарні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення за районами, тис. тон



2005 p.



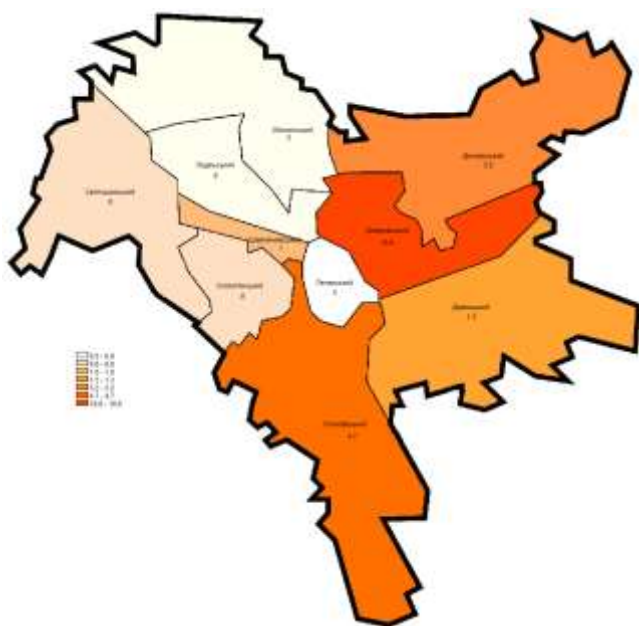
2009 p.



2010 p.



2011 p.



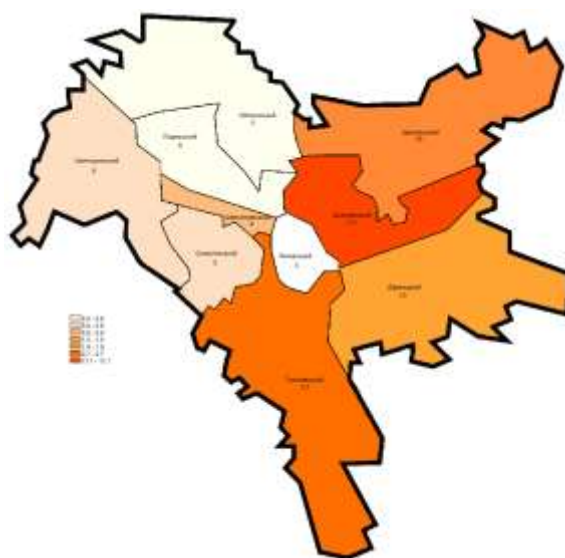
2012 p.



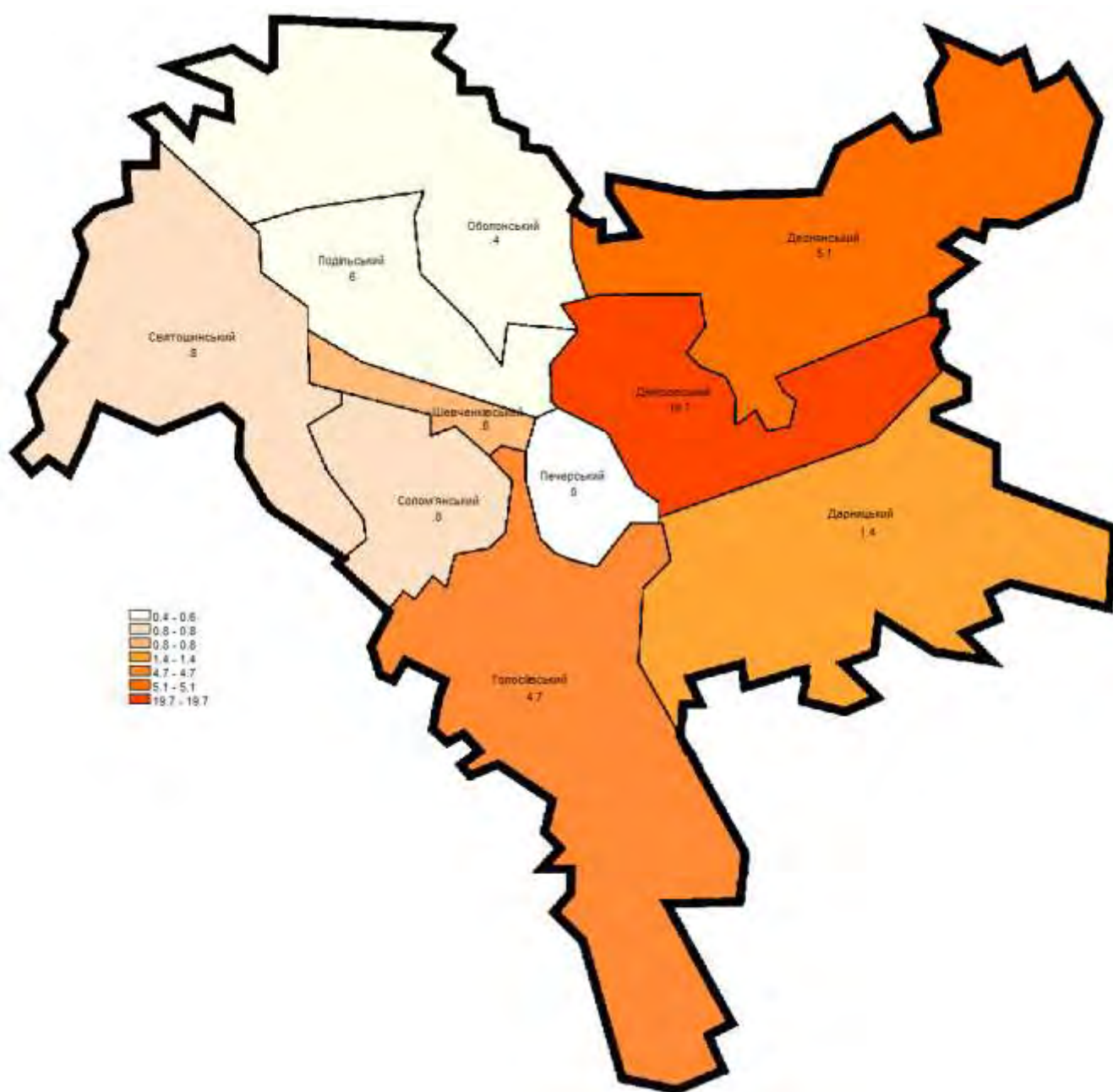
2013 p.



2014 p.



2015 p.



2016 р.

Рис. 5.24. Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за районами, тис. тон

## Висновки до розділу

Створений проєкт геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень в системі обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору м. Києва. Відповідно структурно-функціональна модель програми геоінформаційного забезпечення представляє собою гібрид геоінформаційних, навігаційно-геодезичних, картографо-геоматичних технологічних засобів реєстрації та ідентифікації потенційно-небезпечних процесів, явищ у суцільному (відкритому) та закритому (дискретному) середовищах.

Основою відповідної геоінтелектуальної моделі є програми координування об'єктів критичної інфраструктури: підприємства із базами СДОР (сильнодіючих отруйних речовин), підприємства, що використовують ядерну енергетику, викиди від транспортних засобів логістичних хабів тощо). Формування відповідних баз даних акумулюється у картографічних банках даних умовних позначень об'єктів, що несуть потенційну небезпеку для населення м. Києва.

Розроблена мова автоматизованого прийняття екологічних рішень, що моделює поточну геоінформацію, яка отримується із супутникових, наземних та інших стаціонарних (статичних), динамічних та кінематичних систем оцінки впливу на довкілля. Зазначена першочерговість алгоритмічної обробки даних в системі модулів управління надзвичайною ситуацією на відповідних промислових територіях м. Києва.

Функціональне застосування систем геоінформаційного картографування об'єктів критичної інфраструктури визначається як управлінська система у сфері екологічного моніторингу на загальноміському рівні.

## ВИСНОВКИ

Сформульована методологія – наукова парадигма екологічного обсерваційного рекогностувального моніторингу довкілля-простору м. Києва. В результаті визначено і вирішено наступні екологічні та еколого-географічні проблеми, що виникають в методиці цифрової геодезії, картографії та фотограмметрії при розв’язанні задач прогнозування надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру.

Введено в науковий термінологічний обіг дефініція «довкілля-простір», як просторова-часова характеристика стану біосфери (континуального природно-територіального комплексу) на визначеній території із дискретизацією об’єктів природного та техногенного (промислового) ландшафту, компактною територіальною організацією об’єктів критичної інфраструктури. Вона має різні геодезичні характеристики, а саме: відкритий фізичний простір топографічної денної поверхні із ондульованим ландшафтом, патогенно або вітально трансформованим.

Розроблена та перевірена картографічна парадигма обсерваційного моніторингу при обґрунтуванні та визначенні інфраструктури екологічних обсервацій – ландмарків. В результаті проведеного аналітичного кореляційного аналізу доведена відповідність і закономірність розташування ландмарків на спеціалізованих територіях та локаціях організації ресурсо- та природокористування у відповідних фізико-географічних та еколого-кліматичних зонах. Це підтверджено створеними картографічними моделями, тематичний зміст яких погоджений з еколого-рекреаційною діяльністю сфери обслуговування економіки. Визначені особливості метричності та точності інструментарного забезпечення реалізації рекогностувального моніторингу за відповідним комплексом обсервацій-ландмарків.

Розроблено та впроваджено в екологічний моніторинг інновінг-інструментарій моделювання та візуалізації цифрової реальності довкілля-простору із застосуванням Gadget & Smart-геодезичних технологій координування об’єктів критичної інфраструктури, унікальних та ексклюзивних об’єктів навколишнього природного та техногенного середовища. Він ґрунтується на застосуванні супутникових навігаційних систем портативного технологічного функціонування, точність яких наближена до прецизійних.

Сформульовані концептуальні основи управління екологічним моніторингом довкілля-простору м. Києва та сформульована його методологія.

Запроваджені в практику камеральних досліджень (обробка польових полігонних даних обсерваційного моніторингу) методичні прийоми концепції геоіконічної методології. Розроблений математичний апарат стандартизації проектування геоіконіки умовних позначень систем цифрових моделей карт екологічної безпеки з оцінки точності та якості візуалізації даних екологічного моніторингу в геоінформаційних системах екологічної безпеки.

Розроблений картосемантичний комплекс програмних інструментів для змістовного представлення екологічних геопросторових даних обсерваційного моніторингу в картографічних легендах. Сформована теорія проектування

картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних та промислових територій.

Проведений картографічний обсерваційний аудит природно-техногенного середовища м. Києва, як початковий етап обсерваційного дорекогносுவального моніторингу довкілля-простору. Розроблені нові класифікаційні ознаки карт системи екологічної безпеки. Проведена інтерпретація довкілля-простору на публічних (вулично-інформаційних) картографічних зображеннях екологічної безпеки м. Києва, як нових моделей, що можна використовувати в екологічному аудиті довкілля. Їх зміст містить важливу геопросторову інформацію про стан навколишнього середовища у просторі та часі. Укладена картографічна модель територіальної організації картографічних обсерваційних ландмарків на територію м. Києва із демонстрацією їх класифікаційних ознак. Практичне застосування розробленого картографічного класифікатора та інтерпретатора відображено у алгоритмі ГІС-проєтування картографічних моделей еколого-антропогенного змісту.

Розроблена гіпергенезична (еколого-геодезична) карта м. Києва. Розрахована періодика екологічних катастроф на територію міста. Розроблена мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу м. Києва із запобігання ризикам антропогенного впливу.

Сформульовані теоретичні та концептуальні засади методології практичної організації обсерваційного моніторингу засобами ГІС та ДЗЗ. Новою є методологія експрес-діагностики теплофізичних властивостей моніторингу теплового поля природно-техногенних об'єктів м. Києва. В результаті побудованої теплофізичної моделі було визначено градієнтне теплове поле Батієвої гори на Солом'янці.

Розроблені нові способи автоматичного дешифрування, інтерпретації та ідентифікації об'єктів природокористування на оптичних та спектрзональних знімках, а також дійсних ортофотопланах, що зроблено на основі технології обробки даних аерофото- та космічного знімання.

Запропоновано алгоритм та функціональну схему-модель використання багатоспектральних та мультиспектральних геозображень в екологічному моніторингу для визначення антропогенного впливу на території м. Києва.

Проведено піший рекогносувальний екологічний моніторинг м. Києва, як полігонної та експериментальної території щодо визначення дієздатності інновінг-інструментарій. Визначені рівні ризиків екологічної безпеки та сформульовані принципи організації раціонального природокористування на територіях та акваторіях дніпровських островів, басейнах малих підземних та наземних річок міста (на прикладі каскаду озер Опечень на Оболоні та Почайнинського меліоративного каналу).

Укладені екологічні карти на основі технології картографування на геозображеннях дійсних ортофотопланів.

Інновінгом дослідження є розробка теоретико-функціональної моделі кібернетичної геоінтелектуальної системи прийняття автоматизованих екологічних рішень управління в сфері екологічного обсерваційного дистанційного та рекогносувального моніторингу довкілля-простору міста Києва. Побудовані структурно-параметричні моделі її технічного та технологічного запровадження в урядову інформаційно-аналітичну систему попередження надзвичайних ситуацій

природно-техногенного характеру у м. Києві. Відповідна спеціалізована ГІС працює у тестовому режимі. Вона дозволяє одержувати онлайніві оперативні картографічні моделі забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунтів, локалізації об'єктів критичної інфраструктури, розраховувати збитки та визначати заходи попередження та ліквідації екологічних катастроф у м. Києві на основі різноформатних геоданих (ортофотоплани, цифрові абриси, пікетажні екологічні журнали).

Розроблений науково-методологічний комплекс вирішує проблему геоінформаційної та інструментарної метризації екологічних показників довкілля-простору на основі математичних концепцій та теорії континуального та дискретного поля у середовищі кібернетичних систем геоінтелектуального управління екологічним моніторингом ризиків антропогенного впливу на територію міста Києва.

Сформульована парадигма проведення обсерваційного екологічного моніторингу за технологіями геоінтелектуальних систем прийняття екологічних рішень, як нового технологічного еволюційного напрямку розвитку геоінформаційних систем. Розроблені кореляційні таблиці значень відповідності системи природокористування до технологічних характеристик знімальних систем актуально функціонуючих супутників Близького Космосу із відповідною роздільною здатністю матеріалів дистанційного зондування. Визначена сфера застосування оптико-електронних систем в екологічному моніторингу.

Сформульовані науково-практичні рекомендації застосування форматів геопросторових даних при обробці матеріалів космічних знімків. Розроблені наукові основи формування банку даних вирішених екологічних проблем – рубрикатора завдань у сфері екологічного обсерваційного моніторингу (серія еколого-статистичних карт м. Києва).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агибалова Е.В. Екологічна географія. Львів, 2018. 214 с.
2. Адаптація до змін клімату: зелені зони міст на варті прохолоди: монографія. За ред. Т. Казанцева. Київ, 2016. 40 с.
3. Батог С.В. Еколого-гідрологічна характеристика водойм м. Києва. Дис... канд. геогр. наук: 11.00.07. Київ. 2017. 249 с.
4. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю., Застосування аерокосмічних технологій для природно-ресурсного відновлення зони відчуження на екологічних засадах. Інноваційні аерокосмічні технології в екологічному моніторингу: матер. наук.-техн. конф. (Київ, 24-25.04.2018 р.). Київ, 2018. С. 5-6.
5. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Моніторинг стану навколишнього середовища засобами ГІС: навч.-метод. та практ. рекомендації. Київ. ДЕА, 2018. 52 с.
6. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Наукові основи геоінформаційного моделювання екологічної безпеки. Наука III тисячоліття: пошуки, проблеми, перспективи розвитку: тези міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (Бердянськ, 25-26.04.2018 р.). Бердянськ, 2018. Т. II. С. 173-174.
7. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Наукові основи управління екологічним моніторингом. Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2018: зб. наук. пр. між нар. наук. конф. (Железний Порт, 20-24.05.2018 р.). Херсон, 2018. С. 32-35.
8. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Вдосконалення системи координат космічної геодезії у цілях екологічного моніторингу. Аерокосмічні технології в Україні: проблеми та перспективи: тези доп. II наук.-практ. конф. (Київ, 04.10.2018 р.). Київ, 2018. С. 47.
9. Бондар О.І., Фінін Г.С., Унгурян П.Я., Шевченко Р.Ю. Дистанційні методи моніторингу довкілля: навч. посібн. Херсон, 2019. 298 с.
10. Бондар О.І., Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю. Аналіз використання космічних систем в екологічному моніторингу. VinSmartEco: зб. матер. I міжнар. наук.-практ. конф. (Вінниця, 16-18.05.2019 р.). Вінниця, 2019. С. 61-63.
11. Бондар О.І., Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю. Геоматична парадигма екологічної безпеки туризму. Екологія/Ecology-2019: зб. наук. праць. VII-й всеукр. з'їзду екологів з міжнар. участю (Вінниця, 25-27 вересня, 2019 р.). Вінниця: ВНТУ, 2019. С. 123.
12. Бондар О.І., Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю. Роль екологічної освіти при оцінці впливу на довкілля. VinSmartEco: зб. матер. I міжнар. наук.-практ. конф. (Вінниця, 16-18.05.2019 р.). Вінниця, 2019. С. 365-367.
13. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Екологічна безпека довкілля в акваторії каскаду озер Опечень міста Києва. Екологічні науки. 2018. № 2 (21). С. 6-11.
14. Бондар О.І., Шевченко Р.Ю. Екологічний моніторинг та екологічна безпека рекреаційного природокористування Дніпровських островів міста Києва. Екологічні науки. 2018. № 1 (20). Т. 1. С. 5-11.

15. Вишневський В., Шевчук С. Оцінювання стану водних об'єктів Києва за даними дистанційного зондування Землі. Український журнал дистанційного зондування Землі. Київ, 2016. № 11. С. 9–14.
16. Вишневський, В. І. Малі річки Києва: монографія. Київ, 2007. 28 с.
17. Вікіпедія. Озера Опечень. URL: <https://uk.wikipedia.org/>.
18. Горный В., Крицук С., Латыпов И. и др. Теплофизические свойства поверхности городской среды (по результатам спутниковых съемок Санкт-Петербурга и Киева). Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Санкт-Петербург, 2017. Т. 14. № 3. С. 51-66.
19. Долинний В.В. Моделі, методи і технологічні засоби побудови ряду великомасштабних тематичних карт. Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. Київ. 2017. 196 с.
20. Екологічний атлас Києва. Київ, 2006. 60 с.
21. Еніологія: навч. підручник. Київ, 2014. 783 с.
22. Звіт про науково-дослідну роботу «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення. Збір та аналіз виробничих показників вугільних шахт для формування і оновлення бази даних еколого-технічних показників вугільних підприємств» (№ ДР 0116U005852): проміжний звіт за I-III кв. 2017 р. Київ, ДЕА, 2017. 42 с.
23. Звіт про науково-дослідну роботу «Оцінка та вивчення еколого-техногенного стану Донецької та Луганської областей з метою розробки рекомендацій щодо природно-ресурсного відновлення на екологічних засадах» (№ ДР 0117 U006967): заключний звіт за 2017 р. Київ, ДЕА, 2017. 150 с.
24. Звіт про науково-дослідну роботу «Проект організації національного природного парку «Кременецькі гори», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів та об'єктів» (№ ДР 0115U006560): заключний звіт за 2016 р. Київ, ДЕА, 2016. 230 с.
25. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка нормативно-методичного документа рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС» (№ ДР 0118U005461): заключний звіт за 2018 р. Київ, ДЕА, 2018. 170 с.
26. Іванник Ю. Ю. Моделі, методи і засоби формування динамічних сценаріїв у навігаційних геоінформаційних системах реального часу: дис.... кандидата техн. наук: 05.13.06 – інформаційні технології. Київ, 2015. 157 с.
27. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Київ, 2006. 360 с.
28. Клименко М.О., Прищеп А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. Київ, 2006. 360 с.
29. Корсак К.В., Плахотнік О.В. Основи сучасної екології: навч. посібник. Київ, 2004. 340 с.
30. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи Київ, 2009. 511 с.
31. Легендарная киевская река Почайна продолжает существовать на Оболони. URL:<http://my-obolon.kiev.ua/stati/legendarnayakievskaya-reka-pochajna-prodolzhaet-sushhestvovat-na-oboloni.html>

32. Мкртчян О. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії. Львів, 2010. 119 с.
33. Назаров, А. С. Фотограмметрия: Монографія. Київ, 2006. 368 с.
34. Некос А., Щукін Г., Некос В. Дистанційні методи досліджень в екології. Харків, 2007. 372 с.
35. Пісна Р.С. Теоретико-методичні основи створення тематичних інтерактивних карт (на прикладі критичної інфраструктури міста Києва). Дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.12. Київ. 2019. 200 с.
36. Про створення парку культури і відпочинку «Парк Почайна» на земельній ділянці орієнтовною площею 10,10 га, що розташована вздовж річки Почайна до затоки Вовковата між проспектом Степана Бандери та вулицею Електриків в Оболонському районі м. Києва: Рішення Київської міської ради III сесії VIII скликання № 838/1842 від 10.02.2017 р. URL: [http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1\\_docki2.nsf/alldocWWW/484C42EE87B11F9EC22580D1006E07C2?OpenDocument](http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1_docki2.nsf/alldocWWW/484C42EE87B11F9EC22580D1006E07C2?OpenDocument)
37. Про створення регіонального ландшафтного парку «Дніпровські острови»: рішення Київської міської ради № 878/2288 від 23 грудня 2004 р. URL: [http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1\\_docki2.nsf/alldocWWW/DD5D8F2A57403B4EC22573C00052C3FA?OpenDocument](http://kmr.ligazakon.ua/SITE2/1_docki2.nsf/alldocWWW/DD5D8F2A57403B4EC22573C00052C3FA?OpenDocument).
38. Савчук С.Г. Вища геодезія. Підручник. Житомир, 2005. 315 с.
39. Світличний О.О. Основи геоінформатики: навч. посібн. Суми, 2006. 295 с.
40. Філіпович В.Є. Використання космічної інформації для прогнозу розвитку небезпечних геологічних процесів (підтоплення та затоплення) на прикладі окремих районів м. Києва. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 7. С. 58–63.
41. Чудо І. Карта геопатогенних зон Києва. URL: <http://www.bio-lavka.kiev.ua/fons/kiev2a.jpg>.
42. Шарлемань М., Доліщінський П. Збережемо Почайну! Вечірній Київ. К., 1967.
43. Якимчук В., Ліщенко Л., Суханов К., Порушкевич А. Застосування спектральних індексів спектрограм листя дерев для оцінки екологічних умов їхнього росту в м. Києві. Український журнал дистанційного зондування Землі. Київ, 2015. № 5. С. 4-14.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ШЕВЧЕНКО** Роман Юрійович

**ІНСТРУМЕНТАРІЙ МОНІТОРИНГУ  
ДОВКІЛЛЯ МІСТА КИЄВА**

Монографія

Українською мовою, в авторській редакції

Підписано до видання 02. 11. 2020 р. Формат 21\*29,7. Гарнітура Times New Roman  
Умовн. друк. арк. – 15,4. Наклад 300 прим. Замовлення № 11  
Видавництво ДЗ «ДЕА»

---

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.  
03035, м. Київ, вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2  
Тел.: (044) 206-31-31 Тел./факс: (044) 206-31-87 E-mail: dei2005@ukr.net