

Шевченко Р. Ю.



***ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ
СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЇ***

Електронний підручник



Шевченко Р. Ю.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ В ЕКОЛОГІЇ

Е л е к т р о н н и й п і д р у ч н и к

для здобувачів другого та третього рівня вищої освіти галузей знань: 10 – «Природничі науки», спеціальностей 101 – «Екологія», 103 – «Науки про Землю», 106 – «Географія»; 12 – «Інформаційні технології», спеціальність 126 – «Інформаційні системи та технології»; 18 – «Виробництво та технології», спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»; 19 – «Архітектура та будівництво», спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»

***Розглянуто, схвалено та рекомендовано до публікації Вченою Радою Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління
(протокол № 6-10 від 1 червня 2022 р.)***

***Рекомендовано Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України як навчально-наукове видання для підготовки здобувачів вищої освіти ступеня магістра та доктора філософії галузі знань «Природничі науки» спеціальності «Екологія», а також слухачів курсів підвищення кваліфікації та перепідготовки працівників природоохоронної сфери
(протокол № 17-970 від 14 червня 2022 р.)***

КИЇВ – 2022

УДК 528.9

Автор: **Шевченко Р. Ю.**, канд. географ. наук, доц. каф. екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (м. Київ).

Рецензенти:

Бондар О.І., д.б.н., проф., засл. діяч науки і техн. України, чл.-кор. НААН України
Фінін Г.С., д.ф.-м.н., проф.

Шевченко Р. Ю. Геоінформаційні системи в екології. Електронний підручник для здобувачів другого та третього рівня вищої освіти галузей знань: 10 – «Природничі науки», спеціальностей 101 – «Екологія», 103 – «Науки про Землю», 106 – «Географія»; 12 – «Інформаційні технології», спеціальність 126 – «Інформаційні системи та технології»; 18 – «Виробництво та технології», спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»; 19 – «Архітектура та будівництво», спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій». Київ, 2022. 224 с.

В підручнику висвітлені основні геодезичні полігонні (польові) геопросторові дослідження із апробацією роботи інновінг Smart-інструментарію передкартографічних досліджень. Розглядаються теми алгоритмічного проектування діджиталізованих полігонних картографо-геодезичних експедиційних пікетажних коридорів моніторингу довкілля-простору. Технологічно це реалізовно на прикладах математичних моделей роботи Android-програм високоточного супутникового Gadget-координатного визначення джерел забруднення з метою визначення топографічних змін ландшафтів забудованих (міських) та природних ландшафтів.

Інновацією є тема геоматичної парадигми екологічного моніторингу, що ґрунтується на девайсовій геодетиці та геоіконічній концепції геоінформаційної інтерпретації просторів та довкілля. Обґрунтована картосемантика та картопрагматика картографічних легенд екологічних та природоохоронних карт. Укладена нова класифікація природокористувальницьких карт території великого міста (на прикладі Києва). Складений математичний алгоритм автоматизованої геоінтелектуальної системи ескізування бібліотек умовних позначень екологічних карт та атласів для спеціальних геоінформаційних систем.

Представлений навчально-науковий матеріал комплексного еколого-природоохоронного моніторингу довкілля м. Києва за допомогою Gadget-геодетики та мобільних картографічних систем. Важливою складовою змісту підручника є навчання методикам релазіації екологічного моніторингу під час надзвичайної ситуації воєнного характеру.

При вивченні дисципліни робиться наголос на тематичні розділи наступного контенту: теорія релазіації екологічного моніторингу підсупутниковими технологіями Близького Космосу (Космосфери), прийоми інтерпретації та ідентифікації об'єктів довкілля при дешифруванні космічних знімків. На прикладах продемонстровані технологічні особливості функціонування геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень у м. Києві. Показані методики складання її архітектури, структури та технічних модулів забезпечення безперебійного інтерактивного екологічного картографування м. Києва.

Розрахований на здобувачів другого та третього рівнів вищої освіти природничих, географічних, інформаційних та технічних галузей знань.

ЗМІСТ

<i>Навчальний глосарій</i>	6
<i>Вступ до навчальної дисципліни</i>	12
МОДУЛЬ 1. ГЕОДЕЗИЧНА ТА ГЕОМАТИЧНА КОМПОНЕНТИ ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС	17
§ 1 Кореляційний аналіз обсерваційних ландмарків довкілля-простору ...	17
§ 2 Інновінг-інструментарій забезпечення рекогностування місцевості	25
§ 3 Сучасні геоматичні технології реалізації обсерваційного моніторингу	29
§ 4 Інструментарій геотегінгу при реалізації обсерваційного екологічного моніторингу	33
§ 5 Розробка інновінг-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору	38
§ 6 Інструментарій оперативного визначення ризиків антропогенного впливу	45
§ 7 Геоматичні технології управління моніторингом довкілля-простору ...	53
§ 8 Спеціальні геодезичні мережі а екологічному моніторингу	62
§ 9 Сучасні цифрові технології супутникового моніторингу та електронний геокартоінформаційний інструментарій доступу до екологічної інформації	69
<i>Контрольні запитання</i>	78
МОДУЛЬ 2. ГЕОІКОНІЧНА ТА КАРТОГРАФІЧНА КОМПОНЕНТИ ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС	80
§ 10 Стандартизація проектування геоіконіки знакових систем картографічних моделей екологічної безпеки	80
§ 11 Оцінювання якості геоіконіки картоінформаційних систем екологічної безпеки	87
§ 12 Картосемантичний комплекс інструментів для візуалізації та передачі геопросторових даних обсерваційного моніторингу в картографічних легендах	100
§ 13 Методика проектування картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних територій	104
§ 14 Аудит карт системи природокористування та екологічної безпеки	109
§ 15 Інструментарій комплексного екологічного атласного картографування	116
§ 16 Картогеоінформаційне забезпечення управління у сфері екологічної безпеки та реалізації програм захисту довкілля	123
<i>Контрольні запитання</i>	127
МОДУЛЬ 3. АЕРОКОСМІЧНА КОМПОНЕНТА ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС ..	129
§ 17 Моніторинг теплофізичних властивостей природно-техногенних об'єктів довкілля-простору	129
§ 18 Дешифрування об'єктів природокористування за цифровими космічними геозображеннями	136
§ 19 Використання багатоспектральних зображень в екологічному	

моніторингу для визначення антропогенного впливу	138
§ 20 Еколого-антропогенна інтерпретація змісту космічних знімків	144
§ 21 Екологічні виклики воєнного часу: оцінка впливу на довкілля за матеріалами дистанційних методів моніторингу довкілля	149
<i>Контрольні запитання</i>	159
МОДУЛЬ 4. ФОРМУВАННЯ ТЕМАТИЧНИХ БАЗ ДАНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС (НА ПРИКЛАДІ МІСТА КИЄВА)	161
§ 22 Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу м. Києва	161
§ 23 Суть задачі та напрямки реалізації ГІС-GPS/GNSS-забезпечення прийняття екологічних рішень у м. Києві	169
§ 24 Вибір програмного забезпечення для геоінформаційного моделювання довкілля-простору м. Києва	173
§ 25 Створення геоінформаційного банку даних обсерваційного екологічного рекогносциувального моніторингу довкілля-простору м. Києва	175
§ 26 Апробація ГІС та GPS в параметричному дослідженні критичного промислово-територіального комплексу	177
§ 27 Укладання статистичних моделей забруднення довкілля м. Києва ...	180
<i>Контрольні запитання</i>	182
МОДУЛЬ 5. ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ	183
§ 28 Методика побудови гіпергенезичної (еколого-геодезичної карти) м. Києва	183
§ 29 Картографування радіаційного забруднення території України	188
§ 30 Аннали картографування стану національної екологічної безпеки України	196
<i>Контрольні запитання</i>	208
<i>Контрольні запитання з навчальної дисципліни</i>	210
<i>Рекомендована література</i>	214
<i>Додатки</i>	219

НАВЧАЛЬНИЙ ГЛОСАРІЙ

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.
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 проєктних 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.
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.
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.

Довкілля-простір	<p>Це загально-філософська, 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, навколотоземних 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.</p>
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, Mapillary.
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.
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 рекогностувального 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.
Цифрова реальність довкілля-простору	<p>Надзвичайно складна роботизована технологія мультिवимірного 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.</p>

ВСТУП ДО НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Пізнати Землю ... Вказати шлях ... Зрозуміти Світ
(Девіз Національного агентства геопросторової розвідки США)

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 екологічних досліджень.

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 краудосорсингові картографічні та геоінформаційні ресурси координування та проєктування ГІС-моделей. Якість, точність та реалістична відповідність таких ГІС-моделей, що в них проєктовані, не поступаються професійності виконання та конкурентоздатності 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.

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.

Навчання з роботою інновіng-інструментарію технологій цифрової реальності на базі краудосорсингових програм та відкритих ГІС є бюджетним варіантом проведення та реалізації екологічного обсерваційного моніторингу.

Інноваційним є запровадження у навчальний процес 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.

Проблематиці розробці геоінжинірингових технологій екологічного моніторингу в галузі екологічної безпеки присвячено багато підручників провідних

закордонних та українських вчених, проте в їхніх роботах недостатньо приділяється увага цифровим технологіям девайсового забезпечення рекогносцивальних обсерваційних експедицій із залученням технологій Близького Космосу (Космосфери), цифрової геодезії, картографії, геоінформатики, теорії знакових систем (картосеміотики).

Застосування у практичній діяльності магістра з екології Smart/Android(iOs)-інструментарію (картоінформаційного, геоінжинірингового, методологічного та геоінтелектуального програмного забезпечення) буде необхідною компетентністю для прийняття управлінських рішень в системі цифрової організації обсерваційного моніторингу довкілля-простору.

Знання теорії (методології) обсерваційного моніторингу довкілля-простору, визначення та аналіз інтерактивних технологій електронної геодезії та картографії підвищить екологічну ефективність прийняття управлінських екологічних рішень (на прикладі навколишнього природного середовища м. Києва) та вдосконалить знання відповідних картографо-математичних та геоматично-програмних засобів.

Набуті теоретичні знання із цієї актуальної науково-прикладної проблеми, нададуть можливість оперативного вирішення проблем в галузі екологічної безпеки та подальших розробок нових технологій захисту довкілля.

У підручнику 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.

Вивчення теорії екологічної безпеки довкілля-простору та його ГІС-інструментарій цифрової реальності є інноваційною в сучасній прикладній (конструктивній) екології. Запроваджено вивчення технологій хмарового проектування просторів за технологією сканування та роботизованої тахеометрії. Вони в сукупності дають глобальне уявлення про плинність панглобального довкілля-простору. Таким чином цей інструментарій є дискретним і континуальним одночасно, такий, що дає змогу визначити континуальність простору-довкілля, його розміри, геодезичні параметри, трансформаційні особливості.

Навчально-методична задача навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в екології» полягає у набутті компетентностей ГІС-моделювання в екології: цифрові геоматичні застосунки, функціонування бюджетного інновінг-інструментарію для високоточного геодезичного, картографічного, фотограмметричного та геоінформаційного моделювання простору-довкілля.

Методична мета полягає у набутті теоретико-практичних компетентностей із системи інженерно-технічної організації екологічної безпеки інструментарних геодезичних полігоних (польових) геопросторових досліджень із апробацією роботи інновінг Smart-інструментарію передкартографічних досліджень.

Здобувачі вищої освіти матимуть змогу розроблення та вдосконалення алгоритмів проектування полігонних картографо-геодезичних експедиційних пікетажних рекогносцивальних коридорів моніторингу довкілля-простору. Технологічно це повноцінно реалізовуватиметься на прикладах математичних

моделей роботи Android/iOs-програм високоточного супутникового Gadget-координатного визначення джерел забруднення з метою визначення топографічних змін ландшафтів забудованих (міських) та природних ландшафтів великого міста. Це підвищить в разі екологічну ефективність прийняття управлінських рішень, що дасть змогу здійснювати обґрунтований вибір найкращого з точки зору екологічної ефективності управлінського рішення попередження екологічних катастроф (надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру), що сприятиме підвищенню рівня екологічної безпеки великих забудованих територій.

Підручник та його зміст відповідає пріоритетним напрямкам розвитку науки і техніки в Україні, державної екологічної політики України, державної політики з питань національної безпеки та оборони, науковим дослідженням провідних закладів вищої освіти України.

Метою вивчення навчальної дисципліни є набуття компетентностей з геоінформаційної оцінки рівнів екологічної безпеки великих міст (на прикладі м. Києва), вивчення теорії обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору, визначення та аналіз екологічної ефективності прийняття управлінських рішень в системі геоінтелектуальних систем портативного картографування стану навколишнього природного середовища, розроблення відповідних картографо-математичних та ГІС-програмних засобів на Smart-платформах Android та iOS.

В навчальному процесі при вивченні обсерваційного моніторингу із застосуванням високовартісних геодезичних технологій пропонується 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. Методичне обґрунтування реалізації відповідного екологічного моніторингу постає як головна навчальна задача курсу.

Основні компетентності, що набуваються при вивченні навчальної дисципліни:

1. вивчення нової термінології системи ГІС-технологій в системі екологічної безпеки, наукова дефініція «довкілля-простір» та її геоінформаційна парадигма. Оперування здобувачами наступних визначень «геоінтелектуальне моделювання» та «прогнозування стану екологічної безпеки забудованих територій технологію цифрової реалістичності (реальності)», «картографічне геоінформаційне моделювання» та «ГІС-прогнозування стану ландшафтів»;
2. ознайомити із науковою теорією геоматичної парадигми обсерваційних досліджень зі створення геоінформаційної астронавігаційної системи оперативного попередження (запобігання) та управління при подоланні надзвичайних ситуацій природного походження. Вивчаються наземні та космічні сегменти геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень, які ґрунтуються на знаннях екологічної геоіконіки природокористування;
3. набуття навичок розроблювати алгоритми створення інтерактивних динамічних карт навколишнього природного середовища. Визначати ступені геотопологічної континуальності довкілля-простору. Інтерпретувати критерії безперервності фізичних полів існування цивілізації. Працювати із Smart-

- навігаційним обладнання, а також обґрунтувати дискретні форми довкілля-простору в бібліотеці умовних позначень у легендах карт екологічної безпеки;
4. вміння складати структурно-параметричні схеми екологічної геоматики та обґрунтувати моделі екологічної геоіконіки при реалізації обсерваційних досліджень на високоурбанізованих територіях;
 5. створювати математичний апарат та структурно-параметричні схеми забезпечення роботи експериментальних геоінтелектуальних ГІС;
 6. формулювати постановку наукової та технологічної проблеми доступності якісного ГІС-моделювання в системі ГІС-інтерпретації рівнів екологічної безпеки забудованих міських територій, шляхом запровадження функціонування інновіг-інструментарію високоточного геодезичного, картографічного, фотограмметричного та геоінформаційного моделювання простору-довкілля;
 7. запроваджувати діджиталізацією (дігіталізацією) різних форм екологічної діяльності та перехід до технологій цифрової реальності. Впроваджувати інструментарій у забезпечення екологічного обсерваційного моніторингу за довкіллям-простором, що складається з модулів урядової інформаційно-аналітичної системи попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. Формувати бази даних ГІС, блоки інтерпретаційних моделей, бази даних ДЗЗ для потреб сфери обслуговування та захисту довкілля. Застосовувати аналогові методи геодезії у різних форс-мажорних обставинах при екологічних катастрофах;
 8. обґрунтовувати технологічність та інновіг краудсорсингових картографічних пакетів та програм Android-забезпечення проведення польових обсерваційних рекогносциувальних експедицій у просторі-довкіллі, визначати та доводити їх безальтернативність класичним сучасним ГІС-пакетам в реалізації програм екологічних досліджень. Демонструвати їх якість та точність при створенні картографічних моделей. Запроваджувати їх широке функціонування в наукових, педагогічних та виробничих товариствах, установах та організаціях, в першу чергу освітньо-екологічних, природоохоронних та ресурсозберігаючих;
 9. формулювати практичні рекомендації щодо подальшого перманентного впровадження в систему екологічного моніторингу цифрової девайсової геодетики при одночасній розробці відповідного алгоритму апробації інновіг-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору урболандшафту.

Об'єкт вивчення дисципліни – визначення екологічної ефективності прийняття управлінських рішень геоінтелектуальними системами прийняття природоохоронних рішень за допомогою хмарної геодетики.

Предмет вивчення дисципліни – методи, засоби, прийоми Gadget-геодетики при визначенні та аналізі екологічної ефективності прийняття управлінських рішень.

Педагогічні технології вивчення. В навчальному процесі комплексно використовуються методи організації польових рекогносциувальних моніторингових експедицій в умовах природного та антропогенного ландшафту великого міста (на

прикладі м. Києва), системного і функціонального аналізу, математичного та геоінформаційного моделювання, теорій вищої геодезії та реляційної картографії, теорії геоінформаційного картографування континуальних та дискретних явищ, теорії цифрової фотограмметрії та ДЗЗ, теорії баз даних і багатовимірного аналізу даних, методи дослідження операцій, об'єктно-орієнтованого програмування, планування наукового експерименту та обробки його результатів. Для наочності залучаються матеріали експедиційних даних геодезичних експедицій, аудиторні дослідження стародавніх та сучасних картографічних матеріалів, які висвітлюють деякі екологічні та геофізичні особливості експериментальних місцевостей.

Підручник із навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в екології» структурований з п'яти темами, контрольними питаннями в кінці кожного та загальним контролем знань.

Тематичний зміст підручника відповідає концепціям та освітньо-професійним та освітньо-науковим програмам закладів вищої освіти для здобувачів другого та третього рівня вищої освіти галузей знань: 10 – «Природничі науки», спеціальностей 101 – «Екологія» (спеціалізації «Екологія та охорона навколишнього середовища», «Екологія та управління природними ресурсами», «Конструктивна екологія та пермакультура»); 103 – «Науки про Землю» (спеціалізації: «Картографія», «Картографія та географічні інформаційні системи», «Космічний моніторинг Землі», «Географічна картографія, географічні інформаційні системи і технології, фотограмметрія та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ)»); 106 – «Географія» (спеціалізації: «Природнича географія»); 12 – «Інформаційні технології», спеціальність 126 – «Інформаційні системи та технології»; 18 – «Виробництво та технології», спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»; 19 – «Архітектура та будівництво», спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій» (спеціалізації: «Геодезія», «Геоінформаційні системи та технології», «Фотограмметрія та дистанційне зондування Землі», «Землеустрій та кадастр»).

Підручник апробований та використовується у Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління (м. Київ), як базове методичне та навчальне забезпечення підготовки здобувачів вищої освіти та слухачів курсів підвищення кваліфікації (перепідготовки та стажування) кадрів для потреб Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України.

МОДУЛЬ 1.

ГЕОДЕЗИЧНА ТА ГЕОМАТИЧНА КОМПОНЕНТИ ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС

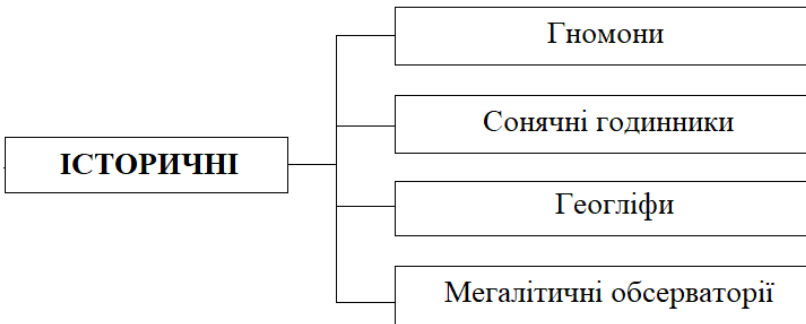
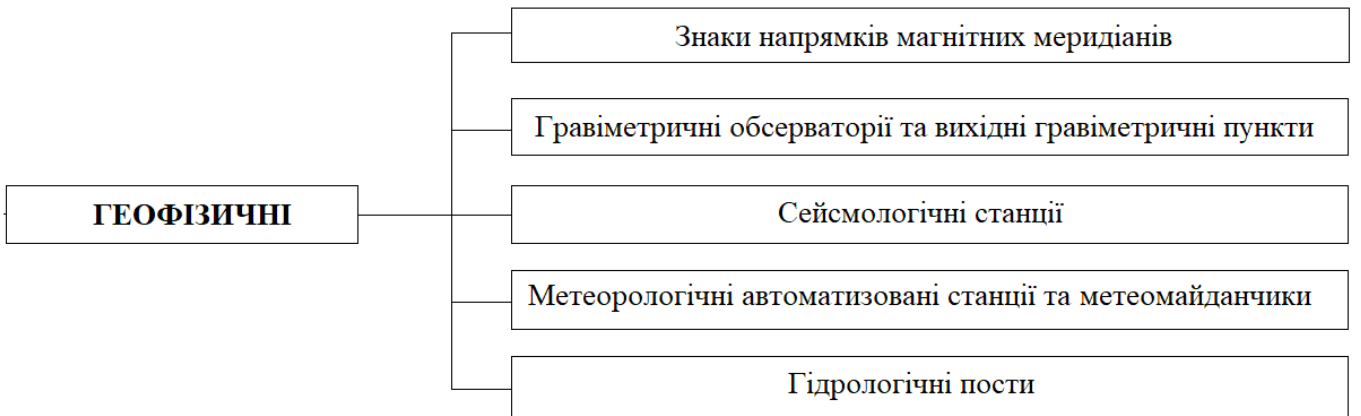
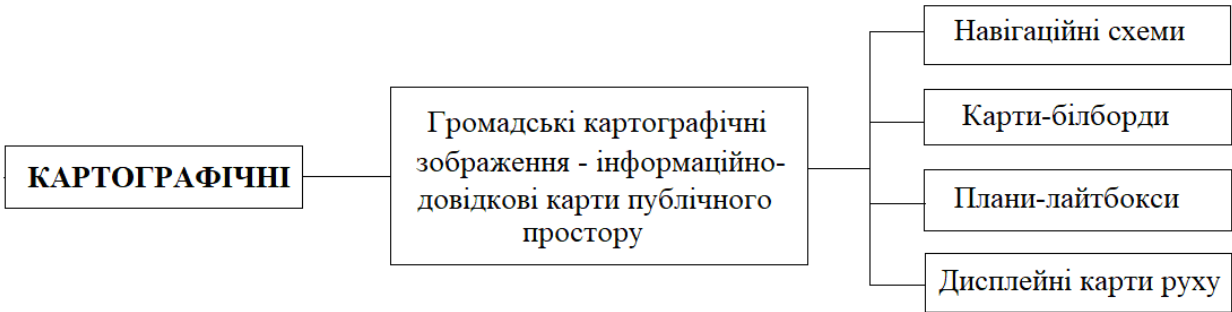
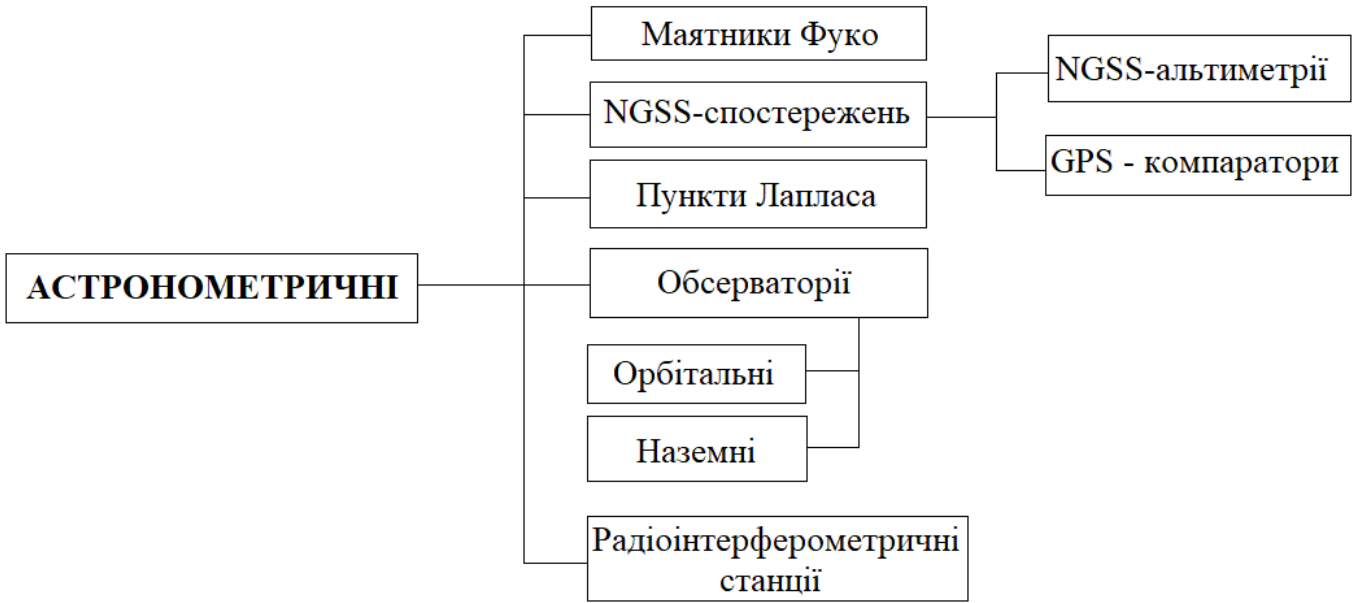
- § 1. *Кореляційний аналіз обсерваційних ландмарків довкілля-простору*
- § 2. *Інновінг-інструментарій забезпечення рекогностування місцевості*
- § 3. *Сучасні геоматичні технології реалізації обсерваційного моніторингу*
- § 4. *Інструментарій геотегінгу при реалізації обсерваційного екологічного моніторингу*
- § 5. *Розробка інновінг-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору*
- § 6. *Інструментарій оперативного визначення ризиків антропогенного впливу*
- § 7. *Геоматичні технології управління моніторингом довкілля-простору.*
- § 8. *Спеціальні геодезичні мережі а екологічному моніторингу*
- § 9. *Сучасні цифрові технології супутникового моніторингу та електронний геокартоінформаційний інструментарій доступу до екологічної інформації*

§ 1. Кореляційний аналіз обсерваційних ландмарків довкілля-простору

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 датурах місцеположення географічних пунктів. Це ландмарки. Вони виконують роль орієнтирів (в тому числі в навколосемному просторі – це геодезична і супутникова інтерферометрія). Їх сукупність до теперішнього має узагальнене термінологічного визначення та наукове обґрунтування в контексті досліджень збалансованого природокористування і охорони навколишнього природного середовища.

Є термінологічне обґрунтування комплексу геомаркерів, геодатумів, геодезичних та географічних знаків, класифікація ландмарків, проведення їх типізації, здійснення кореляційного аналізу ландмарків спостереження і типів природокористування.

Функціонально-кластерний аналіз ландмарків зводиться до визначення сировини виготовлення ландмарку та природних ресурсів, промислового та економічного розвитку навколишньої території, від чого залежать фізичні властивості, місцерозташування, функціональне та часове призначення ландмарку. Класифікаційна схема ландмарків представлена на рис. 1.1.



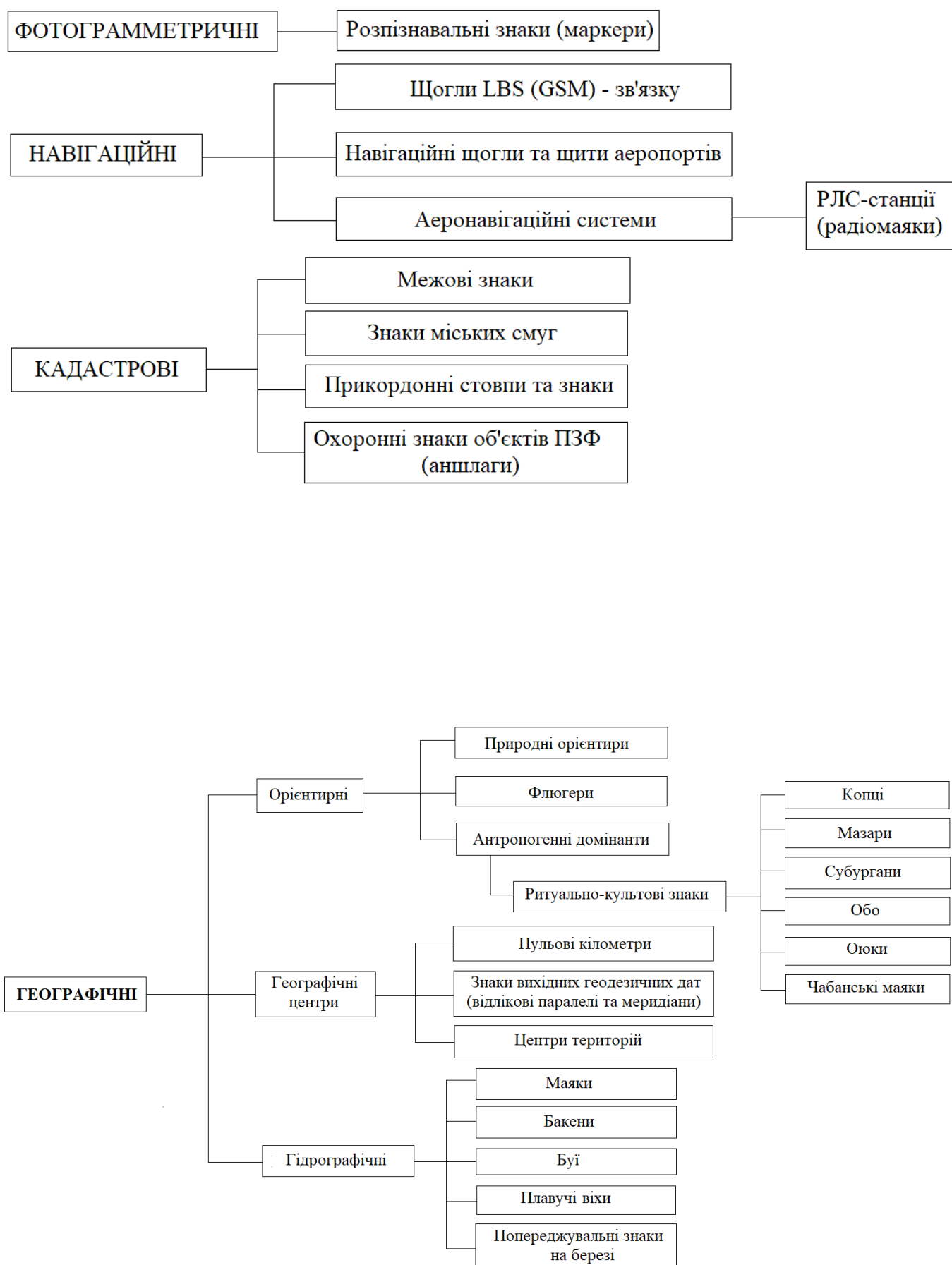




Рис. 1.1. Класифікація референтної інфраструктури екологічних обсервацій – ландмарків

Кореляційний аналіз відповідності ландмарку ідентичному до історичного типу природокористування та точності вимірювання (геотаксону) від найдавніших часів до сьогодення 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 проєктуються та запроваджуються нові маршрути експедиційного вивчення території. Також проводиться візуальний польовий (полігонний) обсерваційний моніторинг в режимі реального часу.

Інструментарне забезпечення проєктування, розпланування і будівництва еколого-рекреаційних зон, комплексів та інших споруд представляють теодоліти, нівеліри, тахеометри, кіпрегелі, фототеодоліти, радіоінтерферометри тощо. Сучасне проєктування 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 фотографічною, 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_1) – промислово-урбаністичне природокористування;
 (CT_2) – міське сільбищне природокористування;
 (CT_3) – транспортно-промислове природокористування;
 (CT_4) – гірничо-промислове природокористування;
 (CT_5) – сільськогосподарське природокористування;
 (CT_6) – іригаційно-землеробське природокористування;
 (CT_7) – пасовисько-тваринницьке природокористування;
 (CT_8) – лісогосподарське природокористування;
 (CT_9) – водне та ґрунтово-водноохоронне природокористування;
 (CT_{10}) – 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:

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

де: (T₁) – 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;

(T₂) – 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;

(T₃) – 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;

(T₄) – 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. Проєктування соляних рекреалогічних та бальнеологічних шахт;

(T₅) – 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;

(T₆) – 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. 1.2).

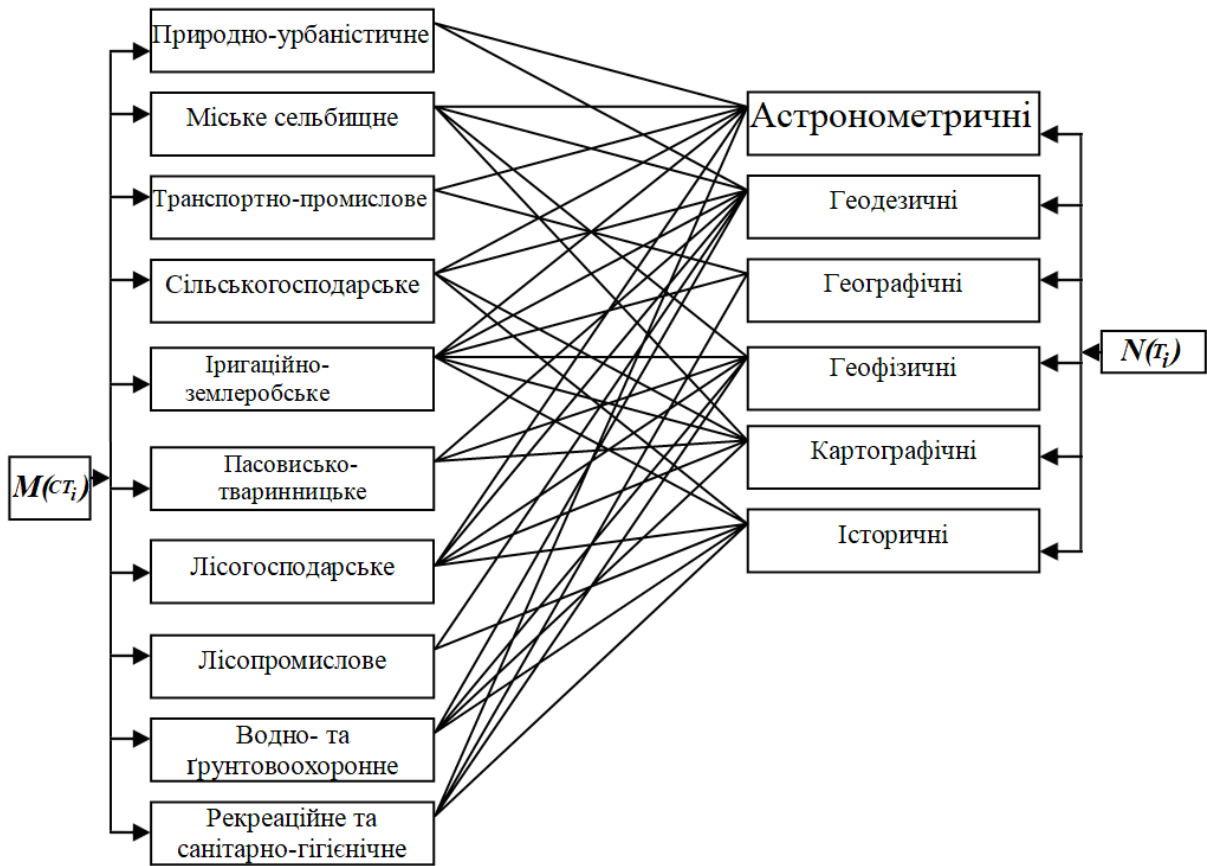


Рис. 1.2. Кореляційна схема (графічна модель) зв'язку типу природокористування та виду ландмарку спостереження

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

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	
CT_1	1	1	0	0	0	0	(1.3)
CT_2	1	1	0	1	1	0	
CT_3	1	0	1	0	0	0	
CT_4	1	1	0	0	1	1	
CT_5	1	1	1	1	1	1	
CT_6	0	1	0	1	1	0	
CT_7	1	1	0	1	1	1	
CT_8	0	1	0	0	0	1	
CT_9	0	1	0	1	1	1	
CT_{10}	1	0	1	1	0	1	

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.

Для території м. Києва побудована відповідна кореляційна картографічна модель (рис. 1.3).

КИЇВ. МНОЖИНА ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ СИСТЕМИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

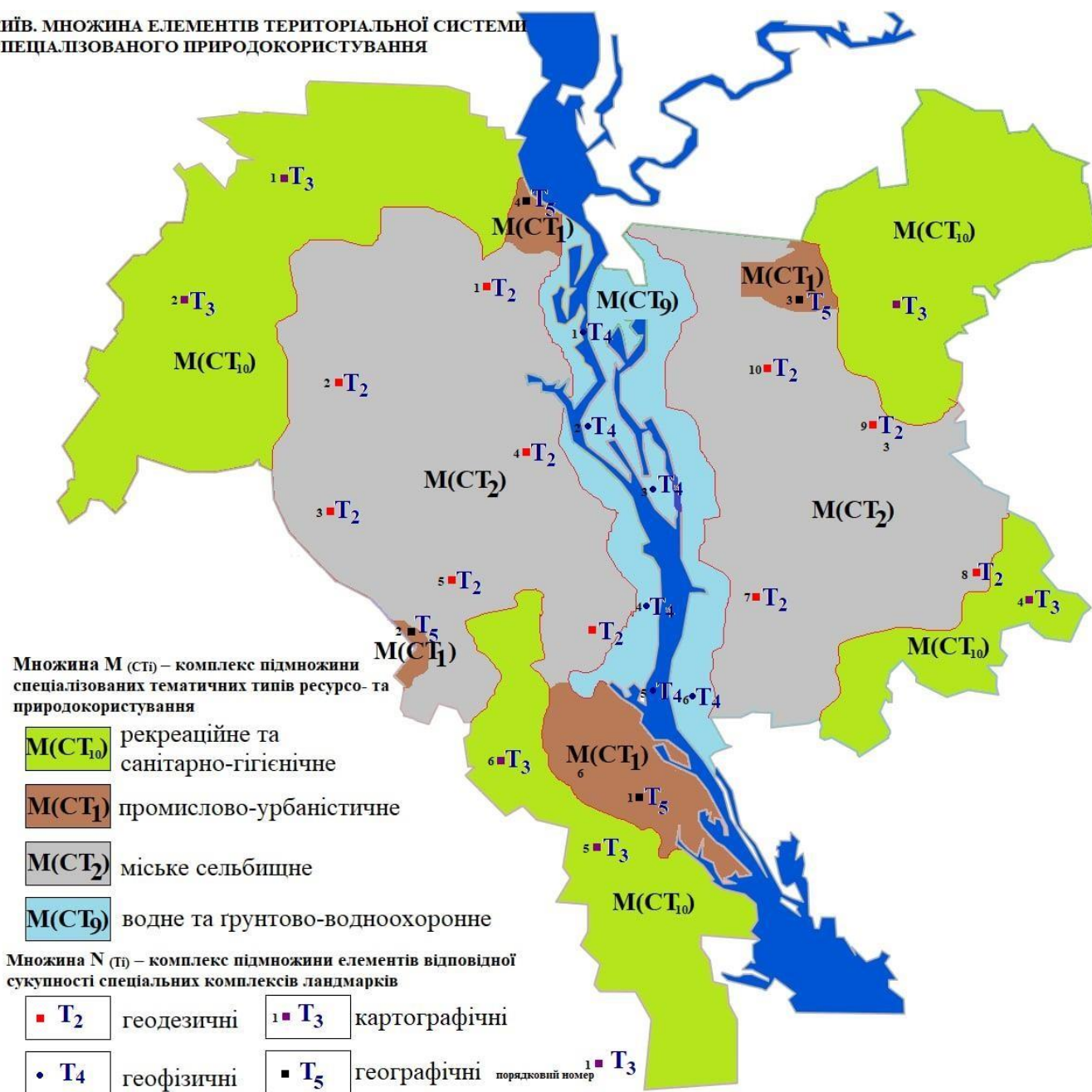


Рис. 1.3. Ідентичність типу природокористування та типу обсерваційного ланд марку на території м. Києва

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.

Результати наукових досліджень знайшли практичне застосування у Державній установі «Держгідрографія». Останнім часом в роботі організації застосовуються нові типи об'єктів інфраструктури моніторингу – віртуальні гідрографічні ландмарки. З 2021 р. вони отримали найменування, як 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.

§ 2. 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. 1.4 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 Leica. 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, Leica. У цілях астрономічного спостережного моніторингу за сміттям в навколосемному (Ближньому) космічному просторі використовуються астрономо-геодезичні універсали, секстанти, маркшейдерські та гравіметричні стовпи.

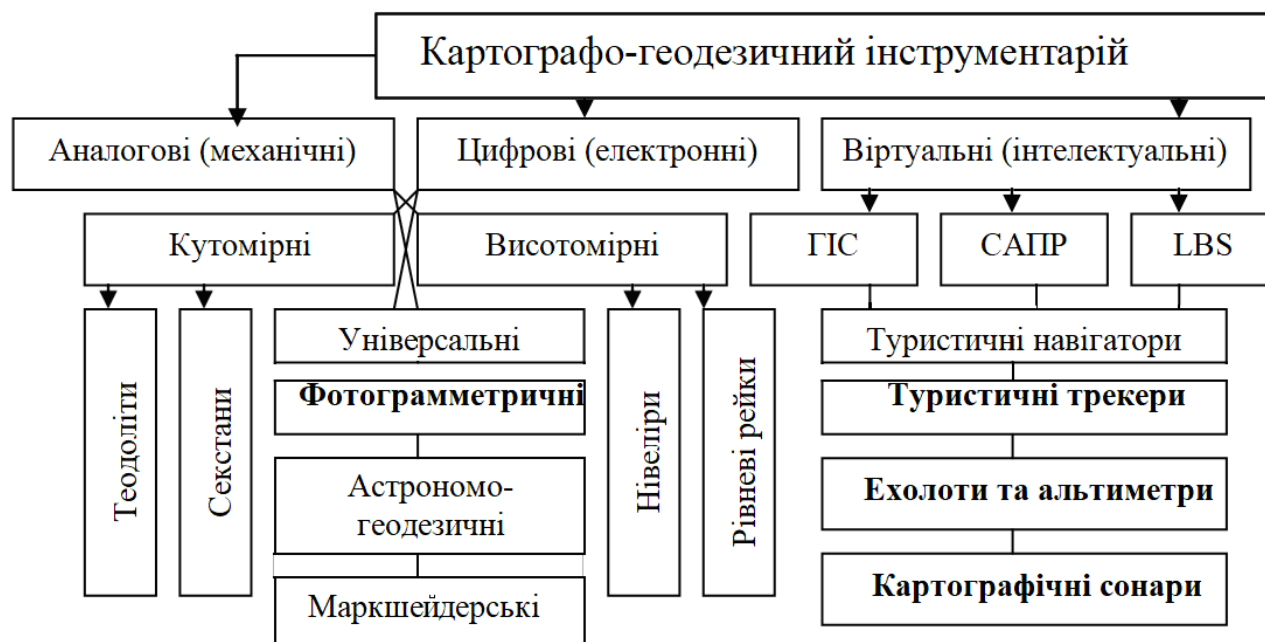


Рис. 1.4. Інструментарій обсерваційного моніторингу довкілля-простору

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, GPSStandart), 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 *рекогноситувальному 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.

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 ековиставки, бізнесексфоруми, 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, Звіринецьких, 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 супроводжуваним 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.

§ 3. 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:

- 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:

$$\delta = 2/ n, \quad (1.4)$$

де: δ – 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 знімачів. 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 знімань, 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.

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.

§ 4. Інструментарій геотегінгу при реалізації обсерваційного екологічного моніторингу

Екологічний моніторинг – 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 посилання 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 інновіаційну 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-рекогносциувальними 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 завдання 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 рекогносциувальних 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, рекреації, організації туристичних і еколого-екскурсійних подорожей, екологічного країнознавства та киевознавства.

Організатори реалізації екологічного вивчення закодовують 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 (пикету 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 (пикетажному 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 інновінг-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 рекогностування. 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 лобієє 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, проекти 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 проекту і задалегідь розробити цікаві дослідницькі проблеми з топографії, географії та екологічних проблем місцевості. Подібні проекти доцільні в галузі *екологічної геодезії та картографії*.

Ще один спеціалізований напрямок обсерваційного геотегінгу – *еколого-освітній геокешінг* стає дуже популярним в країнах ЄС. Всі дослідники докільця 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 проектів: «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 кийвського міського дистанційного освітнього екологічного проекту «Екоград»* і присвячена проблемам відеоєкології міста.

Відеоєкологія – прикладний напрямок екології, що вивчає вплив видимого докільця 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 проекту – 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 докільця-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.

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 задалегідь 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:

- *рекогносрувально-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».

§ 5. 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

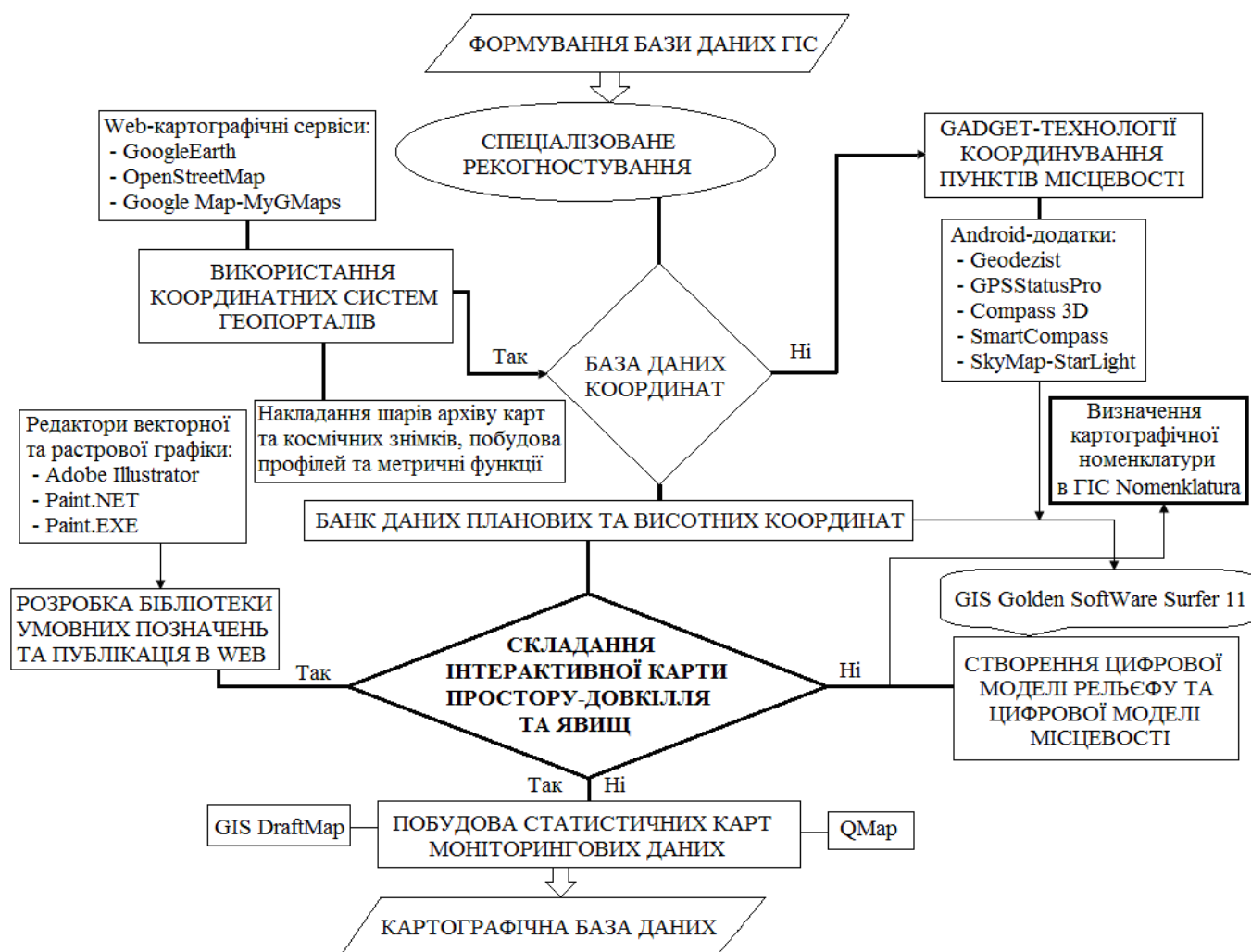
антропогенного впливу, який зазначається у температурних та синоптичних показниках...», атрактивність (привабливість) ландшафту та перетворення його на DESTИНАЦІЙНУ БЕЗПЕЧНУ ЕКОЗОНУ відбувається найповільніше. Не зважаючи на це, екологічна безпека довкілля-простору у відповідності до Директив Світової 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) інновіng-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. 1.5).

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). Польові рекогностувальні журнали складаються із бази даних географічних (астрономічних) координат в системі ($XX^0XX'XX''XXXX$), 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 – ϕ , довгота – λ , 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

- Імпортування растрових та векторних даних.
- Розв'язання геодезичних задач.
- Створення контур-основи.
- Накладання тематичного шару на гео (астро-, космо-) зображення.
- Побудова топографічних профілів.
- Додавання нових об'єктів на карту.
- Вимірювання відстаней.
- Проектування, трансформування та заміна умовних позначень.

АЕРОФОТОЗЙОМКА

- тип даних: чорно-біла (панхроматична); демаскуюча: інфрачервона, спектрзональна;
- тип зйомки: маршрутна, панорамна, шільова, багатоспектральна;
- види зйомки: планова, одиночна, перспективна, площадна, денна, нічна, візуальне спостереження.

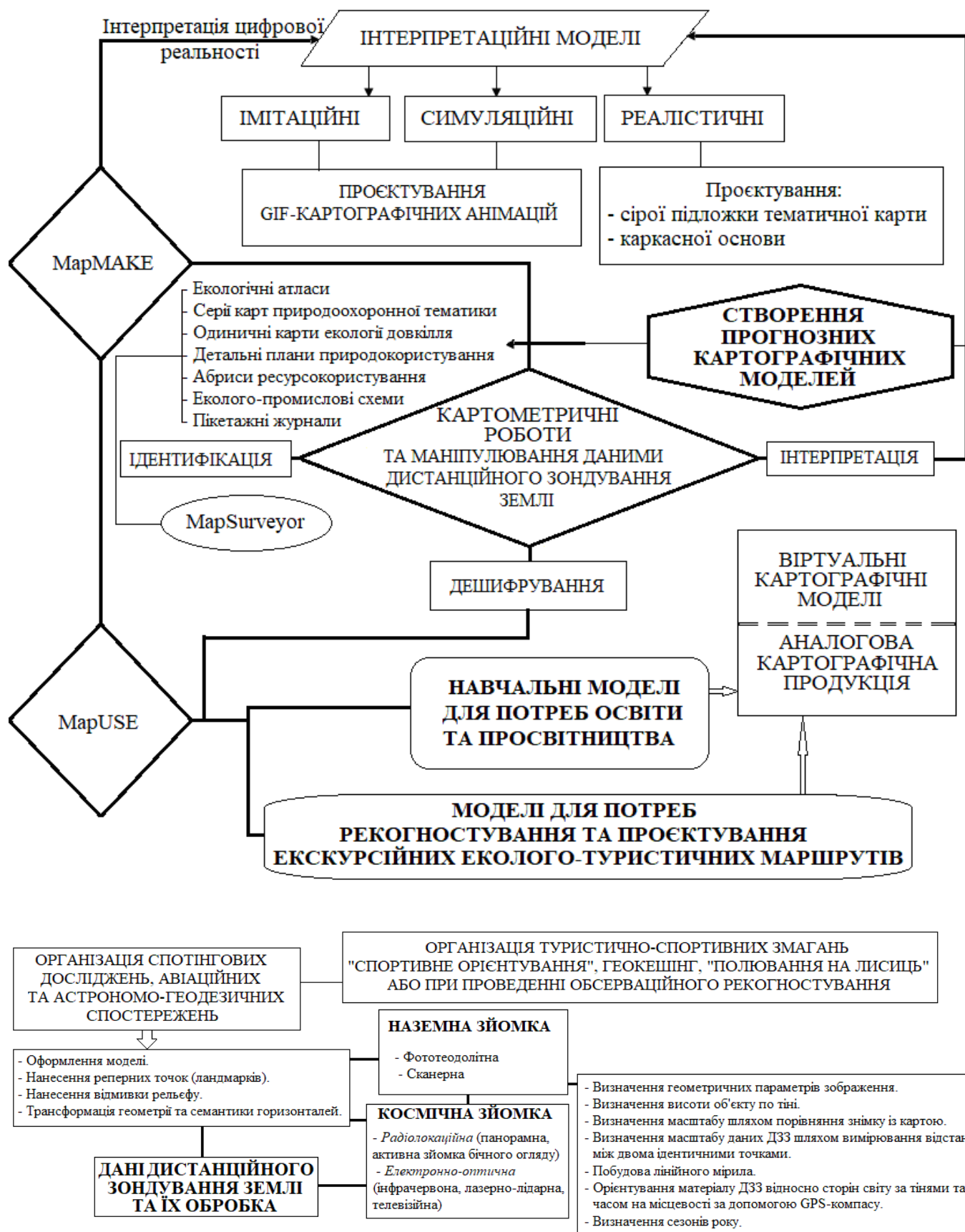


Рис. 1.5. Алгоритм інновінг-інструментарію цифрової реальності довкілля-простору великого міста

Можливі два варіанта інструментарного забезпечення відповідних геодезичних знімачів. На кафедрі екологічного моніторингу та геоінформаційних 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 землепорядкування Національного університету біоресурсів та природокористування (м. Київ, вул. Васильківська, 17) улаштовано GPS-компаратор, який дозволяє визначити похибку визначення географічних координат.

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°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 місяця.

Не меншою точністю 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 проекції 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 сформувати 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^h знаходиться на Сході, о 12^h – на Півдні та о 18^h – на Заході, а за 12^h 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^h тінь буде чітко вказувати на Північ. Якщо півколо (180⁰) розділити на кількість годин (12^h), то отримуємо швидкість переміщення тіні – 15⁰/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.

§ 6. Інструментарій оперативного визначення ризиків антропогенного впливу

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 рухомі, 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 проектування моделей, методів і засобів формування динамічних сценаріїв для екологічних геоінформаційних систем реального часу. Для підвищення достовірності сприйняття та представлення геоданих про навколишнє середовище застосовують рухомі 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: В.М. Барановим, Г.І. Рудьком та Г.І. Білявським.

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.

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.

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 проєктувати 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.

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. 1.6).

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.

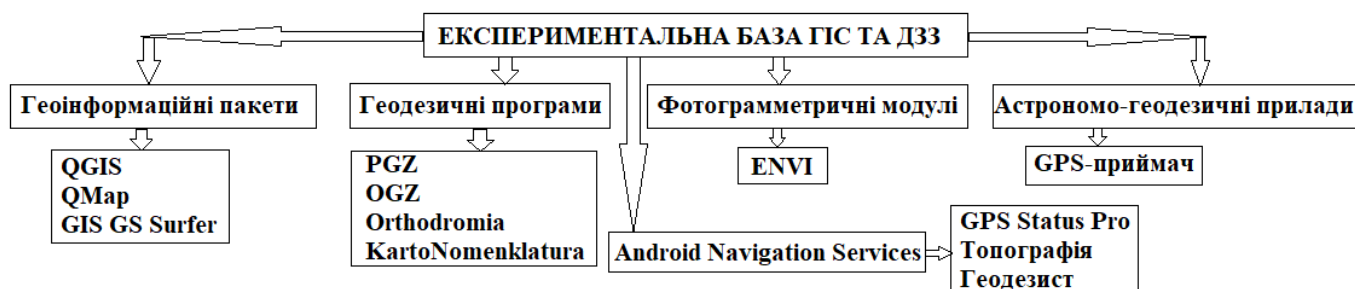


Рис. 1.6. Експериментальна база наукового дослідження

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. 1.7 представлена *структурно-параметрична схема* критичної інфраструктури м. Києва, що підлягає оперативному моніторинговому дослідженню.

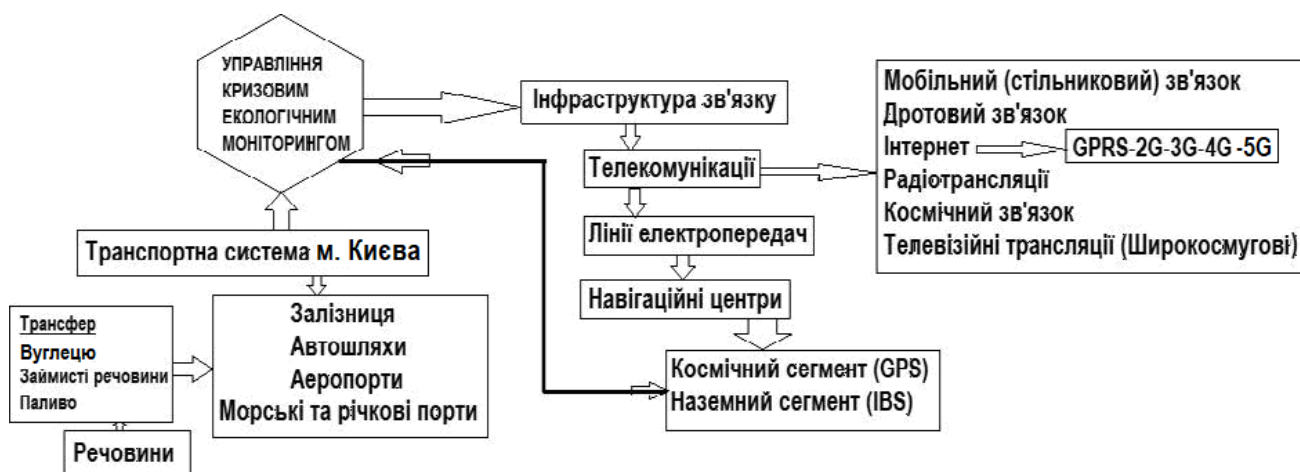


Рис. 1.7. Система управління екологічним моніторингом

Організація управління кризовим моніторингом є інноваційною, 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. 1.8 представлена структурно-логічна модель алгоритму створення відповідної спеціалізованої ГІС.

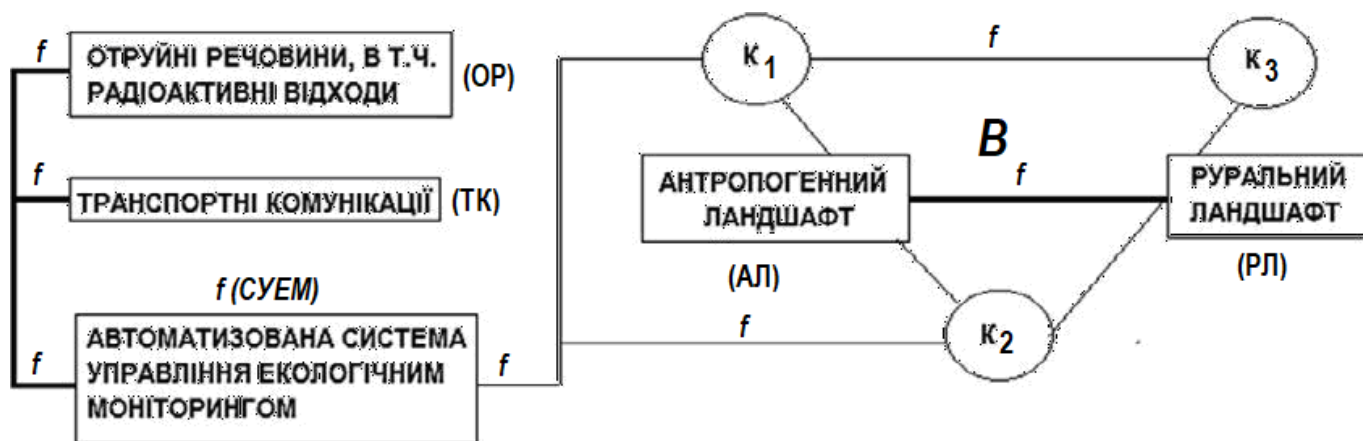


Рис. 1.8. Схема інформаційних потоків формування реляційної бази даних ГІС

де: K – коефіцієнти ризиків;

V – 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 ϵ : 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 достовірного 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.

§ 7. Геоматичні технології управління моніторингом довкілля-простору

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.

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 рекогностування (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 непідконтрольних 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.

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.

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 мультмасштабного 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.

Необхідним є запровадження цифрового різнопланового знімання, такого як цифрова роботизована тахеометрія місцевості, що інтегрована із супутниковими методами місцевизначення. На деяких етапах обсерваційного рекогносрування, 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 рекогносрування 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.

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 рекогносцювання 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.



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

Ментальні екологічні карти довкілля-простору можуть бути раціональні та образні (іраціональні). 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 .

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.

§ 8. Спеціальні геодезичні мережі в екологічному моніторингу

Планово-висотна мережа є сукупністю геометричних параметрів території, що картографується. В залежності від масштабу реалізації екологічного моніторингу запроваджуються різні параметричні моделі реляційної основи прив'язки природних та техногенних об'єктів. Це, насамперед, GNSS-мережа космічної тріангуляції, астрономо-геодезична мережа I класу, тріангуляція II-IV класу, полігонометрія I-IV класу 1-2-их розрядів підвищеної точності. Для потреб дослідження екологічних параметрів об'єктів промислових майданчиків застосовується трилатерація та латерангуляція, які представляють собою планові та просторові побудови геометричних фігур різної складності при виносі в натуру, особливостей їх демаркації та делімітації у вигляді сучасних центрів та знаків геодезичної мережі.

В системі екологічного моніторингу раціональний вибір конструкції геодезичної мережі впливає на розробку спеціалізованого алгоритму математичної обробки результатів геодезичних вимірювань. Її результати використовуються при проєктуванні місцевої планово-картографічної основи геоінформаційного моделювання проблемних природоохоронних територій.

До теперішнього часу рекогносцивальні топографо-геодезичні партії не забезпечені математично обґрунтованим алгоритмом вибору системи геодезичних датумів на трансформовані ландшафтні територіальні комплекси, що зазнають нищівного антропогенного впливу. Не вирішена проблема маніпуляції вихідними даними місцевих систем координат без прив'язки до загальнопланетарної та державної геодезичної мережі.

Реалізація екологічного моніторингу у будь-якому масштабному вишукуванні потребує оновлення геодезичних датумів або запровадження місцевої картографічної основи локальної системи координат. Сучасні екологічні звіти в переважній більшості позбавлені координатної прив'язки джерел забруднення, подаючи лише адресне згадування проблемних територій чи небезпечних об'єктів. Важливим залишається складання карток-прив'язок реперів обсерваційних досліджень до державної геодезичної мережі. Геодезична мережа в свою чергу має властивість втрачати значну кількість наземних та цокольних центрів та надцентрових надбудов, особливо у урбанізованих ландшафтах. В природних зонах, як правило, вони зберігаються але з часом зміщуються під впливом екзогенних та ендегенних процесів.

Таким чином актуальним стає розробка проєкту формування віртуальних геодезичних центрів, яким не загрожують зовнішні патогенні фактори їх втрати. Постійне їх технологічне функціонування є запорукою точності реалізації моніторингових досліджень та прицезійного еколого-геоінформаційного картографування.

Екологічний моніторинг, як комплексне дослідження геосфери та її складових фазій-одиниць: екотонів, урочищ, біогеоценозів, природних та антропогенних

ландшафтів, не можливо реалізувати без застосування високоточних астрономо-геодезичних (аерокосмічних) даних для забезпечення координатної прив'язки в картоінформаційних системах.

В Державній екологічній академії післядипломної освіти та управління розробляється проєкт створення центру аерокосмічних екологічних досліджень. Одним із пріоритетних наукових досліджень стане астрономо-геодезичне забезпечення інновітг-інструментарію (Android-додатків) реалізації еколого-природоохоронних досліджень.

Питання еволюції державної геодезичної мережі, її трансформація, прийоми та методи математичної обробки геодезичних вимірювання досліджувалися Ю.О. Карпінським (вдосконалений метод скінченних елементів у дослідженні накопичення систематичних похибок у триангуляційних вимірюваннях), Б.І. Волосецьким (запровадження тахеометричних ходів при великомасштабному геодезичному зніманні у природокористуванні, виробітках корисних копалин). Вацлав Ласка – геодезист, геофізик, сейсмолог, очолював наукову школу сферичної астрономії та вищої геодезії у Львівській політехніці. У листопаді 1895 р. створив експериментальний полігон астрономо-геодезичних вимірювань для еколого-метеорологічних досліджень у Галичині. Ним запроваджена система лінійно-кутових засічок у моніторингу еолових процесів.

Малодослідженим залишаються технічні аспекти фізико-географічного впливу на координати центрів геодезичних мереж, еволюція геометрії планово-висотної основи, технічні аспекти використання відповідних побудов на суходолі, водній поверхні, підземному та навколомземному просторах, архітектурно-конструктивні особливості будови геодезичних надцентрових знаків, прикладне залучення сегментів геодезичної мережі у промисловому туризмі.

Досліджена еволюція та конструктивні особливості надцентрових геодезичних знаків від часів перших астрономо-геодезичних вимірювань, укладена класифікаційна схема еволюції просторової структури планово-висотної мережі для потреб реалізації екологічного моніторингу, розроблений математичний апарат обробки даних супутникових геодезичних координувань за допомогою Gadget-інструментарію.

Астрономо-геодезія, як фундаментальна технічна дисципліна, розвивається надзвичайно бурхливо під впливом сучасних цифрових технологій топографічних зйомок місцевості. Насамперед, це стосується широким застосуванням Android (Smart) та iOS-геодезичних додатків в системі екологічного моніторингу.

Успішне випробування технічних характеристик Gadget-систем в геодезичному забезпеченні еколого-природоохоронних досліджень закладає підмурок до формулювання геоматичної парадигми методології обсерваційного моніторингу довкілля-простору.

Геодезичні мережі відіграють значну роль при проєктуванні та реалізації програм екологічного моніторингу. Відповідно до своєї класифікації вони відповідають специфіці тематичних природоохоронних завдань на які покладають моніторингові рекогносцивальні вишукування потенційно небезпечних природно-техногенних об'єктів або явищ. Завдання розвитку та згущення геодезичних мереж є державною справою національної безпеки.

Екологічний моніторинг розповсюджується на всі просторові об'єкти природно-територіальних та промислово-техногенних систем. Основною геометричною одиницею визначення планово-висотного положення при високоточному координуванні є нормаль. Сучасна цифрова геодезія визначає нормаль, як головну (центральну) координатну лінію при локалізації геопросторових об'єктів на земній поверхні, а також у Близньому Космосі. За положенням нормалі до земного еліпсоїда обертання постає можливість визначення аномалії сили тяжіння та моніторинг за сталими гравіметричного поля планети. Також за відхиленнями прямовисних (вискових) ліній можна побудувати карти аномалії тяжіння у гірських районах великих зон складчатості. За відповідними параметрами астрономо-геодезичного та астрономо-гравіметричного нівелювання постає можливість прогнозування коливань земної поверхні, а також вертикальних та горизонтальних рухів земної кори.

Розроблена топологічна схема розпланування локальної (місцевої) геодезичної мережі та її геометричні властивості функціонування представлені на рис. 1.11.

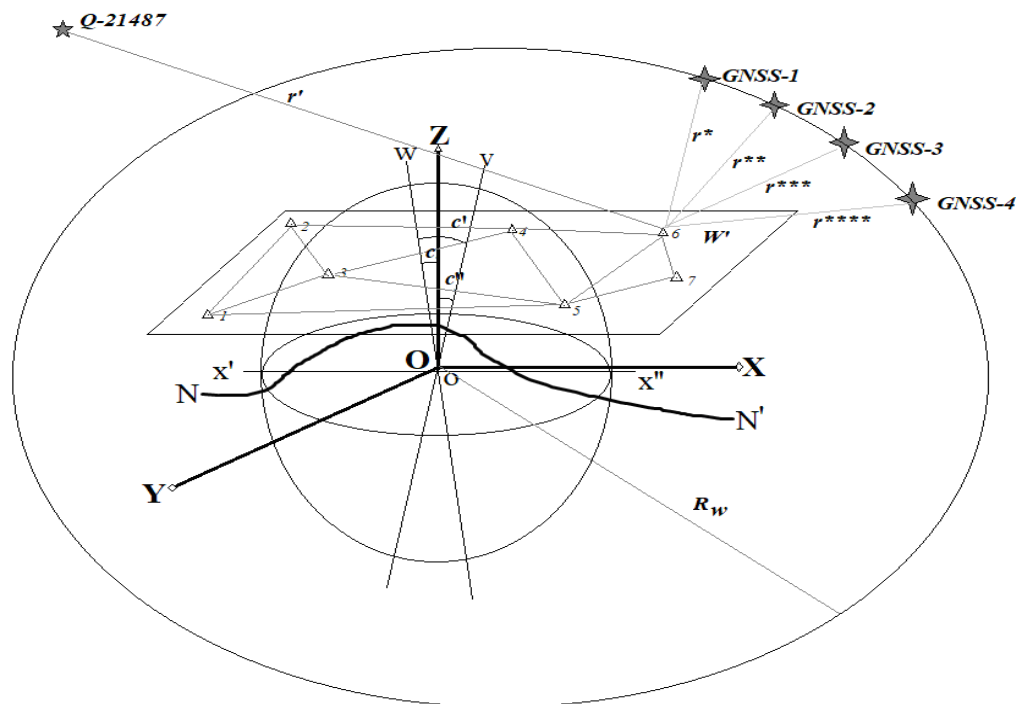


Рис. 1.11. Геометричний каркас геодезичної мережі для потреб екологічного моніторингу

Позначені наступні компоненти системи:

- $OXYZ$ – система прямокутних топоцентричних систем координат, де Z – зенітальна апліката без надірної напіввісі, X – горизонтальна абсциса, Y – широтно-довготна ордината, O – пункт обсерваційного спостереження. Система координат описує одиничну армілярну (астрономічну) сферу радіусом r , що представлена земним еліпсоїдом обертання;

- лінія $x'-x''$ – середня поверхня рівневого гравіметричного потенціалу (середній рівень спокійної морської поверхні або спокійний стан водної поверхні);
- $N - N'$ – ондуляції на фізичній поверхні баричної топографії;
- W'' – горизонтальна рівнокутна (конформна) проекція місцевості;
- w – нормаль до земного еліпсоїда обертання;
- v – вискова лінія, що перпендикулярна до фізичної (денної) поверхні;
- c' – відхилення прямовисної лінії від нормалі до фізичної поверхні;
- c – азимут обертання (прецесії) вискової лінії навколо нормалі до земної поверхні;
- c'' – азимут коливання (прецесії) нормалі навколо надірної лінії системи координат $OXYZ$;
- R_w – середній радіус орбіти сузір'я навігаційних супутників $GNSS - 1 \dots 4$;
- $r^{* \dots ****}$ - радіус-вектори руху супутників;
- r' – астронометрична відстань до одиничної навігаційної зірки або космічного джерела магніто- та радіовипромінювання чи астеризмів;
- $Q-21487$ – кодова інтерпретація навігаційного небесного тіла;
- $1 \dots 7$ – пункти місцевої державної геодезичної мережі.

Безумовно, що метод спостереження небесних тіл для потреб навігації та орієнтування при екологічному моніторингу на пунктах Лапласа астрономо-геодезичної мережі є застарілим і може використовуватися лише як демонстраційний прийом визначення координат місцевості. Зараз застосовуються виключно супутникові методи, але математичні співвідношення обробки результатів знімань за допомогою Gadget-систем є подібними до оптичних геодезичних спостережень із додаванням показників радіоелектронної затримки сигналів від навігаційних супутників. Це відображується у розрахунку значень складових системи прямокутних топоцентричних систем координат $OXYZ$ з урахуванням похибки за іоносферну затримку сигналу від GPS-супутника за формулами проф. С.Г. Савчука:

$$\begin{aligned}
 X &= \frac{R}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}} \cos B \cos L, \\
 Y &= \frac{R}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}} \cos B \sin L, \\
 Z &= \frac{R}{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}} (1-e^2) \sin B,
 \end{aligned}
 \tag{1.5}$$

де, $R = 6378$ км (середній радіус Землі), B – геодезична широта місця спостереження, L – геодезична довгота спостереження, $\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}$ – значення

першого ексцентриситету земного еліпсоїда, e – коефіцієнт ексцентриситету, що залежить від широти спостереження GPS-супутника або навігаційної зірки.

Дійсне значення просторових координат точки, обчислюється за формулами:

$$\begin{aligned} X &= \sqrt{\frac{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}}{r_1} + C} \\ Y &= \sqrt{\frac{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}}{r_2} + C'} \\ Z &= \sqrt{\frac{\sqrt{1-e^2 \sin^2 B}}{r_3} + C''} \end{aligned} \quad (1.6)$$

Де, $r_{1...3}$ – радіус-вектор до орбіти навігаційного супутника, c – гравіметрична девіація прецесії (обирається із навігаційних таблиць), c' – значення відхилення прямої лінії від нормалі до візичної поверхні, c'' – значення азимуту коливання (прецесії) нормалі навколо надірної лінії системи координат $OXYZ$. Деякі із відповідних показників знаходять у технічних супортах до роботи Gadget-геодезичних додатків.

Відповідні складові формул (1.5 і 1.6) можуть змінюватися від широти спостереження, висоти обсервації над рівнем моря, сили електромагнітного випромінювання навколо енергетичних установок та реакторів.

Розглянемо приклад розрахунку перетворення геодезичних координат отриманих з даних матеріалів польової геодезичної експедиції (одночасна робота із астрономічним універсалом та GPS-станцією) до значень параметрів, які конформно підходять до проектованої у камеральних умовах планової картографічної основи екологічної цифрової карти. Фактично це співвідношення між геопросторовими прямокутними (декартовими) X, Y, Z та геоцентричними координатами: Φ – геоцентрширотою, L – геоцентрдовготою, що виражається наступним чином:

$$\begin{aligned} X &= R \cos L, \\ Y &= R \sin L, \\ Z &= z, \end{aligned} \quad (1.7)$$

Запровадимо наступну математичну залежність між геопросторовими координатами, геоцентричними та радіусом-вектором на GPS-супутник або навігаційну зірку:

$$\begin{aligned} X &= r_e \cos \Phi \cos L, \\ Y &= r_e \cos \Phi \sin L, \\ Z &= r_e \sin \Phi. \end{aligned} \quad (1.8)$$

Радіус-вектор еліпсоїда r_e визначається із наступного виразу:

$$r_e = \left(\frac{\cos^2 \Phi}{a^2} + \frac{\sin^2 \Phi}{b^2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1.9)$$

де, a – екваторіальна та b – полярна на піввісь земного еліпсоїда.

Обернені залежності, на основі (1.8), будуть мають вигляд трансформованих значень геоцентричних координат:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} L &= \frac{Y}{X}, \\ \operatorname{tg} \Phi &= \frac{Z}{\sqrt{X^2 + Y^2}}. \end{aligned} \quad (1.10)$$

Між просторовими прямокутними координатами X, Y, Z , приведеною широтою u та геодезичною довготою L існують наступні залежності, які визначають кутові співвідношення ексцентриситету земного еліпсоїда, кутових значень ліній орієнтування та гравіметричного показника девіації s :

$$\begin{aligned} X &= a \cos u \cos L, \\ Y &= a \cos u \sin L, \\ Z &= a \sqrt{1 - e^2} \sin u. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Обернені залежності, на основі (1.10), закладаються в програму модулів геоінформаційного картографування і мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} L &= \frac{Y}{X}, \\ \operatorname{tg} u &= \frac{Z \sqrt{1 - e^2}}{\sqrt{X^2 + Y^2}}. \end{aligned} \quad (1.12)$$

Геодезична мережа, як загальнодержавного значення, так й локального, закріплюється на місцевості геодезичними знаками. До останнього часу це були піраміди, сигнали, тури, репери, пікети тощо. На сьогоднішній час розвитку технологій топографічного знімання відповідні конструктивні надбудови стали частиною історії геодезичної науки. Із вересня 2020 р. застосовується віртуальна мережа системи геодезичних знаків планово-висотної мережі. Це забезпечується використанням координованих плінтів, які закладені у роботу операційної системи геоінформаційного моделювання геометричного каркасу геодезичної мережі. Не має

потреби у складанні карток-прив'язки (кроки геодезичного пункту), механічного вишукування на місцевості, відновлення другого підцентрового знаку.



Рис. 1.12. Фрагмент інтерактивної карти «Розміщення шахт Д.ТЕК» (із позначенням умовного знаку «Шахта») у середовищі геопорталу Google Earth

Gadget-система автоматизованого геоінформаційного геодезичного знімання повністю забезпечує цей процес і перетворює його у звичайне накопичення геоданих у різних інформаційно-систематологічних архітектурних банках даних. Це полегшує інженерний процес топографо-геодезичної зйомки та робить будь-яку знімальну сесію рентабельною.

Технологія цифрової геодезії ХХІ ст. ґрунтується на Gadget-системах портативного визначення координат місцевості для реалізації прикладних програм у галузі екологічного моніторингу, природоохоронній справі, картографічного забезпеченню еколого-туристичної та рекреаційно-екскурсійної діяльності.

В процесі реалізації вище викладеного методу на кафедрі екологічного моніторингу, геоінформаційних та аерокосмічних технологій Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, апробована Gadget-технологія дистанційного геодезичного знімання при укладанні геопорталу критичної шахтної інфраструктури вуглевидобувної галузі (рис. 1.12). Розроблена загально-топографічна карта Ічнянського національного природного парку. Геодезичні знаки історичної Дуги Струве включені до еколого-туристичних маршрутів НПП «Кременецькі гори».

Еволюція розпланування астрономо-геодезичних мереж пройшла через всі технологічні епохи розвитку інструментарію геодезії: від перших реперних знаків – копців, вікових та тимчасових реперів, ординарів, футштоків, які визначають метричні параметри трансформації навколишнього природного середовища до віртуальних геоінформаційних мереж дистанційного Gadget-топографічного знімання. Такі мережі є достатньо низьковартісними, надвисокоточними та оперативними системами онлайн-моделювання довкілля, діджиталізації параметрів навколишнього природного середовища.

Новітні космічні віртуальні геодезичні мережі знімання є основою проектування загальнопланетарної геоінтелектуальної системи візуалізації цифрової

реальності довкілля-простору. Вони стають наступним еволюційним етапом розвитку геоінформаційних систем, картоінформаційних технологій моніторингу та прогнозу оточуючого світу.

§ 9. Сучасні цифрові технології супутникового моніторингу та електронний геокартоінформаційний інструментарій доступу до екологічної інформації

. Інформаційні системи та технології в процесі діджиталізації країни набувають всеохоплюючих ознак, від систем адміністративного управління до сучасного екологічного моніторингу навколишнього природного середовища. Для потреб охорони навколишнього природного середовища застосовуються різні за видами цифрові інформаційні технології. У переважній більшості це технології сучасної цифрової картографії (геоінформаційні системи та технології/геоінтелектуальні системи прийняття рішень), цифрової фотограмметрії (геоінформаційна обробка цифрових даних БПЛА (БесПілотні Літальні Апарати: дрони, квадрокоптери, зонди) – підсупутникових та супутникових зйомок) та цифрової геодезії (Android (SMART)/iOs-додатки високоточного визначення координат пунктів місцевості).

Актуальність застосування сучасних цифрових супутникових технологій оперативного визначення координат потенційно-небезпечних джерел та супроводження спеціалізованих рекогностувальних маршрутів Gadget-додатками в програмах оцінки впливу та захисту довкілля є беззаперечною. Формування єдиного геоінформаційного простору екологічної інформації для потреб управління екологічним моніторингом рівнів екологічної безпеки та оперативного визначення ризиків на геоторіях антропогенного впливу стає головною науковою задачею сучасної цифрової супутникової геодезії та електронної картографії.

Розробка маршруту екологічного рекогностування здійснюється в період підготовки експедиційної партії до полігонних досліджень та складається із наступних заходів: підбір е-карт та е-посібників на територію дослідження, складання картографічного плану руху рекогностувального маршруту у геопорталі та попереднє прокладення маршруту на офлайн-картах, співставлення різночасових довідкових матеріалів, в т.ч. аерокосмічних знімків.

Підбір електронних карт та посібників виконується після отримання програми екологічного рекогностування місцевості та опису природно-техногенних небезпек, вихідні та кінцеві реперні точки маршруту та проміжні пікетажні пункти спостереження. Має значення час початку виходу на маршрут, перелік об'єктів проходження, особливості метеорологічних умов (місця т.з. якірних стоянок та місць укриття при несприятливих погодних умовах). У відповідності із вказівками, керівник групи за каталогами топографічних карт та наукових звітів підбирає спеціальні масштаби карт та спеціалізовані довідники (перелік природних та техногенних джерел забруднення, санітарні зони, зони відчуження, об'єкти приватної власності тощо).

Масштаб рекогностувальної маршрутної пікетажної карти обирається в середовищі ГІС, після попередньої делімітації шляху на електронній топографічній моделі, т.т., після зазначення всіх локацій. На суміжні від пікетажної ширини маршруту (50 м. вліво та вправо від вісі рекогностувального шляху) прилеглі

території, які не покриті маршрутними картами, укладаються карти-сітки. Підібрані масштабні ряди карт (zoom-опція) в своєму тематичному змісті повинні мати контент об'єктів у той послідовності, в який вони визначені в програмі екологічного рекогностування. Маршрутна офлайн-карта імпортується до гаджету і повинна містити актуальну та сучасну інформацію, потребує застосування підкладки космічного знімку із зазначенням усієї геоінформації про можливі зміни у навігації групи.

Складання картографічного плану руху повинне забезпечувати найбільш ефективно розв'язання наукової задачі геоекопросторової розвідки місцевості та навігаційну безпеку проходження маршруту. Тому, перед вибором маршруту необхідно ретельно вивчити переріз рельєфу, побудувати профіль маршруту на місцевості, розрахувати орієнтовний час проходження відповідної ділянки. За можливістю маршрут необхідно прокладати за місцинами із найменшими екологічними та техногенними ризиками та небезпеками.

Складання картографічного плану руху рекогностувального маршруту у геопорталі та попереднє прокладення маршруту на офлайн-картах включає наступний алгоритм нанесення геопросторових даних: галсові/полігональні проміни руху із зазначенням їх відстані та азимуту, поворотні азимуту та дирекційні кути/румби, контрольні дистанції до орієнтирів (природних або антропогенних домінантів у ландшафті: геодезичні знаки або інші ландмарки), місця підвищеного радіоелектромагнітного випромінювання, що впливає на роботу девайсів.

Співставлення різночасових довідкових матеріалів, в т.ч. аерокосмічних знімків має за мету збір у концентрованому вигляді коротких, але достатньо геоінформаційно ємних геоторіальних довідок про атмосферні, гідросферні, літосферні, антропоферні та нетрадиційні екологічні небезпеки в районі проведення рекогностування. Відповідні додаткові (спеціальні) дані також наносяться на картографічну основу маршрутних пікетажних карт в середовищі геоінформаційних систем. До карти додається пояснювальна записка із деталізацією та експлікацією шляху.

При реалізації програм обсерваційного моніторингу довкілля контент відповідних електронних маршрутних карт включають алгоритми рекогностувального дослідження: польові/полігонні вивчення місцевості на наявність джерел забруднення. Відповідна процедура забезпечується наступним інструментарієм геоінформаційних технологій:

- Android-додатки: Geodezist, GPSStatusPro, Compass. Вони забезпечують безперебійність та точність визначення просторових координат об'єктів місцевості в форматі широта, довгота, висота над рівнем моря. Формат файлу *.kml (планові значення) та *.kmz (просторові значення) можна імпортувати та експортувати до мережі геопорталів інтернету: Google Map, Google Earth, Wikimapia, OpenStreetMap, Mappillary;
- портативні програми польової обробки полігонних досліджень: Nomenklatura, QuickMap, перетворювач координат;
- пакети геоінформаційної обробки: Surfer, ENVI, ArcGIS, QGIS, Panorama, GIS Autodesk Map, Microsoft Map.

Сформулюємо функціонально-кореляційну блок-схему математичної моделі геоінформаційного рекогностування – геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень.

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.

Головна функціональність та технологічність геоінформаційної системи, що забезпечує її технологічну ефективність моніторингу довкілля-простору (на прикладі 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 алгоритмі 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.

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.

Вся геопросторова база даних змістовного навантаження отримується із джерел інфраструктури навігаційного забезпечення Близького Космосу – глобальних навігаційних систем місцевизначення та безпосередньо інтерпретуються у тематичних електронних картах просторового рекогностування автоматизованими картографо-геодезичними та астрономо-навігаційними (супутниковими) е-маршрутизаторами.

Електронні (цифрові) маршрутизатори (далі – е-маршрутизатори) представляють собою основу роботи супутникових Smart-технологій геоінформаційного рекогностування місцевості за даними цифрової аерокосмічної зйомки та Gadget-геодетики.

GPS/GIS-маршрутизатори представляють собою цифрові обчислювальні пристрої, призначені для накопичення (акумуляції) та передачі екологічної інформації та автоматизованого обчислення рекогностувального маршруту геоекопросторової розвідки територій антропогенного впливу. Схема типового рекогностувального маршруту представлена на рис. 1.13.

В основу алгоритму та конструктивно-технологічної особливості роботи GPS/GIS-маршрутизаторів покладені формули аналітичного та графо-аналітичного обрахунку, в яких Земля приймається за рівномірну сферу радіусом R , що призводить до виникнення методичної похибки розрахунку координат, яка залежить від широти рекогностувального маршруту на територіях, акваторіях або аероторіях. Похибка має максимальні значення ондуляції до $\pm 0,5\%$ від шляху який був пройдений. Максимум відповідної похибки буде в екваторіальних та навколо полярних зонах.

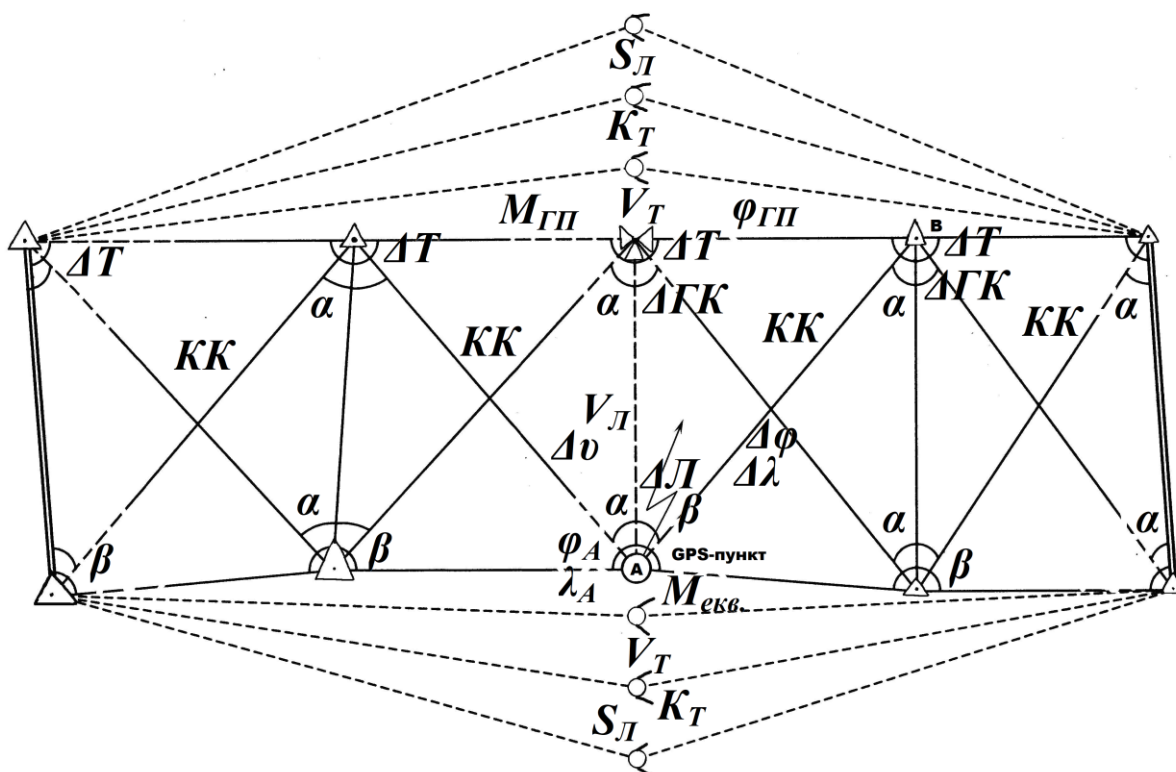


Рис. 1.13. Полігональний GPS-триангуляційний рекогностувальний маршрут

В результаті розв'язання задачі геоінформаційного аналітичного обчислення е-маршрутизатором повинні бути отримані наступні значення аналітичної широти φ_A та довготи λ_A місцеперебування (локалізації) у відповідності із наступної формули:

$$\begin{cases} \varphi_A = \varphi_0 + \Delta\varphi \\ \lambda_A = \lambda_0 + \Delta\lambda \end{cases} \quad (1.13)$$

де φ_A та λ_A – координати точки рекогностувального маршруту, в який був увімкнений е-маршрутизатор.

Для розрахунку різниці широт $\Delta\varphi$ та різниці довгот $\Delta\lambda$ в е-маршрутизатор імпортується геоінформація про напрямок руху рекогностувального маршруту, його середню швидкість, швидкості за лагом, а також дані про дрейф та течії, якщо це еколого-гідрографічна експедиція. Спосіб автоматичного та ручного введення геоінформації та її аналітика визначаються особливістю архітектури

геоінтелектуальної системи. У е-маршрутизаторі автоматичне обчислення здійснюється у відповідності до наступних формул:

$$\Delta\varphi = \int_{t_1}^{t_2} [V_{\pi}(1 + \Delta L)\cos(KK + \Delta GK + \alpha) + v_T \cos K_T] dt \quad (1.14)$$

$$\Delta\vartheta = \int_{t_1}^{t_2} [V_{\pi}(1 + \Delta L)\sin(KK + \Delta GK + \alpha) + v_T \sin K_T] dt \quad (1.15)$$

$$\Delta\lambda = \int_0^{\Delta\vartheta} \sec \varphi_T d\Delta\vartheta \quad (1.16)$$

В А-GPS (LBS)-маршрутизаторах відповідна технологічна задача розв'язується наступними формулами:

$$\Delta\varphi = \int_0^{S_{\pi}(1+\Delta L)(1+\Delta T)} \cos(KK + \Delta GK + \beta + \alpha) dS \quad (1.17)$$

$$\Delta\vartheta = \int_0^{S_{\pi}(1+\Delta L)(1+\Delta T)} \sin(KK + \Delta GK + \beta + \alpha) dS \quad (1.18)$$

$$\Delta\lambda = \int_0^{\Delta\vartheta} \sec \varphi_T d\Delta\vartheta \quad (1.19)$$

де, V_{π} – швидкість переміщення експедиції за лагом/азимутом руху;

ΔL – коригування лагу/азимуту) руху експедиції;

v_T – швидкість течії гідрологічного об'єкту (ріки, моря, океану);

K_T – азимут напрямку водної течії;

KK – компасний/гірокомпасний курс еколого-гідрографічної експедиції;

ΔGK – коригування компасу/гірокомпасу;

α – кут дрейфу/відхилення експедиції рекогностування;

β – кут відхилення від маршруту/кут зносу течією;

s_{π} – відстань рекогностувального маршруту за азимутом/лагом;

ΔT – коригування за швидкість за азимутом/лагом за рахунок топографічного відхилення експедиції/за рахунок течії (еколого-гідрографічного моніторингу).

Для геоінформаційного обчислення у середовищі геопорталу на планшеті е-маршрутизатора використовуються розрахунки $\Delta\varphi$ (різниці широти) та $\Delta\vartheta$ (відходження). Відходження – термін з теорії морської геодезії, що позначає виражену в морських милях довжину дуги між меридіанами початкового та кінцевого пунктів місцезнаходження, яка відрховується за середньою паралелю. Кількісне значення величини відходження застосовується для аналітичного розрахунку пройденого шляху пов'язані з пройденим відстанню через синус дійсного азимуту/пеленгу. Воно може бути обчислено через добуток різниці довготи меридіанів на косинус широти середньої паралелі.

Показники $\Delta\varphi$ (різниці широти) та $\Delta\varrho$ (відходження) трансформуються у поточний масштаб цифрової карти рекогносцивального маршруту із наступними залежностями значень супутникового сигналу:

$$M_K = M_{екв.} \sec \varphi_A \quad (1.20)$$

або

$$M_K = \frac{M_{ГП}}{\sec \varphi_{ГП}} \sec \varphi_A \quad (1.21)$$

де, $M_{екв.}$ – мірило за екватором;

$M_{ГП}$ – мірило за головною паралеллю;

$\varphi_{ГП}$ – широта головної паралелі;

φ_A – поточна широта місцеположення.

При використанні в е-маршрутизаторі формули (1.20), екваторіальне мірило пікетажного журналу цифрової супутникової карти за показниками $M_{ГП}$ та $\varphi_{ГП}$ алгоритмічно розраховується наступним чином:

$$M_{екв.} = \frac{M_{ГП}}{\sec \varphi_{ГП}} \quad (1.22)$$

Результат отримується автоматизовано та вводиться в масштабні опції спеціалізованої картоінформаційної/атласографічної системи в онолайн-режимі.

Як що використовується формула (1.21), тоді просторовий набір даних поропляють лише показники $M_{ГП}$ та $\varphi_{ГП}$ з цифрової карти та φ_A – автоматично, при цьому додаткових автоматичних обрахувань ситсема не потребуватиме. Однак, у цьому випадку алгоритмічна схема перетворення космічного сигналу з GPS-супутника дещо змінюється, тому що враховується додаткова опція, яка розраховує екваторіальне мірило.

В усіх е-маршрутизаторах матеріалізована залежність, що відображена у формулі (1.21).

Тепер, коли супутникові навігаційні дані інтерпретовані у е-маршрутизаторах, необхідною постає задача визначення системних похибок координування. Похибки, що супроводжують розв'язання задач геоінформаційного обрахування за допомогою GPS-технологій, поділяються на три групи:

- 1) похибки вхідних даних, як наслідок неточної роботи супутникового навігатора, електронного космічного гірокомпаса, лагу, а також похибок, які мали місце при визначенні їх коригування. До них також треба віднести похибки за неточність знання показників дрейфу (елементів течії) гідрографічних суден або руху експедиційних груп пустелями, в т.ч. арктичними/антарктичними, а також похибки вихідних реперних координат, які були введені до е-маршрутизатора в аналоговому режимі;

- 2) похибки, що є наслідком заміни точних математичних залежностей наближеними до конструктивного спрощення алгоритмів, які мають назву методичних похибок;
- 3) похибки, які обумовленні технологічними причинами роботи супутникових навігаційних систем: відхилення у допусках технічних параметрів обладнання е-маршрутизатора. До них також необхідно віднести відносять неточності, що виникають в процесі тривалої експлуатації обладнання у несприятливих метеорологічних умовах, які мають назву інструментальних похибок.

Похибки автоматичного обчислення є результатом сумісного прояву всіх груп похибок і мають назву вихідних неточностей е-маршрутизатора. Найбільший вплив на величину вихідних похибок супутникового маршрутизатора є неточності першої групи, які в свою чергу залежать від навколишнього природного середовища та космічної погоди. Тому точність роботи е-маршрутизатора оцінюється за величиною похибки визначення географічних та прямокутних геодезичних координат, що по собі є результатом сумісного прояву похибок другої та третьої групи.

Повірка роботи е-маршрутизатора називається компаруванням. Єдиним супутниковим компаратором на території м. Києва є Smart-компаратор на території факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів та природокористування. Діапазон області допустимих значень встановлений не більше десяти сантиметрів у метричній формі та пів соті години для градусних вимірюваннях.

Зупинимося на технології математичної обробки результатів супутникового компарування е-маршрутизатора або навігатора для потреб екологічного моніторингу. Критична похибка е-маршрутизатора (е-девайса) оцінюється величиною радіуса кола, центром якої є точка місцеположення (локації). При цьому визначаються Gadget-координати місцеположення, які висвітлюються на дисплеї в результаті розв'язання контрольної супутникової задачі. Результатом вирішення є множина геоданих, значення яких не повинні виходити за межі визначеного еліпсу або кола похибок зазначеного радіусу метричних та градусних допусків правильної роботи е-маршрутизатора. Величина цих похибок інтерпретується у відсотках від відстані, яка пройдена рекогносрувальниками і складає діапазон від 0,6-1,0 %.

Допустимі похибки визначення різниці широт та довгот визначаються за наступним визначенням:

$$\delta S^2 = (\delta \Delta \varphi)^2 + \left(\frac{\delta \Delta \lambda}{\sec \varphi_A} \right)^2, \quad (1.23)$$

де $\delta \Delta \varphi$ та $\delta \Delta \lambda$ – допустимі похибки у величинах різниці широт $\Delta \varphi$ та різниці довгот $\Delta \lambda$; δS^2 – радіус кола критичних значень похибки визначення координат.

В якості прикладу розглянемо напрямок руху екологічної рекогносрувальної експедиції на широті м. Києва $\varphi_A = \text{с}$, критичною похибкою е-маршрутизатора $\delta S = 1\%$. Відстань, яку пройшла експедиційна група 10 км. Відстань, яка вирахована з

електронної карти ГІС-системою показує значення $\delta\Delta\varphi = 0,045'$. Згідно формули (1.23) отримуємо наступні значення:

$$\delta\Delta\lambda = \sec \varphi_A \sqrt{\delta S^2 - \delta\Delta\varphi^2} = \sec 50^\circ 27,2796 \sqrt{1^2 - 0,045^2} = 1,55 * 0,997 = 1,51' \quad (1.24)$$

Вихідна похибка е-маршрутизатора контролюються під час обсерваційного рекогностування (еколого-топографічної або еколого-гідрографічної експедиції).

Для ведення контролю точності руху використовуються космічні ефемериди супутників GPS, які відображаються у планових координатах картографічної проекції Меркатора, масштаби якої приведені до екватора та знаходяться в діапазонах 1 : 100 000 – 1: 1 500 000. При організації еколого-гідрологічного та аеросферного моніторингу застосовуються електронні карти у тій же проекції з масштабним рядом 1 : 50 000 – 1 : 1 000 000 за головною паралеллю.

При укладанні абрисно-пикетажного електронного журналу руху експедиційної групи у ГІС передбачена можливість прокладання маршруту автоматично у постійному масштабі 1 : 50 000 та 1 : 25 000. Останній є більш зручним, тому що присутня мережа сітки координатних ліній кроком в 1 см (рис. 6.4).

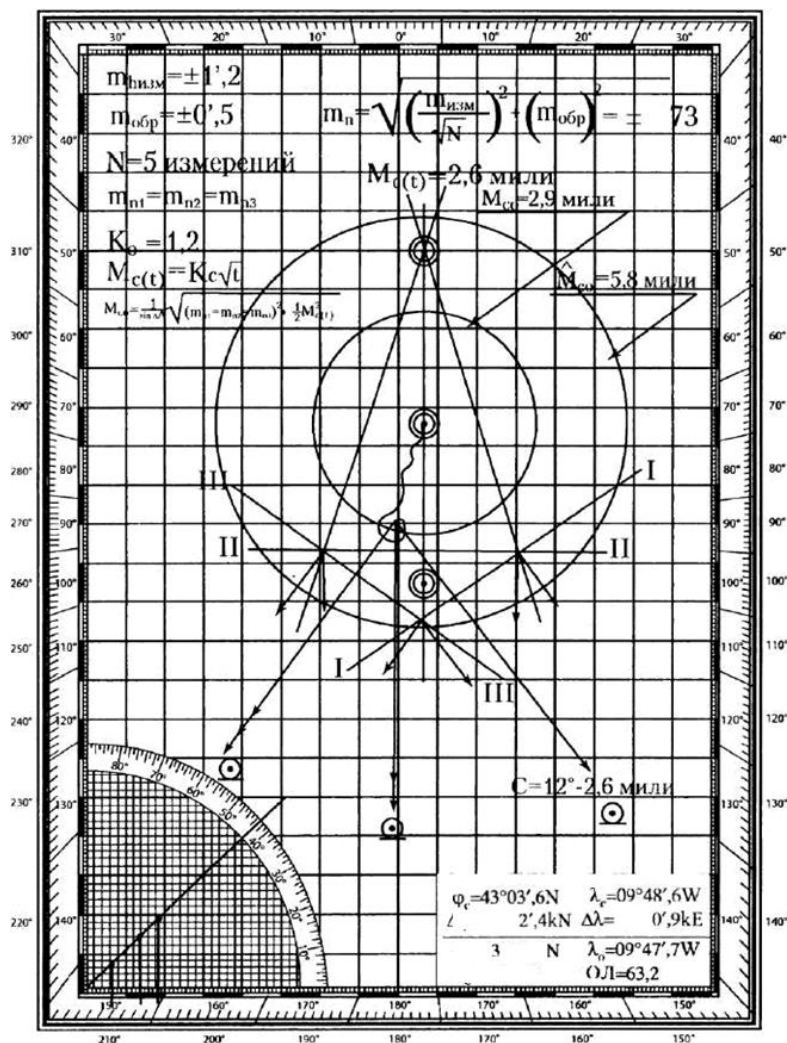


Рис. 1.14. Вигляд діалогового вікна е-маршрутизатора

Для забезпечення роботи е-маршрутизатора у постійному масштабі 1 : 50 000, необхідно вручну встановити компоненту поточної широти, яка дорівнює широті головної паралелі та ввести знаменник масштабу 1 : 50 000. При цьому припускається, що широта місця обсервації буди константною. Таке припущення є доречним, тому що постійний масштаб застосовується у космічній (супутниковій) геодезії для запису руху орбіт на відповідній тематичній космокарті крупного масштабу, коли зміна широти суттєво не відображається на величині поточного масштабу маршрутної космоекологічної карти. В сучасних супутникових маршрутизаторах руху застосовуються опції, які дозволяють зменшувати знаменник постійного масштабу карти від 1 : 50 000 до 1 : 5 000. Карта буде мати вигляд в азимутальній картографічній проєкції (рис. 1.15).

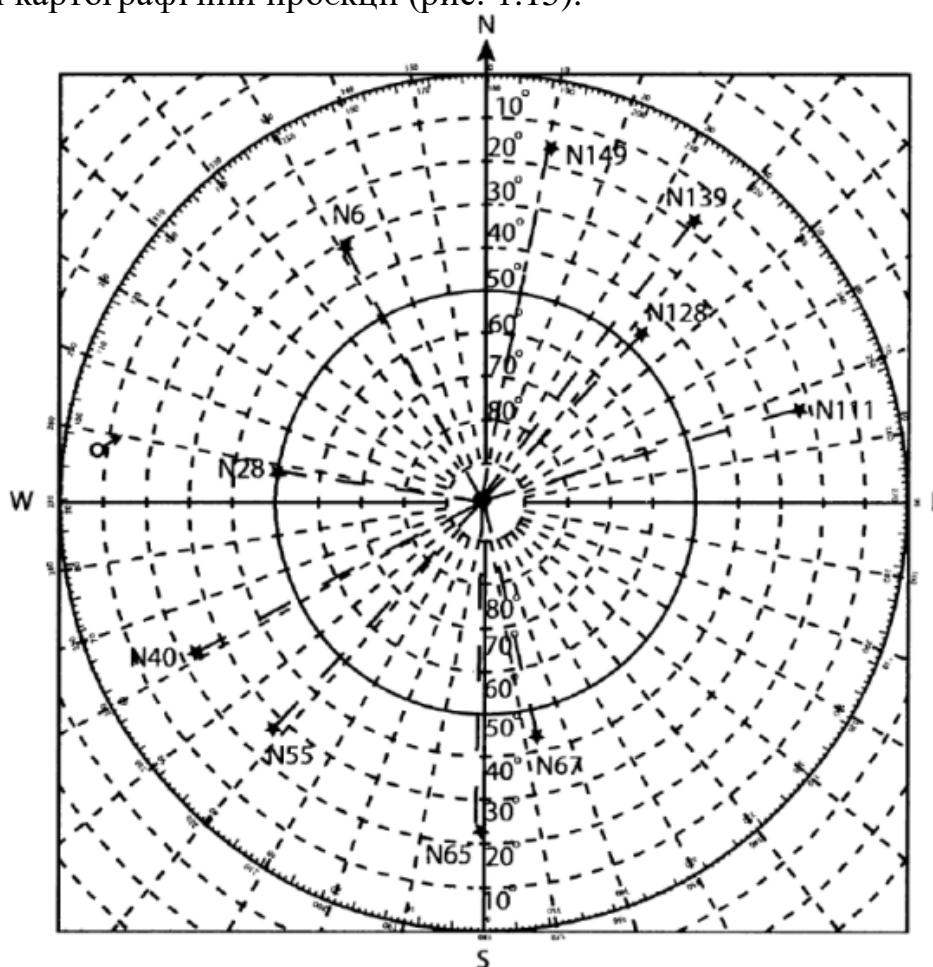


Рис. 1.15. Азимутальна (циркумпольна) проєкція обсервації

Супутниковий електронний маршрутизатор має різні опційні компоненти для візуалізації графічного обчислення напрямків рекогностувальних маршрутів у постійному масштабі за даними супутників GPS. У випадку відповідної необхідності запису руху у крупному картографічному масштабі необхідно застосовувати наступний ітераційний прийом. В опції масштабних рядів у-маршрутизатора необхідно встановити знаменник екваторіального масштабу $C_{\text{екв.}} = 100\,000$. Потім необхідно увімкнути значення азимута та встановити значення середньої швидкості переміщення рекогностувальної групи $V_{\text{max}}=10$ км/год. Поточна широта φ_A , необхідна для розрахунку необхідного звітного масштабу C_A , який розраховується за

наступною формулою:

$$\cos \varphi_A = \frac{C_A}{C_{екв.}} * \frac{V_{max}}{V} \quad (1.25)$$

де, V – фактична швидкість рекогносциувальної експедиції.

При необхідності отримання масштабу, який не входить до загально-класифікаційної схеми номенклатури карт, постає необхідність зручності представлення геопросторових даних, наприклад, у масштабі 1 : 18 520 (базовий геоінформаційний масштаб). При збереженні фактичної швидкості кроку руху рекогносциування з показником 40 км/год, автоматично визначається показник широти за формулою (1.23). В результаті визначається спеціальне значення широти, яку необхідно ввести до е-маршрутизатора. Наприклад, для м. Києва цей показник відповідає $\varphi_A = 50^{\circ}15'$. Це значення середньої головної паралелі, що проходить через місто. При зміні швидкості руху експедиції та застосуванні Drop/BIM-технологій, для збереження сталості масштабу необхідно змінювати і показник φ_A . Для визначення уточненого значення фактичної швидкості руху, поряд із астрономо-геодезичними методиками застосовуються цифрові космічні засоби навігації.

Робота е-маршрутизаторів цифрових супутникових технологій навігації покладена в основу роботи інструментарію комплексного екологічного атласного картографування рівнів забруднення навколишнього середовища в місті, де вони перевищують 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.

Контрольні запитання

1. *Сформулюйте основні положення методології обсерваційного екологічного моніторингу за ландмарками. Математично доведіть кореляцію поміж типом ландмаркової обсервації, фізико-географічною зоною та типом ресурсо- та природокористування.*
2. *Визначить інструментарні особливості при реалізації екологічних прецизійних когнітивних дослідженнях.*
3. *Опишіть алгоритм проведення обсерваційного моніторингу за інновіновим технологічним інструментарієм Gadget (Smart)-картографії. Зазначте особливості запровадження супутникових навігаційних технологій. Наведіть приклади організації зйомок місцевості за допомогою безпілотних літальних*

апаратів, залучення та обробки даних аерокосмічної зйомки та дистанційного зондування Землі.

4. Сформулюйте геоматичну концепцію екологічного моніторингу за допомогою високоточних картографо-геодезичних та фотограмметричних технологій. Доведіть ефективність та результативність проведення обсерваційного рекогностувального моніторингу за реперними точками (ландмарками) у вигляді геоінформаційних екологічних карт, атласів та геопорталів.
5. Опишіть систему управління екологічним моніторингом антропогенного впливу у структурно-параметричних схемах.
6. Що представляє собою геометрична модель спеціальної геодезичної мережі, яка апробується для потреб локального (місцевого) екологічного моніторингу? Чи включає графічна складова моделі основні координатні лінії топоцентричної системи координат? Чому Гаусову площину визначено основною в процесі застосування спеціалізованого модуля картографічної проєкції потенційно-небезпечних об'єктів на земному еліпсоїді обертання?
7. Що представляє собою модель спеціальної геодезичної мережі та гібридні підходи астрономо-геодезичних й супутникових методів визначення координат? Яка функція вискової лінії та нормалі до двох основних геодезичних датумів: геоїда, еліпсоїда при розрахунку та математичної обробки супутникових вимірювань в екологічного моніторингу?
8. Напишіть основні формули математичного апарату корекції значень супутникових геодезичних «сірих» даних під впливом електромагнітного та гравіметричного полів. Чому у формули включені сегменти девіаційної складової навігаційної корекції супутникового сигналу, прецесії та нутації орт геоцентричної системи координат, а також значення рівневих координатних поверхонь?
9. Яка роль сучасних Gadget-геодезичних технологій при підвищенні точності визначення координат, рентабельності мобільних геодезичних знімків, надійності девайсових додатків для потреб збору геоінформації в режимі онлайн? Опишіть результат апробації зазначеного методу для потреб еколого-природоохоронного геоінформаційного картографування довкілля-простору.
10. Визначте перспективу запровадження віртуальних геодезичних мереж в роботі геоінтелектуальних експертних систем прийняття екологічних рішень.
11. Продемонструйте алгоритм роботи електронного маршрутизатора при рекогностуванні місцевості. Напишіть основні формули математичного апарату забезпечення визначення високоточних геодезичних координат.

МОДУЛЬ 2.

ГЕОІКОНІЧНА ТА КАРТОГРАФІЧНА КОМПОНЕНТИ ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС

- § 10. *Стандартизація проєктування геоіконіки знакових систем картографічних моделей екологічної безпеки*
- § 11. *Оцінювання якості геоіконіки картоінформаційних систем екологічної безпеки*
- § 12. *Картосемантичний комплекс інструментів для візуалізації та передачі геопросторових даних обсерваційного моніторингу в картографічних легендах*
- § 13. *Методика проєктування картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних територій*
- § 14. *Аудит карт системи природокористування та екологічної безпеки*
- § 15. *Інструментарій комплексного екологічного атласного картографування*
- § 16. *Картогеоінформаційне забезпечення управління у сфері екологічної безпеки та реалізації програм захисту довкілля*

§ 10. Стандартизація проєктування геоіконіки знакових систем картографічних моделей екологічної безпеки

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

Картографічне моделювання в геоіконіці – 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 вивчення картографічної методології геоіконіки в обсерваційному моніторингу довкілля-простору є визначення аналізу моделей зберігання геопросторових даних, методи побудови класифікаторів екологічних моніторингових обсерваційних карт.

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. Левонем, Б. С. Карельцевим, В. М. Голобуньком. 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 проєкцій 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.

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 2π 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 S_p , яку картографують, подається у вигляді:

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

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.

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 проектування 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 (впізнання) 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 проектуванні умовного позначення необхідне його трасування в системі кольорового моделювання стилю знаку, що визначається у рівнянні:

$$K_{KV} = \{D_{3H}, D_{УПВ}, D_{УПС}, \} \quad (2.9)$$

K_{KV} – коефіцієнт кольорової універсальності умовного позначення.

D_{3H} – значення натуралістичності (картинності) знаку;

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

$D_{УПС}$ – універсальні параметри візуального сприйняття знаку, 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. Вибір кольору картографічного умовного позначення обумовлено його контрастністю на фоні тематичної карти.

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 обертального (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 обертального переміщення складного картографічного умовного позначення за допомогою синусно-косинусних перетворень.

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.

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 відображати плавний поворот, тобто відображення руху символу без мерехтіння. Оскільки експериментально встановлено, що реакція людини на зміну азимуту повороту символу лежить у межах 8° – 12° , 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.

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 φ_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 φ . Нехай K – код зображення символу (порядковий номер файла, в якому зберігається необхідне зображення). Якщо φ – 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 32×32 . 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.

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.

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 операціями оболонкою умовні позначення, які мають вищеописані функції ротації у відповідності до зручного положення виду картографічної моделі.

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.

§ 11. 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 картографічної 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-техногенна 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 [76].

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 проєктування ГІС, недостатні для остаточних висновків про надійність ГІС. Для цього служать різні дані. Найпростіше скористатися інструкціями і нормативами, використаними при проєктуванні ГІС або звернутися до її програми, формуляру та джерел, але вони доступні в рідкісних випадках.

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 рекогностування. 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 рекогностуванні (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 проектний 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 dr_i , який повинен знаходитися в діапазоні $\{20 \dots 50 dr_i\}$.

N – значення чисельного загального масштабу,

m – значення часного 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 $\{100 \dots 150 \text{ dpi}\}$. Значення $-0,7$ – коефіцієнт зближення меридіанів для території України в проєкції UTM (Меркатора).

За формулами (2.10-2.11) визначається чисельне значення проєктного масштабу $N_{\text{пр}}$ та значення частого масштабу за краями карти $m_{\text{пр}}$:

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

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 ± 100 м, то $N = 200\,000$, m – значення часного 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):

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

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

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

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

$$N_{\text{пр}} = 2000 m_k = 2000 * 23,6 = 47,200$$

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

Отже, за значенням $m_{\text{пр}}$ наближено визначаємо, що базовий масштаб $1: 200\,000$ (і більше) не задовольняє поставленій умові відображення умовних позначень і є надзвичайно дрібним. Розрахований показник $m_{\text{пр}} = 46780,47 \approx 50000$. 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.. Оскільки

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

де: P – площа на місцевості, що окремо обчислюється у 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 см^2 , а P – у 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 см^2 , а p – у км^2 та в окремому розрахунку в гектарах.

Наприклад, якщо необхідно вимірювати площі в 25 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 км^2 території, а навантаження – числом об'єктів на 100 см^2 моделі. Але при іменованому масштабі M , вираженому числом кілометрів на 1 см^2 , 100 см^2 геоінформаційної моделі відповідають 100 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 дм^2 моделі) і при густоті q , що дорівнює 16 та 4 об'єктам (в середньому на 100 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 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 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^2 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 природі (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 замкнених 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 оверлейн-палетку в опції ГІС з паралельними прямими, проведеними при постійному інтервалі k (3-5 мм). Після накладання оверлейн-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 оверлейн-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^2 (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^2), p – відповідний йому мінімальний контур на геоінформаційної моделі (в см^2).

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 багатocільових 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

проекція має великі спотворення, але дає безперервне зображення простору. Друга проекція, 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 см² 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.

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, інсталювані 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.

§ 12. 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 картопиктограма 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 карті. 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 визначати при його проектуванні 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 мультіквадрикового 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.

На сьогодні вирішені такі наукові задачі:

- визначені поліматричні 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.

§ 13. Методика проєктування картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних територій

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 проєктних заходів на території природних парків та заповідників. Це дозволяє уникати різночитання та некореспондентності тематичного змісту відповідних карт.

Створено моделі створення умовних позначень за вимогами семіотики, які були апробовані при створенні проєкту організації Національного природного парку «Голосіївський», легенду карти та власне карту.

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.

Відсутність уніфікованої стандартизованої бібліотеки умовних позначень об'єктів ПЗФ України унеможливує 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 n ступних елементів:

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

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 вдаль 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 (пиктограма, 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 відобразять 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 екотуристами).

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 проектування 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.

§ 14. 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. 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 вивчення 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. 2.1.

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.



Рис. 2.1. Класифікація карт системи природокористування

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.

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 областях 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.

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). 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. Островерхом 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.

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 загально-географічних 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:

$$\left(\sum_{i=1}^{m_1} n_{1i} + \sum_{i=1}^{m_2} n_{2i} + \sum_{i=1}^{m_3} n_{3i} + \sum_{i=1}^{m_4} n_{4i} \right) \rightarrow \min \quad (2.29)$$

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.

§ 15. Інструментарій комплексного екологічного атласного картографування

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. Складаються статистичні звіти, технічні документи, методики оцінки впливу на довкілля. Універсальним способом візуалізації відповідної гео- та екоінформації є *спеціалізоване тематичне картографування*.

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 рекогносцивального 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.

Геопросторова інформація при реалізації екологічного моніторингу та програм охорони навколишнього природного середовища інтерпретується у наступному ряді картографічної продукції:

- пікетажному журналі полігонних рекогносцивань;
- абрисі оперативної екологічної інформації;
- плані організації природоохоронних заходів рекультивації 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. 2.6).

Таблиця 2.6.

Оцінка картографічної продукції в системі екологічного моніторингу міста

Вид	Параметри оцінки	Територіальне охоплення	Пріоритетний масштаб	Основні елементи змісту	Область застосування
Пікетажний журнал полігонних рекогносцивань.		Витягнуті (лінійні) ділянки земної поверхні, ширина зони моніторингу до 50 м. від осьової лінії пікетажу	1 : 50 1 : 100 1 : 200 1 : 250	Топографічна ситуація місцевості	Проектування вулично-дорожньої мережі
Абрис оперативної екологічної інформації.		Мікрорайони міста, промислові майданчики, зони сміттєзвалищ, несанкціонованого	1 : 500	Топографічна ситуація, джерела забруднення геосистем	Оцінка впливу на довкілля та стратегічне екологічне оцінка

	приєднання до систем ЖКГ.			
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 проєкту 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 та природний ландшафт	Весь масштабний ряд карт	Залежить від генералізації створеної карти	Загально-екологічна характеристика довкілля-простору 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 проєкти 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 рекультивація 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.

Розглянемо конструктивні блоки атласного екологічного картографування м. Києва.

Архів ретроспективних та сучасних карт м. Києва являє собою файли відсканованих картографічних творів. 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.

Сформована інформаційна база об'єктів/явищ природно-техногенної небезпеки є основою для створення кількох карт різного призначення (рис. 2.2):

- *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. 2.2. 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 місцеположення екологічних небезпек м. Києва, застосовано системний підхід при вивченні об'єкту картографування та при створенні карт та моделей.

Геоінформаціне 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 2021 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.

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);
- 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.

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.

§ 16. Картогеоінформаційне забезпечення управління у сфері екологічної безпеки та реалізації програм захисту довкілля

Відомості про стан природно-техногенної безпеки, які відображаються на цифрових тематичних картах із різночасовим доповненням в середовищі геоінформаційних систем оновлюються перманентно. Це призводить до необхідності комплексного їх використання в управлінні у сфері екологічної безпеки. При цьому може бути отримана вся просторова база даних та відповідний обсяг геоінформації, який необхідний для реалізації програм захисту довкілля.

Картогеоінформаційне забезпечення призначене для автоматизованого розв'язання задач визначення координат потенційно-небезпечних об'єктів навколишнього природного середовища, прогнозування масштабів розповсюдження сильнодіючих отруйних або радіоактивних речовин, визначення ареалів патогенного впливу на довкілля. Цифрові карти в системі екологічної безпеки знаходять своє практичне застосування для загального вивчення району надзвичайної ситуації природного та техногенного характеру, отримання загально-топографічного, гідрографічного, геолого-геоморфологічного уявлення про локалізацію небезпечних явищ, а також для вирішення прикладних інженерно-геодезичних завдань, пов'язаних із сталим розвитком територій.

Важливою складовою картогеоінформаційних систем у забезпеченні екологічної безпеки є геопросторові відомості, які доповнюють еколого-топографічні карти. У поєднанні із даними технологій Близького Космосу (Космосфери) при створенні цифрових ортофотопланів територій, дають практичну можливість обирати оптимальну методику запобігання або подолання екологічних катастроф.

Геоінформаційні основи картографічного забезпечення програм природоохоронного змісту фундаментально обґрунтовані в наукових працях акад. Л.Г. Руденка (Інститут географії НАН України), проф. В.А. Пересадько (Харківський університет), проф. П.Г. Шищенко та О.П. Гавриленко (Київський університет). Ними сформульовані методики картосеміотичних програм авторського ескізування картографічних моделей. Наукову школу інженерно-екологічного ПС-картографування формує Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління та її провідні вчені: проф. О.І. Бондар, Г.С. Білявський, Г.І. Рудько.

Не вирішеною залишається проблема науково-методологічного обґрунтування використання цифрових карт та атласів в системі державного управління у сфері екологічної безпеки в масштабі усієї країни, а також при дослідження міст-мільйонників.

В процесі навчання необхідно на сьогодні постає задача класифікації карт, що використовуються в системі управління у сфері екологічної безпеки та при реалізації програм збалансованого природокористування й захисту довкілля.

Картографо-геоінформаційні технології захисту навколишнього природного середовища є універсальними при візуалізації просторових явищ суцільного та дискретного (локального) розповсюдження. Тому, одним із важливих наукових завдань даного вишукування є обґрунтування технології спеціального автоматизованого програмування масштабних рядів, практичне застосування

картмоделей у природоохоронній справі, розв'язання прикладних задач різномасштабного державного управління екологічною безпекою.

В результаті апробації алгоритмів обґрунтовано застосування експериментальної GIS/GPS-геоінтелектуальної системи моніторингу довкілля м. Києва, яка є оболонкою-ядром акумуляції геопросторових баз даних із семантичним алгоритмом укладання тематичних моніторингових карт стану довкілля міста.

Карти забезпечення системи екологічної безпеки держави поділяються на три основні групи: *маршрутно-навігаційні, спеціальні тематичні природно-техногенної ситуації, довідково-інформаційні (допоміжні)*.

Зміст таких карт включає в себе математичну основу (картографічну проєкцію, геодезичну основу, мірило), загально-географічне та еколого-специфічне навантаження та елементи електронного оформлення.

Аналітичний спосіб програмування зазначених параметрів картогеоінформаційних моделей задається рівняннями, які дозволяють за координатами зображувального пікселу даних, які спроектовані на еліпсоїд, автоматично обчислювати координати на площині в проєкції топографічних карт Гаусса-Крюгера. Має місце застосування геометричного алгоритму проєктування, який складається із опцій автоматичного відображення виду меридіанів та паралелей на цифровій карті та їх відносне розташування.

При розкладенні відповідних масштабних рядів карт на підземні геоторії, наземні території, акваторії, аероторії та космосферу, в якості геодезичної основи приймаються картографічні сітки прямокутної системи координування об'єктів. На практиці присутні значні розходження геодезичних основ для зазначених сфер географічної оболонки. Насамперед, це розходження в координатах одних й тих точок на різноманітних картах. Перехід або перенос точки з одного тематичного шару карти на інший при рекогностуванні поблизу берегів високих широт, необхідно проводити за астрономічним азимутом. Треба враховувати відстані до точних орієнтирів-домінантів (ландмарів) на березі акваторії безпосередньо під час руху експедиційної партії.

Під час екологічного рекогностування на акваторіях переходити з одного тематичного шару на інший за координатами можна тільки при проходженні пікетажного журналу подалі від суходолу.

Мірило карт природно-техногенної безпеки обирається в залежності від їх призначення, навігаційно-географічних особливостей та вивченості місцевості. Стандартним масштабним для цифрових карт та планів в управлінні у сфері екологічної безпеки та забезпеченні реалізації програм захисту довкілля є: 1 : 500, 1 : 1 000 – 1 : 5 000, 1 : 7 500, 1 : 10 000, 1 : 15 000, 1 : 20 000, 1 : 25 000, 1 : 50 000, 1 : 100 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000, 1 : 1 000 000 – 1 : 5 000 000, 1 : 1 0 000 000, 1 : 20 000 000, 1 : 50 000 000.

Електронні карти-сітки, що покривають води Світового океану за широтними поясами укладаються у мірилі 1 : 250 000 та 1 : 500 000. Для декількох широтних (фізико-географічних та кліматичних) поясів – укладаються у мірилі 1 : 100 000.

В залежності від мірила та призначення на цифрових картах системи екологічної безпеки із різною повнотою та деталізацією відображаються: берегова

лінія та її види, гідрографія суходолу (ріки, озера, канкали), рельєф суходолу, населенні пункти та комунікації дорожньої інфраструктури, рельєф дна гідрографічних об'єктів (глибини та ізобати), навігаційні небезпеки та донні ґрунти, критична інфраструктура територій, ландмарки, навігаційні орієнтири та засоби топографічного навігаційного обладнання, відомості про припливи та відпливи, заборонені зони та небезпечні райони, фарватери, аеролінії, морські канали, рекомендовані курси еколого-рекогностувальних маршрутів, елементи спеціального змістовного навантаження для службового використання, сітка ізоліній для визначення місця за допомогою радіогеодезичних систем, специфічні написи та елементи дизайнерського оформлення цифрової карти.

За своїм призначенням карти системи екологічної безпеки та управління поділяються на наступні підгрупи: *акваторіальні карти природно-техногенної безпеки, астрономо-геодезичні карти планово-висотних мереж території критичної інфраструктури, карти природно-техногенних небезпек, карти техногенного навантаження на гідросферу.*

Акваторіальні карти природно-техногенної безпеки укладаються на райони, які розташовані у лімітах широт від 0 до 85 градусів північної та південної широти. Математичною основою карт є нормальна проєкція Г. Меркатора, а на високі приполярні території – поперечна проєкція Г. Меркатора.

В залежності від масштабу акваторіальні карти природно-техногенної безпеки поділяються на *генеральні, рекогностувальні, інженерно-прикладні та плани-абриси.*

Генеральні карти акваторіальних природно-техногенних небезпек укладаються в масштабах 1 : 1 000 000 – 1 : 5 000 000. Вони служать для загального орієнтування при виборі маршруту еколого-рекогностувальної експедиції під час руху на транспортному засобі. В деяких випадках вони можуть бути використані для автоматизованого розв'язання задач високоточного астрономо-геодезичного координування на місцевості під час несприятливих метеорологічних умов у відкритих ділянках акваторій.

Рекогностувальні карти природно-техногенної безпеки укладаються у масштабах 1 : 100 000 – 1 : 500 000. Вони забезпечують навігаційну безпеку при доекспедиційного прокладання маршруту еколого-моніторингового рекогностування місцевості та розв'язання прикладних задач координування потенційно-небезпечних локацій уздовж узбережжя водосховищ, а також підходів та перевалів через території висотної поясності.

Інженерно-прикладні карти природно-техногенної безпеки укладаються у мірильному ряді 1 : 25 000 – 1 : 50 000. Їх призначення полягає у забезпеченні природно-техногенної безпеки при реалізації експедиційних досліджень.

Плани-абрисы природно-техногенної безпеки укладаються у мірильному ряді 1 : 500 – 1 : 25 000 та призначені для прийняття оперативних управлінських рішень та забезпечення реалізації пікетажного маршруту на рівнинних територіях. Відповідні плани-абрисы складаються окремо в середовищі ГІС у вигляді врізок також у тематичному змісті рекогностувальних та інженерно-прикладних карт.

Астрономо-геодезичні карти планово-висотних мереж території критичної інфраструктури представляють собою спеціальні інженерно-топографічні карти із додатковими тематичними шарами у вигляді сіток ізоліній, а також різноманітних

корегувальних величин та пояснень до них, які необхідні для визначення місцеположення за допомогою астрономо-геодезичних методів та супутникових технологій.

Карти природно-техногенних небезпек представляють собою геоінформаційні моделі генералізованих топографічних, гідрографічних, аероторних та космофотозображень на які у окремому векторному тематичному шарі виводяться наступні оверлейни: небезпечні ділянки вулканічної активності морського дна, несприятливі синоптичні та клімато-метеорологічні умови, тектонічні розломи та геологічні аномалії, сітки квадратів, відомості про стан критичної інфраструктури, промислові характеристики території, сітка ізоліній для визначення координат за допомогою радіогеодезичних систем та інші спеціалізовані зведені просторові дані.

Карти техногенного навантаження на гідросферу призначені для забезпечення визначення ареалів викидів антропогенного та біогенного забруднення поверхневих вод річок, каналів, водосховищ. Укладаються у мірильному ряді діапазону 1 : 5 000 – 1 : 50 000.

Спеціальні карти управління у сфері екологічної безпеки поділяються на *оглядові та інформаційно-управлінські*.

Оглядові та інформаційно-управлінські карти укладаються на основі *бланкових карт*, на яких позначені лише найбільш узагальнені елементи загально-екологічного навантаження (берегова лінія, важливі шляхи сполучення, адміністративні та промислові центри, ландмарки, мережа геодезичних та астрономо-геодезичних знаків та пунктів радіогеодезичної системи визначення координат, державні кордони та адміністративні межі). Відповідний ряд геопросторових даних формує основу геоінформаційного простору, яка є основою для формулювання різних управлінських програм. Наприклад, на *картах патогенних ґрунтів* розміщуються дані про розподіл донних відкладень, «геологічних вікон» та їх просторова-часова характеристика динаміки явищ. На *картах аномалій земного магнетизму* демонструються лінії рівних значень іоносферних збурень, гравітаційних аномалій, гравіметричні пункти спостережень. На *картах радіогеодезичних систем*, які укладаються у дрібному мірильному ряді, додаються зведені просторові дані про локалізацію станцій GPS-спостереження, астрономічні, геофізичні та гравіметричні обсерваторії. Показуються дестинації їх моніторингової дії (охоплення) та лінії рівних точностей визначення природно-техногенних явищ та об'єктів.

До числа *допоміжних карт системи екологічної безпеки* відносяться *ортOMETричні карти промислових майданчиків*. Вони укладаються у гномонічній проєкції та призначені для розв'язання задач, пов'язаних із прокладанням дуг великих кіл ймовірності виникнення надзвичайної ситуації природного та техногенного характеру.

Карти-сітки реалізації програм захисту довкілля призначені для автоматизованого геоінтелектуального розв'язання прикладних задач прогнозування надзвичайних ситуацій в районах, які не покриті крупномасштабними картами. Вони представляють собою картографічну основу із сіткою паралелей та меридіанів загально-топографічних карт. На них оцифровані тільки широтні та довготні бокові

рамки, додаються контурні значення часового виконання (реалізації) природоохоронних заходів.

Контрольні запитання

1. Яка парадигма покладена в основу при розв'язанні задачі проєктування візуалізаційної складової геоінформаційної моделі результатів обсерваційного рекогносцивального екологічного моніторингу?
2. Сформулюйте концептуальні основи проєктування 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.
3. Визначте принципові засади геоіконічної оцінки системи умовних позначень, що забезпечують якість геоінформаційної системи в розрізі оцінки сформованої бази даних екологічного моніторингу довкілля-простору.
4. На чому ґрунтується геоіконічна та картографічна парадигма моніторингу?
5. Що визначає умовне позначення або мовно-семантична архітектура екологічної карти довкілля-простору за допомогою прийомів, способів та методів геоінформаційної інтерпретації трансформації систем природокористування?
6. Що реалізує метод базових матриць та алгоритм стандартизованого відображення складного картографічного умовного позначення на екрані динамічної сцени ділянки поля в реальному часі?
7. Виголосить аксіому про стандартні співвідношення між формою та розміром картографічного умовного позначення об'єктів і масштабом картографічного зображення.
8. Назвіть методологічні засади інновінг-інструментарію картографічного моніторингу довкілля-простору. На чому вони ґрунтуються?
9. Обрахування коефіцієнту інформаційної цінності змістового наповнення картографічної моделі називається?
10. Що покладено в основу картографічного аудиторського дослідження довкілля-простору? Що відображається на планах-схемах навколишнього середовища?
11. опишіть алгоритм картографічного аудиту геопросторових моделей у відповідності до їх картометричності, семантики, геоіконіки, особливостей визначення природних та техногенних ареалів довкілля різних часів.

12. Зробіть порівняльну характеристику картографічних ресурсів еколого-природоохоронного змісту різних масштабів та інших пошукових картографічних матеріалів.
13. Яка тематика картографування надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на забудованих територіях трансформованого природно-техногенного ландшафту?
14. Прокласифікуйте карти системи природокористування.
15. Опишіть ітераційний алгоритм створення картографічних моделей на територію потенційних надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

МОДУЛЬ 3.

АЕРОКОСМІЧНА КОМПОНЕНТА ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС

- § 17. *Моніторинг теплофізичних властивостей природно-техногенних об'єктів довкілля-простору*
- § 18. *Дешифрування об'єктів природокористування за цифровими космічними геозображеннями*
- § 19. *Використання багатоспектральних зображень в екологічному моніторингу для визначення антропогенного впливу*
- § 20. *Еколого-антропогенна інтерпретація змісту космічних знімків*
- § 21. *Екологічні виклики воєнного часу: оцінка впливу на довкілля за матеріалами дистанційних методів моніторингу довкілля*

§ 17. Моніторинг теплофізичних властивостей природно-техногенних об'єктів довкілля-простору

Розвиток космічних систем дистанційного зондування Землі у перспективі залишиться пріоритетною технологією у формуванні бази даних про стан довкілля-простору. Відповідна категорія геоінформації покладається в основу програмування нового покоління геоінформаційних систем в екологічному обсерваційному моніторингу – геоінтелектуальних систем прийняття рішень в екології. Функціональним технологічним ядром її функціонування стають матеріали космічної зйомки різних технічних характеристик. Близній Космос постає єдиним простором, в якому розгортатимуть різнофункціональні системи дистанційного моніторингу довкілля.

Формулювання аерокосмічної парадигми має наслідком наукового обґрунтування теоретичних основ перспективної трансформації технології та методології реалізації обсерваційного екологічного моніторингу. Це передусім корекція задач та рубрикації баз та банків змістовних даних картографічних геоінтелектуальних систем автоматизованого (автономного) при прогнозуванні надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та формулювання рекомендацій щодо їх попередження та подолання наслідків у вигляді екологічних цифрових карт, їх серій та атласів.

Методологія обсерваційного екологічного моніторингу 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 метою набуття компетентностей є технологічні прийоми дистанційного зондування Землі, автоматизовані системи спеціалізованого дешифрування, ідентифікації та інтерпретації об'єктів довкілля.

Навчальні 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 Мічиган (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.

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.

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 представляє підсистему підготовки *PA-3DM / Вхідні дані* – це 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). Геометрично це 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 α, 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*.

Між координатами точки об'єкта та її температурою існує зв'язок: 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:

$$\begin{aligned}
 Ta_1 &= \cos \alpha \cos c - \sin \alpha \sin w \sin c; \\
 Ta_2 &= -\cos \alpha \sin c - \sin \alpha \sin w \cos c; \\
 Ta_3 &= -\sin \alpha \cos w; \\
 Tb_1 &= \cos w \sin c; \\
 Tb_2 &= \cos w \cos c; \\
 Tb_3 &= -\sin w, \\
 \text{де } c_1 &= \sin \alpha \cos c + \cos \alpha \sin w \sin c, \\
 c_2 &= -\sin \alpha \cdot \cos c + \cos \alpha \sin w \cos c, \\
 c_3 &= \cos \alpha \cos w,
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

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 зворотньої 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 зворотню 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, направляючі косинуси для знімка P_1 за елементами α_1' , $w_1' = 0$, c_1' , для знімка P_2 за елементами α_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 α , w , α_2' поздовжній кут нахилу моделі x , поперечний кут нахилу моделі h – кут повороту моделі q .

Визначаємо сім елементів зовнішнього орієнтування моделі – φ , ζ , ω , 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.

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.

На рис. 3.1 представлено результат експрес-діагностики теплофізичного поля топографічної поверхні Батієвої гори у м. Києві.

Технології *моделювання теплофізичних властивостей ландшафтів* з використанням цифрових фотограмметричних методів вирішують інноваційні наукові задачі *експрес-діагностики теплофізичних властивостей природно-територіального комплексу*, а саме:

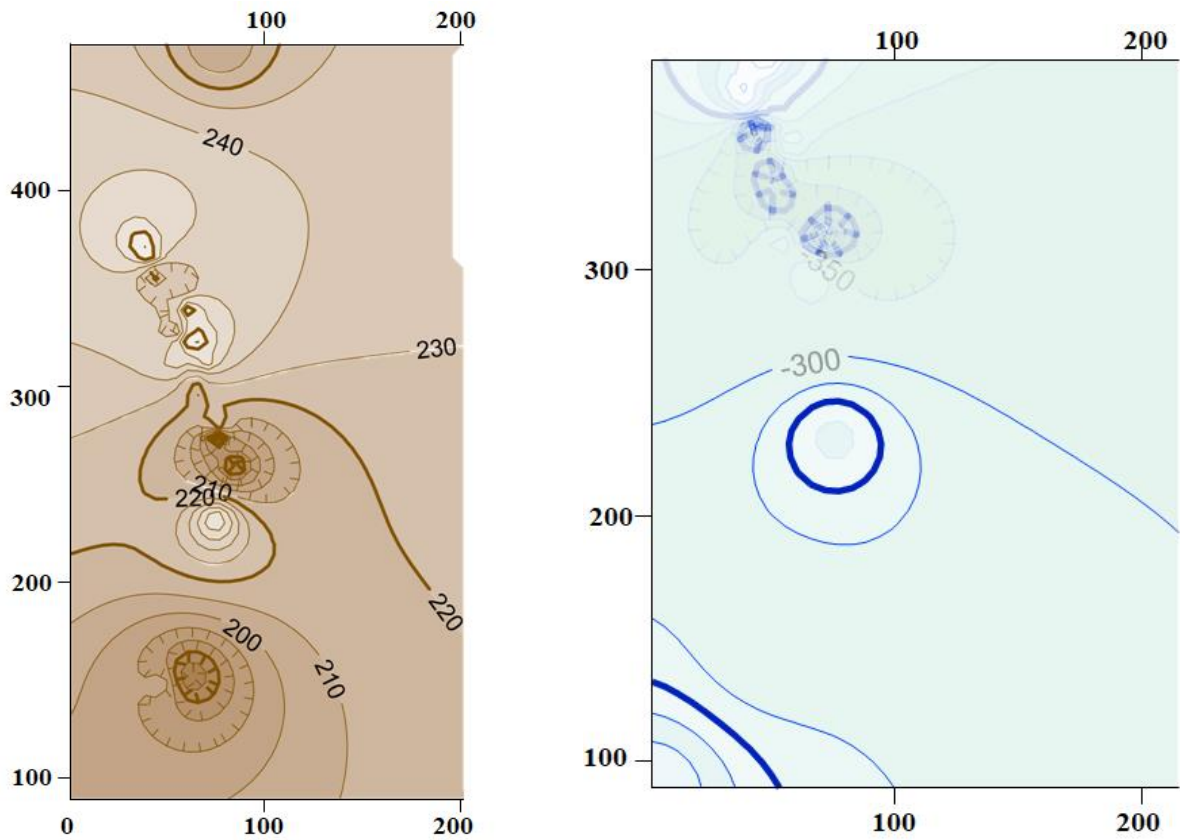
- моделювання середовища за їх трьохмірними моделями поверхонь;
- застосування системи, яка інтегрує спеціально розроблене програмне забезпечення *РА-3DM* і ліцензовану цифрову фотограмметричну систему *Z-Space 1.2*. Це уможливило проводити високоточне вимірювання градієнта температур у середовищі;
- 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.

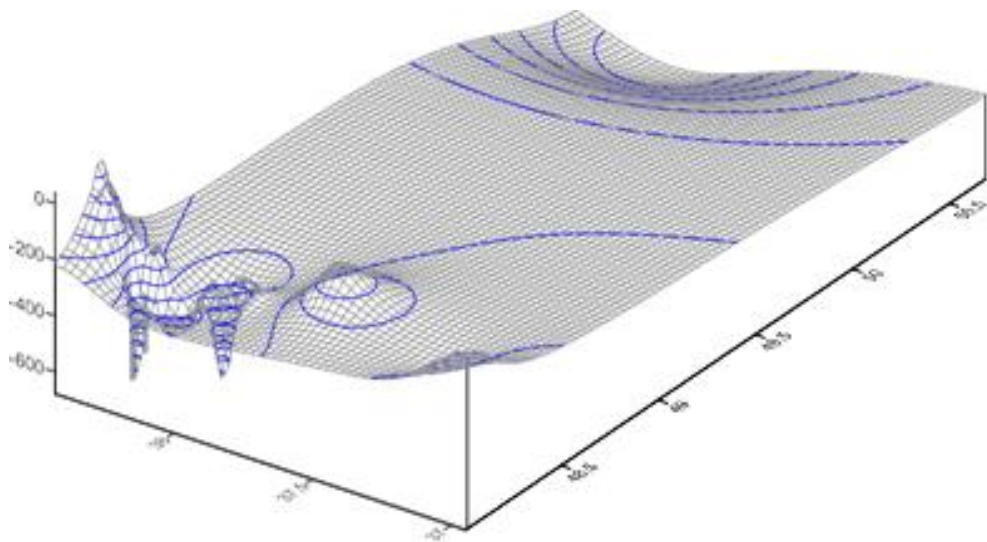
Визначено, що щільні, панорамні фотознімки отримані із застосуванням радіолокацій, телевізійних, інфрачервоно-теплових та інших знімальних систем, істотно розширюють можливості будь-яких експрес-методів визначення теплофізичних властивостей ландшафтів. Вони мають єдиний центр проєкції та елементи зовнішнього 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.



А

Б



В

Рис. 3.1. Визначення теплового баричного поля поверхні Батієвої гори м. Києва у червні 2021 р. (А), листопаді 2021 р. (Б) та 3-D – модель середнього теплового баричного поля (В). Значення ізолій: 210, 200, 300, 350 – сумарне значення температурного нагрівання поверхні протягом року

§ 18. 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, зрошувально-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 Sentinel, Airbus, WorldView 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 фототонем 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 рекультивативації.

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 космознімках 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).

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 ущілини 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.

Спектрозональна 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. 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 космознімках 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.

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.

§ 19. 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).

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. 3.2 позначені: A – ширина смуги знімання; Q – повний кут знімання; V – лінія нормалі – основної координати в фотограмметрії; O – центр проєкції 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: φ, λ, 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.

«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 Гаусса за формулами:

$$\sin A = \frac{f}{\sqrt{R_{N1}}};$$

$$\operatorname{tg} Q = \frac{f}{h}$$
(3.2)

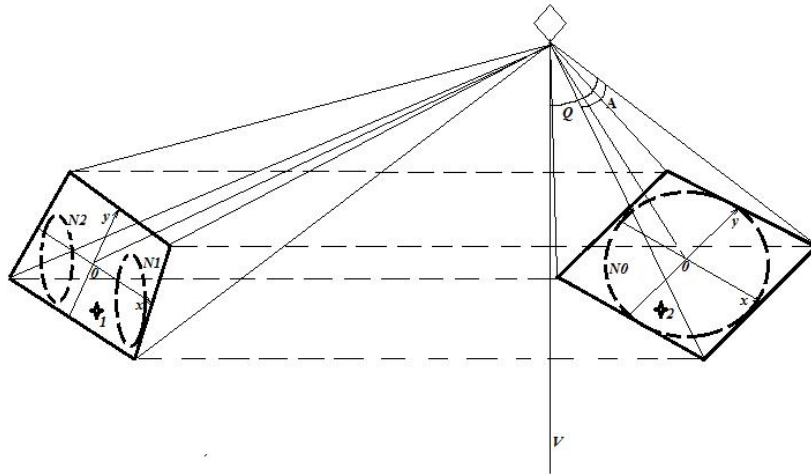


Рис. 3.2. Геометрія цифрових дистанційних зображень

де: A – позовжний 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; N_1 , 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 багатшарове сприйняття географічної інформації.

Подамо принцип формування космічного багатшарового 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. 3.3), де X , Y – просторові (геодезичні) координати, а λ – кількість спектральних каналів.

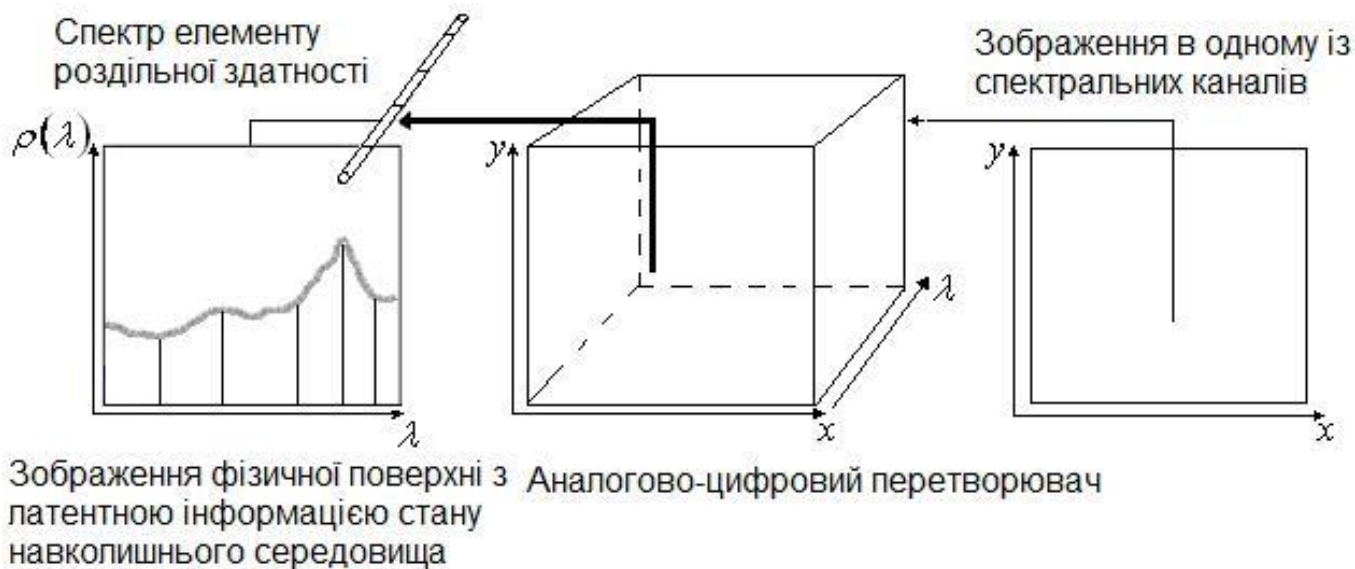


Рис. 3.3. Багатоспектральний куб зображення

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:

$$I_{\lambda} \rightarrow R_{\lambda} \rightarrow A_{\lambda} \rightarrow T_{\lambda} \quad (3.3)$$

де: I_{λ} – падаюча енергія; R_{λ} – відображена енергія; A_{λ} – поглинена енергія; T_{λ} – 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 напрямку спостереження відносно площини головного вертикала, кута відхилення напрямку 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).

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 зондуванні 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-шум».	Спектральна роздільна здатність більш важлива, ніж просторова.
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.

§ 20. Еколого-антропогенна інтерпретація змісту космічних знімків

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 космічних знімків (далі – 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 проектують, ескізують та дизайнерські оформлюють у програмному середовищі

засобів геоінформаційного оброблення даних дистанційного зондування Землі з подальшим використанням їх в редакторах векторної географіки.

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. 3.4). 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.

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 пікселів, 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.

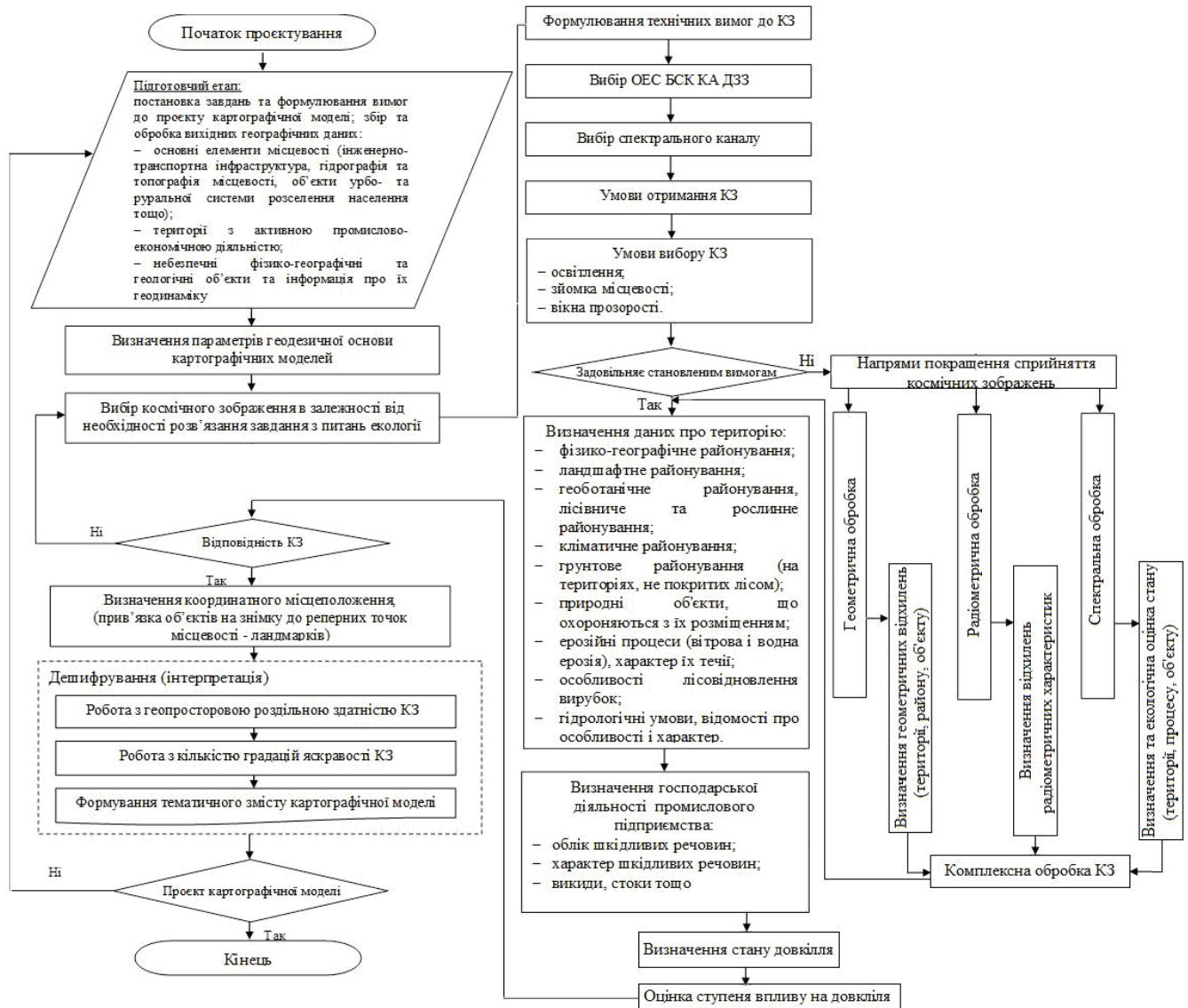


Рис. 3.4. Блок-схема алгоритму проектування фотограмметричної моделі

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 подальший 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.

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.

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 інновінг-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.

§ 21. Екологічні виклики воєнного часу: оцінка впливу на довкілля за матеріалами дистанційних методів моніторингу довкілля

Розвиток та вдосконалення ГІС/ДЗЗ-технологій значно розширює можливості отримання просторової інформації, особливо під час надзвичайної ситуації воєнного характеру. Її цінність полягає в отриманні точної координатної прив'язки об'єктів в системі «воєнний об'єкт – військова технологія – вплив на довкілля».

Активна фаза російсько-української війни, яка почалася 24 лютого 2022 р. призвела до формування нового науково-технічного напрямку досліджень – геоінформаційного моделювання та управління екологічними викликами воєнного часу. Це дозволяє вивчати та аналізувати зміст та взаємозв'язки різних складових ландшафтного простору, явищ в екосистемах, що виникають під впливом бойових дій шляхом укладання багатошарових (мультитематичних) цифрових картографічних моделей, що можуть бути реалізовані як у двомірному, так й у трьох- та багатомірному представленні (візуалізації). Базовою інформаційною основою відповідної серії тематичних карт є матеріали БПЛА та космічної зйомки.

Під час проведення інженерно-екологічних досліджень для оцінки сучасного стану довкілля, що зазнає патогенного впливу внаслідок бойових дій приділяється увага, зокрема, питанням відходів від активних ракетних обстрілів, польових наступальних операцій та, як наслідок, питанням накопичення екологічних збитків.

Екологічні збитки (шкода) внаслідок бойових дій – негативні наслідки військово-технічного втручання, що викликає забруднення довкілля, втрату та виснаження природних ресурсів, руйнуванням екосистем, що створюють реальну загрозу для здоров'я людини, рослинного та тваринного світу, а також для матеріальних цінностей нації.

Дані про бойові відходи можуть бути потрібні при прийнятті управлінських рішень, наприклад, при відновленні житлових об'єктів та оцінки стану зруйнованого підприємства або території у межах реалізації екологічного аудиту. Крім інформаційної функції, наприклад, про факт наявності забруднення, подібні матеріали можуть бути впроваджені в моделі систем підтримки прийняття управлінських рішень, у тому числі за допомогою когнітивного ГІС-моделювання.

Геоінформаційне управління та моделювання екологічних викликів воєнного стану виступає як міцний інструмент для розв'язання різноманітних адміністративних завдань у сфері планування еколого-безпечної роботи різних

галузей національної економіки під час війни. Ефективним прикладом цього є робота Світлодарської ТЕЦ, яка безпечно працювала, як стратегічний об'єкт критичної інфраструктури під час важких боїв протягом 2014-2015 рр.

Всі наукові дослідження та програми вишукування у галузі оцінки впливу на довкілля під час бойових дій, а також визначення територіальних особливостей екологічних викликів воєнного часу картографічними методами дослідження регламентуються Указом Президента України № 64/2022 «Про запровадження військового стану на території України», Законами України та нормативно-правовими актами відповідних галузевих міністерств, а також директивами центральних органів виконавчої влади. Для виконання відповідного дослідження були проаналізовані розпорядчі акти Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів, Державного космічного агентства України та Національного центру управління та випробування космічних засобів у контексті застосування ДЗЗ-систем для потреб звільнення території України від російських загарбників та запровадження системного аерокосмічного моніторингу за станом природних ресурсів засобами ГІС-технологій [<https://www.kmu.gov.ua/news/mindovkillya-ukrayina-otrimaye-dostup-do-yevropejskih-program-life-ta-copernicus>].

Сучасні державні та галузеві стандарти, що регламентують фотограмметричні, геодезичні та картографічні роботи не спрацьовують під час надзвичайної ситуації воєнного характеру. Вони не містять чіткого та однозначного визначення роботи ДЗЗ-копонентів в екологічних ГІС під час реалізації екологічного моніторингу в умовах війни. В них сформульовані тільки поняття просторової моделі місцевості, трансформованого під впливом природного та антропогенного впливу. В них відсутня військова складова впливу надзвичайної ситуації воєнного характеру на стан довкілля. Деякі аспекти застосування ДЗЗ у складанні екологічних ГІС під час війни виявлені в працях військових екологів: проф. А.П. Карпика, Л.М. Залісного та Я. Правди.

Не достатньої досліджено питання про доцільність та доступність застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оцінки накопиченого збитків під час надзвичайного стану воєнного характеру (війни). Постає необхідність процедури допроектних вишукувань, що передують геоінформаційному моделюванню – розроблення алгоритму управління аерокосмічними базами даних, як основи природно-ресурсної геоінформаційної моделі визначення екологічних ризиків на окупованих та звільнених територіях України. Розробка зосереджувальної когнітивної моделі ДЗЗ-даних включатиме просторово розподілені дані про обсяги отруйних речовин, що потрапляють до геосфер від бойових машин, використанні природних ресурсів окупантом, стан водних, земельних, мінеральних, рослинних та фауністичних ресурсах. Це закладає геоінформаційний базис для аналізу та оцінки сучасного мілітарного та постмілітарного стану природних ресурсів, планування їх перспективного використання.

У сучасних умовах військового стану на всій території України, початок якого можна вважати 20 квітня 2014 р. з моменту оголошення Антитерористичної операції в окремих районах Донецької та Луганської області, спостерігається патогенний вплив конфлікту на стан природних ресурсів, посилення факторів його забруднення

та навіть дефіциту. Наприклад, можна констатувати факт зникнення з роздрібною торгівлі міст України побутової солі (місце видобутку місто Соледар).

Застосування наземних та навколосемних методів дистанційного зондування Землі в оцінці екологічних викликів збройного конфлікту зараз постає як одна із найбільш актуальних сфер використання геоінформаційного моделювання на основі аерокосмічних баз просторових даних. Кінцевою метою якої є ревіталізаційне планування відновлення раціонального ресурсо- та природокористування та управління природними ресурсами на звільнених територіях, моніторинг екологічних злочинів на окупованих природно-територіальних комплексах, вишукування економічних та ефективних методів використання природно-ресурсного потенціалу для потреб подальшого відновлення конкурентоздатності України в умовах глобального світового кризису викликаний російсько-українською війною.

Впровадження ГІС/ДЗЗ-моделювання у повсякденну практику управлінської діяльності у сфері екологічної безпеки під час війни, яка має тенденції до затягування та перетворення тактики дій воюючих сторін до «окопного» конфлікту, значно підвищує обґрунтованість екологічних рішень, що оперативно приймаються. При цьому планування, наприклад, природоохоронних заходів, можливе під час форс-мажорних обставин за рахунок використання більш широких та сучасних масивів вихідних ДЗЗ-даних та ГІС-аналізу перспективних наслідків проектних рішень.

Під час гібридної війни, її активної фази, дані ДЗЗ все частіше є джерелом інформації про місця розміщення бойових відходів (збитих літаків та крилатих ракет, підбитих самохідних гаубиць та танків, локалізація та розташування мінних полів тощо). Застосування дистанційного зондування Землі здійснюється у практичній діяльності Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів у належному масштабі. З усього різноманіття даних ДЗЗ під час проведення робіт для оцінки впливу на довкілля внаслідок воєнних дій, переважно, застосовуються аеро- (БПЛА) та космічні знімки.

Моніторинговою (розвідувальною) аерофотозйомкою називається вид спеціалізованої зйомки, що проводиться з літальних апаратів – літаків, гелікоптерів, БПЛА. Стеля висоти знімання визначається від сотень метрів до десятків кілометрів. Особливості розвідувальної БПЛА-зйомки полягають у наступному:

- фотографування бойової техніки, в тому числі знищеної ворожої, проводиться у польоті із автоматизованою документальною телевізійною онлайн-зйомкою;
- знімки зазвичай мають невелике відхилення від надира, що пов'язано із постійним механізмом інтелектуального уникнення від потрапляння снаряду протиповітряної оборони противника;
- зйомкою покривається значна ділянка місцевості без «мертвих зон» деяким накладанням знімків один на одного для подальшого монтажу фотосхеми без збереження уздовжнього та поперечного перекриття, яке застосовується в цивільних інженерно-фотограмметричних зніманнях.

У зв'язку з цим для БПЛА-зйомки наслідків впливу бойових дій на довкілля необхідні спеціальні фотоапарати – сенсорні аерофотоапарати із модулем геоінтелектуальної прив'язки до державної геодезичної мережі. Це забезпечуватиме здатність компенсувати зсув зображення та забезпечити достатню для

дешифрування різкість цифрового знімку, а також це потрібне для реалізації технологічного функціонування спеціальних пристроїв, які забезпечують строго горизонтальне положення БПЛА у процесі фотографування. Цифрові сенсорні фотокамери зазвичай застосовуються з борту легких літаків (RV-7, Теспат р2002, X та ін.), обладнаних модульних фотолюком та ресорною стереоаерофотоапаратурою.

Широкоформатні воєнні аерофотознімки – високоінформативні дистанційні матеріали. З їх допомогою можна отримати достовірну інформацію про трансформацію рельєфу та геоморфологічні процеси, зміни у рослинному покриві, гідрографії, техногенних порушеннях території внаслідок активної фази бойових дій в онлайн режимі. При автоматизованій обробці стереопари аерофотознімків за допомогою спеціальних оптичних пристроїв для отримання об'ємного зображення можна оцінювати глибину траншейних занурень танкових частин противника або висоту деревостою, що використовується, як маскувальні чинники. Паралельно також фіксуються зміни біогеоценозів та знищення біоти. Відповідна технологія БПЛА-аерофотозйомки є надійною основою екологічного геоінформаційного картографування районів бойових дій. Як будь-яке геофотографічне зображення, такий БПЛА-аерофотознімок має дуже високу достовірність, проте вимагає актуалізації щодня або щогодини. Це пов'язано із швидкоплинністю змін довкілля під час активної фази війни із застосування калібрувальної артилерії.

При неможливості проведення або отримання готової цифрової аерофотозйомки на територію для якої проводиться моніторинг екологічних наслідків бойових дій, вдаються до аерофотозйомки з аерокосмічних лабораторій (метеорологічних повітряних куль-зондів) із GPS/GSM-трекерами та цифровою фотокамерою високої роздільної здатності. Подібною зйомкою можливо покрити локальні території – ключові (типові) ділянки фонових територій, рідкісні спільноти або об'єкти, техногенно-порушені ділянки (точкові та лінійні).

Спеціальна топографо-екологічна зйомка виконується БПЛА з фіксованої висоти (оптимально в діапазоні 300-400 м) наскільки можна суворо вертикально. Вертикальність положення камери можна перевіряти за допомогою прикріпленого до неї гірокомпасу або геодезичного рівня. Подібна зйомка та її функціональна складова повинна перевищувати точність технічних показників цивільної професійної цифрової фотограмметричної зйомки у рази. Знімки, отримані в такий спосіб, вважаються панорамними, оскільки вручну неможливо забезпечити строго горизонтальне положення камери. В більшості випадків за такими знімками автоматично точно визначається масштаб зйомки. Вона може визначатися в залежності від висоти за допомогою технології супутникової альтиметрії. Найзручніше це реалізовується при дешифруванні результатів зйомки об'єктів критичної інфраструктури з відомими розмірами, як правило, за другорядними геотопологічними ознаками, наприклад, природними та техногенними локаціями – балкам, скупченням бойових машин. Показаний знімок палаючого складу ПММ в аеропорту м. Гостомель (Київська область) (рис. 3.5).

Космічні технології знімання Махаг або технології Космосфери (Ближнього Космосу) – це результат зйомки із військових розвідувальних супутників Землі. Науково-дослідницькі сателіти для відповідних цілей є малофункціональними. Військово-розвідувальні супутники є одним з головних джерел геоінформації про

територію під час бойових дій і застосовуються також для вивчення виснаження природних ресурсів, вирішення безлічі завдань топографічного та еколого-природоохоронного картографування, а також моніторингу навколишнього середовища в контексті оцінки впливу на довкілля внаслідок бойових дій.



Рис. 3.5. Знімки «Махаг»: А - зруйнований міст через р. Ірпінь (1) та скупчення бойової техніки окупантів (2). Б - палають склади палива аеродрому Гостомель. (Київська область, березень 2022 р).

Космічні технології знімання Махаг або технології Космосфери (Ближнього Космосу) – це результат зйомки із військових розвідувальних супутників Землі. Науково-дослідницькі сателіти для відповідних цілей є малофункціональними. Військово-розвідувальні супутники є одним з головних джерел геоінформації про територію під час бойових дій і застосовуються також для вивчення виснаження природних ресурсів, вирішення безлічі завдань топографічного та еколого-природоохоронного картографування, а також моніторингу навколишнього середовища в контексті оцінки впливу на довкілля внаслідок бойових дій.

Космічні знімки, що використовуються у військово-екологічному моніторингу (оцінці впливу на довкілля, локалізація джерел екологічних ризиків та ареали впливу екологічних викликів) відрізняються за:

- спектральним діапазоном знімків: оптичної, інфрачервоної, радіолокаційної складової зйомки;
- просторовою роздільною здатністю: від верхнього рівня (менше 1 м) до низького дозволу (більше 1 км);
- набором та кількістю спектральних діапазонів, у яких ведеться зйомка: одноканальна (панхроматична), мультиспектральна (зйомка в кількох діапазонах), гіперспектральна (більше сотні діапазонів).

Від типу зйомки залежить кількість та якість отриманої просторової топографо-екологічної інформації про природні та техногенні об'єкти, що зазнали ракетних обстрілів, що можна отримати при дешифруванні та інтерпретації, а також від цього залежить швидкість та якість ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів довкілля воєнного призначення. Використовується автоматизована станція дешифрування БПЛА та космічної зйомки ДЗЗ.

Космічна зйомка при оцінці екологічних викликів воєнного часу здебільшого є головною основою екологічного проблемно-орієнтованого ГІС-картографування

та проектування спеціалізованої геоінформаційної системи на територію об'єкта (територію ландшафту). Її функціональність є важливою інформаційною основою дистанційного екологічного моніторингу, для будь-яких, але особливо – для важкодоступних, маловивчених з точки зору оцінки впливу на довкілля окупованих територій України. Під час російсько-української війни космічна зйомка – єдиний спосіб оперативного проведення аналізу природної, техногенної та військово-оперативно-тактичної ситуації на досить великі території. Функціонує сузір'я супутників, що використовується для потреб військової екології та моніторингу довкілля в Україні: Aura, Parosol, CloudSat, Calipso, Aqua, Gcom-W1, Oco-2.

Незважаючи на високу інформативність космічних знімків, вони потребують у воєнний час особливого підходу до дешифрування та залучення додаткових інформативних геопросторових матеріалів: результатів польових робіт військових геодезистів, що входять до підрозділів бойових частин у складі топографо-геодезичного та картографічного забезпечення Українського Війська (польове ландшафтне дешифрування, комплексні військово-географічні та природознавчі описи). Вони забезпечуються похідні фондовими картографічними (е-архівними) та іншими геоінформаційними матеріалами, розміщених у «хмарах баз даних». Використовується сучасна цифрова геодезія, така, як цифровий фото тахеометр.

Порівняння різночасових космічних знімків, обробка їх за допомогою спеціальних ГІС-програм (ENVI, Erdas, Digital), допомагає зіставити їх контент із довоєнною топографічною основою, що дає можливість досить повно оцінити поточний зруйнований або пошкоджений екологічний стан та визначити динаміку небезпечних процесів на окупованих територіях. На рис. 3.6. показаний алгоритм проектування природно-ресурсної геоінформаційної моделі інтерпретації ДЗЗ-даних окупованої території в контексті виявлення екологічних ризиків та визначення арелів впливу екологічних викликів та небезпек.



Рис. 3.6. Функціональна схема роботи проектування природно-ресурсної геоінформаційної моделі інтерпретації ДЗЗ-даних окупованої території

Визначений комплекс роботи моделі спрямований також на вироблення екологічних рішень щодо оптимізації проєктування, будівництва та облаштування природоохоронних об'єктів на досліджуваних територіях після закінчення бойових дій: відновлення дамб, моніторинг об'єктів ПЗФ України, захисні екологічні фортифікації із захисту природних ексклюзивів.

Наявні зруйновані потенційно небезпечні техногенні об'єкти та інженерні порушення за матеріалами ДЗЗ виявляються при дешифруванні. В результаті можна отримати еколого-природоохорону геоінформацію про наявність:

- небезпечних техногенних територій: промислових майданчиків, шляхів сполучення, баз зберігання пального противником;
- поширення плям нафтового забруднення у Кременчуцькому водосховищі, внаслідок руйнування Кременчуцького нафтопереробного заводу, шляхи забруднених стічних вод при бомбардуванні водогонів та каналізації м. Одеса;
- визначення стану водних об'єктів: ступені небезпечності забруднення, зміна берегової лінії та русла річок внаслідок руйнування мостів, знищення флори та фауни;
- пожежі в лісах та несанкціоновані вирубки урочищ противником, оцінка ступеня їх відновлення;
- інженерна оцінка стану аварійності лінійних та площадних об'єктів, підтоплення залізничних доріг, руйнування терміналів аеропортів та станцій зберігання пального;
- активізації термокарстових процесів на Західному Донбасі, заболочуванні поліської частини Київської, Житомирської та Чернігівських областей;
- небезпечні геоморфологічні процеси – дефляції, ерозії, а також кріогенні та гідрологічні процеси, що активізуються під час великих вибухів (мікроземлетрусів);
- виявлення потенційно небезпечних ділянок навколо АЕС, ТЕС, ГЕС.

При дешифруванні техногенних та порушених війною природно-територіальних комплексів застосовуються як методи автоматичного, так і візуального дешифрування, з використанням тих самих дешифрувальних ознак як колір, тон зображення, форма об'єктів та їх геотопологічне розташування.

При геоінформаційній обробці матеріалів зйомки у різних комбінаціях каналів можлива оцінка віку вирубок у національних природних парках та заповідниках, при побудові та розміщення в них командних об'єктів протиповітряної оборони, і як наслідок, наявність військово-промислових відходів. Наприклад, подібні методи, спрямовані на виявлення несанкціонованих місць розміщення відходів успішно застосовані при ревіталізації, регенерації, розмінуванні та рекультивації території Бучанського лісу Київської області.

Використання результатів дешифрування матеріалів космічної зйомки та БПЛА-аерофотозйомки на попередньому етапі оцінки впливу на довкілля виявляє суттєві відмінності в стані місцевості, порівняння стану із архівними топографічними абрисами, планами та картами у мобільних (Gadget) ПС-застосунках. Це дозволяє дослідити трансформацію, руйнування, поточний стан та

дає можливість оверлейного порівняльного аналізу топографії природно-техногенних ландшафтів із їхніми попередніми картографо-геодезичними задокументованими станами, який показують актуальні космічні фотографії, а також геотегінгові світлини й фототеодолітні знімки.

Таким чином, за матеріалами ДЗЗ, ще до реалізації проведення уточнювального цільового польового (полігонного) топографо-геодезичного обстеження, можна скласти загальну (оглядову) карту порушення екологічної рівноваги території під час війни та виявити основні природні та техногенні об'єкти, що включаються до проєктних рішень ревіалізації та відновлення екосистеми після закінчення бойових дій. Ці дані дозволяють оптимізувати програми процесу відновлення лінійних об'єктів, поновлення розташування метеорологічних майданчиків та референтних станцій (ландмарків) тощо. Це застосовується як в інженерно-геодезичному, так і в екологічному аспектах польового обстеження демілітаризованих територій. Надалі результати дешифрування доцільно використовувати у проєктних природоохоронних та відновлювальних екорішеннях, оскільки ці дані дозволяють оптимізувати відновлення постраждалих об'єктів ПЗФ України, а також відбудові інженерної інфраструктури, облаштування рятувальних гелікоптерних майданчиків тощо. Це актуально в інженерному та екологічних аспектах оцінки впливу війни на промислові та природно-територіальні комплекси України.

Розробимо методику оцінки накопичених екологічних збитків внаслідок російсько-української війни. Під час бойових дій в Україні віднесення об'єктів до накопичених екологічних збитків законодавчо встановлено.

Екологічні виклики воєнного часу визначаються геохронологічним порівняльним геоінформаційним моніторингом з урахуванням історії минулих екологічних збитків, що були в Україні під час Першої та Другої світових війн. Актуалізуються векторні історичні топографічні карти, що відображають ретроспективні забруднення – наслідки військово-господарської діяльності окупантів у місцях дислокації воєнних гарнізонів у минулому. Із урахуванням минулого досвіду, визначаються поточні аспекти, що зумовлюють нинішнє забруднення територій під час сучасного збройного конфлікту, який завдає неминучої шкоди навколишньому середовищу та перешкоджає використанню природних ресурсів у комерційних та господарських цілях держави.

Підсумком впливу на довкілля російсько-української війни є зниження якості життя української нації, підвищення захворюваності та смертності населення. Територіальний розподіл накопичених екологічних збитків в Україні зумовлено поєднанням географічних та природно-ресурсних аспектів, що впливають на розміщення гірничодобувної, важкої та переробної промисловості, військово-промислового комплексу, який в переважній більшості є деіндустріалізований та зруйнований противником.

Відповідні типи екологічних викликів військового часу можуть бути виявлені за допомогою матеріалів ДЗЗ, а саме:

- результати «господарської» діяльності тилових частин противника, знищення об'єктів видобувної, гірничодобувної та збагачувальної промисловості на території Донбасу;

- нафтовмісні забруднення Азовського та Чорного морів в районі затоплення знищеного крейсера «Москва», патогенні фактори впливу на біоту в акваторії о. Зміїний;
- вплив частково відновлювальної (динамічної, пересувної) промисловості з ремонту військової техніки, що забезпечує окупаційний режим;
- локалізації (кладовища) знищеної техніки.

Методика оцінки накопичених екологічних збитків внаслідок бойових дій в Україні, активно реалізується на звільнених від окупантів територіях (Київської, Житомирської, Чернігівської, Сумської та частині Харківської областей). Наукоємним завданням ДЗЗ-моніторингу є оцінка впливу на довкілля та наслідки окупації Чорнобильської зони відчуження. За допомогою матеріалів ДЗЗ ефективно виявляються основні джерела накопичених екологічних збитків, проте вартість даних матеріалів, їх обробка, отримання бази даних для використання у ГІС, розрахунках збитків досить велика. Витрати на створення відповідного спеціалізованого кадастру екологічних збитків за накопиченими екологічними збитками за матеріалами ДЗЗ, а також порівняльні цінові характеристики матеріалів ДЗЗ за відкритими джерелами наведені у таблицях бізнес-плану 3.2 та 3.3

Таблиця 3.2

Витрати на проведення БПЛА-зйомки для оцінки впливу на довкілля внаслідок бойових дій (ціни вказані на кінець травня 2022 р.).

Технологічний прийом	Витрати, грн.	Джерело комерційної геоінформації
Оренда БПЛА.	120000,00	Мінімальна ставка за 10 годин роботи та зйомки 10 км ² (може варіюватися в залежності від регіону та типу БПЛА).
Цифрова аерофотозйомка.	50000,00	Розцінки прийняті за кон'юнктурую, що складаються у картографо-геодезичній галузі під час воєнного стану.
Роботи з дешифрування цифрових аерофотознімків.	80000,00	
Роботи зі створення ГІС.	80000,00	
Оформлення картографічних матеріалів.	30000,00	
Загальна калькуляція	253000,00	

Таблиця 3.3

Витрати на проведення космічного знімання та створення спеціальної військово-екологічної моніторингової ГІС (ціни вказані на кінець травня 2022 р.).

Технологічний прийом	Витрати, грн.	Джерело комерційної геоінформації
Придбання космічних знімків району	17000,00	З розрахунку на 10 км ² по відкритому джерелу даних 25-87 доларів США за км ² (компанії TVIS Ukraine).
Роботи з дешифрування цифрових реляційних космічних знімків	85000,00	Розцінки прийняті за кон'юнктурою, що склалася в галузі під час бойових дій.
Роботи зі створення ГІС	85000,00	
Оформлення картографічних матеріалів (укладання цифрових абрисів, планів, карт, серії карт, атласів та е-глобусів (геопорталу) за методикою викладеною на рис. 6.	13000,00	
Загальна калькуляція	200000,00	

З наведених авторських розрахунків (бізнес-калькуляції) видно, що організація БПЛА-зйомки у кілька разів дорожча, ніж покупка космічних знімків. Ймовірно, використання БПЛА-аерофотозйомки може бути доцільним для районів, для яких недоступні космічні знімки, а також для невеликих промислових майданчиків (ЧАЕС). Ще більш економічним методом може вважатися фотографування за допомогою технологій цифрового наземного фототеодолітного знімання або застосування геотегінгових Gadget-девайсів.

Вартість даних аерофотозйомки та технології Космосфери, створення ГІС на основі створених баз даних, поки що не дозволяє окремим науковцям чи групі дослідникам з громадських екологічних організацій використовувати таку технологічну схему. Через високу вартість даних БПЛА-аерофотозйомки та космічної зйомки в умовах поточної війни в країні багато моніторингових організацій не готові фінансувати подібні методи оцінки накопичених екологічних збитків, тим більше що нормативно-методичного рубрика тора завдань екологічного моніторингу під час військового стану не розроблено. Єдина організація, що здатна реалізувати відповідний науковий проект – Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, партнером якої є Державне космічне агентство, що акумулює відповідну інформацію, яку надають союзники України у війні: НАТО, США та ЄС.

Доведена необхідність та доцільність створення оперативного єдиного (уніфікованого) інструментарію відкритої бази даних наслідків бойових дій в

Україні (в обсязі, в якому це не суперечить вимогам законодавства про державну таємницю в частині публікації картографічних матеріалів та документації для окупованих територій). Відповідний геопортал акумулює та розміщує по тематичним директоріям результати ДЗЗ-аудитів. Інфраструктура геопросторових даних екологічних викликів скоротить час прийняття управлінських рішень в результаті ГІС-аналізу екологічних аудитів, а також дозволить значно деталізувати деякі розділи проектів заходів щодо ревіталізації навколишнього середовища середовища після завершення війни. Пропонується це застосовувати при моніторингу атмосферного повітря, у частині впливу постійно тліючих торф'яних полів навколо Києва, попередження пожеж у лісах, вибухів на об'єктах нафтопереробної промисловості. Спеціалізована база ДЗЗ/ГІС-даних може бути створена лише за активної державної підтримки у прийнятті нормативних актів щодо її створення.

Практичне значення функціонування відповідного геопорталу даних буде сприяти для використання даних ДЗЗ (аеро- та космічних знімків) при ефективній оцінці накопичених збитків під час активних бойових дій так й після їх завершення.

Відповідний алгоритм опрацювання даних ДЗЗ-моніторингу для виявлення джерел екологічних ризиків та викликів можливо перетворити (перепрограмувати) до аерокосмічної природно-ресурсної геоінформаційної системи моніторингу довкілля під час бойових дій, як цифрове представлення впорядкованої сукупності просторово розподілених даних про пошкоджені та знищені природно-ресурсні об'єкти територій, отриманих із БПЛА/ДЗЗ-джерел для здійснення геоінформаційного (картографічного) документування екологічних злочинів російської окупаційної влади, що будуть візуалізовані на екологічних космофотокартах та спеціальних ортофотопланах з метою формування правових основ виплати компенсаційних виплат й репарацій.

Контрольні запитання

1. *Яка технологія для визначення теплофізичних показників перегрівання міської (урбаністичної) території запропонована?*
2. *Складіть принципову схему обробки дійсних ортофотопланів та технологічних прийомів стереофотограмметричної обробки знімків?*
3. *Що дозволяє дво- та тривимірні картографічна модель зміни баричної та температурної топографії? Яка модель дозволяє прогнозувати зміни рельєфу природно-територіального комплексу на найближчі роки з урахуванням зміни фізико-географічних зон та кліматичних поясів?*
4. *Які є підходи щодо геоінтелектуального дешифрування із пошаровою ідентифікацією та інтерпретацією техногенного ландшафту? Наведіть дешифрувальні ознаки окремих промислових майданчиків.*

5. *Які масштаби дійсних аерофото- та ортофотопланів застосовуються при розробленні класифікаційної схеми кореляційної відповідності обсерваційного ландмарку та типу природокористування?*
6. *Який інновітг-інструментарій оптичної цифрової корекції ортофотопланів ви знаєте?*
7. *Окресліть елементи графічної моделі відповідності трансформації геозображень на космічних знімках зроблених із ШСЗ сонячно-синхронної та геостаціонарної орбіт.*
8. *Які ГІС-технології застосовуються для моніторингових систем Близького Космосу? Яка роль деталізованого підходу застосування супутникових методів у моніторингу навколишнього природного середовища?*
9. *Сформулюйте методологічні підходи щодо визначення та окреслення геоінформаційними методами трансформації довкілля-простору всієї географічної оболонки Землі: від ресурсо-геологічних до еколого-атмосферних проблем.*
10. *Як забезпечується можливість «стискування» початкових даних без втрат геоінформації та можливість їх «стискування» за допомогою коефіцієнтів керування параметрами зменшення якості отриманих зображень?*
11. *Опишіть супутникові системи дистанційного зондування та вимоги до них: значення роздільної здатності, обґрунтування об'єму даних, отримуваних в процесі зондування, рівні обробки матеріалів дистанційного зондування.*
12. *Проаналізуйте найбільш застосовані при тематичному аналізі формати даних дистанційного зондування. Зробіть висновок, щодо оптимальності форматів та запропонувати заходи по їх вдосконаленню.*
13. *Вкажіть технічні характеристики спеціалізованих геоінформаційних форматів обробки підсупутникових даних ДЗЗ та інші рубрикаційні характеристики тематичних завдань дистанційного моніторингу довкілля.*
14. *Які способи і методи оцінки впливу на довкілля та екологічні ризики визначаються за допомогою методів БПЛА/ДЗЗ при надзвичайній ситуації воєнного характеру?*
15. *Який спеціальний алгоритм укладання цифрових екологічних карт у ГІС застосовується під час ліквідації наслідків воєнних дій?*

МОДУЛЬ 4.
ФОРМУВАННЯ ТЕМАТИЧНИХ БАЗ ДАНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ГІС
(НА ПРИКЛАДІ МІСТА КИЄВА)

- § 22. Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу м. Києва
- § 23. Суть задачі та напрямки реалізації ГІС-GPS/GNSS-забезпечення прийняття екологічних рішень у м. Києві
- § 24. Вибір програмного забезпечення для геоінформаційного моделювання довкілля-простору м. Києва
- § 25. Створення геоінформаційного банку даних обсерваційного екологічного рекогносцивального моніторингу довкілля-простору м. Києва
- § 26. Апробація ГІС та GPS в параметричному дослідженні критичного промислово-територіального комплексу
- § 27. Укладання серії статистичних карт забруднення довкілля м. Києва

§ 22. Мобільна геоінформаційна система екологічного моніторингу м. Києва

Інформаційно-аналітична система ГІС & GPS/GNSS-обсерваційного екологічного моніторингу м. 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 2020-2022 рр. В результаті створений геоінформаційний 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, Mapillary 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. Фоормуються 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 навчання – набуття компетентностей з проєктування відповідної *автоматизованої геоінформаційної картографічної системи* з питань екологічного обсерваційного моніторингу рівнів екологічної безпеки територій полягає у вирішення 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 проєктування 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 проєктних показників із вже отриманими. Аналізуються архівні матеріали досліджень з новими практиками їх апробації, як делімітованої моделі.

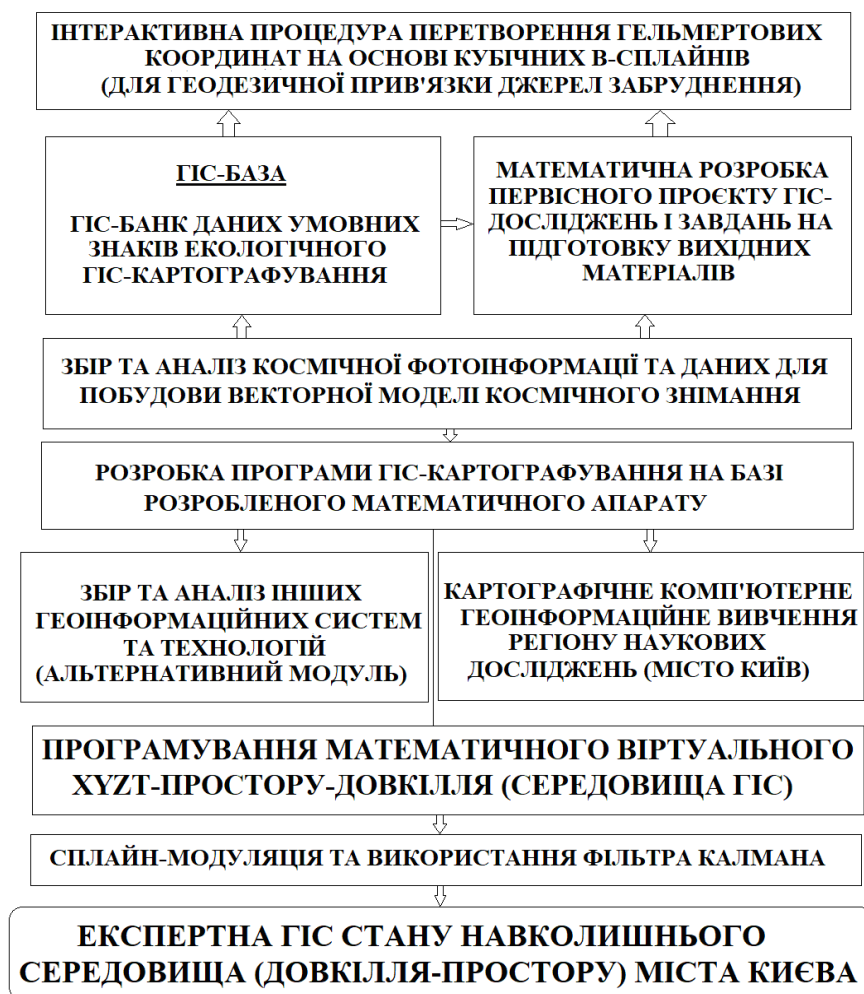


Рис. 4.1. Алгоритм проєктування архітектури геоінформаційної системи «Екологія Києва»

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 довіллі-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. 4.1).

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 редукацію – 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.

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.

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-проектування 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 проектування 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 проектування картографічних моделей узагальнює панхронологічну екологічну інформацію з координатною на території, містить атрибутивну геоінформацію, яка акумулює моніторингові інтегральні дані впливу 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 характеру 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. 4.2).

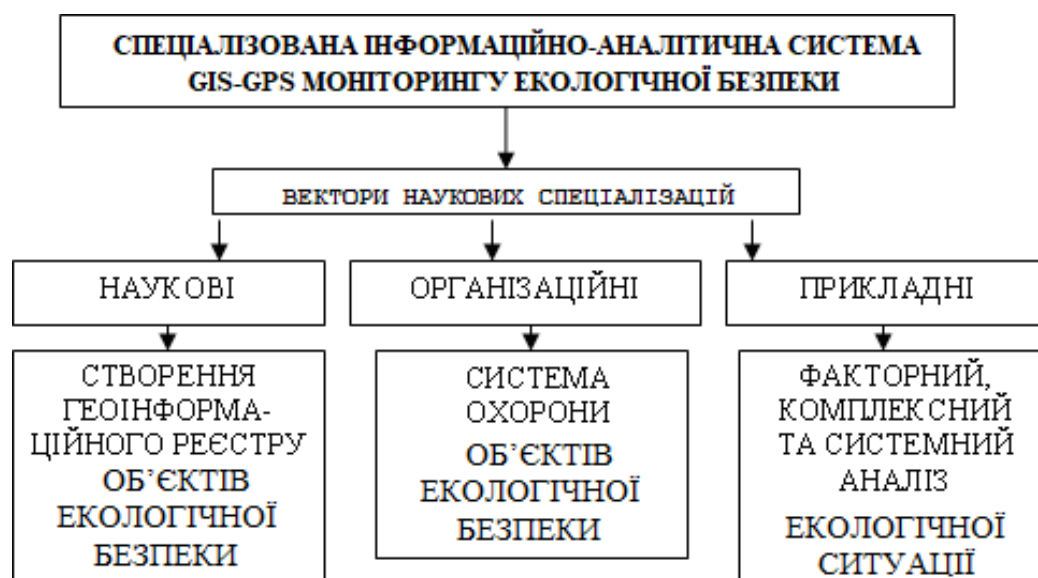


Рис. 4.2. Графічна модель функцій ГІС & GPS-досліджень

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. 4.3) її здійснення перед початком процесу геоінформаційного картографування.



Рис. 4.3. 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. 4.4).

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. 4.5).

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. 4.4. Графічна модель синтезації інформації у ГІС

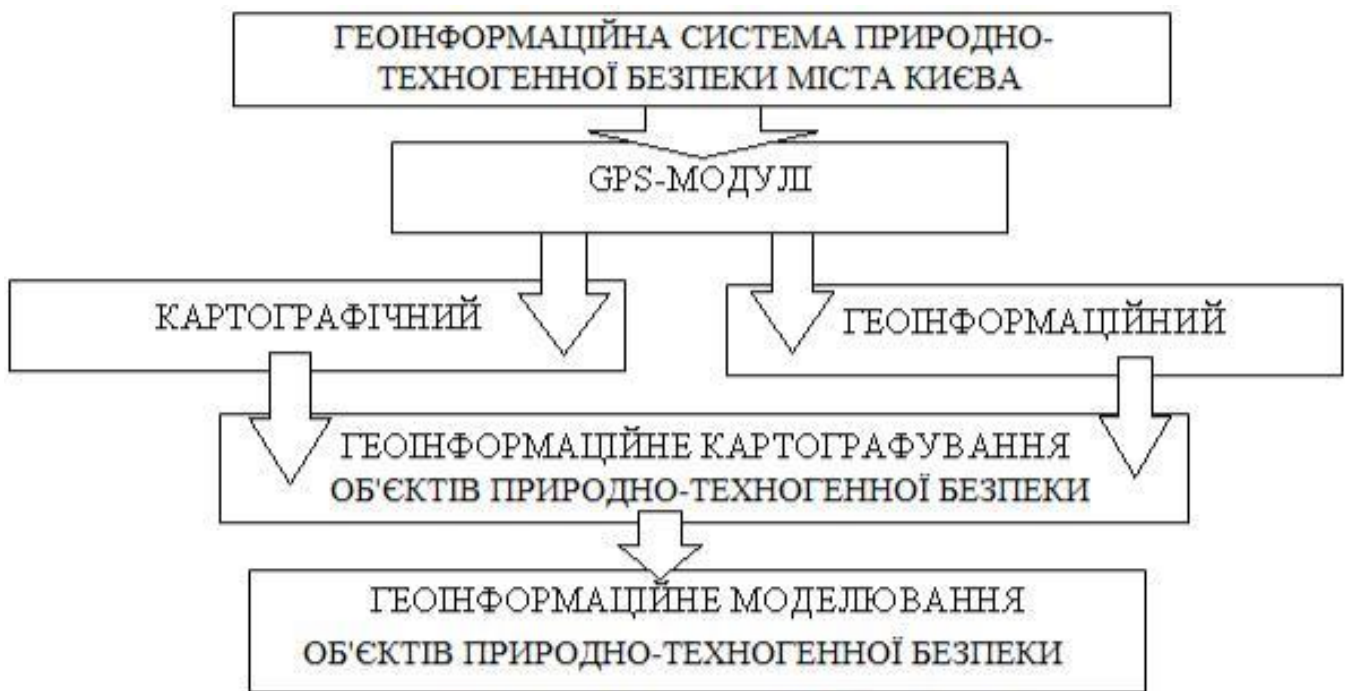


Рис. 4.5. Модель укладання GPS-карт управління екологічним моніторингом

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 метеостаціонацій (рис. 4.6).

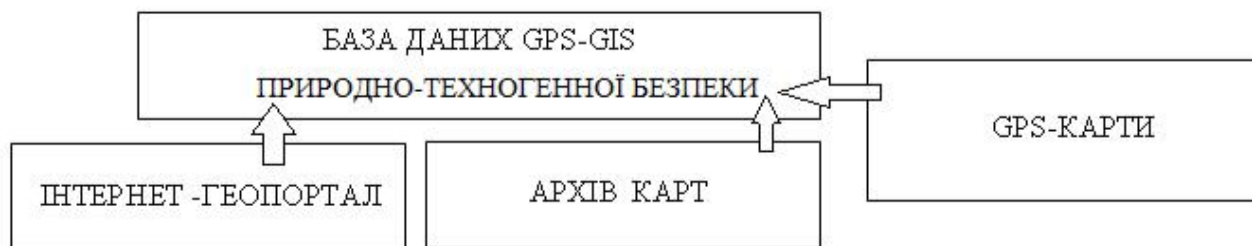


Рис. 4.6. Структурно-графічна модель функціонування ГІС

Необхідно зазначити й про картографічні ресурси та сервіси інтернету, де відповідна геопросторова інформація візуалізується. У додатку _ представлена порівняльна характеристика геопорталів, які використовуються в системі картографування природно-техногенної безпеки м. Києва.

§ 23. 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. 4.7).

Основні вимоги щодо програмних засобів, які покладені в основу формування ГІС є модульність, відкритість і повна сумісність 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.

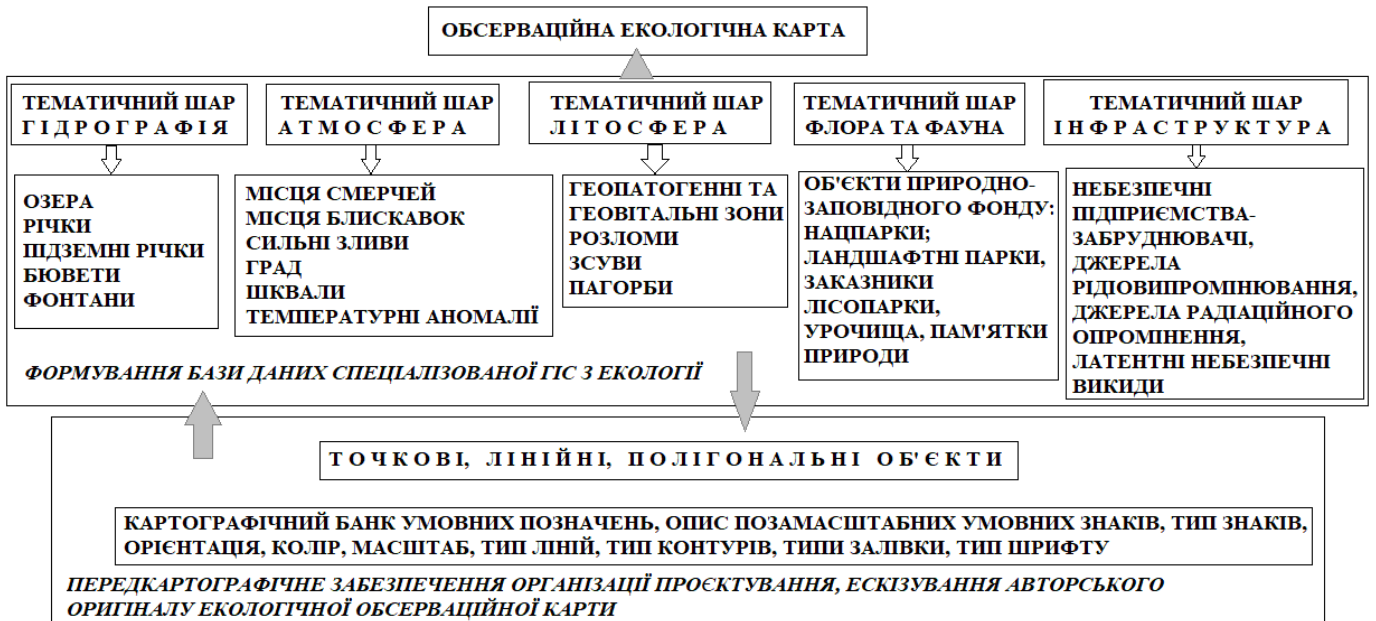


Рис. 4.7. Графічна модель програми організації проектних робіт із складання обсерваційної екологічної карти м. Києва

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 проєктуються 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. 4.8).

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 рекогносцирувального

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 4.9).

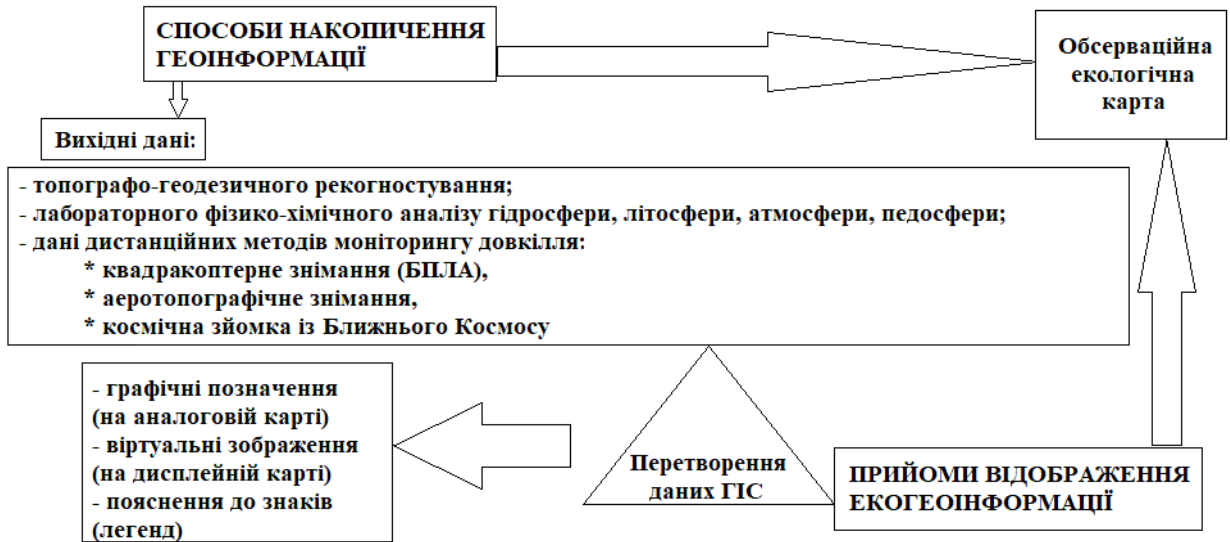


Рис. 4.8. Алгоритм перетворення баз даних ГІС обсерваційного екологічного моніторингу міста Києва



Рис. 4.9. 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

рекогносциувального 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.

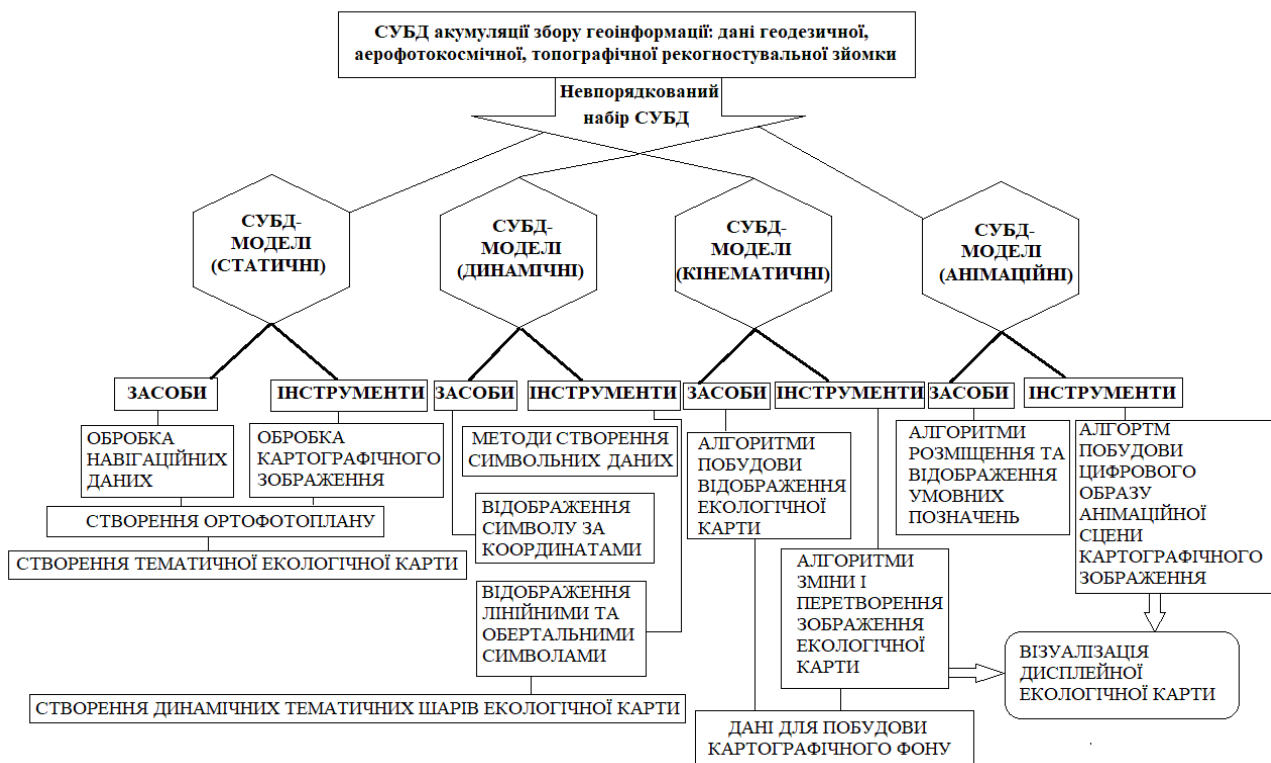


Рис. 4.10. Алгоритм формування СУБД екологічної карти та ГІС-архітектури

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. 4.10).

§ 24. 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 проєкції. При зміні системи координат, такі дані, зазвичай, представлені у різних системах координат від умовної до геодезичної, отримані з різних джерел обсерваційного моніторингу.



Рис. 4.11.Послідовність технології формування реляційної бази даних ГІС

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

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.

§ 25. Створення геоінформаційного банку даних обсерваційного екологічного рекогносцивального 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).

При створенні ГІС обсерваційного екологічного рекогносцивального моніторингу довкілля-простору м. Києва застосовувалися системи автоматизованого геомодельовання. Це дало змогу самостійно створювати картографічні зображення. Проте ефективно сприйняття таких зображень залежить від розуміння користувачем картографічних символів (способів картографічного зображення). Набір картографічних символів має бути зрозумілий кожному користувачеві. Не повинно бути різного тлумачення змісту символів, а сам набір повинен бути «відкритим», тобто мати здатність розширюватися та модернізуватися.

Геоінформаційний банк даних обсерваційного екологічного рекогносцивального моніторингу довкілля-простору м. Києва представляє інформацію в цифровій формі про об'єкти, що включає відомості про місце їх розташування та властивості, їх просторові та непросторові атрибути.

Технологія створення цифрових карт у ГІС обсерваційного екологічного рекогносцивального 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 використовується механізм знакової комбінаторики у застосуванні способу арелів, масштабних та позамасштабних позначень. Це в сукупності підвищує інформативність картографічної моделі.

Основною проблемою, що виникала при створенні геоінформаційного банку даних об'єктів критичної інфраструктури м. Києва в середовищі ГІС обсерваційного екологічного рекогносцивального 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.

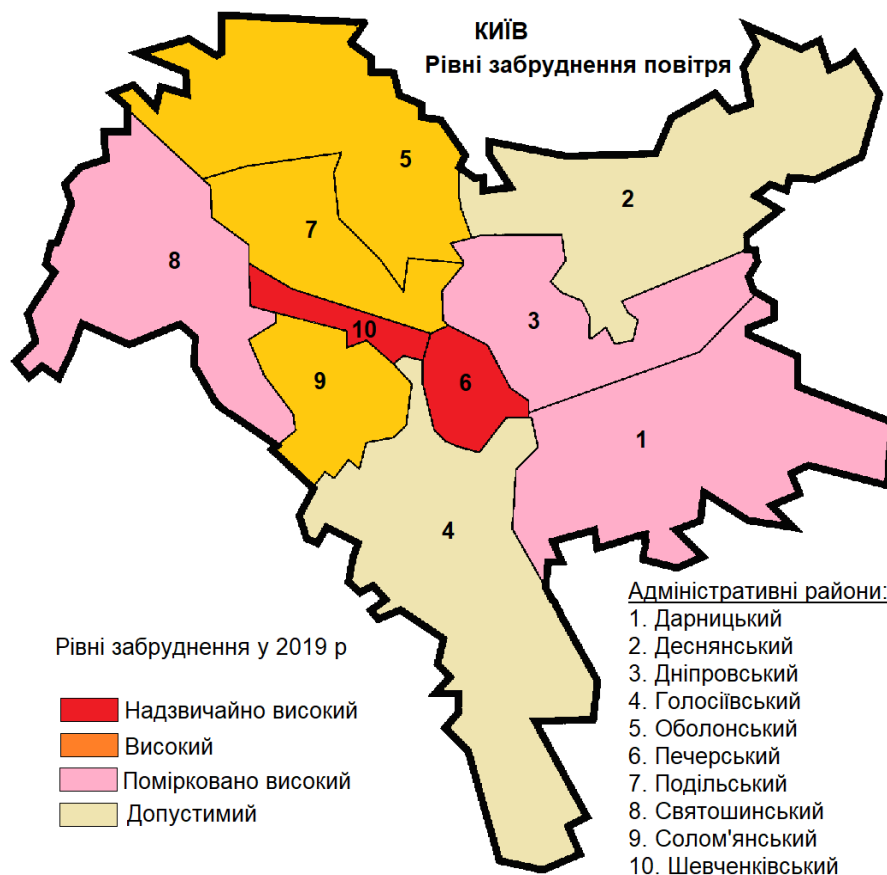


Рис. 4.13. Тематичний шар «Забруднення повітря»

На карті забруднення повітря м. Києва (рис. 4.13) 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. 4.14).

Цифрові просторові дані обсерваційного екологічного рекогносцирувального 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 рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва.

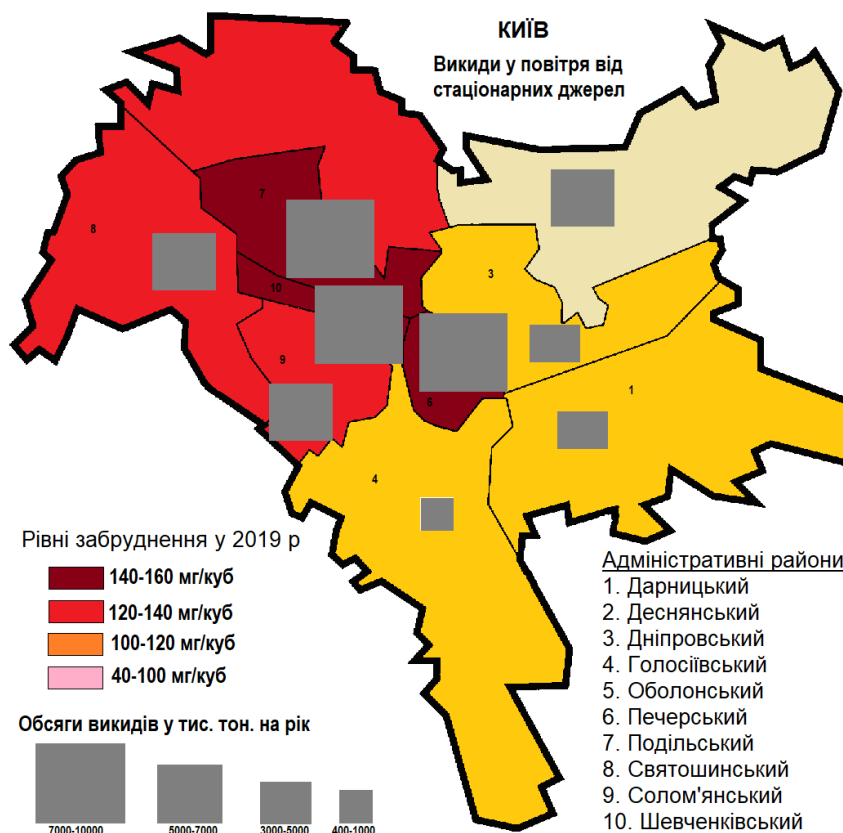


Рис. 4.14. Тематичний шар «Викиди в повітря від стаціонарних джерел»

§ 26. 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. 4.15).

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. 4.16).

Такий рівень складності передачі синтетичної інформації при GPS-картографуванні обсерваційного екологічного рекогносцирувального моніторингу довкілля-простору м. Києва сформований протягом усього мегациклу географічного краєзнавчого дослідження об'єктів критичної інфраструктури. Зображення

транспортної інфраструктури, що відносяться до поліплощадних 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 одної товщини ліній та напрямом штрихування.

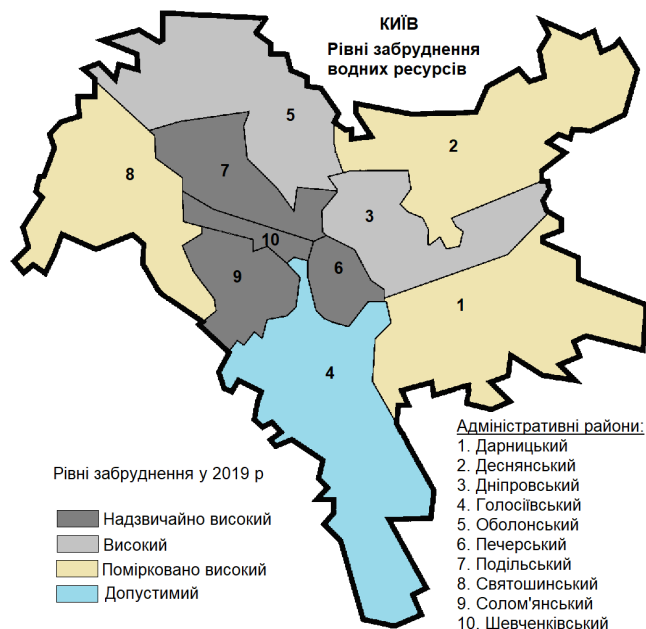


Рис. 4.15. Тематичний шар «Рівні забруднення водних ресурсів»

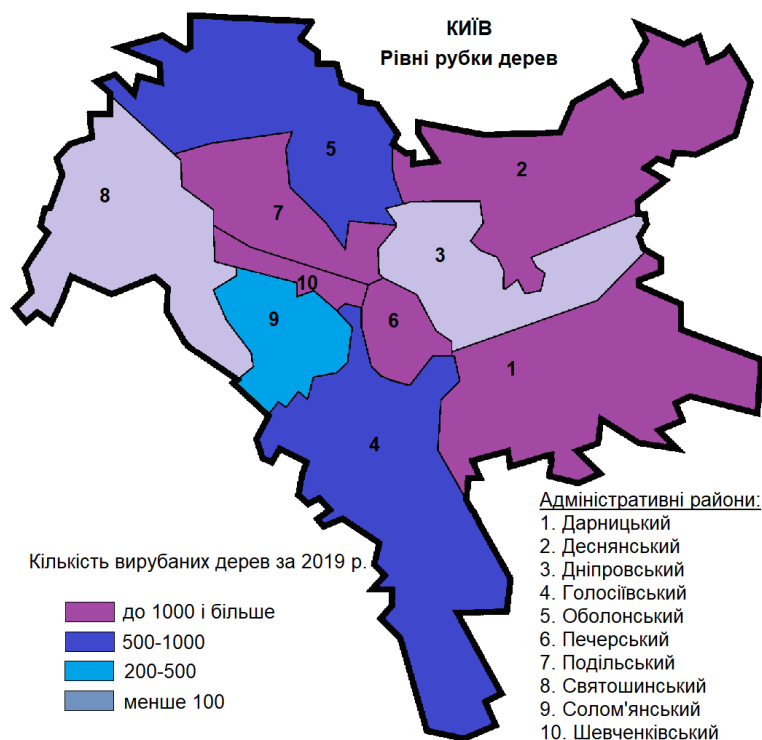


Рис. 4.16. Тематичний шар «Рівні рубки дерев»

Відповідна функція в ГІС дозволяє наносити інформацію без відповідної легенди об'єктів на карту. 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.

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.

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).

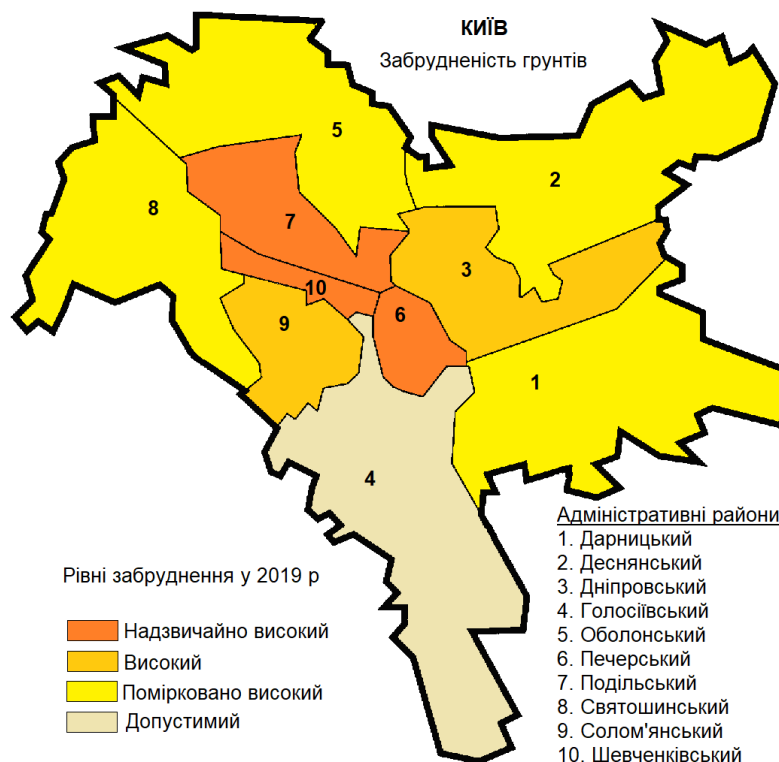


Рис. 4.17. Тематичний шар «Забрудненість ґрунтів»

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 рекультивациі. 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. 4.17).

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.

§ 27. Укладання статистичних моделей забруднення довкілля м. Києва

При створенні статистичних карт середовищі ГІС застосовуються функціональні можливості спеціалізованої ГІС.

Статистична модель 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 моделей 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 моделі рівнів природно-техногенних забруднень на територію міста та його агломерацію (рис. 4.18, 4.19).

Додаткова картографічна інформація про екологію довкілля м. Києва представлена на геопорталах (Додаток А) у визначених форматах (Додаток Б).

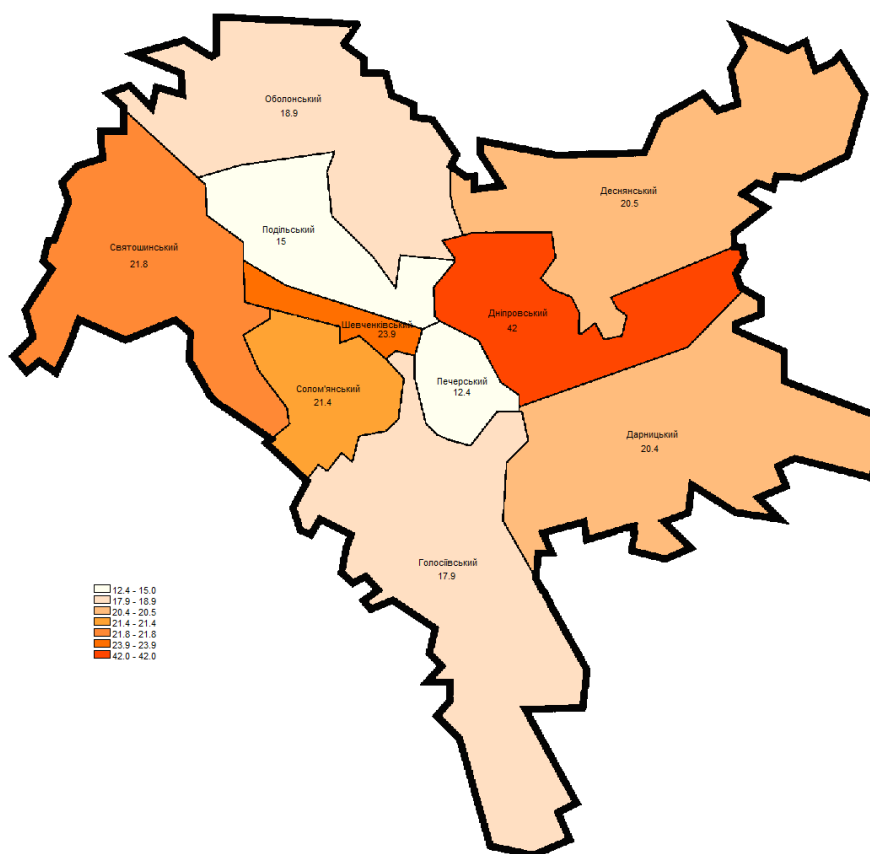


Рис. 4.18. Сумарні викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних та пересувних джерел забруднення за районами, тис. тон

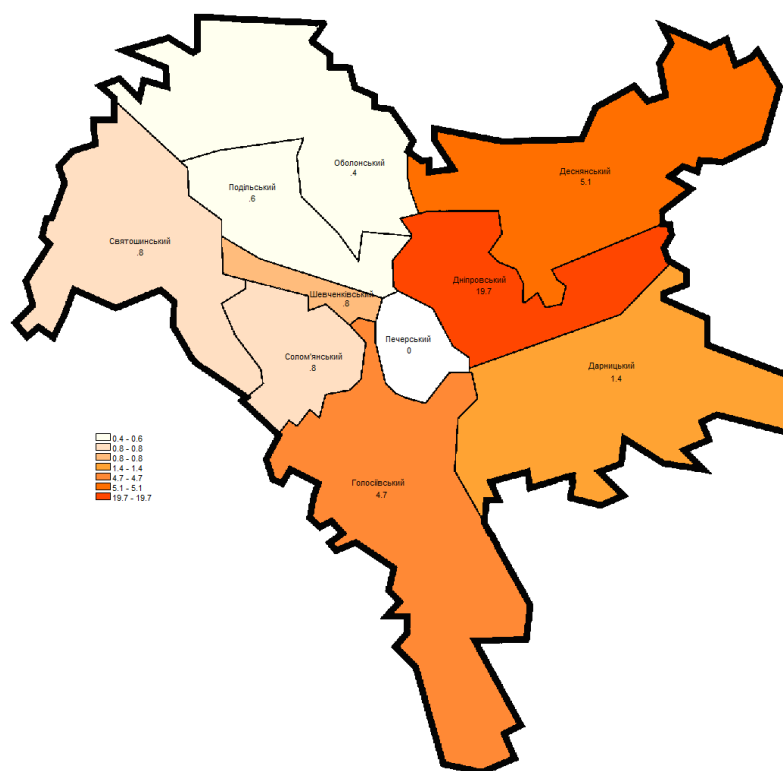


Рис. 4.19. Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за районами, тис. тон

Контрольні запитання

1. *Що уявляє алгоритм створення проєкту геоінтелектуальної системи прийняття екологічних рішень в системі обсерваційного екологічного моніторингу довкілля-простору м. Києва?*
2. *Як називається гібридна модель геоінформаційних, навігаційно-геодезичних, картографо-геоматичних технологічних засобів реєстрації та ідентифікації потенційно-небезпечних процесів, явищ у суцільному (відкритому) та закритому (дискретному) середовищах?*
3. *Що є основою екологічної геоінтелектуальної моделі?*
4. *Які модуль-програми координування об'єктів критичної інфраструктури ідентифікації підприємств із базами СДОР (сильнодіючих отруйних речовин), підприємств, що використовують ядерну енергетику, викиди від транспортних засобів логістичних хабів тощо, застосовуються в ГІС великого міста?*
5. *Як формуються в ГІС екологічні бази даних?*
6. *Який чином акумулюється у картографічних банках даних умовних позначень об'єкти, що несуть потенційну небезпеку для населення м. Києва?*
7. *Яка мова автоматизованого прийняття екологічних рішень застосовується в ГІС? Що моделює поточну геоінформацію, яка отримується із супутникових, наземних та інших стаціонарних (статичних), динамічних та кінематичних систем оцінки впливу на довкілля?*
8. *Опишіть першочерговість алгоритмічної обробки даних в системі модулів управління надзвичайною ситуацією на відповідних промислових територіях м. Києва.*
9. *Яке функціональне застосування систем геоінформаційного картографування об'єктів критичної інфраструктури визначається як управлінська у сфері екологічного моніторингу на загальноміському рівні?*

МОДУЛЬ 5. **ІНЖЕНЕРНО-ЕКОЛОГІЧНЕ КАРТОГРАФУВАННЯ**

§ 28. *Методика побудови гіпергенезичної (еколого-геодезичної карти) м. Києва*

§ 29. *Картографування радіаційного забруднення території України*

§ 30. *Аннали картографування стану національної екологічної безпеки України*

§ 28. Методика побудови гіпергенезичної (еколого-геодезичної карти) м. Києва

З розвитком нових технологій вивчення Землі та її гравітаційного поля, підвищення точності астрономо-геодезичних повторних вимірювань, більш вагомого значення набуває кінематичний аспект геодезичних досліджень новітніх екологічних небезпек, що викликані вертикальними та горизонтальними рухами контрольних точок (реперів) земної поверхні та збуренням земного гравітаційного поля у часі.

Науково обґрунтовується новий напрямок у науці про Землю, який інтегрує методологічні засади геодезії, геофізики, астрономії та океанології. Головна наукова проблема полягає у вивченні зміни положення і елементів гравітаційного поля Землі в часі та її картографічна інтерпретація з метою доведення кореляції із природними катастрофами. Пропонується дефініція – *екологічна геодинаміка*. Наукова проблема відповідної методології об'єднує задачі, сформульовані членом-кореспондентом Академії наук проф. М.С. Молоденським у 1985 р., в якій висвітлені динамічні сили, які є причиною зміни фігури і гравітаційного поля Землі, що викликають надзвичайні ситуації природного характеру.

Новітні екологічні загрози та небезпеки – це реальні складові географічної оболонки Землі, навколишнього природного та техногенного середовища, що взаємодіють на відповідних частотах геомагнітного резонансу і в залежності від значень його потенціалу впливають на довкілля, техносферу та соціокультурне середовище геопатогенно або геовітально. Зокрема це такі актуальні напрямки їх екологічного моніторингу: *еніологія* або еніогеографія (дослідження геоаномальних зон та їх вплив на біоту, аномальні аерокосмічні та метеорологічні явища та загрози, локалізовані землетруси). Наприклад, останнім часом українські 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 щита. Потенційно ймовірно, що це є наслідком або причиною змін кліматичних поясів на території України та, певною мірою, синоптичних показників зимових температур.

Дослідження виконувалося в рамках комплексного пошукового вивчення «Наукові основи проекту «Атласна картоінформаційна система моделей оцінки впливу на навколишнє середовище м. Києва». В проекті застосовуються три головні напрямки організації еколого-геодезичних та картографічних досліджень:

епістемологічні, трансформаційні та еволюційні.

В авторській розробці гіпергенезичної карти м. Києва, що була укладена у 2000 р., сформульовані космологічні закони та визначені передові космічні технології у моніторингу та прогнозі екологічних катастроф у м. Києві. Були використані наукові ідеї науковців Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова: Л.М. Маркіна О.Л. Гержева. Опрацьований науковий матеріал проф. М.П. Петрика, який вдосконалив уявлення про Всесвіт та внутрішню будову Землі у розрізі інформаційно-польової взаємодії геофізичної енергії та біогеоценозів. Значана увага приділена науковим польовим дослідженням геофізичних новітніх небезпек гепатогенних зон та природних аномалій вчених: І. Чуда, В. Ляшенка, П. Міхліна.

Сьогодні методологічно не сформульована теорія новітніх екологічних небезпек на території великого міста, не запроваджені технології астрономо-геодезичного, геологічного та еколого-картографічного моніторингу їх потенційного впливу на біоту та показники еколого-біологічної, економіко-соціальної та політико-географічної рівноваги існування цивілізації та людського простору. У методології екологічного обсерваційного моніторингу довкілля-простору не враховані питання еніології, уфології, геохронології та інших наукових напрямків неоекологічної теорії катастрофічних явищ та загроз. Завдяки чому вчені не можуть достовірно та своєчасно прогнозувати виникнення надзвичайних ситуацій та оцінити справжні наслідки для довкілля.

Для потреб широкомасштабного екологічного моніторингу із оцінки впливу на довкілля із залученням неоекологічних теорій та перевірки гіпотез, за експериментальний полігон вивчення обраний м. Київ. Він є високоурабнізованим населеним пунктом із значною територією, де стикаються дві фізико-географічні зони (Полісся та Лісостепу), дві геолого-літологічні тектонічні структури (Український щит та розломи поліської геоморфологічної зони), формується місцевий синоптично-кліматичний макрорайон екстремальних явищ, спостерігається підвищення рівня показників геоелектромагнітного (природного та техногенного), гравітаційного та сейсмологічного потенціалу. Такі чинники, як забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих та природних вод на території м. Києва, в т.ч. катастрофічне обміління р. Дніпро (за даними геопорталу Google Map Satellite) є загрозою для здоров'я людей. Залучення до наукового дослідження матеріалів вчених-аматорів, еколого-астрологічні карти, еколого-еніологічні картосхеми, плани міського геопатогенезу, підвищать рівні оцінки патогенного впливу на довкілля новітніх екологічних загроз та стають теоретичною основою (підмурку) формулювання спеціалізованої методології захисту.

Методологія організації еколого-геодезичних та картографічних досліджень є складовою формулювання авторського наукового напрямку еколого-природоохоронних та моніторингових досліджень – *екологічного киевознавства*, яке включає наступні галузі дослідження м. Києва: екологія довкілля та система природокористування міської топоніміки, атласне та картографічне вивчення трансформації міського простору Києва, астрономічні та навігаційні основи киевознавства, еколого-географічні, гідрометеоролого-синоптичні особливості довкілля м. Києва та їх вплив на розвиток екологічного туризму та екскурсійної

рекреації. Значення даної парадигми представленої в статті закладає основи формулювання теорії новітніх екологічних загроз на території великого міста для потреб туризму, екскурсіології та рекреації, тощо.

Еколого-геодезичне картографування м. Києва – це новітній напрямок спеціалізованого проблемного еколого-моніторингового картографування на основі астрономо-геодезичних та космогеодезичних баз даних високоточного вимірювання.

Еколого-геодезична карта – це геопросторова еколого-динамічна модель трансформації довкілля під впливом природних (астрономічних і геоїдальних) та техногенних чинників. Вона є основною (базовою) моделлю оцінки впливу на довкілля в екологічній геодезії природокористування та при картографуванні надзвичайних ситуацій. Інша її назва – *гіпергенезична (еколого-геодезична) карта*. Вона демонструє райони, місця, розповсюдження надзвичайних ситуацій геодинамічного характеру. У перекладі «*giper*» означає – «надто», «*genesis*» – «походження». На карті відображаються території з великим аномальним геофоном, що має 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 можна отримати дані точного прогнозу сейсмічної екологічної небезпеки, в тому числі великих землетрусів, більш повільних деформацій, що дає змогу правильного розуміння тектонічних процесів.

Для проведення відповідного *гіпергенезичного (еколого-геодезичного моніторингу)* розглянемо відповідні практичні методи (рис. 5.1).



Рис. 5.1. Методика укладання карти

Одним із провідних методів в дослідженні є *супутниковий*. За даними *супутникового радіовисотоміра* визначається висота геоїда на даній місцевості. Потім дані порівнюються із *гравіметричними даними*.

За цими даними укладається *карта астрономо-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 космічним апаратом. Визначається *Грінвицький 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*. Його принцип дії такий: прийом синусоїдального радіосигналу з квазару здійснюється антенами 1 та 2 від випромінювача, значно віддаленого порівняно з довжиною бази між антенами. Це необхідно 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 *проект 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. 5.2) 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 дозволяє запобігти масовим руйнуванням під час потужного землетрусу понад 7 балів.

Модель запрограмована таким чином, що в разі такого землетрусу, наприклад катастрофічного 10-12 балів, столиця України матиме значні матеріально-технічні втрати внаслідок провокування землетрусом похідних техногенних катастроф. Це руйнування кийівської греблі, вибухи технологічних систем забезпечення. Тому такі явища можуть спровокувати масштабну 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.

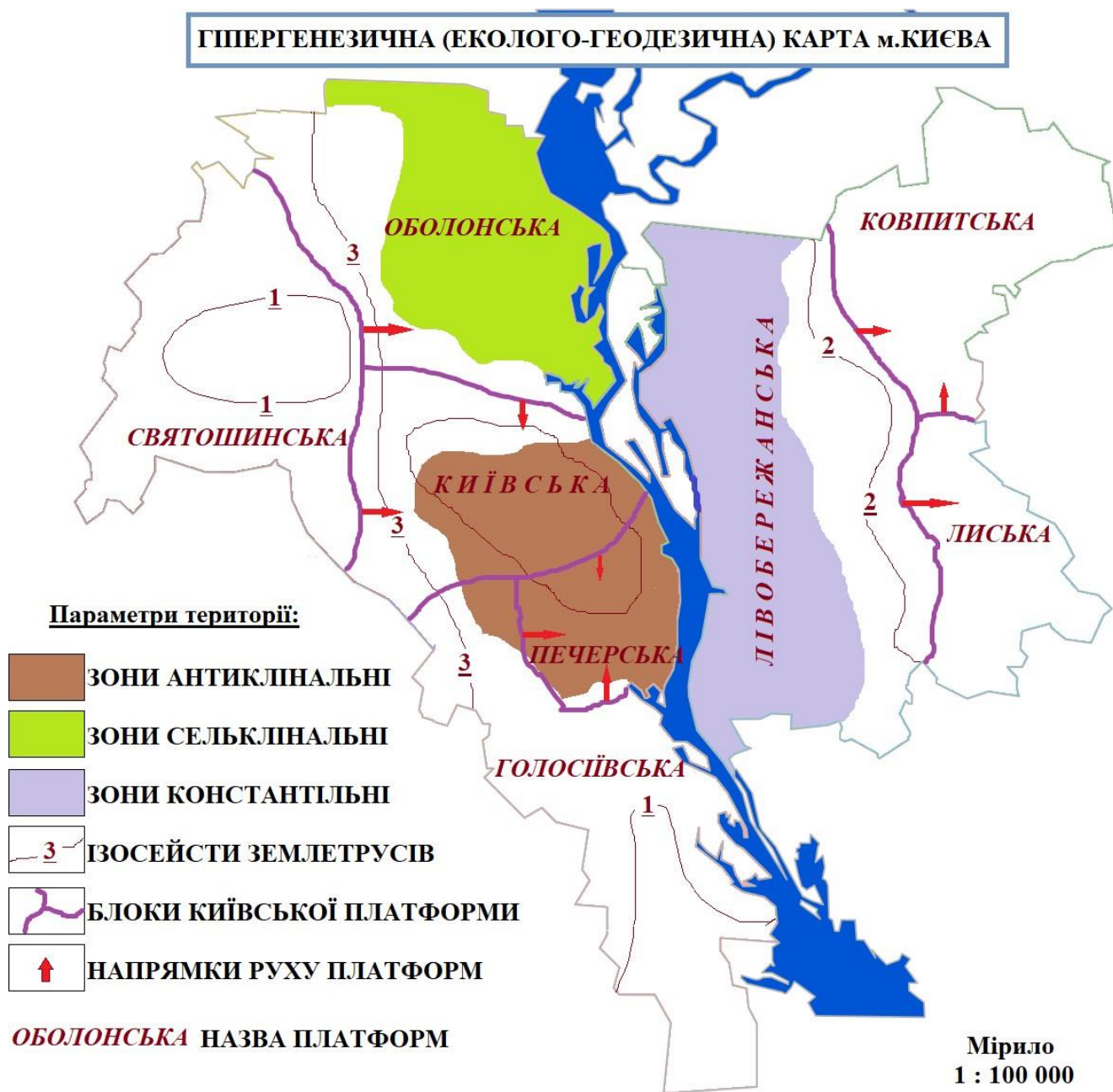


Рис. 5.2. Гіпергенезична карта м. Києва

Сейсмічний комп'ютерний моніторинг дає повну інформацію про дійсні природні явища, які спостерігаються з рухами земної кори. Використовуючи вище зазначені методи складається проект сейсмічного моніторингу надзвичайних ситуацій за допомогою технічних прийомів космічної геодезії. Метою ітерації 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 дозволяють забезпечувати корегування «*Генерального плану м. Києва*» із розширення міста, недопущення будівництва небезпечних інженерних конструкцій та споруд. Проектування 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 брати до уваги *сейсмоконстантність території*, що спостерігається у м. Києві.

У м. Києві активно розвиваються ендегенні процеси, викликані тектонічними та техногенними вертикально-горизонтальними рухами Землі – формування «*чаші опускання*» м. Києва. У 2020 р. цей показник наближується майже до 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 проектувати заходи ліквідації наслідків екологічного лиха.

§ 29. Картографування радіаційного забруднення території України

Картографування радіаційного забруднення території України стало наслідком аварії на Чорнобильській АЕС. Чорнобильська катастрофа, тобто аварія на четвертому блоці Чорнобильської атомної станції, яка сталася вночі 26 квітня 1986 р., поступово стає надбанням історії, а про її наслідки згадується лише у зв'язку із проблемами атомної енергетики та річниці події. Але залишаються карти, які є красномовними свідками реакції суспільства та довкілля на цю масштабну тоді подію і які всебічно відображують її різноманітні аспекти. Ці карти й досі залишаються достовірними документами доби Чорнобиля. Відтоді радіоекологічне картографування набуває одне із актуальних напрямків еколого-географічного та природоохоронного моніторингового дослідження. Відповідні карти, як геоінформаційні моделі надають вичерпну інформацію про наслідки забруднень, патогенний вплив на здоров'я населення України. Але поряд із цим в останній час кількість створених відповідних тематичних карт та їх змістовний аналіз вказує на поступове послаблення інтересу суспільства до цієї події, адже час плине і постають нові актуальні завдання моніторингу довкілля.

Незважаючи на те, що карти чорнобильської тематики укладались та видавались різними відомствами, вони утворюють потужний пласт перших достовірних картографічних документів про довкілля-простір Чорнобильської зони відчуження та започаткували розроблення комплексної методики картографування радіаційного забруднення території України.

Відповідні картографічні документи в системі екологічного обсерваційного

рекогносциувального моніторингу довкілля-простору досі залишаються малодослідженими системно з точки зору розробки картографічного аудиту тематичного змісту відповідних моделей довкілля-простору. Сьогодні важливою проблемою стає укладання геоінформаційної карти радіаційного забруднення території України або комплексної атласної картоінформаційної системи радіоекологічного моніторингу.

Напря́м відповідного екологічного дослідження був започаткований Шевченком В.О. в НДЛ «Картографії та геоінформатики» КНУ ім. Т. Шевченка. Ним зазначено, що наявні картографічні твори, переважно у вигляді картосхем та вкрай рідко у вигляді серії карт, карт у деяких атласах, а також у міжвідомчих періодичних фахових виданнях, наукових звітах, дисертаційних дослідженнях, дають можливість проаналізувати тематику таких вишукувань за весь попередній період.

На основі дослідження відповідних методик визначаються неточності в технології картографування та похибки у способах та прийомах картографічного зображення радіаційної ситуації, що необхідно враховувати під час укладання сучасної інтерактивної карти радіаційного забруднення.

Необхідним постала потреба в узагальненні розвитку методик картографічного відображення радіаційного забруднення наслідків Чорнобильської катастрофи на всієї території України та суміжних країв та областей дотичних до державного кордону інших країн. Відображення на картографічній моделі наслідків на основі аналізу доступних матеріалів та особистих спостережень.

Окремі спроби аудиту були зроблені в перші роки після аварії. І це потребує поновлення та продовження їх подальшого поглибленого вивчення із напряму тематичного спеціалізованого картографування довкілля-простору України.

Необхідно провести хронологічний аналіз видання картографічних творів про радіаційне забруднення Чорнобильської зони відчуження та сучасних радіоекологічних карт. Проведено класифікацію карт радіоекологічної тематики, їх призначення та особливості їх використання в екологічному моніторингу.

Для потреб екологічного моніторингу зони відчуження та державного радіологічного моніторингу території України, відповідні карти відіграють важливе геоінформаційне значення для ретроспективного та поточного обсерваційного моніторингу. На їх основі розробляються перспективні проекти природоохоронних заходів та управлінням у сфері екологічної безпеки.

Кarti радіаційного моніторингу Чорнобильської зони відчуження та радіоекологічні карти України – це специфічний різновид картографічних творів про навколишнє середовище, які віддзеркалюють не лише стан довкілля-простору, а й проблеми, що пов'язані із результатами регіональної економічної, екологічної та соціальної політики держави під впливом іонізуючого радіаційного випромінювання на біоту.

Виходячи із призначення та способів поширення картографічних матеріалів про різні аспекти Чорнобильської катастрофи та її вплив на довкілля України за більше ніж 34-х річний період, який минув після цієї події, можна умовно виділити такі геохронологічні проміжки в історії радіоекологічного картографування території України.

1986–1990 рр. *Рукописні карти.* Перші карти, пов'язані з Чорнобильською

аварією, як свідчать документальні матеріали, з'явилися уже на другу добу після вибуху – 27 квітня 1986 р. Вони являли собою схематичні рукописні карти поширення радіоактивної хмари, які разом з іншими документами, поспіхом підготовленими Держкомгідрометом СРСР, було передано у розпорядження вищого керівництва тої держави.

Починаючи з травня 1986 р., такі карти укладались на основі аерокосмічної дистанційної γ -зйомки зони, безпосередньо прилеглої до АЕС. Вони відображали рівні радіаційного забруднення та ізотопний склад забруднювачів місцевості. Такі карти (або ж їх фрагменти) щоденно передавались до Державної комісії з ліквідації аварії, а пізніше (починаючи з червня) – і до місцевих органів влади. Карти використовувались також для вирішення питань про відселення меш- канців 30-кілометрової зони. Їх виготовляли шляхом нанесення ізоліній та інших позначок на топо- графічні та політико-адміністративні карти. У травні-липні 1986 р. В рамках діяльності Оперативної комісії Президії АН УРСР з ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС виконувались, зокрема, картометричні роботи (за топографічними картами масштабу 1 : 25 000 та інших) з вичленення басейнів річок, які знаходяться в межах досяжності згубного впливу аварії .

Упродовж липня – серпня Державне виробниче об'єднання «Кіровгеологія» виконало аерокосмічну дистанційну γ -зйомку Чорнобильської зони та спектрометричне знімання значної частини України, за результатами якої було складено карту радіонуклідного забруднення території цезієм-137. Тоді ж фахівцями союзного військового відомства та Інститутом атомної енергії імені І.В. Курчатова було виготовлено карту радіонуклідного забруднення прилеглої до ЧАЕС території України, Білорусі та Росії.

Першою картою, опублікованою за межами тогочасного Радянського Союзу з чорнобильської проблематики, вважається досить детальна карта випадіння радіонуклідних опадів у Швеції. Вона з'явилася вже у травні 1986 р. Відтоді в багатьох країнах Європи публікувалися карти випадіння різних ізотопів, карти рівнів забруднення продуктів харчування та доз опромінення населення.

У період 1986–1990 рр. спеціалісти державних виробничих об'єднань «Невскгеологія», «Аерогеологія», «Північзахідгеологія» на основі аерокосмічної дистанційної γ -зйомки створили карти цезійового забруднення земної поверхні масштабу 1 : 1 000 000, 1 : 200 000 та більше на територію України, Білорусі та Росії (понад 1,2 млн км²). Подібні карти у масштабі 1 : 500 000 та більше у цей же період підготували у тресті «Укргеологія» Мінгеології СРСР на основі радіогеохімічного знімання. Їх згодом використовували для створення інших карт похідної екологічної тематики.

1989-1992 рр. Газетні карти. Першою радянською картою, пов'язаною із чорнобильською тематикою, можна вважати карту, опубліковану на шпальтах газети «Комсомольское знамя» за 3 лютого 1987 р. Під назвою «Адреса трудовой славы». На ній відображено всесоюзні ударні будови, у т.ч. й новозбудоване місто енергетиків Славутич.

Перша карта в засобах масової інформації СРСР, яка безпосередньо пов'язана з аварією, з'явилась на початку 1989 р. Її надрукувала білоруська «Сельская газета» від 9 лютого 1989 р. Під рубрикою «Тисяча діб після Чорнобиля». Це

дрібномасштабна карта території Білорусі з виділенням плям випадіння радіонуклідів та фрагменти великомасштабної карти із позначенням радіоактивних зон різного режиму (постійного контролю, відселення, відчуження). Від цього моменту карти, пов'язані з радіонуклідним забрудненням унаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, почали публікувати газети різних рівнів (загальносоюзні, республіканські, обласні, районні, міські). «Пік» таких газетних публікацій припадає на наступні тисячу днів (три роки).

Аналіз 80-ти подібних публікацій того періоду (починаючи з лютого 1989 р. і закінчуючи квітнем 1992 р.) дає змогу виділити групи «чорнобильських» газетних карт за тематикою. При цьому варто зауважити, що ніколи в одній газеті того часу не було такої кількості екологічних карт. До недоліків можна зазначити, що існувала практика передруку карт із заздальгідь створеними навмисно помилками (практика картографування території СРСР під час «холодної війни»). Найпоширенішою тоді була «Карта радіаційної обстановки на території Української РСР станом на 1 січня 1991 р.» масштабу 1 : 500 000, що відбиває щільність забруднення території цезієм-137, опубліковану в газеті «Радянська Україна» (у числах 14-19.02.1991 р.). Згодом її продублювали інші республіканські газети.

Більшість (понад 70 % від проаналізованих) становлять карти ізоліній та ареалів радіоактивного забруднення території окремими радіонуклідами та проєктів забруднення, близько 20 % – карти зонування території за можливістю збору та заготівлі лісових харчових продуктів (грибів та ягід), а також лікарських трав. Кілька великомасштабних карт відображають цезійове забруднення поверхневих вод, зокрема Київського та Канівського водосховищ.

Варто зазначити, що майже на всіх політико-адміністративних картах, виданих офіційно в цей період, позначалась Чорнобильська зона відчуження.

1990-1999 рр. *Фахові видані та дослідницькі карти.* Окремо видані «чорнобильські» карти відомі з початку 1990-х рр. (однак у «чистому» вигляді такі карти не були поширені). Найпершими з них слід вважати карти стану природи Ленінградської області РФ з виокремленням ділянок радіоактивного забруднення. В Україні це були карти ступенів та причин ураження лісів у зоні безпосередньої близькості до ЧАЕС, рівнів забруднення території України окремими радіонуклідами, зміни ландшафтів Чорнобильської зони.

На цей же період припадає більшість створених так званих дослідницьких карт, причому різноманітної тематики, які з різних боків інтерпретують наслідки аварії на ЧАЕС. Найвідоміші з них такі: серія великомасштабних карт на територію Київської області на ландшафтній основі, які оцінюють рух радіонуклідів; карта «Предрасположенность ландшафтов к водному выносу радиоактивных веществ» (Інститут географії НАН України, керівник розробки – В.С. Давидчук); серія з 20-и карт, які передають темпи зростання захворюваності дитячого населення у віці до 14-ти років у районах Житомирської та Київської областей за три післяаварійні роки (автор розробки – О.Г. Рогожин); серія карт захворюваності населення по 12-ти адміністративних одиницях України, Білорусі, Росії, які розташовані в зоні впливу ЧАЕС (автори – А.Є. Присяжнюк, В.О. Шевченко та інші).

У межах «Програми вивчення наслідків Чорнобильської катастрофи та реабілітації території Полісся», яка виконувалась в Інституті географії у 1992–1995

рр., створено рукописний «Радіоекологічний атлас Поліського району», призначений для інформаційного забезпечення вирішення проблем оздоровлення довкілля. Атлас складається з 8-ми розділів, які відображають радіоекологічну ситуацію в зоні відчуження ЧАЕС, імовірність надзвичайних ситуацій в зоні, забруднення компонентів природи, міграційний рух населення, захворюваність населення, моніторингові заходи, використання джерел іонізації.

Комплексне атласне картографування. Одним із перших про створення Атласу наслідків Чорнобильської катастрофи заговорив український картограф В.Л. Приседько. На його думку, структура твору має складатися з таких розділів: «Радіоактивне забруднення 30-кілометрової зони (динаміка інтенсивності забруднення упродовж перших 10-ти днів від початку аварії)», «Радіоактивне забруднення України, Білорусі та Росії», «Радіоактивне забруднення країн Європи та Азії», «Медико-екологічні аспекти наслідків аварії», «Заходи, спрямовані на зниження рівнів радіоактивного забруднення», «Міграція населення».

Фактично першим системним зібранням карт чорнобильської тематики є атлас «Чорнобиль і здоров'я населення України» 1996 р. (газетний варіант). Він складається з 14-ти карт з досить розлогими коментарями, які згруповані у розділи. В науково-популярній формі атлас відтворює комплексну проблему наслідків аварії. Це карти: «Екскурс в історію», «Чорнобиль 1982 р.: щось подібне до вибуху», «Радіонуклідні вітри над світом», «Отруйні потоки в р. Дніпро», «Забруднення стронцієм», «Хвороби дітей», «Перспектива».

У 1992-1999 рр. над чорнобильською проблемою активно працював Науково-інженерний центр радіогідроекологічних полігонних досліджень (НІЦ РПД). Він здійснював картографічний моніторинг стану навколишнього природного середовища Чорнобильської зони відчуження. Центр було започатковано як підрозділ у структурі новоствореного (у 1992 р.) Міністерства України у справах захисту від наслідків Чорнобильської катастрофи (Мінчорнобиль). У 1996 р. НІЦ РПД разом із ліквідованим міністерством був приєднаний до Міністерства з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту від наслідків Чорнобильської катастрофи.



Рис. 5.3. Науковий картографічний доробок НІЦ РПД (1992-1999 рр.)

Одним із важливих результатів досліджень цього центру можна вважати карти чорнобильської тематики. Переважаючий масштаб – 1 : 200 000. Бібліотека умовних знаків в основному ідентична виданим топографічним картам тих же масштабів. Ізолінії із пошаровим фарбуванням – домінуючий картографічний засіб відображення моніторингової інформації. Оригінальним засобом передачі інформації про радіологічне забруднення Центральної Європи стала схема руху радіаційної хмари, побудована за принципом «троянди румбів» .

Узагальнену характеристику тематичного картографічного доробку НІЦ РПД передано на рис. 5.3. Окремі матеріали увійшли до Атласу Чорнобильської зони відчуження, який було видано у 1996 р. Це близько 20-ти карт, згрупованих у такі блоки: метеорологічні умови, забруднення окремими радіонуклідами та промислова зона ЧАЕС. Під час розроблення атласу та підготовки до його видання планувалось, що він відіграватиме роль сигнального, піонерного проекту, так званого малого чорнобильського атласу, попередником і основою більш широкомасштабного проекту – Великого атласу Чорнобильської зони відчуження.

У 1997 р. спеціалісти Міністерства з питань надзвичайних ситуацій України на основі карти радіаційної обстановки масштабу 1 : 100 000, створеної в Білорусі, уклали й видали карту санітарно-захисної зони Чорнобильської АЕС. За матеріалами карти в Інституті сільськогосподарської радіології (м. Київ) у 1999 р. Було укладено і видано англійською мовою топографічну карту масштабу 1 : 200 000 зони відчуження, призначену для іноземного користувача. Аналогічну карту в 2000 р. уклало ДСНВП «Екоцентр». На ній відбито також мережу автоматизованої системи радіаційного контролю. Карту видано у 2002 р. ДНВП «Картографія»

У 1999 р. Після ліквідації НІЦ РПД наукові дослідження зі картографічного вивчення процесів динаміки навколишнього середовища в Чорнобильській зоні відчуження перейшли у відання провідних підрозділів Міністерства з питань надзвичайних ситуацій, зокрема Інституту цивільного захисту (м. Київ).

У 1997-1999 рр. розроблена перша в Україні геоінформаційна система національного рівня радіоекологічного моніторингу. Вона називалася радіоекологічна ГІС (РГІС) і належала до геоінформаційних систем екологічного менеджменту в державному управлінні у сфері екологічної та ядерної безпеки. Її призначенням було оптимальне управління відновленням територій 12 із 25 областей України, що постраждалих внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

У 1998-1999 рр. була розроблена і введена в експлуатацію інформаційно-аналітична картографічна система моніторингу радіаційного забруднення території України. Її виробнича компонента і інтегрований розподілений банк даних об'єднує різнопланову інформацію, що пов'язана з діяльністю з мінімізації наслідків аварії на ЧАЕС. Карта стану екосистеми» стала прообразом і основним джерелом описаних далі Атласів радіоактивного забруднення України.

Атлас радіоактивного забруднення України видано 4 рази у 2002, 2008, 2011, 2014 рр. у двох варіантах – паперовому та електронному, двома мовами – англійською та українською. Структура та вміст цих видань є узгодженими та взаємодоповнюючими.

Перша версія Атласу виготовлялась за наступних умов. За час, що минув

після Чорнобильської катастрофи, постала необхідність у виданні, яке б давало загальне уявлення не тільки про поля формування радіоактивного забруднення, а і про вплив іонізуючого випромінювання на здоров'я людей та широкого спектру медичних, демографічних, соціальних та економічних наслідків Чорнобильської катастрофи. Узагальнення інформації не тільки про радіоактивне забруднення території радіонуклідами, а також інформацію про медичні, соціальні та економічні аспекти катастрофи на Чорнобильській АЕС базується на новітніх розробках та дослідженнях, даних та матеріалах, накопичених на протязі багатьох років провідними установами та організаціями України в галузі радіоекологічного моніторингу.

Паперову версію атласу видано у 2002, 2008, 2011 рр. у вигляді альбому формату А3 загальним обсягом 52 сторінки. Атлас містить 4 розділи, які включають 40 карт та схем, тексти, графіки та діаграми. Карти подаються на територію України в масштабах від 1 : 2 500 000 млн. До 1 : 12 000 000, для окремих територій масштаб збільшено до 1 : 100 000.

Електронні версії Атласу у 2002 і 2008 рр. видано на CD-носіях у вигляді гіпертекстового документа з включенням ActiveX компонентів, що містить інтерактивні карти, тексти, графіки та діаграми, табличну інформацію.

У 2001-2002 рр. під час реалізації ТАСІС «Вирішення питань реабілітації території та вторинних медичних наслідків Чорнобильської катастрофи» створено диски з нестандартними реалізаціями електронних атласів радіаційного фону та була розроблена перша атласна інформаційна система ENVREG9602ICD.

У результаті всіх досліджень створено також численні рукописні карти, частина з яких увійшла до виданого у 2002 р. Атласі «Проблеми Чорнобильської зони», який містить 12 карт, що розкривають такі питання: стан інженерних конструкцій та споруд, інженерно-геологічні та інженерно-гідрогеологічні умови території, екологічна та ядерна безпеки (рис. 5.4).

У 2002 р. вийшла у світ укладена фахівцями ДСНВП «Екоцентр», Адміністрації зони відчуження та МНС України карта радіонуклідного забруднення зони відчуження (розробники карти – Н. Нагорський, В. Тепкін та інші).

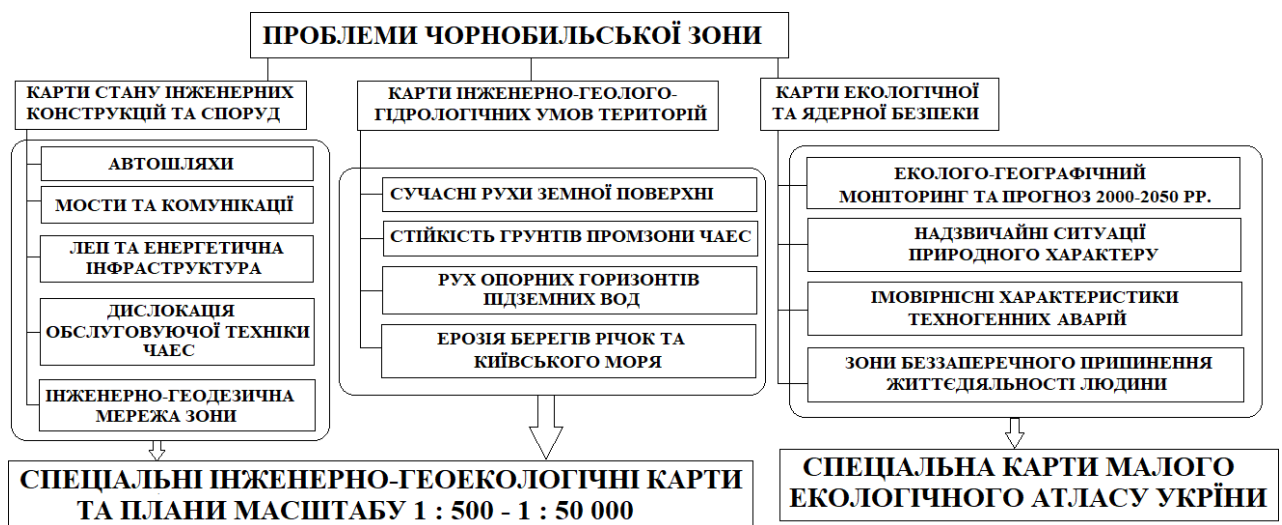


Рис. 5.4. Сучасні карти чорнобильської тематики

2000-2010 рр. Створення карт пов'язаних із чорнобильською тематикою, здійснюється у трьох напрямках. Перший – це науково-дослідне тематичне картографування спеціальними підрозділами (установами Чорнобильської зони відчуження. Цей напрям характеризується стабільністю у часі та перспективністю стосовно вдосконалення подальших наукових досліджень.

Другий напрям – відображення наслідків Чорнобильської аварії в офіційних (атласах) науково-довідкового та науково-популярного спрямування лише позначенням зони відчуження на деяких картах, які характеризують природу, населення, промисловість. Наприклад, в «Еколого-географічному атласі України» лише на 13-ти картах із 199-ти позначено територію зони відчуження, в Національному атласі України – лише на 9-ти картах із 875-ти.

Третій напрям – умовно-комерційний і найбільш перспективний: він пов'язаний зі створенням карт, призначених для планування заходів використання Чорнобильської зони відчуження для туристичного освоєння, створення сучасної інфраструктури, проведення землевпорядних робіт. Наприклад, у Чорнобильському біосферно-радіаційному заповіднику. У цьому напрямі здійснені лише перші кроки.

2020 р. *Сучасне картографування.* Серед карт інтерактивних, що розміщуються на картографічних ресурсах Інтернету – геопорталах, знайшла місце і чорнобильська тематика. Ці карти мають освітньо-наукове значення і викликані заповнювати наростаючий інформаційний вакуум про найпотужнішу у світовому масштабі катастрофу другої половини ХХ ст.

Окрему категорію утворюють маловідомі інтерактивні дослідницькі карти, які з часом урізноманітнюються тематично і публікуються на геопорталах Google Earth та GoogleMap.

Останнім часом було помітне повне згасання відповідної тематики екологічного картографування в Україні. Але ситуація зараз змінилася, коли навесні 2020 р. у Чорнобильській зоні відчуження спалахнули масштабні пожежі, хмари попелу від якої накрили величезні території України, в першу чергу м. Київ. Це стало поштовхом створення сучасних gif-анімаційних картографічних моделей поширення їдкого диму.

Під час створення новітньої геоінформаційної карти радіаційного забруднення території України як проєктувальної системи з питань акумулювання баз даних вона повинна мати різні тематичні компоненти. Перша черга системи – управлінська компонента.

Цілі створення РадЕко – планування, координація та контроль робіт по відновленню територій з використанням даних радіологічного контролю та моніторингу, а також картографічної інформації.

Метою створення цих карт була мінімізація екологічних і вторинних медичних наслідків Чорнобильської катастрофи шляхом поліпшення суспільного сприймання та інформованості про ці наслідки. В його межах вищі керівні структури держави були забезпечені кваліфікованою інформаційною підтримкою щодо реабілітації територій, які постраждали від Чорнобильської аварії, а також мінімізації наслідків аварії для населення, що мешкає на цих територіях. Атлас карт включає набори даних, такі як тексти, малюнки, карти і таблиці про наслідки Чорнобильської катастрофи в Україні, а також про способи їх мінімізації. В атласі

об'єднано велику кількість інформаційних матеріалів, що належать до аварії на Чорнобильській АЕС, розроблених вченими і фахівцями Білорусі, Росії, України за участю експертів Європейського Союзу.

Публікація цих карт започаткувала новий напрям геоінформаційного проблемно-орієнтованого картографування. Найпопулярнішими серед населення і водночас найбільш короткоінформативними онлайн-картами є демонстраційні цифрові карти радіаційного забруднення територій, які поширюються в Інтернеті. Вони поступово трансформуються в окремі тематичні карти, карти в атласах різної тематики, на яких лише оконтурена Чорнобильська зона відчуження.

З метою виявлення територіальних проявів небезпек для життєдіяльності людини та опрацювання можливих проєктувальних заходів було здійснено розробку сімейства атласних рішень для моделювання вказаних просторових явищ. Це сімейство розроблялося у проєкті «Атлас природних, техногенних, соціальних небезпек і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій в Україні» (скорочення – Атлас надзвичайних ситуацій України або АтласНС) Інститутом географії НАНУ за участі ТОВ «Інтелектуальні Системи Гео».

Спеціалізовані карти зони відчуження продовжують укладати спеціальні фахові організації та установи. Сьогодні проблема забезпечення управління екологічною безпекою Чорнобильської зони відчуження картографічними засобами ГІС знову стає актуальною та затребуваною в системі екологічного моніторингу та для новітнього напрямку господарської діяльності – потреб організації еколого-туристичного забезпечення у зоні.

§ 30. Аннали картографування стану національної екологічної безпеки України

За всю історію 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. Варто зазначити, що нині розвиток техносфери як складника біосфери досить негативно впливає на динамічне співіснування людини та природи.

Світова цивілізація неодноразово відчувала згубний вплив природних і техногенних катастроф. Характерно, що вони виникали зненацька, наслідком яких були смерті людей, постраждали міста і села, родючі землі, посіви тощо.

Катастрофа 26 квітня 1986 р. засвідчила, що аварії, які виникали завдяки недолугій людській діяльності, можуть бути значно небезпечнішими, ніж найпотужніші природні катаклізми.

За часів Римської республіки відомим на той час ученим-картографом Гаєм Фуррієм Каміллом була створена карта катастроф для Апеннінського півострову. Уперше в історії проблемно орієнтованого картографування за допомогою ізоліній був представлений довгостроковий сейсмічний прогноз на найближчі роки (картографування екстремальних явищ було актуальним і за часів народження перших інституцій держави та права).

Картографування прояву та наслідків природно-антропогенних явищ в Україні як складників дослідження геоекологічних проблем держави є науковим завданням

картографічного забезпечення та обґрунтування системи національної екологічної безпеки. Протягом багатьох років напрацьовувався досвід для такої роботи. Нині, з огляду на нові фізико-географічні, антропоурбаністичні та медико-географічні висновки, одержано повну, адекватну сучасності, геоекологічну рекомендаційну базу даних, розміщених у змістовній частині електронної серії тематичних екологічних карт.

Серійне еколого-орієнтаційне картографування як проєкт науково-інженерних радіогідроекологічних полігонних ГІС-досліджень був започаткований улітку 1995 р. під час апробації наукового дослідження в галузі картографічного забезпечення моніторингу евтрофікації дніпровського басейну в районі столиці України на засіданні екологічної секції Мінського (тепер – Оболонського) районного відділення Малої академії наук України у м. Київ. У рекомендаційних записках секції зазначалося, що необхідність створення багатофункціонального картографічного атласно-систематизованого твору з питань комплексної аналітики сучасного та футуристичного стану навколишнього середовища України є актуальним та необхідним науковим завданням сучасної української екологічної картографії.

Картографування катастроф у системі забезпечення національної екологічної безпеки – це порівняно новий 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 спектрозональних знімків, 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. Наукові основи еколого-природоохоронного та моніторингового картографування апробовані в процесі виконання науково-дослідних робіт, а їх наукові звіти містять картографічні моделі, картосхеми та серії проблемно орієнтованих екологічних карт у масштабі країни.

Екологічне еколого-географічне картографування антропогенних наслідків в Україні є поширеним науковим дослідженням. Інститут географії НАН України, КНУ ім. Т. Шевченка, НДІ гідрометеорології, геодезії та картографії сформували власні наукові школи підходів до складання картографічних моделей довкілля.

Завдяки тому, що різні організації (ДСНС України, Інститут географії та Інститут геологічних наук Національної академії наук України) несинхронно 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 нині в Україні науково-дослідних атласах і картах із питань екологічних та природних катастроф: «Малий екологічний атлас України» (асп. Р.Ю. Шевченко), «Екологічний атлас України» (проф. В.А. Барановський), «Медико-екологічний атлас» (проф. В.О. Шевченко), «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 їх аналізу і використання для побудови різних геоінформаційних картографічних моделей можна створити єдину систему узгоджених прогнозів катастроф та рекомендацій щодо їх запобігання, ефективного спостереження й керування через ГІС-системи.

Одним із першим в Україні ноу-хау в галузі екологічної картографії став проєкт геоінформаційного картографування надзвичайних ситуацій природного характеру. Ідея створення зародилася у липні 1995 р. на засіданні Наукового сектора кризового центру Міністерства екології та ядерної безпеки України. Спочатку робота являла собою картографічний моніторинг евтрофікації р. Дніпро. Була створена 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 України», що включав понад 124 статистичні карти щодо забруднення й катастроф довкілля України. 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 України», «Радіоекологічне забруднення України». Загалом за період 1992-2002 рр. створено 514 карт катастроф.

Перший стислий випуск із 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 цієї території України.

Створений багато форматний «Атлас Чорнобильської зони відчуження». Це комплексний багатоаркушний атлас техногенної катастрофи ядерного вибуху, який системно відображає особливості впливу основних кореляційних наслідків із залученням даних сучасних наукових досліджень.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління та її структурний підрозділ – кафедра екологічного моніторингу та геоінформаційних технологій сформувала власну наукову школу геоінформаційного картографування території України засобами ДЗЗ та Gadget-систем. Особливістю відповідних досліджень є беззаперечний прикладний характер картографічних досліджень у системі загальнодержавного екологічного моніторингу.

Методологічна проблематика першого етапу складання серії карт була апробована на багатьох вітчизняних та закордонних науково-практичних конференціях. Необхідно зазначити, що карти першого етапу видання були репрезентовані на Національному телебаченні «Перший канал» та інших засобах масової інформації, у фаховому виданні «Рятувальник», газеті «Україні молода».

До теперішнього часу не вирішеною залишається наукова проблема комплексності в картографічних дослідженнях довкілля України, визначення територіальних особливостей впливу антропогенних явищ на навколишнє природне

середовище, визначення картографічними методами дослідження оцінки впливу на довкілля особливих територій України, що зазнають впливу інженерної та транспортної інфраструктури.

Нині маємо безліч урядових і неурядових програм зі створення моніторингу надзвичайних ситуацій природного та техногенного характерів. Але вони безконтрольні та некорельовані між собою, що вносить багатовекторність в єдиний напрям стратегічних наукових досліджень щодо складання національної програми запобігання природної катастрофи на базі картографічних методів дослідження.

Нині 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.

Науковим значенням електронної серії карт забезпечення екологічної безпеки є картографічне вивчення впливу генетичних мутацій на динаміку дегенерації біомів зони. Необхідні картографічно змодельовані особливості поставарійного перетворення навколишнього середовища, радіоекологічна і радіогігієнічна ситуація на полігонах досліджень.

Дослідження методологічних проблем картографування довкілля на базі широкомасштабних еколого-природоохоронних експедицій, дали змогу виявити та інтенсифікувати внутрішньо географічні механізми еколого-картографічного моніторингу, визначити геоінформаційні тенденції впровадження інформаційно-кібернетичних методик виявлення та оперативного картографування небезпечних природно-антропогенних екстремальних явищ на території України. При цьому наголоси зміщувалися на необхідність глибокого методологічного осмислення екологічних знань про Україну, зокрема, в річищі сучасних філософських шукань з урахуванням ідеологічних доктрин екологічної філософії та геософії.

Дослідження наслідків антропогенного впливу на довкілля України знайшло відображення в універсальній формі представлення геопросторової інформації – електронній серії карт. Системний підхід до їх створення включає історичний аспект просторового планування території України. Вперше узагальнений територіальний розподіл надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, антропогенні наслідки впливу на стан здоров'я населення України, проведена територіальна прив'язка інфраструктурних потенційно-небезпечених об'єктів за регіонами держави.

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, ефективного спостереження, управління катастрофічними ситуаціями через картографічні експертні системи, що є головним науковим завданням картографування катастроф та явищ екстремального характеру.

Необхідно визначити, що собою являють екологічні катастрофи. По-перше, це подія, що миттєво та зненацька розвивається. Наприклад, якщо в 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 нині. Необхідно зазначити, що найбільшій небезпеці довкілля 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 природними та штучними катастрофами є дедалі прозорішою та взаємопов'язаною.

Американські та англійські вчені провели спільне дослідження щодо 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 у *теорії катастроф*. Це рукотворні катастрофи та ексцеси. Ці катастрофи пов'язані з антропосферою.

Згідно з даними ООН, щорічні збитки від катастроф природного та техногенного походження становлять 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 тягнеться у країні з лютого 2014 р., супроводжується збільшенням частки застарілих технологій та обладнання, зниженням рівня модернізації і оновлення виробництва. Деіндустріалізація економіки збільшує ризик виникнення катастроф. Тому 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. Утворюється єдине геоінформаційне середовище, що здатне забезпечувати необхідний рівень як постачання вихідних даних 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. Системне забезпечення комплексу базується на платформі нового покоління програмних продуктів ESRI – ArcGIS.

Нині 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; загальнодержавного реєстру потенційно небезпечних об'єктів; фонд електронних тематичних карт території України.

Нині реалізовані вищевикладені програми, спрямовані на вирішення проблем моделювання катастроф картографічними методами дослідження: прогнозування та оцінка наслідків повеней; 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; гідрометричних та гідрографічних особливостей водних об'єктів та дорожньої мережі, наприклад, Закарпатської області.

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

Перший із 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 їх розподілу і зміни. Його використання допомагає мінімізувати небезпеку, пов'язану з цим неповним знанням, і тим самим підвищує надійність екологічних оцінок.

Необхідно зазначити основні напрями наукових досліджень із питань *геоінформаційного картографування катастроф*. Це 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 (закритий простір-довкілля), що там працюють, шляхом створення волоконної геокодованої кіберг- системи 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. Необхідно вжити ПС-керованих заходів, спрямованих на обмеження міграції радіонуклідів та зменшення впливу радіоактивного забруднення на

навколишнє середовище. ГІС-організація та проведення комплексного моніторингу довкілля-простору (біогеоценозів) шляхом проведення наукових досліджень із використанням космічної навігації GPS, що інтегровані в географічну експертну систему керування надзвичайною ситуацією з обов'язковим дотримання правил збереження природних пам'яток культури та історії з одночасним їх ГІС-моніторингом.

Під час першого етапу складання карт прояву та наслідків антропогенного впливу на довкілля України (1995-2000-і рр.) використовувалися дані НВП «Картографія», Міністерства екології та ядерної безпеки України. Створювалися математичні моделі геоінформаційної системи серії карт при підтримці провідних наукових співробітників Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків чорнобильської катастрофи (нині Державна служба України з питань надзвичайних ситуацій, скор. – ДСНС). Другий, завершальний, геоінформаційний етап створення електронної серії карт – це 2005-2020 рр.

Під час складання карт обмірковувалися питання тополого-структурного аналізу остаточних електронних версій. Було розроблено дванадцять карт із трьох тематичних блоків проблем: екологічна геофізика, екологічна метеорологія, картографія катастроф.

Аналіз специфіки пізнавальних засобів, які використовувалися на першому етапі, дав змогу зробити висновок, що, попри загалом справедливу оцінку вихідних емпірично-описових даних, вони різною мірою не обтяжені теоретичними парадигмами геоінженерних наук, що здатні слугувати певним підґрунтям для розкриття географічної зональності екологічних явищ та процесів розвитку цивілізації.

Більшість карт були узагальнені та об'єднані в нові картографічні твори з паралельним опрацюванням підґрунтя стандартів та методів географічного картографування геосистем із широким застосуванням в тематичному змісті карт деяких методів математики, фізики, хімії. Завдяки ним отримані нові дані, що перетворилися на величезний фактологічний матеріал, який був напрацьований на фінальному етапі. У результаті отримано повноцінний картографічний твір із систематологічною інтеграцією усіх напрацьованих матеріалів (Таб. 5.1).

Таблиця 5.1.

Трансформування карт прояву природно-техногенних явищ у часі

№ з/п	Назва карти першого етапу створення атласу	Рік виходу	Змінена (остаточна назва) тематичного змісту другого етапу складання атласу	Рік виходу
1.	Гіпергенезична карта м. Києва – геомантична муніципальна карта.	1999	Дані включені до карти «Природні катастрофи»	2004
2.	Національна мапа надзвичайних ситуацій природного характеру.	2000	Надзвичайні ситуації України.	2003

3.	Українська інвайєренменталістична карта еколого-географічного моніторингу та прогнозу 2000-2050 рр.	2000	Ймовірність природних катастроф. Збитки від природних катастроф.	2002
4.	Карта екологічної та ядерної безпеки України.	2000	Техногенні катастрофи. Ймовірність техноаварій.	2002
5.	Карта екологічної адаптації та енергетичної регенерації екосистем України.	2001	Природні катастрофи.	2004
6.	Карта біологічної різноманітності зруйнованих екосистем.	2001	Вроджені дитячі аномалії.	2002
7.	Карта приземної погоди (Синоптична карта України).	2002	Дані включені до карти «Аномальні опади»	2004
8.	Карта абсолютної баричної топографії висотної синоптики від 500 мілібарів (Висотна синоптична карта).	2002	Аномальні температури навесні.	2004
9.	Екологічна карта України.	2002	Збитки від природних катастроф.	2003
10.	Карта регіональної сейсміки астрономічного впливу.	2002	Дані включені до карти «Людські втрати внаслідок природних лих».	2004
11.	Карта небезпечних атмосферних явищ.	2002	Аномальні опади	2004
12.	Карта небезпечних літологічних явищ.	2002	Людські втрати внаслідок природних лих.	2004
13.	Цифрова карта об'єктів транспортної інфраструктури.	2019	Інтерактивна карта транспортної інфраструктури України.	2020

Таким чином, було отримано повноцінну електронну серію екологічних карт, що складається з тринадцяти карт та фактично за обсягом інформації є серійним екологічним картовиданням про довкілля України. Він розкриває і картографічно показує взаємодію двох головних складників сучасного буття – природи і суспільства. Характеризується двома особливостями з погляду безпеки життєдіяльності населення.

Перша особливість – зростання з розвитком виробничого потенціалу суспільства ймовірності виникнення техногенних катастроф, які за масштабами безпеки наближаються до природних катаклізмів. Друга – значний вплив суспільства на зміну якостей окремих компонентів природи, що проявляються в

дедалі частішому виникненні небезпечних для людини явищ природного походження.

В обох випадках можна говорити про виникнення надзвичайних ситуацій, тобто порушень нормальних (звичних) умов життєдіяльності населення на певній території, спричинене природно-техногенною аварією або стихійним природним лихом, що призводить до загибелі населення, порушення природних компонентів і, зрештою, до значних матеріальних збитків.

Руйнівний потенціал великих техногенних та природних катастроф можна порівняти з подібним потенціалом військово-політичних конфліктів.

Картографічний метод подання територіальних особливостей прояву та наслідків небезпечних явищ є необхідною умовою для усвідомлення їх небезпеки, що необхідно для розробки заходів із їх запобігання та попередження.

Потенційна ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій в Україні розподілена нерівномірно. Це пов'язано, в першу чергу, з розмаїттям фізико-географічних умов, нерівномірним розміщенням природних ресурсів та продуктивних сил. Так, на сході країни переважають ситуації техногенного походження, а на решті території – природного. Окрім того, схід країни – це зона бойових дій. Це ареал надзвичайної ситуації воєнного характеру. Автономна Республіка Крим – це територія надзвичайної ситуації соціально-політичного характеру. Вона анексована Росією внаслідок військової інтервенції у лютому 2014 р. та 2022 р.

Техносферу України характеризує значний тиск на природне середовище (у деяких регіонах він у 5-6 разів вищий, ніж у країнах ЄС). Великі промислові комплекси утримують надпотужні агрегати і значні обсяги небезпечних речовин.

Розвиток переважно галузей важкої індустрії без належної екологічної оцінки території, на якій вони розміщені, зумовлює погіршення умов проживання населення, підвищення ризику небезпечних ситуацій. Потенційно такі ситуації можуть проявлятися як пожежі та вибухи (зокрема на об'єктах паливно-енергетичного комплексу), викиди отруйних речовин різного походження (хімічні, радіоактивні, біологічні), руйнування гідротехнічних споруд (прориви на греблях), аварії рухомого транспорту, порушення комунальних систем життєзабезпечення.

За статистичними даними «Вісника Державної служби з надзвичайних ситуацій» (2019 р.), можна виокремити регіони України за різним характером небезпеки щодо техногенної обстановки. Найбільш екстремальні прояви надзвичайних ситуацій спостерігають на територіях Волинської, Рівненської, Чернівецької, Січеславської (Дніпропетровської) та Харківської областей.

Найбільш небезпечною територією за аваріями в системі життєзабезпечення та транспортних катастроф є Львівська область. Тільки за останні роки таких випадків зареєстровано 50 на 1000 мешканців області. Небезпечними територіями також є анексований м. Севастополь (аварії у системі життєзабезпечення та пожежі), Кропивницька (Кіровоградська) область (аварії у системі життєзабезпечення комунального господарства), м. Яни-Капу (Красноперекопськ, Крим) (постійні викиди отруйних речовин). Чернігівська область (аварії в системі життєзабезпечення та транспортні катастрофи), Харківська область (аварії на об'єктах паливно-енергетичного комплексу та нафтохімії), Житомирська область (транспортні аварії),

Одеська область (аварії на транспорті та небезпечні маневри в порту), Івано-Франківська, Тернопільська та Хмельницька (викид сильнодіючих отруйних речовин, далі – СДОР).

Однією з причин техногенних аварій є стан технологічного обладнання в усіх галузях промисловості. Відомо, що ще у 2001 р. провідними вченими НАН України створений Національний комітет попередження національній катастрофі «Комітет-2005», що займався довгий час моделюванням та прогнозуванням надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. За їхніми висновками, ще у 2005 р. все технологічне обладнання України можна вважати морально та фізично відпрацьованим. Цей факт є підставою для визначення ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на 2020 р. Прогноз формулюється на основі методу симетричної інтерполяції статистичних даних з 1987 р.

Карта ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру являє собою прогноз розвитку катастроф на територію України до 2050 р. Надвисока ймовірність катастроф технологічного обладнання наявна в підконтрольній частині Донецької та Луганської областей та Східній Україні взагалі. Повсякденним явищем можуть бути руйнування споруд, транспортні аварії, пожежі та вибухи. Високий рівень ймовірності катастроф на підприємствах будівельної, транспортної та паливно-енергетичних галузях економіки в Січеславській (Дніпропетровській), Донецькій (окрім ОРДЛО – окремі райони Донецької та Луганської областей, де екологічна катастрофа вже є реальністю), Львівській та Одеській областях.

Середній рівень ймовірності катастроф можливий на територіях анексованої Автономної республіки Крим, у Харківській, Сумській, Київській, Чернігівській, Кропивницькій (Кіровоградській) областях та на підприємствах паливно-енергетичного комплексу, транспорту, нафтохімії.

Решта території України характеризується низькою і нижчою за середню ймовірністю виникнення катастроф у зв'язку із сільськогосподарським використанням території. Хоча щодо територій міст цей ймовірнісний коефіцієнт характеризується середнім значенням у зв'язку з функціонуванням підприємств харчової та переробної промисловості, а також системи життєзабезпечення населених пунктів.

Надзвичайні ситуації природного походження поділяються на геологічні, метеорологічні, медико-біологічні.

Найнебезпечнішою з погляду виникнення надзвичайних ситуацій метеорологічного характеру та медико-біологічного характеру (шквали, інфекційні захворювання) є Волинська, Рівненська, Житомирська області. Потенційно небезпечними щодо метеорологічних (синоптичних) аномалій (урагани, смерчі) є Тернопільська та Хмельницька області, а також Полтавська, Сумська, Рівненська та Чернівецька (сильні зливи, град, шквали, посилення вітру до 45 м/сек).

Небезпечними в плані геологічних несприятливих явищ вважається анексований Крим (землетруси, цунамі, виверження грязьових вулканів Керченського півострову: Джау-Тепе, Восходівський, Булганацький (Джерджав); селеві потоки, зсуви), а також регіон Карпат та Прикарпаття.

Застосовуючи нормальний закон розподілу Гаусса та на основі даних місцевих осередків цивільного захисту, територію України прозонуємо за ймовірністю

виникнення природних катастроф. За ступенем ризику виокремлено дві зони, які відповідають підвищеній та низькій такій ймовірності.

До території із реальною можливістю прояву природних катастроф належать Тернопільська, Закарпатська, Чернівецька, Львівська, Волинська, Івано-Франківська області, до потенційно небезпечних територій – південні та східні, а також Житомирська, Рівненська, Тернопільська, Вінницька області, до умовно безпечних – Київська, Чернігівська, Полтавська, Кропивницька (Кіровоградська). Майже цілком безпечною є Черкаська область.

Стан кліматопогодних умов території щодо безпеки для життєдіяльності населення може бути розглянутий у двох аспектах: продовольча безпека з огляду на формування нестабільних агрокліматичних умов та виникнення дискомфортних метеорологічних аномалій, які впливають на стан здоров'я населення. Одним із показників погіршення кліматопогодних умов на території України можна вважати аномальні плюсові температури в холодний період року, а також аномальні заморозки у травні (згідно з даними Геофізичної обсерваторії 1987-2019 рр.). Причому найбільша ймовірність характерна для Східного індустріального регіону. У результаті цього небезпечного явища гине 30–40% майбутнього врожаю овочевих культур.

Іншим показником небезпечної зміни кліматичних умов є аномальність у кількості випадання атмосферних опадів (понад 1000 мм (1000 л на м²), дані 1987–2019 рр.) за одну добу в умовах загальної посухи влітку.

Особливо інтенсивно це явище проявляється у Львівській, Тернопільській областях та м. Києві, Західній Україні взагалі. Внаслідок чого середня урожайність зернових культур щороку зменшується на 5 ц/га.

Узагальнену картину масштабів надзвичайних ситуацій на території України являють собою розміри матеріальних збитків. У 2019 р. Кабінет Міністрів України визначив, що надзвичайною ситуацією національного значення можна вважати катастрофу, на ліквідацію наслідків якої необхідні кошти у розмірі понад 1 % Державного бюджету України.

Специфічним показником впливу небезпечних техногенних явищ на населення є вплив на здоров'я. З цього погляду можна виділити три основні групи факторів, які безпосередньо впливають на здоров'я, а саме: забруднення навколишнього середовища (зокрема, найбільш значне та небезпечне – хімічне) та техногенні аварії, що дедалі частіше набувають вигляду екологічних катастроф. Зрештою, небезпечні ситуації в повсякденному житті, особливо при використанні засобів руху – транспортні аварії.

Одним із небезпечних наслідків забруднення довкілля є зростання рівня генетичних порушень що проявляється, зокрема, у зростанні вроджених аномалій у дітей. Аналіз статистичних показників свідчить, що з часом кількість таких випадків зростає і географічно вони прив'язані до промислових регіонів.

У контексті зазначеного вище сучасна екологічна картографія висуває найвищі вимоги до теоретико-методологічного рівня досліджень та узагальнень, реалізації прогностичної функції на підґрунтя формування якісно нових інтегративних характеристик. Широко розгорнувся процес картографування еколого-небезпечних природних та техногенних надзвичайних ситуацій. За таких обставин у географічній

науці дедалі більшого значення набуває опрацювання методологічних засад картографічного методу дослідження в екологічному моніторингу надзвичайних ситуацій. Необхідне напрацювання настанов та рекомендацій різнопорядкового рівня та спрямованостей, що дають змогу здійснювати належний екологічний аналіз принципів підходів і методів у процесі складання серії електронних растрових карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України.

Аналіз змістовної складової серії карт дає змогу вирішувати актуальні проблеми і завдання у визначенні поля картографічних даних і використання адекватних картографічних пізнавальних підходів щодо створення сучасної картини екологічної реальності в державі.

Серія карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України, складені протягом 1995-2005 рр. та 2020 р., актуальні і адекватні нині та будуть залишатися відповідними реальності ще 10-15 років.

За відповідними картами географія катастроф може штатно вивчатися, а отже, істотно впливати на розвиток міжнародного екологічного співробітництва та процесу управління сучасною екологічною ситуацією в Україні.

У цьому річищі альтернативою тенденціям небезпечної екологічної поляризації має виступати стимулювання еколого-безпечного екологічного розвитку на геоінформаційному підґрунті, мета якої не лише збереження довкілля-простору для нащадків, а й захист природних пам'яток історії та культури, екологосоціокультурного середовища України.

Проводиться робота з переведення векторно-растрових карт до інтерактивних, триває картографування потенційно-небезпечних об'єктів інженерної інфраструктури держави. На замовлення Ради національної безпеки та оборони при Президентові України складена карта спеціалізованої транспортної інфраструктури. Є її інтерактивна версія на геопорталі Google Earth

Аннали картографування системи національної екологічної безпеки України інтерпретуються серією електронних растрових карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України, які знайшли своє практичне застосування у проведенні оперативних екологічних заходів та попередженні надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. До них належать консервативне збереження заповідних еколого-природних осередків навколишнього середовища, що потрапляють у радіус патогенного впливу природного лиха. Тематичний зміст дає змогу розпочати процедури збереження природного вигляду ландшафтів та їх екоценозних компонентів, еколого-культурницький розвиток еколого-духовної аури геоландшафтів, що ґрунтується на збереженні еколого-археологічної, еколого-архітектурної, еколого-етнокультурної спадщини України.

Техногенний простір України та його патогенний вплив дав змогу корегувати програми заповідального збереження цінних природних осередків – лісів України як природоохоронних об'єктів різного статусу. Зазначене на картах медико-географічне зонування з попередження потенційно ризикованих областей України під час виникнення природних катастроф ґрунтується на даних та метеорологічному забезпеченні.

У процесі проведення раціональних сільськогосподарських робіт

враховуються дані відповідних картографічних досліджень екоєволюційних трансформацій метеорологічно, літологічно та гідрологічно змінених ландшафтів України у плині часу.

Викладені результати впровадження концепції (анналів) програми складання серії електронних растрових карт природно-техногенної безпеки системи національної екологічної безпеки України є завершеними реалістичними геоінформаційними моделями, що впроваджені в роботу УІАН НС.

Серія карт використовується в проєктуванні національних схем територіальної організації українського суспільства в процесі реформування системи адміністративно-територіального устрою на екологічних засадах природно-техногенної безпеки заради попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

Контрольні запитання

1. *Який тип екологічного картографування був апробований на території м. Київ з точки зору стану навколишнього середовища?*
2. *За якою методикою екологічного картографування був реалізований геохронологічний та просторовий аналіз надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру на території м. Києва?*
3. *Які методи були застосовані при укладенні гіпергенезичної (еколого-геодезичної) карти м. Києва? Якими картографічними прийомами показана геотектонічна активність на території міста?*
4. *Як визначається швидкість вертикальних та горизонтальних рухів земної поверхні під впливом природно-техногенного антропогенного навантаження на довкілля-простір?*
5. *Обґрунтуйте дефініцію «гіпергенезичність».*
6. *Яка швидкість формування «чаші опускання» м. Києва?*
7. *Як проводиться якісний і кількісний аналіз картографічних моделей, документів і творів, що відображають проблему екологічної та ядерної безпеки території Чорнобильської зони відчуження та її вплив на глобальне навколишнє природне середовище Землі?*
8. *Виокремте періоди актуалізації та тематичного спрямування спеціалізованого інженерно-екологічного картографування наслідків Чорнобильської катастрофи?*
9. *Коли уперше приділено увагу картам у засобах масової інформації, неурядових екологічних організацій, ентузіастів? Як представлені власні та корпоративні дані про екологічний стан зони, застосовуючи картографічний метод дослідження?*

10. Обґрунтуйте задачі наряду еколого-природоохоронного проблемно-орієнтованого картографування? Коли він що виник в Україні?
11. Коли запровадили загальнодержавне геоінформаційне проблемно-орієнтоване картографування території України та суміжних країн від наслідків аварії? Як оцінити вплив катастрофи на довкілля засобами картографії?
12. Яке призначення демонстраційних цифрових карт радіаційного забруднення територій, які поширюються в Інтернеті?
13. Як трансформуються тематичні карти, карти в атласах різної тематики, на яких лише оконтурена Чорнобильська зона відчуження?
14. Назвіть історичні еволюційні етапи картографування природно-техногенної безпеки та катастрофічних явищ.
15. Які ретроспективні картографічні моделі екстремальних явищ ви знаєте?
16. Як інноваційна інтерактивна технологія інтегрована в сучасні картографічні прийоми моніторингу довкілля? Який контекст її впровадження в систему національної екологічної безпеки на всіх ієрархічних щаблях ДСНС України?

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. *Обґрунтуйте наукову парадигму екологічного моніторингу трансформованого навколишнього середовища засобами ГІС.*
2. *Окресліть екологічні та еколого-географічні проблеми, що вирішуються інструментарієм цифрової геодезії, картографії, фотограмметрії та ГІС при розв'язанні задач екологічної безпеки.*
3. *Що входить до поняття геодезичних характеристик довкілля?*
4. *Дайте характеристику відкритому фізичному простіру топографічної денної поверхні із ондульованим ландшафтом.*
5. *Назвіть основні постулати геоінформаційної парадигми в екології.*
6. *Яка технологія цифрової реалістичності (реальності) застосовується в процесі картографічного геоінформаційного моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища?*
7. *Що таке інфраструктура екологічних обсервацій – ландмарки?*
8. *Коли вперше розроблена та перевірена картографічна парадигма обсерваційного моніторингу?*
9. *Що таке кореляційний метод у ГІС в екології?*
10. *В результаті якого 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?*
11. *Як визначаються особливості метричності та точності інструментарного забезпечення реалізації рекогностувального моніторингу за відповідним комплексом обсервацій-ландмарків?*
12. *Опишіть алгоритм реалізації рекогностувального екологічного моніторингу на полігоні або експериментальній території.*
13. *Визначені основні рівні ризиків екологічної безпеки та сформулюйте принципи організації раціонального природокористування за допомогою ГІС-технологій.*
14. *Наведіть приклади Gadgert & Smart-геодезичних технологій координування об'єктів критичної інфраструктури, унікальних та ексклюзивних об'єктів навколишнього природного та техногенного середовища.*
15. *Як супутникові навігаційні системи портативного технологічного функціонування забезпечують точність, що наближена до прецизійних?*

16. *Складіть тези основ управління екологічним моніторингом довкілля у ГІС.*
17. *Які формати застосовуються в алгоритмі геоінформаційного обсерваційного картографування довкілля?*
18. *Як технології геоінтелектуальних систем прийняття екологічних рішень вплинули на еволюцію напрямку розвитку геоінформаційних систем?*
19. *Доведіть відповідність систем природокористування до технологічних характеристик знімальних систем актуально функціонуючих супутників Близького Космосу із відповідною роздільною здатністю матеріалів дистанційного зондування.*
20. *Яка сфера застосування оптико-електронних систем в ГІС-моніторингу?*
21. *Який інновітг-інструментарій запроваджений при проведенні екологічного моніторингу довкілля-простору у м. Києві? Що застосовується в реалізації програм генерального планування столичної території? Який предмет створення еколого-географічних карт природно-територіальних систем та критичної інфраструктури?*
22. *Які технологічні аспекти проектування геоінтелектуальної системи прийняття рішення в середовищі спеціалізованих ГІС з проблем оперативного картографування природно-техногенного простору столиці України є в нагоді при виникненні надзвичайних ситуацій природного, техногенного, соціально-політичного та воєнного характеру?*
23. *Які методики технології захисту довкілля міста Києва із впровадженням технології фотограмметрії, космічної радіоінтерферометрії, космічної геодезії та картографії є домінуючими? Відповідь обґрунтуйте.*
24. *Що є методологічною основою при формуванні бази даних координат потенційно-небезпечних об'єктів довкілля-простору?*
25. *Які методичні прийоми геоіконіки запроваджені в практику камеральних досліджень (обробка польових полігонних даних моніторингу)?*
26. *Напишіть основні формули математичного апарату з оцінки точності та якості візуалізації даних екологічного моніторингу в геоінформаційних системах екологічної безпеки.*
27. *Що представляє собою картосемантичний комплекс програмних інструментів змістовного представлення екологічних геопросторових даних моніторингу в картографічних легендах?*
28. *Сформулюйте тези теорії проектування картографічного банку даних умовних позначень природоохоронних та промислових територій.*

29. З чого складається аудит карт природно-техногенного середовища, як початковий етап обсерваційного дорекогностувального моніторингу довкілля-простору?
30. Які класифікаційні ознаки карт системи екологічної безпеки? Проведіть інтерпретацію довкілля на публічних (вулично-інформаційних) картографічних зображеннях екологічної безпеки, як моделей, що можна використовувати в екологічному аудиті довкілля. Визначить, який зміст відповідних картографічних моделей містить важливу геопросторову інформацію про стан навколишнього середовища у просторі та часі?
31. Проаналізуйте картографічну модель територіальної організації картографічних обсерваційних ландмарків на територію м. Києва із демонстрацією їх класифікаційних ознак. Яке практичне застосування розробленого картографічного класифікатора та інтерпретатора відображено у алгоритмі ГІС-проєкування картографічних моделей еколого-антропогенного змісту?
32. Назвіть етапи розробки мобільної геоінтелектуальної системи екологічного моніторингу м. Києва для запобігання ризикам антропогенного впливу.
33. Сформулюйте теоретичні та концептуальні засади методології практичної організації обсерваційного моніторингу засобами ГІС та ДЗЗ. З чого складається експрес-діагностика теплофізичних властивостей моніторингу теплового поля природно-техногенних об'єктів у ГІС?
34. Назвіть способи автоматичного дешифрування, інтерпретації та ідентифікації об'єктів природокористування на оптичних та спектрональних знімках, а також у дійсних ортофотопланах на основі технології обробки даних аерофото- та космічного знімання.
35. Опишіть функціональну схему-модель використання багатоспектральних та мультиспектральних геозображень в екологічному моніторингу для визначення антропогенного впливу.
36. Назвіть екологічні ГІС-моделі, які укладені технологією цифрового картографування на основі обробки геозображень дійсних ортофотопланів.
37. Дайте визначення моделі кібернетичної геоінтелектуальної системи прийняття автоматизованих екологічних рішень управління у сфері екологічного обсерваційного дистанційного та рекогностувального моніторингу довкілля-простору..
38. Побудуйте структурно-параметричну модель попередження надзвичайних ситуацій природно-техногенного характеру для урядової інформаційно-аналітичної системи.
39. Як спеціалізована ГІС працює у тестовому режимі?

40. *За якими методиками можна отримати онлайніві оперативні картографічні моделі забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунтів, локалізації об'єктів критичної інфраструктури? Як розраховувати збитки та визначати заходи попередження та ліквідації екологічних катастроф на основі різноформатних геоданих (ортофотоплани, цифрові абриси, пікетажні екологічні журнали)?*
41. *Як вирішується проблема геоінформаційної та інструментарної метризації екологічних показників довкілля-простору на основі математичних концепцій та теорії континуально-дискретного поля у середовищі кібернетичних систем геоінтелектуального управління екологічним моніторингом ризиків антропогенного впливу?*
42. *Проведіть картографічний обсерваційний аудит природно-техногенного середовища за ретроспективними та сучасними картами.*
43. *Які тематичні екологічні картографічні твори на територію України ви знаєте? Зробіть опис та порівняльну характеристику у вигляді таблиці.*
44. *Які технологічні перспективи сучасних геоінформаційних технологій в системі екологічного моніторингу?*
45. *Дефініція ВІМ-технології в екологічному моніторингу.*

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Airault H. Rational solutions of Painleve' equations. Stud. Appl. Math. 1979. Vol. 61. P. 31-53.
2. Bertin J. Semiologie Graphique. Paris. 1967.
3. Goldstein J. I. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ. Москва. 1984. 352 с.
4. Hemmleb M. Photogrammetrische Auswertung Elektronenmikroskopischer Bilddaten. Dissertation, eingereicht in der Fakultat 6 der Technische Universitat. Berlin. 2002. P. 142.
5. Iaska W. Astronomia sferyczna i geodezja wyzsza. Lvov. 1898. 419 s.
6. Minami Michael. Using ArcMap: ArcGis edition. Minami Michael. ESRI: Redlands, USA, 2001. 544 p.
7. Ranade S., Shneider M. Using Quadrees to Smooth Images. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. 1981. May, № 5. P. 373-376.
8. Ratajski L. Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej. Warszawa: PPWK, 1973. 380 s.
9. Samet H. The Quadtree and Related Hierarchical Data Structures. Association for Computing Machinery Computing Surveys. 1984. June, № 2. P. 187-260.
10. Sinram O. Calibration of an SEM, using a nano positioning tilting table and a microscopic calibration pyramid. ISPRS Commission V Symp. Close-Range Vision Techniques. Corfu, Greece, 2002. P. 210-215.
11. Spacetrack report No. 3. Models for Propagation of NORAD Element Sets. Felix R. Hoots, Ronald L. Roehrich. в 1988. 88 p.
12. Wright T. Philosophy of Cartography. N.Y. 1955. 125 p.
13. Zeiler M. Моделирование нашего мира: пособие ESRI по проектированию баз геоданных: пер. с англ. Киев. 2004. 254 с.
14. Абловиц М. Солитоны и метод обратной задачи: монография. Москва. 1987. 479 с.
15. Актуальні напрямки розвитку картографії в Україні. Київ: Ін-т географії НАН України. 2019. 90 с.
16. Аль-Тамімі Р.К.Н. Возможности использования космических систем наблюдения для экологического мониторинга. П'ята Міжнародна науковотехнічна конференція «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління» (23-24.04.2015 р.). Полтава, Баку, Кіровоград, Харків: ПНТУ, ВАЗС АР, КЛА НАУ, ДП ХНДІ ТМ, 2015. С. 58.
17. Аль-Тамімі Р.К.Н. Космічний моніторинг як комплексний підхід контролю довкілля. Стандартизація, сертифікація, якість. Київ. 2015. Вип. 6 (97). С.64-67.
18. Аль-Тамімі Р.К.Н. Удосконалення методики побудови екологічних карт антропогенного впливу на основі багатоспектральних знімків. Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава, 2015. Вип. 3 (35). С. 61-64.
19. Аль-Тамімі Р.К.Н. Удосконалення методики побудови екологічних карт антропогенного впливу на основі багатоспектральних знімків. Системи управління, навігації та зв'язку. Полтава: ПНТУ. 2015. Вип. 3 (35). С.61–64.
20. Атлас естественных условий и природных ресурсов Украинской ССР. Москва. 1978. 183 с.
21. Атлас Київської області. Київ. 1962. 50 с.
22. Атлас Чорнобильської зони відчуження. Київ, 1996. 26 с.
23. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. Київ: Наукова думка. 2006. 357 с.
24. Багмет А.П., Войцицький А.П. Військова екологія: Навчальний посібник. Житомир: ДАУ, 2004. 155 с.
25. Байназаров А.М. Атласне еколого-природоохоронне картографування: теорія і практика досліджень: автореф. дис.. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.12. Київ. 2003. 22 с.
26. Бакланов А. И. Системы наблюдения и мониторинга. Москва. 2009. 234 с.
27. Баранов В.Н. Космическая геодезия. Москва. 1986. 408 с.

28. Баренблатт Г. И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика: монография. Ленинград. 1982. 255 с.
29. Бейлі К. Математика і нові системні теорії. До теорії теоретичного аналізу: монографія. Нью Йорк. 1994. 912 с.
30. Боголюбов В., Клименко М., Мокін В. Моніторинг довкілля. Вінниця, 2010. 232 с.
31. Бойко Е.В., Кленицкий Б.М. Построение, уравнение и оценка точности космических геодезических сетей. Москва. 1982. С. 18-22.
32. Бондар О.І., Фінін Г.С., Унгурян П.Я., Шевченко Р.Ю. Дистанційні методи моніторингу довкілля. Навч. посібн. 2019. 298 с.
33. Бородин В. А. Методы представления динамических сцен в навигационных комплексах реального времени. Сб. науч. трудов 2-го междунар. радиоэлектронного форума «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы развития» Харьков. 2005. Том 3. С. 143-147.
34. Бусыгин Б.С. Инструментарий геоинформационных систем. Київ. 2000. 172 с.
35. Быков А. В. О разработке концепции комплексного тренажера диспетчера ОДУ. Тез. докл. Всесоюзной науч.-техн. конф. «Интеграция АСУТП и тренажерных устройств». Москва. 1991. С. 122-124.
36. В.М. Боголюбов, М.О. Клименко Моніторинг довкілля. Підручник. Херсон. 2016. 530 с.
37. Валентюк А.Н. Оптическое изображение при дистанционном зондировании. Минск. 1991. 360 с.
38. Варваров Н.А. Популярная космонавтика. Москва. 1981. 128 с.
39. Васмут А.С. Проектирование и составление карт. Учеб. для вузов. Москва. 1984. 364 с.
40. Васюхин М. И. Основы интерактивных навигационно-управляющих геоинформационных систем. Киев. 2006. 536 с.
41. Васюхин М., Касим А., Ткаченко А., Иваник Ю. Методы и средства построения автоматизированной системы агроэкологического мониторинга, паспортизации и оценки земель, загрязненных в результате антропогенного воздействия. Вестник ХНТУ. 2013. № 1 (46). С. 240-242.
42. Венда В. Ф. Видеотерминалы в информационном взаимодействии (инженерно-психологические аспекты). Москва: Энергия, 1980. 198 с.
43. Вишневський В., Шевчук С. Оцінювання стану водних об'єктів Києва за даними дистанційного зондування Землі. Український журнал дистанційного зондування Землі. Зб. наук. пр. Київ. 2016. № 11. С. 9-14.
44. Войцицький А.П. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища. Методичний посібник. Житомир. 2003. 58 с.
45. Володченко А. Картосемиотика: Монография. Дрезден. 2009. 61 с.
46. Волосецький Б.І. Геодезія у природокористуванні. Навч. посібн. Львів. 2012. 292 с.
47. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. Київ. 1999. 204 с.
48. Графика в Паскале. Мировые координаты. URL: http://www.tvdhome.ru/prog/13_6
49. Грихилес В.А., Орлов П.П., Попов Л.Б. Солнечная энергия и космические полеты. Москва. 1984. 216 с.
50. Гришин Ю.И. Искусственные космические экосистемы. Москва. 1989. 64 с.
51. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы: монография. Москва. 1999. 491 с.
52. Дженксом Дж. Картосемисiologicalические основы проектирования: Монография. Москва. 2000. 238 с.
53. Дзвис Дж. С. Статистический анализ данных в экологии: монография в 2 кн. Москва. 1990. С. 120-122.
54. Дистанційне зондування Землі: тлумачний словник. Київ. 1996. 518 с.
55. Дорожинський, О. Л. Фотограмметрія: Підручник. Львів. 2008. 332 с.

56. Дульцев А.Т., Цюпак І.М. Методичні вказівки до лабораторної роботи на тему «Визначення координат пункту за вимірними псевдовідстанями, отриманими з GPS-спостережень». Львів. 1997. 20 с.
57. Екологічний атлас Києва. Київ. 2006. 60 с.
58. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». Відомості Верховної Ради. 2017. № 29. ст. 315.
59. Зуев В. Е. Перенос оптических сигналов в земной атмосфере (в условиях помех). Москва. 1977. 368 с.
60. Инструментарий геоинформационных систем: справочное пособие. Київ. 2000. 172 с.
61. К вопросу управления подвижными средствами. Сборник трудов II Всерос. Науч. конф. молодых ученых, асп. и студ. Геленджик. Т.1. 260 с. С. 91-105.
62. Калантаров Е. И. Фотограмметрическая обработка электронно-микроскопических снимков. Изв. вузов. Москва. 1983. № 2. С. 82-85. (Серия "Геодезия и аэрофотосъемка").
63. Карпінський Ю.О. Скінченно-елементні моделі геодезичних вимірів. Київ, 2001. 399 с.
64. Картографічне забезпечення реалізації глобальних інфраструктурних об'єктів для потреб РНБО України. Київ. 2020. 180 с.
65. Кац Я.Г. Основы космической геологии. Москва. 1988. 236 с.
66. Кац Я.Г. Основы космической картографии. Москва. 1988. 236 с.
67. Київ як екологічна система: природа-людина-виробництво-екологія. Київ. 2001. 259 с.
68. Клименко М.О. Моніторинг довкілля. Рівне. 2002. 232 с.
69. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. Київ, 2006. 360 с.
70. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические методы географических исследований. Киев, 2004. 336 с.
71. Козаченко Т.І. Картографічне моделювання: Навч. посіб. Вінниця. 1999. С. 58-59.
72. Конопляникова М.А. Інформаційно-комунікаційні технології в картографії: рівень застосування. Маркетинг в Україні. 2010. № 6. С. 42-45.
73. Кохан С.С. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи. Київ. 2009. 511 с.
74. Краснокрылов И. И., Плахов Ю.В. Основы космической геодезии. Москва. 1976. С. 124-135.
75. Красовский Г. Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды. Харьков. 1999. 206 с.
76. Креденцар С. М. Методы и средства построения зрительных образов динамической обстановки в аэронавигационных геоинформационных системах реального времени: дис... кандидата техн. наук: 05.13.06. Київ. 2010. 217 с.
77. Кудряшов Н. А. Аналитическая теория нелинейных дифференциальных уравнений: монография. Москва. 2002. 304 с.
78. Кутя М.М. Характеристика рекреаційних навантажень та рекреаційної місткості лісопаркових ландшафтів Києва. Науковий вісник НЛТУ України. 2012. Вип. 22.12. С.86-90.
79. Лабудина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков. Москва. 2004. 184 с.
80. Літнарівч Р.М. Розрахунок попередніх координат пунктів при створенні планової геодезичної основи методом парних ланок засічок. Геодезія, картографія і аерофотознімання. Вип. 57. 1996. С. 40-48.
81. Літнарівч Р.М. Теорія ряду парних ланок засічок, який прокладається між пунктами визначеними по системі GPS. Інженерна геодезія. Вип. 45. 2001. С. 141-148.
82. Лобанов А. Н. Фотограмметрия: учебн. для вузов. Москва. 1984 552 с.
83. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков. Москва. 2008. 424 с.
84. Лялько В.І, Федоровський О.Д., Костюченко Ю.В. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування. Київ, 2006. 357 с.
85. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики: монография. Москва: Мир, 1968. 408 с.

86. Мацнев А.І., Проценко С.Б., Саблій Л. А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля: Навч. посібник. Рівне. 2017. 504 с.
87. Мина М. В. Использование регистрирующих структур при исследовании сезонных ритмов роста животных. Рост животных. Москва. 1976. 232 с.
88. Митчелл З. Руководство по ГИС-анализу: Пространственные модели и взаимосвязи: Пер. с англ. Киев. 2000. Ч. 1. 198 с.
89. Мкртчян О. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії. Львів, 2010. 119 с.
90. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навчальний посібник. Київ. 2016. 312 с. 4.
91. Мороз О.І., Терещук О.І., Щербань І.Б. Будова, основні частини та принципи роботи з тотальною станцією. Львів. 2000. 13 с.
92. Мухін В., Крижановський Є. Геоінформаційні системи в екології. Вінниця, 2014. 192 с.5.
93. Назаров, А. С. Фотограмметрия: Монографія. Москва. 2006. 368 с.
94. Національний атлас України. Київ. 2008.
95. Національний атлас України. Наукові основи створення та їх реалізація. Київ. 2007. 408 с.
96. Негода О. О. Зарубежные системы дистанционного зондирования Земли из Космоса двойного назначения. История создания, принципы действия, применения и перспективы развития. Киев. 2005. 246 с.
97. Некос А. Н. Дистанційні методи досліджень в екології. Харків. 2007. 372 с.
98. Некос А., Щукін Г., Некос В. Дистанційні методи досліджень в екології. Харків, 2007. 372 с.
99. Ньюэлл А. Солитоны в математике и физике: монография. Москва. 1989. 328 с.
100. Обиралов А. И. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. Москва. 2006. 334 с.
101. Обробка результатів вимірювань параметрів навколишнього середовища: методичний посібник. Житомир. 2004. 87 с.
102. Оперативна інформація про стан навколишнього середовища та оцінка впливу на довкілля. URL: <https://www.dsns.gov.ua/>
103. Основы экологии и природопользования. Харьков. 2002. 382 с.
104. Паршина О.И. ДЗЗ – инструмент контроля и управления. Аэрокосмический вестник. 2005. № 4. С.31-33.
105. Перов, А. П. Цифровой фотограмметрический образ антропосферы: Монография. 2012. 421 с.
106. Петрик М.П. Геофізична екологія: навч. посіб. Луцьк. 2005. 408 с.
107. Пинский А. М. Образовательный геокешинг: новые сетевые сервисы и новые формы работы. Турист. образование. 2014. № 12. С. 12-13.
108. Рудько Г.І. Екологічна безпека вугільних родовищ України: Монографія. Київ-Чернівці. 2016. 608 с.
109. Савчук С.Г. Вища геодезія. Підручник. Львів. 2005. 147 с. 4.
110. Світличний О. О. Основы геоінформатики: навчальний посібник. Суми. 2006. 295 с.
111. Семерович, Т. А. Компьютерные методы в моделировании Земли: Монография. Минск. 2000. 68 с.
112. Серапинас Б. Ю. Математическая картография: Учебник для вузов. Москва. 2005. 336 с.
113. Смирнов С.В. Технологическое проектирование условных знаков для геоинформационной системы на примере социально-образовательной сферы. Труды 3-й междунар. науч. Конф. «Автоматизация в промышленности». Москва. 2009. С. 135-142.
114. Смирнов С.В., Тюкавкин Д.В. Разработка тематического слоя геоинформационной системы при помощи графо-аналитической модели. Объединённый научный журнал. Москва. 2003. № 22. С. 79-80.
115. Смолий В. В. Методы и средства синтеза и отображения динамических объектов (для центров оперативного управления): дис. ... канд. техн. наук: 05.13.13. Киев, 2001. 176 с.
116. Соколов В. Н. Метод трехмерной реконструкции микрорельефа поверхности твердых тел по их РЭМ-стереоизображениям. Москва. 1995. № 2. Т. 59. С. 28-35. (Серия "Физика").

117. Станкевич С., Филиппович В., Лубский Н. Интеркалибрация методов восстановления термодинамической температуры поверхности урбанизированной территории по материалам тепловой космической съемки. Украинський журнал дистанційного зондування Землі: зб. наук. пр. Київ. 2013. № 7. С. 12–21.
118. Стоянов Р. Картосемиотика, метакартография, неогеография – признаки кризиса в современной картографии? Геопрофиль: журн. для геодезистов, картографов и землеустроителей. 2009. Декабрь. С. 43-50.
119. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарев О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. Львів, 2004. 256 с.
120. Сытина Н. В., Автономные доплеровские радионавигационные приборы. Краткий обзор зарубежной печати. Москва. 1957. 182 с.
121. Тарасов В.В. Современные проблемы оптотехники: учебное пособие. Москва. 2014. 82 с.
122. Технологія отримання картографічних даних для геоінформаційної системи точного землеробства. Проблеми інформаційних технологій. № 1 (15). 2014. С.64-69.
123. Тикунов В.С. Моделирование в социально-экономической картографии: Монография. Москва. 1985. 280 с.
124. Тищенко А.П. Геометрические методы космической геодезии. Москва. 1971. С. 212-213.
125. Толмачева Н. И. Космические методы экологического мониторинга. Пермь. 2006. 296 с.
126. 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.
127. Ходжер Т. А. Использование методов цифровой фотограмметрии для воссоздания рельефа. Вычислительные технологии: науч.-техн. журн. Москва.2005. № 4. Т. 10. С. 107-110.
128. Чабанюк В. Реляційна картографія: Теорія та практика. Київ, 2018. 525 с.
129. Чандра А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. Москва. 2008. 312 с.
130. Чорнобиль. Сектор картографічних видань. URL: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_sk/cgiirbis_64.exe
131. Чорнобиль: Десять років подолання: за матеріалами Мінчорнобиля України. Київ, 2016. 246 с.
132. Чорнобильська зона відчуження. Геопортал. URL: <http://www.tviz.com.ua/products/geoportals>
133. Шандабылов В.Д. Кораблевождение. М. 1972. С. 135-139.
134. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. Харків.2010. 313 с.
135. Ширяев Е.Е. Картографическое отображение, преобразование и анализ геоинформации. Москва.1984. 248 с.
136. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений. Москва. 2010. 560 с.
137. Электронный журнал по картосемиотике. URL: www.metacarto-semiotics.org
138. 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.
139. Якунина И .В. Методы и приборы контроля окружающей среды. Экологический мониторинг. Тамбов. 2009. 188 с.

ДОДАТКИ

Додаток А.

Порівняльний аналіз краудсорсингових картографічних сервісів для атласного інтерактивного еколого-природоохоронного картографування великого міста

Назва ресурсу Характеристика	OpenStreetMap (OSM)	Google Earth	Wikimapia	Google Map	Mapillary
<i>Основні відомості</i>					
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	Через браузер, мобільні додатки Android, iOS
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	Карта / супутниковий знімок / гібрид. Накладання шарів з інших сервісів
Територіальне охоплення	Місто у цілому	Місто у цілому	Місто у цілому	Місто у цілому та за окремими територіями (за замовчуванням)	Місто у цілому та за окремими територіями (за замовчуванням)
Умови реєстрації укладача карти	Обов'язкова для редагування	Не є обов'язковим для додавання простих об'єктів. Для більш розширеного редагування необхідна реєстрація	Обов'язкова для редагування	Обов'язкова для редагування	Обов'язкова для редагування
Підтримка мов (інтерфейсу, геозображення)	Вибір мови	Вибір мови	Вибір мови	Вибір мови	Вибір мови за браузером чи додатком
<i>Картографічний інструментарій</i>					
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	Геотегінгові зображення (світлини)
Характеристика 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	Картинні умовні позначення та традиційні до загально-географічних карт
Введення атрибутивних	Значна кількість категорій даних,	Деякі категорій даних,	П'ятнадцять категорій	Деякі категорій даних,	Зумування та масштабування

даних, способи їх відображення на карті	відображаються при виборі об'єкта	відображаються при виборі об'єкта	даних, що відображаються при виборі об'єкта	відображаються при виборі об'єкта	
Пошукові можливості сервісів	Пошук об'єктів WorldWide або ж в рамках території, відображеної на екрані	Вбудований пошук	Пошук об'єктів по категорії, по всій території	Вбудований пошук у Google	Обмежений

*Додаток Б.
Формати геопросторових даних*

НАЗВА ФОРМАТУ	ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ	КОРОТКИЙ ОПИС
AIXM (Aeronautical Information Exchange Model)	Модель обміну аеронавігаційною інформацією розроблена для управління і розподілу аеронавігаційної інформації в цифровому вигляді між базами даних.	<ul style="list-style-type: none"> – Модель часового характеру, що включає оперативну поширювану інформацію про зміни в правилах проведення і забезпечення польотів і аеронавігаційної інформації; – уніфікований із стандартами ISO для геодезичної інформації; – враховує вимоги користувачів і ІКАО до аеронавігаційної інформації, включаючи перешкоди, процедури підходу і бази цих карт аеропортів.
DXF (Drawing eXchange Format)	Відкритий формат файлів для обміну графічною інформацією між застосуванням систем автоматичного проектування.	<ul style="list-style-type: none"> – На сайті Autodesk є специфікації усіх версій DXF; – став де-факто одним із двох стандартів для векторних зображень у відкритих операційних системах і застосуваннях.
ECW (Enhanced Compression Wavelet)	Приватний формат файлів растрових зображень, оптимізований для зберігання аерофотознімків і космічних знімків, використовує wavelet-стискування з втратами даних.	<ul style="list-style-type: none"> – Дозволяє зберігати дані про систему координат зображення місцевості (картографічну проекцію тощо) безпосередньо в самому файлі зображення; – дозволяє отримувати міру стискування (втрати даних) від 1: 10 до 1: 100; – велика частина програмних продуктів, використовуваних в ДЗЗ, підтримують цей формат
GDF (Geographic Data Files)	Формат обміну географічними даними.	<ul style="list-style-type: none"> – Надає детальні правила для запису даних і їх представлення, а також має вичерпний каталог стандартних атрибутів і зв'язків; – використовується для обміну даними в персональній навігації, управлінні польотами, управлінні доставкою, аналізі і управлінні дорожнім рухом, автовизначенні місця розташування транспортних засобів: – є текстовим форматом і не призначений для безпосереднього використання в масштабних високопродуктивних системах.
GeoTIFF	Відкритий формат метаданих, що дозволяє включати інформацію про географічну прив'язку у файли TIFF	<ul style="list-style-type: none"> – Може включати вид картографічної проекції, систему географічних координат, модель геоїда, дату і будь-яку іншу інформацію, необхідну для точного просторового орієнтування космічного знімка; – неспеціалізовані системи можуть ігнорувати теги, таким чином відображаючи

		лише картинку.
GPX (GPS eXchange Format)	Текстовий формат зберігання і обміну даними GPS, ґрунтований на XML	<ul style="list-style-type: none"> – Дозволяє зберігати інформацію про орієнтири (waypoints), маршрути (routes) і треки (tracklogs); – для кожної точки зберігаються її довгота і широта. XML-схема передбачає зберігання довільно призначеної для користувача інформації по кожній точці.
KML (Keyhole Markup Language)	Мова розмітки на основі XML для представлення тривимірних геопросторових даних в програмі «Google Планета Земля»	<ul style="list-style-type: none"> – Дозволяє зберігати двовимірні карти місцевості з включеними тривимірними об'єктами; – для кожного об'єкта задаються основні геоінформаційні властивості (географічна широта і довгота, а також висота над рівнем моря або над рівнем поверхні Землі) і додаткові описи; – орієнтований на мережеве застосування.
KMZ (Keyhole Markup Zip)	Файл KMZ містить дані місця розташування на карті Google Планета Земля або в Google Картах. Файл являє собою стислий ZIP-архів, що включає один KML-файл геоданих і пов'язані з ним ресурси: зображення, моделі, текстури, звукові фрагменти і т.п. Файли KMZ можуть бути відкриті в Google Картах і служать для зручності розповсюдження KML-файлів і обміну ними з іншими користувачами.	<ul style="list-style-type: none"> – Файли KMZ здатні відображати інформацію в програмах Here Maps, Google Earth Maps, а також в інших геопросторових додатках. Широта і довгота використовуються в поєднанні зі значеннями ухилу і підйому місцевості, висоти, причому всі ці значення дозволяють формувати тривимірне зображення місцевості. – Файли KMZ представляють собою файли KML, а також охоплюють будь-яку кількість підтримуваних файлів, заархівованих і стислих за допомогою методу Zip 2.0 (при цьому можливе використання і інших програм архівування). – Файли KMZ програми отримують з серверів і розпаковуються; при цьому файли KML всередині файлів KMZ відокремлюються і конвертуються в оригінальний формат. – Файли KMZ можуть містити велику кількість різноманітних файлів, що містять зовнішні шари, зображення, тривимірні моделі і ін. На рівні кореневого документа. – Файли KML і KMZ є предметом вивчення в рамках розробки міжнародного стандарту, що здійснюється консорціумом Open Geospatial Consortium.
MrSID (Multiresolution seamless image database)	Використовується для стискування растрової графіки, використовуваної в ГІС, наприклад, для ортографічно скоригованого аерофотознімання	<ul style="list-style-type: none"> – Дозволяють працювати з частинами аерофотознімків і супутникових фотографій без необхідності розпаковування цілого файлу; – використовується у багатьох пакетах обробки, включаючи мережеві технології.
(SHP) Shapefile	Векторний формат географічних файлів компанії ESRI	<ul style="list-style-type: none"> – Векторний формат для зберігання об'єктів, що описуються геометрією і супутніми атрибутами; – став де-факто стандартом для обміну даними між геоінформаційними системами;

		– у форматі відсутня можливість зберігання топологічної інформації.
<p>SXF (Storage and eXchange Format)</p>	<p>Відкритий формат для зберігання цифрової інформації про місцевість, обміну даними між різними системами, створення цифрових і електронних карт і вирішення прикладних екологічних завдань</p>	<p>Векторний формат, що використовує бінарні шари з прив'язкою. У форматі SXF здійснюється створення і зберігання цифрової картографічної продукції підрозділами Держгеокадастру, у тому числі цифрових навігаційних карт: – інформація зберігається у вигляді двійковоформованих метрик; – при великій кількості об'єктів обробка формату вимагає великих обчислювальних потужностей і часових затрат. Особливо складною в застосуванні може виявитися фільтроване відображення об'єктів; – надмірно реалізовано зберігання рядків (завершальний 0 для Unicode складає більше проблем).</p>

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

ШЕВЧЕНКО Роман Юрійович

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ
В ЕКОЛОГІЇ*Е л е к т р о н н и й п і д р у ч н и к*

для здобувачів другого та третього рівня вищої освіти галузей знань: 10 – «Природничі науки», спеціальностей 101 – «Екологія», 103 – «Науки про Землю», 106 – «Географія»; 12 – «Інформаційні технології», спеціальність 126 – «Інформаційні системи та технології»; 18 – «Виробництво та технології», спеціальність 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»; 19 – «Архітектура та будівництво», спеціальність 193 – «Геодезія та землеустрій»

Розглянуто, схвалено та рекомендовано до публікації Вченою Радою Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (протокол № 6-10 від 1 червня 2022 р.)

Рекомендовано Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України як навчально-наукове видання для підготовки здобувачів вищої освіти ступеня магістра та доктора філософії галузі знань «Природничі науки» спеціальності «Екологія», а також слухачів курсів підвищення кваліфікації та перепідготовки працівників природоохоронної сфери (протокол № 17-970 від 14 червня 2022 р.)

Українською мовою, в авторській редакції



Підписано до друку 14.06.2022 р. Формат 21x29,7 Умовн. друк. арк. – 10,8. Наклад 300 прим.

Видавництво Державної екологічної академії 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