

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД «ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ»

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Навчальний посібник

Під редакцією доктора біологічних наук, професора
О.І. Бондаря
та кандидата наук з державного управління
П.Я. Унгуряна

Рекомендовано

*Міністерством екології та природних ресурсів України
як навчально-методичне видання для підготовки
здобувачів вищої освіти ступеня магістра галузі знань
«Природничі науки» спеціальності «Екологія»,
а також слухачів курсів підвищення кваліфікації
та перепідготовки працівників природоохоронної сфери*

Київ
2019

**УДК 504.064.3(075)
Д48**

*Розглянуто і схвалено Вченою радою
ДЗ «Державна екологічна академія
післядипломної освіти та управління»
(протокол № 1-19 від 22.01.2019 р.)*

Автори:

- Бондар О. І.** д-р. біолог. наук, проф., чл.-кор. НААНУ, Заслужений діяч науки і техніки України, ректор ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»
- Фінін Г. С.** д-р. фіз.-мат. наук, проф., проректор з науково-педагогічної роботи ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»
- Унгурян П.Я.** канд. наук з держ. упр., Народний депутат Верховної Ради України VIII скликання, член Комітету Верховної Ради України з питань бюджету, голова підкомітету з питань доходів державного бюджету
- Шевченко Р.Ю.** канд. географ. наук, доц. каф. ДЗ «Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління»

Рецензенти:

- Адаменко Я. О.** д-р техн. наук, проф., зав. каф. екології, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
- Ткачук К. К.** д-р техн. наук, доц., зав. каф. інженерної екології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
- Мальований М. С.** д-р техн. наук, проф., зав. каф. екології та збалансованого природокористування, Національний університет «Львівська політехніка»

Бондар О.І., Фінін Г.С., Унгурян П.Я., Шевченко Р.Ю. Дистанційні методи моніторингу довкілля: навч. посіб. Київ, 2019. – 298 с.

ISBN 978-966-289-263-5

Навчальний посібник – видання з інноваційних технологій моніторингу довкілля методами геоінженерних наук. Розглянуті методи наземних (аероекологічного, супутникового), дистанційного (сенсорного) і тактильного моніторингів довкілля. Пріоритетними визначені теми, що висвітлюють роботу інструментарію зйомок місцевості за допомогою геодезичних приладів та супутникових технологій у дослідженні довкілля. Обґрунтовані фізичні основи дистанційного зондування, аерофотознімання, супутникових систем у цілях екологічного моніторингу. Наведені приклади практичних розроблень, апробації, а також результати реалізації методів дистанційного вивчення територій для потреб екологічного та природоохоронного картографування. Сформовано рубрикатора завдань екологічного моніторингу, створеного засобами ДЗЗ та ГІС.

Видання розраховане на підготовку здобувачів вищої освіти у магістратурі Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління та інших закладів вищої освіти України за спеціальностями: «Екологія» та «Геодезія та землеустрій» під час вивчення нормативної навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи», а також для слухачів курсів підвищення кваліфікації та перепідготовки працівників природоохоронної сфери.

УДК 504.064.3(075)

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА (Бондар О.І., Унгурян П.Я.).....	6
ВСТУП ДО НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ (Бондар О.І., Шевченко Р.Ю.).....	10
<i>Питання самоперевірки</i>	24
ЧАСТИНА 1	
ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (Шевченко Р.Ю.).....	25
1.1. Дослідження Землі та навколосемного простору до 1957 р.....	25
1.2. Розвиток технологій аерофотографічного знімання.....	30
1.3. Космічні дослідження довкілля.....	37
1.4. Історія космічної діяльності в Україні в галузі моніторингу довкілля.....	43
1.5. Картографічна діяльність як різновид дистанційного пізнання світу.....	52
1.5.1. Історія світової та української наукової картографії.....	58
1.5.2. Наукові проблеми екологічного картографування.....	61
1.5.3. Національна інфраструктура геопросторових даних.....	66
<i>Питання самоперевірки</i>	90
ЧАСТИНА 2	
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (Фінін Г.С.).....	91
2.1. Основи хвильової теорії: термінологічне забезпечення.....	91
2.2. Методи дистанційного зондування Землі та види знімання.....	95
<i>Питання самоперевірки</i>	108
ЧАСТИНА 3	
НАЗЕМНЕ ДИСТАНЦІЙНЕ ЗНІМАННЯ (Шевченко Р.Ю.).....	110
<i>Питання самоперевірки</i>	118

ЧАСТИНА 4

ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТУ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

(Бондар О.І., Фінін Г.С.).....	119
4.1. Загальна характеристика аерофотознімання.....	119
4.2. Цифрова фотографічна знімальна апаратура.....	122
4.3. Цифрові технології обробки аерофотознімальних робіт.....	126
<i>Питання самоперевірки.....</i>	<i>135</i>

ЧАСТИНА 5

ТЕХНОЛОГІЇ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ

(Фінін Г.С., Шевченко Р.Ю.).....	136
5.1. Відмінність космічного знімання від аерознімання.....	136
5.2. Геометрія руху штучних супутників Землі.....	137
5.3. Класифікаційні ознаки ШСЗ та їх характеристика.....	142
5.3.1. Науково-дослідницькі штучні супутники Землі.....	144
5.3.2. ШСЗ, що використовуються в моніторингу довкілля.....	147
5.4. Картографічна генералізація при дешифруванні знімків.....	153
<i>Питання самоперевірки.....</i>	<i>157</i>

ЧАСТИНА 6

ОБРОБКА ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ
В СЕРЕДОВИЩІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

(Фінін Г.С., Унгурян П.Я.).....	159
6.1. Технологія інтеграції прикладних програм обробки даних супутникового знімання для створення електронних екологічних карт.....	159
6.2. Методи обробки матеріалів дистанційного зондування та алгоритми побудови екологічних карт та атласів в середовищі ГІС.....	170
<i>Питання самопідготовки та самоперевірки.....</i>	<i>175</i>

ЧАСТИНА 7

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ДЗЗ ТА ГІС ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ (ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА) (Бондар О.І., Фінін Г.С., Унгурян П.Я.).....	176
7.1. Задачі систем ДЗЗ в моніторингу навколишнього середовища.....	176
7.2. Аналіз використання космічних систем в екологічному моніторингу.....	181
7.2.1. Аналітичний огляд можливостей застосування космічних систем ДЗЗ для реалізації завдань екологічного моніторингу.....	181
7.2.2. Структура наземного сегменту та особливості застосування космічних систем ДЗЗ в системі екологічного моніторингу.....	205
7.2.3. Аналіз та можливості використання геоінформаційних технологій при вирішенні завдань екологічного моніторингу.....	217
7.3. Аналітичний огляд основних етапів обробки космічних знімків та принципи побудови рубрикатора завдань моніторингу навколишнього середовища.....	228
7.4. Формування рубрикатора задач у сфері екологічного моніторингу.....	242
<i>Питання самоперевірки.....</i>	<i>247</i>
СЛОВНИК-ДОВІДНИК ТЕРМІНІВ З АСТРОНОМО-ГЕОДЕЗИЧНИХ ТА КАРТОГРАФІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕКОЛОГІЧНОМУ МОНІТОРИНГУ (Шевченко Р.Ю.).....	248
ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ» (Шевченко Р.Ю.).....	262
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	286
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	290

ПЕРЕДМОВА

Призначення й завдання навчальної дисципліни. «Дистанційні методи моніторингу довкілля» є нормативною дисципліною у структурно-логічній схемі освітньо-професійної підготовки фахівців галузі знань 10 – «Природничі науки», спеціальності 101 – «Екологія» (шифр за ОПП: ПНПП 2.04).

Мета навчальної дисципліни – дати здобувачам вищої освіти базові знання з теорії аерокосмічного знімання, фізичних основ реєстрації та передачі геокоінформації дистанційного зондування, отримання навичок попереднього коригування й оброблення матеріалів знімання, проведення робіт із дешифрування аналогових і цифрових знімків місцевості з використанням класичних методів і сучасного програмного забезпечення.

Основні завдання навчальної дисципліни:

- ознайомити здобувачів вищої освіти з фізичними основами електромагнітного випромінювання та засобами його реєстрації;
- провести аналіз існуючих видів аерокосмічного знімання й ознайомити слухачів з можливостями та особливостями носіїв знімального обладнання;
- навчити основам фотограмметричного оброблення, коригування даних космічного знімання;
- дати інформацію про стан інструментарного забезпечення тактильних дистанційних досліджень (геодетики);
- сформулювати стійкі фахові навички топографічного та екологічного сприйняття космічних карт та аерокосмічних знімків;
- навчити правильно застосовувати набуті знання при вивченні, дослідженні й картографуванні різноманітних природних та техногенних явищ та об'єктів земної поверхні;

- дати перспективний аналіз подальших напрямів розвитку автоматизованих і автоматичних методів дистанційного зондування в Україні та за кордоном.

Предмет навчальної дисципліни – вивчення екологічного стану земної поверхні, надр, атмосфери та навколосемного простору за допомогою аерокосмічних знімків як комплексу польових вимірювальних, обчислювальних, картографічних, дешифрувальних та інших видів робіт.

Вимоги до знань і вмінь – для засвоєння навчальної дисципліни «Дистанційні методи моніторингу довкілля» здобувачі вищої освіти повинні володіти базовими знаннями з нормативної навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в екології». Дистанційні методи моніторингу довкілля розвиваються в тісному зв'язку з такими науками як географія, картографія, геологія, ґрунтознавство, математика, фізика, оптика, радіофізика та ін.

Для повноцінного розкриття змісту дисципліни «Дистанційні методи моніторингу довкілля» та інших, пов'язаних із дистанційним зондуванням, назріла нагальна потреба у підготовці цього навчального видання, яке б збалансовано висвітлювало як традиційні основи, так і новітні досягнення в галузі геодезії, картографії, ГІС та фотограмметрії в екологічних дослідженнях.

Розвиток методів і засобів ДЗЗ відбувається дуже стрімко. За цей час відбулися значні зміни в методах, технічних і технологічних засобах проведення знімків, способах приймання та оброблення інформації тощо.

Бурхливий розвиток технологій аерокосмічних досліджень, накопичення великого обсягу матеріалу із застосування дистанційних методів у науках про Землю, старіння інформації вимагають на основі існуючого навчального посібника видання нового.

Для підготовки фахівців в галузі екології неабиякого значення набувають знання з фотограмметрії, геодезії, картографії, що формують геопросторову грамотність та компетенцію, а також фундаментальні геоінжинірингові знання фахівця відповідного екологічного напрямку.

Знання з методів дистанційного пізнання навколишнього середовища набуваються послідовно – ознайомлення здобувачів вищої

освіти із історією методів дослідження довкілля, сучасним визначенням методів супутникової фотограмметрії, геодезії та прийомів картографії як високотехнологічних наук до їх інтеграції з новітніми нано- і космічними технологіями, динамічним їх розвитком і представленням відповідної продукції, головним чином, природоохоронної, еколого-моніторингової та еколого-освітньої.

У навчальному посібнику надається новітнє обґрунтування власне екологічної карти як результату інтелектуального і технологічного моніторингу довкілля шляхом проектування моделі місцевості або явища в контексті забезпечення еколого-збалансованого природокористування, вивчаються класифікаційні ознаки моделей, що проектується внаслідок обробки даних сенсорних та тактильних досліджень: аерофотопланів, ортофотопланів, космофотокарт, ГІС-атласів.

При вивченні відповідної дисципліни обов'язковим є наголос на інженерні основи сучасних космічних та супутникових прийомів, визначенні спільності та різниці. Запроваджуються розділи з вивчення роботи та функціонування сучасних геодезичних та фотограмметричних приладів, основ фотограмметричної обробки космічних, аеро- та фототеодолітних зйомок місцевості, унікальних та ексклюзивних еколого-природоохоронних об'єктів як природних так й антропогенних.

При вивченні математичної основи проекту моделі навколишнього середовища визначається її модальність, що надає просторове уявлення про 3-D об'єктне картографування, а формування сучасних наукових уявлень про форму та розміри Землі є теоретичним підґрунтям для професійного укладання карт для потреб наземного, космічного та навколосемного моніторингу простору.

Для правильного читання карт космофотомоделей укладаються спеціалізовані та тематичні картографічні банки та бази даних (бібліотеки) умовних позначень. Особливості їх конструювання, проектування та моделювання у середовищі тематичного навантаження космофотокарти довкілля розглядаються в розділі практичної розробки навчального посібника.

Сучасним технологічним напрямком сенсорних та тактильних дистанційних методів є геоінформаційні системи та технології, супутникові системи навігації, робота геолокаційних особливостей роботи гаджетів.

Розглядаються питання роботи і формування космофотокартографічних ресурсів та сервісів мережі Інтернет, їх інтеграція із прикладними аспектами забезпечення екологічного моніторингу.

Важливою технічною складовою є вивчення процесу ескізування, проектування, дизайнерського оформлення та видання сучасних екологічних ортофотопланів, атласів та карт: аналогових, електронних та віртуальних.

Актуальність вивчення дисципліни полягає у формуванні вмінь та компетентності у спеціалістів галузі знань «Природничі науки», яка ґрунтується на можливостях супутникової інтерпретації і моделюванні раціональних систем в галузі екологічного ресурсо- та природокористування.

Навчальний посібник спрямований на те, щоб дати здобувачам вищої освіти технологічні знання теоретичних основ супутникових Gadget-технологій та застосування здобутих знань, набутих умінь і навичок на практиці. Не випадково, що жодний в світі моніторинговий маршрут не міг прокладатися і проходити без широкого космофотографічного та картографічного забезпечення трафіку.

Вивчення предмета обов'язково передбачає широке використання вітчизняних і зарубіжних загально-географічних та екологічних карт, комплексних атласів, а також знайомство з комп'ютерними картографічними та фотограмметричними програмами, роботою з геопорталами, картографічними сервісами мобільних операторів, принципами LBS-навігації під час виконання практичних робіт.

Навчальний посібник написаний з урахуванням найсучасніших інтерактивних методик роботи (настільні ГІС, смартфонні навігатори, автонавігатори, туристичні навігатори), а також із наочним матеріалом аналогового та цифрового формату (азимутальні розрахунки на місцевості, демонстрація предметів топографічної картографії).

Підготуйте доповідь про історію запровадження навчально-наукової дисципліни «Дистанційне зондування Землі» у вишах України та Світу.

ВСТУП ДО НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Національним стандартом України (ДСТУ 4220-2-3) установлено таке визначення:

Дистанційне зондування Землі – це отримання даних про Землю з космосу з використанням властивості електромагнітних хвиль: випромінених, відбитих, поглинених чи розсіяних об'єктами зондування.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) (фр. походж. *sonder* – досліджувати, розвідувати та лат. *distantia* – відстань, дистанція) – технологічний та технічний процес вивчення закономірностей, особливостей побудови та розвитку географічної оболонки Землі (геосфери) взагалі та біоти, урбо- та руральних екосистем, природно-та суспільно-територіальних систем природокористування зокрема, який включає багатоаспектний комплекс заходів і засобів підготовки організації моніторингу, сенсорної або тактильної акумуляції екогеопросторової інформації про природний чи антропогенний об'єкт, забудовану (екотрансформовану) територію або природне явище антропогенного походження без безпосереднього контакту з ним.

Дослідження довкілля, аква- та територіальних фізичних поверхонь, підземних просторів надр та найближчого навколоземного простору та традиційних методів охорони природи тісно пов'язані з розробкою сучасних наукових методів і технічних засобів дослідження природного середовища.

Що таке дослідження з точки зору методології науки? Які її передумови в контексті історії наук про Землю? Відповідь обґрунтуйте.

Дистанційний моніторинг довкілля – найбільш затребуваний високоточний та швидкий метод вивчення оточуючого середовища.

Дистанційне дослідження як комплексне вивчення оточуючого простору поділяється на компоненти, що показані на рис. 1. Це один із наукових напрямів вивчення навколишнього середовища, який стрімко розвивається. З кожним роком його наукове, практичне та пізнавальне значення у розвитку людства стає більш вагомим. Необхідно зазначити, що сучасні технології моніторингу довкілля ґрунтуються на апробованих методах традиційних наук про Землю: географії, геодезії, геології та геоморфології, синоптики, кліматології й метеорології.

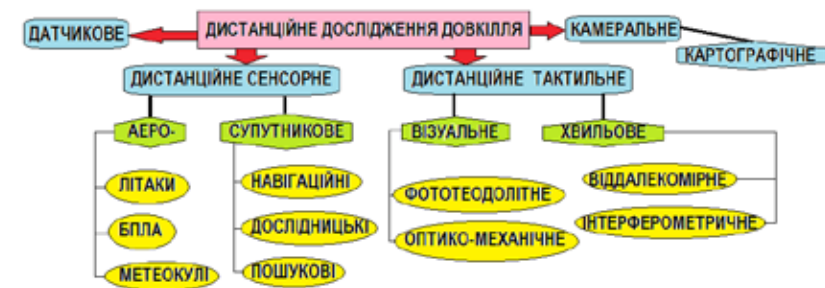


Рис. 1. Види дистанційного дослідження довкілля

Дистанційні методи не тільки прискорюють процес дослідження природних ресурсів, але й дають принципово нову інформацію про природу Землі, її окремі компоненти, явища та процеси, які звичайними методами отримати неможливо. Це так звані латентні (зкриті) фізико-хімічні процеси, розломи та геологічні аномалії, геопатогенні та геовітальні зони, викиди в навколишнє середовище речовин, виявлення яких можливе лише із застосуванням специфічних даних різних спектрів (спектрозональної) зйомки.

Дистанційний моніторинг довкілля – навчально-наукова дисципліна, що вивчає засоби, методи, прийоми та способи технічного, технологічного та інструментарного дистанційного збирання,

акумулювання у екогеопросторіві бази даних та остаточне оброблення інформації про об'єкти природи без безпосереднього контакту з ними у відповідності до технічного завдання спеціалізованого екологічного моніторингу довкілля на конкретній території, акваторії, аероторії або космічному просторі.

Методи ДЗЗ або супутникові методи мають такі інформативні, технічні та функціональні переваги:

- масштабність досліджень – це висока геопрострова оглядовість, можливість одержання одночасно інформації про великі території планети;
- об'єктність та локалізаційність – це можливість переходу від дискретної (локально-об'єктової) множини значень показників стану навколишнього середовища в окремих пунктах території до безперервної картини просторового розподілу відповідних показників;
- мультиінформативність – можливість одержання інформації про важкодоступні райони;
- деталізація та дигіталізація – високий рівень генералізації зображення;
- актуалізація – оперативне отримання онлайн-інформації про проблемні ділянки в зоні можливих надзвичайних ситуацій природного та техногенного характерів;
- формативність – отримання закодованої чи нековованої геоінформації у різних спектрах і графічних форматах, завдяки яким за допомогою ГІС ENVI можливе визначення латентних даних довкілля;
- відкритість – вільний доступ до знімальної інформації, окрім зон бойових дій чи секретних об'єктів.

Основні технологічні етапи дослідження місцевості наведені на рис. 2.

Безконтактні (сенсорні) методи дослідження довкілля започатковані й мають успішне застосування із 21 листопада 1783 р., коли Пілатр де Роз'є та маркіз д'Арланд здійснили перше в світі повітроплавання (рис. 3). Це була перша екомандрівка у світі на повітряній

кулі. З початку ХХ ст. і до сьогодні в різних галузях економіки використовують аерокосмічні (правильно- супутникові) й наземні фотознімки. Аерофотознімання та наземне фототеодолітне знімання широко застосовуються в еколого-географічних дослідженнях. Однак уже перші знімання зі штучних супутників Землі виявили важливу перевагу космічних методів порівняно з традиційними, а саме: глобальний характер і регулярна повторюваність спостережень, оперативність одержання інформації, достовірність, актуальність. Це зумовило розвиток методів ДЗЗ, які базуються на аерокосмічних методах і використовують інноваційні технології знімання та оброблення зображень із безпілотників (дронів, квадрокоптерів, БПЛА). Практично сформувався новий науковий напрям екологічного



Рис. 2. Методи дослідження навколишнього середовища

моніторингу довкілля та його природних ресурсів, у якому перетнулись різноманітні галузі науки і техніки – екологія, географія, геологія, геоморфологія, гідрологія, метеорологія, біологія, океанологія, геодезія, картографія та інші науки про Землю, а також фізика і математика, радіотехніка й точна механіка, обчислювальна техніка та ракетобудування.



Рис. 3. Перша повітряна куля досліджує навколишній світ (1783 р.)

Дистанційне зондування Землі спрямоване на вирішення кардинальних проблем у системі «суспільство – людина – природа»: пізнання навколишнього середовища, пошук сировинних і енергетичних ресурсів, удосконалення технології інформаційного забезпечення управління територіальними природно-виробничими комплексами, моніторинг стану навколишнього середовища. Глобальність та висока інформативність спостережень із супутників та БПЛА дозволили принципово по новому вирішувати проблеми дослідження раціонального та ресурсозберігаючого природокористування природними ресурсами Землі й охорони навколиш-

нього середовища. Космічна апаратура сприяла подальшому розвитку всіх наук про Землю та позаземний простір, а також таких галузей науки і техніки як кібернетика, обчислювальна техніка, хімія, фізика, астрономія, матеріалознавство, геодезія, географія, геологія і навіть екогеополітика.

Підготуйте доповідь про перші аерофотографічні дослідження. Хто були його першовікривачами? Які пристрої та техніку використовували?

Для дистанційних досліджень екологічного стану території використовують комплекс технічних засобів. Це штучні супутники Землі, орбітальні станції, літаки-лабораторії, безпілотні літальні апарати (БПЛА), наземні засоби приймання та оброблення інформації, мережа наземних і морських полігонів, обладнаних рухомими та стаціонарними засобами для дистанційних, контактних і приземних досліджень – все це об'єднано в інфраструктуру еколого-географічних моніторингових обсервацій – **ландмарків** (рис. 5).

На рис. 6 представлена типізація ландмарків за загальним функціональним призначенням, матеріалом виготовлення, фізичними та конструктивними властивостями, які пов'язані із фізико-географічними зонами та екологічними системами природокористування. Відповідна кореляційна схема представлена на рис. 7.

На рис. 8-9 демонструються авторські карти географічного розподілу ландмарків обсервації довкілля на територію України та м. Києва.

Дистанційні дослідження як інноваційна технологія впливають на розвиток багатьох суміжних природничих та технічних наук, але особливо значним є внесок у розвиток методик та технологій проведення та реалізації екологічного моніторингу. За допомогою супутникового знімання вже досягнуто значних успіхів у вирішенні фундаментальних проблем екології: урбанізація, опустелювання, зміни снігового покриву, танення льодовиків, передбачення вертикальних та горизонтальних рухів земної поверхні (рис. 10).

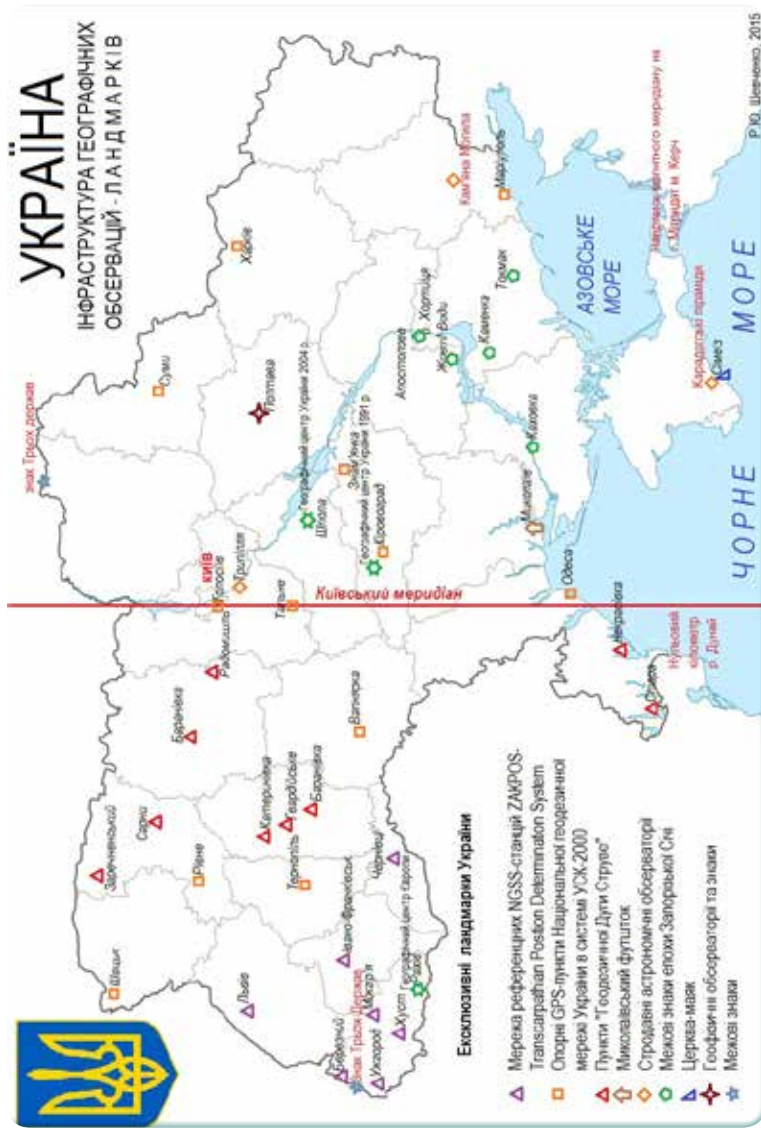


Рис. 8. Ландмарки (обсервації моніторингу довкілля) України

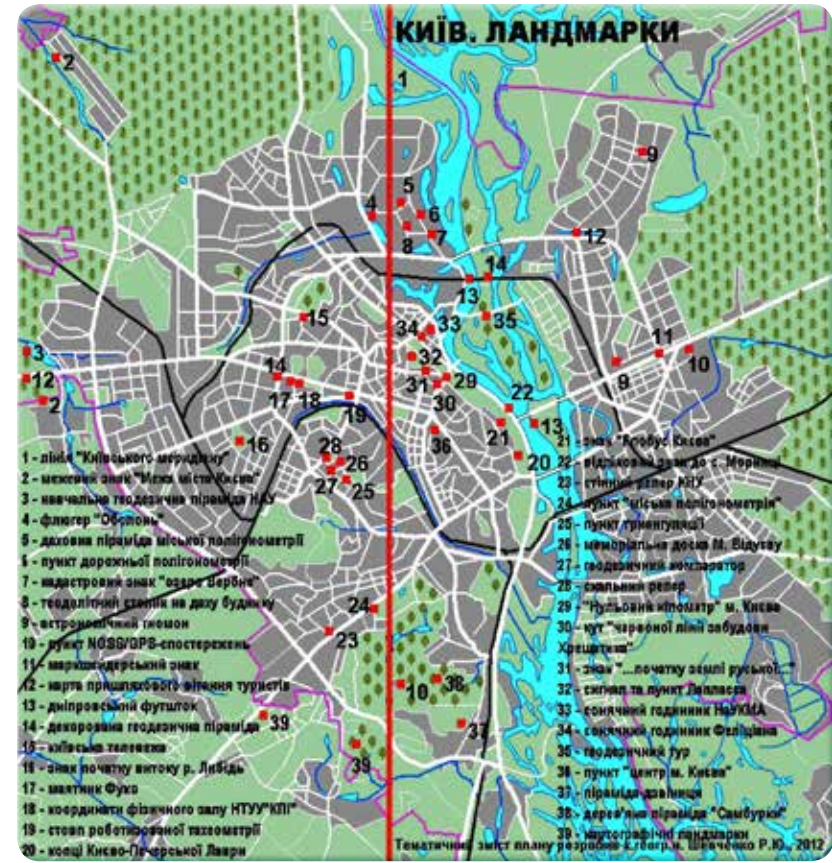


Рис. 9. Ландмарки (обсервації моніторингу довкілля) м. Києва



Рис. 10. Гігантська тріщина у Кенії є початком народження нового материка в Африці (аерофотозйомка 2018 р.)

На основі аналізу даних, отриманих методами дистанційного зондування, виявлено багато нових, раніше невідомих явищ і переглянуто деякі звичні уявлення. Це стосується теорії фігури Землі та відліку її висот (ортометричних, динамічних та астрономо-геодезичних висот тощо). Радикально змінилася глобальна система спостережень за погодою і кліматом, доповнилися новими даними дослідження в галузі екології, геології, гідрології, геодезії, океанології, ландшафтознавства.

Використання супутникових методів в екологічному моніторингу довкілля уперше дозволило постійно отримувати управлінську інформацію про екогеопросторові та динамічні особливості небезпечних природних явищ, відкриті нові можливості безперервного (континуального) спостереження багатьох процесів і явищ, які є наслідком антропогенного впливу.

Методи дистанційного зондування Землі засновані на реєстрації в аналоговій або цифровій формі фонові енергії об'єктів. **При ДЗЗ носієм екогеоінформаційного поля виступають різні види енергії: гравітаційна, магнітна, акустична,**

біофізична, електромагнітна. Відповідно до цього, з метою дослідження окремих ділянок і планети в цілому широко застосовують гравітаційне, геомагнітне, інфрачервоне, ультрафіолетове та ультразвукове знімання (рис. 11). Найбільшого поширення набуло використання відбитої від поверхні або власної енергії електромагнітного випромінювання в широкому спектральному діапазоні.

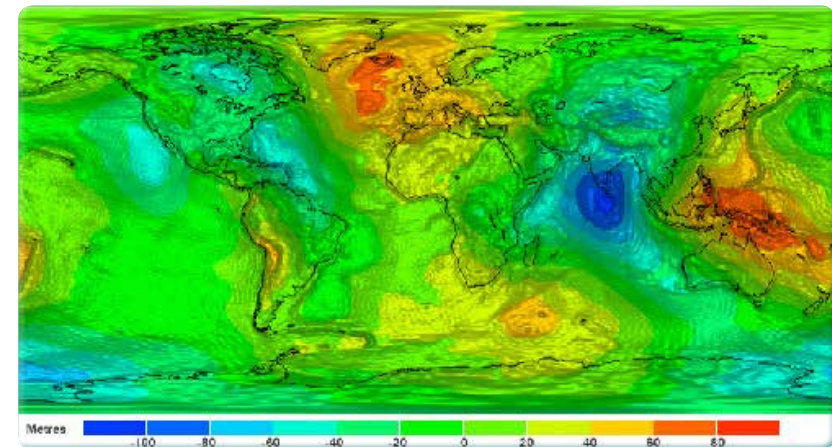


Рис. 11. Карта гравітаційного поля Землі (гравіметричні супутникові знімання поєднувалися із наземними дистанційними датчиковими вимірюваннями)

Переваги й недоліки даних дистанційного зондування. Сучасні дані супутникового знімання містять затребувану екогеоінформацію, отриману в різних спектральних діапазонах і збережену в цифровому і аналоговому вигляді. Оскільки супутникові знімки Землі охоплюють великі області, їх можна використовувати для спеціалізованого еколого-географічного картографування на глобальному, національному, регіональному, локальному та об'єктовому рівнях та для ідентифікації великих еколого-небезпечних об'єктів на локальному рівні.

До яких об'єктів відносять еколого-небезпечні? Як це пов'язано із природно-територіальними та промислово-територіальними комплексами?

Перманентне аеро- та супутникове знімання проблемних територій дозволяє проводити управління екологічним моніторингом раціонального використання природних ресурсів, визначати ступені екоагротехнічного стану сільськогосподарських культур, досліджувати етапи розвитку інфраструктури міст та інших об'єктів і процесів, які розвиваються під впливом природних і антропогенних чинників. За допомогою супутникових знімків можна достатньо легко отримати екогеоінформацію про важкодоступні райони чи місцевості, які становлять небезпеку для господарювання та рекреації.

Наступною перевагою ДЗЗ є технологічна можливість одержання знімків різної розрізненості, що дозволяє використовувати їх для розв'язання широкого кола проблем у різних предметних областях урбоекології, промислової екології, медико-географічних дослідженнях. Оскільки обробка матеріалів ДЗЗ виконується переважно камерально, то зменшується необхідність проведення еколого-географічних польових досліджень, але в деяких випадках це є необхідністю. Економічно ефективним є також використання даних ДЗЗ для оперативного оновлення екологічних середньо- та дрібномасштабних карт. Цифровий формат матеріалів з обов'язковою комп'ютерною обробкою в ГІС-програмах відповідної інформації забезпечує отримання адекватної та необхідної (сьогочасної) екогеоінформації в універсальному вигляді – на екологічній електронній карті, серії карт або еколого-географічному атласі.

У 1999 р. у Сибіру вчені знайшли кам'яну 3-D карту Землі, яку назвали «Карта Творця». Знайдіть інформацію про цей артефакт та зробіть доповідь

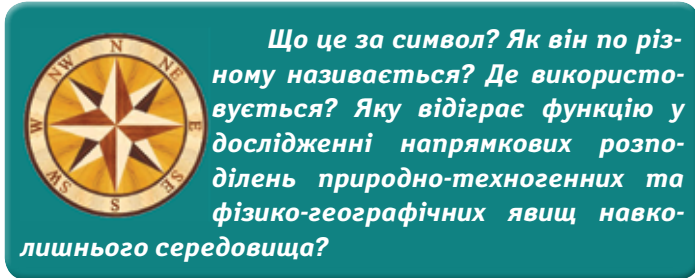
Окрім переваг даних дистанційного зондування є, звичайно, і сучасні тимчасово технічні та технологічні недоліки (неточності отримання екогеоданих). Для обробки матеріалів ДЗЗ необхідна висока кваліфікація й достатньо великий практичний досвід виконавців-картографів, фотограмметристів і дослідників екологів та географів. Використання таких екогеоданих стає сучасним при дослідженні невеликих територій (екотонів, екоферм, територій для забудови приватними котеджними містечками, рис. 12).



Рис. 12. Розпланування еколого-рекреаційної зони котеджного містечка «Золоті ворота» в ур. Конча-Заспа м. Києва

Геоінформаційне та фотограмметричне забезпечення для обробки геоінформації з використанням ДЗЗ є високовартісним. Результати дешифрування матеріалів ДЗЗ вимагають підтвердження польовими дистанційними (тактильними) дослідженнями (оскільки такі роботи

мають певну частку суб'єктивізму). У разі неможливості проведення польових робіт до матеріалів необхідно ставитися як до наближених на певний період часу.



Питання самоперевірки

1. Дайте визначення дистанційних (сенсорів) методів в моніторингу довкілля.
2. Прокласифікуйте сучасні методи топографічного (загально-географічного та екологічного) моніторингу (дослідження) навколишнього середовища.
3. Який кінцевий продукт отримується в результаті обробки даних космічних та наземних дистанційних досліджень довкілля?
4. В чому полягає актуалізація супутникових методів в екологічному моніторингу довкілля?
5. Яка значимість екологічних цифрових карт в дослідженні природного середовища?
6. Який дослідницький сенс закладений в семантику «рози вітрів» стосовно екологічного моніторингу?

Частина 1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

1.1. Дослідження Землі та навколосемного простору до 1957 р.

Креативних людей суспільства завжди вабило невідоме й таємне. З давніх часів вони мріяли про польоти над Землею й до інших планет. Ще в II ст. н. е. Лукіан Самосатський описав політ на Місяць, Сонце та до зірок на космічному кораблі, який мав крила. У XVII ст. різні вчені: Йоган Кеплер (1571-1630 рр.), Френсіс Годвін (162-1633 рр.), Джордж Хьюберт Вілкінс (1888-1958 рр.) описували польоти на Місяць різними ментальними технологіями. Так в науковій авіаційній технічній думці формувалися інтелектуальні основи авіабудування.

В китайських літописах сказано, що вже під час громадянської війни (755-763 рр.) при метяжі Ань Лушаня в Танському Китаї були використані перші ракети на пороху.

У 1516 р. військово-козацькі формування Війська Запорізького Гетьмана Михайла Ружинського (? – 1592 рр.) (рис. 1.1) на р. Кальміус застосовували ракетні катапульти з використання вогняного запалу проти татар.

У 1826 р. у Російській імперії в м. Санкт-Петербург було створено Казений завод для масового виробництва ракетниць.

У 1903 р. російський вчений, винахідник, засновник теоретичної космонавтики та письменник-фантаст К. Ціолковський (1857-1935 рр.) написав наукову працю «Дослідження світових просторів



Рис. 1.1. Михайло Остафійович Ружинський (р. н. та см. невід.) – князь, український військовий діяч, козацький полковник, козацький гетьман, уперше використав геодезичні методи в стрільбах (1585–1587 рр.).

реактивними приладами», якою заклав основи механіки польоту в атмосфері та навколосемному просторі, сконструював та механічно обґрунтував будову першого космічного корабля (рис. 1.2).

Фізичні основи теорії побудови перспективних зображень (методика нарисної геометрії) і визначення за ними форми, розмірів і просторового положення (майбутньої фотограмметрії) відносять до епохи Відродження. З незапам'ятних часів було помічено, що промінь Сонця, проникаючи крізь невеликий отвір у темне приміщення, залишає на площині світловий малюнок предметів зовнішнього світу. Предмети зображуються в точних пропорціях і кольорах, але у зменшених, порівняно з натурою, розмірах і в перевернутому вигляді. Ця властивість темної кімнати (або камери-обскури, рис. 1.3) була відома ще давньогрецькому мислителю Аристотелю, який жив у IV ст. до н. е. Принцип роботи камери-обскури описав у своїх працях Леонардо да Вінчі.

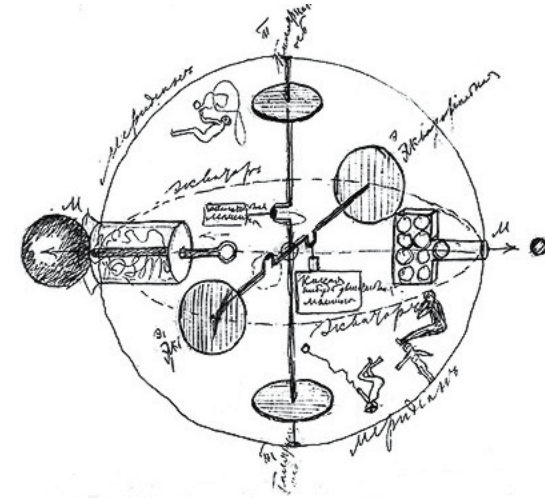


Рис. 1.2. Креслення першого космічного корабля Ціолковського (з рукопису «Вільний простір», 1883)

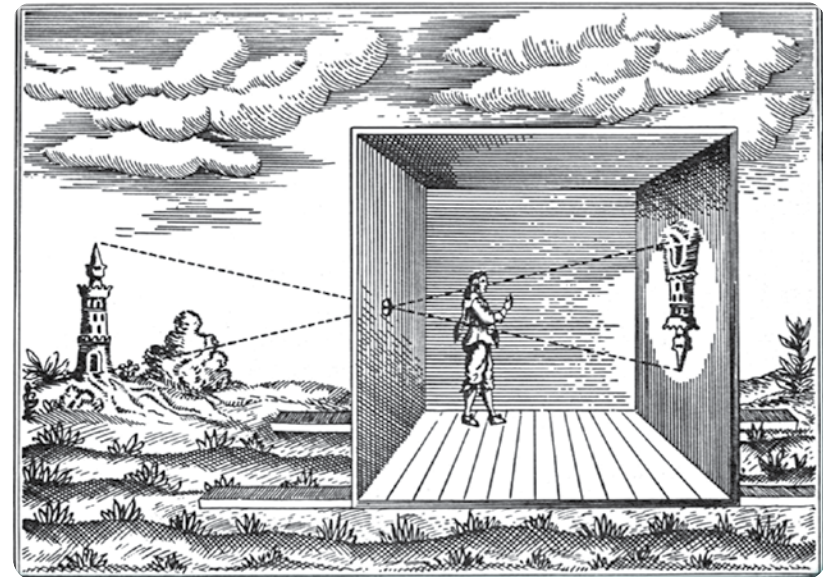


Рис. 1.3. Камера-обскура (гравюра)

У XIII ст. були винайдені окуляри. Окулярне скло застосував потім у зоровій трубі Галілео Галілей (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Зорова труба Галілео Галілея

Але найбільшого застосування аеровізуальні методи набули під час військових кампаній починаючи із XIX ст. Хоча відомо (у західній науковій літературі це замовчується), що візуальні спостереження проводили ще козаки на Січі, встановлюючи спостережні створні знаки – копці-ландмарки, з яких вели моніторинг переміщення ворожих військ – це т.з. візуальні спостереження з командних висот.

Точні аеровізуальні спостереження з повітряних засобів повітряного переміщення (повітряних куль, дерижаблів, куле-планерів) почали проводитись Феліксом Надаром (1820-1910 рр.), він першим став робити фотографії земних об'єктів з літального апарата. Так, у 1858 р. зроблені перші аерофотознімки околиць м. Париж з повітряної кулі з висоти 300 м. Відповідна технологія була запатентована як

методика фотографування з повітряної кулі для картографування і спостереження за природою (рис. 1.5).

Як ви вважаєте, яким чином відрізняються наземні візуальні та аеровізуальні спостереження? Чи не виникає оптична похибка чи інші неточності?



Рис. 1.5. Перспективний аерофотознімок кварталів м. Париж, 1858 р. (фрагмент)

У 1858-1865 рр. офіцер французьких інженерних військ Е. Сивіам виконав високоточне фототопографічне знімання Піренеїв і Альп з вершин цих гірських хребтів, які супроводжувались фотографічним розпізнаванням отриманих фотопанорам – першим дешифруванням та інтерпретацією геологічних об'єктів.

Під час Громадянської війни у США (1861-1865 рр.) повітряне знімання починають застосовувати в діючій армії в цілях військової розвідки, а в 1880-х рр. аерофотознімки були застосовані у Франції та Швейцарії при виконанні великомасштабних геологознімальних робіт при проектуванні великих інженерно-технічних споруд – залізниць, дамб, тунелів та інших шляхів сполучення.

У Росії фотознімання з аеростатів почали виконувати із середини 1880-х рр. У 1886 р. поручик саперних військ українець А.М. Кованько отримав перспективні знімки міст Санкт-Петербург та Кронштадт з повітряної кулі з висоти 800-1200 м.

Під час російсько-японської війни (1904-1905 рр.) підполковник В.Ф. Найденів здійснив повітряне фотознімання з прив'язаного аеростата для розвідки позицій противника. Крім аеростатів для підняття фотоапаратів почали застосовувати повітряні змії, ракети.

1.2. Розвиток технологій аерофотографічного знімання

Згідно з ДСТУ 2393-94 *технологія фотографування земної поверхні з літальних апаратів називається аерофотозніманням*.

У першій чверті ХХ ст. у Франції, Великій Британії, США та Німеччині були реалізовані перші аерофотознімальні рейси із розрахованими маршрутами польоту та роботою перших сконструйованих фотограмметричних приладів.

Відповідний фотограмметричний та аерофотознімальний інструментарій пройшов наступні історію становлення та запровадження у нове виробництво фотокарт:

- 1901 р. – К. Пульфрих розробив та поставив в експлуатацію **стереокомпаратор** – прилад для вимірювання знімків;
- 1908 р. – Е. Орелем сконструйований стереоавтограф – прилад для обробки наземних фототеодолітних знімків (рис. 1.6). Були впроваджені в роботу **аерофотоапарати** (рис. 1.7).

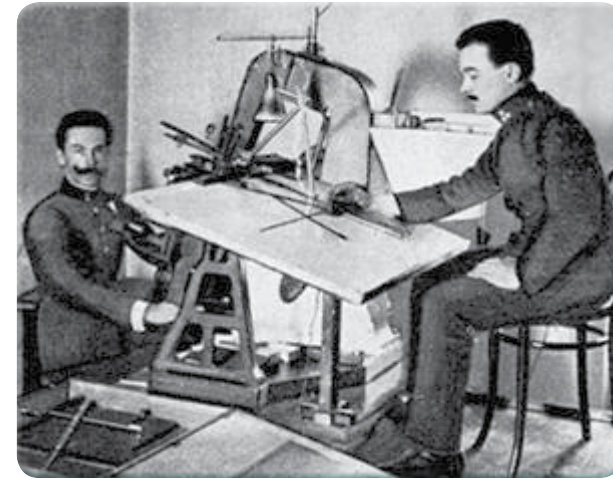


Рис. 1.6. Швейцарський фотограмметрист Е. Орель конструює стереоавтограф

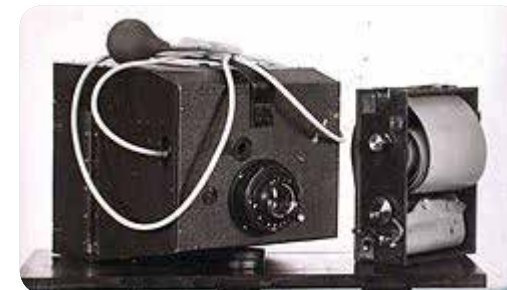


Рис. 1.7. Перший аерофотоапарат полковника В.М. Потте, 1913 р.

Перші аерофотоапарати в Росії були сконструйовані у 1913 р. інженером В.М. Потте. Це був перший у світі плівковий напівавтоматичний аерофотоапарат, який застосовувався до 1930 р.

Під час Першої світової війни (1914-1918 рр.) і після її завершення аерознімання стало розповсюдженим повсемістно. Із розвитком точного аерофотографування започаткувалася нова геоінженерна наука **фотограмметрія**, що забезпечувала точні вимірювання земних об'єктів на основі аерознімків. Це стало інноваційним технічним засобом для топографічного картографування територій та акваторій, першим дистанційним моніторингом стану навколишнього природного середовища. Отже, з того часу аерофотознімання почали використовувати й для невійськових цілей у різних галузях національного господарства.

В Україні у 1922-1924 рр. перші аерофотознімальні роботи проводилися підприємством «Укрповітрошлях» з метою геодезичного картографування землепорядних робіт. Підприємство складалося з виробничих відділів «Доброліт» та «Український повітряний шляхопровід». Географічним центром науково-виробничого українського аерофотознімання стало м. Суми, де у 1927 р. було проведено перше комплексне аерофотознімальне дослідження міського ландшафту.

Знайдіть у літературних та Інтернет-джерелах інформацію про відповідні знімальні роботи в Галичині та інших етнічних землях.

Із перенесенням столиці України у 1934 р. з м. Харкова до м. Києва було створене Друге аерофотознімальне підприємство «Держаерофотозйомка», у складі Головного управління геодезії та картографії при Раді Міністрів СРСР. Основною його спеціалізації стали контурні й комбіновані знімання для потреб аграрного сектора економіки Південно-Західної частини СРСР.

У часи незалежної України було створене Державне аерогеодезичне підприємство № 13, що зараз перетворене на Науково-дослідний інститут геодезії та картографії (рис. 1.8).

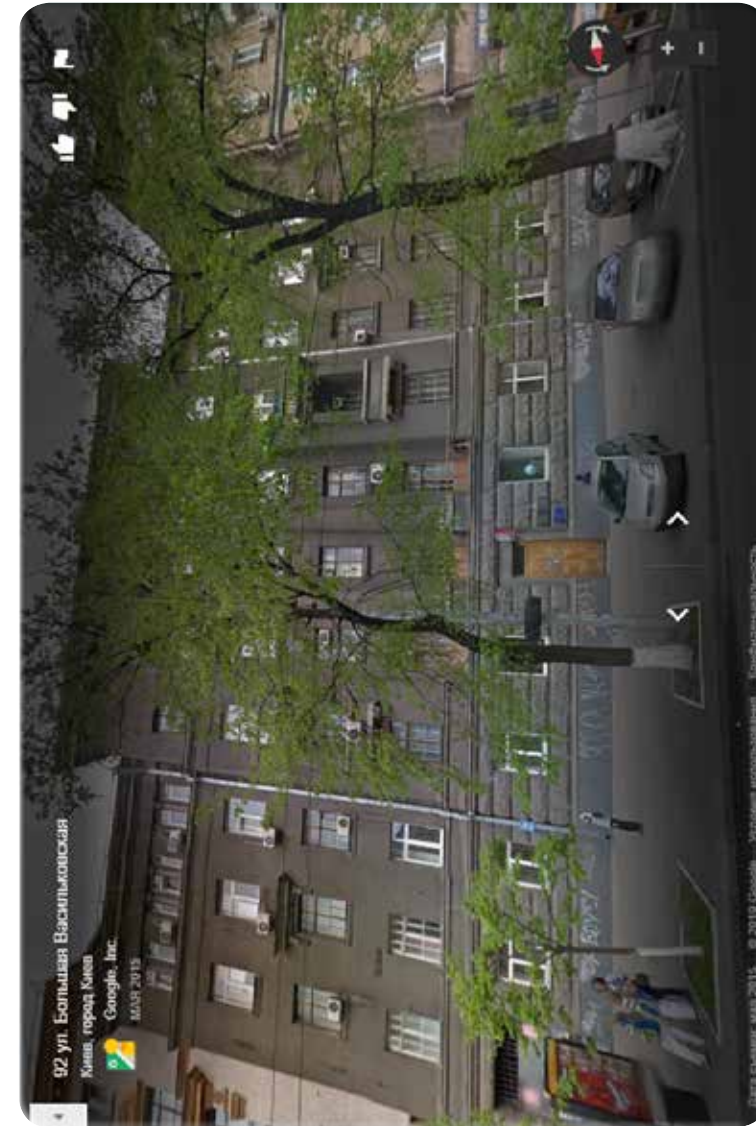


Рис. 1.8. НДІ геодезії та картографії (Київ, вул. В. Васильківська, 92)

В епоху індустріалізації (1930–1940 рр.) аерофотознімання набуло широкого поширення при проектуванні та будівництві великих промислових центрів Донбасу, Січеславщини, Криворіжжя. За допомогою цієї методики були складені карти масштабу 1: 1 000 000. Україна стала провідним центром середньо- та великомасштабного картографування.

Під час Другої Світової війни (1939-1945 рр.) були задіяні перші фототрасформовані фотографічні зображення м. Києва (рис. 1.9).



Рис. 1.9. Аерофотознімок німецькою авіцією південної частини м. Києва під час Другої світової війни

Під час війни завдяки розитку картографо-геодезичного виробництва було запроваджено в аерофотозніманні фізичні можливості видимої та невидимої частин електромагнітного спектра.

У період відновлення країни та виробництва (1945–1955 р.) вдосконалені методика й технологія картографування за аерознімками. Були сконструйовані нові універсальні та аналітичні стереофотограмметричні прилади, фотоплівки для кольорового та спектральноного знімання, нові прилади і пристрої для фотоелектронних видів знімання (рис. 1.10).

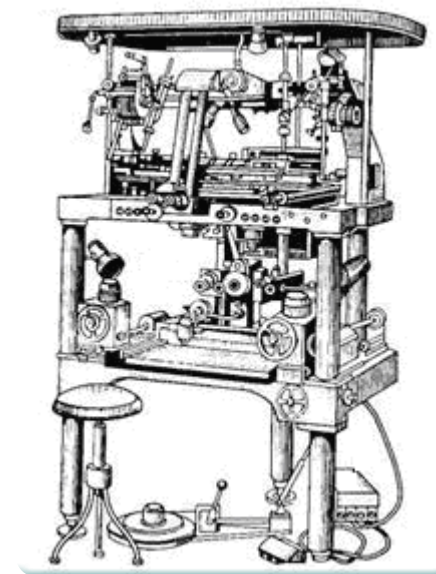


Рис. 1.10. Стереокompatор проф. Г. Романовського – прилад для стереоскопічної (об'ємної) обробки аерофотознімків

*Прочитайте про фотограмметричні прилади
Зробіть їх класифікацію та призначення в контексті екологічного моніторингу довкілля.*

Зараз аерофотознімання використовується також в авіаційному туризмі, фотографуванні з літака феноменальних астрономічних явищ: затемнень, метеорних потоків, полярних сяїв тощо. Фотографування з пасажирських літаків після ліквідації тоталітарного комуністичного режиму в нашій країні стало доступним. З'явився новий напрям аеротуризму – AeroLandSeeViewPhoto (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Панорамний аерофотознімок ланів Київської області

1.3. Космічні дослідження довкілля

Космічні дослідження Землі відбуваються з 4 жовтня 1957 р., із моменту запуску першого штучного супутника Землі, хоча факти свідчать, що таких спроб було не менше п'яти до успішного результату. Розглянемо хронологію космічного моніторингу Землі.

У 1945 р. було вперше здійснене фотографічне зображення Землі з балістичної ракети ФАУ-2 з висоти 120 км., яка була запущена на полігоні Уайт-Сендс (Нью-Мексико, США) (рис. 1.12).



Рис. 1.12. Ракетний полігон Уайт-Сендс (Нью-Мексико, США), посадка Шатлу із супроводжуючими БПЛА, лютий 2018 р.

За допомогою космічної зйомки із балістичних ракет вивчаються обсяги запасів та географічне місцезоположення природних ресурсів Землі. За всю історію балістичного ракетно-космічного знімання Землі існувало 36 науково-дослідницьких ракет типу «Vicing» та «Aerobi» (рис. 1.13).



Рис. 1.13. Комплекс науково-дослідницьких ракет «Аегобі» в музеї історії НАСА (мис Канаверал, штат Флорида, США)

Підготуйте презентаційний матеріал із історії НАСА та інших національних космічних агенцій дослідження позаземного космічного простору.

Крейсерська стеля висоти руху цих ракет складала від 40 до 400 км. Апаратура, що встановлена, обладнана датчиками видимими, інфрачервоними та мультizonальними спектрографами з метою картографування поверхні в масштабних рядах 1: 50 000-1:100 000.

У Радянському Союзі ракети геофізичної розвідки типів «ІРА» та «Р» знімали поверхню з висоти не вище 200 км.

У 1961-1973 рр. виведені на орбіту перші експериментальні метеорологічні супутники з фотографічними та телевізійними камерами. Відповідні космічні апарати вивчали кліматичні та синоптичні особливості атмосферних шарів та ступені їх забрудненості. Це такі типи пошукових штучних супутників Землі (далі – ШСЗ): «Tiros», «Nimbus», ESSA, SMS, NOAA (США), «Метеор» (СРСР).

«Метеор» – це сузір'я метеорологічних супутників Радянського Союзу (запущені 1967 р.), що мало складну структуру розгалужених наземних станцій спостереження. У США аналогом сателітних досліджень атмосфери та загальногеографічного вивчення Землі та її ресурсного потенціалу є «Landsat».

На той час, окрім військового призначення супутники виконували функцію багатьох експериментальних досліджень у галузі геодезичної астрономії, синоптичної метеорології, географічної картографії, океанології, геології, екології. Для цього були запущені цілі плеяди ШСЗ для дослідження природних ресурсів Землі: «Landsat», «Scaylab» (США), «Метеор», «Космос», «Метеор-Природа» (СРСР), вивченням гідросфери займалися ШСЗ «Seasat» (США), «Космос-1076», «Космос-1151» (СРСР), темловізорну та геофізичну зйомку проводили ШСЗ «НСММ» (США).

У 1980-х рр. до вивчення природних умов та ресурсів долучилися інші країни: Індія, Китай, Японія, Канада, Франція. Європейським космічним агентством ESA у 1983 р. виведена на орбіту Землі станція «Sraselab», а з 1986 р. функціонує супутник вивчення ресурсного потенціалу SPOT (Франція). Супутникова система «Landsat» (США) має розгалужену мережу-станцій, які розміщені по всьому світу (рис. 1.14).

З 1990 р. розгортається загальноземний проект міжнародної космічної системи дистанційного зондування Землі у цілях екологічного моніторингу «Envaigosat», в якому беруть участь понад 50 країн світу.

За межами України вже три десятиліття працюють науково-виробничі та приватні установи, що оброблюють супутникову інформацію для екологічного моніторингу, ресурсо- та природозберігання. Основна форма їх діяльності: обробка, дешифрування знімків та інтерпретація потенційно-небезпечних об'єктів. Це, передусім, провідний науково-технічний хаб США «EROS Data Center» (фотограмметрична обробка матеріалів ДЗЗ) із супутників «Landsat», в Європейському Союзі у м. Тулуза (Французька Республіка) аерокосмічний центр «CNES» (знімки із супутника SPOT).

Назвіть ще центри обробки даних аерокосмічної інформації у світі та нанесіть їх на електронну контурну карту в середовищі CorelDraw.

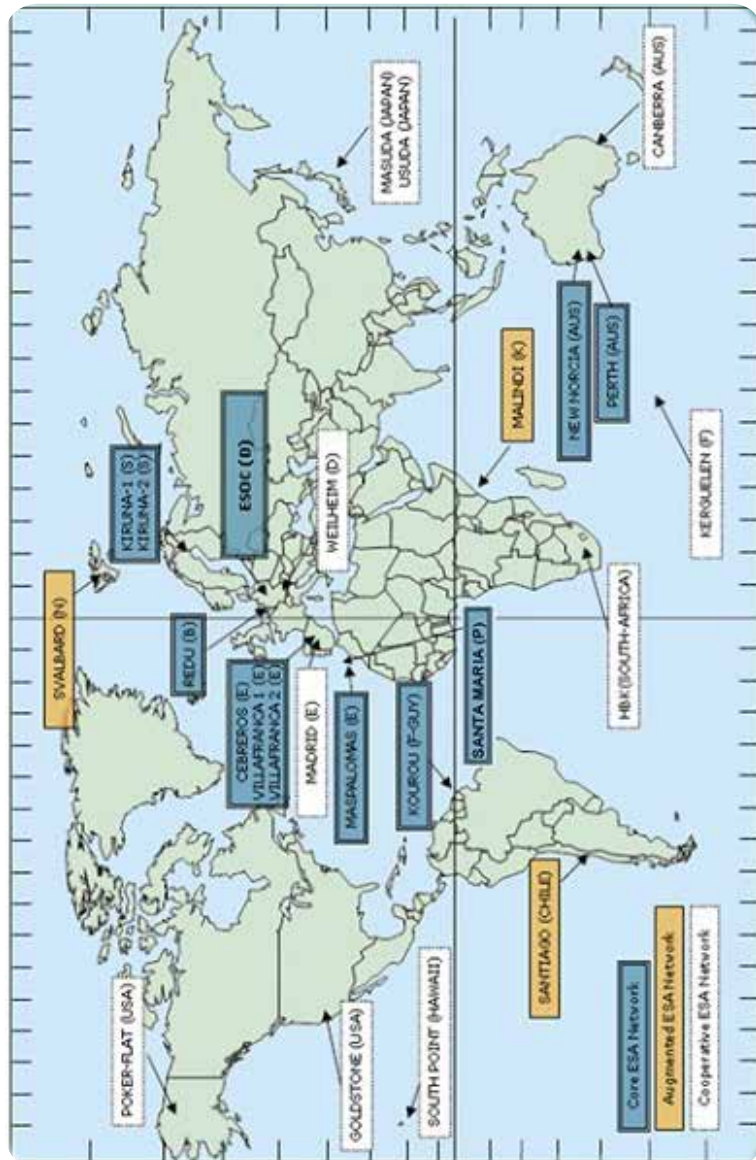


Рис. 1.14. Карта мережі станцій-спостереження Iadsat

Із законів ринкової економіки відомо, що держава є неефективним власником, тому перехід космічної галузі на ринкову основу є логічним, своєчасним та результативним.

Комерціалізація ринку відповідного сектора економіки розпочалася у США з 1984 р., коли Конгрес прийняв Федеральний Закон про переведення дистанційного зондування Землі на комерційну основу, що розпочало новий етап розвитку дистанційного зондування та практичного використання цього виду діяльності. Результатом відповідної законодавчої ініціативи стала відома у 2016-2018 рр. науково-космічна діяльність **Ілона Ріва Маска** (англ. *Elon Reeve Musk*), інженер, підприємець, винахідник, інвестор та мільярдер (рис. 1.15).



Рис. 1.15. Ілон Рів Маск (нар. 1971 р. у м. Преторія, ПАР)

Його компанія SpaceX розробляє туристичні мандрівки до навколоорбітальних станцій, виконує дослідження ближнього та дальнього Космосу.

ДЗЗ це робота не лише окремих приватних компаній, держав, а й загальнопланетарна діяльність. Організація Об'єднаних Націй створила Комітет ООН із супутникових спостережень Землі (CEOS), а пізніше була прийнята наукова програма, що отримала назву «Принципи космічного дистанційного зондування Землі», за якою установлювалися основні положення та засади науково-технічного регулювання міжнародних відносин у сфері ДЗЗ.

Україна також не стоїть осторонь світових космічних програм щодо забезпечення стійкого розвитку на Землі. У 2005 р. у Брюсселі представниками 58 країн світу, зокрема й України, схвалено програму GEOSS (Global Earth Observation System of Systems). У результаті роботи керівних директорій утворений Центр «Глобальна система спостереження Землі з Космосу». Також для просвітницької роботи в галузі ДЗЗ створено у 2000 р. міжурядову організацію GEO (Group on Earth Observations).

З кінця 2000-х рр. починає формуватися всесвітній геокосмопросторовий банк даних ДЗЗ за допомогою супутників серії «Cartosat», «TerraS», «AR-X», «COSMO-SkyMed», «RADARS AT-2».

Чому передові космічні технології та центри розміщуються на території США?

На сьогодні технологічно виникає необхідність створення систем глобального спостереження й аналізу Землі за допомогою низькоорбітальних космічних апаратів (НКА) (рис. 1.16).

Геометричні характеристики НКА:

- форма орбіт кругова;
- висота орбіти від 400 до 1000 км.;
- період обертання навколо Землі – 100 хв, завдяки чому геоінформація надходить декілька разів на добу;
- роздільна здатність знімків сягає 0,4 м/піксел, тобто 1 піксел цифрового геозображення у масштабі карти відповідає десяткам квадратних сантиметрів;
- застосовується просторова та спектральна розрізненність.



Рис. 1.16. Проект сузір'я НКА для Інтернет-провайдингу компанії SpaceX Ілона Маска на 2020 р.

Розвиток космічної діяльності у XXI ст. буде визначати нові технологічні та економічні тренди:

- комерціалізація космічної діяльності, коли космічні дані ДЗЗ будуть товаром;
- експлуатація малих космічних апаратів та космічних БПЛА;
- розвиток космічного туризму та мандрівництва.

1.4. Історія космічної діяльності в Україні в галузі моніторингу довкілля

Україна отримала омріяну незалежність у кінці XX ст., але ще у період додержавності зароджувалися та реалізовувалися ідеї аеро-космічного зондування Землі та моніторингу довкілля. До них можна віднести «Проект повітроплавного пристрою» (1880 р.) М. Кибальчича

(1853-1881), на честь якого у м. Києві назване пермісття на лівому березі р. Дніпро.

Зробіть аналіз наукових творів Ю. Кондратюка та М. Кибальчича. Які проблеми моніторингу довкілля за допомогою ДЗЗ там описуються?

Юрій Кондратюк (1897-1942 рр.) розрахував рівняння руху ракети та описав технологію роботи її двигунів, зробив розрахунок супутникових орбіт тощо. На честь нього названий Полтавський національний технічний університет.

У період до 1991 р. космічна галузь, що була розташована на території України, працювала на оборонну промисловість і лише невелика частка була спрямована на моніторинг та охорону навколишнього природного середовища. Але, необхідно зазначити, що великі науково-технічні здобутки зроблені і українськими вченими на ниві проектування космічних літальних апаратів: **Р. Проскура** (м. Харків, авіаційний інститут, запуск ракети для вивчення стратосфери); **М. Янгель** (м. Дніпро, «Південмаш-Південне», гібридні супутники для проведення наукових досліджень «Метеор» (1.17), ШСЗ для дистанційного зондування та дослідження Світового океану);

З моменту проголошення Незалежності України наша держава розпочала самостійне дослідження навколосемного простору та моніторинг Землі. За Указом Президента України № 23-786-п від 29.02.1992 р. було створено Національне космічне агентство України при Кабінеті Міністрів України (НКАУ).

1992-1997 рр. стали періодом становлення ракетно-космічної галузі України. З перших успіхів – запуск українського супутника «Либідь» (рис. 1.18). На той час почала формуватися сучасна територіально-організаційна структура дистанційного зондування Землі, що на 2019 р. складається з 25 організацій, підприємств та відомств.

Управління космічною галуззю складається з космічного та наземного сегментів. Космічний сегмент сформований із каскаду супутникових систем на орбіті Землі. Це «Січ-1», «Січ-1М», «Січ-2, -3», «Океан-О» та наносупутники «МС-1-ТК» та «МС-2-8».



Рис. 1.17. Науково-дослідницький супутник «Метеор-3» на орбіті Землі



Рис. 1.18. Перший український супутник «Либідь»

Які наукові та проектні організації входять у структуру управління Державного космічного агентства України? Складіть схему.

Для обробки даних космічного зондування Землі створені науково-дослідні установи та організації: НДІ геодезії та картографії, Центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України, Інститут космічних досліджень НАНУ, Національний центр управління та випробування космічних засобів, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Харківський радіоастрономічний інститут НАНУ. За межами України наземний сегмент представлений локально в Антарктиді на українській антарктичній станції «Академік Володимир Вернадський».

Знаменною подією в історії космічної галузі України став польот у 1997 р. першого українського космонавта Л. Каденюка на космічному шатлі «Columbia», де проводилися наукові дослідження з космічної екології (рис. 1.19).



Рис. 1.19. Леонід Каденюк (1951-2018 рр.)

З 1999 р. Україна почала розвивати власну Національну систему спостереження за Землею. Основним сателітом, що спеціалізується на ДЗЗ екологічного моніторингу гідросфери був природоресурсний космічний апарат «Океан-О» (рис. 1.20), який складався з радіолокатора бокового огляду та трьох багатоспектральних сканувальних пристроїв різної просторової розрізненості. За допомогою накопиченого космофотокартографічного банку даних шляхом дешифрування та інтерпретації вирішені наукові проблеми кадастру та землеустрою, екологічного моніторингу, охорони довкілля, водоохорони, проведено різноманітні дослідження морів та океанів.

Технічні характеристики супутника «Океан-О»:

- висота орбіти – 675 км.;
- нахил орбіти – 98°;
- призначення – формування інфраструктури космогеопросторових даних в оптичному, інфрачервоному і мікрохвильовому діапазонах спектра. За період активної роботи супутника з 1999 до 2002 рр. було отримано 174 панорамних знімки загальним обсягом 12,7 Гб.



Рис. 1.20. Супутник ДЗЗ «Океан-О» на орбіті Землі (2001 р.)

Підготуйте доповідь про космічну галузь економіки України: наукові центри, управлінські структури та успіхи.

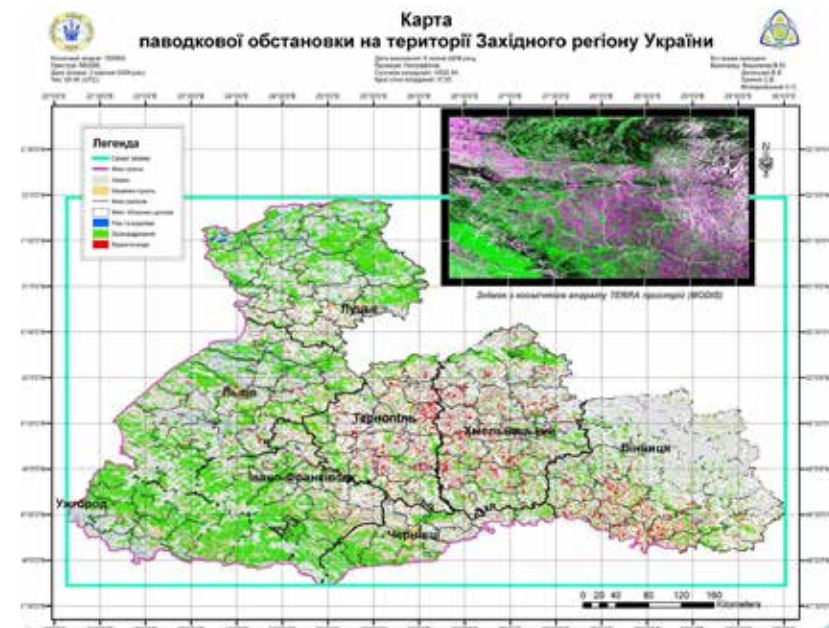
З 2010 р. виконується цільова наукова програма «Дистанційне зондування Землі», діяльність якої спрямована на запровадження, обробку та використання космічних засобів ДЗЗ з метою раціонального природо- та ресурсокористування, екологічної та техногенної безпеки України на навколишніх територіях. Розвивається системи спостереження Землі сузір'ямм ШСЗ типу «Січ».

З 2014 р. в результаті активних фаз військового конфлікту на Сході України, за допомогою НАТО створена система антикризового космічного моніторингу непідконтрольних територій України, модернізовані наземні програмно-апаратні засоби приймання, управління та оброблення екогеоінформації в інтересах військової екології (рис. 1.21).

Наземну космічну інфраструктуру в Україні становлять Спеціалізовані наземні Центри Національного центру управління та випробування космічних засобів, які за допомогою матеріалів ДЗЗ укладають постійнооновлювальні електронні карти (рис. 1.22).



Рис. 1.21. Карта наземної космічної інфраструктури України моніторингу



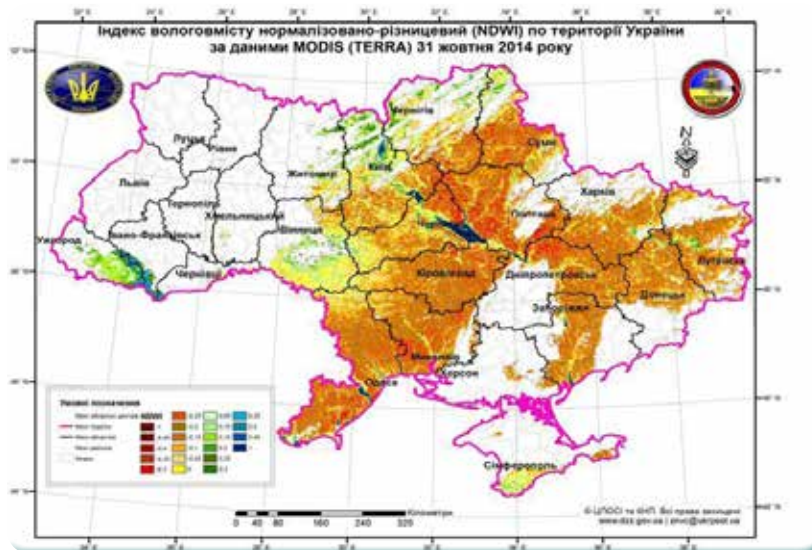


Рис. 1.22. Серія моніторингових карт екологічної безпеки України

Національний Центр структурно входить до складу Державного космічного агентства України (ДКАУ, з 2010 р.) й поєднує наземні засоби керування космічними апаратами та засобами контролю геофізичної обстановки. Акумулюється інформація спостереження Землі, що підлягає тривалому збереженню, створюються автоматизований геодезичний каталог усіх отриманих даних ДЗЗ та космофотокартографічна база даних.

У 2016 р. міжурядова група GEO почала реалізовувати комплексну наукову програму створення всесвітньої системи спостереження Землі з космосу GEOSS для отримання еколого-географічних та геофізичних даних про Землю, масштаби глобальних змін біосфери та геосфери, використання супутникових технологій у системах екологічної безпеки окремої країни.

Україна разом із Європейським Союзом у 2018 р. впроваджує Глобальну систему космічних спостережень в інтересах збереження довкілля та безпеки GMES (Global Monitoring for Environment and Security).

Україна розробляє геоінформаційну систему аерокосмічного моніторингу «GEO-UA», якою передбачається створення каскаду орбітального космічного угруповання ШСЗ типу «Січ».

Яку структуру, на вашу думку, повинна мати глобальна геоінформаційна система космічного моніторингу Землі? Чи є цим вже геопортали?

Доведено, що уніфікація космоданих Європейського Космічного Агенства та Державного космічного агентства системи космічного геоінформаційного забезпечення (GEO-UA) підвищить ефективність застосування космічних даних в управлінні екологічним моніторингом та охороною довкілля, забезпечить попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, раціональне ресурсо- та природокористування.

1.5. Картографічна діяльність як різновид дистанційного пізнання світу

Згідно з ДСТУ 2757-94 **Картографічне дослідження довкілля** – це науково-технічна дисципліна, яка розробляє технологічні прийоми створення геопросторових моделей природних об'єктів, техногенних процесів та явищ, вивчає способи, прийоми та методи укладання і видання карт за допомогою електронних засобів візуалізації, які є дистанційними при вивченні динаміки, кінематики та статистики навколишнього природного середовища.

Засновником сучасної картографії є Герард Кремер Меркатор (рис. 1.23).



Рис. 1.23. Герард Кремер Меркатор (1512-1594 рр.) – автор першого фізико-географічного атласу та картографічної проекції, яка використовується в авіонавігації та морському судноплавстві

Картографія поділяється на тематичні навчальні розділи:

- *картознавство* (види та класифікація карт, планів, атласів, у т.ч. електронних);
- *математична картографія* (методи розрахунку проекцій фізичної поверхні на площині та визначення спотворень паралелей та меридіанів);

- *картометричні роботи* – розрахунок площ та відстаней, зняття координатних даних);
- *укладання та оформлення карт* (розробка бібліотеки умовних позначень, дизайнерські підходи до маркетингового вигляду продукції);
- *цифрова картографія* (комп'ютерна обробка просторових даних у геоінформаційних системах, розробка GPS-карт для еколого-природоохоронних експедицій та спеціалізованих навігаторів);
- *інженерна картографія* (картографування будівельних майданчиків, створення мінікарт екологічного дизайну приміщень);
- *екологічна картографія* (розробка ситуаційних екологічних планів, природоохоронних карт, комплексних еколого-географічних атласів та цифрових моделей еколого-туристичних маршрутів);
- *космічна картографія* (картографування поверхонь небесних тіл та зоряного неба);
- *картосеміотика* (складання образно-знакових систем карти);
- *географічна картографія* (картографування фізико-географічних та суспільно-економічних процесів).

Чому екологічна та природоохоронна картографія - є синтетичною наукою? Що означає синтетичність в теорії науки?

Предметом вивчення картографії є докладне дослідження об'єктів земної поверхні в геометричному вимірі і розробка способів моделювання цієї поверхні для одержання інформації про об'єкти, предмети та процеси на місцевості.

Картографія – це стародавня наука. Самі картографи не мають єдиного розуміння термінологічного визначення картографії. Одні, їх більшість, вважають картографію наукою про пізнання світу за допомогою карт, інші підкреслюють, що це, передусім, галузь техніки і виробництва, що займається виготовленням карт. Є й такі, що наполягають, що картографія – це галузь інформатики, інформаційна наука,

оскільки будь-яка карта служить засобом передачі інформації між людьми. Трапляються думки, що картографія – мовна, лінгвістична наука, оскільки вона користується системою мовних знаків, тобто особливою картографічною мовою.



Рис. 1.24. Середньовічна ікона «Господь Бог – картограф»

Картографія має сакральні підґрунття, оскільки на середньовічних іконах зображували Господа у вигляді геометра, геодезиста та картографа. Це мало й практичне значення, тому що карта, як і зараз, була передусім юридичним документом, а значення картографа в суспільстві було неймовірним (рис. 1.24).

У науковій картографії найбільше визнання завоювала думка, за якою **картографія** – це наука про відображення й дослідження просторового розміщення і взаємозв'язків природних та суспільних явищ, а також їх змін у часі через образно-знакові моделі (картографічні зображення), які відтворюють ті чи інші сторони дієздатності (ДСТУ 2757-94).

У визначенні, яке належить видатному українському картографу В. Кубійовичу (рис. 1.25), виділені найважливіші особливості картографії. По-перше, підкреслено, що вона містить не лише зображення, тобто власне наповнення карт, але й дослідження, а отже, належить до числа пізнавальних природничих наук (має власні засоби для наукового пізнання навколишнього світу). По-друге, звернуто увагу на дослідження природи і суспільства, оскільки з природничими і соціально-економічними науками картографія має найбільш міцні зв'язки і спільний предмет дослідження. По-третє, карта розглядається як просторова образно-знакова модель, а відтак до неї застосовуються загальні принципи і правила моделювання.

Які картографічні, геодезичні, географічні пам'ятки історії інженерної науки ви можете назвати на території України, Києва, світу, своєї малої батьківщини? Чому відповідні символи були сакральними для тогочасної громади?



Рис. 1.25. Володимир Кубійович – доктор картографії, професор, фундатор сучасної української національної картографічної науки, автор фундаментальної праці – Атлас «Географія українських і сумежних земель» із широкою демонстрацією екологічних проблем

Знайдіть інформацію про інфраструктуру еколого-географічних та природоохоронних обсервацій моніторингу довкілля – ЛАНДМАРКІВ.

Картографія (ДСТУ 2757-94) – це наука, яка займається вивченням, розробкою і створенням географічних карт. Вона поділяється на ряд науково-технічних дисциплін: картознавство, математична картографія, складання, оформлення і видавництво карт. Ці дисципліни тісно пов'язані з комплексом питань щодо складання карт, але кожна з них має свої особливості.

Картознавство вивчає географічні карти, їх елементи, властивості, види і розвиток, а також методи використання карт.

Математична картографія розглядає математичні способи відображення сферічної земної поверхні на площині. Практично це питання зводиться до вирахування і побудови на папері картографічної сітки, яка відповідає сітці паралелей і меридіанів. У подальшому при складанні карт картографічна сітка служить основою для правильного розміщення елементів змісту карти. Картографічні сітки бувають різними за видами і своїми властивостями.

Складання карт, якщо не говорити про топографічні знімання, полягає в заповненні картографічної сітки елементами змісту карти, які беруться з картографічних матеріалів. Цей процес треба розуміти як механічне перенесення змісту з готової карти на іншу картографічну сітку. Для складання нової карти необхідно вирішувати складне завдання – правильне відображення території земної поверхні відповідно до вимог, які ставляться до цієї карти, а залежно від масштабу визначаються характер і повнота її змісту, умовні знаки, методи і способи різних робіт. Результатом складальних робіт є викреслена за допомогою комп'ютерних пристроїв в певних умовних знаках карта, яку називають її видавничим оригіналом карти.

Оформлення карт полягає у виготовленні авторського оригіналу карти, який є точною копією видавничого оригіналу і виконаного чистовим кресленням у чіткій відповідності до прийнятих умовних знаків (рис. 1.26).

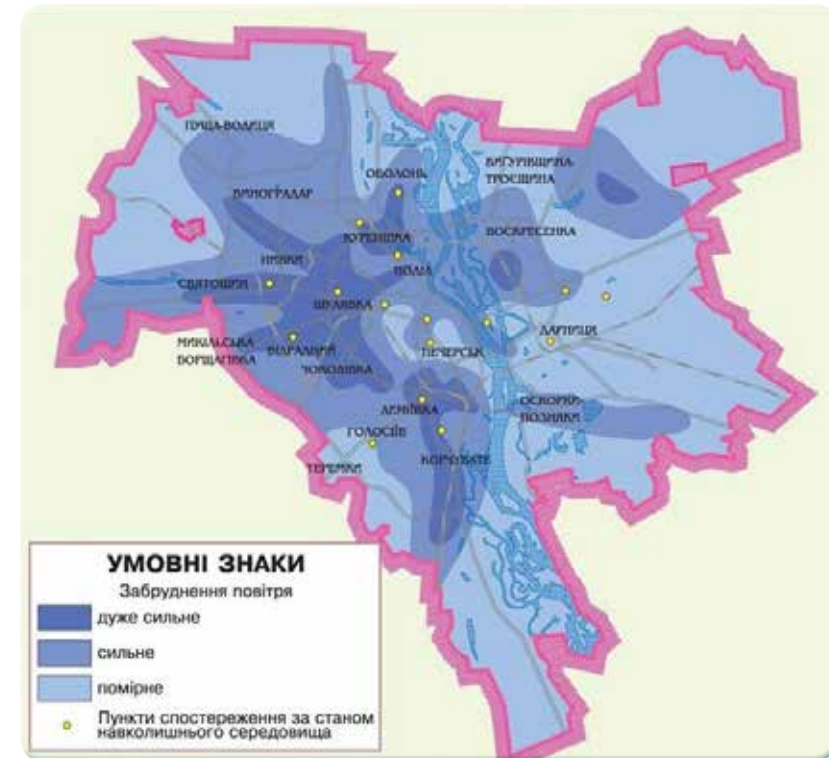


Рис. 1.26. Приклад оформлення карти (карта із Екологічного атласу м. Києва)

Видавництво карт відтворює оригінал карти і одержання необхідної кількості відбитків листів карти у повній відповідності прийнятим умовам її естетичного оформлення.

Картографія тісно пов'язана з географією, геодезією, аерофотопографією (фотограмметрією), астрономією і гравіметрією. В результаті астрономічних, гравіметричних і геодезичних робіт картографи одержують дані про форму і розміри Землі та географічне положення окремих (опорних) точок на земній поверхні. Ці дані необхідні для побудови математичної основи карт.

Чому дизайнерське оформлення карти відіграє важливе значення при оцінюванні картографічної моделі в контексті її інформаційної цінності?

Різні види знімачів дають карти великих масштабів, які є вихідним матеріалом для складання інших карт.

1.5.1. Історія світової та української наукової картографії

Перші карти – «дорожні путівники», карбувалися на металі (античних щитах) чи шкурах та викреслювалися на папірусі ще в III тис. до н. е. Власні картографічні школи існували в Давньоєгипетському, Критському, Хетському, Вавилонському царствах, Китайській та Ассирійській імперіях. У Стародавній Греції з розвитком мореплавства з'явилися спеціалізовані каботажно-морські карти-періпли, які поряд з графічним зображенням містили текстову частину опису віддалених земель, портів та відстаней між ними.

Найдавнішою картою довкілля в світі вважається Чандарська карта, яка є картографічним феноменом. На карті показана територія Південного Уралу, яка була знайдена експедицією у 1999 р. Це карта на камені складається із сотень плит, на яких показані ріки та гори, астрономічні дані для даної місцевості. Технологія створення такої карти є надсучасною – 3D-технологія просторового картографування. Карта-феномен має ще назву «Карта Творця» (рис. 1.27).

В Україні картографічними артефактами є карта, яка знаходиться у Київському обласному археологічному музеї в с. Трипілля (рис. 1.28), де показані материки та океани, моря, міста та Межиріцька кам'яна карта, яка демонструє навколишні території поселень первісних людей на території України (рис. 1.29).

Початки наукової картографії закладені великим ученим античного світу Клавдієм Птолемеєм (II ст. до н. е.). Він, щоправда, називав її географією, але завдання розумів по-сучасному. У «Керівництві з географії» К. Птолемеєм вчив, що «...географія є лінійним зображенням всієї нині відомої нам частини Землі з усім тим, що на ній знаходиться... Вона зображає положення і обриси з допомогою одних



Рис. 1.27. Чандарська карта – літологічна 3-D-карта, артефакт, має назву «Карта Творця»



Рис. 1.28. Трипільська карта світу із експозиції Київського обласного музею с. Трипілля Київської області



Рис. 1.29. Межиріцька карта – перша палеокарта, яка знайдена на території України

тільки ліній і умовних знаків... Усе це з допомогою математики дає нам можливість побачити Землю в одній картині подібно до того, як ми можемо оглянути небесне склепіння в його обертанні над нашою головою...».

Багато століть поняття «картографія» і «географія» були нерозлучними. Лише в XIX ст. відбулося відокремлення картографії як науки. Це було пов'язано з активною розробкою математичних аспектів картографії, теорії проєкцій, аналітичних методів. В Україні термін «картографія» з'явився в середині XIX ст. як технічний термін.

У XIX ст. у розвитку сучасної картографії намітилися дві головні тенденції. З одного боку, вона вдосконалюється як інженерно-технічна галузь знань, а з іншого – як наука пізнавальна, яка має тісні зв'язки з загальною теорією пізнання, природничими і соціально-економічними науками.

Один із найбільш перспективних напрямків розвитку сучасної картографії – географічна картографія, основу якої складає вивчення

за допомогою карт географічних систем: природних, економічних, соціальних.

До завдань географічної картографії належать:

- картографічна інтерпретація географічних даних;
- картографічне моделювання географічних явищ і процесів;
- картографічне забезпечення охорони природи, освоєння нових земель, промислового і цивільного будівництва, розвитку енергетики, туризму тощо.

Які ще картографічні пам'ятки на території України ви знаєте? Які карти на територію України знаходяться в музеях міста Києва?

У процесі розвитку географічної картографії і промислової індустрії виникла спеціальна картографічна дисципліна – *екологічна картографія*.

Картографія довкілля покликана бути на службі практично всіх міністерств та відомств України, громадських екологічних організацій та профільних навчальних закладів.

1.5.2. Наукові проблеми екологічного картографування

Екологічне картографування активно розвивається в останні півстоліття і стало одним із основних засобів географічного пізнання дійсності, моделювання стану довкілля, а також невід'ємним елементом у вирішенні питань раціонального природокористування, охорони природи та збалансованого розвитку.

Актуальність використання картографічного методу в дослідженні екологічних проблем полягає в тому, що він дозволяє за допомогою карт, побудованих на принципах системного просторово-часового моделювання, вивчати властивості навколишнього природного середовища, їх зміни в часі, зв'язку та просторові відносини. Для досягнення цієї мети потрібно виконати збір, аналіз, інтеграцію, територі-

суспільства і природи (забруднення навколишнього середовища і оцінка екологічних наслідків, біоіндикація стану екосистем, використання рослинних і тваринних ресурсів, біоекологічні проблеми регіонів тощо.

Біоекологічні карти становлять значний науковий і практичний інтерес для багатьох географічних, екологічних, біологічних наукових галузей знань. Вони є невід'ємною частиною серії пов'язаних карт природи і можуть бути корисні в картографічному забезпеченні природоохоронної діяльності, в тому числі при розробці екологічних мереж, виділенні еталонних ділянок, особливо охоронюваних природних територій. Вони служать науковою основою для оцінки сучасного стану та прогнозування розвитку природних екосистем при екологічних експертизах в проектній діяльності. Особлива роль відводиться їм у складанні оціночних карт біорізноманіття та при моніторингу стану природного навколишнього середовища.

В Україні з 2019 року запроваджуються нові Європейські регламенти (№ 2 5-E U2 019) відносно класифікації картографічної продукції.

Вивчить відповідний стандартизований нормативний документ Європейського Союзу та дайте відповідь на наступні запитання:

- 1. До яких категорій моделей відноситься цифрова карта?**
- 2. Чим відрізняється серія цифрових моделей реальності від цифрових карт? Чи не вважаєте ви поняття «карта» - технологічним атавізмом в I пол. XXI ст.?**
- 3. Чому атласне картографування замінене дефініцією (терміном) - «««оверлейне моделювання простору»?»**
- 4. Що таке цифрова реальність?**
- 5. У чому зазначається інтерактивність цифрової реальності?**

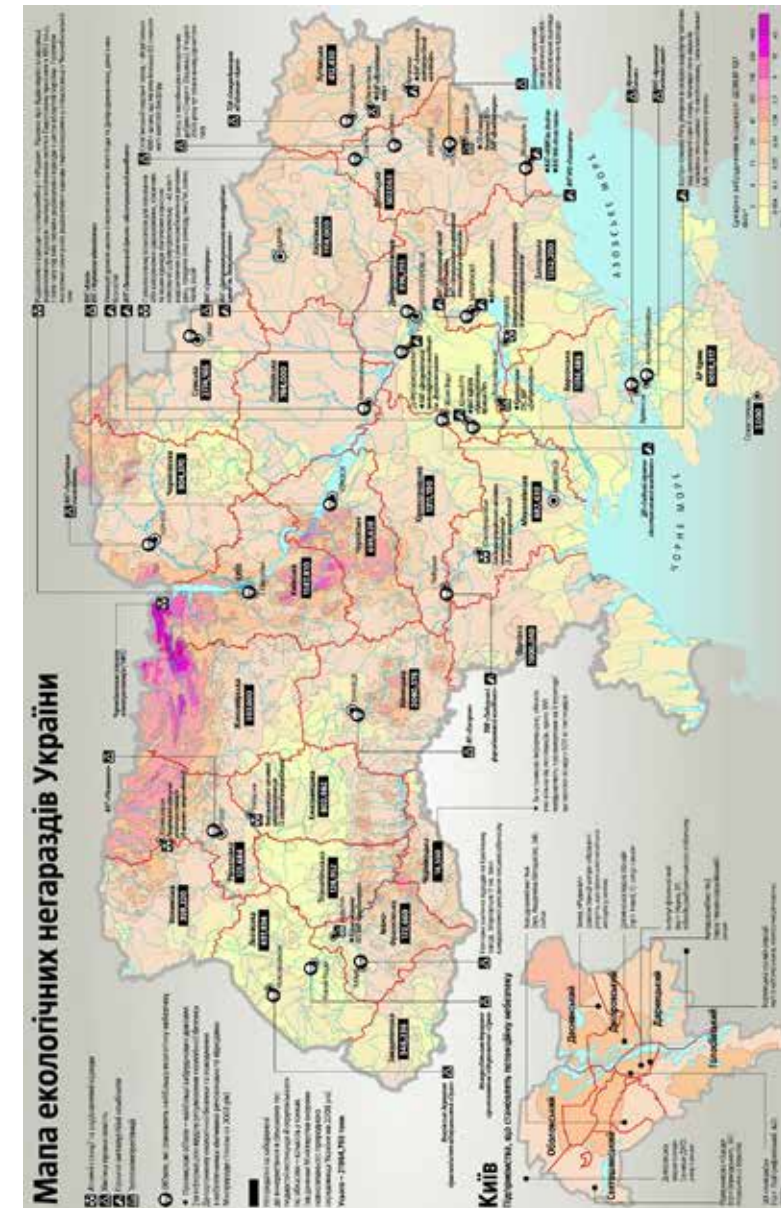


Рис. 1.31. Комплексна (синтетична) екологічна карта України

1.5.3. Національна інфраструктура геопросторових даних

Географічна інформація в сучасних умовах перетворилася у важливий стратегічний ресурс державного управління та загальносуспільний продукт споживання, у вагомий чинник сталого соціально-економічного розвитку країни та інтегрування її в глобальний інформаційний простір.

Геопросторові дані створюються переважно в цифровій формі за використанням сучасних інформаційних та супутникових технологій, дистанційного зондування Землі та цифрових методів картографування і складають основу широкого застосування геоінформаційних технологій в кадастрових та моніторингових системах, навігації, транспорті, аграрному комплексі та обороні.

Чому інфраструктура геоданих є державною справою? Чи не порушує це принципи ринкової економіки та конкуренцію?

Зважаючи на постійно зростаючі обсяги геопросторових даних, їх високу вартість, багатогалузеве походження і широке застосування, а також на проблеми, що об'єктивно виникають в організації міжгалузевої взаємодії при виробництві, використанні та інтегруванні даних з різних джерел, у більшості країн світу розроблені та реалізуються державні програми створення національних інфраструктур геопросторових даних, які об'єднують усі ланки і види забезпечення виробництва, постачання та використання геоінформаційних ресурсів на основі знімань із квадрокоптерів (рис. 1.32).

Національна інфраструктура геопросторових даних спрямована на удосконалення системи забезпечення потреб суспільства в усіх видах географічної інформації, підвищення ефективності використання геопросторових даних та геоінформаційних технологій в системах підтримки управлінських рішень органів державної влади, місцевого самоврядування, в економічній, соціальній, екологічній, оборонній і науковій сферах в інтересах держави, суб'єктів господа-

рювання і громадян на основі створення і сталого розвитку національної інфраструктури геопросторових даних України як складової єдиного інформаційного простору країни.



Рис. 1.32. Квадрокоптер (дрон) – моніторинговий пристрій для збору потокової географічної інформації

Стратегія розвитку національної інфраструктури геопросторових даних визначає основні пріоритети, принципи та напрями реалізації єдиної державної політики у сфері створення, зберігання та використання геопросторових даних України, розвитку ринку сучасної геоінформаційної продукції і геоінформаційних послуг та інтегрування України в глобальну і європейську інфраструктури геопросторових даних.

Міжнародний досвід та стан формування інфраструктури геопросторових даних в Україні

В Україні у різних галузях державних адміністраціях різного рівня органах місцевого самоврядування, кадастрових та інформаційних центрах започатковані та реалізуються проекти створення геоінформаційних систем різного проблемного спрямування і територі-

ального охоплення. Об'єктивно зростають обсяги геопросторових даних та суспільні витрати на їхнє виробництво, супроводження і використання.

Україна приймає участь у міжнародних геоінформаційних проєктах з глобального картографування, має значний науково-технічний та виробничо-технологічний потенціал для створення геопросторових даних із застосуванням сучасних методів дистанційного зондування Землі, цифрових методів геодезичних вимірювань, заснованих на супутникових технологіях.

Чи має інфраструктура геопросторових даних ієрархію? Назвіть їх та дайте функціональне призначення кожній складовій.

Разом з тим, існуючий стан створення геоінформаційних ресурсів та надання геоінформаційних послуг в Україні характеризується низкою проблем та негативних явищ:

- переважно відомчий принцип формування геоінформаційних ресурсів без належного рівня координації та взаємодії;
- значне дублювання топографо-геодезичних та картографічних робіт;
- обмежений доступ до геопросторових даних, що накопичуються у відомчих фондах;
- відсутність єдиної системи національних стандартів на геоінформаційну продукцію; невідповідність законодавства у сферах геодезії і картографії, державної таємниці, сертифікації, ліцензування, інформаційних та геоінформаційних технологій сучасному постійно зростаючому рівневі розвитку науки і техніки, вимогам органів державної влади, суб'єктів господарювання та громадян до якості й оперативності доступу і отримання геопросторових даних;
- відсутність доступних метаданих про геодезичні і картографічні роботи та про створені за їх результатами геопросторові дані;

- недостатнє фінансування геодезичних і картографічних робіт загальнодержавного значення, внаслідок чого державні карти і плани вчасно не оновлюються, а 80% матеріалів і даних Державного картографо-геодезичного фонду не відповідає встановленим нормативам за відповідністю стану місцевості;
- відсутність організаційної структури та мережі геоінформаційних центрів, уповноважених та відповідальних за створення і ведення баз геопросторових даних на загальнодержавному, регіональному та місцевих рівнях.

Аналіз цих та інших проблем свідчить про необхідність вдосконалення державної політики у сфері формування і використання геоінформаційних ресурсів в Україні на засадах створення та сталого розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних.

Мета, основні завдання та принципи створення національної інфраструктури геопросторових даних

Основною метою створення національної інфраструктури геопросторових даних України є забезпечення зростаючих потреб суспільства в усіх видах географічної інформації, підвищення ефективності застосування геопросторових даних та геоінформаційних технологій в інтересах сталого розвитку суспільства.



Рис. 1.33. Радіогеодезичні присторої – навігаційні системи визначення просторової геолокації за допомогою LBS

Формування національної інфраструктури геопросторових даних України спрямовано на вирішення основних завдань:

- удосконалення нормативно-правового та організаційного забезпечення геоінформаційної діяльності в країні, в тому числі на рівні прийняття Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», спрямованого на посилення координації та взаємодії державних установ, органів місцевого самоврядування, підприємств і організацій усіх форм власності в сфері виробництва та використання геоінформаційних ресурсів з метою мінімізації дублювання робіт із збирання та реєстрації геопросторових даних, досягнення сумісності даних від різних виробників, усунення необґрунтованих бар'єрів і обмежень в інформаційній взаємодії виробників і споживачів даних;
- створення міжвідомчого координаційного органу з формування та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних з широкими повноваженнями у сфері методичного забезпечення проблеми та налагодження міжвідомчої взаємодії (рис. 1.33);
- модернізація існуючої системи виробництва геопросторових даних та картографічної продукції на основі всебічного застосування цифрових методів, супутникових методів визначення координат, дистанційного зондування Землі, баз геопросторових даних та геоінформаційних технологій;
- забезпечення постійно діючого пооб'єктного топографічного та геоінформаційного моніторингу території, за якого бази геопросторових даних актуалізуються синхронно змінам ситуації на місцевості;
- створення національної системи технічних регламентів та стандартів у сфері геоінформатики, гармонізованих з міжнародними стандартами;
- формування інтегрованих баз геопросторових даних та метаданих загальнодержавного, регіонального і місцевого рівнів;
- розгортання мережі геоінформаційних центрів, геоінформаційних порталів та спеціалізованих підприємств, що охоплює органи державного управління, місцевого самоврядування, основні галузі економіки і сфери діяльності, в яких виробляється та використовується географічна інформація;

- забезпечення рівноправного, широкого та відкритого доступу споживачів до геопросторових даних на основі застосування телекомунікаційних технологій, глобальних інформаційних мереж та інтегрування України в європейську і глобальну інфраструктуру геопросторових даних;
- підтримка та розвиток національного виробництва геопросторових даних, засобів отримання і розповсюдження даних;
- подальше розширення ринкових відносин у сфері топографо-геодезичної, картографічної, кадастрової та геоінформаційної діяльності.

До основних принципів створення і розвитку інфраструктури геопросторових даних належать:

- інформаційна безпека України в геоінформаційній сфері, яка визначається сукупністю збалансованих інтересів особистості, суспільства і держави;
- підпорядкованість процесів створення та функціонування інфраструктури геопросторових даних вирішенню пріоритетних задач соціально-економічного розвитку, державного управління, забезпечення обороноздатності і національної безпеки країни;
- узгодженість та збалансованість прав і обов'язків органів державної влади, органів місцевого самоврядування і суб'єктів господарювання при формуванні інфраструктури геопросторових даних на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях;
- максимальне використання вже створених геоінформаційних ресурсів;
- формування організаційної структури на основі існуючих організацій, що знаходяться в підпорядкуванні державних органів виконавчої влади й органів місцевого самоврядування;
- використання діючих міжнародних стандартів при розробленні технічних регламентів та національних стандартів для створення і надання в користування геопросторових даних і метаданих;
- обґрунтованість, цілісність, повнота та достовірність даних на основі реєстрації відомостей тільки із первинних документів, які прийняті за офіційні джерела вхідної інформації;

- виключення дублювання робіт і використання бюджетних коштів для створення геопросторових даних на всіх рівнях державного управління та місцевого самоврядування на основі реалізації економічної політики і технологій реєстрації даних, що стимулюють збирання даних за принципом «тільки одноразово» для будь-якого об'єкта;
- уніфікація геоінформаційних ресурсів на основі використання єдиного базового набору геопросторових даних, відомостей з першоджерел та застосування єдиних стандартів;
- забезпечення максимальної відкритості та доступності базових наборів геопросторових даних і метаданих для усіх громадян, суб'єктів господарювання, органів державної влади та місцевого самоврядування;
- використання глобальних загальнодоступних телекомунікаційних мереж як основного середовища інформаційного обміну геопросторовими даними;
- забезпечення комплексної інформаційної безпеки інфраструктури геопросторових даних України;
- етапність створення та розвитку інфраструктури геопросторових даних як складної організаційно-технічної системи, що характеризується еволюційністю та безстроковістю функціонування, етапністю створення, розвитку і постійного удосконалення на основі комплексного і програмного підходів.

Які комплексні підходи до вивчення інфраструктури геоданих ви знаєте?

Загальна структура та компоненти національної інфраструктури геопросторових даних

Національна інфраструктура геопросторових даних формується як складова Національної інформаційної інфраструктури України. На сферу інфраструктури геопросторових даних поширюється дія нор-

мативно-правових актів, нормативно-технічних документів, технічних регламентів і технологічних угод, що чинні в інформаційній сфері країни відносно створення та використання інформаційних ресурсів.

В інфраструктурі геопросторових даних використовуються інформаційне середовище та публічні простори (рис. 1.34), засоби телекомунікації та зв'язку, програмно-технічні комплекси та організаційно-технологічні структури, які були створені при формуванні Національної інформаційної інфраструктури.



Рис. 1.34. Мозаїчна карта довкілля м. Києва у торці станції метро «Поштова площа» (м. Київ). Демонструється басейн р. Дніпро

У свою чергу на сферу формування національних інформаційних ресурсів у частині геоінформаційного забезпечення органів державного управління, засобів доступу та використання геопросторових даних, поширюється дія нормативно-правових актів, нормативно-технічних документів, технічних регламентів і технологічних угод, які будуть прийняті при створенні інфраструктури геопросторових даних.

Національна інфраструктура геопросторових даних складається з комплексу уніфікованих регіональних, галузевих і міжгалузевих інформаційних систем, що ґрунтуються на геоінформаційних технологіях, використовує та виробляє уніфіковані геоінформаційні ресурси із застосуванням єдиної цифрової топографо-геодезичної основи (базового набору геопросторових даних) та єдиної системи технічних регламентів, стандартів, класифікаторів і кодифікаторів даних.

В інфраструктурі геопросторових даних визначаються такі основні компоненти:

- нормативно-правове та інституційне забезпечення;
- базові набори геопросторових даних;
- профільні набори геопросторових даних;
- метадані та каталоги метаданих для забезпечення пошуку і доступу до геопросторових даних;
- технічні регламенти і стандарти на геопросторові дані, метадані та геоінформаційні сервіси;
- програмно-технологічні засоби формування і актуалізації геопросторових даних, WEB-картографування та забезпечення доступу, використання і розповсюдження геопросторових даних в інформаційних мережах.

Що представляє собою Інтернет геопросторові бази даних? Чим вони відрізняються від картографо-геодезичних?

Базові набори геопросторових даних



Рис. 1.35. Картографи збирають дані геоінформації в умовах екстремальних погодних умов

Базовий набір геопросторових даних утворює ядро геоінформаційних ресурсів інфраструктури, завдяки якому просторово і тематично об'єднуються всі інші геопросторові та негеопросторові (атрибутивні, профільні, тематичні) дані, що спільно виробляються та використовуються в інтегрованому геоінформаційному середовищі інфраструктури (рис. 1.35).

Базові геопросторові дані формуються на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях. Склад базових наборів геопросторових даних встановлюється нормативно-правовими актами України. Органи державної влади регіонального рівня та органи місцевого

самоврядування наділяються правом розширення складу базових наборів геопросторових даних, що використовуються в інтересах регіонів та інших адміністративно-територіальних утворень

До базового набору включаються геопросторові дані, які відповідають як мінімум одному з таких критеріїв: придатні для використання в процесі інтеграції інформаційних ресурсів; забезпечують точну (просторову та/або атрибутивну) прив'язку тематичних даних або інших просторових об'єктів; мають підвищену стійкість до змін в просторі та часі; забезпечують зниження обсягів атрибутивних даних постійного зберігання та скорочують витрати на їхнє введення і актуалізацію.

Як системи координат позначаються на точності інфраструктури просторових даних?

Типовий базовий набір геопросторових даних визначається у такому складі: топографічна основа, кадастрові дані про об'єкти нерухомості, реєстри вулиць та адрес населених пунктів, аерофото-та космічні зображення. Вони розміщуються як загальнодоступні геопросторові дані для відкритого використання в глобальній інформаційній мережі усіма зацікавленими організаціями та громадянами.

Базові набори геопросторових даних призначені для обов'язкового використання усіма органами державного управління та місцевого самоврядування й організаціями, що беруть участь у створенні геопросторових даних за рахунок відповідних бюджетів.

Базові набори геопросторових даних є доступним державним або комунальним інформаційним ресурсом відкритого опублікування. Вони надаються усім зацікавленим особам на умовах і в порядку, установленому відповідними законодавчими і нормативно-правовими актами України. Умови та вартість надання базових наборів геопросторових даних мають стимулювати їхнє широке використання.

Створення базових геопросторових даних має носити послідовний характер, що забезпечує перехід від використання цифрових карт як базової інформації про місцевість до використання базових наборів геопросторових даних у стандартизованій цифровій формі подання.

Профільні набори геопросторових даних

До профільних наборів геопросторових даних належать усі види географічних даних, що створюються з використанням базових наборів даних і відповідають вимогам стандартів на географічну інформацію та метадані, розміщені в інформаційному середовищі інфраструктури з дотриманням принципів і правил доступу та використання геоінформаційних ресурсів. Такі набори можуть створюватися органами державної влади та місцевого самоврядування, підприємствами та громадянами.

Черговість створення профільних наборів геопросторових даних визначається з урахуванням першочергових потреб суспільства, органів державної та місцевого самоврядування для забезпечення сталого розвитку, раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього природного середовища. Склад базових та профільних наборів геопросторових даних доцільно гармонізувати з вимогами Європейської інфраструктури геопросторових даних (INSPIRE).

До профільних наборів геопросторових даних відносять каталоги геодезичних координат та картки-прив'язки відповідних реперів та триангуляційних знаків, пунктів міської полігонометрії, межових знаків та кадастрових марок (рис. 1.36).



А

Б

Рис. 1.36. Пункти Державної геодезичної мережі м. Києва (А – межовий знак міста біля Південного вокзалу, Б – пункт міської полігонометрії на розі вул. Стадійної та В. Липківського)

Прокласифікуйте пункти та знаки Державної геодезичної мережі. Яке місце вони займають в інфраструктурі ландрмарків?

Метадані геопросторових даних

Метадані містять упорядковані формалізовані набори спеціальних даних («даних про дані»), в яких описуються структура та властивості елементів географічної інформації, що зберігається і пропонується в цифровому виді (рис. 1.37).

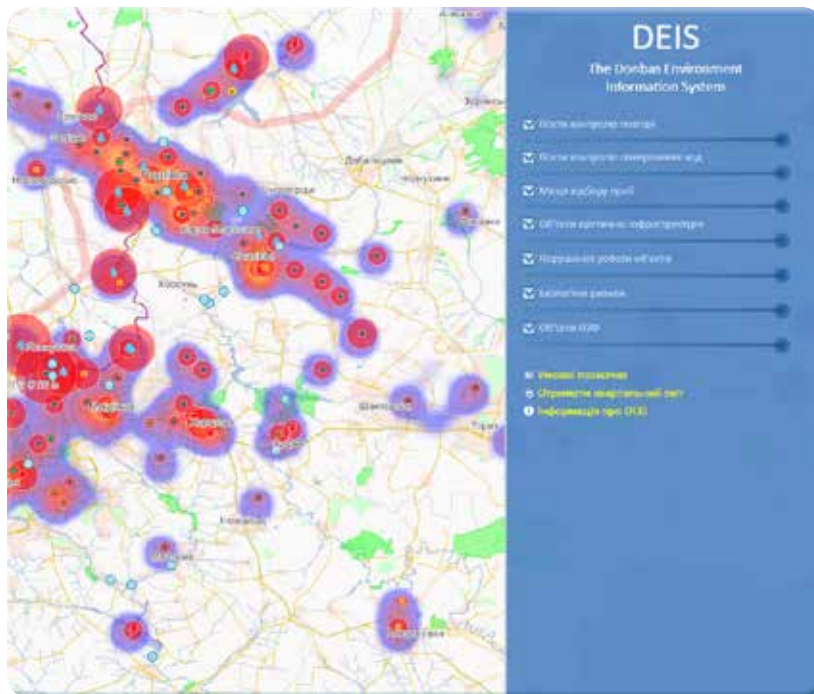


Рис. 1.37. Екологічні плани та карти інформаційної системи довкілля Донбасу (DEIS) – один з різновидів інфраструктури ГД

Метадані призначені для ведення каталогів геоінформаційних ресурсів та забезпечення процесів автоматизованого пошуку й оцінки придатності геопросторових даних потенційними користувачами і системами.

Наявність метаданих є необхідною умовою створення ринку геопросторових даних та сталого функціонування інфраструктури геопросторових даних. Організація формування, зберігання і доступу до метаданих є державним завданням.

Ведення баз та каталогів метаданих, їх розміщення в глобальних інформаційних мережах здійснюється уповноваженими центрами формування базових наборів геопросторових даних відповідно на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівнях.

Стандарти та технічні регламенти

Забезпечення інтероперабельності компонентів інфраструктури ґрунтується на створенні та дотриманні єдиної системи національних стандартів і технічних регламентів у сфері виробництва, зберігання, постачання та використання геопросторових даних.

За поданням Мінприроди наказом Держспоживстандарту затверджено Положення та склад Технічного комітету ТК 103 «Географічна інформація/геоматика», яким у 2006 році розроблено узгоджену з Українською геодезкартографією Програму гармонізації та впровадження в Україні комплексу міжнародних стандартів ISO 19100: Географічна інформація/геоматика як основа нормативно-технічного забезпечення УкрНІГД.

У чому ґрунтується система сертифікації та стандартизації геопросторових даних? Чи необхідно проводити це відповідно до карт?

Така система національних стандартів має створюватися на основі гармонізації відповідних міжнародних стандартів, включаючи каталоги наборів геопросторових даних та метаданих, правила цифрового опису, формати подання та обміну для наборів геопросторових

даних і метаданих, вимоги до якості та процедури оцінки відповідності наборів геопросторових даних і метаданих

Організаційні структури та нормативно-правове забезпечення

Удосконалювання інституційного та нормативно- правового забезпечення є визначальним чинником створення інфраструктури геопросторових даних України і має проводитися в таких напрямках:

- створення міжвідомчого координаційного органу з формування та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних;
- розроблення та прийняття загальнодержавної цільової науково-технічної програми «Створення та розвиток національної інфраструктури геопросторових даних України»;
- прийняття Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних»;
- зняття зайвих обмежень на використання геодезичних та картографічних матеріалів і даних дистанційного зондування Землі;
- внесення змін і доповнень у законодавство України з метою нормативного врегулювання;
- правовідносин зі створення і використання геопросторових даних у всіх сферах;
- розроблення технічних регламентів з питань створення, ведення, зберігання і використання базових геопросторових даних, а також відповідних національних стандартів, гармонізованих з міжнародними стандартами;
- гармонізація галузевих нормативно-технічних документів у частині обов'язкового використання базових геопросторових даних та надання з галузевих інформаційних ресурсів даних, віднесених до базових наборів.

Ознайомтеся із Законом України «Про топографо-геодезичну та топографічну діяльність» та запишіть його основні засади.

Організаційно національна інфраструктура геопросторових даних утворює мережу геоінформаційних центрів, спеціалізованих підприємств та окремих підрозділів на території країни. Ця мережа охоплює органи державного управління (рис. 1.38), місцевого самоврядування, основні галузі економіки і сфери діяльності, в яких виробляється та використовується географічна інформація.

Для забезпечення геопросторовими даними діяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, окремих галузей економіки та окремих суб'єктів господарювання можуть створюватися та розвиватися відповідні інфраструктури геопросторових даних за територіальними (регіональні, міські, районні) або галузевими ознаками (кадастрові, екологічні, транспортно-навігаційні тощо). Усі такі інфраструктури утворюються як складові Національної інфраструктури геопросторових даних з обов'язковим виконанням технічних регламентів і технологічних угод на створення, постачання та використання геопросторових даних, а також щодо задоволення потреб зацікавлених організацій і громадян в геопросторових даних на загальноприйнятих умовах щодо збереження авторських прав, забезпечення гарантованого рівня якості даних та справедливої системи ціноутворення на послуги.



Рис. 1.38. Емблема Державної служби з питань геодезії, картографії та кадастру – національна структура, що акумулює інфраструктуру геопросторових даних про Україну, в т.ч. й екологічну

Технологічне забезпечення

Програмно-технологічний комплекс інфраструктури геопросторових даних будується на основі загальної інфраструктури обміну даними в глобальних інформаційних мережах, розвиток яких передбачено відповідними положеннями цільової програми «Електронна Україна» та Національною програмою інформатизації.

Для функціонування інфраструктури геопросторових даних першочергово необхідно створити:

- систему взаємодіючих серверів базових та профільних наборів геопросторових даних, що формуються, підтримуються, актуалізуються та постачаються уповноваженими центрами в організаціях топографо-геодезичного профілю та центрами (операторами) профільних галузевих інформаційних ресурсів відповідно на державному, регіональному та місцевому рівнях;
- систему взаємодіючих серверів метаданих, через яку користувачі зможуть знаходити геопросторові дані та їх виробників і постачальників;
- мережу геоінформаційних порталів для обслуговування широкого кола споживачів готовою геоінформаційною продукцією в електронних форматах, включаючи електронні атласи національного, регіонального та місцевого рівнів, геоінформаційні ресурси системи «е-урядування» на всіх рівнях державної влади і місцевого самоврядування в усіх сферах для задоволення щоденних потреб громадян в інформації про стан навколишнього природного середовища, ринку нерухомості, транспорту та надання інших інформаційно-довідкових і пізнавальних геоінформаційних послуг.

Якими видами геоінформаційної продукції ви користуєтесь? Чи вона є сертифікованою? Яка її інформаційна точність і якість?

Основні заходи по реалізації Національної інфраструктури геопросторових даних

Створення Національної інфраструктури геопросторових даних України (УкрНІГД) віднесено до ключових напрямів Державної науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003-2020 рр. (надалі Програма), розробленої на виконання Указу Президента України «Про поліпшення картографічного забезпечення державних та інших потреб в Україні» від 1 серпня 2001 року, № 575/2001 та затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 16 січня 2003 р. № 37.

Програма УкрНІГД визначена як система організаційних структур, механізмів правового регулювання, стандартів, геоінформаційних ресурсів, метаданих, технологій, програмних і технічних засобів та людських ресурсів, необхідних для збирання, оброблення, зберігання, розповсюдження та ефективного використання геопросторових даних на основі забезпечення широкого доступу до них органів державного управління та місцевого самоврядування, підприємств і громадян.

Дайте визначення ортофотоплану. Чи він відрізняється від фотоплану? Як отримується ортотрансформоване зображення?

Організаційно національна інфраструктура геопросторових даних утворює мережу геоінформаційних центрів, спеціалізованих підприємств та окремих підрозділів на території країни, яка охоплює органи державного управління, місцевого самоврядування, основні галузі економіки і сфери діяльності, в яких продукується та (або) використовується географічна інформація. Для забезпечення потреб в геопросторових даних діяльності органів державної влади, органів місцевого самоврядування, окремих галузей економіки та окремих суб'єктів господарювання можуть створюватися та розвиватися як складові НІГД відповідні інфраструктури геопросторових даних за

територіальними (регіональні, міські, районні) або галузевими ознаками (кадастрові, екологічні, транспортно-навігаційні тощо).

Державною службою геодезії, картографії і кадастру у 2014–2020 рр. на виконання завдань Програми щодо створення НІГД виконані основні завдання:

- розроблено та затверджено техніко-економічну доповідь по формуванню Національної інфраструктури геопросторових даних, в якій передбачаються конкретні етапи та заходи;
- розроблено та погоджено із зацікавленими міністерствами та відомствами проект Концепції формування національної інфраструктури геопросторових даних України, в якій визначено склад, структуру, основні етапи та завдання УкрНІГД.
- проект Концепції та стратегія розвитку Національної інфраструктури геопросторових даних розглянуто та схвалено на розширеній міжвідомчій нараді, яка проведена в Мінприроди за участі представників Національної Академії наук, Міноборони України та інших зацікавлених відомств і організацій.

Завершено роботи з модернізації Державної геодезичної мережі України, що забезпечило виконання Постанови Кабінету Міністрів України від 22 вересня 2004 року № 1259 про впровадження з 1 січня 2007 року Державної геодезичної референційної системи координат УСК – 2000, яка відповідає сучасним вимогам щодо забезпечення єдиної високоточної координатної основи для базових та профільних наборів геопросторових даних УкрНІГД (топографічні дані, ортофотозображення (рис. 1.39), дані інвентаризації земель та Державного земельного кадастру тощо).

Підприємствами Укргеодезкартографії завершено створення наборів геопросторових даних на територію країни з роздільною здатністю масштабу 1 : 500 000 відповідно до програми участі України в міжнародних проектах глобального картографування EuroGlobalMap та Global Map із застосуванням нового устаткування.

Підприємствами Держгеокадастру створено набори геопросторових даних на територію країни з роздільною здатністю масштабу 1 : 200 000 як основи для геоінформаційних систем загальнодержав-

ного і регіонального значення, а також на територію великих міст з роздільною здатністю масштабу 1 : 10 000 та/або 1 : 2 000 як основи для ведення містобудівного та земельного кадастрів.



Рис. 1.39. Ортофотоплан м. Києва (фрагмент)

Київською ландшафтною ініціативою при детальній інтерпретації ортофотоплану м. Києва знайшли «обличчя м. Києва», що являє собою зображення голови людини. Кожному головному відділенню відповідає розміщення визначної культової споруди або відомого ландшафту (рис. 1.40).

Створено картографічний Web-сервер дослідної Української картографічної мережі для публікації та підтримки електронних карт на територію України в цілому, областей та окремих міст в Інтернет, послугами якої користується більшість Web-порталів України, підприємства та громадяни.

Дайте визначення геопорталу. Складіть таблицю геопорталів із онлайн космічними знімками та вкажіть їх WEB-адресу.

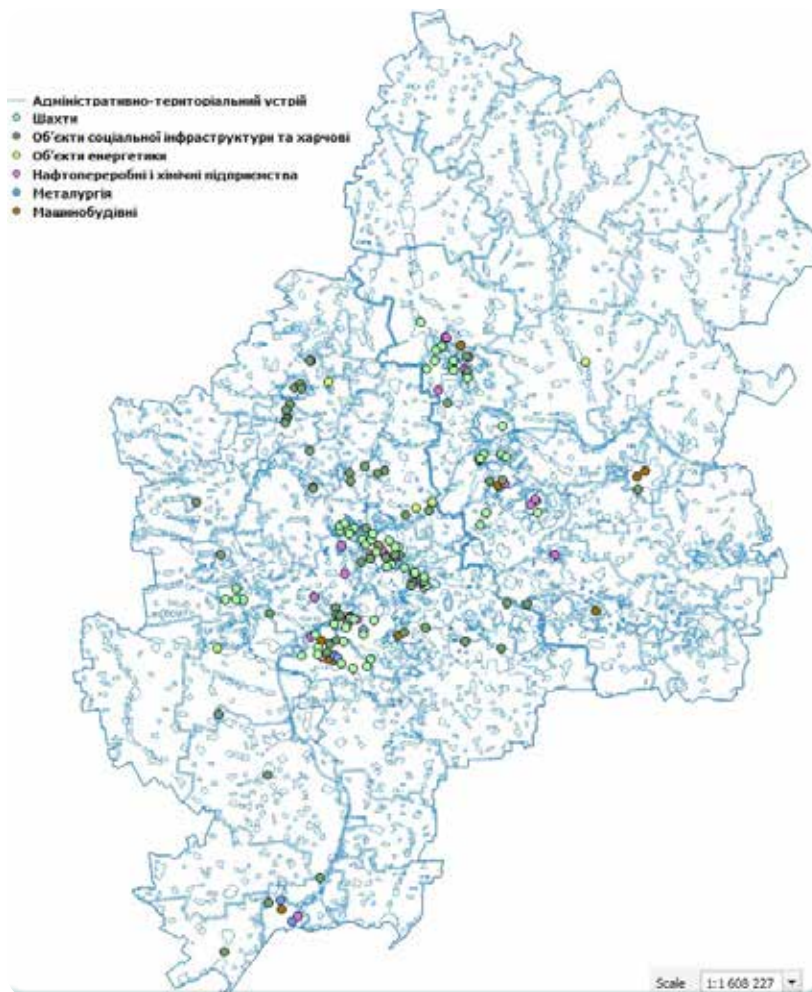


Рис. 1.42. Фрагмент ГІС-моделі територіального розподілу об'єктів критичної інфраструктури Донбасу

Крім цього, різним аспектам проблеми формування УкрНІГД присвячено десятки праць вітчизняних науковців, що опубліковані в наукових фахових виданнях, а поточні результати та завдання створення

НІГД систематично обговорюються на науково-технічних конференціях та нарадах.

21 листопада 2007 року розпорядженням Кабінету Міністрів №1021 схвалено концепцію проекту Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних», що включає:

- законодавчу, нормативно-технічну та організаційну основу для впровадження ефективної державної політики у сфері виробництва, постачання та використання геопросторових даних;
- формування єдиного геоінформаційного простору України на основі застосування єдиних координатно-інформаційних моделей та базових наборів геопросторових даних на територію країни;
- створення та розвиток сумісних інформаційних банків геопросторових даних у різних галузях та предметних сферах;
- оптимізацію витрат на виробництво і використання геоінформаційних ресурсів;
- суттєве поліпшення доступу до баз геопросторових даних, налагодження прозорого та оперативного обміну геопросторовими даними, ефективної взаємодії та координації діяльності виробників і користувачів геопросторових даних на будь-яких можливих просторових, масштабних та проблемних рівнях;
- стимулювання росту інвестицій у сферу виробництва даних і геоінформаційних послуг, а також у суміжні галузі (виробництво знімальної апаратури, іншого технічного забезпечення процесів збору, обробки й обміну даними); узгодження коротко – і довгострокових планів реалізації геоінформаційних проектів на рівні відомств і територій;
- інтегрування України у світовий геоінформаційний простір та світовий ринок геоінформаційних послуг.

Вивчить директиву Європейського парламенту та Ради ЄС «Про формування геоданих Європейського Союзу INSPIRE».

Поширюється міжнародне співробітництво та інтеграція національних інфраструктур геопросторових даних у загальні міжнаціональні та глобальні інформаційні інфраструктури. Зокрема, Європейським парламентом і Радою ЄС затверджена програма INSPIRE зі створення у 2005-2023 рр. європейської інфраструктури геопросторових даних, за сприяння ООН реалізуються проекти Глобального картографування та створення Глобальної інфраструктури просторових даних (GSDI).

Питання самоперевірки

1. Назвіть імена винахідників, з якими пов'язана поява фотографії. Коли її було винайдено?
2. З якими подіями пов'язують початок епохи дистанційних досліджень?
3. Як вплинув розвиток авіації на дослідження поверхні Землі?
4. Коли були виконані перші цивільні аерознімання?
5. Назвіть основні етапи космічного дослідження Землі. Охарактеризуйте кожний із них.
6. З іменами яких учених пов'язаний розвиток космічної галузі в Україні?
7. Назвіть склад космічної галузі України.
8. Які вітчизняні космічні апарати вам відомі?
9. Коли вперше було запущено вітчизняний штучний супутник Землі, які його основні характеристики?
10. Назвіть складові наземної космічної інфраструктури України.
11. Назвіть основні міжнародні проекти, в яких бере участь Україна.
12. Дайте сучасне визначення екологічної картографії. З якими науками картографія стикається в першу чергу?
13. Хто є засновником еколого-картографічної науки?
14. Які пам'ятки еколого-картографічної спадщини України ви знаєте?
15. Розкрийте основні хронологічні етапи розвитку світової екологічної картографії.
16. Дайте визначення інфраструктури геопросторових даних.
17. Розкрийте сутність інфраструктури геоданих.
18. Перерахуйте види еколого-географічної інформації.

Частина 2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

2.1. Основи хвильової теорії: термінологічне забезпечення

Дистанційне зондування Землі ґрунтується на хвильовій теорії, що визначає просторові та якісні властивості об'єктів з їх електричними, магнітними та геофізичними полями: теплові, інфра- та ультрааспекти випромінювання, що поділяються на власні та відбиваючі.

Загальний спектр природного електромагнітного випромінювання поділяється на (рис. 2.1, табл. 2.1):

- низькочастотне випромінювання;
- радіовипромінювання;
- інфрачервоні промені;
- видиме світло;
- ультрафіолетове випромінювання;
- рентгенівські промені;
- гамма-випромінювання.

Властивості фізичної поверхні та акваторій є простим розповсюдженням радіохвиль, яке у різних природних сферах є різне (має різну довжину хвилі). Наприклад, при радіолокаційній зйомці великі гірські масиви або великі небоскряби мегаполісів будуть відкидати

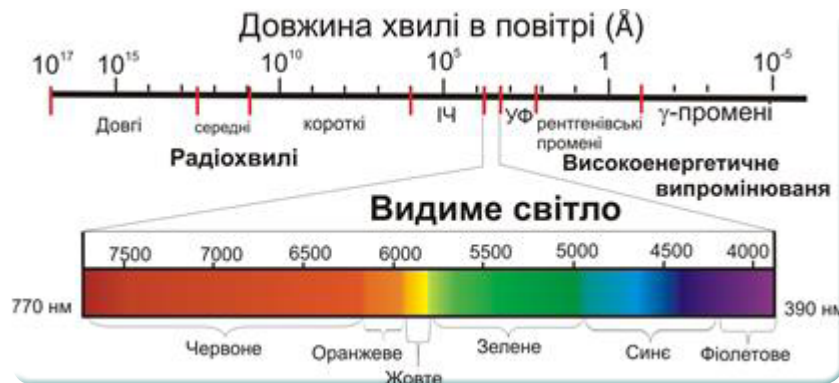


Рис. 2.1. Спектри електромагнітного випромінювання та видимого світла

Таблиця 2.1

Розподіл радіо- та оптичного діапазонів ДЗЗ

Назва діапазону	Міжнародна абrevіатура
Радіохвилі	
Хвилі інфразвукових і звукових частот	UV
Наддовгі хвилі	AM
Довгі хвилі	LW
Середні хвилі	MW
Короткі хвилі	SW
Ультракороткі хвилі	
Метрові	VHF
Дециметрові	UHF
Сантиметрові	SHF
Міліметрові	EHF
Субміліметрові	SWAS
Оптичний діапазон	
Інфрачервоний	IR
Видимий	OD
Ультрафіолетовий	UV
Короткохвильові електромагнітні випромінювання	
Рентгенівські-промені	X-R
Гама-промені	γ

«радіотінь» у короткому радіодіапазоні, а для наддовгих радіохвиль вони не будуть перешкодами.

Дуже важливою при дистанційній зйомці є наукова проблема виявлення латентних (прихованих) явищ у довкіллі, адже будь-який об'єкт на земній поверхні випромінює також власні скриті випромінювання, що у видимій частині спектра не фіксуються оптичними приладами. Інтенсивність власного випромінювання залежить від кліматичних та метеорологічних показників та довжини хвилі, що вишукує об'єкт.

Найбільш розповсюдженим в аерокосмічній зйомці в екологічному картографуванні є **оптичний діапазон зйомки** (основний елемент живлення – сонячне сяйво).

Оптичний діапазон поділяється на фізичні складові:

- ультрафіолетове випромінювання;
- видимий оптичний потік світла;
- інфрачервоне випромінювання.

Визначимо характеристики діапазонів щодо ефективності використання в дистанційному моніторингу довкілля. Так, інфрачервоне випромінювання реєструє джерела теплового випромінювання земної поверхні, а технологія має назву **тепловізорне знімання** і реєструє температуру техногенних та природних об'єктів. Недоліком методу є чутливість до фізико-хімічних характеристик довкілля, а також поглинання випромінювання в атмосфері аерозолями.

При використанні радіотеплового або надвисокочастотного діапазону реєструється радіотеплове випромінювання земної поверхні, створюється можливість геолого-гідрологічних досліджень значних товщ земної поверхні, визначення глибин залягання ґрунтових вод, пошук підземних вод. Ці дослідження не залежать від несприятливих метеорологічних умов зйомки.

На яких частотах працюють українські супутники СІЧ, ОКЕАН-О, ЛИБІДЬ тощо?

Найкраще поєднати у ДЗЗ одночасно декілька спектральних діапазонів, що отримало назву багатозонального та спектрального методу.

При використанні оптичних методів слід враховувати, що прозорість атмосфери залежить від фізико-географічних і кліматичних поясів, сезонних і метеорологічних змін, часу доби тощо. Атмосферне повітря прозоріше над акваторіями, порівняно з степовими та пустельними районами, де повітря містить багато дрібного пилу, що знижує контрастність зображення на знімках.

Космічне знімання характеризується ще таким фізичним поняттям – як розсіювання, що фіксується найбільше в ультрафіолетовій, фіолетовій і синій зонах спектру та оримало назву релеєвське. Не рекомендовано проводити ДЗЗ у блакитному діапазоні.

Існує багато перешкод для ДЗЗ. Одна із них при оптичному зніманні – хмарність.

Таблиця 2.2

Класифікація хмар

Символ	Рід	Латинська назва
↗	Перисті	Cirrus (Ci)
☁	Перисто-купчасті	Cirrocumulus (Cc)
☁	Перисто-шаруваті	Cirrostratus (Cs)
☁	Високо-купчасті	Alto cumulus (Ac)
☁	Високо-шаруваті	Altostratus (As)
☁	Шарувато-купчасті	Stratocumulus (Sc)
—	Шаруваті	Stratus (St)
☁	Шарувато-дощові	Nimbostratus (Ns)
☁	Купчасті	Cumulus (Cu)
☁	Купчасто-дощові	Cumulonimbus (Cb)

Хмарність (таб. 2.2) закриває більше половини площі земної поверхні (рис. 2.2). При плануванні знімання важливо мати дані про умови хмарності. Для цього складають сноптичні карти висотної баричної топографії висотної синоптики, які характеризують глобальний розподіл зон стійкості хмарності й дають можливість виконувати оцінку умов знімання з урахуванням того, що хмарність зазвичай не швидко розсіюється.

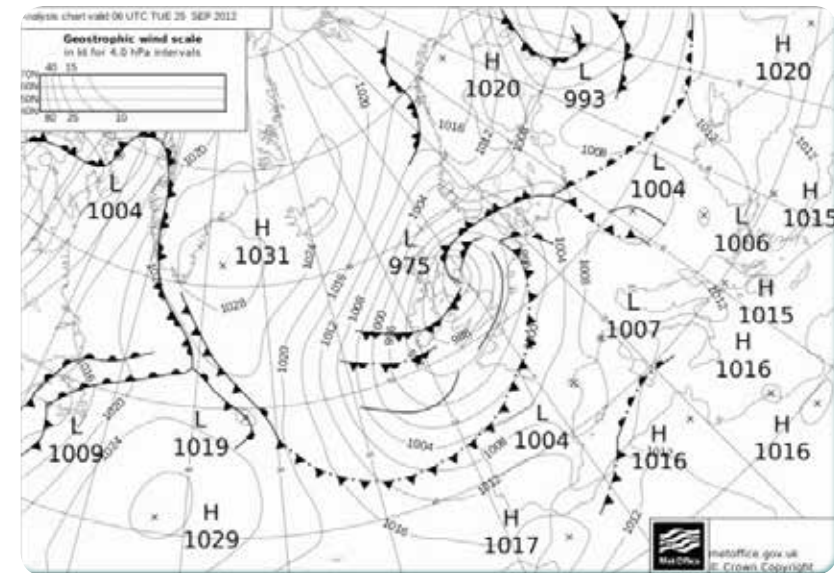


Рис. 2.2. Синоптична карта баричної топографії висотної хмарності

2.2. Методи дистанційного зондування Землі та види знімання

Згідно Національного стандарту ДСТУ 4220-2003 **Методи дистанційного зондування Землі** – це сукупність операцій одержання даних про Землю за допомогою технічних засобів ДЗЗ.

За способами локалізації інфраструктури обладнання ДЗЗ поділяється на три сегменти:

- повітряний;
- космічний;
- наземний.

Методи дистанційного дослідження складаються із наступних різновидів:

- активні;
- пасивні;
- гібридні.

Кожному з методів відповідають певні види знімачів (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Методи дистанційного зондування

Який з методів ДЗЗ є найбільш придатним до моніторингу навколишнього середовища? Відповідь обгрунтуйте.

Сучасні види ДЗЗ залежно від типу приймача та способу реєстрації природних та техногенних об'єктів, екстремальних природних явищ поділяють на візуальні, фотографічні, фотоелектронні, геофізичні.

Візуальні спостереження природних об'єктів проводяться за дистанційними безпілотними та пілотованими аерокосмічними засобами і дозволяють отримувати потокову геоінформацію про навколишнє середовище.

Візуальні спостереження з супутника (камер відеофіксації) та з повітря поєднуються з наземними тактильними інструментальними дослідженнями для уточнення геопросторової інформації на знімках місцевості. Супутникові спостереження спрощують моніторинг унікальних процесів та явищ різних розмірів та масштабів.

Які способи фіксації забруднюючих джерел космічних та аерофотоплатів ви знаєте?

Пропонуються напрямки аерофізичних досліджень для дистанційного моніторингу довкілля:

- ландшафтна природна та антропогенна трансформація довкілля;
- моніторинг компонентів ландшафтів;
- вивчення природних та антропогенних явищ та ризиків впливу: геологічні, метеорологічні, гідрологічні, урбанізаційні процеси;
- моніторинг забруднення атмосфери димарями, викиди у річки та озера тощо.

Перманентне дослідження земних просторів дозволяє роботи Міжнародна космічна станція (рис. 2.4). Земні об'єкти розпізнаються

шляхом генералізації космічного геоображення. В результаті інтерпретації відповідних знімків виявляються стародавні геологічні процеси та явища, палеоруслу річок та ставків у різні часи геологічної історії Землі.



Рис. 2.4. Міжнародна космічна станція «Альфа» на орбіті Землі

Підготуйте наукові доповіді про екологічні дослідження на МКС «Альфа».

Фотографічне знімання здійснюється у форматах зображення:

- чорно-біле (панхроматичне);
- кольорове;
- спектрозональне;
- кольорове спектрозональне;
- інфрачервоне.

При панхроматичному зніманні визначають геометричні та структурні характеристики об'єкта знімання (рис. 2.5).



Рис. 2.5. Панхроматичний (чорно-білий) знімок

Опишіть панхроматичний космічний знімок. Чому він так називається?

При кольоровому зніманні отримують зображення у дійсних (природних) кольорах (рис. 2.6).

Багатозональне знімання – це чорно-білі фотографічні знімки в різних діапазонах спектра, які за допомогою синтезування можна представити в природних або штучних кольорах (рис. 2.7).

При спектральному отримують геоображення в умовних кольорах (рис. 2.8).



Рис. 2.6. Космічний знімок Землі у дійсних (кольорових) тонах

Чому космічні зображення у кольорах є найбільш репрезентативними? Чому космічне зображення Землі є кольоровим з Космосу, а сам космічний простір є панхроматичним? Відповідь обґрунтуйте.



Рис. 2.7. Багатозональне космічне знімання

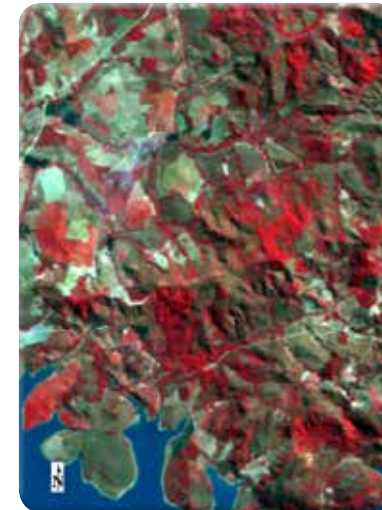


Рис. 2.8. Спектросональне космічне знімання

Фотографічне знімання забезпечує безперервність та наочність наукових досліджень, пов'язаних із вивченням і використанням природних ресурсів, тому цей метод є універсальним та ефективним.

Фотографічні зображення доступні для інтерпретації об'єктів з високою розрізненістю й одночасно з геодезичим прив'язуванням на місцевості. Ці зображення отримують високоточними знімальними камерами і відрізняються високою інформативністю та геометричною точністю об'єктів на знімках.

Фотоелектронне знімання поділяється на:

- телевізійне (рис. 2.9);
- фототелевізійне (рис. 2.10);
- теплове (інфрачервоне) (рис. 2.11);
- радіотеплове (рис. 2.12);
- радіолокаційне (рис. 2.13);
- ультрафіолетове (рис. 2.14);
- спектрометричне (рис. 2.15);
- голографічне (рис. 2.16).



Рис. 2.9. Телевізійне космічне знімання Землі

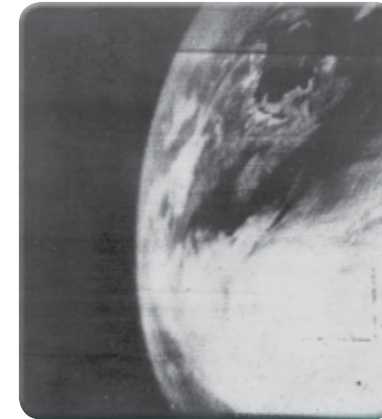


Рис. 2.10. Фототелевізійний знімок Землі з ШСЗ Tiros-1 (01.04.1960 р.)

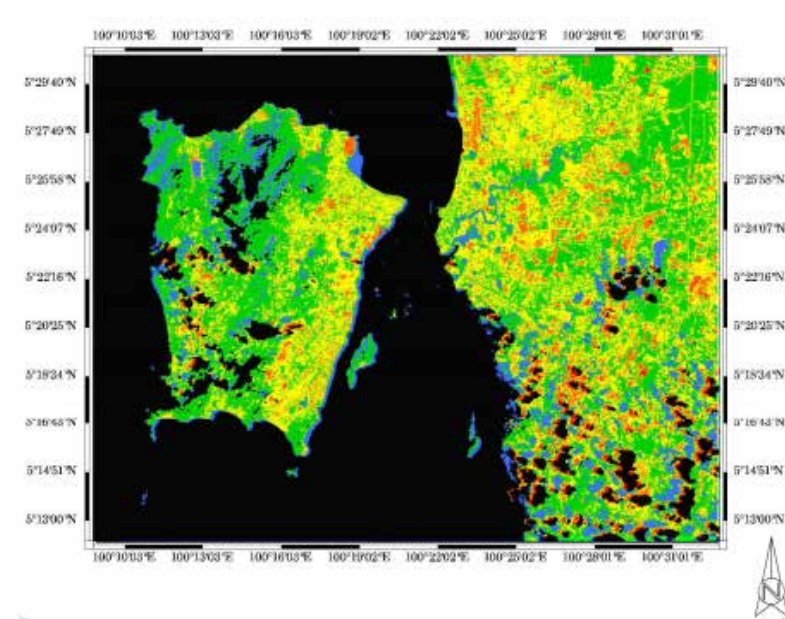


Рис. 2.11. Фрагмент тепловізорної (інфрачервоної) карти



Рис. 2.12. Радіолокаційний знімок м. Одеса

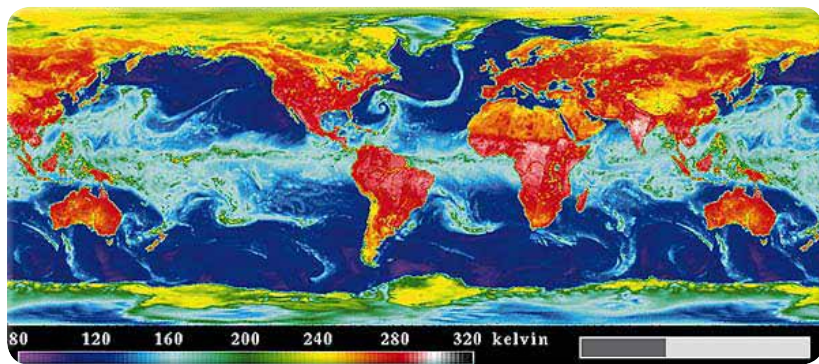


Рис. 2.13. Глобальне радіотеплове поле системи «океан-атмосфера»

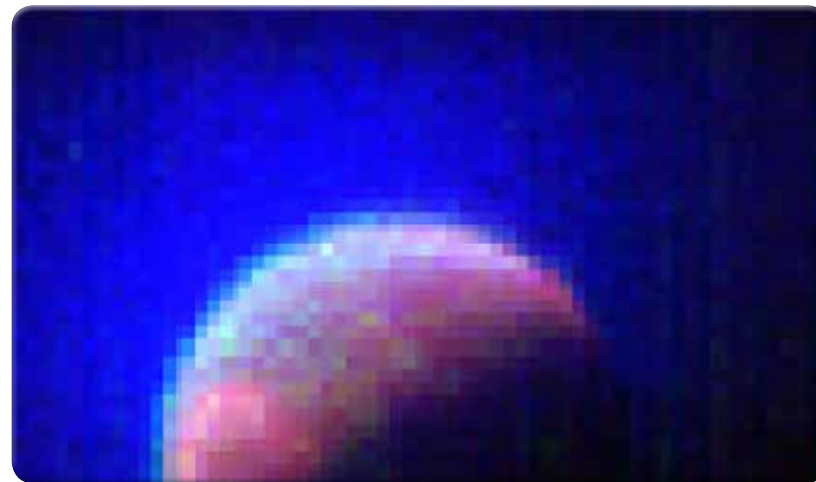


Рис. 2.14. Космічне знімання планети у УФ-діпазоні

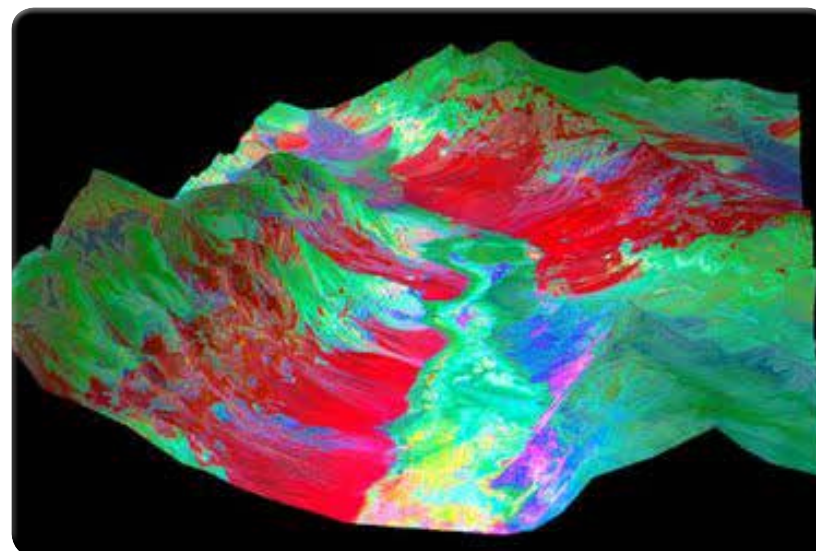


Рис. 2.15. Спектрометричне зображення земної поверхні



Рис. 2.16. Голографічне зображення світу

Чому всі методи фотоелектронного дистанційного знімання підходять для ДЗЗ-моніторингу навколишнього середовища?

ЗАПАМ'ЯТАЙТЕ:

УЛЬТРА – означає «надзвичайний», «самий крайній», «той, що крайній»
ІНФРА – означає «той, що під», «нижній»

Знімання в ІЧ-діапазоні дозволяє інтерпретувати ті об'єкти або фізичні процеси на місцевості, які не можна дешифрувати на оптичних знімках. Це гідрологічні особливості природних підземних вод, визначення ступеня вологості верхнього шару ґрунту – педосфери тощо.

Латентні (скриті) фізичні процеси дають змогу моніторити радіофізичні методи ДЗЗ. При радіотепловому зніманні реєструються природні випромінювання земної поверхні.

Радіолокаційне знімання надає повноцінну інформацію про особливості рельєфу земної поверхні, характер рослинного покриву й такі фізичні параметри, як вологість, електропровідність, щільність гірських порід тощо.

Ультрафіолетове знімання здійснюється звичайним фотографуванням земної поверхні в УФ-діапазоні. Воно можливе лише при сонячному сяйві, коли фіксуються елементи ландшафту, які найбільш відбивають УФ-випромінювання. Це, передусім, використовується в агроекологічних дослідженнях при підвищенні рівнів врожайності та визначенні фенологічних (погодних) показників вегетації.

Спектротричне знімання встановлює характер зображення об'єкта на фотознімку та відбивну здатність елементів ландшафту в інфрачервоному та радіодіапазонах.

Геофізичне знімання використовує методи ДЗЗ:

- магнітний (рис. 2.17);
- радіометричний;
- гравітаційного знімання;
- електро-;
- сейсмозв'ідка.

Тому аерокосмічні знімки забезпечують вивчення геопросторових об'єктів в основному у двомірному просторі, а геофізичні – у тривимірному.

Лазерне знімання використовують для побудови профілів рельєфу на закритих лісами територіях і для створення цифрових моделей місцевості.

Голографічне знімання є способом визначення розмірів і просторового положення об'єктів.

Прокласифікуйте види геофізичного знімання для потреб екологічного моніторингу.

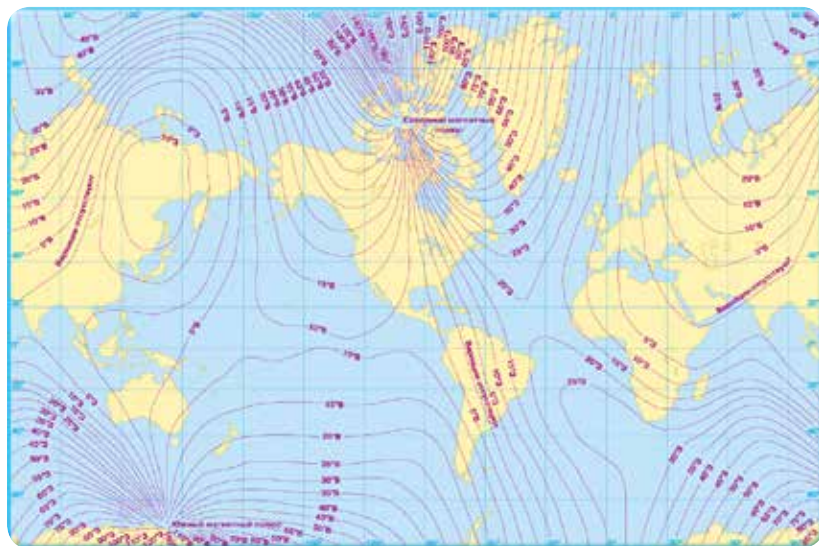


Рис. 2.17. Результати космічного геофізичного магнітного знімання

Питання самоперевірки

1. Якими параметрами характеризується хвиля? Що таке довжина хвилі?
2. Назвіть діапазони загального спектра електромагнітного випромінювання. Яку частину спектра найбільше використовують у ДЗЗ?
3. Які механізми взаємодії відбуваються при проходженні електромагнітного випромінювання через атмосферу Землі?
4. Чи можна вважати вплив атмосфери при виконанні космічного знімання постійним фактором?
5. Як впливає атмосфера на геометрію проходження відбитих від поверхні об'єктів променів?
6. Чи можна вважати оптичні характеристики природних об'єктів постійними? Назвіть фактори, які впливають на значення коефіцієнта спектральної яскравості та форму індикатрис розсіювання.

7. Чим відрізняється освітленість об'єктів від світимості?
8. Що характеризує альbedo?
9. На які групи розподілена вся поверхня за характером відбиття?
10. Назвіть два основні методи дистанційних досліджень. У чому їхня різниця?
11. Назвіть види аерокосмічного знімання.

Частина 3 НАЗЕМНЕ ДИСТАНЦІЙНЕ ЗНІМАННЯ

Прилади для польових та камеральних картографічних робіт

Прилади для польових картографічних робіт називаються геодезичними, а комплекс інструментів та приладів – **геодетикою**.

Геодезія згідно ДСТУ 2393-94 – наука про фігуру та форму Землі, її фізичні поля та високоточні знімальні роботи з метою картографування.

Які наукові завдання покладені на геодезію природокористування? Які її методи?

Розглянемо основні сучасні геодезичні прилади, що використовуються в природокористуванні та моніторингу довкілля.

Цифровий теодоліт. Згідно загальноприйнятого визначення, за його допомогою проєктують напрямки (від лат. *proiectus* – «кинутий» або «витягнутий вперед») для передачі дирекційного кута на земній поверхні.

Цифровий теодоліт – це геодезичний інструмент для визначення напрямів і вимірювання горизонтальних і вертикальних кутів при геодезичних роботах, топографічних і маркшейдерських зйомках, в будівництві тощо. Основною робочою мірою в теодоліті є горизонтальний і вертикальний круги з поділом на градуси, мінути і секунди (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Електронний теодоліт ADA DigiTeo 5

Цифровий нівелір – геодезичний прилад призначений для визначення перевищення між точками (нівелювання) та висот відносно заданої рівневої поверхні. Нівелювання застосовують при вивченні форм рельєфу, у будівництві та експлуатації споруд та виконанні інших геодезичних робіт (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Цифровий нівелір Leica

Принцип вимірювання перевищень висот оптичним нівеліром досить простий: за допомогою підйомних гвинтів трегера прилад розміщується горизонтально, потім спостерігач по черзі бере відліки по

відліковій рейці із сантиметровими поділками, яка встановлюється на протилежних між приладом точках. Різниця у відліках і дасть перевищення між спостережними точками.

Найбільш поширені нівеліри марки *Topcon*, *Sokkia*, *Vega*, *Setl*, а також нівеліри вітчизняного виробництва марки *УОМЗ*.

Електронні тахеометри – це високоточні і високоякісні сучасні геодезичні прилади, які значно спростили проведення геодезичних вимірювань (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Вигляд цифрового тахеометра

Електронний тахеометр складається з кутомірної частини, світлодалноміра і вбудованого комп'ютера. За допомогою кутомірної частини визначаються горизонтальні і вертикальні кути, світлодалномера – відстані, а вбудований комп'ютер вирішує різні геодезичні задачі, забезпечує управління приладом, контроль і зберігання результатів вимірювань. Результати вимірів можна перенести на ПК і обробити в спеціальних програмах.

Електронні тахеометри можуть працювати як у відбивному режимі (спостерігач веде вимірювання на спеціальних пристроях – відбивачі, призми, що відображають марки), так і в безвідбивному режимі (спостереження безпосередньо на спостережуваному об'єкті).

Існують також роботизовані тахеометри, за допомогою яких спостереження може вести одна людина. Ці прилади за заданою програмою самі знаходять положення відбивачів і проводять виміри. Область застосування електронного тахеометра досить широка: природокористування, землевпорядкування, топографія, картографування тощо.

Основні функції тахеометра – визначення координат, винесення в натуру координат, ліній і дуг, зворотня засічка, визначення висоти недоступного об'єкта, обчислення площі тощо.

Багатофункціональний геодезичний прилад поєднує теодоліт, лазерний далекомір і комп'ютер, призначений для вирішення численних будівельних і геодезичних завдань. Найбільш поширені тахеометри марки *Topcon*, *Sokkia*, *Trimble*, *Pentax*, *leica*, *Nikon*.

Також використовуються GPS-станції для високоточного визначення координат та лазерні сканери для об'ємного вивчення (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Сучасні геодезичні прилади (А – GPS-станція; Б – лазерний сканер)

Картографічні прилади або прилади для камеральних (постпольових) робіт використовуються при складанні і оформленні (підготовці до видання) карт у середовищі ГІС, коли значна увага приділяється визначенню оптимальної проекції (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Картографічна проекція Стіва Уотермана

У яких проекціях проектується екологічні карти та атласи в Україні? Що таке геодезичні дати при картографуванні?

Фотограмметричні прилади – це зазвичай аерофотознімальні камери (рис. 3.6), що дозволяють визначати розміри, форму і положення об'єктів по фотознімках (з повітря, космічним та наземним способами), які широко використовуються при створенні еколого-топографічних карт в геологічних, лісовпорядних, дорожніх і ін. інженерних дослідженнях.

Цифрові стереофотограмметричні прилади використовують для виконання стереоскопічних вимірювань за стереопарою фотознімків при визначенні розмірів, форми і просторового положення сфотографованих об'єктів.

Кожний прилад незалежно від його принципової схеми роботи і конструктивного оформлення має координатно-вимірювальну систему; знімкуотримувач, на якому розташовуються фотознімки; наглядову систему, за допомогою якої спостерігають стереомодель; вимірювальні марки, які розташовані в кожній структурі наглядової



Рис. 3.6. Цифрова аерофотознімальна камера обробки знімків

системи або в просторі геометричної моделі об'єкта для відтворення при проектуванні двох його зображень. При вимірах оператор здійснює послідовне стереоскопічне наведення на різні точки зображень об'єкта фіксує їх положення графічно або визначає їх координати по спеціальних лічильниках в координатній системі знімка або окремої моделі (залежно від типу приладу) (рис. 3.7).

Дайте визначення стереоефекту та квазі-стереоефекту, де застосовується в екологічних дослідженнях?



Рис. 3.7. Стереофотограмметрична станція Delta

За призначенням цифрові прилади поділяються на універсальні і диференційованого призначення. Конструкція перших забезпечує можливість виконання на одному приладі всього комплексу технологічних процесів, необхідного для здобуття геометричних характеристик об'єкта, що вивчається. Кожен прилад за диференційного методу покликаний обслуговувати будь-який один технологічний процес. Найбільш поширеним приладом диференційованого методу є цифровий стереокомпаратор.

Аналітичні універсальні прилади складаються із стереокомпаратора, ЕОМ (електронна обчислювальна машина) і координатографа. Вони володіють більшими можливостями, ніж аналогові універсальні прилади. Перехід від координат точок фотозображення до коорди-

нат точок об'єкта здійснюється за допомогою ЕОМ. Для розширення сфери вживання приладів їх доповнюють особливими приставками, що дозволяє виготовляти не лише графічні плани, але й ортофотоплани на будь-які райони. Виконується також дослідження по повній автономізації цифрових знімачів (рис. 3.9).

Сучасний цифровий стереопроектор представлений на рис. 3.8.



Рис. 3.8. Цифровий фотограмметричний стереопроектор



Рис. 3.9. Система цифрового координатно-вимірювального фотограмметричного комплексу AICON

Підготуйте презентацію на дослідницьку доповідь на тему «Сучасні геодезичні технології в моніторингу довкілля»

Питання самоперевірки

1. Дайте визначення геодезії як науки. Якими науковими проблемами вона займається?
2. Яка функція у теодоліта при зніманні місцевості?
3. Яка функція у нівеліра?
4. Для чого потрібні прилади вертикального проектування?
5. Які прилади використовуються для обробки картографічної та аерофотознімальної інформації?
6. Яке фотограмметричне устаткування ви знаєте?
7. Охарактеризуйте маршейдерські прилади.
8. У чому полягає необхідність інструментарного забезпечення в картографії?

Частина 4. ПРОЕКТУВАННЯ МАРШРУТУ АЕРОФОТОЗНІМАННЯ

4.1. Загальна характеристика аерофотознімання

Згідно з Національним стандартом ДСТУ 2685-94, аерофотознімання – процес отримання фотографічного зображення земної поверхні з повітряних літальних апаратів.

Аерофотознімання поділяється на етапи:

- **передпроектні роботи** – складання технічного проекту льотно-знімальних робіт з розрахунком завдання на аерофотознімання;
- **аерофотографічний** – політ над територією та цифрове фотографування місцевості за розробленими технічними умовами;
- **камеральний** – формування колажів цифрових фоторепродукцій накладного монтажу та реєстрація цифрових зображень, складання накладного монтажу та оцінка якості виконаного аерофотознімання.

Залежно від покриття місцевості знімками розрізняють:

- **маршрутне (лінеарне) аерофотознімання** – це знімання прокладеного маршруту вздовж вузької смуги місцевості (річки, дороги, кордону тощо) у вигляді прямої або ламаної лінії (рис. 4.1), де D – це відстані між маршрутами зйомки, Q – поперечне перекриття знімальної площі, що повинно бути не менше 20 % від площі знімка;

- *площинне (масштабне) аерофотознімання* — це знімання значної площі земної поверхні шляхом прокладання декількох взаємно паралельних маршрутів (рис. 4.1). Маршрут зазвичай проходить уздовж паралелей із Заходу на Схід, де l_x – повздовжнє перекриття знімальної площі, що повинно бути не менше 60-70 %; l_y – поперечне перекриття знімальної площі, що повинно бути не менше 20 % від площі знімка.

Маршрутне аерофотознімання прокладають уздовж Північної або Південної межі знімання таким, щоб воно перекривало цю межу не менш ніж на 1/4 робочої площі цифрового знімку 20 %. Потім через рівні відстані розмічають наступні маршрути (це близько 20-30 % від площі знімку).

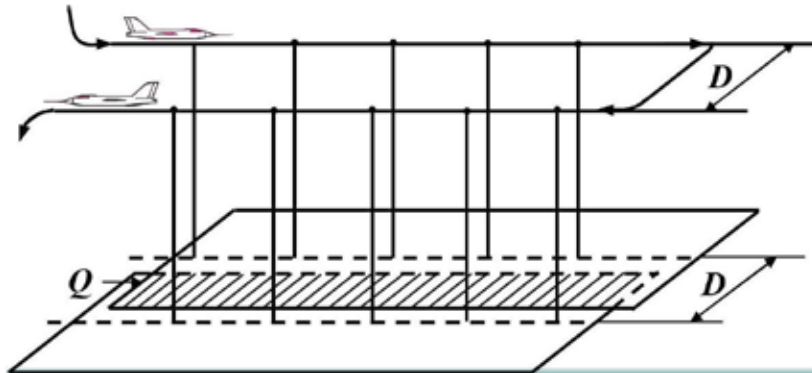


Рис. 4.1. Модель маршрутної аерофотозйомки місцевості

Чим викликані жорсткі умови поздовжнього та поперечного перекриття у знімках при аерофотозйомці.

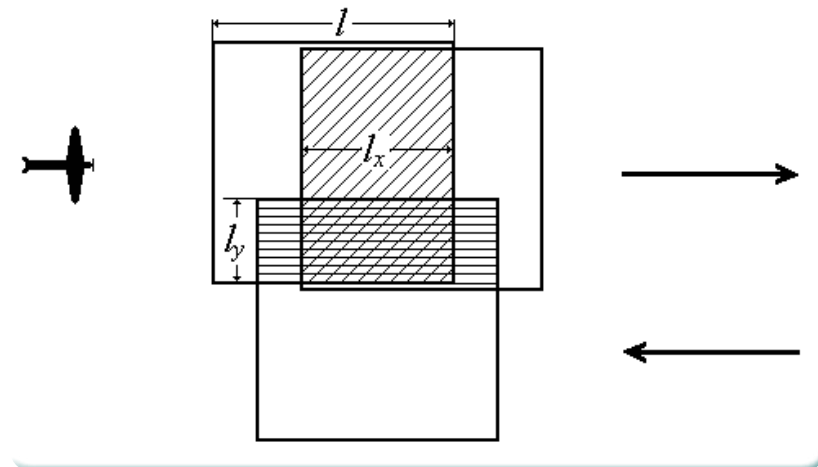


Рис. 4.2. Одинарна модель площадної аерофотозйомки місцевості

На перспективних (з нахилом від 100-250) аерофотознімках зображення місцевості виходять з великими спотвореннями (аналогічно до конічних картографічних проєкцій), що ускладнює їхнє оброблення. Однак на цих знімках відображається більша площа місцевості, ніж на плановому, виконаному з тієї ж висоти, і, крім того, предмети місцевості зображуються згори і збоку, що дозволяє використовувати такі знімки для дешифрування та інтерпретації деяких висотних антропогенних об'єктів.

Залежно від масштабу виділяють:

- великомасштабне аерофотознімання (від 1 : 10 000 і більше);
- середньомасштабне (від 1 : 50 000 і менше);
- дрібномасштабне (від 1:100 000 до 1: 200 000).

Масштаб аерофотознімання обирається залежно від масштабу створюваної екологічної чи природоохоронної карти та фізико-географічної характеристики району знімання.

Обирається наступний масштаб:

- для відкритої місцевості 1:20 000;
- для горбистої – 1:30 000;
- у гірських районах – 1:50000.

Залежно від застосованої цифрової аерофотознімальної апаратури максимальна висота фотографування при зніманні горбистої місцевості становить 5 км, а в гірських районах – 10 км. Аерофотознімання виконують переважно в безхмарну погоду, навесні у березні, коли зійшов сніг, та у листопаді, коли не має стійкого снігового покриву.

4.2. Цифрова фотографічна знімальна апаратура

Аерофотознімання здійснюється цифровими кадровими аерофотоапаратами (далі – АФА) та сканувальними цифровими АФА.

Цифрову фотографічну апаратуру за конструктивними особливостями побудови зображення поділяють на:

- кадрові;
- щілинні;
- панорамні апарати.

Панорамні аерофотоапарати (ПАФА) використовуються переважно для нетопографічних цілей, але розробляються спроби використання їх з метою картографування та виконання інших інженерних завдань (рис. 4.3).

Кадрові цифрові фотокамери формують геометрію геозображення в реальному часі та характеризуються значенням роздільної здатності знімання менших за ПЗЗ-матриць, в наслідок чого отримуються менші формати знімків. Це виправляється при скануванні місцевості, що закладається в сучасні системи дистанційного зондування Землі.



Рис. 4.3. Панорамний аерофотоапарат

Які природно-техногенні об'єкти знімаються за допомогою скануючих та кадрових знімальних систем? Відповідь обґрунтуйте.

Суть технології сканування у ДЗЗ полягає у використанні лінійного ПЗЗ-сенсора, який моделює у геозображенні вузькі смуги місцевості поперек напрямку польоту. Повне геозображення в такій камері формується у вигляді неперервної смуги за рахунок руху (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Принцип повітряного лазерного сканування

Важливим технологічним фактором точності знімання є геометрія просторового розміщення цифрової знімальної камери з високою точністю контролю в реальному часі супутниковою системою GPS.

Для створення реального стереоскопічного зображення в сканувальній камері використовують три незалежних канали, які знімають місцевість під різними кутами: один із них спрямований уперед, другий – назад і третій, найважливіший, сканує місцевість безпосередньо під носієм.

В Україні при проведенні аерофотознімальних робіт використовують цифрову сканерну аерофотокамеру 3-DAS-1, яка створена на виробництві ДНВП «Геосистема» (м. Вінниця) (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Цифрова сканувальна аерофотокамера 3-D AS-1

Сканерана система конструктивно містить:

- **сканувальний модуль** із трьома незалежними каналами з кольоровими лінійними ПЗЗ-сенсорами по 8000 пікселів, що мають люфт з різними кутами нахилу (надирний – 0°, передній – 16°, задній – 26°). Робота кінематичних систем модуля забезпечує потрібне стереоскопічне перекриття;
- **гіростабілізуюча платформа**, що упереджує критичні кути нахилу й розвороту, постійно підтримує горизонтальне положення камери;

- **навігаційна (аеролоцманська) система управління польотом**, яка забезпечує планування польоту, прокладання географії маршрутів, а також навігацію і контроль траєкторії польоту; швидкість, крен, диферент та азимут з періодичністю 200 разів за секунду;
- **система GPS позиціонування** визначає високоточне положення літака у прямокутній, геодезичній та геоцентричній системах координат;
- **керуюча інтелектуальна система** цифрового запису геозображень.

Сканувальні камери дають на виході цифровий знімок місцевості із зображенням у центральній проекції. Уздовж осі польоту зображення має ортогональну проекцію. Така особливість вимагає від технологічного забезпечення фотограмметричної обробки спеціального адаптованого програмного забезпечення, зазвичай це ГІС.

Термін «ортогональна проекція» вживається в двох значеннях – як назва відображення і як назва способу при цьому відображенні.

Ортогональна проекція точки P на пряму (або площину) – це основа P' перпендикуляра, опущеного з точки P на цю пряму (площину).

Відображення, зіставляє точці P точку P' , також називається ортогональною проекцією. В цьому випадку говорять також про ортогональне проектування.

Ортогональне проектування площини на лежачу в ній пряму або простору на площину – це окремий випадок паралельного проектування, в якому напрям проекції перпендикулярно прямій (або площини), на яку проектують. Аналогічно, ортогональну проекцію простору на пряму можна розглядати як паралельну проекцію на пряму вздовж площини, перпендикулярної прямій. Тому ортогональна проекція зберігає всі властивості паралельної проекції.

До специфічних властивостей ортогональної проекції відноситься, наприклад, формула перетворення площ: площа проекції фігури дорівнює $S \cos \alpha$, де S – площа даної фігури, а α – кут між площиною фігури і площиною проекції.

Окремо необхідно приділити увагу системі GPS-позиціонування, яка забезпечує високоточне геодезичне прив'язування знімків у ГІС. У скануючій аерознімальній системі працює кінематичний метод визначення GPS-місцеположення і включає один чи декілька стаціонарних (GPS-станцій систем ZAKPOS) і один пересувний приймач, установлений на літальному апараті, які здійснюють одночасне спостереження супутників GPS.

Знайдіть інформацію про Міжнародну систему супутникового спостереження ZAKPOS. Підготуйте коротку доповідь.

4.3. Цифрові технології обробки аерофотознімальних робіт

Цифрові знімки отримуються в плоскій прямокутній системі координат і мають вигляд прямокутної рівнопроміжної матриці. Окремий квадрат матриці називається пікселом. Центру кожного піксела відповідає число оптичної густини піксела. Цифровий знімок є просторовою тривимірною структурою, яка зберігається в пам'яті комп'ютера у вигляді прямокутної матриці.

При фотограмметричній обробці цифрових знімків застосовують статистичний метод, за якого сукупність пікселів на одному знімку порівнюється з такими ж пікселами на іншому знімку. Необхідно зазначити про дискретність порівняння, оскільки цифрове геоображення – це мультипіксельна конструкція в ортофотопроєкції (рис. 4.6).

Поміркуйте, чим відрізняється цифрова обробка аеро- та космічного знімку?



Рис. 4.6. Ортофотознімок гори Афон (Греція)

Для виконання ортофототрансформування (приведення до взаєморепендикулярних геометричних співвідношень) визначається кут нахилу головного променя та модель рельєфу місцевості, які отримують після побудови фотограмметричної моделі на сучасних цифрових фотограмметричних станціях (ЦФС). Для цього моделюють цифрову модель рельєфу (ЦМР) у ГІС Surfer. Для повноти забезпечення адекватної побудови цифрової моделі місцевості застосовується метод фототріангуляції.

Яке основне призначення ортофототрансформування та ортофотознімку в екологічних дослідженнях?

Фототріангуляція – це згущення існуючої або отриманої у процесі польових робіт геодезичної мережі в середовищі ГІС AutoCADMap. Сутність цифрової фототріангуляції полягає у конструюванні на цифрових знімках моделі місцевості, її просторовому

орієнтуванні й визначенні геодезичних координат реперних точок. Якщо визначають тільки прямокутні координати Гауса-Крюгера, то фототріангуляцію іменують плановою, а якщо всі три координати – геопросторовою. Зраз застосовують геопросторову фототріангуляцію (рис. 4.7).

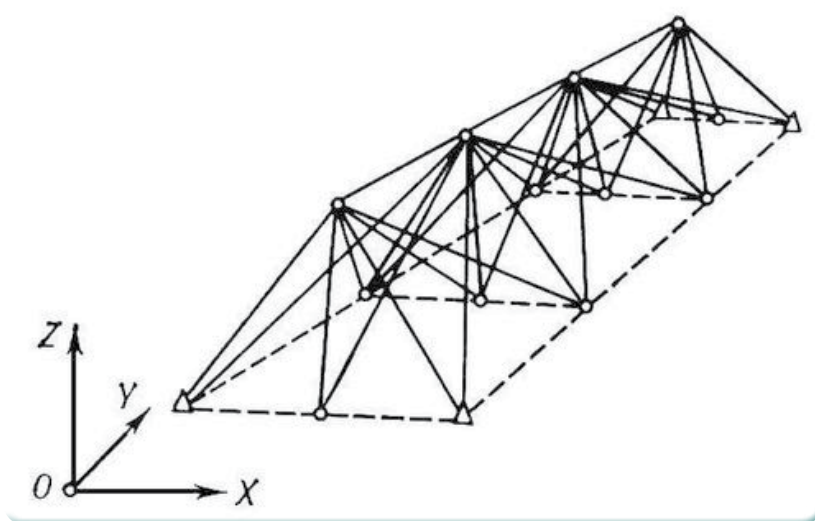


Рис. 4.7. Графічна модель фототріангуляції

*Згадайте, хто винайшов метод тріангуляції?
Чим геодезична тріангуляція відрізняється від
фотограмметричної?*

Програмним забезпеченням створення мереж геопросторової фототріангуляції та цифрової фотограмметричної обробки результатів наземного, космічного та аерознімання є сучасні цифрові фотограмметричні станції (ЦФС).

Фотограмметрична станція «Дельта» виробництва ДНВП «Геосистема» (м. Вінниця) конструктивно інсталюється до софту програмного забезпечення операційної системи Windows 10. Режим стереоспостережень забезпечується стереоскопом, затворними стерео- або анагліфічними окулярами. Режим стереоскопа забезпечує спостереження нерухокої марки при переміщенні знімків.

Алгоритм побудови цифрової фототріангуляції на ЦФС «Дельта» забезпечує акумулювання геоінформації з цифрових знімків з автоматичною кореляцією координатних міток та сполучних точок, проводить аналіз та інтерактивне редагування результатів автоматичних стереовимірювань, а також забезпечує блокове урівнювання способом незалежних моделей та зв'язок з використанням координат центрів проєкцій.

Обчислені елементи орієнтування програмуєть в модулі автоматичного відновлення орієнтування знімків при їхній подальшій обробці (збирання, ортофото, картографування тощо) на ЦФС (рис. 4.8).

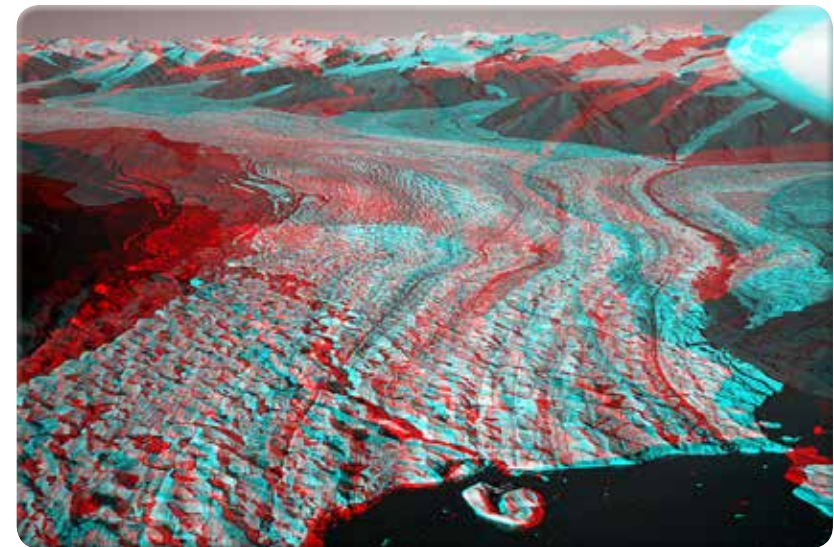


Рис. 4.8. Анагліфічне стереоефекне моделювання льодовика

Методи та алгоритми збирання геоінформації та створення електронних екологічних карт полягають у цифровій реєстрації просторових координат і картографічних характеристик топографічних об'єктів, що підлягають моніторингу.

Здійснюється оновлення та порівняння потокової геоінформації та архівних баз даних аерофотознімання. Редагується інформація легко, пошарово з ГІС вилучається цифрова інформація про еколого-географічні та промислово-антропогенні об'єкти екологічної безпеки, що зникли за час, що минув з моменту обробки матеріалів ДЗЗ, а також оновлюється геометрія і характеристики об'єктів місцевості, які зазнали трансформацій.

Наповнення геопросторової бази топографічних даних здійснюється у процесі збирання цифрової геоінформації з фотограмметричної моделі місцевості. Принциповою особливістю методу є використання геодезичної системи координат, що задається координатами опорних точок (геодезичних ландмарків) у процесі зовнішнього орієнтування моделі. Такий підхід дозволяє одержати в єдиній системі координат УСК-2000 метричну інформацію зі знімків різних аерофотозйомок незалежно від орієнтування їх у процесі створення накладного монтажу знімків у ГІС (рис. 4.9).



Рис. 4.9. Технологія автоматизованого накладного фотомонтажу знімків

Збирання й оновлення цифрової інформації про топографічні контури та гідротопографічні об'єкти здійснюють за допомогою сканованих растрових карт, ортофотопланів, окремих знімків у режимі каталогізації картографічного матеріалу (серії тематичних та загально географічних карт).

Цифрова геоінформація збирається й реєструється у ГІС пошарово: елементи рельєфу, гідрографія, рослинний покрив, межі землеводінь та містобудівні показники, населені пункти, промислові об'єкти екологічної безпеки, а також повна картосеміотика геообразження.

Загальна принципова схема цифрових моделей рельєфу у цілях екології землекористування приведена на рис. 4.10.



Рис. 4.10. Класифікація та призначення цифрових моделей рельєфу

Збирання цифрової інформації про рельєф як основний та головний сегмент будь-якої екологічної карти виконується побудовою стереоскопічної моделі декількома способами у GIS Surfer:

- трасування горизонталей;
- побудова реляційної ЦМР за методом крігінг-інтерполяції;
- побудова нерегулярної ЦМР (фізико-географічна модель) (рис. 4.10).

Основною стандартною одиницею і результатом фотограмметричної обробки знімків є створення ортофотопланів, яке реалізується побудовою блочної фототріангуляції після створення ЦМР.

Редагування цифрової інформації призначене для формування цифрового аркуша карти з підписами й умовними позначеннями, а також каталогом в'юєрної інформації про будь-який об'єкт місцевості (рис. 4.11).

Редагування дозволяє виконувати різні функції – інтеграція та поєднання різної цифрової інформації, зібраної з окремих стереопар або маршрутних знімальних даних та нарізка її на планшети, формування складних полігонів (наприклад, несанкціонованого викиду сміття) з раніше зібраних об'єктів, об'єднання й поділ об'єктів, зміна порядку збирання об'єктів, генералізація цифрової інформації як на будь-якій географічній карті, геоінформаційне перетворення (лінії в точку, символ в об'єкт, точки в коло, лінії у смугу тощо).

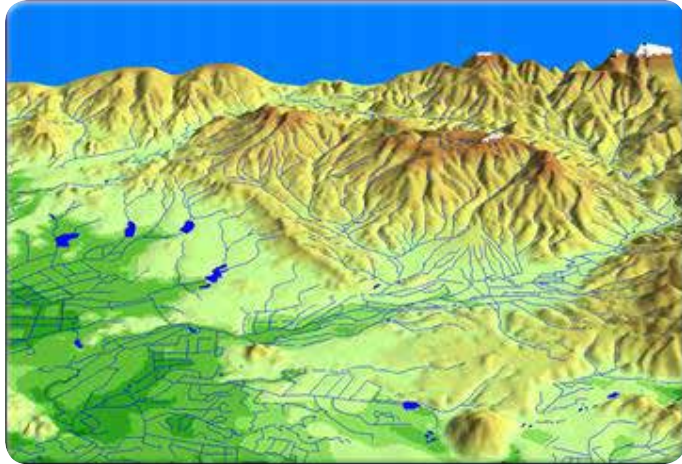
У процесі редагування усуваються виявлені в результаті контролю помилки, допущені при збиранні геоінформації, виконується зведення контурів об'єктів та горизонталей, отриманих із різних стереопар, включення або зміна семантичних кодів, умовних позначень та інших ознак. Після редагування отримана остаточна геоінформація має відповідати за складом і якістю основним вимогам до цифрової моніторингової екологічної карти.

Контроль якості отриманої цифрової інформації забезпечує численні функції перевірок і контролю геометрії, змістовного навантаження, семантики, зв'язків об'єктів. Необхідно проводити перевірку метрики об'єктів на відсутність самоперерізу та дублювання, зімкнутість контурів об'єктів, примикання об'єктів, виходи на і за рамку номенклатурних аркушів, характеристик об'єктів та ін.



Рис. 4.11. OrthoVista – потужний інструмент для створення мозаїк і ортофотопланів, що включає алгоритми автоматичного визначення ліній порізу та зшивки

На кінцевому етапі фотограмметричної обробки знімків необхідним постає процес контролю якості цифрової інформації, що включає можливість її виправлення в середовищі геоінформаційних систем (рис. 4.12).



А



Б

**Рис. 4.12. Цифрова модель рельєфу
(А – гіпсометрична модель; Б – фізико-географічна модель)**

Питання самоперевірки

1. Що називають аерофотозніманням?
2. Назвіть види аерофотознімання за покриттям місцевості.
3. Які знімки вважаються плановими?
4. Які існують класифікації аерофотоапаратів?
5. Назвіть умови одержання стереоефекту.
6. Які фактори приводять до спотворення знімків?
7. Що називають фотосхемою та фотопланом? Що таке ортофотоплан? Яка між ними різниця?
8. Чому ортофотоплани називають ортокартами?
9. Які природні основи моно- та біноккулярного зору?

Частина 5 ТЕХНОЛОГІЇ СУПУТНИКОВОГО МОНІТОРИНГУ

5.1. Відмінність космічного знімання від аерознімання

Беззаперечно, що космічні зйомки Землі та аерофотозйомка – це різні технології дистанційного моніторингу довкілля. Кінцевий результат різний навіть за назвами матеріалу: космічний знімок та ортофотоплан. Основні відмінності між ними наведено на рис. 5.1:

- висота;
- величини повздожнього та поперечного перекриттів;
- інтервал зйомки;
- вартісність;
- якість, детальність, масштабність та інформаційна цінність;
- геофізичні та геліоумови освітленості;

Як зона освітленості по трасі польоту впливає на якість та чіткість зображення та вимірювальні характеристики знімків?



Аерофотознімок,
розмір проекції
пікселя на місцевості
10 см.



**Космічний
ЗНІМОК**, розмір
проекції пікселя на
місцевості 0,5 м.

Рис. 5.1. Порівняння космічного та аерофотознімку

5.2. Геометрія руху штучних супутників Землі

Траєкторія руху штучних супутників Землі називається **орбітою**. Рух супуників відбувається за такими фігурами: пряма, коло, еліпс, парабола, гіпербола. На рис. 5.2 представлена класична схема орбіти.

На рис. 5.2 позначені: Ω – довгота верхобіжного вузлу; w – аргумент перичентру (кут у площині орбіти між напрямком на перигей та верхобіжний вузол); i – кут нахилу площини орбіти відносно площини екватора; v – дійсна аномалія.

За нахилом розрізняють такі види орбіт (рис. 5.3):

- екваторіальні ($i \sim 0^\circ$) (рис. 5.3, А);
- приекваторіальні ($0^\circ < i < 30^\circ$);

- полярні ($i \sim 90^\circ$) (рис. 5.3, Б);
- субполярні ($80^\circ < i < 100^\circ$);
- сонячно-синхронні ($i \sim 98^\circ$) (рис. 5.3, В);
- нахилені або проміжні, орбіти, які поділяються на:
 - прямі ($30^\circ < i < 80^\circ$);
 - зворотні ($100^\circ < i < 150^\circ$).

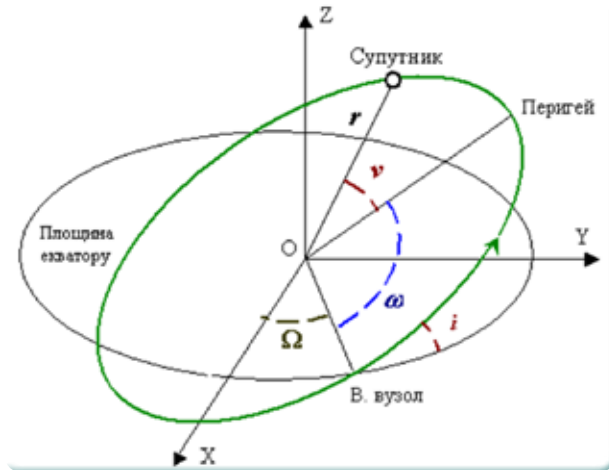


Рис. 5.2. Елементи орбіти ШСЗ

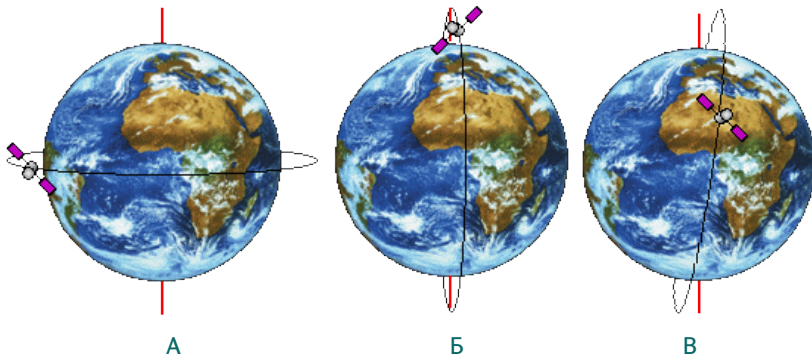


Рис. 5.3. Класичні типи орбіт за нахилом

Яка дефініція є більш коректною: космічне знімання або супутникове? З якою старою (новою) концепцією в неогеодезії це пов'язано?

Кут нахилу впливає на дотримання величин поздовжнього і поперечного перекриттів знімків.

ШСЗ, які мають господарське призначення, обертаються на геосинхронних та геліосинхронних орбітах, тобто, коли він періодично з'являється над заданими районами. На цих орбітах працюють супутники зв'язку, метео- і телевізійні супутники з апаратурою, призначеною для дослідження природних ресурсів планети, екологічної обстановки на її поверхні тощо. Але найкращими є синхронні орбіти з періодом обертання рівним або кратним часу обертання Землі навколо осі – геостаціонарна орбіта, коли супутник постійно, як зірка, зависає над даною точкою Землі.

Який сучасний супутник запустила Японія у 2018 р., що має орбіту у формі знаку нескінченності. Намалюйте його географію.

За географічної вивченості геостаціонарна орбіта покращує (рис. 5.4):

- зону видимості близько однієї третини земної поверхні;
- створення глобальних систем моніторингу, коли мінімум достатньо трьох геостаціонарних супутників.

За висотою орбіти супутників поділяють на три групи:

- низькі навколосемні орбіти (ННЗО), або Low Earth Orbit (LEO), з висотою апогею нижче 1000 км (орбіти пілотованих кораблів, орбітальних станцій, а також супутників фотознімання з відносно коротким часом функціонування) (рис. 5.5, а);

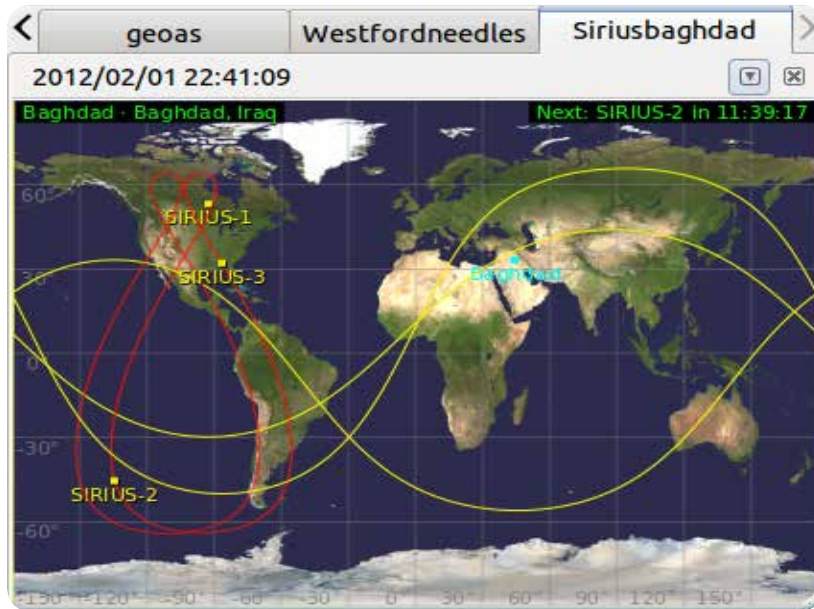


Рис. 5.4. Орбітальна карта геостационарного супутника

- середні навколосезні орбіти (СНЗО), або Middle Earth Orbit (МЕО), з висотою апогею понад 1000 км, але менше 10 000 км (орбіти супутників, оснащених різноманітною електронною апаратурою) (рис. 5.5, б);
- геостационарну орбіту (ГСО), або Geostationary [Geosynchronous] Earth Orbit (GEO), з висотою 35 786 км. (орбіти геостационарних супутників на екваторіальній орбіті) (рис. 5.6, а) та геосинхронну (рис. 5.6, б).

Виділяють ще такі види орбіт:

- *проміжна кругова навколосезна орбіта* (ПКНЗО), або Intermediate Circular Orbit, з висотою від 10 000 до 30 000 км;
- *низька опорна орбіта* (НОО) – орбіта космічного апарата, який рухається навколо Землі з першою космічною швидкістю

(~7,9 км/с), знаходиться на висоті, де густина верхніх шарів атмосфери дозволяє круговий або еліптичний рух. Зазвичай висота НОО становить 250 км.

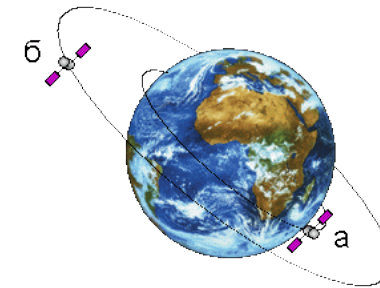


Рис. 5.5. Низька (а) та середня (б) навколосезні орбіти

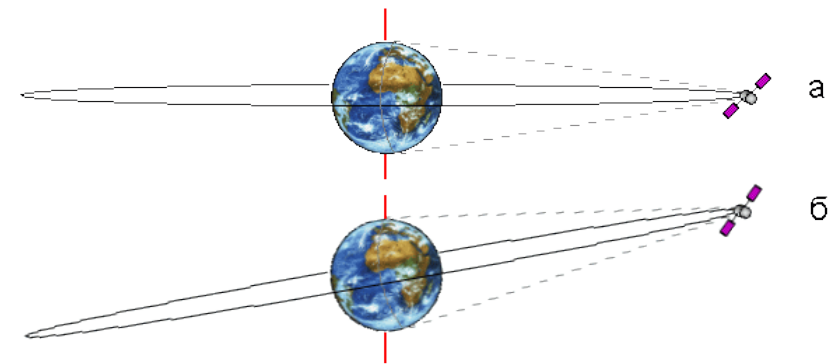


Рис. 5.6. Геостационарна (а) та геосинхронна (б) навколосезні орбіти

Для переведення супутників із ННЗО на геостационарну використовують перехідні геостационарні (геоперехідні) орбіти.

Геоперехідна орбіта (ГПО) – еліптична орбіта з перигеєм на висоті ННЗО і апогеєм, близьким до висоти геостационарної орбіти.

Висока еліптична орбіта (ВЕО) – цей клас охоплює орбіти, які мають великий ексцентриситет (з формою сильно витягнутого

еліпса) з висотою апогея десятки й сотні тисяч кілометрів (рис. 5.7, А). Після завершення активної експлуатації супутник переводиться на орбіту поховання, розміщену на 200-300 км вище ГСО (рис. 5.7, Б).

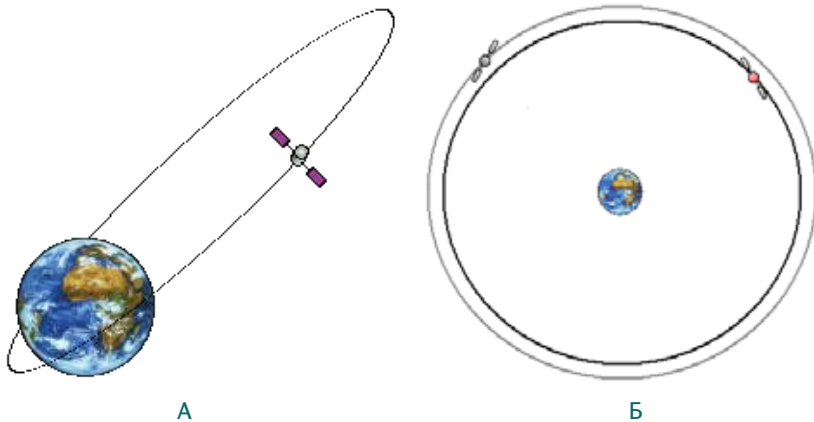


Рис. 5.7. Високоорбітальні навколосемні орбіти:
А – висока орбіта, Б – орбіта поховання

Підготуйте інформацію про космічну програму «Морський старт». На яку орбіту і звідки виводили супутники, яка країна?

5.3. Класифікаційні ознаки ШСЗ та їх характеристика

Штучні супутники Землі – це космічні літальні апарати, виведені на орбіту навколо Землі й призначені для виконання наукових, прикладних та господарських задач.

Супутник – це космічний апарат, який зробив не менше одного оберта навколо Землі. В іншому випадку він вважається зондом.

Зробіть огляд американських та європейських діючих супутників, яке їх призначення, кількість, історії запусків тощо?

Основне практичне призначення ШСЗ:

- навігаційне (рис. 5.8);
- забезпечення транспортно-логістичних програм;
- моніторинг навколишнього середовища;
- зв'язок та телекомунікації.

ШСЗ розділяються на науково-дослідницькі, технічні та комерційні (економічні).

Науково-дослідницькі ШСЗ служать для наукових досліджень Землі: геофізичні, океанографічні, гідрологічні, природоресурсні та експериментальні.

До технічних ШСЗ відносять телекомунікаційні супутники та супутники зв'язку, навігаційні супутники та навігаційні супутникові системи.



Рис. 5.8. Навігаційний супутник Японії ZakLop

5.3.1. Науково-дослідницькі штучні супутники Землі

До науково-дослідницьких ШСЗ належать супутники серій ADEOS, APEX, Astrid, Explorer, Pioneer, Polar, шведський Viking та ін. (рис. 5.9).

За допомогою науково-дослідницьких ШСЗ виявлені й досліджуються:

- геофізичні параметри Землі;
- вплив космічної погоди на біосферу Землі;
- ультрафіолетове та рентгенівське випромінювання та вплив на біоту;
- моніторинг довкілля.



Рис. 5.9. Науково-дослідницький супутник NASA «Aura»

Які орбітальні геофізичні лабораторії ви знаєте? Яким країнам вони належать? Які наукові програми вони виконують?

Результати спостережень дають можливість:

- досліджувати зміну густини верхньої атмосфери;
- циркуляцію атмосфери;
- температурні градієнти;
- створення всесвітньої геодезичної мережі;
- геотектонічні процеси – рух материків.

До науково-дослідницьких у першу чергу відносять супутники для геофізичних вимірів. Геофізичний супутник – це штучний супутник Землі, конструкція і наукове обладнання якого передбачають проведення досліджень геофізичних параметрів – густини атмосфери, гравітаційного, магнітного, радіаційного полів Землі тощо.

Що входить в комплекс бортового обладнання науково-дослідного супутника? Що входило до обладнання ОКЕАН-О?

Супутники допомагають навігації, навіть при швартуванні повітряних суден в аеротерміналах, завдяки встановленим GPS-трекерам (рис. 5.10).

Для встановлення точних геодезичних координат використовують також супутникові Gadget-технології та Android-додатки «Геодезист» та GPS Status Pro (рис. 5.11).

Більш дедалю роботу Gadget-технології під Android буде вісвітлено в додатках, в описі практичних робіт.

Дайте визначення супутниковій геодезії. Яка її відмінність від космічної геодезії? Які її методи є корисними в моніторингу довкілля?



Рис. 5.10. GPS-трекер № 13 терміналу D аеропорту Бориспіль

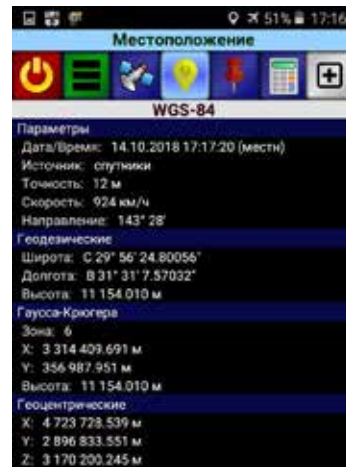


Рис. 5.11. Скріншоти роботи GPS-додатків

Роботу Gadget-технології під Android забезпечують геодезичні супутники – це спеціальний різновид навігаційних ШСЗ, окрім високоточного визначення координат вирішують наукові завдання супут-

никової геодезії із визначення розмірів і форми Землі, трансформації гравітаційного поля Землі.

5.3.2. ШСЗ, що використовуються в моніторингу довкілля

До ШСЗ, що використовуються в екологічному моніторингу навколишнього природного середовища, належать космічні апарати для виконання завдань перманентного (постійного) спостереження за змінами природного-техногенного комплексу, а також спеціалізовані для дослідження стану кожної сфери географічної оболонки: метеорологічна, гідрологічна, літологічна, природоресурсна тощо.

Метеорологічні супутники призначені для регулярної передачі геообразень хмарного, снігового і крижаного покривів Землі, відомостей про теплове випромінювання земної поверхні тощо. По результатах обробки цієї інформації укладаються синоптичні карти погоди.

За допомогою наукових приладів на метеорологічних супутниках вивчаються склад верхньої атмосфери, її фізико-хімічні показники та зміни цих параметрів.

Як погода впливає на агроекологічні показники врожайності? Яким чином дані супутників впливають на підвищення врожайності?

На сьогодні на орбіті Землі функціонують метеосупутники Tiros, ESSA, NOAA, Goes, SMS (США), Meteosat (Міжнародна супутникова система), Insat (Індія), GMS (Японія), FY-2 (Китай), Метеор та Емпіро (Росія).

Гідрологічні супутники забезпечують реєстрацію опадів та утворення водяної пари в атмосфері, визначення біохімічних характеристик води та гідрологічних змін контурів океанів, озер, річок під впливом обертання Землі, досліджують парниковий ефект.

Інструментарне забезпечення таких супутників дозволяє контролювати сніговий і льодовий покрив планети, водні ресурси, зво-

ложеність ґрунтів, що є цінною інформацією для аграрного сектора економіки. Обладнання супутників передбачає також збирання гідрогеоекологічної інформації від тисяч наземних гідрологічних станцій для передачі її в центри збирання та оброблення інформації. Результати роботи гідрологічних супутників сприяють поліпшенню іригації та зменшенню збитків від паводків.



Рис. 5.12. Гідрометеорологічний буй SWMidi-185

Найбільш затребуваними в сучасній економіці є супутники для дослідження природних ресурсів Землі (природоресурсні). Поряд з метеорологічними, океанографічними і гідрологічними спостереженнями такі апарати дозволяють отримувати оперативну інформацію, необхідну для геології, сільського господарства, рибного промислу, лісового господарства, контролю забруднень природного середовища тощо. До них належать ERS 1,2 (ЄС), Geosat, JERS, Landsat, SROSS (США), Radarsat (Канада), SPOT (Франція), Ресурс-01-3 (Росія), 1RS (Індія), Adeos, JERS (Японія), SCD (Бразилія).

Проаналізуйте технічні характеристики цих супутників та складіть порівняльну характеристику ДЗЗ в цілях екомоніторингу.

На природоресурсних супутниках встановлені фотообладнання, телевізійні та радіолокаційні установки, спектрометрична апаратура, що працює в різних діапазонах їхнє завдання – дослідження землекористування, вивчення дикої флори і фауни, визначення чисельності та стану морських тварин і організмів, оцінка типу, температури й зволоження ґрунтів, ідентифікація сільськогосподарських культур, виявлення ступеня їхньої зрілості, враженості сільськогосподарських культур хворобами чи шкідниками, хвороб лісу, визначення лінії розділу трави, чагарників і лісів, виявлення лісових пожеж, реєстрація зміни рельєфу, пошук корисних копалин і нафтоносних районів тощо.

Океанографічні супутники призначені для вивчення рельєфу дна світового океану, навігаційного картографування, моніторингу нафтових плям, стан льодовиків, біопродуктивності тощо.

Але найбільш важливими космічними апаратами для моніторингу довкілля є географо-картографічні супутники, які здійснюють знімання високої розрізненності. Цифрові космічні знімки, виконані супутниками SPOT-5, IRS-1C і IRS-1D, можна використовувати для складання екологічних карт та серій природоохоронних карт масштабу 1 : 10 000. Значення гіпсометрії рельєфу, отримані в результаті оброблення стереопар, мають точність порядку 5-7 м. Висока роздільна здатність орієнтована на виконання завдань екологічного картографування.

Географо-картографічними супутниками є серія космічних апаратів ДЗЗ: IKONOS, QuickBird, WorldView-1 та OrbView-C.

Географо-картографічні супутники оснащені динамічною трансферною апаратурою, яка передає оперативну геоінформацію у вигляді радіосигналів для сканування різних поверхонь, забезпечує знімання всієї земної поверхні (до 0,5 м), що дозволяє створювати будь-які екологічні карти Землі в масштабах, що замовляються. Відповідні супутники з радіолокаційною системою працюють

у дециметровому діапазоні хвиль, що забезпечує отримання радіолокаційного зображення поверхні з параметром 10 на 10 м.

Супутники IKONOS із 1999 р. використовуються в різних сферах економіки: екологічне картографування, моніторинг стану сільськогосподарських посівів та навіть планування міської інфраструктури. Один знімок IKONOS охоплює територію розмірами 11 на 11 км.

Аналіз отриманих геоданих IKONOS та їхнє призначення наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Еколого-географічна та картографічна цінність знімків IKONOS

Параметр зйомки	Роздільна здатність, м	Масштаб отриманої карти	Сфери використання, тематичне навантаження картографічної моделі
Geo	± 50	1 : 10 000	Дешифрування й аналіз знімків, які не потребують високої просторової точності
Reference	± 25,4	1 : 50 000	Картографування великих територій та використання в ГІС на замовлення громадських екологічних організацій
Map	± 12	1 : 24 000	Планування міської інфраструктури, оцінка взаємного впливу різних урбоекологічних факторів
Pro	± 10	1 : 12 000	Вивчення навколишнього середовища, планування міської інфраструктури й розвитку транспортних мереж, сільського господарства, телекомунікацій
Precision	± 4	1 : 4 800	Картографування міських територій, використання в ГІС для вирішення завдань, що вимагають високої геопросторової точності
Precision Plus	± 2	1 : 2 400	

Які знімки отримуються із супутника IKONOS? Чим панхроматичний знімок відрізняється від мультиспектрального?

Супутники QuickBird експлуатуються з 2002 р. Розрізненість панхроматичних знімків, отриманих із супутника становить від 61 см, а розрізненість мультиспектральних (4 спектральні канали) – від 2,44 м. Кожний знімок охоплює територію розміром 16,5 на 16,5 км.

Із супутника отримують панхроматичні, мультиспектральні знімки з радіометричною розрізненістю 11 біт. Одночасне знімання в панхроматичному й мультиспектральному режимах дозволяє синтезувати кольорові знімки з панхроматичною різницею, дає можливість проводити аналіз у чотирьох спектральних діапазонах:

- мультиспектральні знімки: синій, зелений, червоний;
- ближній інфрачервоний діапазон формує зображення у 16- або 8-бітному форматі;
- синтезовані знімки розрізненістю 60 або 70 см надаються у вигляді кольорових (червоний, синій і зелений) діапазонів;
- псевдокольорові (червоний, зелений та інфрачервоний діапазони) або об'єднані (червоний, синій, зелений та інфрачервоний діапазони) знімків.

Всі наведені формати підтримуються ГІС-картографічними програмами.

В якій сфері управління екологічним моніторингом застосовується фототелевізійна космічна зйомка?

Матеріали з QuickBird поділяють на три категорії залежно від рівня оброблення вихідних даних:

- basic (дані для високоточної фотограмметричної обробки знімків);
- рівень Standard (отримується цифрова модель рельєфу, точне географічне прив'язування без поправок, викликаних впливом рельєфу);
- рівень Ortho-rectified (для ортотрансформування наземних опорних точок).

Супутники CARTOSAT-1 обертаються на орбіті Землі з 2005 р (рис. 5.13). Призначені для використання даних при еколого-природоохоронному картографування у форматах:

- ортотрансформовані космічні знімки,
- картографічні моделі;
- цифрові моделі місцевості.

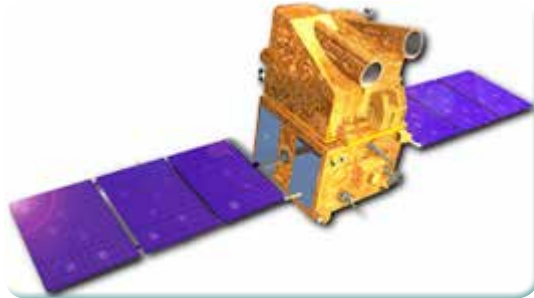


Рис. 5.13. Вигляд супутника Cartosat-1

Усі знімки при цьому поділяються на декілька категорій залежно від сфери застосування, деталізації, часу надходження, стерео- і монорежиму оброблення.

Чи використовує геоданні супутника Cartosat Україна? Якими даними може збагатити екологічний моніторинг цей сателіт?

Картографічна продукція (IMDP, Image Map Data Products) складається з ортотрансформованих знімків CARTOSAT-PAN і одного або кількох векторних шарів з картографічною інформацією, яка може бути зібрана заздалегідь або отримана в результаті дешифрування знімків CARTOSAT-1:

- 2-D дані в конформній (рівнокутній) картографічній проекції Гауса-Крюгера або проекції, зазначеній споживачем;
- картографічні дані умовної розмірності 2,5 D в аналіфічному вигляді;
- 3-D-картографічні дані просторового моделювання.

5.4. Картографічна генералізація при дешифруванні знімків

Ступінь генералізації аерокосмічного зображення залежить передусім від технічних параметрів знімання та природних особливостей території, що підлягає екологічному та природоохоронному картографуванню. Цими ж факторами зумовлена й картографічна генералізація – процес виявлення, оброблення та узагальнення типових якостей об'єктів з узагальненням їхніх меж відповідно до призначення та масштабу створюваної карти.

Принципові відмінності генералізації картографічного та аерокосмічного зображення полягають у цілеспрямованому, творчому й передбачуваному характері першої та певної непередбачуваності другої. Значна кількість мінливих факторів, особливо природного походження, впливає на результати знімання. Тому спрогнозувати, що і як відобразиться на знімку, не можливо, адже технічні параметри знімання розраховуються за певними вимогами.

Які технологічні прийоми в дешифруванні космічних та аерофотознімків ви знаєте? Яка принципова відмінність процесу?

Генералізація виконується шляхом:

- відбору окремих об'єктів;
- відбору показників і характеристик;
- обліку регіональних особливостей місцевості;
- узагальнення лінійних меж об'єктів;
- перебільшення зображення – навмисного збільшення розмірів і зміщення зображення.

Відбір об'єктів, крім розмірів, визначається:

- частотою, повторюваністю та чергуванням об'єктів;
- значенням об'єктів для характеристики географічного ландшафту і практичного використання;
- тенденцією розвитку та віком (елементів картографічного зображення, які ростуть і розвиваються, і виключення тих, що руйнуються);
- виділенням об'єктів, що визначають процес розвитку ландшафту.

Для правильної передачі типу ландшафту доцільно розглянути комплекс за такою схемою:

- відносна значимість об'єктів комплексу (контуру);
- відсоткове співвідношення об'єктів у межах контуру;
- величина площі контуру;
- колір умовного позначення.

Оптична генералізація полягає у вимірюванні коефіцієнтів спектральної яскравості. Так, коефіцієнти яскравості рослинності та ґрунтів, вимірювані з космічного простору, більш вирівняні за спектром. Колір об'єктів при генералізації наближається до сірого. Зі збільшен-

ням оптичної товщини атмосфери за рахунок накладання розсіяного світла підвищується яскравість підстильної поверхні.

Природна генералізація означає деяку фільтрацію й узагальнення інформації на космічному знімку. На відміну від картографічної, природна генералізація на космічному знімку здійснюється лише за рахунок певних фізичних законів, тобто без втручання людини, генералізація на космоснімку та цифровій карті – у ГІС (рис. 5.14).

Параметрами природної генералізації є масштаб зображення; просторова розрізненність; форма контурів; оптичний градієнт (зміна тону зображення на одиницю відстані).

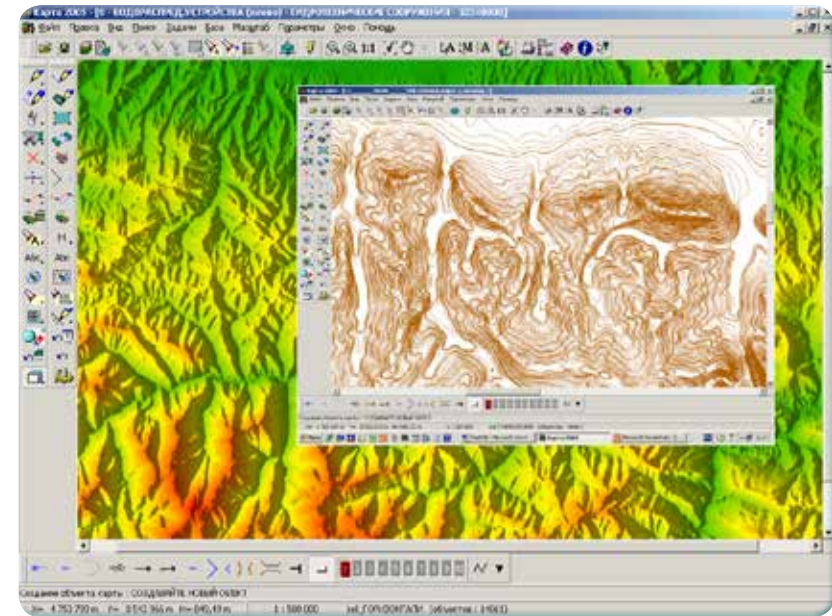


Рис. 5.14. Процедура генералізації у ГІС

Розрізняють чотири рівні природної генералізації:

- глобальний (масштаб 1 : 10 000 000 і дрібніше);
- регіональний (1:1 000 000 – 1:10 000 000);

- локальний (1 : 100 000 – 1:1 000 000);
- детальний (1 : 100 000 і більше).

Згадайте, які розділи географічної картографії займаються розв'язанням наукових проблем екології, природокористування та природовикористання ресурсного потенціалу.

При дешифруванні елементів рельєфу використовують дрібно, середньо й великомасштабні геоморфологічні, геологічні та меліоративні карти в масштабах від 1 : 5 000 до 1 : 25 000.

Також детально з усіма якісними та кількісними характеристиками показують елементи гідрографічної сітки: відмітки тальвегів і урізів води річок ставлять на карті через кожні 5 см; болота зображують за трьома, а не за двома категоріями прохідності.

При дешифруванні рослинності та лісових масивів створюють дрібно- і середньомасштабні карти рослинності в рамках трапеції аркуша топографічної карти у масштабах від 1 : 10 000 до 1 : 100 000.

Землепорядкувальне дешифрування завершується створенням трапецій державних карт у межах землепорядкування в масштабах 1 : 5 000, 1 : 10 000 та 1 : 25 000.

При дешифруванні ґрунтів складаються карти в масштабах від 1 : 10 000 до 1 : 200 000.

Дешифрування забезпечується такими матеріалами:

- карти покриття території міста зніманнями різних років;
- черговий план забудови міста в масштабі 1 : 5 000;
- план існуючого міста в масштабах 1 : 5 000 або 1 : 10 000, на якому показують межі міської території та головні межі землекористування, усі елементи забудови, основні межі інженерних комунікацій.

Крім цих матеріалів при дешифруванні населених пунктів слід використовувати довідники, атласи, в т.ч. архівні.

Як називається напрямок картографічної науки, що вивчає образно-знакові системи у відображенні системи природокористування?

Чи є дешифрування таким необхідним в екологічному моніторингу? Чи є можливість не застосовувати цю процедуру?

Питання самоперевірки

1. Назвіть властивості космічних знімків. Чим вони відрізняються від аерознімків?
2. У чому полягає різниця між аналоговими й цифровими знімками?
3. Дайте визначення просторової, радіометричної, спектральної та часової розрізненості.
4. За якими параметрами класифікують космознімки?
5. Як класифікуються знімки за спектральним діапазоном?
6. Чим відрізняються фототелевізійні знімки від телевізійних?
7. Що реєструють теплові інфрачервоні знімки?
8. Чим багатозональні знімки відрізняються від гіперспектральних?
9. У чому полягає специфіка радіолокаційних знімків?
10. Що таке дешифрування та які його види ви знаєте?
11. Назвіть методи та способи дешифрування.
12. Яка відмінність між безпосередніми та опосередкованими дешифрувальними ознаками?
13. У чому відмінність між польовим і камеральним дешифруванням?
14. Назвіть принцип еталонного дешифрування. Що таке еталон змісту та еталон ознак?
15. Дайте визначення топографічного дешифрування, назвіть принципи та склад робіт.

16. Назвіть особливості генералізації процесу топографічного дешифрування знімків.
17. Які основні етапи оброблення цифрових даних із космосу?
18. У чому полягають особливості дешифрування космічних знімків?
19. Які види генералізації присутні на космічних знімках?
20. У чому особливість дешифрування багатозональних знімків?
21. Що таке індикаційне дешифрування?

Частина 6 ОБРОБКА ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

6.1. Технологія інтеграції прикладних програм обробки даних супутникового знімання для створення електронних екологічних карт

Основним засобом збору супутникової інформації для потреб екологічного моніторингу у масштабах від 1 : 25 000 до 1 : 500 є аерофототопографічне знімання. В цьому випадку фотографування місцевості виконується спеціальним аерофотоприладом (3-DAS-1) (рис. 6.1), встановленим на літаку, який рухається над необхідною траєкторії та на зазначеній у проекті висоті.

Результати знімання є важливим джерелом необхідної багатопланової інформації про картографічні об'єкти для створення основних й тематичних шарів баз даних ГІС екологічного моніторингу.



Рис. 6.1. Спеціальний аерофотоприлад 3-DAS-1

Використання методів аерофотограмметрії при створенні екологічних карт різних масштабних рядів проводиться шляхом векторизації растрових сканерних зображень, що пройшли попередню обробку та приведені до відповідної форми. Обробка отриманих даних проходить у декілька стандартних етапів, а її шляхи залежать від поставленої задачі.

Дайте визначення аерофотограмметрії. Чи вона відрізняється від аерофототопографії? В чому принципова різниця в цих науках?

Для вирішення задачі розробки оптимальної схеми обробки результатів аерофотознімання, пропонується модель взаємодії програмних пакетів. На її основі створена технологія інтеграції прикладних програм, що забезпечує побудову потрібних крупномасштабних екологічних карт, рис. 6.2. Формально модель можна описати як множину програмних пакетів P :

$$\sum_{i=1}^5 P = P_1 * P_2 * P_3 * P_4 * P_5, \quad (6.1)$$

де P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – програмні пакети: ArcGIS, MapInfo, QuantumGIS, QuickMap, Panorama, GIS AutoCADMap, або аналоги GIS Zulu, наприклад ті, що представлені на рис 3.1 або їх аналоги за функціональним призначенням;

* – операція суперпозицій програм.

Тоді операція суперпозицій програмних засобів описується функцією:

$$d' = P_5 \left(P_4 \left(P_3 \left(P_2 \left(P_1 (d) \right) \right) \right) \right) \quad (6.2)$$

А це означає, що кожен етап обробки даних аерофотознімання є джерелом вхідних даних для наступних розрахунків. Для цього розіб'ємо їх на такі модулі:

Суперпозиція – це визначення результируючого ефекту від діяння складових складного процесу, які взаємно не впливають одна на одну. За цим принципом результируючий ефект для зазначених умов визначається як сума ефектів, які викликаються кожним діянням окремо.

Метод описується лінійними рівняннями.

Відіграє значну роль у механіці, теорії коливань, теорії електричних кіл, теорії полів, квантовій механіці, інших розділах фізики та техніки.

Перший модуль дозволяє отримати точну траєкторію переміщення камери 3-DAS-1, інформацію про зміну кутів та її орієнтацію у просторі, а також часових відміток для синхронізації отриманого зображення з навігаційними даними.

На цьому етапі пропонується використати програмні продукти POSPac фірми Arplanix (Канада), за допомогою якої здійснюється обробка польотних даних. У якості вхідних даних також додаються:

- 1) «сирі» навігаційні дані гіроплатформи POS AV (дані бортового GPS-приймача, дані інерційного вимірювального пристрою IMU (Inertial measurement unit, а також додаткова службова інформація);
- 2) «сирі» дані наземної базової GPS-станції, її точні координати та висота прийомної антени.

Сірі навігаційні дані – це різновид навігаційної координатної інформації, що не оброблені математичним апаратом геодезичних вимірювань. Як правило, застосовується метод найменших квадратів, основне визначення якого зводиться до твердження: квадрат максимальних та мінімальних відхилень дорівнює сумі квадратів всіх відхилень і є числом мінімальним.

Сірі навігаційні дані використовуються для прокладання еколого-географічних маршрутів першого наближення.

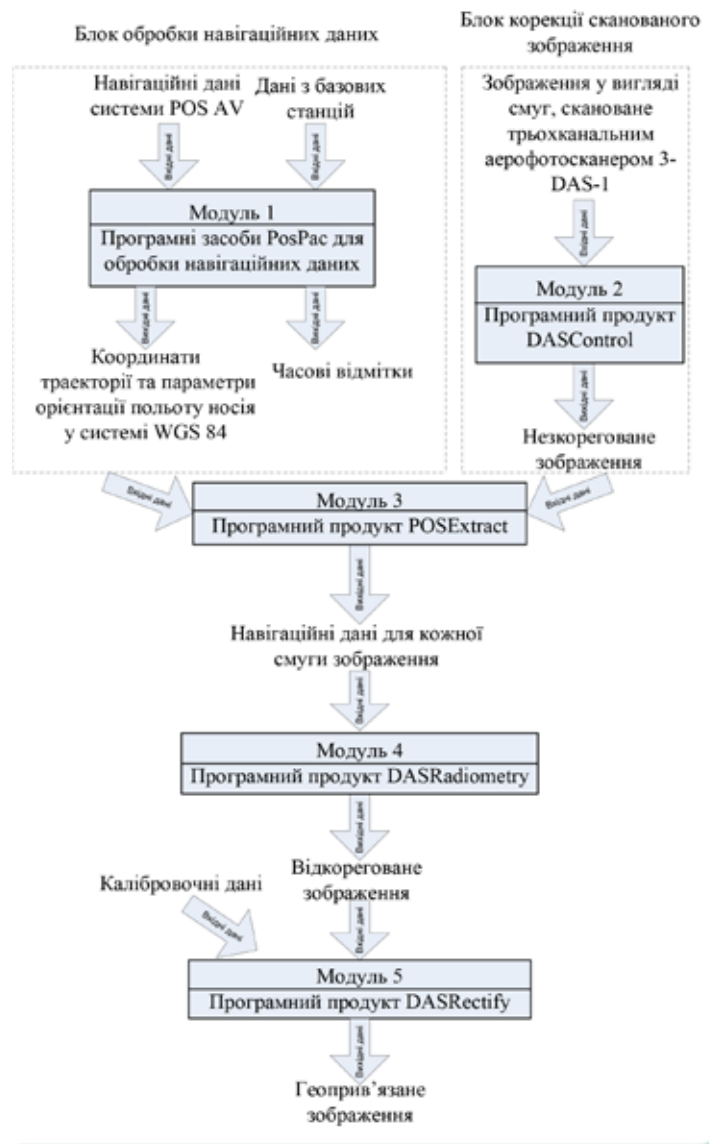


Рис. 6.2. Модель взаємодії програмних засобів у процесі обробки даних аерофотозйомки

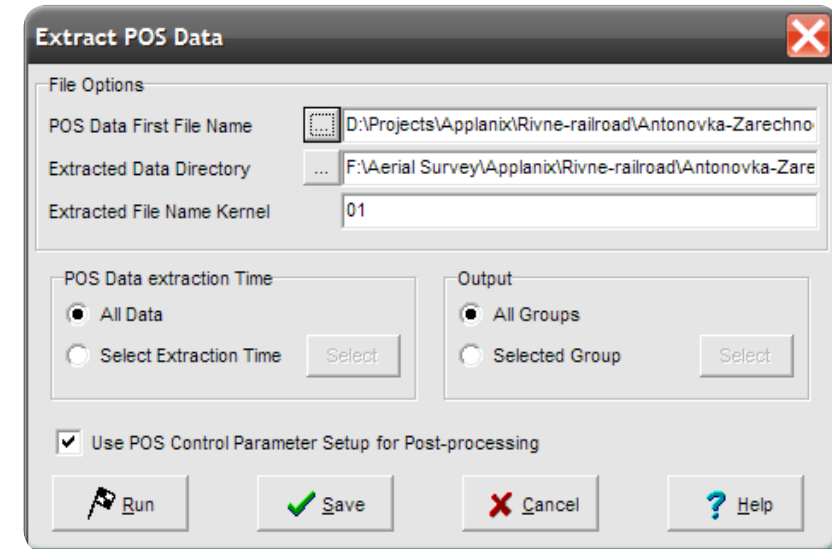


Рис. 6.3. Вікно виводу інформації з сирих стиснених початкових даних в програмі POSpac

Вікно виводу інформації з «сирих» стиснених початкових даних представлено на рис. 6.3. При цьому дані системи GPS-позиціювання дозволяють забезпечити швидкодію, високоточну геодезичну прив'язку знімків, яка використовує ефективний кінематичний метод визначення місцеположення (диференційний метод DGPS) і включає один чи декілька стаціонарних і один пересувний приймач, установлений на літаку, які здійснюють одночасне спостереження сузір'я штучних супутників світової глобальної системи.

Інтервал часу спостереження наземної базової GPS-станції повинен повністю перекривати інтервал часу виконання польоту – від зльоту до посадки, з 15-ти хвилинним запасом, як мінімум.

Дайте визначення диференційного та кінематичного методу GPS-знімачів? Яка їх точність та застосунок в екомоніторингу?

Вихідними даними модуля 1 є файл з даними розрахунку точної траєкторії польоту та кутів просторової орієнтації камери і файлів з відмітками часової синхронізації, які використовуються для подальшої обробки.

Отже, після польоту отримані навігаційні дані обробляються за допомогою комплексу програм, що поставляється системою Arplanix. Вихідними даними є навігаційний файл та файл часових відміток, які використовують для подальшої обробки. Навігаційний файл містить позицію та орієнтацію літака у просторі для всього періоду польоту з інтервалом 0,005 секунди.

Наступним модулем обробки даних аерофотозйомки є зв'язування навігаційних даних із зображенням, яке отримане з камери 3-DAS та попередньо проведене через програму DASControl. Для цього дані передаються у третій модуль, де за допомогою програми POSExtract навігаційні дані присвоюють кожній окремій смужі сканованого зображення місцевості. При цьому застосовується файл часових відміток, що містить GPS-час експозиції опорних ліній зображення. Шляхом інтерполяції POSExtract знаходить координати позиції та орієнтацію для кожної лінії і записує їх у файли strip.att, рис. 6.4.

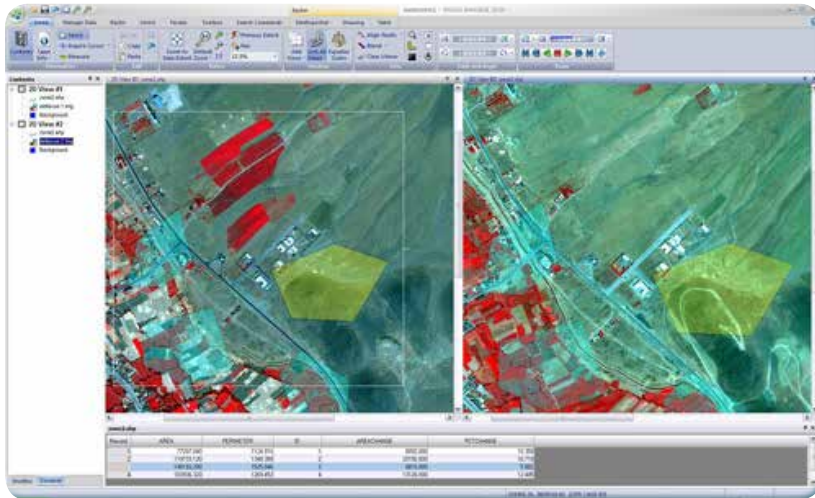


Рис. 6.4. Радіометрична корекція космічного зображення в ГІС Erdas

У модулі 4 виконується радіометрична корекція (рис. 6.5) зображення, отриманого за допомогою цифрового аеросканера 3-DAS-1. Під корекцією мається на увазі вибір оптимальних значень гами, контрасту, яскравості тощо. Для цього використовується програма DASRadiometry, яка, спираючись на статистичні дані, пропонує відповідні значення цих параметрів, рис. 6.6. При цьому "сире" зображення завжди залишається у незмінному вигляді, корекція застосовується лише перед виведенням зображення на екран. Це необхідно для того, щоб при обробці дистанційних даних зберегти не тільки результати обробки, а й вихідні дані та алгоритми, що за потреби дозволяє відтворити новий необхідний результат.

Проміжні дані з попередніх модулів дозволяють отримати безпосередньо незкореговане зображення та застосувати калібровочні дані, які використовуються в наступному модулі – ректифікації за допомогою програми DASRectify, рис. 6.7, 6.8.

Інтерполяція – в обчислювальній математиці спосіб знаходження проміжних значень величини за наявним дискретним (розрізненим) набором відомих значень.

Багатьом із тих, хто стикається з науковими та інженерними розрахунками і часто доводиться оперувати наборами значень, отриманих експериментальним шляхом чи методом випадкової вибірки. Як правило, на підставі цих наборів потрібно побудувати функцію, зі значеннями якої могли б з високою точністю збігатися інші отримувані значення. Така задача називається апроксимацією кривої.

Інтерполяцією називають такий різновид апроксимації, при якій крива побудованої функції проходить точно через наявні точки даних.

Існує також близька до інтерполяції задача, то полягає в апроксимації якої-небудь складної функції іншою, простішою функцією. Якщо деяка функція занадто складна для продуктивних обчислень, можна спробувати обчислити її значення в декількох точках, а за ними побудувати, тобто інтерполювати, простішу функцію. Зрозуміло, використання спрощеної функції не дозволяє одержати такі ж точні результати, які давала б початкова функція. Але, для деяких класів задач, досягнутий виграв у простоті і швидкості обчислень може переважити отриманий огріх у результатах.

Варто також згадати і зовсім інший різновид математичної інтерполяції, відому за назвою «інтерполяція операторів». До класичних робіт з інтерполяції операторів відносяться теорема Рісса-Торіна і теорема Марцинкевича, що є основою для багатьох інших робіт.

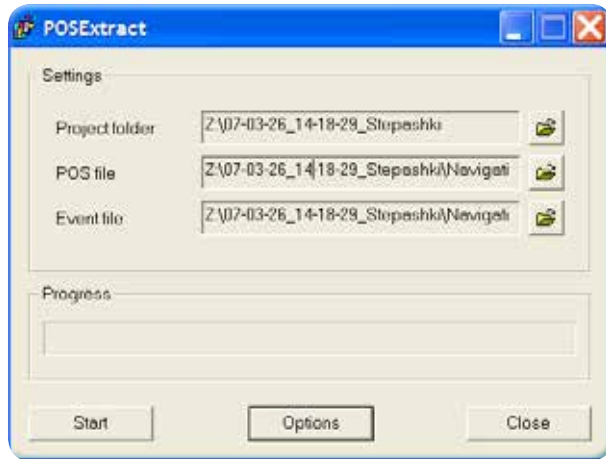


Рис. 6.5. Вікно для роботи з програмою POSExtract

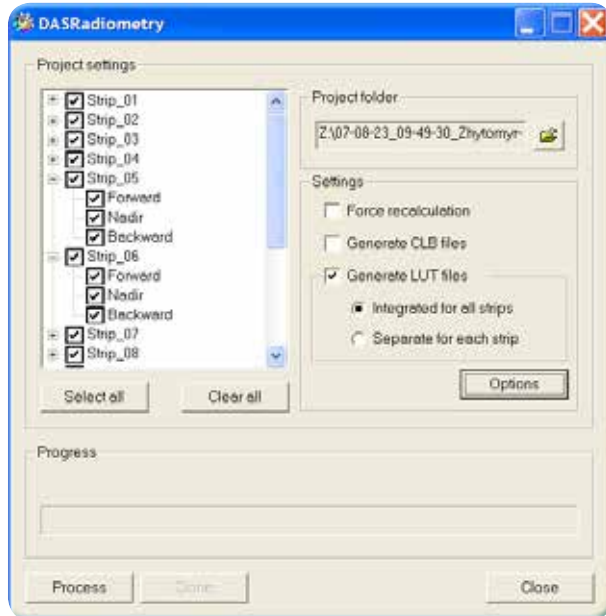


Рис. 6.6. Вікно програми DASRadiometry

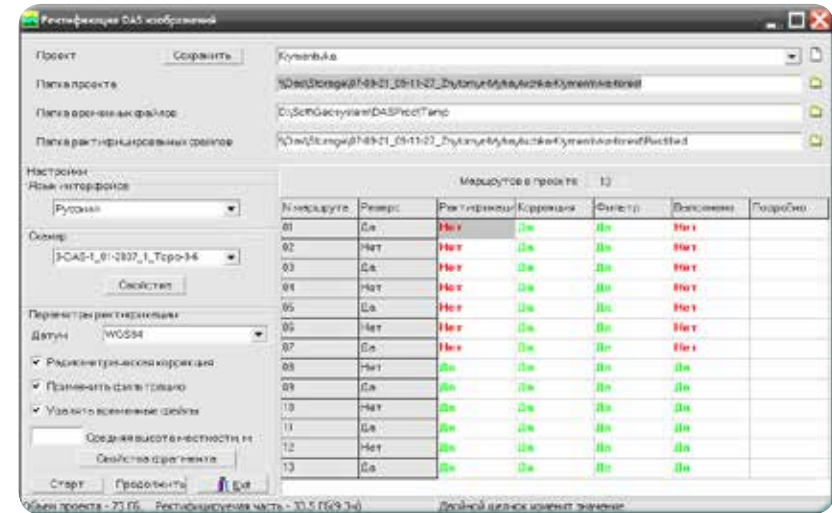


Рис. 6.7. Основне вікно програми DASRectify.exe

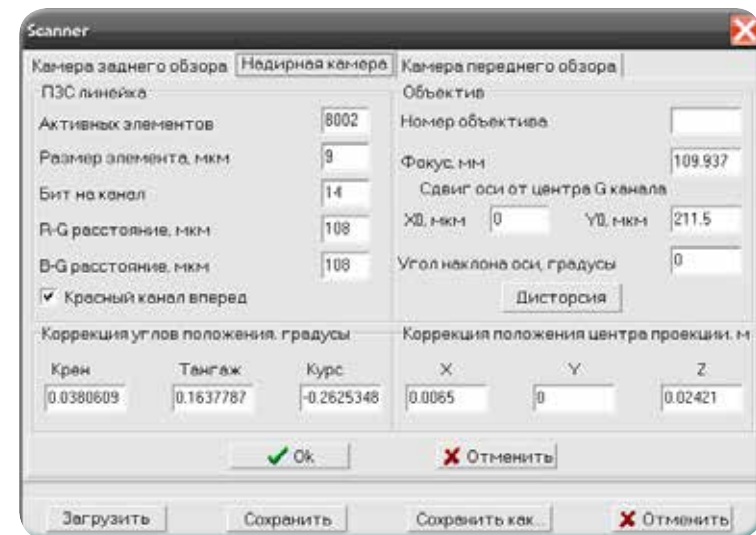


Рис. 6.8. Вікно програми розширення DASRectify.exe для вводу параметрів сканера

Для формування кожного зображення, отриманого відповідною камерою – заднього обзору (Backward-камерою), надірною камерою (Nadir-камерою) та камерою переднього обзору (Forward-камерою) у цьому модулі використовуються такі дані:

- поканальні файли інтенсивностей у форматі RAW;
- поканальні текстові інформаційні файли;
- поканальні файли радіометричної корекції зображень;
- поканальні файли калібрування T33-сенсорів;
- файл елементів орієнтування кожної лінії сканованої смуги земної поверхні – Strip.att;
- файл параметрів DAS сканера в форматі INI-файла (<Назва сканера>.cmg), рис. 6.9., рис. 6.10.

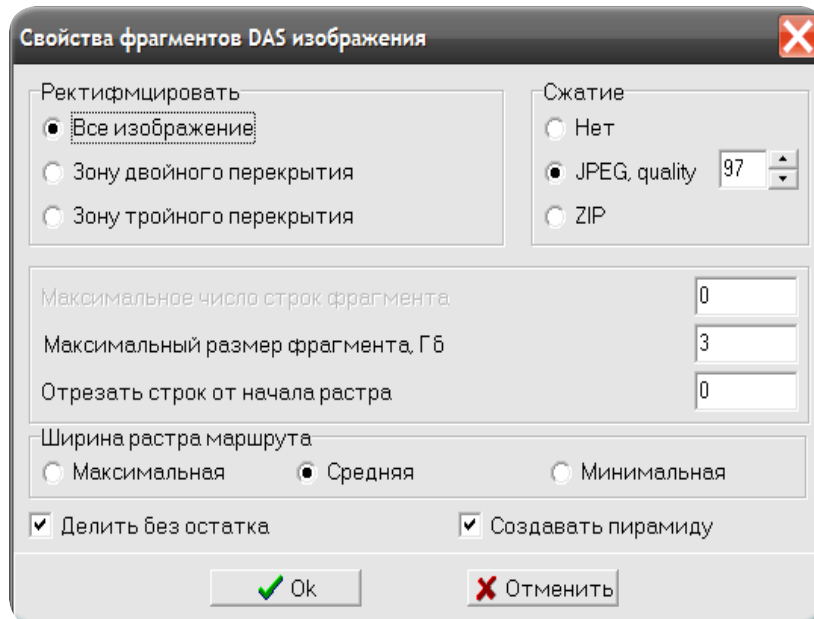


Рис. 6.9. Вікно програми DASRectify.exe для вводу параметрів ректифікованого зображення



Рис. 6.10. Вікно програми DASRectify.exe для обробки інформації вказаної смуги

Для виконання описаних етапів для кожної камери створено такі файли:

- кольорового зображення в форматі TIFF Tiled специфікації 6.0, в який записані також всі дані геоприв'язки зображення, що дозволяє проводити подальшу фотограмметричну обробку зображень;
- параметрів ректифікації (виправлення, випрямлення) стану зображень, що дозволяє продовжити перерваний процес ректифікації;
- протоколу виконання ректифікації, в якому зберігається інформація про хід ректифікації зображень.

Створене таким чином геоприв'язане зображення слугує основою для побудови векторної карти у програмному середовищі Digitals.

6.2. Методи обробки матеріалів дистанційного зондування та алгоритми побудови екологічних карт та атласів в середовищі ГІС

Для створення екологічної цифрової карти у програмному середовищі Digitals обираються потрібний шаблон та система координат. Після цього на обраному шаблоні відкривають усі геоприв'язані зображення, в результаті чого отримують сформовані базові шари з нанесеними триангуляційними границями знімків. Векторизація карти у середовищі Digitals здійснюється шляхом створення та накладання відповідних шарів:

- полігон/полілінія (Polygon/Polyline) відображається як послідовність точок об'єкта, сполучених прямими лініями. Цей тип використовується для відображення більшості об'єктів;
- плавний полігон/полілінія (Polygon/Polyline Smoothed) – відображається як послідовність точок об'єкта, сполучених плавними лініями, які не обов'язково проходять через всі точки об'єкта. Цей графічний інструмент зазвичай використовують для відображення горизонталей рельєфу місцевості;
- пікет (SpotHeight) відображається у вигляді точки. Цей тип застосовують, як правило, для відображення відміток висот, глибин і ін;
- одинарний символ (Symbol) зображується у вигляді прив'язаного до точки одиночного умовного знаку та використовується для відображення, наприклад, колодязів, поодиноких дерев, стовпів і т. п;

Які основні геометричні одиниці геоінформаційної системи? Якими з них позначаються природні та техногенні об'єкти?

- рамка і легенда (Frame and Legend) відображаються так само, як і полігон/полілінія, проте шари з таким типом не відсікаються по рамці при виведенні карти на друк. Такий тип використовують для елементів зарамочного оформлення;
- таблиця (Table) забезпечує відображення інформації, яка містить одну або декілька колонок тексту. Такий шар редагується за допомогою елемента "Атрибути лінії", де можна відредагувати вид сітки таблиці;
- сітка цифрової моделі рельєфу (ЦМП) (DEM-Grid) – відображається у вигляді регулярної або нерегулярної сітки висот. Сітка висот створюється процедурою відновлення рельєфу по растровій стереопарі знімків або за допомогою інтерполяції з існуючих контурів і пікетів;
- мережа триангуляції (TIN) є мережею триангуляції Делоне, яка будується по існуючих пікетах. Мережа триангуляції використовується для побудови горизонталей рельєфу місцевості (рис. 6.11).

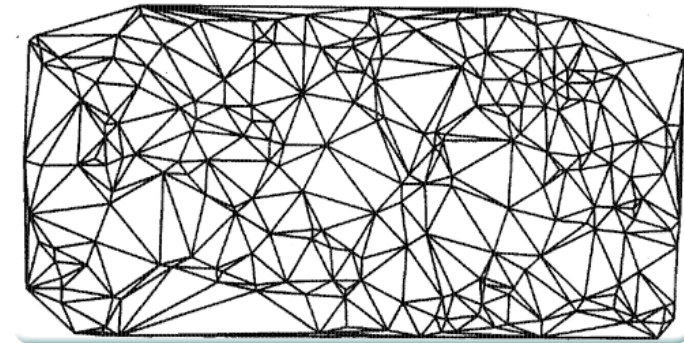


Рис. 6.11. Триангуляція Делоне (конструктивний вид)

Отже, збирання й оновлення цифрової інформації про контури картографічних об'єктів може здійснюватися не лише за допомогою існуючих сканованих карт, а й на основі ортофотопланів або окремих знімків у режимі стереозбору. Цифрова інформація збирається й реєструється пошарово (кількість шарів не обмежується): елементи

рельєфу, гідрографія, рослинний покрив, межі землеволодінь, населені пункти, промислові об'єкти, шляхопроводи, комунікації, пікети, текстові підписи та інші елементи.

Збирання цифрової інформації про рельєф виконується за стереоскопічною моделлю методами:

- трасування горизонталей у ручному режимі;
- побудови регулярної ЦМР із заданим кроком у ручному, автоматичному й інтерактивному режимах;
- побудови нерегулярної ЦМР у вигляді пікетів для характерних точок рельєфу в ручному або автоматичному режимах.

Створення цифрових ортофотопланів на всю площу зльоту літака з аеросканером здійснюється за результатами блочної тріангуляції після створення ЦМР. Після введення блоку інформації програма автоматично створює ортотрансформовані фрагменти з центральних зон кожного знімка з автоматичним нарізуванням, інтегральним поліпшенням контрасту та усуненням колірною "незшивання" меж. Обрізання знімків уздовж маршруту здійснюється автоматично. Між маршрутами обрізання не виконується, але будуються перерізи лінії, після перевірки й редагування яких знімки можна розрізати. Редагування цифрової інформації призначене для формування планшетного аркушу карти з підписами й умовними знаками, а також оперативного одержання інформації про будь-який об'єкт.

Дайте визначення цифрового ортофотоплану екологічного стану довкілля. Які компоненти відображаються на цій моделі? Умовні знаки?

Редагування дозволяє виконувати різні функції:

- поєднання цифрової інформації, зібраної з окремих стереопар;
- розподіл інформації на частини у вигляді планшетів;
- формування складних полігонів з раніше зібраних об'єктів;

- об'єднання й поділ об'єктів;
- зміни порядку збирання об'єктів;
- додавання вузлів;
- генералізація цифрової інформації;
- перетворення (лінії в точку, символу в об'єкт, точки в коло, лінії у смугу тощо).

У процесі редагування:

- усуваються виявлені в результаті автоматичного і ручного контролю помилки, допущені при збиранні інформації;
- виконується зведення контурів і горизонталей, отриманих із різних стереопар;
- включаються або змінюються семантичні коди, умовні знаки (картосеміотика) та інші ознаки.

Після редагування інформація має відповідати основним вимогам до цифрової карти за складом і якістю. Контроль якості цифрової інформації забезпечує численні функції перевірок і контролю геометрії, змістовного навантаження, семантики, зв'язків об'єктів. Зокрема:

- перевірка метрики об'єктів на відсутність перерізу та дублювання;
- замкнутість контурів об'єктів;
- примикання об'єктів;
- їхня заборонена приналежність;
- виходи на/за рамку номенклатурних аркушів;
- перевірка повноти паспортних даних, об'єктного складу, характеристик об'єктів та ін.

Заголом процес контролю якості цифрової інформації включає можливість її виправлення в автоматичному, інтерактивному й ручному режимах із протоколюванням результатів виконання операцій контролю.

Для простоти і наочності запропонованої технології процесу створення електронної карти після попередньої обробки даних об'єкту використовують ГІС програми обробки матеріалів космічної зйомки (рис. 6.12).



Рис. 6.12. Алгоритм створення цифрових крупномасштабних екологічних карт в ГІС-програмному середовищі Digital

Знайдіть інформацію про картосеміотику. Що це за наука? Які наукові проблеми вирішуються в дистанційному зондуванні та картографуванні?

Питання самоперевірки

1. В яких форматах зберігаються цифрові знімки?
2. Які використовують формати запису даних дистанційного зондування?
3. У чому полягає відмінність растрових і географічних координат цифрового знімку?
4. Назвіть рівні та відповідні їм операції оброблення даних дистанційного зондування.
5. У чому сутність геометричного та радіометричного коригування знімків?
6. Назвіть способи поліпшення візуального сприйняття зображення.
7. Що таке синергізм знімків?
8. У чому відмінність контрольованої та неконтрольованої класифікації?
9. Які розроблені алгоритми екологічного картографування за допомогою космічних систем ДЗЗ у ГІС?
10. Які ГІС-пакети є найбільш апробованими в фотограмметричній обробці космічних знімків в цілях екологічного моніторингу?

Знайдіть інформацію про інші аерокосмічні методи та дистанційне зондування Землі у цілях екологічного моніторингу та складіть таблицю порівняльної характеристики застосування в моніторингу довкілля

НАЗВА МЕТОДУ	АВТОР	СПОСІБ	ПРИЙОМ	ЗАСІБ	КАРТА

Частина 7

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ДЗЗ ТА ГІС ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ (ПРАКТИЧНА РОЗРОБКА)

7.1. Задачі систем ДЗЗ в моніторингу навколишнього середовища

Основними напрямками підвищення екологічної безпеки є контроль параметрів навколишнього природного середовища, пошук та локалізація антропогенних впливів на стан довкілля, визначення епіцентру та зон впливу, а також характеру забруднення. Останніми роками спостерігається розширення великомасштабної діяльності людини, пов'язаної з розвитком небезпечних високотехнологічних процесів (фізико-хімічних, теплових, радіаційних та ін.), що призводить до значної зміни стану природних умов довкілля. При цьому ступінь впливу і масштаби наслідків залежать від інтенсивності та характеру самого забруднення і стійкості навколишнього середовища до антропогенного навантаження.

Дайте визначення екологічної безпеки. Яка роль дистанційного зондування Землі у точності та оперативності отримання екоінформації?

Для контролю за параметрами довкілля і визначенням ступеня впливу техногенного забруднення застосовують екологічний моніторинг, який включає спостереження за подіями, процесами, явищами, а також здійснює оцінювання і прогнозування змін стану природного середовища на основі різних методів.

На сьогодні класичні методи контролю (контактні і біологічні), за допомогою яких оцінюють стан навколишнього природного середовища, не дають змоги виконати поставлені завдання в повному обсязі та в заданий час через розширення масштабів техногенного впливу і збільшення часу обробки отриманих результатів. Саме тому світові тенденції свідчать, що на перший план виходять дистанційні методи моніторингу, пов'язані насамперед із використанням можливостей космічних систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) в оптичному та радіодіапазонах.

Сформована державна система моніторингу довкілля (далі – ДСМД) (рис. 7.1), де: СМД – системи моніторингу довкілля; ПОКК-1 (2, N) – проблемно орієнтовані комплекси контролю забруднень регіонів (1-2) – м. Київ та Севастополь, N – інші регіони.

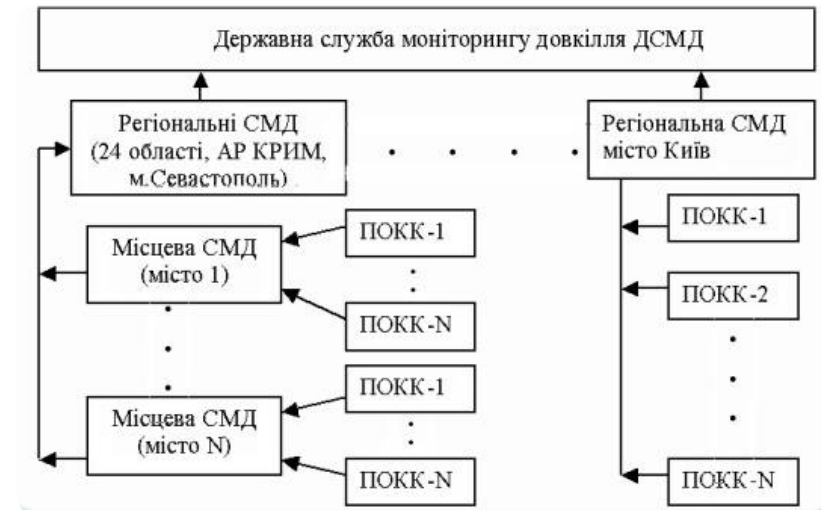


Рис. 7.1. Державна система моніторингу довкілля

Застосування космічних систем спостереження для проведення екологічного моніторингу є одним із основних напрямів застосування дистанційних методів для визначення стану і характеру навколишнього середовища. Це дає змогу виявляти стан розвитку та антропогенний вплив на навколишнє середовище, зокрема визначати його характер (наприклад, викиди в атмосферу) та його просторові характеристики з необхідною оперативною і просторовою повнотою спостереження, а також комплексно оцінювати властивості впливу, розміри, концентрацію, прогнозування наслідків впливу, зміст взаємодії і спостерігати за антропогенною зоною.

Забезпечення своєчасного отримання інформації та її повноти під час проведення екологічного моніторингу є актуальним і важливим напрямком досліджень, пов'язаним із розробленням рубрикатора екологічних завдань щодо своєчасного комплексного виявлення і визначення характеру техногенного впливу на основі обробки космічних знімків (КЗ) для забезпечення екологічної безпеки з використанням космічних систем ДЗЗ. Крім цього, космічні системи ДЗЗ можуть здійснювати безперервний моніторинг території, що дає змогу вирішувати деякі важливі екологічні завдання з контролю та оцінювання раптових впливів, пов'язаних із викидами в навколишнє середовище (атмосферне повітря природних зон та територій, промислових підприємств, у разі виникнення надзвичайних ситуацій та інших випадків).

На сучасному етапі розвитку розвинутих країн світу вже створені та активно використовуються різні Програми збору та обробки геоданих (GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe), в межах яких розкриваються класифікатори (рубрикатори) завдань і висвітлюються можливості космічного спостереження за різними об'єктами на основі дешифрування космічних знімків.

Опишіть систему: GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), GMES (Global Monitoring for Environment and Security) та INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).

Для ефективного дешифрування космічних зображень на сьогодні активно розвиваються підходи, пов'язані з обробкою отриманих даних у різних спектральних діапазонах під час проведення екологічного моніторингу дистанційними методами. При цьому з кожного датчика можна отримати цифрові зображення підстильної поверхні в різних спектрах електромагнітного випромінювання. Інформація про зміни поверхні сцени може міститися у зміні геометричних характеристик, просторових розподілах рівнів яскравостей, а також у спектральних сигнатурах. Щоб отримати максимальну кількість інформації про зміну і стан процесів природних змін використовувати процедури комплексування отриманих даних від різних методів обробки космічних знімків. У роботі показані діапазони випромінювань для якісної обробки радіометричних, геометричних та багатоспектральних складових на етапі дешифрування космічних зображень.

Через випадковість природних процесів та антропогенних впливів на природні умови для підвищення достовірності оцінки стану довкілля під час виконання завдань екологічного моніторингу дистанційними методами, а також можливості розширення інформаційних властивостей космічних систем ДЗЗ за техногенним забрудненням довкілля виникає необхідність розробки рубрикатора екологічних завдань для своєчасного проведення моніторингу та оцінювання на основі використання КЗ для побудови екологічних карт, що і визначило основні напрями наукових досліджень.

За якими прийомами геоінформаційного картографування на базі ДЗЗ оцінюється техногенне забруднення довкілля?

ДЗЗ та ГІС вирішується практично всі актуальні наукові завдання, пов'язані з розробленням рубрикатора екологічних завдань для проведення екологічного моніторингу стану довкілля та оцінювання техногенного забруднення територій на основі застосування космічних знімків та обробки космічних зображень. ГІС та ДЗЗ – є основою науково-методичного та організаційно-планового підґрунтя (розробка

рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу, що вирішуються з використанням космічних систем ДЗЗ та ГІС) для виконання завдань Національного центру управління та випробувань космічних засобів робіт з екологічного моніторингу за даними ДЗЗ відповідно до потреб органів державної влади України, а також виконання науково-прикладних досліджень у рамках загальнодержавних науково-технічних програм та міжнародних проектів.

У зв'язку з цим практичним прикладним значення ДЗЗ в екології є процес формування структурованого переліку екологічних завдань що можуть вирішуватися за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС у ході проведення екологічного моніторингу, де вивчаються космічні системи ДЗЗ для вирішення екологічних завдань у ході екологічного моніторингу. Використовуються різні методи дослідження: системний підхід до використання аналізу і синтезу складних систем, дистанційні методи екологічного моніторингу, методи статистичної обробки даних (багатоспектральні, радіолокаційні, графоаналітичні), методи обробки космічних зображень.

За допомогою ДЗЗ та ГІС розробляється структурований розподіл (рубрикатор) екологічних завдань, що за допомогою космічних систем дистанційного зондування Землі та контролю визначає екологічні параметри навколишнього природного середовища.

ГІС та ДЗЗ у сукупності формують геоматичну методологію екологічних завдань, що дає змогу підвищити якість проведення екологічного моніторингу за допомогою космічних систем спостереження; удосконалити моніторингову систему для оптимального отримання даних щодо оцінювання ризиків впливу техногенного забруднення довкілля; використовувати в системі екологічного моніторингу космічні знімки для моделювання та прогнозування стану навколишнього природного середовища за допомогою геоінформаційних систем.

Самостійно сформулюйте визначення рубрикатора завдань з управління у сфері екологічної безпеки та екомоніторингу.

7.2. Аналіз використання космічних систем в екологічному моніторингу

7.2.1. Аналітичний огляд можливостей застосування космічних систем ДЗЗ для реалізації завдань екологічного моніторингу

Одним із основних завдань Національної цільової науково-технічної космічної програми України на 2013-2027 рр. є розвиток, у першу чергу, Національної системи дослідження Землі з космосу. Використання космічних систем (КС) дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі застосування бортових оптико-електронних систем (ОЕС) космічних апаратів (КА) дозволяє вирішувати, передусім, завдання по спостереженню об'єктів та екологічному моніторингу земної поверхні. Завдяки космічним знімкам можна здійснювати екологічний контроль об'єктів та стежити за процесами, які відбуваються на земній поверхні, і за результатами їх дешифрування проводити аналіз геохімічної інформації та робити висновки відносно поточної екологічної ситуації, а також контролювати стан окремих небезпечних об'єктів.

Що таке геоматика? Яка її роль в Національній цільовій науково-технічній космічній програмі України на 2013-2027 роки?

Космічні системи дистанційного зондування в екологічному моніторингу, пов'язані з визначенням поняття екологічного моніторингу. Під екологічним моніторингом (моніторинг навколишнього середовища (НС)) розуміють комплексну систему спостережень за станом навколишнього середовища, оцінювання та прогнозування змін стану навколишнього середовища під впливом природних і антропогенних чинників. Основні концепції екологічного моніторингу закладені ще в 70-х рр. ХХ ст. Моніторинг НС розглядається як система спостережень, оцінки і прогнозу антропогенних змін стану абіотичних компонентів біосфери у відповідь на реакції екосистем на ці зміни і антропогенних змін в еко-

системах, пов'язаних з впливом господарської діяльності. По І.П. Герасимову, моніторинг – це система спостереження, контролю і управління станом навколишнього середовища. В обох концепціях в основі моніторингу лежить система спостережень. Система екологічного моніторингу повинна накопичувати, систематизувати і аналізувати інформацію про:

- стан навколишнього середовища;
- причини спостережуваних і вірогідних змін стану (тобто, джерела і чинники впливу);
- допустимість змін і навантажень на середовище в цілому;
- існуючі резерви біосфери.

Отже, до системи екологічного моніторингу входять системи спостереження за загальним, кризовим та фоновим станом елементів біосфери і спостереження за джерелами і чинниками антропогенного впливу, що викликають надзвичайні ситуації (рис. 7.2).



Рис. 7.2. Види моніторингу навколишнього середовища України та їх зміст

Тому необхідно провести аналіз технічних можливостей бортового спеціального комплексу для використання космічних систем ДЗЗ при проведенні екологічного моніторингу.

Відповідно до наведених визначень і покладених на систему функцій моніторинг включає три основні напрями діяльності:

- спостереження за чинниками впливу і станом середовища;
- оцінювання фактичного стану середовища;
- прогнозування стану навколишнього природного середовища і оцінювання прогнозованого стану.

Сама система моніторингу не передбачає діяльності щодо управління якістю середовища, але є джерелом інформації необхідної для ухвалення екологічно значущих рішень.

Наведіть історичну довідку розвитку ідей екологічного моніторингу: світова та національна практика досліджень, наукові школи, видатні вчені та їх результати.

Основні завдання екологічного моніторингу:

- спостереження за джерелами антропогенного впливу;
- спостереження за чинниками антропогенного впливу;
- спостереження за станом природного середовища і процесами, що відбуваються в ньому під впливом антропогенних чинників;
- оцінювання фактичного стану природного середовища;
- прогнозування зміни стану природного середовища під впливом антропогенних чинників та оцінка прогнозованого стану природного середовища.

Екологічний моніторинг навколишнього середовища може проводитися на різних рівнях просторової організації: промислового об'єкта, міста, області, краю, регіону, а також на національному рівні.

Відповідно визначень і покладених на систему функцій, моніторинг включає декілька основних процедур:

- виділення (визначення) об'єкта спостереження;
- обстеження виділеного об'єкта спостереження;
- створення інформаційної моделі об'єкта спостереження;
- планування вимірювань;
- оцінювання стану об'єкта спостереження та ідентифікація його інформаційної моделі;
- прогнозування зміни стану об'єкта спостереження; надання інформації в зручній для користувача формі і доведення її до споживача.

Отже, до системи екологічного моніторингу входять спостереження за станом елементів біосфери і спостереження за джерелами і чинниками антропогенного впливу.

Характер і механізм узагальнення інформації про екологічну обстановку під час її переміщення по ієрархічних рівнях системи екологічного моніторингу визначають за допомогою поняття інформаційного портрета екологічного стану. Це сукупність графічно представлених просторово розподілених даних, що характеризують екологічну обстановку на певній території спільно з картооснотою місцевості (рис. 7.3).

Розпізнавальна здатність інформаційного портрета залежить від масштабу використовуваної картоосноти.

При розробці проектів екологічного моніторингу необхідна така інформація:

- 1) джерела надходження забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище – викиди забруднюючих речовин в атмосферу промисловими, енергетичними, транспортними та іншими об'єктами; скидання стічних вод у водні об'єкти; поверхневі зливи забруднюючих і біогенних речовин у поверхневі води суші і моря; внесення на земну поверхню та (або) в ґрунтовий шар забруднюючих і біогенних речовин разом з добривами і отрутохімікатами під час сільськогосподарської діяльності;

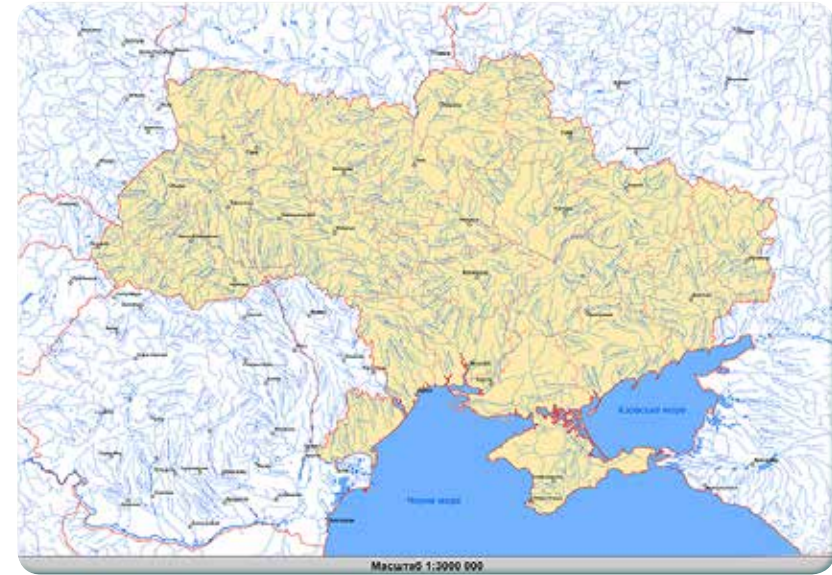


Рис. 7.3. Картографічна основа для гідроекологічної карти України

місця поховання і складування промислових і комунальних відходів; техногенні аварії, що приводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин та (або) розливу рідких забруднюючих і небезпечних речовин тощо;

- 2) перенесення забруднюючих речовин – процеси атмосферного перенесення; процеси перенесення і міграції у водному середовищі;
- 3) процеси ландшафтно-геохімічного перерозподілу забруднюючих речовин – міграція забруднюючих речовин за ґрунтовим профілем до рівня ґрунтових вод; міграція забруднюючих речовин по ландшафтно-геохімічному сполученню з урахуванням геохімічних бар'єрів і біохімічних кругообігів; біохімічний кругообіг тощо;
- 4) дані про стан антропогенних джерел емісії – потужність джерела емісії і місцезнаходження його, гідродинамічні умови емісії забрудників у навколишнє середовище.

Дайте визначення небезпечній отруйній речовині та сильно діючій отруйній речовині. Чи відображаються вони на космофотознімках?

У зоні впливу джерел емісії організують систематичне спостереження за наступними об'єктами і параметрами навколишнього природного середовища.

1. Атмосфера: хімічний і радіонуклідний склад газової і аерозольної фази повітряної сфери; тверді і рідкі опади (сніг, дощ) та їх хімічний і радіонуклідний склад; теплове забруднення і вологість атмосфери.

2. Гідросфера: хімічний і радіонуклідний склад поверхневих вод (річки, озера, водосховища і т. д.), ґрунтових вод, суспензій і донних відкладень у природних водостоках і водоймах; теплове забруднення поверхневих і ґрунтових вод.

3. Ґрунт: хімічний і радіонуклідний склад родючого шару ґрунту.

4. Біота: хімічне і радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь, рослинного покриву, ґрунтових зооценозів, наземних співтовариств, домашніх і диких тварин, птахів, комах, водних рослин, планктону, риб.

5. Урбанізоване середовище: хімічний і радіаційний фон повітряного середовища населених пунктів; хімічний і радіонуклідний склад продуктів харчування, питної води тощо.

6. Населення: характерні демографічні параметри (чисельність і щільність населення, народжуваність і смертність, віковий склад, захворюваність, рівень уродженої потворності і аномалій); соціально економічні чинники.

Наведіть різні схеми структури географічної оболонки Землі, вкажіть її дрібні структурні елементи за кожними її складовими.

Система моніторингу природних середовищ і екосистем включає засоби спостереження екологічної якості повітряного середовища, екологічного стану поверхневих вод і водних екосистем, екологічного стану геологічного середовища і наземних екосистем. Для вирішення поставлених завдань екологічного моніторингу приземного шару можна використовувати космічні апарати дистанційного зондування Землі, які пов'язують в єдину мережу інформаційного простору, що може бути сформована на основі використання сучасних геоінформаційних технологій (рис. 7.4).

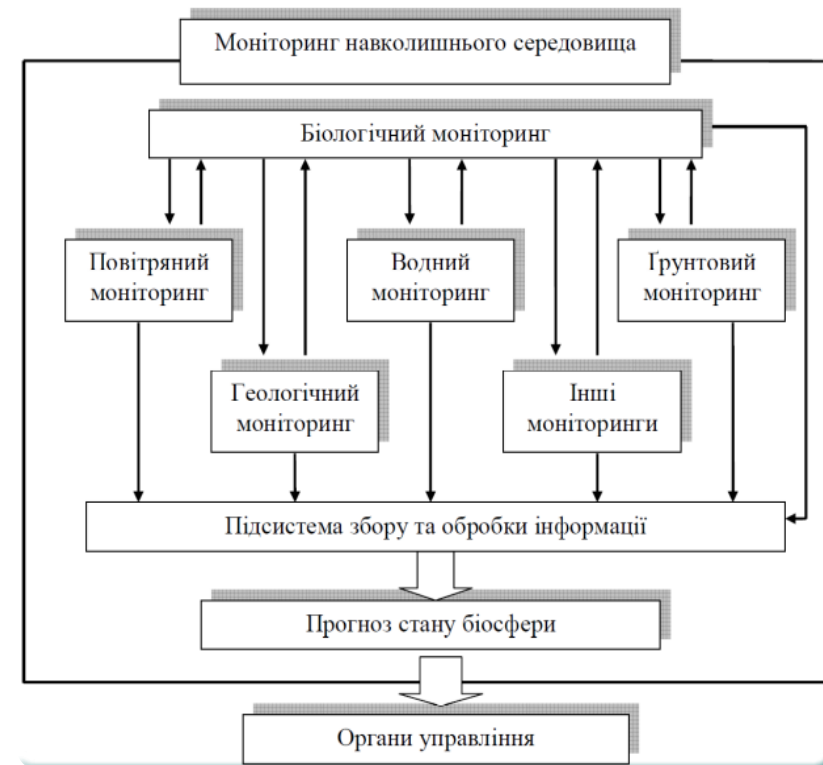


Рис. 7.4. Загальна схема системи моніторингу довкілля

Аналіз джерел доводить висновок, що ефективність функціонування космічної системи спостереження (рис. 7.5) залежить від можливостей розпізнавання оптико-електронними системами процесів та об'єктів у просторі.



Рис. 7.5. Глобальна система спостережень

На сьогоднішні з'явилися нові підходи, які не потребують високого просторового розрізнення, а застосовують методи поліпшення якості обробки багатоспектральних (гіперспектральних) космічних знімків, отриманих в результаті використання спектрометричних камер. При аналізі сучасних технологій побудови ОЕС встановлено, що особливістю використання видимого діапазону є, в першу чергу, здатність відбиття об'єктом сонячної енергії, яка характеризує хімічний склад його поверхні. Це дає можливість при проведенні відеоспектральної зйомки отримувати зображення в різних зонах спектра. При цьому з декількох спектральних зон можна синтезувати не один, а безліч варіантів зображення, що відображають екологічну обстановку.

Кожен варіант такого багатоспектрального зображення містить свою окрему інформацію про стан земної поверхні, коли основна увага приділяється не просторовій здатності розподілу оптико-електронних камер, а виявленню або висвітленню змін спектрального складу отриманого електромагнітного випромінювання. Так, на одному краще виділяються дороги і споруди, на іншому – водні поверхні та їх вміст, а на третьому краще видно деталі рослинності за допомогою вегетаційного індексу.

Аналіз джерел показав, що побудова орбітального угруповання космічних апаратів оптико-електронного спостереження надвисокої розпізнавальної здатності відбувається на сонячно-синхронних орбітах (див. табл. 7.1). Це дає можливість супутнику завжди пролітати над однією і тією ж територією на заданій широті в один і той же місцевий сонячний час. Отже, для заданих зображень отримуваних з КА може бути досягнуто однакове сонячне освітлення (за винятком сезонних змін). Постійність освітленості і взаємного розташування супутника і Сонця відносно спостережуваної території створюють сприятливі умови для фотометричної обробки космічних знімків, коли спостереженні за поверхнею Землі застосовують комплексне використання приладів, що працюють в різних спектральних діапазонах.

Аналітичний огляд публікацій показав, що відповідно до спектральної щільності енергетичної яскравості характеристик об'єкта можна визначити спектральні діапазони для проведення екологічного моніторингу за допомогою використання оптико-електронних систем спостереження в космічних системах ДЗЗ. Можливий вибір багатоспектрального пристрою (сенсора) для виконання завдань екологічного спостереження показано в табл. 7.2. – табл. 7.5.

Згадайте із вивченого матеріалу, які орбіти називаються сонячно-синхронними? Яка користь від супутників, що працюють на цих орбітах та функції в екомоніторингу?

Таблиця 7.1
Характеристики космічних апаратів оптико-електронного спостереження надвисокої сенсорності

Космічний апарат (країна)	Висота орбіти, км	Нахилення орбіти, град.	Період обер-тання, хв	Параметри оптико-електронної камери						Параметри ЗП та передачі інформації			Вихідні параметри КС					
				f, м		d, см		Розмір p, мм		Кількість p		Світність, Гот	Швид-кість, Мбіт/з	Захват, км	МС		Дозвіл	
				М	М	М	М	М	М	М	М				М	М	М	М
IKONOS-2 (США)	681	98.1	98.3	10.0	70	12	48	13500	3375	80	320	11	68000	1.0	4.0			
Quickbird-2 (США)	450	97.2	93.4	8.8	60	12	48	27568	6892	128	320	16.5	51000	0.6	2.4			
Orbview-3 (США)	470	97.2	92.6	3.0	45	6	24	8000	2000	32	150	8	157000	1.0	4.0			
EROS B (Ізраїль)	~500	97.3	94.8	5.0	50	7	немає	10000	немає	2x120	450	7	100000	0.7	немає			
Ресурс ДК-1 (Росія)	361-604	70.4	94.0	4.0	50	9	-	36000	-	768	300	28.3	90000	1.0	3.0			
COMPSAT-2 (Корея)	685	98.1	98.5	-	-	-	-	15000	3750	64+96	320	15	137000	1.0	4.0			
Satrosat-2 (Індія)	637	97.9	97.4	5.6	70	7	немає	12288	немає	64	105	9.6	114000	0.8	немає			
Worldview-1 (США)	496	97.2	93.0	8.8	60	8	немає	35000	немає	2200	800	16.4	113000	0.5	немає			
Satrosat-2A (Індія)	635	97.9	97.4	5.6	70	7	немає	12288	немає	64	105	9.6	56000	0.8	немає			
Geoeye-1 (США)	684	98.0	98.0	13.3	110	8	32	35000	9300	1200	740	15.2	51000	0.41	1.64			
Worldview-2 (США)	770	97.8	100.0	13.3	110	8	32	35000	9300	2200	800	16.4	58000	0.48	1.8			
Pleiades-1 (Франція)	694	90.2	-	12.9	65	13	52	30000	7500	600	465	20	53800	0.5	2.0			

Таблиця 7.2
Відповідність завдань щодо проведення екологічного моніторингу для вибору спектральних діапазонів оптико-електронними системами

№ з/п	Завдання щодо проведення екологічного моніторингу		Спектральний діапазон	Тип багато-спектрального пристрою (сенсор)
	Загальне	Спеціальне		
1	2	3	4	5
1.	Кордон між земною поверхнею і хмарами	Хлорофіл рослин	620-670 нм	MSS, HSI, HRVIR, ШМСА, ГСА
		Хмарність і рослинність	840-780 нм	
2.	Властивість земної поверхні і хмар	Відмінності в ґрунтах та рослинності	460-480 нм	RBV, TM, MODIS, HRVIR, ШМСА, ГСА
		Зелена рослинність	545-568 нм	
		Властивості листового покриву	1230-1250 нм	
		Відмінності снігового покриву (хмарності)	1630-1653 нм	
		Параметри земного покриву та хмарності	2100-2155 нм	
3.	Колір океану	Спостереження за хлорофілом	405-420 нм, 437-450 нм, 405-420 нм, 405-420 нм	TM, MSS, HRV, HRVIR
		Опади	546-556 нм	
		Опади, атмосфера	660-673 нм	
		Флюоресценція хлорофілу	673-683 нм	
		Властивості аерозолів	743-753 нм	
		Властивості аерозолів та параметри атмосфери	860-880 нм	

Закінчення таблиці 7.2

1	2	3	4	5
4.	Атмосфера і хмари	Параметри хмарності та атмосфери	890-920 нм, 915-965 нм	MSS, ETM, HRG
		Пір'яні хмари	1,36-1,39 мкм	
		Вологість у середній частині тропосфери	6,53-6,9 мкм	
		Вологість у верхній частині тропосфери	7,17-7,48 мкм	
		Температура поверхні Землі	8,4-8,7 мкм	
5.	Теплові властивості	Температура морської поверхні	3,66-3,8 мкм	MTI, TIMS
		Лісові пожежі, вулкани	3,92-3,98 мкм	
		Температура хмар та земної поверхні	3,92-3,98 мкм, 4,02-4,08 мкм, 10,78-11,3 мкм, 11,76-12,3 мкм	
		Температура в тропосфері, склад хмар	4,43-4,55 мкм	
		Аналіз загального вмісту озону	9,58-9,88 мкм	
		Висота і склад хмар	13,18-13,49 мкм, 13,48-13,79 мкм, 13,78-14,09 мкм, 14,08-14,39 мкм	

Таблиця 7.3

Рекомендовані сфери застосування оптико-електронних систем ДЗЗ надвисокої роздільної здатності (< 1 м)

Види робіт	Космічні апарати				
	GeoEye - 1	WorldView - 1	QuickBird	Ресурс-ДК1	IKONOS
1	2	3	4	5	6
Створення і оновлення проектно-екологічних планів масштабом:					
1 : 2 000	•	•			
1 : 5 000	•	•	•		•
Створення і оновлення топографічних і спеціальних тематичних карт масштабу :					
1 : 10 000	•	•	•	•	•
1 : 25 000			•	•	•
1 : 50 000				•	
Створення висотної основи					
Цифрові моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу	•	•			•
Інвентаризація і моніторинг стану об'єктів інфраструктури видобування і транспортування нафти і газу					
Планування і контроль розвитку інфраструктури	•	•	•	•	•
Оперативне виявлення несанкціонованих приєднань у магістральні трубопроводи і моніторинг появи об'єктів в охоронних зонах	•	•	•	•	•
Моніторинг екологічного стану територій видобування, переробки і транспортування нафти і газу	•	•	•	•	•
Моніторинг аварійних розливів нафти	•	•	•	•	•

Продовження таблиці 7.3

1	2	3	4	5	6
Інвентаризація і моніторинг стану і об'єму кар'єрів і штабелів гідронамивання піску	•	•			•
Пошук і прогнозування родовищ корисних копалин					
Вибір напрямів і обґрунтування перспективних площ під пошукові роботи, прогнозування і виявлення пасток нафти і газу	•		•		•
Оцінка загроз тектонічного і сейсмологічного характеру	•	•			
Сільське господарство					
Виявлення і прогнозування несприятливих екологічних явищ, пов'язаних з сільськогосподарським природокористуванням	•	•	•	•	•
Лісове господарство					
Визначення породного складу, стану лісового масиву	•	•	•	•	•
Визначення висоти лісових масивів	•	•			•***
Виявлення і моніторинг вирубувань, гару і вітровалу	•	•	•	•	•
Контроль лісовідновлювальних робіт	•	•	•	•	•
Водне господарство і ресурси					
Моделювання процесів затоплення території під час повеней	•	•			•
Визначення біологічної продуктивності і стану водойм	•		•		•
Моніторинг водного і льодового режимів водойм	•	•			
Моніторинг стану водозахисних зон	•	•	•	•	•
Вивчення ландшафтної структури, природних ресурсів і типів природокористування					
Побудова ландшафтних карт, дистанційне вивчення ландшафтів	•		•		•

Закінчення таблиці 7.3

1	2	3	4	5	6
Дослідження і моніторинг регіональної структури природокористування	•	•	•	•	•
Екологічні дослідження					
Оцінка масштабів прояву і темпів розвитку ерозійних процесів	•	•	•	•	•
Спостереження за швидкозмінними екосистемами	•	•			
Виявлення локальних джерел забруднення	•	•	•	•	•
Транспорт, комунікації, зв'язок					
Оперативне картографування доріг, що з'явилися, вивчення транспортної доступності	•	•	•	•	•
Моніторинг будівництва і реконструкції об'єктів	•	•	•	•	•
Виявлення зон видимості радіосигналу по ЦММ	•	•			•
Муніципальне управління					
Моніторинг фактичного використання земель	•	•	•	•	•
Моніторинг транспортної мережі міста	•	•	•	•	•
Інвентаризація зелених насаджень	•	•	•	•	•
Рекреація, спорт і туризм					
Створення реалістичних тривимірних моделей об'єктів туризму і спортивних споруд	•	•	•		•
Моніторинг будівництва і стану об'єктів туризму, відпочинку і спорту	•	•	•	•	•
Право і дотримання законності					
Виявлення незаконних посівів наркотичних культур	•		•		•
Вирішення судових суперечок, пов'язаних із землекористуванням	•	•	•		•
Визначення зон несанкціонованих будівельних робіт і самовільного зайняття земельних ділянок	•	•	•	•	•

Таблиця 7.4

**Рекомендовані сфери застосування
оптико-електронних систем ДЗЗ**

Види робіт	Космічні апарати									
	Розрізняювальна здатність									
	Висока (< 2,5 м)			Середня (< 10 м)			Низька (> 10 м)			
	FORMOSAT - 2	ALOS	SPOT - 5	CARTOSAT - 1	RapidEye	SPOT - 2/4	TERRA(ASTER)	Landsat - 7	Landsat - 5	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Створення і оновлення екологічних карт та серій карт масштабом:										
1 : 25 000	•	•	•	•						
1 : 50 000	•	•	•	•	•					
1 : 100 000					•	•	•	•		
1 : 200 000						•	•	•	•	
Створення висотної основи										
Цифрові моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу		•	•	•						
Інвентаризація і моніторинг стану об'єктів інфраструктури видобування і транспортування нафти і газу										
Планування і контроль розвитку інфраструктури	•	•	•	•	•					
Оперативне виявлення несанкціонованих приєднань у магістральні трубопроводи і моніторинг появи об'єктів в охоронних зонах	•	•								

Продовження таблиці 7.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контроль функціонування факельних установок	•	•			•				
Моніторинг екологічного стану територій видобування, переробки і транспортування нафти і газу	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Моніторинг аварійних розливів нафти	•	•	•	•	•	•	•	•	
Інвентаризація і моніторинг стану і об'єму кар'єрів і штабелів гідронамивання піску		•		•					
Пошук і прогнозування родовищ корисних копалин									
Вибір напрямів і обґрунтування перспективних площ під пошукові роботи, прогнозування і виявлення пасток нафти і газу		•			•	•	•	•	•
Оцінка загроз тектонічного і сейсмологічного характеру							•***	•***	•***
Сільське господарство									
Поточний контроль за станом посівів, моніторинг темпів збирання врожаю	•				•				
Виявлення і прогнозування несприятливих екологічних явищ, пов'язаних з сільськогосподарським природокористуванням	•	•	•		•	•	•	•	•
Лісове господарство									
Визначення породного складу, стану лісового масиву	•	•	•		•	•	•	•	•

Таблиця 7.5

**Рекомендовані сфери застосування
оптико-електронних систем (ОЕС) ДЗЗ**

Види робіт	Космічні апарати					
	Розрізняювальна здатність					
	Висока (< 1 м)		Середня (< 7 м)		Низька (> 7 м)	
	TerraSAR - X	COSMO - SkyMed - 1-3	RADARSAT - 2	ALOS(PALSAR)	RADARSAT - 1	Envisat
1	2	3	4	5	6	7
Створення і оновлення екологічних карт та серій карт масштабами:						
1:10 000	•	•				
1 : 25 000	•	•	•			
1 : 50 000			•	•	•	
1 : 100 000				•	•	
1 : 200 000				•	•	•
Створення висотної основи						
Цифрові моделі місцевості, цифрові моделі рельєфу	•	•	•	•	•	•
Інвентаризація і моніторинг стану об'єктів інфраструктури видобування і транспортування нафти і газу						
Планування і контроль розвитку інфраструктури	•	•	•			

Продовження таблиці 7.5

1	2	3	4	5	6	7
Оперативне виявлення несанкціонованих приєднань у магістральні трубопроводи і моніторинг появи об'єктів в охоронних зонах	•	•				
Моніторинг екологічного стану територій видобування, переробки і транспортування нафти і газу	•	•	•	•	•	
Моніторинг аварійних розливів нафти	•	•	•	•	•	•
Інвентаризація і моніторинг стану і об'єму кар'єрів і штабелів гідронамивання піску			•	•	•	•
Пошук і прогнозування родовищ корисних копалин						
Вибір напрямів і обґрунтування перспективних площ під пошукові роботи, прогнозування і виявлення пасток нафти і газу	•	•	•	•	•	•
Визначення величин тих, що просіли земної поверхні	•			•	•	•
Оцінка загроз тектонічного і сейсмологічного характеру				•	•	•
Сільське господарство						
Поточний контроль за станом посівів, моніторинг темпів збирання врожаю	•	•	•	•		

Продовження таблиці 7.5

1	2	3	4	5	6	7
Виявлення і прогнозування несприятливих екологічних явищ, пов'язаних з сільськогосподарським природокористуванням				●		●
Лісове господарство						
Визначення порідного складу, стану лісового масиву	●***	●	●	●		
Визначення висоти лісових масивів				●		
Виявлення і моніторинг вирубувань, гару і вітровалу	●***	●	●	●		
Контроль лісовідновлювальних робіт	●	●	●	●		
Водне господарство і ресурси						
Виявлення річкових і озерних басейнів, водозборів	●***	●	●	●	●***	●***
Моделювання процесів затоплення території під час повеней				●***		●***
Моніторинг водного і льодового режимів водойм	●***	●***	●***	●***	●***	●***
Моніторинг стану водоохоронних зон	●	●	●	●	●	
Вивчення ландшафтної структури, природних ресурсів і типів природокористування						
Побудова ландшафтних карт, дистанційне вивчення ландшафтів	●***	●***	●***	●***		●***

Продовження таблиці 7.5

1	2	3	4	5	6	7
Дослідження і моніторинг регіональної структури природокористування	●***	●***	●***			
Екологічні дослідження						
Оцінка масштабу прояву і темпів розвитку ерозійних процесів				●***		●***
Спостереження за швидкозмінюваними екосистемами	●***	●***	●***	●***	●***	●***
Виявлення локальних джерел забруднення	●***	●***				
Транспорт, комунікації, зв'язок						
Оперативне картографування доріг, що знову з'явилися, вивчення транспортної доступності	●***	●***	●***	●***	●***	●***
Моніторинг будівництва і реконструкції об'єктів	●***	●***	●***			
Виявлення зон видимості радіосигналу по ЦММ				●***		●***
Муніципальне управління						
Моніторинг транспортної мережі міста	●***	●***	●***			
Інвентаризація зелених насаджень	●	●	●	●		●
Оцінка вертикальних зміщень різних споруд	●***	●***	●***			●***

Закінчення таблиці 7.5

1	2	3	4	5	6	7
Рекреація, спорт і туризм						
Створення реалістичних тривимірних моделей об'єктів туризму і спортивних споруд				●***		●***
Моніторинг будівництва і стану об'єктів туризму, відпочинку і спорту	●***	●***	●***			
Право і дотримання законності						
Визначення зон несанкціонованих будівельних робіт і самовільного зайняття земельних ділянок	●***	●***				

У табл. 7.2. та табл. 7.3 наведено основні завдання щодо виконання екологічного контролю та моніторингу на основі застосування космічних систем ДЗЗ з використанням сучасних оптико-електронних засобів спостереження. Для цього необхідна цільова поетапна обробка багатоспектральних космічних знімків в наземних програмно-апаратних комплексах екологічного спостереження.

Одним із можливих програмних продуктів є геоінформаційні системи (ГІС), які мають інтеграційні властивості і дають можливість створювати на їх основі потужний інструмент для збирання, зберігання, систематизації, аналізу і представлення інформації.

Геоінформаційні системи мають характеристики, які забезпечують необхідне відображення, прогнозування та управління моніторинговою інформацією. Тільки з появою ГІС повною мірою реалізується можливість цілісного, узагальненого погляду на комплексні екологічні проблеми навколишнього середовища. ГІС стає основним елементом систем моніторингу.

Проаналізуйте вищевикладені таблиці. Визначте, які супутники найбільш підходять для дистанційного моніторингу довкілля?

7.2.2. Структура наземного сегменту та особливості застосування космічних систем ДЗЗ в системі екологічного моніторингу

Безпосереднє вирішення завдань приймання космічних знімків з космічного апарата ДЗЗ пов'язане з формуванням наземного інформаційного комплексу (НІК) на основі наявних технічних засобів у вигляді територіально рознесених радіотехнічних систем, центру обробки спеціальної інформації (ЦОСІ) і мережі зв'язку. Наземний інформаційний комплекс, як складова частина космічної системи ДЗЗ, призначений для систематичного, згідно з поданими заявками, забезпечення споживачів цільовою інформацією для розв'язання соціально-економічних і наукових завдань. Тому вважаємо доцільним розглянути умови функціонування технічних засобів НІК, адже побудова НІК принципово відрізняється способом обміну інформацією між бортовими спеціальними комплексами (БСК) космічних апаратів (КА) і радіотехнічними системами (РТС) НІК. В Україні використовують, переважно, персональні НІК.

Персональні НІК: геоінформаційні реєстратори, цифрові тахеометри та лазерні сканери, GPS-станції працюють в системі (рис. 7.6) і вирішують завдання передачі інформації протягом одного сеансу. У зв'язку з тим, що в ЦОСІ надходить інформація з однієї РТС, це суттєво скорочує інформаційний обмін. Крім цього, значно зростає оперативність обробки отриманих даних і ухвалення рішення. При цьому виникає необхідність побудови уніфікованих технічних засобів і апаратно-програмних комплексів.

Основними недоліками персональних НІК вважають:

- підвищення вимог до виконання завдань передачі цільової інформації з БСК КА у зв'язку з обмеженістю часу прольоту його в зоні радіовидимості;

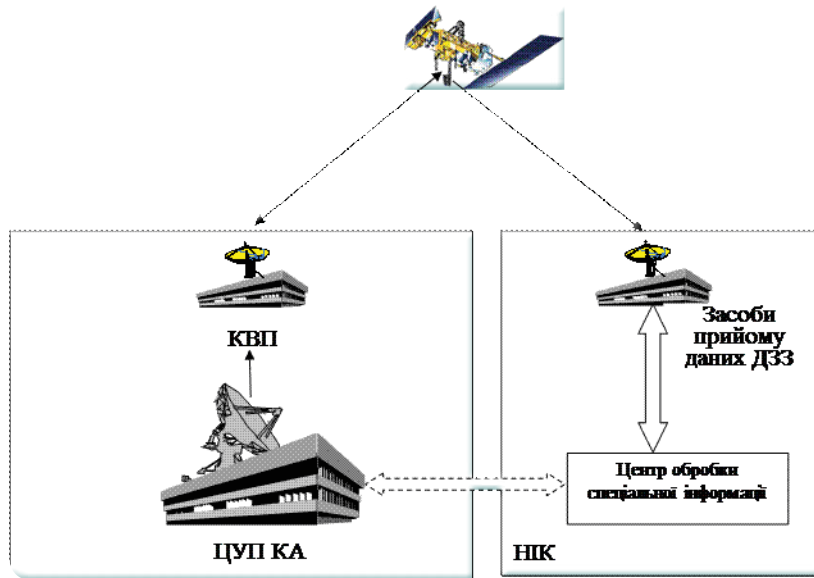


Рис. 7.6. Приймання цільової інформації персональним НІК

- прийняття ряду окремих рішень на виконання завдань передачі цільової інформації з БСК КА відбувається на основі великої апріорної невизначеності бортового комплексу;
- обмеженість можливості перерозподілу використання технічних засобів НІК у разі виходу з ладу радіотехнічних систем, що призводить до зниження надійності передачі цільової інформації. Разом з тим, для висот орбіт більш 500 км вся територія України є зоною видимості одного НІК, що зумовлює використання тільки однієї радіотехнічної системи.

Враховуючи можливості обмеженого приймання інформації радіо-системами в зоні радіовидимості, виникає необхідність дослідження чинників, що впливають на якість функціонування радіоканалу та стійкість роботи наземної РТС при побудові наземного інформаційного комплексу однопунктної технології. При цьому спочатку необхідно розглянути особливості побудови оптико-електронних систем

спостереження, а також формування зображення в бортовому спеціальному комплексі КА.

Застосування дистанційних методів екологічного моніторингу поверхні Землі з космосу базується на тематичному аналізі зображень, отриманих цільовими приладами бортового спеціального комплексу, встановленими на космічних апаратах: радіолокаторами (рис. 7.7), скаттерометрами, радіометрами та оптико-електронною технікою.



Рис. 7.7. Радіолокатор «Крона»

Ряд супутників, обладнаних приладами дистанційного зондування, виведені на орбіту спеціально для отримання різної геофізичної інформації, необхідної для оцінки стану навколишнього середовища і природно-ресурсних досліджень.

Зображення із супутників передаються на станцію приймання спеціальної інформації НІК для первинної обробки і служить основою для повсякденного контролю за станом навколишнього середовища (схема проходження інформації представлена на рис. 7.8).

Після приймання і первинної обробки космічної інформації на станції прийому спеціальної інформації НІК проводиться

дешифрування знімка. Метою обробки даних дистанційного зондування є отримання знімків або зображень з необхідними спектральними, радіометричними і геометричними характеристиками. При цьому обробка даних космічного зображення, відповідно до типової процедури, відбувається на декількох рівнях. Загалом вона передбачає попередню та первинну обробку.

Що розуміється під технологічною процедурою геокодування? Які види картографічних проєкцій ви знаєте?

Чим радіометричні характеристики знімка відрізняються від геометричних? Яка роль спектру при ДЗЗ з екологічних проблем?

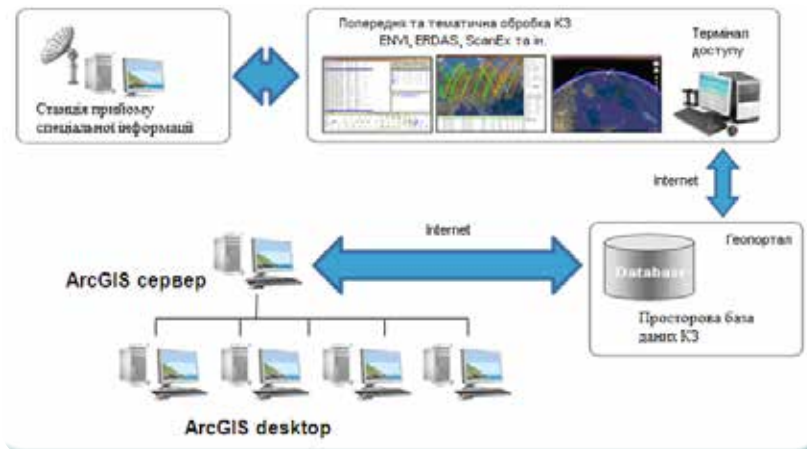


Рис. 7.8. Структурна схема спеціального каналу космічного екологічного моніторингу

На першому етапі, після прийому супутникових даних та запису їх на магнітний носій, здійснюються необхідні декодувальні та коригувальні операції, внаслідок яких відбувається перетворення даних (з урахуванням калібровок), переданих з космічного апарату, безпосередньо в зображення або космічний знімок, а також перетворення їх у формати, зручні для подальших видів обробки.

На другому етапі проводять необхідні операції перетворення, в тому числі радіометричну і геометричну корекції, які є основними для виправлення радіометричних і геометричних спотворень, викликаних нестабільністю роботи космічного апарату (КА) і датчика, а також географічну прив'язку зображення з накладенням його на сітку координат, змінюють масштаб зображення і подають зображення в необхідній географічній проєкції (геокодування).

Третій етап – тематична обробка – передбачає як цифровий аналіз із застосуванням спектральних і статистичних методів обробки (кластерний аналіз, методи виділення ознак і класифікацію для кількісних оцінок і т. п.), так і візуальне дешифрування та інтерпретацію з використанням різних спеціальних програмних комплексів (ENVI, ERDAS, ScanEx, Definiens Developer, Geomatica тощо (рис. 7.9).

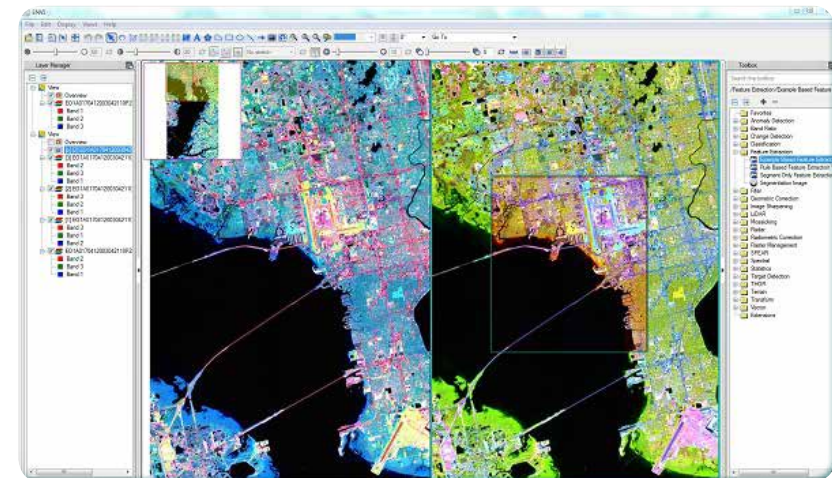


Рис. 7.9. Діалогове вікно ГІС ENVI.
Робота в єдиному масштабованому вікні

Тематичну обробку інформації доцільно проводити в інтерактивному або повністю автоматизованому режимі у визначених форматах даних. Розроблені різні види тематичної обробки даних з використанням інструментарію та спеціалізованих програмних модулів здійснюють :

- передобробку даних і генерацію стандартних продуктів; радіометричну і геометричну обробку;
- просторову прив'язку зображень;
- ортотрансформування зображення;
- спектральний аналіз зображення;
- створення мозаїчних покриттів;
- створення цифрових моделей рельєфу;
- ортокоррекцію знімків;
- створення 3D моделей місцевості;
- класифікацію і дешифрування;
- створення тематичних картографічних продуктів;
- інші види робіт.

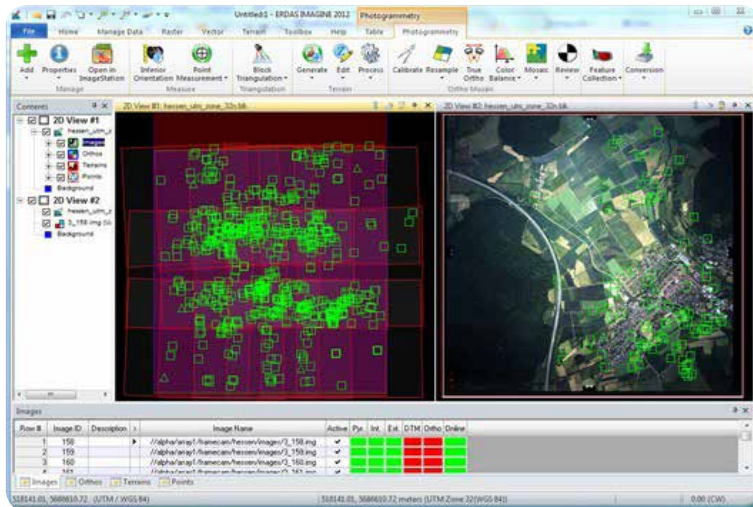


Рис. 7.10. Діалогове вікно ГІС ERDAS

Продукти ДЗЗ більш високих, ніж 2А, рівнів обробки, як правило, поширюються в загальнодоступних форматах зберігання, наприклад, GeoTIFF або формати систем обробки зображень ERDAS (рис. 7.10), ENVI, PCI та ін. Це пояснюється тим, що у більшості випадків вони є картографічно прив'язаними зображеннями і для їх використання вже не потрібна специфічна інформація про модель руху космічного апарату у момент зйомки, його орієнтації, параметрах знімальної апаратури та ін. Види основних використовуваних форматів і їх короткий опис наведені в табл. 7.6.

Таблиця 7.6

Формати даних, що використовуються при обробці матеріалів космічних знімків ДЗЗ

Назва формату	Область застосування	Короткий опис
1	2	3
AIXM (Aeronautical Information Exchange Model)	Модель обміну авіаційною інформацією розроблена для управління і розподілу авіаційної інформації в цифровому вигляді між базами даних	– модель часового характеру, що включає оперативну поширювану інформацію про зміни в правилах проведення і забезпечення польотів і авіаційної інформації; – уніфікований із стандартами ISO для геодезичної інформації; – враховує вимоги користувачів і ІКАО до авіаційної 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	– на сайті Autodesk є специфікації усіх версій DXF; – став де-факто одним із двох стандартів для векторних зображень у відкритих операційних системах і застосуваннях

Продовження таблиці 7.6

1	2	3
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 (рис. 7.11), дату і будь-яку іншу інформацію, необхідну для точного просторового орієнтування космічного знімка; – неспеціалізовані системи можуть ігнорувати теги, таким чином відображаючи лише картинку.

Продовження таблиці 7.6

1	2	3
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
MrSID (multiresolution seamless image database)	Використовується для стискування растрової графіки, використовуваної в ГИС, 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
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

Закінчення таблиці 7.6

1	2	3
SXF (Storage and eXchange Format)	Відкритий формат для зберігання цифрової інформації про місцевість, обміну даними між різними системами, створення цифрових і електронних карт і вирішення прикладних завдань	<ul style="list-style-type: none"> – 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)

Проаналізуйте формати даних, що використовуються при обробці даних ДЗЗ. Визначте самі поширені в ГІС.

Отже, дані ДЗЗ є багатозаровою, різномірною структурою що в загальному вигляді містить декілька растрових зображень, отриманих у різних спектральних діапазонах або з різних початкових датчиків (оптоелектронних, радіометричних і радіолокаційних); векторні тематичні описи, прив'язані до початкових зображень; метадані, що описують умови зйомки початкових зображень і додаткову інформацію по об'єктах тематичної обробки, що знаходяться на знімках. Ці

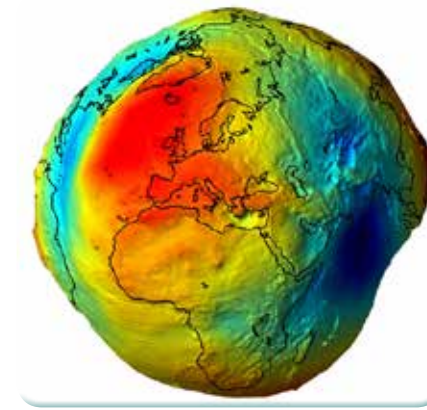


Рис. 7.11. Геоінформаційна модель геоїда Лістінга

дані, як правило, можуть надходити, оброблятися, передаватися і зберігатися в різних форматах. Передача в певному форматі має на увазі збереження і каталогізацію файлів, а загалом зберігається робиться у спеціалізованих базах даних, спроектованих під профіль конкретної організації, що вирішує визначені задачі.

Одержану із супутника інформацію у більшості випадків зберігають в архівах для подальшого використання (виключенням може бути оперативний екологічний моніторинг, коли цінність мають тільки «свіжі» зображення). При цьому розрізняють архівацію, тобто розміщення даних в архіві на певних носіях, і каталогізацію – створення каталогу метаданих (атрибутів), що описують архівовані зображення. Каталогізація дозволяє надалі організувати пошук і вибірку з архіву інформації, що стосується, наприклад, зображень по географічних координатах.

Чим географічні координати відрізняються від астрономічних, геодезичних та геоцентричних. Наведіть приклади.

При ухваленні рішення про рівень обробки даних з архівів, найбільш значимими є такі положення:

- чим нижчий рівень обробки даних, тим менше ймовірність виникнення помилок; при необхідності можна міняти алгоритми обробки; можливі максимальна автоматизація процесу і скорочення часу обробки, а також економія місця, оскільки часто дані низького рівня обробки мають найбільш компакту структуру;
- повинна зберігатися цілісність даних, що архівуються, тобто бажано не поділяти їх на невеликі сюжети; якщо ж це необхідно для каталогізації, то нарізка може бути виконана віртуально. Для таких оптимізацій раціонально застосовувати індексацію.

Зарубіжні національні і міжнародні органи стандартизації активно опрацьовують термінологічні і призначені для користувача дані ДЗЗ. Так, в Україні прийнятий національний стандарт, що включає 52 терміни. Різні міжнародні організації в області ДЗЗ, документи яких носять рекомендаційний характер, також розробляють термінологічні стандарти і формати даних ДЗЗ. Це відкритий консорціум по геоінформаційних технологіях Open GIS (Open GIS Consortium Inc.), Міжнародний комітет з ДЗЗ CEOS (Committee on Earth Observation Satellites), Міжнародне товариство по дистанційному зондуванню і фотограмметрії ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing).

Напишіть реферативне дослідження про відповідні світові центри аерокосмічних геоданих. Які дані використовує Україна?

Перед світовою спільнотою постала необхідність у підтримці безлічі форматів найбільш потужними системами. При цьому сумісність форматів між собою і доцільність їх застосування для реалізації спеціальних утиліт конвертацій викликає великі сумніви.

Результатом цього може виявитися втрата певних накопичених баз даних, що підтримують непопулярні на сьогодні формати. Проте, уніфікація дуже важлива для майбутнього ДЗЗ.

Найбільш важливими заходами при розробці і введенні в експлуатацію систем попередньої обробки даних ДЗЗ є: стандартизація процесів обробки і форматів представлення даних, обробка програмних комплексів та автоматизація. Для цього пропонується уніфікувати формати даних на всіх стадіях обробки даних дистанційного зондування Землі. В цьому випадку забезпечується спрощення розробки нових програмно-технічних засобів обробки отриманих даних.

Пропонується забезпечити можливість стискування початкових даних без втрат інформації і можливість стискування з великим коефіцієнтом і керованим параметром зменшення якості отриманих зображень.

Приведений опис сучасних супутникових систем дистанційного зондування та сучасні вимоги до них вимагають високої роздільної здатності, обґрунтування об'єму отримуваних в процесі зондування даних, опису рівнів обробки матеріалів дистанційного зондування землі.

Проведений аналіз найбільш часто використовуваних при тематичному аналізі форматів даних дистанційного зондування. Зроблено висновок, що оптимальними форматами на сьогодні є векторні формати даних та запропоновані заходи по їх вдосконаленню.

7.2.3. Аналіз та можливості використання геоінформаційних технологій при вирішенні завдань екологічного моніторингу

Просторовий характер більшості екологічних аспектів природно-антропогенних систем, їх багатофакторність та значні обсяги даних, які потрібно опрацювати, зумовили необхідність автоматизації еколого-географічного картографування із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій, які мають назву – географічні інформаційні системи (ГІС).

Географічні інформаційні системи – це інформаційне майбутнє систем екологічного управління на основі сучасних комп'ютерних технологій для картографування та аналізу об'єктів навколишнього

природного середовища, а також реальних подій, які відбуваються в ньому (рис. 7.12).



Рис. 7.12. Міжнародний логотип екологічних ГІС

Ці системи є комплексом апаратних і програмних засобів, які забезпечують їхнє функціонування: надання можливості введення даних, перетворення їх форматів та накопичення, виключення, оновлення та пошук, рішення аналітичних і прогностичних, статичних та динамічних задач, вибір форми видачі кінцевого результату, організація діалогу з користувачем.

Геоінформаційна технологія є ефективним, зручним та швидким засобом аналізу і розв'язання наведених завдань. Вихідна інформація в ГІС може надаватися в картографічному вигляді, супроводжуватися кількісними та якісними описами об'єктів. Тому одним із перспективних напрямків вирішення екологічних завдань для отримання оперативної оцінки і контролю за станом навколишнього природного середовища є можливість використання геоінформаційних систем. Вважається, що саме просторовий аналіз є головним напрямком розвитку ГІС.

Світовий досвід показав надзвичайну ефективність і перспективність використання ГІС у багатьох сферах життєдіяльності су-

пільства. Так, використання ГІС дає змогу оперативно отримувати інформацію за запитом і відобразити її на картооснові, оцінювати стан екосистеми і прогнозувати її розвиток. При цьому ГІС здійснює:

- введення, накопичення, зберігання і обробку цифрової картографічної та екологічної інформації;
- побудову карт антропогенних змін природного середовища на основі використання космічних знімків;
- побудову на підставі отриманих даних тематичних карт, які відображають поточний стан екосистеми;
- дослідження динаміки зміни екологічної ситуації в просторі і часі, побудову графіків, таблиць, діаграм;
- моделювання та прогнозування розвитку екологічної ситуації в різних середовищах і дослідження залежності стану екосистеми від метеоумов, характеристик джерел забруднень, значень фонових концентрацій;
- отримання комплексних оцінок стану об'єктів довкілля на основі різномірних даних.

Географічна інформаційна система забезпечує можливість довгострокового збереження, періодичного поповнення та оновлення цієї інформації. Маючи унікальні можливості для повноцінного аналізу географічної інформації та проведення з нею відповідних операцій, ГІС стає реальним інструментарієм, який здатний забезпечувати інформаційну основу для прийняття оптимального управлінського рішення. Широкі можливості ГІС спрямовані на автоматизацію процедури аналізу та прогнозування екологічного стану, розв'язок тенденцій його змін як на окремій території, так і в масштабах усього регіону. Здатність обробляти інформацію просторового характеру, представлену на географічних картах, принципово відрізняють ГІС від інших інформаційних систем.

Архітектурно ГІС – це складне поєднання автоматизованих картографічних підсистем, даних дистанційного зондування, баз даних і знань, а також підсистем автоматизованого проектування з можливістю відображення результатів оброблюваних даних на екрані (рис. 7.13).

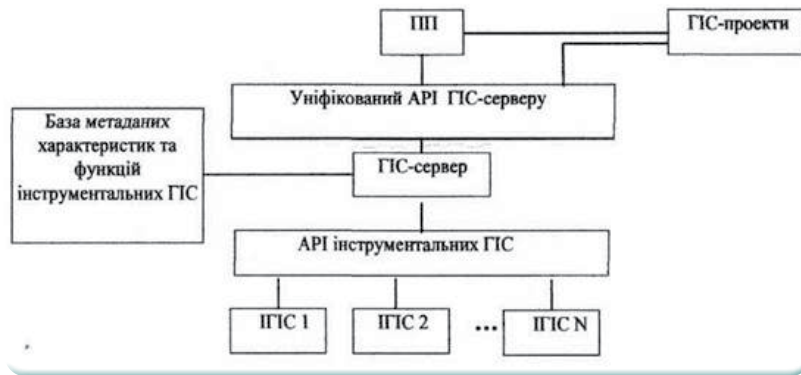


Рис. 7.13. Тривірнева архітектура сучасних ГІС

Географічні інформаційні системи використовують проблемно-орієнтовані обчислення інтерактивної системи обробки просторово розподіленої інформації, яка складається із засобів та способів збирання, перетворення, зберігання і надання картографічної інформації для вироблення управлінських рішень і, зокрема, для природокористування та охорони довкілля. Саме цим пояснюються причини, що спонукають до застосування ГІС як інформаційної системи екологічного управління:

- наявність великих обсягів екологічної інформації та значної кількості параметрів, що відслідковуються в природно антропогенних системах, в результаті чого стає неефективним чи неможливим використання традиційних неформалізованих методів обробки емпіричних даних;
- динамічний характер досліджуваних процесів у природно-антропогенних системах, що не залишає часу для "ручної" обробки інформації та потребує оперативного прийняття рішень;
- ймовірнісний і різноманітний характер розвитку подій з визначення наслідків екологічного, економічного та соціального характеру для різних сценаріїв;
- потреба в прогнозуванні зміни ситуації з розрахунком ймовірності реалізації будь-якого сценарію;

- вплив на процес прийняття рішень суб'єктивної інтерпретації оброблюваних даних персоналом.

Загальні світові тенденції свідчать, що частина витрат на збирання, зберігання, оброблення інформації та підтримку інформаційної інфраструктури систем екологічного управління постійно зростає і становить у розвинених країнах від 40 до 75%. На сьогодні понад 75% карт у світі створюються і поширюються в електронному вигляді.

Які геоінформаційні системи використовуються в управлінні екологічним моніторингом? Чим прикладні ГІС відрізняються від класичних?

У сфері екологічного управління сьогодні можна виділити кілька напрямків спеціалізації ГІС, які мають практичне застосування:

- ГІС для управління територіями (національний, регіональний, місцевий та об'єктовий рівні);
- ГІС для ведення кадастрів природних ресурсів;
- моніторингові ГІС (національний, регіональний, місцевий та об'єктовий рівні);
- ГІС для управління та моніторингу техногенних потенційно небезпечних об'єктів;
- диспетчерські ГІС;
- прикладні ГІС;
- довідково інформаційні ГІС;
- ГІС для геопросторових банків даних;
- ГІС для тематичних і спеціалізованих банків даних;
- ГІС для корпоративних систем управління.

Основними етапами технологічного процесу ГІС є отримання даних, введення і попередня обробка, управління даними, обробка та аналіз, генерування інформаційного продукту і створення звіту (рис. 7.14).

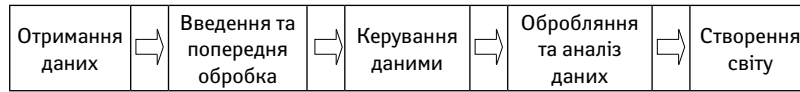


Рис. 7.14. Основні етапи технологічного процесу в ГІС

Отримання даних. Початковий процес, на якому відбувається збирання даних, необхідних для вирішення поставлених завдань. Дані просторового характеру і пов'язані з ними табличні або описові дані збираються самим користувачем або можуть бути придбані на комерційній або іншій основі. Джерелами даних є картографічні матеріали, статистичні дані, аерокосмічні знімки, результати натурних вимірювань і зйомок, фондові та текстові матеріали.

Важливим елементом вхідної інформації є карти, які використовуються для побудови картографічних моделей в ГІС. Спектр видів карт надзвичайно широкий: топографічні, тематичні, екологічні, економічні, демографічні тощо. Іншим видом картографічної інформації, яка є результатом застосування такого цінного технологічного інструменту вивчення Землі як дистанційне зондування навколишнього середовища з космосу є матеріали космічного моніторингу (рис. 7.15). Новий вид карт – ортофотокарти поверхні Землі з розпізнавальною здатністю від 3,5 км до 5м, надає унікальні можливості для користувачів ГІС.

Введення і попередня обробка. На цьому етапі відбувається введення первинних даних в комп'ютер і їх перетворення (первинна обробка інформації з карт, фотографій, друкованих записів на формат, придатний для внесення всієї цієї інформації в комп'ютерну базу даних) та ідентифікація розміщення об'єктів.

Опис просторових даних в ГІС складається з двох частин: просторової – координати і непросторової, або змістовної – атрибути. У ГІС є кошти, які забезпечують зберігання і маніпулювання непросторових даних разом з просторовими. Множина елементарних просторових об'єктів, з якими працює ГІС, складають точки (точкові об'єкти), лінії (лінійні об'єкти), контури (ареали, полігони), поверхні (рельєфи), комірки періодичних просторових мереж і пікселі (найменші елементи зображень аерокосмічних знімків).

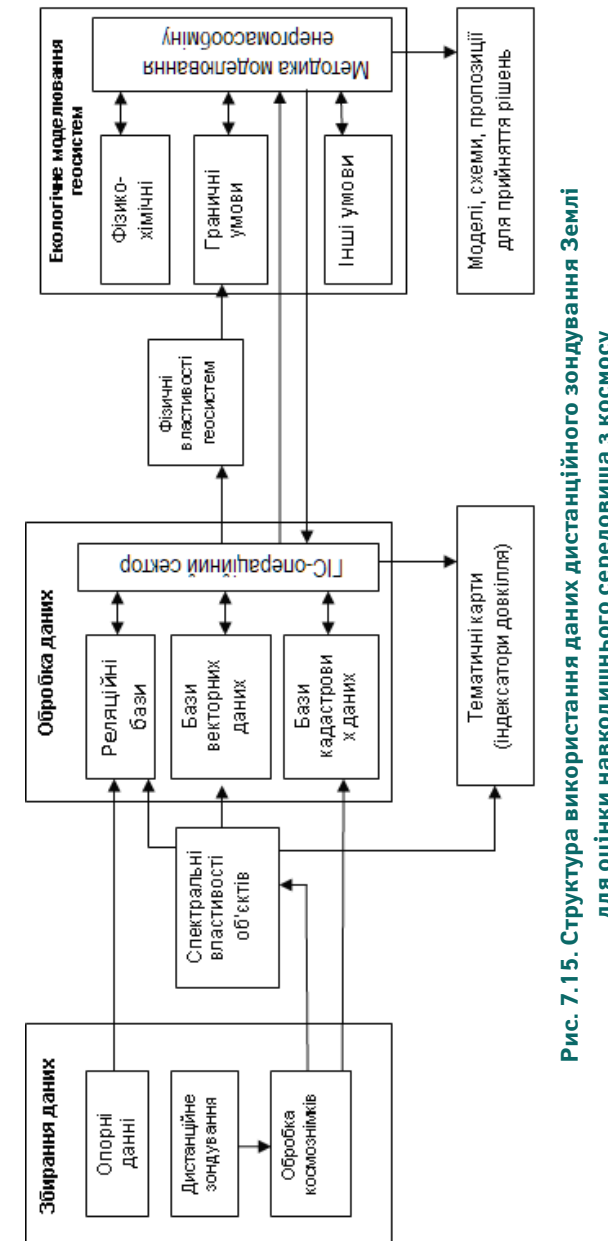


Рис. 7.15. Структура використання даних дистанційного зондування Землі для оцінки навколишнього середовища з космосу

У процесі управління просторові дані та інші типи і джерела даних також можуть використовувати СУБД інших організацій (міжвідомче співробітництво).

Географічна інформаційна система зберігає інформацію (цифрові карти) про довкілля, які відповідають набору тематичних шарів, об'єднаних на основі географічного становища. Шари можна представити як «прозорі шари», що накладаються один на інший. Кожен шар містить різні об'єкти карти. Наприклад, один шар містить гідрографічну мережу, другий – символи населених пунктів, третій – лісові масиви, четвертий – мережа доріг або трубопроводів, п'ятий – джерела забруднення тощо. Користувач ГІС має можливість працювати з окремим шаром, або, накладаючи шари один на одного, створити комплексну карту і працювати з нею.

Яка функція системи управління бази та банками даних? У чому різниця бази даних від банку даних? Що таке картографічний банк даних умовних позначень?

Бази даних ГІС містять екологічні показники, дані їхньої територіальної і часової прив'язки, джерела отримання тощо. Ці бази структурно складаються з блоків, які акумулюють інформацію, згруповану за певними напрямками: геолого-геоморфологічний, ґрунтовий, гідрологічний, біологічний, кліматичний, економічний, соціальний тощо. Такі набори даних дають можливість оцінювати стан довкілля та отримувати характеристику комплексного антропогенного впливу.

Обробка та аналіз даних. Обробка та аналіз даних здійснюються за допомогою аналітичних операцій. На даному етапі відбувається безпосередня робота з вмістом бази даних для отримання нової інформації. Найбільш важливою складовою ГІС є модуль аналізу даних. Сучасні ГІС характеризуються широким спектром аналітичних і моделюючих функцій, які можна розділити на класи:

- операції реструктуризації даних;
- зміна систем координат і трансформація проєкцій;
- операції обчислювальної геометрії;
- оверлейні операції (створення композицій з кількох тематичних шарів даних);
- загальні аналітичні функції;
- графоаналітичні процедури;
- моделюючі процедури.

Географічна інформаційна система має розвинену систему запитів, яка надає можливість користувачеві отримувати відповіді. Крім того, ГІС скорочує час на отримання питань, допомагає встановити зв'язки між різними параметрами (наприклад, ґрунтами, кліматом і врожайністю сільськогосподарських культур), обсягами промислового виробництва на певній території і ступенем забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунтів тощо.

Які форми запитів задіяні в архітектурі ГІС? Як ці опції називаються? В системі ортофотопланування як вони ще називаються? Що таке бібліотека геозапитів у ГІС?

За допомогою запитів користувач ГІС може отримувати відповіді стосовно обсягів викидів, які можуть призвести до забруднення, рівня хімічного, радіоактивного чи іншого забруднення даної території тощо. Запити можуть бути прості і складні.

На сьогодні спостерігається досить масштабне впровадження і використання ГІС для широкого діапазону досліджень, управління і планування. Одна з основних тенденцій у сфері вирішення завдань моніторингу та геоінформаційного моделювання промислових підприємств у регіонах – дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу. Так, космічні системи оптико-електронного спостереження дають змогу здійснювати спектрально-аналітичну, гіперспектральну та панхроматичну зйомки.

Оперативний супутниковий контроль за станом техногенних екосистем, управління природними ресурсами, дослідження динаміки протікання природних процесів і явищ, аналізу причин екологічних забруднень, прогнозування можливих наслідків і вибору способів попередження надзвичайних ситуацій є невід'ємним атрибутом методології збирання інформації про стан території, яка досліджується (країна, регіон, місто). Така інформація необхідна для прийняття правильних і своєчасних управлінських рішень.

Однак, застосування ГІС-технологій не знайшло належного поширення в організації та проведенні екологічного аудиту промислових підприємств. Це пов'язано з конкретними особливостями промислових об'єктів та відсутністю єдиного підходу в методиках до оцінки підприємств, при тому, що існують усі можливості для їх реалізації.

Що таке атрибутика баз даних ГІС? Опишіть стандартну процедуру геоінформаційного моделювання даних ДЗЗ. Побудуйте принципову схему.

7.3. Аналітичний огляд основних етапів обробки космічних знімків та принципи побудови рубрикатора завдань моніторингу навколишнього середовища

Інтенсивний розвиток інформаційних систем останніх років дозволив впровадити нові науково-методичні підходи і їх реалізацію при проведенні екологічного моніторингу на основі використання складного обчислювального математичного апарату. Це дало змогу застосувати наукоємні технології та використовувати їх в екологічному моніторингу довкілля. У свою чергу під екологічним моніторингом довкілля слід розуміти регулярне виконання за заданою програмою спостереження природних середовищ, природних ресурсів, рослинних і тваринних організмів, що дозволяє оцінити стан і зміни, що відбуваються, під впливом антропогенної дії. При цьому виникає ряд завдань, пов'язаних з визна-

ченням антропогенних зон, а також з їх фізико-хімічним складом, розміром і мірою їх впливу на довкілля.

Дайте визначення аерокосмічного моніторингу навколишнього природного середовища. Які програми спостереження функціонують?

Одним із перспективних напрямів розвитку при проведенні екологічного моніторингу є застосування дистанційних методів контролю параметрів довкілля. Особливістю використання дистанційних методів є активне застосування космічних систем спостереження за допомогою засобів ДЗЗ у видимому та радіолокаційному діапазонах (рис. 7.17). Космічні системи видового спостереження на сьогодні дозволяють здійснити зйомку і визначити параметри атмосфери Землі, її підстилаючої поверхні, а також стан морських акваторій і водного середовища. У зв'язку з цим у розділі розглянуто особливості обробки космічних знімків та їх етапи. Крім того пропонуються принципи побудови рубрикатора екологічних завдань для проведення екологічного моніторингу та контролю параметрів довкілля за допомогою використання космічної зйомки, що дозволяє проводити оцінювання стану навколишнього природного середовища. Тому необхідно розглянути особливості побудови космічних систем спостереження, проаналізувати особливості різних етапів обробки і дешифрування космічних зображень і визначити основні напрями їх застосування.

Для спостереження земної поверхні при проведенні екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ у бортових комплексах космічних апаратів розміщують оптико-електронні та радіолокаційні засоби, які фіксують електромагнітні властивості об'єкта дослідження (здатність випромінювати, розсіювати, відбивати або поглинати випромінювання в певних спектральних або радіолокаційних діапазонах). У практичній діяльності, як правило, для характеристики стану довкілля використовують фізичні величини (об'єм біомаси, міра загазованості атмосфери, стан снігового покриву на момент дослідження тощо).

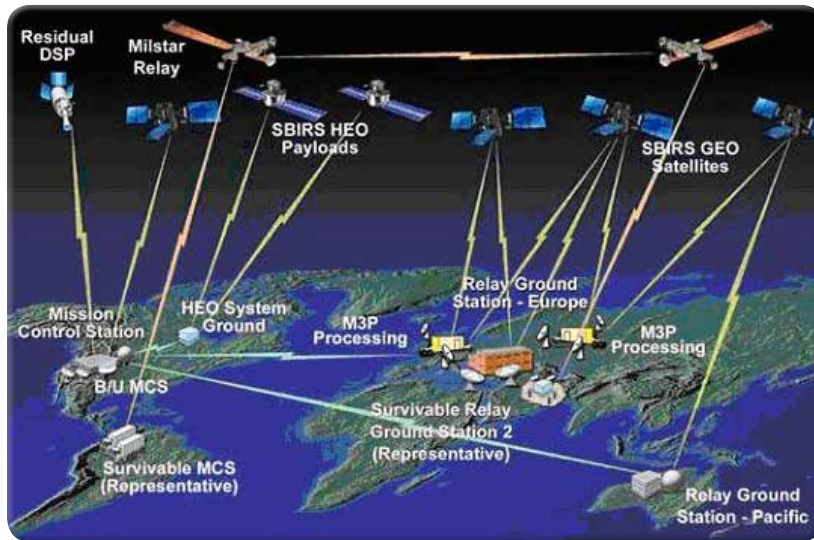


Рис. 7.17. Космічна система спостереження за допомогою засобів ДЗЗ

У загальному випадку взаємозв'язок між електромагнітними характеристиками і фізичними параметрами довкілля дуже складний і отримання задовільного результату стає можливим лише за умови комплексного використання результатів дистанційного зондування і наземних даних спостереження.

У зв'язку з великою різноманітністю способів (методів) визначення фізичних параметрів довкілля за отриманими електромагнітними характеристиками об'єктів обробку даних ДЗЗ для створення достовірного інформаційного продукту формалізують у вигляді технології або методики обробки даних. В якості вхідних даних для отримання інформаційного продукту по конкретних технологіях або методиках використовують первинні дані (у вигляді, в якому вони отримані від бортового комплексу ДЗЗ) або заздалегідь оброблені (згідно з технологіями або методиками, що формалізують ці процедури).

Значення ознак, що характеризують дані, визначають характеристиками бортового комплексу ДЗЗ, космічного апарату (КА), на

якому він розташований, і траєкторією руху КА на орбіті. Додаткові показники і їх значення формує оператор космічної системи ДЗЗ відповідно до потреб користувача.

Дані ДЗЗ використовуються багатьма галузями знань, такими як науки про Землю, прикладні наукові технічні дисципліни галузевого геоінформаційного характеру, математика, механіка, астрономія тощо. Для єдиного теоретико-методического підходу застосовується цей класифікатор.

До основних напрямів тематичного використання даних ДЗЗ належать:

- раціональне використання і періодична інвентаризація природних ресурсів;
- оперативне інформаційне забезпечення суб'єктів управління і безпеки центрального, регіонального і локального рівнів;
- облік та стан земель і організація раціонального землекористування;
- моніторинг надзвичайних ситуацій, екологічних лих, природних і техногенних катастроф;
- космічна діагностика регіональної інфраструктури, у тому числі протяжних інженерно-технічних комунікацій;
- прогнозування, пошук і освоєння нових родовищ природних копалин на маловивчених і важкодоступних територіях.

Обробка даних ДЗЗ – це багаторівневий процес, спрямований на отримання достовірного інформаційного продукту в результаті усунення спотворень і обліку додаткових даних і вимог користувачів. На цих рівнях виконуються операції обробки космоснімку (відповідно до ДСТУ 4758 : 2007 «Дистанційне зондування Землі з космосу. Обробка даних. Терміни і визначення понять») (табл. 7.7).

Прочитайте Національний стандарт «Дистанційне зондування з Космосу». Складіть словник термінів з питань обробки даних ДЗЗ.

Таблиця 7.7

Рівні обробки космічних знімків дистанційного зондування Землі

Вид обробки	Рівень обробки	Зміст операції	
Попередній рівень	0	Роспаковка бітового потоку по приборах і каналах Прив'язка бортового часу до наземного Розподіл на кадри	
	1A	Радіометрична корекція за паспортними даними датчика	
		Оцінка якості зображення (% збійних пікселів)	
		Геометрична корекція за паспортними даними датчика	
1B	Географічна прив'язка до орбітальних даних та кутового положення КА		
	1C	Географічна прив'язка за інформацією БД опорних точок (ЦКМ) Оцінка якості зображення (% хмарності)	
	2	Перетворення в задану картографічну проекцію Повна радіометрична корекція Повна геометрична корекція	
Стандартна міжгалузева обробка	3	Редагування зображень (сегментація, зшивка, повороти, зв'язування) Покращення зображення (фільтрація, гістограмні операції, контрастування тощо) Операції спектральної обробки та синтез багатоканальних зображень Математичне перетворення зображень Синтез різночасових зображень і зображень з різною роздільною здатністю Конвертація зображень у простір дешифувальних ознак Ландшафтна класифікація	
		4	Виділення контурів Просторовий аналіз, формування векторів та тематичних шарів Вимірювання і розрахунок структурних ознак (площі, периметру, довжини, координат) Формування тематичних карт

Обробка даних на рівнях 0, 1 виконується оператором космічної системи ДЗЗ на основі характеристики КА і технічних засобів ДЗЗ (клас), даних про умови зйомки, територію зйомки тощо.

Обробка даних на рівнях 2–4 робиться на основі інформаційних продуктів, отриманих на попередніх рівнях обробки і додаткових даних.

Склад тематичних завдань, що включаються в рубрикатор, визначається для рівнів 2–4 обробки даних ДЗЗ. У розділі 3. наведені приклади рішення тематичних завдань.

Тематичні завдання, визначені для рівня 4, мають бути гармонізовані з міжвідомчими і міжнародними класифікаторами, передбаченими в проектах GEOSS (Global Earth Observation System of Systems) (рис. 7.18), GMES (Global Monitoring for Environment and Security), INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).

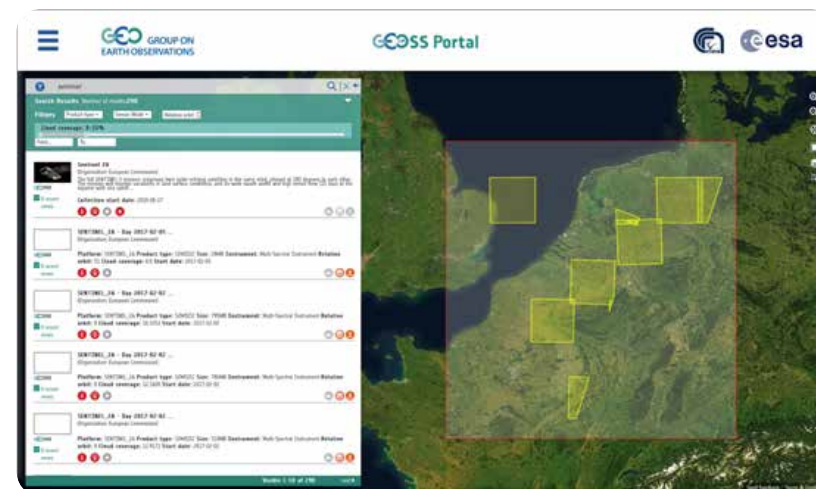


Рис. 7.18. Космогеопортал GEOSS

У результаті розвитку інформаційних систем останніми роками сталося значне зрушення в науково-методичних підходах і їх реалізації при проведенні екологічного моніторингу.

Дайте визначення Інтернет-ресурсу, на якому в онлайн-режимі демонструються космічні знімки із супутників. Складіть таблицю цих ресурсів.

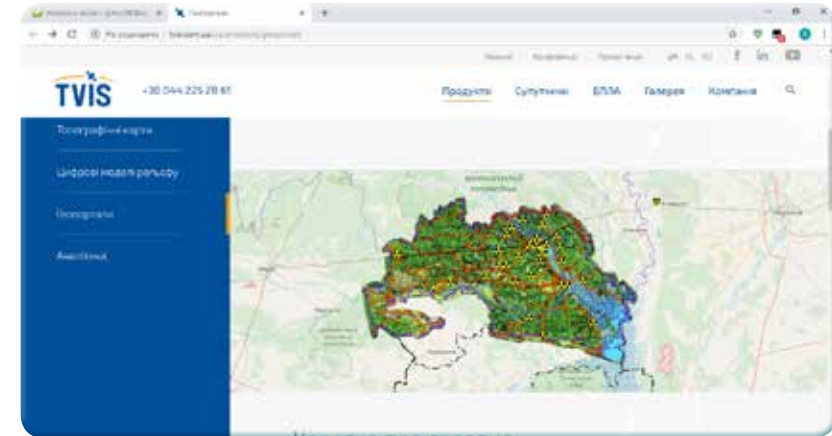
У зв'язку з цим розглянуто класифікацію, переваги і недоліки існуючих методів екологічного контролю, визначено роль і місце дистанційних методів у системі моніторингу, а також досліджено напрями, які дозволяють підвищити точність контролю параметрів і провести якісну оцінку стану довкілля.

Аналіз публікацій показав, що під екологічним моніторингом слід розуміти організований контроль (з використанням технічних засобів) об'єктів довкілля для виявлення джерела і забезпечення оцінки стану місця існування людини, біологічних співтовариств і екосистем з метою ухвалення управлінських рішень, для оптимального функціонування і життєдіяльності природних організмів. Система екологічного моніторингу включає засоби спостереження, оцінку спостереження довкілля і її прогноз, оцінку параметрів прогнозу, вироблення і ухвалення оптимального рішення того, що дозволяє управляти якістю природного місця існування, методи і моделі оцінки стану довкілля, а також бази поточних параметрів отриманих при відборі емпіричних проб та розрахунків в імітаційних моделях.

Проведення екологічного моніторингу на космогеопорталі здійснюється на основі конкретної постановки завдання та з пріоритетних напрямів екологічної обстановки і врахуванням аналізу поточних проблемних і конфліктних ситуацій, масштабів зміни і впливу на екосистему. Інформаційні технології системи екологічного моніторингу вирішують три типи завдань:

- первинний збір параметрів довкілля, їх накопичення і формування бази даних;
- обробка, представлення і прогнозування даних у сприйманому вигляді (таблиці, графіку, карти тощо);
- оперативна оцінка і забезпечення інформацією, необхідною і достатньою для виявлення і ухвалення рішення при управлінні ситуацією.

Українські споживачі Інтернету мають доступ до космогеопорталів, скріншоти яких представлені на рис. 7.19.

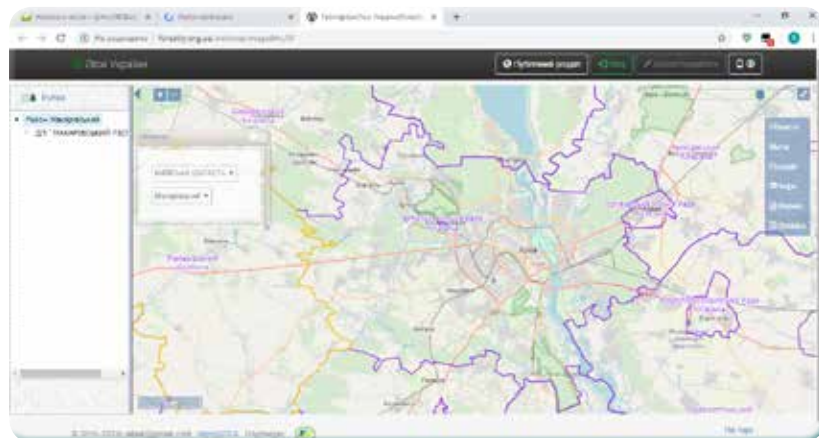


Геопортал Чорнобильської зони відчуження TVIS
<http://tvis.com.ua/ua/products/geoportals>



Геопортал сейсмічних небезпек <https://gcsk.gov.ua/seismichnij-monitoring/>

Рис. 7.19. Сучасні екоінформаційні геопортали на базі даних ДЗЗ (поч.)



Геопортал лісів України <http://forestry.org.ua/webmap/mapublic/0/>

Рис. 7.19. Сучасні екоінформаційні геопортали на базі даних ДЗЗ (закін.)

При цьому необхідно здійснити вибір критеріїв для отримання поточної оцінки в системі екологічного моніторингу, визначення об'єктів і їх меж впливу (зон екологічного ризику, зон надзвичайних екологічних ситуацій), умов функціонування, параметри, які необхідно контролювати, формування спостережливої мережі, засобів і методів спостереження. Це дозволить досягти поставленої мети. Проте при формуванні критеріїв необхідно враховувати компроміс між повнотою (точністю) опису процесів (об'єктів) і кількістю вибраних параметрів. Це пов'язано в першу чергу з вибором тих або інших методів і засобів моніторингу і контролю параметрів довкілля. При цьому вибір критеріїв оптимальності при проведенні екологічного моніторингу залежить від еколого-економічної ефективності, тобто при мінімумі витрат на його організацію і проведення моніторинг повинен забезпечувати отримання максимуму корисної інформації про чинники дії, стан довкілля і зміни, що відбуваються в природно-техногенних системах в реальному часі. Одже, постає завдання аналітичного вибору методів моніторингу, які дозволять оцінити стан довкілля в короткий період часу.

Які аналітичні можливості геоінформаційних систем та глобальних геоінформаційних систем (геопорталів) висвітлюють екопроблеми?

Аналітичний огляд публікацій і традиційних підходів, пов'язаних з контролем параметрів природного довкілля, показав, що основними джерелами постачання даних при проведенні екологічного моніторингу є контактні, біологічні і дистанційні методи.

На сьогодні найбільше поширені контактні методи контролю стану довкілля, які вважаються класичними методами аналізу (хімічних, фізичних, фізико-хімічних) властивостей об'єкта (території) моніторингу з подальшим використанням сучасних методів інструментального аналізу. З контактних методів контролю об'єктів довкілля найбільш вживаними методами аналізу є: спектральні, електрохімічні та хроматографічні.

Достатня достовірність і простота вживаних методів, не виключає і недоліки, які пов'язані з відбором проб, їх якісною обробкою і аналізом результатів. При цьому для одержання проб необхідно бути безпосередньо в зоні екологічного ризику або бути схильним до впливу антропогенної дії.

Особливості побудови космічних систем спостереження вимагають різних етапів обробки і дешифрування космічних зображень і визначення необхідних напрямів їх вдосконалення.

Рубрикатор є одним із інструментів планування і координації робіт щодо створення технологій і методик обробки даних дистанційного зондування Землі (далі – ДЗЗ), проведення спостережень і виконання завдань моніторингу природних ресурсів і довкілля, визначення можливості і доцільності використання цих даних для задоволення потреб користувачів у геопросторовій інформації.

Які види класифікаторів завдань в системі екологічного моніторингу ви знаєте? Зробіть презентацію із картами з діючих рубрикаторів.

Рубрикатор має відкриту ієрархічну структуру, в основу якої покладено рівні обробки даних ДЗЗ. Рівень 4 має 3 ступеня вкладання: «область», «розділ», «тема». Відповідно до прийнятої в світовій практиці класифікації виділяються 10 областей використання даних ДЗЗ для вирішення тематичних завдань. У таблиці 7.8 наведені коди рівнів обробки і областей використання даних ДЗЗ, на рис. 7.20 та 7.21 – приклад ієрархії класифікатора. У таблиці 7.8 наведені коди і найменування тематичних завдань рівнів 2 і 3 обробки даних у класифікаторі ДЗЗ (рис. 7.20).

Таблиця 7.8

Приклади рівнів обробки і областей використання космічних знімків ДЗЗ

Код класа	Клас	Код підкласу	Підклас «Область»
1	Транс-регіональні диз'юнктиви	1.	Виявлення трансрегіональних лінеаментів, розривних порушень
2	Структурно формаційні підрозділи	1.1.	Виявлення зон планетарної тріщинності
3	Регіональні диз'юнктиви.	1.1.1.1	Виявлення кільцевих структур різних рангів і типів (мега-, макро-мезоструктури, полігенні, моногенні тощо)
		1.1.1.2	Уточнення структурного каркасу території, у тому числі виділення тектонічних блоків різного ступеню переробки (внаслідок кливажування, розсланцювання, зім'яття в складки тощо)
		1.1.1.3	Виявлення структур, уточнення контурів виявлених структур і зон різних типів (синклинорії, антиклинорії, мікститові, сутурні комплекси тощо)
		1.1.2.1	Виявлення регіональних лінеаментів, розривних порушень різних видів та елементів їх будови

Вивчить структуру рубрикатора тематичних завдань екологічного моніторингу. Чому постійно змінюються тематичні рубрики?

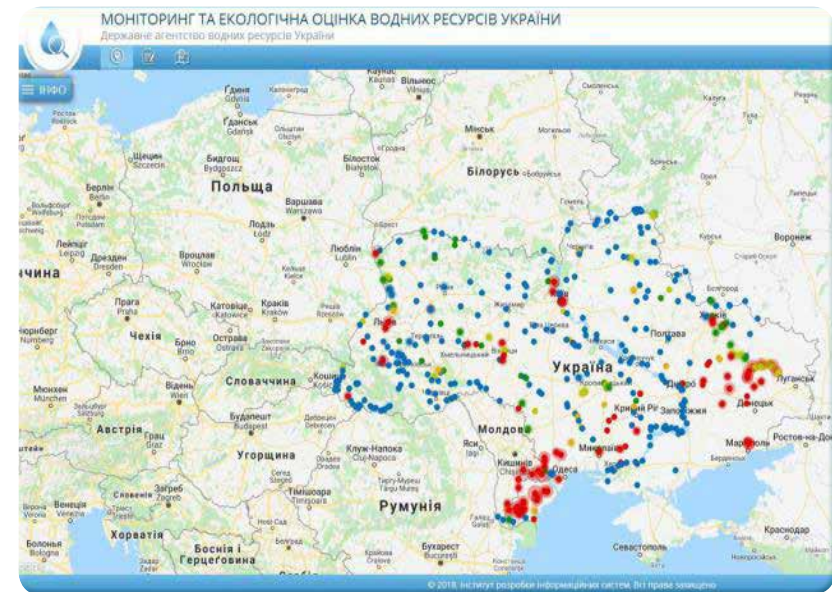


Рис. 7.20. Геопортал з гідроекологічних досліджень України за тематикою екологічного рубрикатора завдань

У табл. 7.9 для рівня 4 обробки даних ДЗЗ наведені коди і найменування областей, розділів, тем і тематичних завдань по класифікатору.

У таблиці 7.9 наведені тематичні завдання рівнів 2-3 з описом результатів вирішення завдань і характеристик даних ДЗЗ.

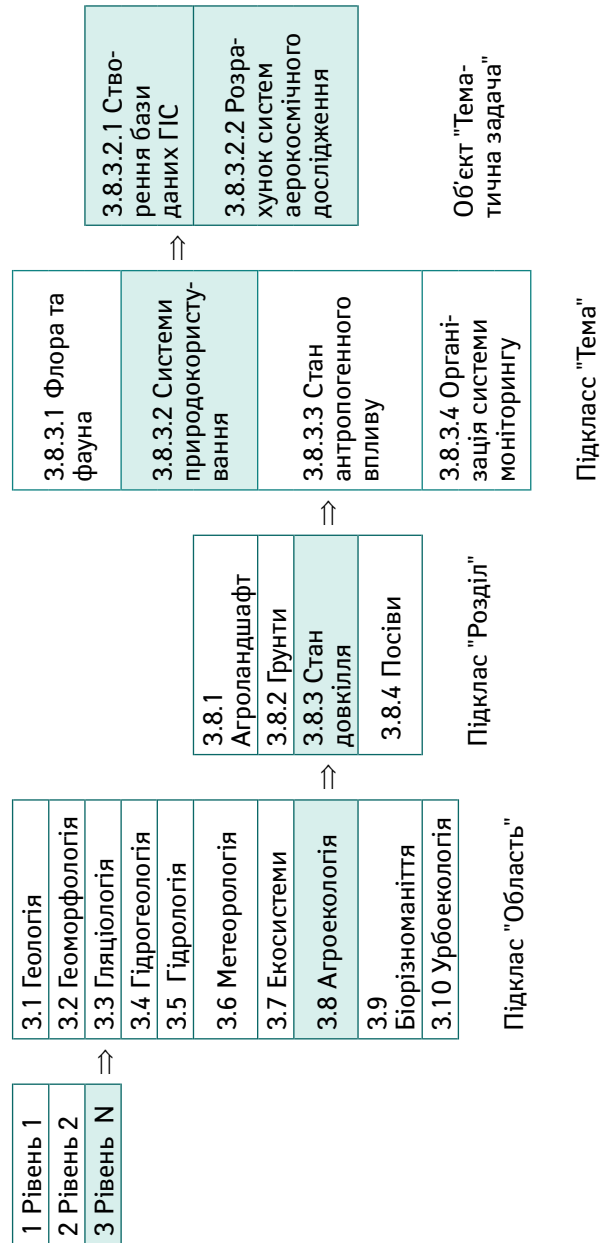


Рис. 7.21. Приклад ієрархії класифікатора для рівня 4 обробки даних ДЗЗ

Таблиця 7.9

Коди і назви тематичних завдань рівнів 2 і 3 обробки даних ДЗЗ

Код задачі	Найменування задачі
1	2
Рівень 2	
1.1	Створення опорних космокарт з використанням польових вимірювань
1.2	Прив'язка з поліпшеною геометричною точністю із використанням опорних космокарт
1.3	Підвищення просторового дозволу багатоспектральних космознімків
1.4	Орторектіфікація знімків високого просторового дозволу на місцевості
1.5	Створення ортокосмокарт
1.6	Автоматизована генерація набору опорних точок
1.7	Перерахунок у задану картографічну проекцію з використанням опорних точок методом триангуляції
1.8	Поправка на освітленість
1.9	Створення спектральної бібліотеки опорних поверхонь
1.10	Поправка (калібрування) яскравості сигналу по опорних поверхнях
1.11	Атмосферна корекція
1.12	Оцінка хмарності на зображенні
1.13	Виявлення присутніх на сцені перешкод, обумовлених хмарністю
1.14	Компенсація присутніх на сцені перешкод, обумовлених хмарністю
1.15	Топографічна корекція космознімків
1.16	Створення цифрової моделі рельєфу
1.17	Оцінка снігового покриву на зображенні
1.18	Перетворення космознімків на підставі Wavelet-технологій
Рівень 3	
2.1	Формування основних інформаційних дешифрувальних ознак багатоспектрального зображення

Закінчення таблиці 7.9

1	2
2.2	Визначення температури об'єктів ґрунтового конусу
2.3	Формування карти температури поверхні
2.4	Формування карти тимчасових змін
2.5	Класифікація земних покриттів за певною легендою
2.6	Визначення вологості поверхні
2.7	Виявлення и контроль межі "лід-вода" за радіолокаційними даними
2.8	Виявлення протяжно-комунікаційних об'єктів
2.9	Визначення джерел аерозольно-димових забруднень
2.10	Виділення висотної забудови
2.11	Автоматичне виділення доріг
2.12	Виділення об'єктів на зображенні
2.13	Векторизація виділених об'єктів на зображенні
2.14	Візуалізація виділених об'єктів

7.4. Формування рубрикатора задач у сфері екологічного моніторингу

Незважаючи на те що різні типи даних ДДЗ створюються переважно з урахуванням актуальних і потенційних потреб кінцевих користувачів, існує базова проблема обмеженості вимірювальних властивостей отримуваних інформаційних продуктів. Тому в умовах природної різноманітності спостережуваних об'єктів і явищ на земній поверхні для повноцінного вирішення конкретного тематичного завдання деколи виникає потреба у використанні результатів різнотипних дистанційних вимірів разом з одночасним залученням джерел даних. Тому використання класифікаторів інформаційних продуктів, на основі яких функціонують і сервіси розповсюдження продуктів ДЗЗ (наприклад, портал Earthdata EOS DIS, <https://earthdata.nasa.gov>), дозволяє споживачеві отримати лише обмежене рішення проблеми.

Активним розвитком засобів ДЗЗ, спостережуваним останніми роками (створення супутникових угруповань компаній Planet,

DigitalGlobe, UrtheCast та ін.) можлива реалізація нових технологій тематичної обробки з урахуванням оптимального використання усіх доступних алгоритмів, програмного забезпечення (ПЗ) і використання різних типів знімальної апаратури.

Вказані обставини роблять пріоритетним проблемно-орієнтований підхід до використання даних ДЗЗ. Одже, разом з систематизацією тематичних продуктів ДЗЗ зростає актуальність розробки класифікатора тематичних завдань, при розв'язанні яких використання початкових даних і продуктів ДЗЗ виправдане і ефективно з позиції отримання повноцінного рішення. При цьому класифікація тематичних завдань з акцентом на потребі кінцевих тематичних користувачів повинна враховувати різнотипні, мультимасштабні, високорозмірні, високоперіодичні, ізомерні і нелінійні характеристики сучасних так званих великих даних ДЗЗ.

Існуючі приклади класифікаторів тематичних завдань не задовольняють повною мірою позначеним вище вимогам. Зокрема, вони ґрунтуються на використанні застарілих даних ДЗЗ, обмежені окремими тематичними сферами і розроблені для конкретних замовників тобто, не є універсальними).

Які методи формулювання завдань в класифікаторі екологічного моніторингу вважаються фундаментальними?

Спроба узагальнити і класифікувати завдання, що вирішуються за допомогою ДЗЗ, була зроблена при складанні універсальних класифікацій наукового знання. Проте, незважаючи на універсальність, оцінювати наукові класифікації, які систематизують і узагальнюють дані завдання з використанням подібних класифікаторів для аналізу завдань, що вирішуються в інтересах органів виконавчої влади і комерційного ринку досить складно.

Детальним і таким, що добре себе зарекомендував, є класифікатор тематичних завдань, створений за кордоном. Поточна 7-а версія класифікатора містить 318 завдань, розділених на 10 тематичних

напрямок, які, проте, не охоплюють усього різноманіття способів практичного використання даних ДЗЗ.

Серед зарубіжних результатів окремо варто виділити класифікатор тематичних задач UN-SPIDER (un-spider.org/space-application-matrix). Він не описує все багатоманіття тематичних завдань, оскільки розроблений спеціально для завдань попередження і ліквідації наслідків надзвичайних подій, проте інтерес представляє його організація у вигляді матриці. Такий підхід дозволяє розширити можливості по систематизації і відображенню існуючого різноманіття тематичних завдань, що вирішуються з використанням ДЗЗ.

Дуже перспективною є онтологічна форма представлення усієї сукупності різноманітної інформації про сфери застосування даних ДЗЗ. Гнучка структура у вигляді логічно пов'язаних між собою класів дозволяє будувати семантичну мережу знань будь-якої складності. Як приклад практичної реалізації можна навести онтологію SWEET (Semantic Web for Earth and Environmental Terminology, <https://sweet.jpl.nasa.gov/>) лабораторії реактивного руху NASA.

Актуальність створення зручного і повного класифікатора тематичних завдань підвищується також у зв'язку з розширенням числа користувачів за рахунок численних комерційних і громадських організацій, які підчас не мають достатніх знань, досвіду і ресурсів для самостійної обробки даних ДЗЗ.

Розроблено структури універсального класифікатора тематичних завдань, що вирішуються з використанням даних ДЗЗ на основі принципів адаптивності, всеосяжності і відповідності вимогам максимально широкого кола користувачів і розробників технологічних рішень, продуктів і послуг в області дистанційного зондування Землі.

Знайдіть інформацію про класифікатори тематичних завдань екологічного моніторингу у країнах-сусідах України та порівняйте їх.

Класифікація тематичних завдань (детально сформульованих і обґрунтованих потреб тематичних споживачів), по суті, базується на

класифікації технологій отримання, верифікації і застосування інформаційних продуктів, що створюються за даними ДЗЗ. Ключову роль відіграють аналіз і оцінка споживчих властивостей.

Таблиця 1

Фрагмент рубрикатора завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС

№ з/п	Тема	Завдання	Пункт завдання
А. ГЕОЛОГІЯ І РЕСУРСИ НАДР (у т.ч. підземні води)			1.
А1. СТРУКТУРНА ГЕОЛОГІЯ			1.1.
1.	Трансрегіональні диз'юнктиви	Виявлення трансрегіональних лінеamentів, розривних порушень	1.1.1.1
		Виявлення зон планетарної тріщинності	1.1.1.2
		Виявлення кільцевих структур різних рангів і типів (мега-, макро-мезоструктури, полігенні, моногенні тощо)	1.1.1.3
2.	Структурно-формаційні підрозділи	Уточнення структурного каркасу території, у тому числі виділення тектонічних блоків різного ступеня переробки (внаслідок кливажування, розсланцювання, зім'яття в складки тощо)	1.1.2.1
		Виявлення структур, уточнення контурів виявлених структур і зон різних типів (синклінорії, антиклінорії, мікститові, сутурні комплекси тощо)	1.1.2.2
3.	Регіональні диз'юнктиви	Виявлення регіональних лінеamentів, розривних порушень різних видів та елементів їх будови	1.1.3.1
		Виявлення ареалів різних типів тріщинності (паралельні, радіальні, віялоподібні, концентричні, конусоподібні та ін.)	1.1.3.2

Таблиця 2

**Фрагмент рубрикатора завдань
у контексті картографічних моделей та систем сенсорики дистанційного зондування Землі**

№ з/п	Напрямок досліджень	Пункт завдання	Характеристики до матеріалів ДЗЗ		Результат рішення		Масштабний ряд			Періодичність знімання
			Роздільна здатність, м	Спектральні діапазони	Аналог апаратури	Тематична карта	Шар обробки	Оглядовий	Основний	
1.	Трансформація міського геологічного простору	1.1.1.1	0.4-1.1 1.55-1.75 2.0-3.0	MODIS, AWIFS, HRV-PAN/XS, LISS-III HRVIRMONO/XI, TM, ETM+, LISS-III	Держгеокарта, тектонічна, континентальних розломів	Глобальні розломи, метакомплекси	1:500 000	1:100 000	1:25 000 - 1:50 000	1 раз/рік
А. ГЕОЛОГІЯ І РЕСУРСИ НАДР (в т.ч. підземні води)										

Питання самоперевірки

1. Що таке рубрикатор завдань у системі екологічного моніторингу?
2. Які ГІС та ДЗЗ системи використовуються при укладанні рубрикатора?
3. Чому рубрикатор екологічних завдань є інноваційним підходом у моніторингу навколишнього середовища?
4. Яка ієрархія рубрикатора завдань на базі ДЗЗ?
5. Яка ієрархія рубрикатора завдань на базі ГІС?
6. Результатом реалізації завдань у системі екологічного моніторингу екологічні картографічні моделі. Назвіть їх.

Словник-довідник термінів з астрономо-геодезичних та картографічних технологій в екологічному моніторингу

Астрономо-геодезична і картографічна діяльність – наукова, виробнича, управлінська та інша діяльність юридичних і фізичних осіб, спрямована на вивчення параметрів фігури Землі, створення державної астрономо-геодезичної і гравіметричної мереж України, геоінформаційних систем, топографічних та кадастрових карт (планів).

У системі екологічного моніторингу астрономо-геодезичні та картографічні технології мають велике значення при польовому та камеральному дослідженні стану навколишнього природного середовища.

Словник систематизовано за абеткою та відображає теоретичні та практичні основи технології дослідження довкілля методами географії, геодезії, картографії та геоінформатики.

Астрономо-геодезична та картографічна термінологія орієнтована на технології екологічного моніторингу та визначення стану навколишнього природного середовища.

Словник є допоміжним довідковим матеріалом при вивченні навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в екології» для студентів магістратури спеціальності «Екологія» Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління.

1. **АБРИС ЕКОЛОГІЧНИЙ** – (нім. *abrisch* – окреслення предмету), схематичне креслення елементів природного та антропогенного ландшафтів при рекогностуванні місцевості шляхом складання пікетажного журналу, в якому відображена осьова лінія марш-

руту, місцеві предмети позначені умовними знаками або словами, відстані показані цифрами, напрямки ліній – їх азимутами. Абрис сприяє обґрунтуванню оптимізації ландшафту та його ревіталізації у масштабі карти з умовними позначеннями, штриховими елементами та пояснювальною запискою.

2. **АЕРОНАВІГАЦІЙНА КАРТА** – географічна карта, що призначена для розв'язання задач навігації літальних апаратів в цілях екологічного моніторингу. Залежно від цільового призначення (пошук потенційно-небезпечних об'єктів, зйомка у різних спектрах), масштабу та розмірів зображувального району земної поверхні вони поділяються на *льотні (маршрутно-льотні), бортові, карти цілей та спеціальні*. Складаються у масштабах 1 : 100 000 до 1 : 8 000 000 в рівнокутних, рівнопроміжних за меридіанами та довільних за характером спотворень проєкціях – *конічній (видозмінній поліконічній), азимутальній та циліндричній*.
3. **АЕРОНАВІГАЦІЙНИЙ ОПИС МІСЦЕВОСТІ** – характеристика стану навколишнього природного середовища, площі, рельєфу, рослинності та гідрографії, стану інженерної інфраструктури, орієнтирів, гідрометеорологічних показників. Забезпечується топографічними картами різних масштабів.
4. **АЕРОНАВІГАЦІЙНИЙ ГЛОБУС** – авіаційний глобус, крупногабаритний географічний глобус, що використовується при плануванні та підготовці польотів самольотів на великі відстані, наприклад, дослідження стану льодовиків Антарктиди. За глобусом обирається ортодромічна вісь маршруту, вимірюються її довжина і напрямки.
5. **АЕРОНАВІГАЦІЯ** – повітряна навігація, геотехнічна наука про точне, надійне та безпечне керування у повітрі літальним апаратом. Поділяється на *геотехнічну аеронавігацію* (вимірювання параметрів природних полів Землі: атмосфери, магнітосфери та гравітаційного поля) та *астрономічну аеронавігацію* (використання світлового або радіовипромінювання небесних тіл для забезпечення посадки в різних метеорологічних умовах та їх вплив на екосистему Землі).
6. **АЕРОФОТОГРАММЕТРІЯ** – науково-технічна дисципліна (розділ фотограмметрії), що вивчає теорію та розробляє практичні

способи відображення просторового образу земної поверхні за аерофотознімками, а також сам процес обробки аерофотознімків для складання топографічних карт і планів місцевості, визначення координат об'єктів та інших вимірювальних робіт.

7. **АТЛАС ЕКОЛОГІЧНИЙ** – систематизований збірник географічних карт, об'єднаний загальною ідеєю відображення стану навколишнього середовища і може бути представлений в електронному та друкованому вигляді. Єдність карт в екологічному атласі досягається наскрізною відповідністю тематики окремих карт усьому змісту видання, єдиним вибором системи масштабів та картографічних проєкцій, єдиними умовними позначеннями, шрифтами та кольоровими рішеннями. Першим екологічним атласом вважається «Атлас річки Дон, Азовського та Чорного морів» К. Крюйса, 1704 р.
8. **АСТРОНАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ – астроорієнтири, сонячно-зоряні** орієнтатори, комплекс бортового обладнання для автоматизованого визначення координат місцезонашування літаків та космічних апаратів. Робота основана на використанні світлового або радіовипромінювання небесних світил – *квazarів та пульсарів*. Поділяються на *горизонтальні* – вимірювання горизонтних координат світил, напрямки висот двох світил та *екваторіальні або моделюючі*, що основані на моделюванні небесної сфери.
9. **АСТРОІНЕРЦІАЛЬНА СИСТЕМА НАВІГАЦІЇ** – автоматизована система, призначена для визначення координат та навігаційних елементів (курс та швидкість) шляхом інтегрування вимірювань у польоті прискорень з корекцією астрономічними методами положення в просторі їх вимірювачів.
10. **АСТРОНОМІЧНІ ЗАСОБИ НАВІГАЦІЇ** – технічні засоби та системи, призначені для розв'язання задач навігації літальних апаратів, морських суден та кораблів, що основані на використанні радіо- та світлового випромінювання небесних тіл. Навігаційна інформація отримується шляхом вимірювання кутового положення світил на небесній сфері в обраній просторовій системі координат. До відповідних засобів навігації належать: *астрономічні компаси, астрономічні коректори курсу, космічні та морські секстани, астрономічні орієнтатори*.

11. **АСТРОНОМЕТРІЯ** – розділ астрономії, що включає теорію та практику астрономічних спостережень при проведенні геодезичних та картографічних робіт, а також методи обробки результатів цих спостережень. Відповідною методикою визначаються широти та довготи місця спостереження, азимутів напрямків на земні об'єкти та місцевий зоряний час.
12. **АЗИМУТ** – (від араб. *ас-сумут* – шляхи, напрямки) земного предмета, небесного світила; двогранний кут між площиною меридіана точки спостереження та вертикальною площиною, що проходить через цю точку та спостережний предмет, світило від 0° до 360° за ходом годинникової стрілки. В екологічному моніторингу використовується для цілевказування, орієнтування на місцевості, при русі поза шляхами та в умовах важкої видимості (вночі, у тумані). Має різновиди: *геодезичний азимут руху, дійсний (астрономічний) азимут* (двогранний кут між площиною астрономічного меридіану точки спостереження та вертикальною в цій точці площиною, що проходить через вискову лінію та даний напрямок. Визначається за небесними світилами теодолітом, *геодезичний* (двогранний кут між площиною геодезичного меридіану точки спостереження та площиною, що проходить через нормаль до поверхні референт-еліпсоїда в точці спостереження та даний напрямок) та *магнітний* (двогранний кут між площиною магнітного меридіана точки спостереження та вертикалом-площиною, що проходить через напрямок на предмет. Вимірюється магнітним компасом-буссолю або розраховується за дирекційним кутом). У теоретичній астрономії дійсний азимут відраховується від південного напрямку меридіана на Захід відповідно до вітакі системи відліку азимута: *кругова* – від Північного напрямку меридіана на Схід від 0° до 360° ; *напівкругова* – від Північного або Південного напрямків меридіана на Схід або Захід від 0° до 180° ; *чвертна* – від Північного або Південного напрямку меридіана на Схід або Захід від 0° до 90° .
13. **АВІАГОРИЗОНТ** – гіроскопічний прилад для визначення положення літального апарату відносно природного горизонту.
14. **БУЙ** – (сл. голанд. походж. *boei* – поплавок), вид гідрографічного ландмарку, плавучий навігаційний знак, призначений для

- демаркації фарватерів, небезпечних для судноплавства ділянок акваторії та ареалів розливу паливно-мастильних матеріалів та нафтопродуктів. Мають пірамідальну, конічну та кульову форми, фарбовані в яскраві кольори. Оснащуються пристроями для подачі світлових або звукових сигналів. Використовуються в екологічному моніторингу для океанографічних досліджень, вимірювань забруднень, збору та передачі на супутник даних про навколишнє природне середовище.
15. **БУССОЛЬ** – (сл. француз. походж. *boussole* та італ. *bussola* – коробочка), геодезичний прилад для вимірювання горизонтальних кутів між магнітним меридіаном та напрямом на еколого-небезпечний об'єкт. Використовується при польовому дослідженні забруднених територій для орієнтування абрису.
 16. **БАКШТАГ** – попутний вітер, напрямом якого становить з діаметральною площиною азимуту руху польової експедиції кут понад 90°.
 17. **БІОЛОКАЦІЯ** – (сл. грец. походж. *bios* – життя та лат. *loco* – розставляю), здатність тварин та птахів визначати географічне місцеположення на місцевості відносно самих себе (напрямок, відстань) або своє положення в просторі.
 18. **БІОНАВІГАЦІЯ** – (сл. грец. походж. *bios* – життя та лат. *navigatio* – мореплавання), здатність тварин та птахів обирати правильний напрямом руху та орієнтуватися в навколишньому середовищі.
 19. **ВІХА** – ландмарк, штучний орієнтир, знак у вигляді одноколькової (розфарбованої) щогли або спеціального пристрою, на якому можуть бути закріплені різнокольорові геометричні фігури (конус, куля, хрест тощо) або прапорці (лампи). На суходолі віхи встановлюються на ґрунті у вертикальному положенні та використовуються в екологічному моніторингу в якості орієнтирів при рекогностуванні природного та промислового ландшафтів або для маркування потенційно-небезпечних джерел забруднення на місцевості. На морі, річках та озерах віхи укріплюються на поплавках або буйках, які стоять на якорях та використовуються як знаки для огороження навігаційних небезпек (мілини, рифи, затонулі судна із нафтопродуктами чи вибухівкою), фарватерів, каналів та рекомендаційних курсів для маркування меж різних районів

- екологічних небезпек на акваторіях, а також при рятувальних роботах. Розфарбування плавучих віх, а також форма та колір закріплених на них фігур є жорстко встановленими, що дозволяє відрізнити функціональне призначення кожної віхи, вказують її призначення та визначають назву.
20. **ВІЗУВАННЯ** – (від лат. *visere* – розглядати), суміщення візирної лінії (оптичної вісі) астрономічного, геодезичного, маркшейдерського, кутомірного та іншого приладу із направленням на обрану спостерігачем віддалену точку або на небесне світило. Точне наведення інструмента виконується за допомогою зорової труби з 20-40 кратним збільшенням.
 21. **ВОДНА ПЕРЕШКОДА** – штучна або природна водна перешкода (річка, озеро, затока, протока, лиман, канал, водосховище). Ці фактори враховуються при польовому етапі екологічного моніторингу. За шириною умовно поділяються на *вузькі* – до 60 м, *середні* – від 60-150 м, *широкі* (крупні) – понад 150 м, найбільш розповсюджені – це ріки. На території України ріки, що протікають у меридіональному напрямку зустрічаються: вузькі – кожні 40-60 км, середні – через 100-150 км, широкі – через 250-300 км.
 22. **ГАУССА КООРДИНАТИ** – система плоских прямокутних координат, що використовується при зображенні ділянок місцевості земного еліпсоїда на площині. Розроблені німецьким картографом К. Гауссом (1777-1855 рр.). На топографічних картах будь-яка фігура на поверхні земного еліпсоїда в координатах Гаусса зображується подібною їй фігурі на площині. Меридіан еліпсоїда, представляє вісь симетрії проєкції (осьового меридіана) та лінію екватора, що відображаються на площині взаємно перпендикулярними прямими. Використовується при складанні екологічних карт у ГІС у масштабах 1 : 500 000 та крупніше.
 23. **ГЕОДЕЗИЧНА МЕРЕЖА** – система геодезичних пунктів (ландмарків) на земній поверхні, взаєморозташування яких визначено в єдиній системі координат над рівнем моря в результаті геодезичних вимірювань. Геодезична мережа спостережних пунктів може використовуватися в екологічному моніторингу та створюється методами *триангуляції*, *полігонометрії*, *трилатерації* та *комбінацією із системами космічної астронавігації (трисферації)*.

24. **ГЕОДЕТИКА** – сукупність стаціонарних та мобільних комплексних інструментаріїв (приладів) для астрономо- та інженерно-геодезичних спостережень.
25. **ГЕОДЕЗИЧНІ ПУНКТИ** – ландмарки, точки земної поверхні, координати яких (абсциси, ординати та аплікати-висоти) визначені за допомогою геодезичних вимірювань та вміщені в спеціальні каталоги координат геодезичних пунктів. Кожен пункт закріплюється на місцевості геодезичним центром, над яким споруджується геодезичний знак: *піраміда, сигнал, тур*. Висотний пункт мережі називається *репером*.
26. **ГЕОДЕЗИЧНИЙ КОСМІЧНИЙ КОМПЛЕКС** – система, що складається з наземних та космічних технічних засобів для розвитку геодезичних мереж, уточнення параметрів земного еліпсоїда та гравітаційного поля Землі.
27. **ГЕОЇД** – (від грец. *geoides*, від *ge* – Земля, *eidōs* – вид), фігура, яку утворює незбурена поверхня Світового океану та морів при деякому середньому рівні води у стані повного спокою. Запропонована у 1873 р. вченим І. Лістінгом. Використовується для розв'язання задач з необхідністю точного визначення просторових координат стартових позицій супутників як поверхні з постійною величиною потенціалу сили тяжіння. Від поверхні геоїда підліковуються висоти точок земної поверхні.
28. **ГЕОФІЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ В ЕКОЛОГІЇ** – дослідження властивостей Землі: вимірювання та дослідження гравітаційного, магнітного та електричних полів та їх вплив на довкілля. Залежно від виду екологічного моніторингу розрізняють види геофізичного моніторингу: *гравіметричний* (вивчення поля сили тяжіння Землі), *магнітометричний* (природні та техногенні поля); *електрометричний*; *сейсмометричний* (поле коливання земної кори); *геотермічний* (вимірювання температур у свердловинах та глибинах); *радіометричний* (рівні природного та техногенного радіаційного фону); *метеорологічний* (небезпечні природні явища) зйомки.
29. **ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ** – комплекс гідрологічних та метеорологічних умов, що впливають на екологію довкілля. Визначається інтенсивністю в просторі-часі явищ атмосфери:

- напрямок та швидкість вітру, наявність, висота та бальність хмарності, атмосферний тиск, видимість (прозорість атмосфери), температура та вологість повітря, дощ, гроза, зливи, шквали, ожеледиця, сніг, буря та їх вплив на техногенну інфраструктуру та безпеку життєдіяльності суспільства.
30. **ГІДРОФІЗИЧНІ ПРИСТРОЇ** – апарати та прилади для вивчення властивостей водного середовища, вимірювання і визначення параметрів, характеристик різних процесів та явищ у гідросфері Землі та контроль за її станом в цілях екологічної безпеки. За результатами вимірювання складаються прогнози геофізичні карти.
31. **ГІПСОМЕТРИЧНІ КАРТИ** – (від грец. *hypsos* – висота, *metreo* – вимірюю), моделі, що зображують рельєф земної поверхні за допомогою горизонталей (ізогіпс). Горизонталі проводяться через висотні інтервали, які встановлюються в залежності від рельєфу місцевості, масштабу та призначення екологічної карти. Для покращення наочності застосовуються світлотіньові зображення рельєфу та розфарбування проміжків між горизонталями (т. з. гіпсометричне або пошарове розфарбування). Пошарове розфарбування виконується, як правило, у темних та світлих тонах, запропоновано географом Ю. Симашком у 1889 р. Спосіб зображення рельєфу за допомогою горизонталей був запропонований картографом Дюкарло у 1771 р. У 1791 р. інженер-картограф Дюпен-Тріль вперше запровадив цей спосіб для екологічної карти масштабу 1 : 2 130 000. *Ізобати* (лінії рівних глибин) вперше запропоновані П. Анселінім у 1697 р. при зображенні р. Маас на карті м. Роттердам. З точки зору екологічної гравіметрії, горизонталі – це еквіпотенціальні лінії рівного потенціалу сили тяжіння.
32. **ГІРОАЗИМУТ** – гіроскопічний геодезичний прилад, що призначений зберігати довільний азимутальний напрямок, за яким первинно була орієнтована головна вісь гіроазимуту, а також для вимірювання кутів повороту об'єкта навколо вертикальної вісі. Використовується в наземних навігаційних системах.
33. **ГІРОКОМПАС** – навігаційний прилад, що працює з властивостями гіроскопа та добового обертання Землі. Призначений для дотримання курсу експедиції відносно географічного мериді-

ана та визначення пелегів (азимутів) на різні місцеві предмети. Використовується в особливих умовах переходу через водні перешкоди, руху поза шляхами, в темний період доби, при надзвичайних екологічних подіях для орієнтування на місцевості. Гірокомпас стаціонарний називається гіртеодолітом і застосовується для визначення орієнтирних напрямків розвитку опорної геодезичної мережі, при будівництві підземних споруд. Він не залежить від магнітного поля Землі на відміну від магнітного компасу, навіть у навігаторі.

34. **ГОРИЗОНТ ЕКОЛОГІЧНИЙ** – (від грец. *horizo* – обмежую), край тої частини поверхні Землі, яку бачить спостерігач на відкритій місцевості або в морі. Аномалією горизонту є те, що він завжди є прямою лінією на будь-якій висоті спостереження. Видимим горизонтом називають лінію, за якою небо межує з поверхнею Землі. Дальність d видимого горизонту – це відстань до найбільш віддалених видимих точок на поверхні Землі, що залежить від висоти h розташування ока спостерігача над рівнем оточуючої місцевості та її рельєфу (в морі – над рівнем моря) й може бути розрахована за формулою: $d[\text{км}] = 3,83 \sqrt{h} [\text{м}]$. *Дійсний або математичний горизонт* – це велике коло небесної сфери (альмукантарат), площина якого (М-М) перпендикулярна висковій лінії та проходить через око спостерігача. У морі та на рівній місцевості видимий горизонт лежить нижче дійсного. Кут між дійсним горизонтом та напрямком на будь-яку точку видимого горизонту називається *пониженням горизонту*.
35. **ГОРИЗОНТАЛІ НА КАРТІ** – *ізогінси* (від грец. *isos* – рівний, *hypsos* – висота), лінії рівних висот. За допомогою горизонталей на картах та планах відображають рельєф місцевості. Всі точки місцевості, що лежать на одній горизонталі, мають рівну висоту над рівнем моря. Горизонталі представляють собою ортогональні проекції перерізу місцевості рівневими поверхнями різних висот. Різниця висот між горизонталями називається висотою перерізу рельєфу. Розрізняють *додаткові та допоміжні горизонталі*. Горизонталі використовують при проектуванні споруд, виборі маршруту експедиції з мінімальним похилом, визначенні полів видимості.

36. **ГРАВИМЕТРІЯ ЕКОЛОГІЧНА** – (від лат. *gravis* – важкий та грец. *metreo* – вимірювати), наука про вимірювання та використання величин, що характеризують гравітаційне поле Землі (поле сили тяжіння). На основі гравіметричних вимірювань складаються спеціальні гравіметричні карти. Вихідним гравіметричним пунктом для світової гравіметричної мережі є пункт у м. Потсдам (Німеччина).
37. **ЗЕМНИЙ ЕЛІПСОЇД** – математична фігура, яка представляє собою еліпсоїд з малим полярним стисненням та найкраще відтворює фігуру Землі (геоїд). Розрізняють *загальний земний еліпсоїд, референт-еліпсоїд та теллуroid*. *Референт-еліпсоїд* – це еліпсоїд обертання, що найкраще представляє фігуру Землі для конкретної території країни. В Україні з 1946 р. прийнятий референт-еліпсоїд Ф.М. Красовського. За початковий пункт прийнята Пулковська астрономічна обсерваторія м. Санкт-Петербург (Росія), де висота геоїда над поверхнею еліпсоїда Красовського дорівнює нулю.
38. **ЗЕНІТ-ТЕЛЕСКОП** – астрономо-геодезичний інструмент, призначений для вимірювання малих різниць зенітних відстаней зірок (кутів між вертикальним напрямком з місця спостереження та променем зору на світило) з метою визначення географічної широти місця спостереження.
39. **ІЗОЛІНІЇ** – лінії однакових значень величини в її розподіленні на поверхні, в т.ч. на площині (екологічній карті). Ізолінії відображають: глибини водойм – *ізобатами*, атмосферний тиск – *ізобарами*, висоти земної поверхні над рівнем моря – *ізогінсами*, температуру довкілля – *ізотермами*, орієнтацію фізичних величин магнітного схилення – *ізогонами* та *ізоклінами*.
40. **ІНЕРЦІЙНА НАВІГАЦІЙНА СИСТЕМА** – комплекс технічних пристроїв для визначення параметрів руху та координат об'єктів: *акселерометрів* (вимірювання прискорення руху), інтеграторів (параметри руху та координати), *гіроскопів* (відтворення систем відліку, кутів поворотів на схилення).
41. **ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ЗЙОМКА МІСЦЕВОСТІ** – комплекс польових та камеральних (лабораторних) робіт по визначенню за допомогою спеціальних інструментів положень контурів і рельєфу

місцевості із зображенням їх на карті або фотознімку. Використовують *електронні тахеометри, геодезичні навігаційні комплекси та лазерні нівеліри*.

42. **КОМПАС** – (від італ. *compasso, compassare* – вимірювати кроками) прилад для визначення курсу або напрямку на орієнтир (пеленг, азимут). Компаси бувають: *магнітні* (напрямок Північ-Південь), *гіроскопічні* (утримання в площині географічного меридіана), *астрономічні* (напрямок меридіана визначається шляхом безперервного слідування за небесними світилами, знаючи свої координати можна визначити напрямок географічного меридіана) та *радіокомпаси* (напрямок на працюючу радіостанцію).
43. **КООРДИНАТИ ОБ'ЄКТА** – кутові або лінійні числові величини, що визначають положення об'єкта на поверхні або у просторі у відповідній системі координат. Координати наземних та надводних об'єктів визначаються в *прямокутній, географічній, полярній та біполярній системах координат*, повітряних об'єктів – в *географічній, прямокутній, сферичній та параметричній*. Найбільш розповсюдженою при роботі з картою є прямокутна система координат.
44. **КОСМІЧНА ТРІАНГУЛЯЦІЯ** – метод побудови геодезичних мереж, оснований на визначенні відносного положення пунктів за одночасним спостереженням з них штучних супутників Землі. За допомогою космічної тріангуляції визначаються координати віддалених пунктів, зв'язуються місцеві геодезичні мережі, що розділені океанами та морями в єдину мережу, розвиваються суцільні мережі для забезпечення великих територій єдиною системою координат та створення мережі пунктів із заданою щільністю.
45. **ЛАНДМАРК** (слово німецького походження, що складається із двох значень *land* – земля, територія, ділянка та *mark* – знак, маркер, споруда і у дослівному перекладі означає «орієнтир») – антропогенний геопросторовий координований, домінуючий в природному чи техногенному ландшафті об'єкт, який має яскраві кольорові відміни на тлі іншого середовища, структуру, що виокремлюється у складі інших конструкцій, будівель чи ансамблів і використовується в цілях навігаційного орієнтиру, знаку попередження особливих географічних зон і території активного

природокористування, є центром чи знаком державної планово-висотної мережі або відіграє функції географічного пам'ятника історії природокористування, географії, геодезії, навігації, астрономії та комплексу географічних, технічних, історичних та фізико-математичних наук, як правило охороняється державою чи внесений у перелік об'єктів Світової культурної спадщини ЮНЕСКО і термінологічно визначає, узагальнює і уніфікує сукупність відповідної системи (мережі) наземних, підземних та плавучих географічних об'єктів на Землі, що відіграють центральне значення в системі природокористування

46. **МАЯК** – стаціонарна або плавуча споруда (ландмарк), що обладнана світлооптичною системою та призначена для орієнтування та забезпечення безпеки судноплавства. Різновиди маяків: *приймомні* (орієнтування при вході до порту), *вказівні* (для забезпечення підходу до берега та визначення місця корабля), *попереджувальні* (для маркування навігаційної небезпеки), *ствірні* (для визначення фарватера). Бувають маяки: *берегові, морські* (на гідротехнічній основі) та *плавучі* (у вигляді судна на якорі), *гідроакустичні* (підводні). Наносяться на морські навігаційні карти і мають індивідуальний зовнішній вигляд (архітектуру башти та тип сигналу). Є унікальні – як нахилений маяк Саяре на о. Сааремаа (Естонія).
47. **МОРСЬКІ НАВІГАЦІЙНІ КАРТИ** – спеціальні географічні карти океанів, морів, заток, проток, портів, гаваней та рейдів. Залежно від призначення і масштабів розрізняють *генеральні, путьові та морські плани*, в масштабах 1 : 750 000 – 1 : 5 000 000. На картах присутні сітки ізоліній, що дозволяють визначити місцеположення за допомогою радіонавігаційних та гідроакустичних систем.
48. **ОРБІТАЛЬНА КАРТА** – вид спеціальної карти Землі (Місяця та ін. небесних тіл) в меркаторській (рівнокутній циліндричній) проекції із зображенням траси польоту космічного апарату. *Траса польоту* – геометричне місце точок перетину радіус-вектора орбіти космічного апарату з поверхнею Землі (небесного тіла), що вказує кожний момент його місцеположення відносно системи координат, початок якої співпадає з центром небесного тіла. Однією з різновидом орбітальних карт є *карта з зображен-*

- ням траси польоту космічного апарату в прямокутній системі координат, де від екватора відкладаються по вісі ординат час польоту, а за абсцис – довгота початку витка. За початок кожного витка приймається момент проходження космічного апарату над екватором при русі з Південної до Північної півкулі. На орбітальній карті наносяться місця розташування полігонів космодромів запуску та посадки, наземних та плавучих вимірювальних та зв'язних пунктів, зони радіовидимості кожного з них, пошукові та рятувальні засоби, центри керування польотами тощо.
49. **ПЕЛЕНГ** – (від гол. *peiling*), напрямок від спостерігача на об'єкт, що визначається двограним кутом між площиною меридіана точки спостереження та вертикальною площиною, що проходить через цю точку та об'єкт спостереження. Залежно від назви меридіана, прийнятого за вихідний напрямок, пеленг буває *дійсним, магнітним або компасним*. Відлік пеленгу ведеться від північного напрямку базового меридіану за рухом годинникової стрілки від 00 до 3600. розрізняють *прямий та обернений пеленг*.
50. **ПЕЛЕНГАТОР** – прилад для визначення кутового напрямку на об'єкт. Розрізняють *акустичні, гідроакустичні, теплові, радіо-, шумопеленгатори*.
51. **РОБОЧА GADGET-КАРТА ЕКОЛОГА** – топографічна (спеціальна) карта в мобільній картографічній системі, на якій еколог графічно за допомогою умовних знаків та скорочених позначень відображає стан наколишнього природного середовища та її оперативні зміни під час надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. За допомогою робочої карти еколог досліджує поточкову екологічну ситуацію, приймаються польові рішення, організуються оптимальні заходи та інформується громадськість. З використанням цієї карти розробляються похідні документи, наприклад, *цифровий план рекогностування та пікетажний журнал*. Кожен еколог наносить на карту виключно персональні робочі дані, що ведуться з необхідною повнотою, наочністю та точністю зображення.
52. **РУМБ** – (від англ. *rumbos* – дзига, коловий рух) напрямок до точок видимого горизонту або кут між двома такими напрямками. В навігації коло видимого горизонту поділяють на 32 румби, в

- метеорології – на 16 румбів. Використовується в екології для визначення напрямку вітру, руху морських хвиль та течій.
53. **СИНОПТИЧНА КАРТА** – карта погоди, бланкова географічна карта, на яку цифрами та умовними позначеннями (символами) наноситься інформація про погоду, отримана від мережі метеорологічних й аерологічних станцій. Синоптичні карти поділяються на приземні, що відображають результати метеорологічних спостережень у поверхні Землі та на *абсолютної баричної топографії висотної синоптики*, на яких показані результати зондування атмосфери. На *приземні синоптичні* карти наноситься інформація про атмосферний тиск, температуру та вологість повітря, висоту, кількість та форму хмар, атмосферні явища, швидкість та напрямок вітру, дальність видимості, характер опадів. На *висотні синоптичні карти* наноситься інформація про стан атмосфери на конкретних висотах. Приземні синоптичні карти поділяються на *основні та додаткові*. Основні складають через кожні 6 годин за даними метеоспостережень, що проводяться в єдині для усього світу терміни: 0, 6, 12 та 18 годин гринвіцького часу, зазвичай на великі території у дрібному масштабі. *Додаткові (кільцеві) синоптичні карти* охоплюють менше території та складаються кожні 3 години та частіше. В екології синоптичні карти використовуються для вивчення фізичних процесів, що проходять в атмосфері, аналізу розповсюдження забруднень у повітряному просторі.
54. **ТОПОГРАФІЧНИЙ ГРЕБІНЬ (ТАЛЬВЕГ)** – найбільш висока частина витягнутої височини, що співпадає з лінією вододілу.
55. **ТОПОГРАФІЧНИЙ ВІТЕР** – сильний ламінарний приземний рух повітряних мас спричинений природними та техногенними перешкодами на місцевості. Є причиною локальних техногенних надзвичайних ситуацій.
56. **УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ КАРТ** – символічні, штрихові, фонові позначення об'єктів місцевості, метеорологічного стану, що використовуються також на топографічних та інших географічних картах, а також графічних документах. Поділяються на *топографічні, тактичні та метеорологічні*. В свою чергу вони поділяються на *масштабні (площадні), позамасштабні, лінійні, комбіновані та пояснювальні*.

ЗАВДАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

на тему: “Геоінформаційні методи картографічного моделювання стану навколишнього природного середовища”

ЗАВДАННЯ № 1

Робота із Gadget-геодетикою «Геодезист».

Мета: ознайомити із сучасними технологіями картографічної зйомки місцевості за допомогою портативних та мобільних високоточних GIS та GPS-пристроїв.

Обладнання: мобільний додаток «Геодезист».

Хід роботи: визначаємо геодезичні, географічні та геоцентричні координати характерних об'єктів місцевості або об'єктів природно-техногенної небезпеки чи джерел забруднення.

Результати роботи: в процесі польового знімання складаємо три журнали-каталогів координат у відповідній формі.

ПОЛЬОВИЙ ЖУРНАЛ № 1

Дата _____ Час _____ Система координат _____

№ об'єкту місцевості	Інтерпретація об'єкту місцевості (назва)	Геодезичні координати об'єкту місцевості		
		Широта φ	Довгота λ	Висота h
1.				

ПОЛЬОВИЙ ЖУРНАЛ № 2

Дата _____ Час _____ Система координат _____

№ об'єкту місцевості	Інтерпретація об'єкту місцевості (назва)	Координати Гаусса-Крюгера		
		X	Y	H
1.				

ПОЛЬОВИЙ ЖУРНАЛ № 3

Дата _____ Час _____ Система координат _____

№ об'єкту місцевості	Інтерпретація об'єкту місцевості (назва)	Геоцентричні координати		
		X	Y	Z
1.				

ЗАВДАННЯ № 2

Складання у графічному редакторі бібліотеки умовних позначень екологічних та природно-техногенних об'єктів

Мета: ознайомити з роботою графічних редакторів та навчити створювати графічні моделі умовних позначень картографічного банку даних знаків для екологічних інтерактивних карт.

Обладнання: персональний комп'ютер чи планшет, графічні пакети.

Хід роботи: будуємо умовні позначення у відповідності до натуралістичного відображення чи умовного предсталення об'єкта природного чи антропогенного ландшафту.

Результати роботи: отримуємо каталог окремих графічних файлів бібліотеки умовних позначень та текстово-графічний звітний матеріал.

Приклад картографічної бібліотеки позначень урбоекологічного ландшафту:

№ з/п	Назва об'єкту місцевості	Авторський умовний знак
1.		

ЗАВДАННЯ № 3

Створення інтерактивних екологічних карт на геопорталах та в ГІС
(покроковий алгоритм виконання роботи детально описаний
в Методичних вказівках до виконання практичних робіт)

Мета: навчитися укладати цифрові моделі території.

Обладнання: персональний комп'ютер чи планшет, підключення до Інтернету, ГІС програми Surfer та QMap, графічні редактори.

Хід роботи: обробляємо таблиці 1-3 із завдання № 1 та графічні файли із завдання № 2

- Вносимо координати географічні до діалогового вікна геопорталу Google Earth та імпортуємо графічні файли до кожної локації, які створені під час виконання завдання № 2.
- Геодезичні (плоскі) координати імпортуємо до діалогового вікна Surfer, проводимо маніпуляції та отримуємо цифрову модель рельєфу місцевості.
- Із «Статистичного щорічника» знаходимо інформацію про екологічний стан України за областями, маніпулюємо даними та отримуємо цифрову статистичну карту.
- На геопорталах Google Earth та Google Map створюємо інтерактивні карти за матеріалами всіх трьох завдань.

ЗАВДАННЯ № 4

Створення геопорталу даних еколого-природоохоронних досліджень (інтерактивної карти)

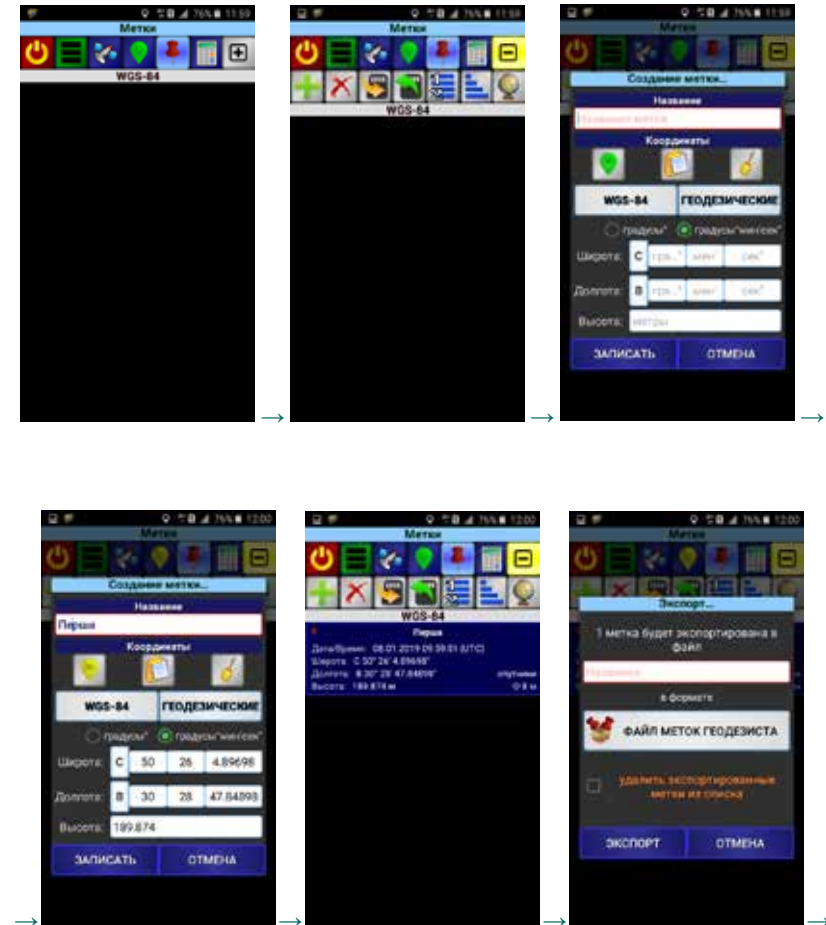
Мета: навчитися укладати Інтернет-карти

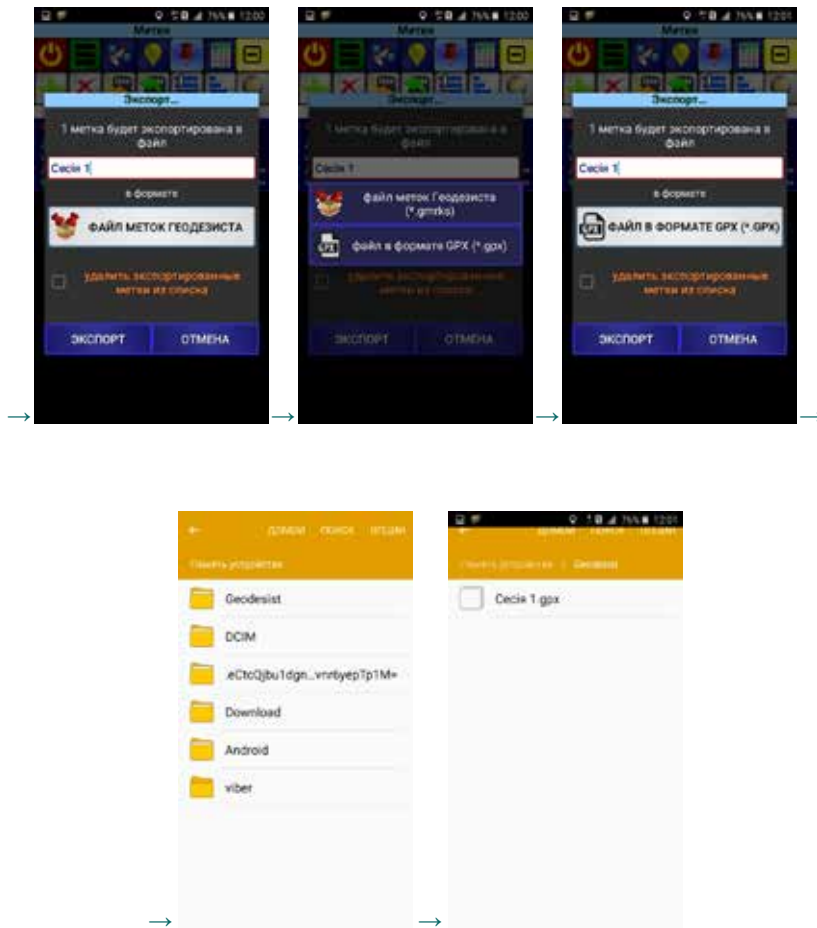
Обладнання: персональний комп'ютер чи планшет, підключення до Інтернету, геопортали Google Earth та Google Map

Хід роботи: Інтерактивні екологічні карти створюються у середовищі Google Earth та Google Map. Для цього необхідно мати акаунт

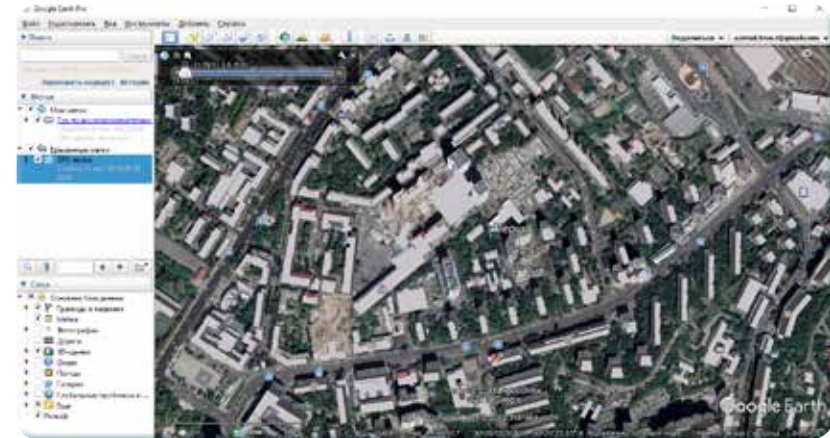
Google. На смартфоні повинна бути інстальована вже відома програма «Геодезист».

Алгоритм роботи такий: необхідно зняти координати об'єктів природно-техногенної безпеки та зберегти все в геодезичному каталозі, як це показано на наступних скріншотах.



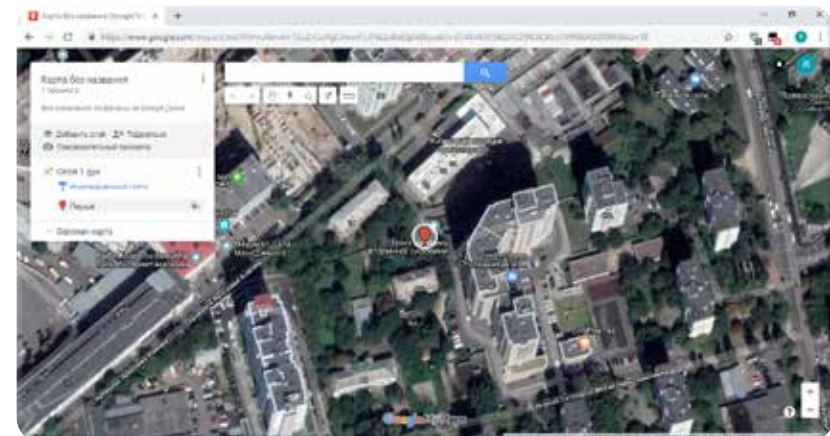


Далі відкриваємо геопортали Google Earth та Google Мар (Мої карти) і файл «Сесія 1».

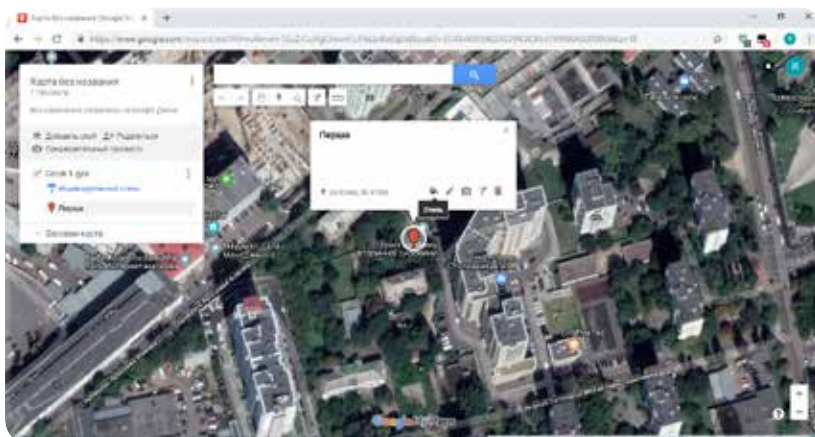


Google Earth. Пункт «Перша» висталений на космопорталі. Можна змінити вид умовного позначення, як це зроблено у завданні № 2

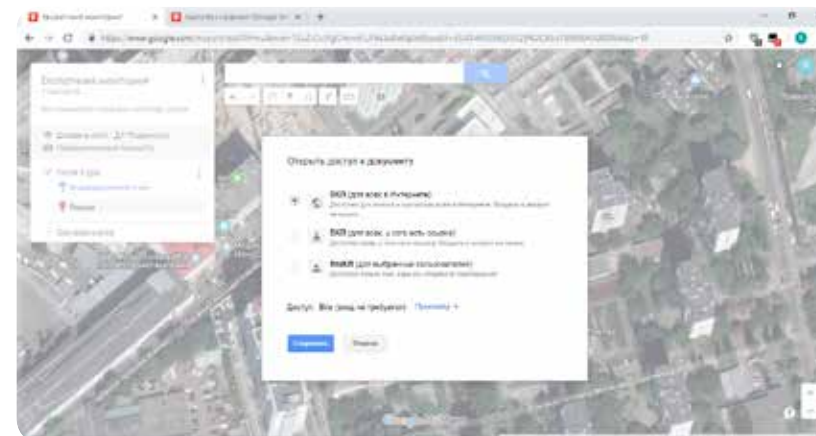
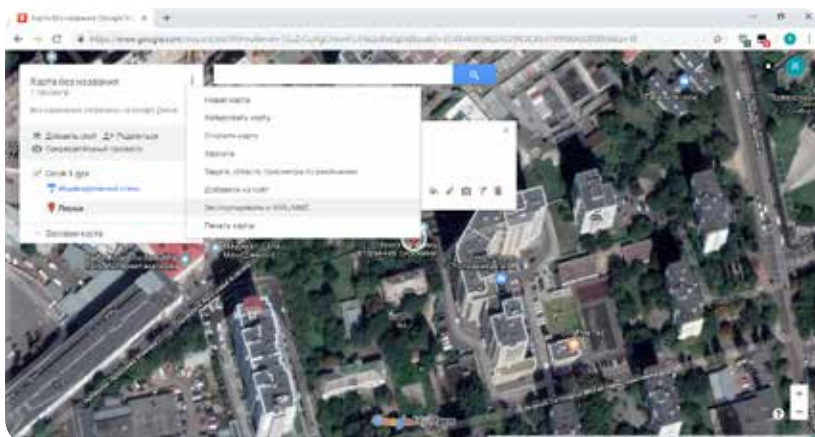
В Google Мар необхідно увійти в Інтернеті на сторінку «Мої карти», далі тиснути – «Створити нову карту». Обрати базову карту «Супутник» в меню зліва. Натискаємо «Шар без назви» – «Імпорт» та встановлюємо файл «Сесія 1.gpx»



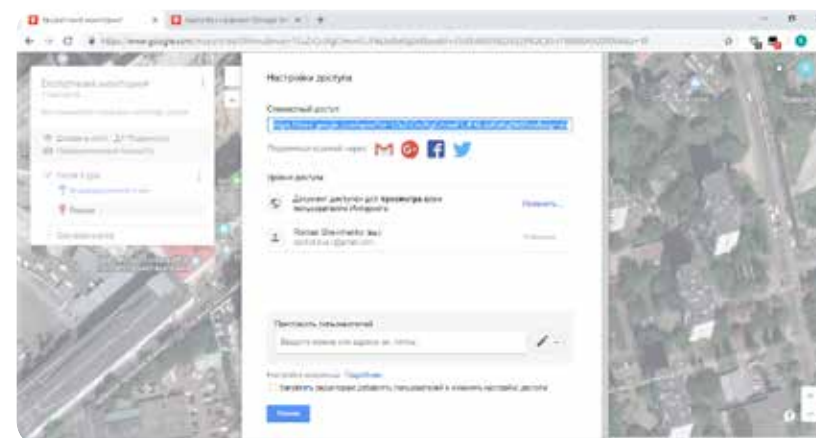
Можна змінити вид умовного позначення: від авторського знаку до фотографії об'єкта. Для цього треба двічі натиснути на значок, з'явиться опція «Стиль»:



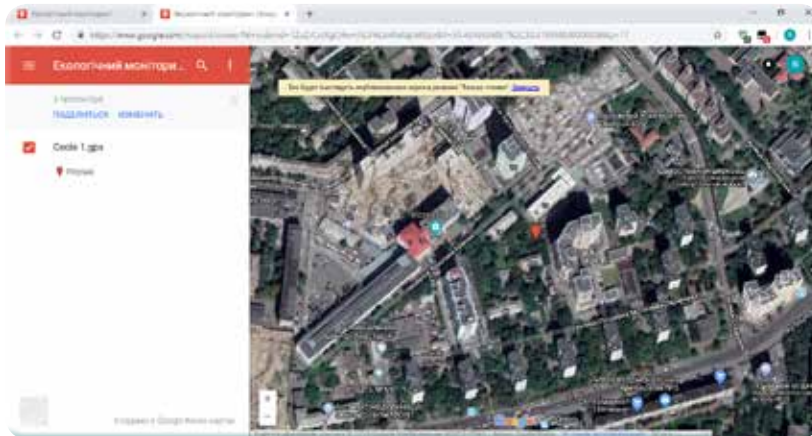
Потім зберігаємо її для публічного прогляду або як окремий файл. Опція «Експортувати у KML/KMZ»:



Виводимо інформацію доступності карти за викладеними скріншотами:



Ось таким чином буде виглядати доступна карта геопорталу:



ЗАВДАННЯ № 4

Картометричні роботи на космофотознімках та картах

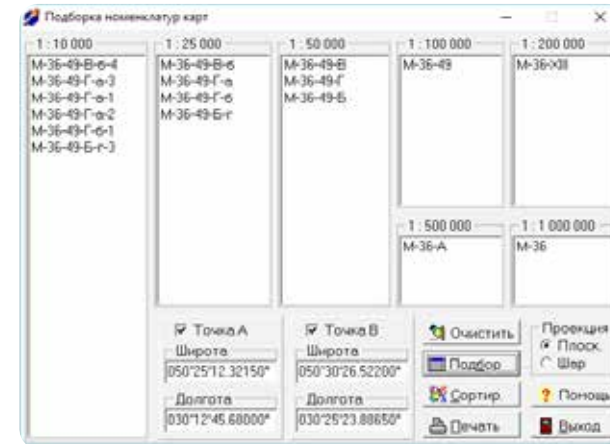
Мета: навчитися визначати номенклатуру карти за координатами, автоматично розраховувати площі

Обладнання: персональний комп'ютер чи планшет, підключення до Інтернету, ГІС-пакети «Номенклатура» та «Розрахунок площі»

Хід роботи:

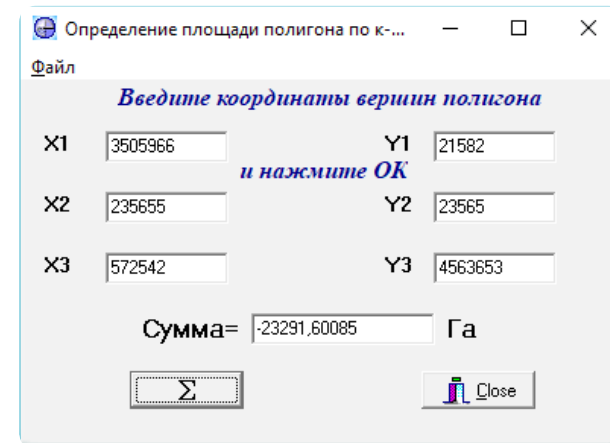
Визначення номенклатури екологічної карти

Під час проектування моделі постає задача визначення номенклатури листів, де відображені геопросторові об'єкти. Для визначення відповідного параметра використовуються ГІС «Підбір номенклатури карт». Вводяться показники не менше двох значень геодезичних координат та отримується серія номенклатур усіх масштабів:



Визначення площі полігону сміттєзвалища

За допомогою Android-додатку до смартфонів «Геодезист» визначаємо прямокутні координати вершин полігону та вводимо дані до ГІС «Розрахунок площі»:



Або це можна зробити за Android-додатками: «GPS. Вимірювання площі полів», «Навігатор полів», які можна скачати з мережі Інтернет.

Завдання № 5

Дигіталізація та оцифрування картооснови у GIS QMap

Мета: вивчити технологію дигіталізації (шифрування) основи карти

Обладнання: персональний комп'ютер чи планшет, підключення до Інтернету, GIS-пакет QMap

Хід роботи: Редактор QEd дозволяє легко і швидко перетворити звичайний графічний файл із зображенням карти в повноцінну функціонуючий об'єкт для картографії в системі QuickMap. Ця операція називається оцифруванням і в професійній картографії здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв – дигітайзерів, а також складних, об'ємних і дорогих програм. Цей редактор дозволяє зробити те ж саме, але в найкоротший час.

Для створення повноцінної цифрової карти потрібні – власне карта у вигляді картинки будь-якого комп'ютерного формату і список тих об'єктів, які на ній зображені (області, райони і т.д.).

Створення списку об'єктів (регіонів). QuickMap за замовчуванням працює з даними організованими за принципом один регіон – один рядок. При цій організації даних зазвичай першим стовпцем таблиці є назви регіонів. Саме цей список і необхідний як «смыслового» файлу для процесу оцифровки, щоб пов'язувати назви регіонів з їх місцем розташування на карті. Створити цей список необхідно в Excel. Для цього виділяється стовпчик з назвами, копіюється в буфер, а потім вставляється в будь-який текстовий редактор (наприклад, Блокнот). Необхідно переконатися, що у файлі немає порожніх рядків, перша назва стоїть на першому ж рядку, а далі залишається тільки записати файл на диск і підготовчий етап завершено.

При завданні імені файлу майте на увазі, що в QuickMap саме так і буде називатися картографічний проект, тому необхідна унікальна назва, що говорить само за себе. Не допускається довжина більше 15-20 символів, інакше він може не поміститися в меню і випаді з програми. Розширення цього текстового файлу повинна бути обов'язково стандартним – *.TXT.

Підготовка графічного файлу. Знаходимо відповідну картинку із зображенням карти в будь-якому графічному форматі. Розмір її може бути будь-яким – при підборі розміру орієнтуйтеся на власні потреби і плани щодо подальшого використання майбутніх карт. Для високої якості при друці карти на папері на весь аркуш, треба підібрати більший розмір (наприклад 1600 або 1000 точок), при меншій якості, то 400-600 точок.

Далі необхідно з використанням будь-якого графічного редактора (наприклад, стандартного Paint) зробити чорно-білу «бланковку» з межами. Якщо області зафарбовані, необхідно залити їх білим кольором, якщо є написи – треба видалити їх, бо вони будуть заважати дигіталізації. Якщо межі регіонів не чорні, а фон картини не білий – можна їх залишити, програма це допускає, якщо за межами карти є якесь зображення – також можна його також залишити. Важливо, щоб до закінчення попередньої роботи утворилася контурна карта з замкнутими просторовими виділили, а фон карти (як зовні, так і всередині виділів) був одним і тим же. Для нормальної роботи QuickMap важливо дотримуватися наступних умов:

- всі контури повинні бути замкнутими. Це легко перевіряється заливкою контуру якимось кольором. Якщо колір «витікає» за карту або в сусідні контури – є розрив межі (в режимі збільшення). «Дірка» могла утворитися при видаленні написів. Необхідно залатати її кольором межі і ще раз перевірити. Товщина лінії може бути будь-якою, але найбільш естетично виглядає межа товщиною в 1 точку.
- колір фону може бути не білим, але одним і тим же для всієї карти (як зовні, так і всередині).

Для полегшення попередньої підготовки картини до оцифрування, до пакету додається невелика додаткова утиліта *DG-QM-Cleaner.exe*, яка прибирає кольорову заливку регіонів і «чистить» чорні (або сірі) контури регіонів, роблячи лінії максимально тонкими. Оброблену основу треба зберігати у форматах * .PNG, * .GIF, або * .BMP (з міркувань компактності два перших формату є кращими).

Процедура оцифровки. Оберіть назву файлу із зображенням контурної карти. Карта буде виведена в вікно програми, фон навколо контурів на карті стане жовтим, а контур в середині регіонів залишаться колишнього кольору, що робить зображення більш контрастним і дозволяє не "втратити" окремі дрібні елементи карти (наприклад острова). Далі завантажується список регіонів, обирається ім'я текстового файлу зі списком. У білому віконці праворуч з'являється назва першого регіону зі списку. Далі зв'язуються назви просторових виділів і їх розташування на майбутній карті.

Після завершення оцифровки останнього контуру, програма збереже файл у піддиректорію MAP.

ТЕМАТИКА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

1. Основні технічні та технологічні поняття ГІС-технологій: словник термінів. Основні результати роботи ГІС-технологій в екологічному моніторингу.

Необхідно опрацювати наукову літературу: фахові журнали «Вісник геодезії та картографії», «Сучасні досягнення геодезичної науки», «Геоінформатика», «Часопис картографії», «Геодезія, картографія та аерофотознімання». Скласти словничок термінів у такій формі (приклад):

№ з/п	Термін	Значення (джерело)
1.	Геодетика	Комплекс сучасних геодезичних приладів для багатофункціональної зйомки місцевості (Вісник геодезії та картографії. Київ. 2018. Вип. 12. С. 10

За відповідними науковими джерелами прослідкувати основні результати роботи ГІС-технологій стосовно вирішення проблем екології та скласти бібліографію (наприклад):

Сокіл О.С. Геоінформаційні задачі моніторингу забруднення міського середовища. Геоінформатика. Львів. 2018. № 24. С. 34-37.

2. Принципи роботи сучасних геодезичних, фотограмметричних та гідрометеорологічних приладів.

Навчальна лабораторія Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління» оснощена сучасними геодезичними приладами: сучасний GPS-приймач із вішкою, геодезичний квадрокоптер, програмне забезпечення обробки матеріалів геодезичних та фотограмметричних робіт для проблемно-орієнтованого ГІС-картографування, опис їх функціонального призначення показати у таблиці:

№ з/п	Прилад, назва, фотографія	Функціональне призначення загальне та для потреб екологічного моніторингу, зокрема

3. Проаналізувати геопортали з екологічним контентом та скласти порівняльну кореляційну таблицю.

У мережі Інтернет знайти загально-географічні та еколого-тематичні геопортали (подані у списку джерел робочої навчальної програми). Проаналізувати їх за критеріями у таблиці:

№ з/п	Назва геопорталу, адреса	Тематична архітектура геопорталу, яка проблема картографується	Види умовних позначень	Період оновлення даних та джерела даних	Актуальність та можливість використання в екології

4. Зробити порівняльну характеристику сучасних екологічних та фізико-географічних карт та атласів

У мережі Інтернет або в залі картографії Національної бібліотеки ім. В.І. Вернадського знайти екологічні карти та атласи та зробити порівняльний аналіз картографічного матеріалу (таблиця):

№ з/п	Назва карти, масштаб, рік, організація чи автор	Огляд легенди карти	Способи картографічного зображення	Прийоми картографічного зображення	Методи картографічного зображення

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ІНДИВІДУАЛЬНЕ НАУКОВО-ДОСЛІДНЕ ЗАВДАННЯ (зразок)

з навчальної дисципліни «Геоінформаційні системи в екології»

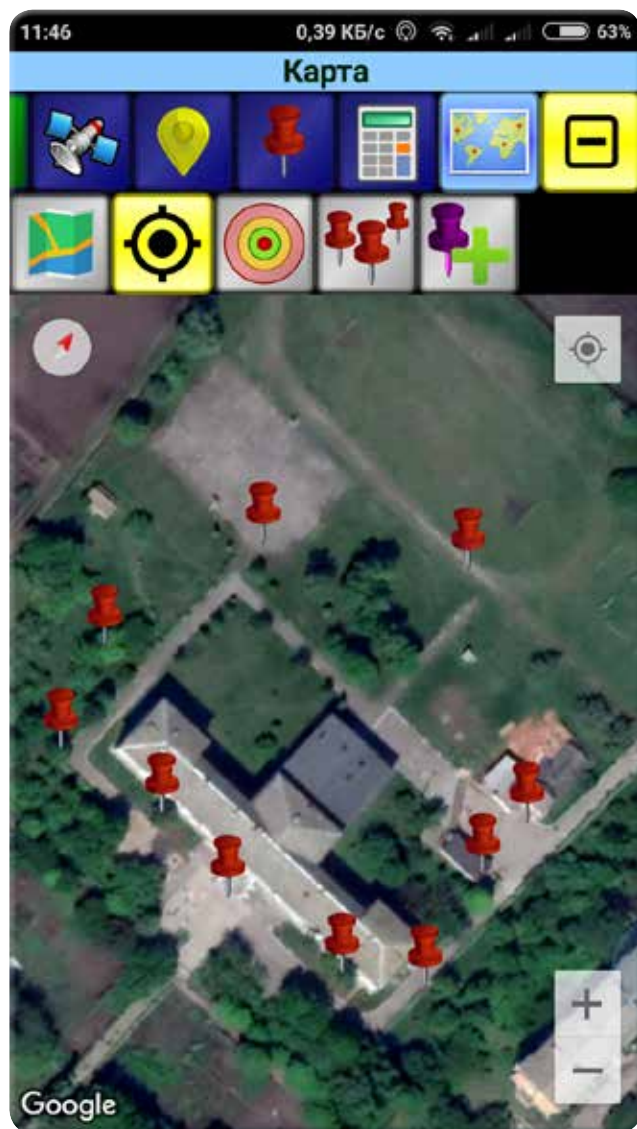
на тему: “Геоінформаційні методи створення екологічних карт навколишнього природного середовища”

Роботу виконав:
студент групи № 01
Хлівний Олександр Миколайович
(Прізвище, ім'я, по батькові)

Роботу перевірів:
канд. геогр. наук, доц.
Шевченко Р. Ю.
Оцінка _____ балів

(Підпис викладача)

ЕКОЛОГІЧНИЙ АБРИС МІСЦЕВОСТІ



(скріншот із ГІС Геодезист)

1. ПОЛЬОВІ РЕКОГНОСТУВАЛЬНІ РОБОТИ

ПОЛЬОВИЙ ЖУРНАЛ № 1

Дата 18.11.2018 Час 12:00 Середня швидкість – 5 км/год
Система координат – WGS-84.

№ об'єкту місцевості	Інтерпретація об'єкту місцевості (назва)	Точність визначення, м	Азимут (напрямок)	Геодезичні координати об'єкту місцевості		
				Широта φ	Довгота λ	Висота h
2.	Теплиця	5		Пн49043'34.4748"	С3005'43.68606"	234
3.	Котельня	5	1-2 =	Пн49043'33.72309"	С3005'43.91689"	226
4.	Дерево груша 1	5	2-3 =	Пн49043'33.21718"	С3005'43.98778"	234
5.	Дерево ялинка	5	3-4 =	Пн49043'32.69039"	С3005'43.0093"	233
6.	Вхід школа	5	4-5 =	Пн49043'32.79356"	С3005'41.20656"	235
7.	Дерево вільха	5	5-6 =	Пн49043'33.00154"	С3005'40.25652"	235
8.	Дерево яблуня	5	6-7 =	Пн49043'32.95315"	С3005'39.25903"	234
9.	Дерево груша 2	5	7-8 =	Пн49043'33.56386"	С3005'38.80914"	229
10.	Футбольне поле	5	8-9 =	Пн49043'34.99676"	С3005'39.61882"	229
11.	Поле футбольне	5	9-10 =	Пн49043'35.65027"	С3005'41.74012"	232

ПОЛЬОВИЙ ЖУРНАЛ № 2

Дата 18.11.2018 Час 12:00 Середня швидкість – 5 км/год
Система координат – WGS-84.

№ об'єкту місцевості	Інтерпретація об'єкту місцевості (назва)	Точність визначення	Координати Гаусса-Крюгера		
			x	y	h
1.	Теплиця	5	5514450.422	290588.130	234
2.	Котельня	5	5514430.378	290592.507	228

3.	Дерево груша 1	5	5514411.158	290597.170	230
4.	Дерево ялинка	5	5514396.605	290576.266	233
5.	Вхід школа	5	5514398.357	290540.455	236
6.	Дерево вільха	5	5514407.599	290524.034	232
7.	Дерево яблуня	5	5514405.928	290501.295	233
8.	Дерево груша 2	5	5514425.874	290492.454	231
9.	Футбольне поле	5	5514469.670	290514.183	230
10.	Поле футбольне	5	5514483.432	290533.974	232

ПОЛЬОВИЙ ЖУРНАЛ № 3

Дата 18.11.2018 Час 12:00 Середня швидкість – 5 км/год
Система координат – WGS-84.

№ об'єкту місцевості	Інтерпретація об'єкту місцевості (назва)	Точність визначення	Геоцентричні координати		
			X	Y	Z
1.	Теплиця	14	3574357.837	2071603.025	4843341.370
2.	Котельня	14	3574366.170	2071612.176	4843320.348
3.	Дерево груша 1	5	3574377.553	2071624.845	4843312.238
4.	Дерево ялинка	5	3574399.774	2071612.529	4843304.918
5.	Вхід школа	5	3574419.876	2071582.515	4843306.845
6.	Дерево вільха	5	3574420.379	2071564.228	4843310.571
7.	Дерево яблуня	5	3574432.331	2071544.389	4843307.533
8.	Дерево груша 2	5	3574425.666	2071530.106	4843318.796
9.	Футбольне поле	5	3574386.400	2071526.249	4843348.452
10.	Поле футбольне	5	3574355.591	2071558.351	4843359.259

2. СТВОРЕННЯ КАРТОГРАФІЧНОГО БАНКУ ДАНИХ УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ОБ'ЄКТІВ МІСЦЕВОСТІ

№ з/п	Назва об'єкту місцевості	Авторський умовний знак
1.	Теплиця	
2.	Котельня	
3.	Дерево груша 1	
4.	Дерево ялинка	
5.	Вхід школа	
6.	Дерево вільха	
7.	Дерево яблуня	
8.	Дерево груша 2	
9.	Футбольне поле	
10.	Поле футбольне	

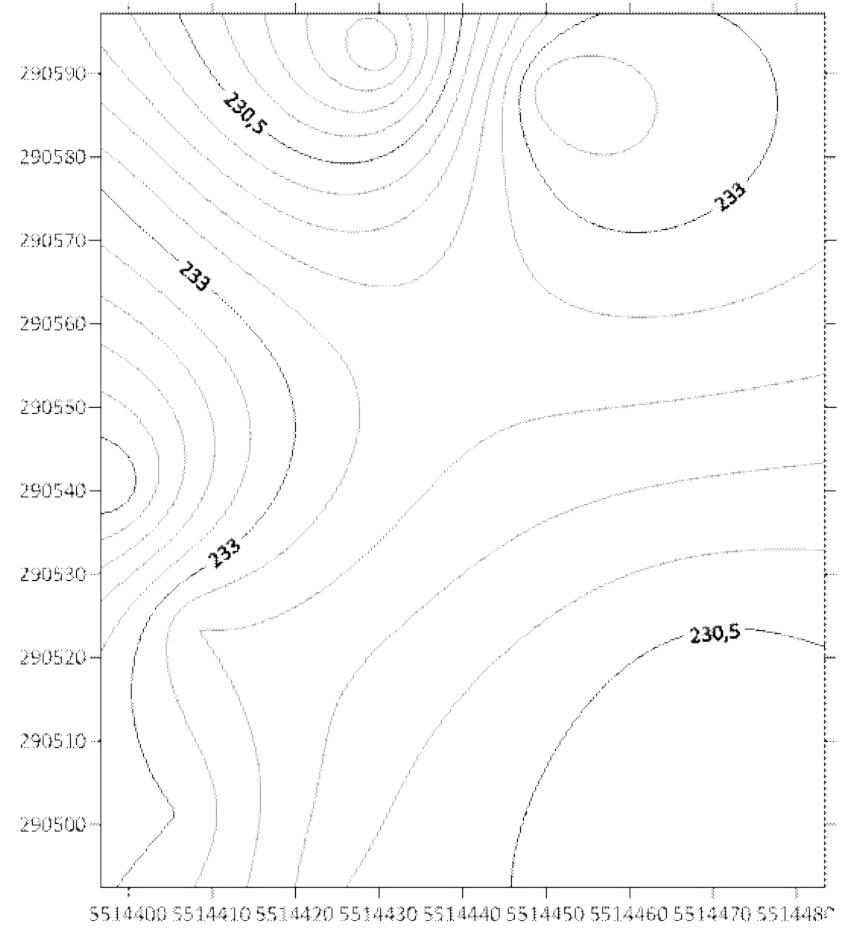
3. СТОРЕННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ В ГЕОПОРТАЛІ GOOGLE EARTH

(Скріншот зображення території з умовними позначеннями)



4. ПОБУДОВА ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ РЕЛЬЄФУ В ГІС SURFER (будується за польовим журналом № 2)

(скріншоти зображень 2-D, 3-D, векторних показників + інші,
що побудуєте, назви моделей підписуються)



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизована система екоінспекційного контролю стану забруднення довкілля України та викидів, скидів і відходів «Еко-Інспектор»: метод. посіб. / Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. 128 с.
2. Аерокосмічні дослідження геологічного середовища: наук.-метод. посіб. / [А.Г. Мичак, В.Є. Філіпович, В.Л. Приходько та ін.]. К., 2010. Р 246 с.
3. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / [Лялько В.І., Федоровський О.Д., Костюченко Ю.В. та ін.]; за ред. В.І. Лялько і М.І. Попова. К.: Наукова думка, 2006. 357 с.
4. Барановська В.Є., Боков В.А. Бондар О.І. та ін. Екологічна безпека та охорона навколишнього середовища. За ред. О.І. Бондаря, Г.І. Рудька. К.: Вид-во ПП «ЕКМО»; Х.: ТОВ «Укртехнологія». 2004. 423 с.
5. Безпека регіонів України і стратегія її гарантування. Природно-техногенна (екологічна) безпека. / за ред. Б. М. Данилишина. К.: Наукова думка, 2008. Т.1. 389 с.
6. Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлев Є.О. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. К.: Інститут проблем національної безпеки РНБО України. 2008. 160 с.
7. Білоус В.В., Боднар С.П. та ін. Дистанційне зондування з основами фотограмметрії. Київ.: ВПЦ «КУ», 2011. 367 с. (базова)
8. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології. К.: Либідь, 2005. 408 с.
9. Білявський Г.О., Л.І. Бутченко. Основи екології: теорія та практик. К.: Лібра, 2004. 368 с.
10. Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін. Моніторинг довкілля. За ред. В.М. Боголюбов і Т.А. Сафронова / Херсон: Грінь Д.С. 2011. 530 с.
11. Бондар О.І., Тимченко О.І., Тараріко О.Г. та ін. Антропогенні чинники довкілля та їх вплив на біоту і здоров'я людини. К.: Інрус. 2006. 288 с.
12. Бондар О.І., Корінко І.В., Ткач В.М., Федоренко О.І. Моніторинг навколишнього середовища / під ред. О.І. Федоренко. К. Х.: ДІІ-ГТІ, 2005. 126 с.
13. Волошин В.І., Бушуєв Є.І., Паршина О.І. Методика класифікації покривних елементів ландшафту. Космічна наука і технологія. 2004. Т. 10. № 5/6. С. 190-193.
14. Геоінформаційні технології в екології [Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г. та ін.]. Чернівці: 2012. 273 с.
15. Дистанційне зондування Землі: тлумачний словник. НКАУ, ДНВЦ "Природа". К., 1996. 518 с.
16. Екологічне управління / [В. Я. Шевчук, Ю. М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін.]. К.: Либідь, 2004. 432 с.
17. Застосування інформаційних технологій в управлінні навколишнім середовищем / під ред. В. Чабанюка. К.: Мінекобезпеки України, ГЕО, 1998. 125 с.
18. Зборищук Ю.Н. Дистанционные методы инвентаризации и мониторинга почвирого покрова. М.: МГУ. Ч-2. 1994. 96 с.
19. Зубик С.В. Техноекология: джерела забруднення і захист навколишнього середовища. Львів: Оріяна-Нова, 2007. 400 с.
20. Іванник Ю. Ю. Моделі, методи і засоби формування динамічних сценаріїв у навігаційних геоінформаційних системах реального часу: дис.... кандидата техн. наук: 05.13.06 – інформаційні технології. Київ. 2015. 157 с. (схеми та таблиці)
21. Іванюта С.П., Качинський А.В. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків. К.: НІСД, 2012. 308 с.
22. Клименко В.І. Сучасні інформаційні технології для екологічної безпеки ґрунтів. К.: «Азимут-Україна», 2012. 120 с.
23. Клименко М.О., Прищепя А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. К.: Видавничий центр «Академія», 2006. 360 с.

24. Комплексне моделювання управління безпечним використанням продовольчих, водних і енергетичних ресурсів з метою сталого соціального, економічного і екологічного розвитку / за ред. Загороднього А.Г., Єрмольєва Ю.М. К.: Академперіодика, 2013. 356 с.
25. Комплексне управління, безпека і робастність / За ред. Загороднього А.Г., Єрмольєва Ю.М., Богданова В.Л. К.: Академперіодика, 2014. 336 с.
26. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи. К.: Вища школа, 2009. 511 с.
27. Крижановський Є.М. Геоінформаційні системи в екології / під ред. Крижановського Є.М. Вінниця: ВНТУ, 2014. 192 с.
28. Мкртчян О.С. Геоінформаційне моделювання в конструктивній географії. Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2010. 119 с.
29. Моніторинг довкілля [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін.]; під ред. В.М. Боголюбова. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
30. Моніторинг довкілля [Клименко М.О., Бондар О.І., Пилипенко Ю.В. та ін.]. Херсон: Олді-плюс, 2010. 208 с.
31. Моніторинг та прогнозування стану агроресурсів засобами космічного зондування / О.І. Фурдичко, О.Г. Тараріко, О.В. Сиротинко [и др.]. Вісник аграрної науки. 2006. № 8 (640). С. 15-20.
32. Морозов В.В. ГІС в управлінні водними і земельними ресурсами. Херсон: Вид во ХДУ, 2006. 91 с.
33. Національна інфраструктура геопросторових даних. Електронний ресурс – <http://gki.com.ua/ua/nacionalna-infrastruktura-geoprostorovih-danih-ukraini>
34. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році. К.: 2012. 258 с.
35. Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю. Дистанційні методи досліджень в екології. Харків: ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2007. 372 с.
36. Основи екології: навколишнє середовище і техногенний вплив [Скоробогатий Я.П., Ощиповський В.В., Василечко В.О., Кусковець С.Л.]. Львів: Новий світ, 2008. 221 с.
37. Півняк Г.Г., Шашенко О.М., Сдвижкова О.О., Бусигін Б.С. та ін. Моделювання геотехнічних систем / під ред. Г.Г. Підняка. Д.: Національний гірничий університет. 2009. 252 с.

38. Світличний О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики / за заг. ред. О.О. Світличного. Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. 295 с.
39. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарев О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. Л.: Новий світ, 2004. 256 с.
40. Цифровая обработка аэрокосмических изображений [Кашкин В.Б., Баскова А.А., Рублева Т.В., Власов А.С.]. Красноярск: ИПК СФУ, 2008. 49 с.
41. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М.: Техносфера. 2008. 312 с.
42. Шелудченко Б.А., Бахмат М.І., Вороніна Т.В. Інженерна екологія. Кам'янець-Подільськ: Вид ПП Зволейко Д.Ш., 2008. 124 с.
43. Шипулін В.Д. Основні принципи геоінформаційних систем. Х.: ХНАМГ, 2010. 313 с.
44. Boons Fr., Berens M. Stretching the boundary: the possibilities of flexibility as an organizational capability in industrial ecology // Business Strategy and the Environment. 2001. №10. P.115-124
45. Earth Systems Change over Eastern Europe / Coeditors P. Grois man, V. Lyalko. K. : Akadem periodyka, 2012. – 488 p.
46. Minami Michael. Using ArcMap : ArcGis edition / Minami Michael. ESRI : Redlands, USA, 2001. 544 p.
47. Spacetrack report No. 3. Models for Propagation of NORAD Element Sets. Felix R. Hoots, Ronald L. Roehrich. в 1988. 88 p.
48. Using ArcGIS Spatial Analyst ESRI : Redlands, USA, 2002. 232 p.
49. Zeiler Michael. Modeling our World / Zeiler Michael. ESRI : Redlands, USA, 1999. 202 p.
50. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective / Jensen J.R. NJ.: Prentice Hall, 2000, 544 p.

НОТАТКИ

НОТАТКИ

Навчальне видання

Бондар Олександр Іванович
Фінін Георгій Семенович
Шевченко Роман Юрійович

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Українською мовою

Редактор В. Г. Сікачина

Науковий редактор Г.Г. Хурманець

Верстка – Н.М. Ковальчук

Підписано до друку _____ р. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Гарнітура YopusC. Цифровий друк.
Умовно-друк. арк. 17,00. Наклад 300. Замовлення № 1903-111.
Віддруковано з готового оригінал-макета.

Видавництво та друк: «ОЛДІ-ПЛЮС»
73034, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
E-mail: office@oldiplus.com
Свід. ДК No 6532 від 13.12.2018 р.