

ЛЕКЦІЯ 1. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

1. Інформатика і геоінформатика.
2. Визначення ГІС. Відмінність ГІС від інших інформаційних систем.
3. Історія розвитку геоінформаційних технологій.
4. Функції й галузі застосування ГІС і геоінформаційних технологій.
5. Геоінформатика, геоінформаційні технології і екологія.

1. Інформатика і геоінформатика

Термін «інформатика» (*informatics, information science*) у тому розумінні, у якому він сьогодні вживається, виник на початку 60-х років ХХ ст. у французькій мові (*informatique*). Слово «інформатика» асоціюється з двома поняттями – інформація і автоматика. Отже, зміст цього терміна повинен бути приблизно таким: автоматична робота з інформацією. Насправді мова йде лише про «автоматизовану» роботу з інформацією, тобто про поєднання функцій людини і технічного пристрою. Зазначимо, що термін «автоматичний» взагалі означає «без участі людини».

До цього часу тривають дискусії, де фахівці намагаються як можна більш влучно визначити як сам термін «інформатика», так і зафіксувати предмет цієї науки, а також розмежувати її зі спорідненими науками. До сьогодні існує декілька різних поглядів щодо цього питання. Насамперед це пов'язано з тим, що термін «інформатика» в наш час використовується на позначення *і науки, і технології, і галузі промисловості* (індустрії).

Інформатика є фундаментальною природничою наукою про здійснювану переважно за допомогою автоматизованих засобів доцільну обробку інформації, розглянута як відбиток знань, фактів, відомостей, даних у різних галузях людської діяльності (Степанов, 2002). Або, якщо сформулювати коротко, ***інформатика*** – це наука про засоби, методи і способи збору, обміну, збереження й обробки інформації за допомогою автоматизованих засобів.

Інформаційні технології – система процедур перетворення інформації з метою формування, обробки, розповсюдження і використання інформації. Основу сучасної інформаційної технології складають: комп'ютерна обробка інформації за заданими алгоритмами, зберігання великих обсягів інформації на магнітних носіях і передача інформації на будь-яку відстань в обмежений час.

Інформатика як *галузь промисловості* охоплює всі забезпечувальні підприємства та організації з обробки даних і виробництву алгоритмів, програм і засобів обчислювальної техніки.

Слід відзначити, що існують спроби дати інші трактування терміна «інформатика». Загальноприйняті на сьогодні трактування терміна «інформатика» враховують зазначену вище неоднозначність. Цікавим з цього приводу є визначення ***інформатики*** в Інтерактивній системі з інформатики (Фридланд и др., 2002), де дане поняття визначається як «наукова, технічна і технологічна дисципліна, що займається питаннями збору, збереження, обробки і передачі даних, у тому числі за допомогою комп'ютерної техніки».

Важливим є визначення поняття «інформація». На думку багатьох фахівців, поняття «інформація» належить до так званих первинних, невизначуваних понять, дати точне визначення яких у принципі неможливо. У таких випадках поняття вводиться шляхом його пояснення, що спирається на інтуїцію, здоровий глузд чи побутове визначення терміна. У вищевказаному визначенні предмета «інформатика» наводиться одне із найпоширеніших тлумачень поняття

«інформація»: під інформацією розуміють відображення знань і фактів (відомостей, даних), що використовуються в різних галузях людської діяльності.

Незважаючи на поширеність викладеної точки зору щодо можливості точного визначення поняття «інформація», спроби зробити це не припиняються. Наприклад, у роботі М.С. Бургіна (1996) дається таке визначення: «інформація I для системи R – це все те, що, потрапляючи в R , викликає в ній зміни». Система R називається при цьому приймачем інформації. Мірою інформації I для системи R відповідно до такого підходу є міра тих змін, що I викликає в R .

З погляду матеріалістичної філософії інформація є віддзеркаленням реального світу; це відомості, які один реальний об'єкт містить про інший реальний об'єкт. Інформація – міра організації системи.

За аналогією з трактуванням поняття «інформатика» дотепер відсутня однозначність і в тлумаченні поняття «**геоінформатика**». По-перше, зазначимо, що існуючі спроби розглядати геоінформатику як інформатику окремих наук, назва яких починається з префікса «гео» (що означає «Земля») – геологія, географія, геодезія й ін., необхідно визнати неспроможними, оскільки в наш час геоінформатика є міждисциплінарною сферою людської діяльності. Також є необґрунтованими спроби надати геоінформатиці статусу метанауки, що поєднує науки, які вивчають Землю з використанням математичних методів і комп'ютерних технологій.

Геоінформатика є частиною інформатики, яка має справу з просторовою (просторово-розподіленою, просторово-координованою) інформацією.

Найбільш загальним визначенням **геоінформатики** є таке: геоінформатика – це наука, технологія і прикладна діяльність, пов'язані зі збором, збереженням, обробкою, аналізом і відображенням просторових даних, а також із проектуванням, створенням і використанням географічних інформаційних систем.

У більш вузькому розумінні, як галузь наукового знання геоінформатику вважають міждисциплінарною наукою про засоби, методи і способи збору, збереження, обміну, обробки, аналізу й відображення просторової (чи просторово-координованої) інформації.

Сукупність засобів, способів і методів автоматизованого збору, зберігання, маніпулювання, аналізу і відображення (представлення) просторової інформації об'єднують під загальною назвою «**геоінформаційні технології**». У зв'язку з тим що сьогодні ці способи і методи якнайповніше реалізуються в географічних інформаційних системах (ГІС), то термін «геоінформаційні технології» часто замінюють терміном «технології географічних інформаційних систем», або за аналогією з його англійським еквівалентом – терміном «ГІС-технології» (GIS technology).

У цілому геоінформатика тісно пов'язана з *географічними інформаційними системами* (геоінформаційними системами, ГІС – Geographical Information Systems, GIS), оскільки основні теоретичні ідеї геоінформатики як науки реалізуються в сучасних ГІС на технічному і технологічному рівнях. Це дає підставу розглядати геоінформатику як «науку, технологію і виробничу діяльність з наукового обґрунтування, проектування, створення, експлуатації і використання географічних інформаційних систем» (Баранов и др., 1997). Строго кажучи, це не так, оскільки існують і наукові, і технологічні, і виробничі аспекти геоінформатики, що виходять за межі проблем геоінформаційних систем. Як такі можна назвати фундаментальні дослідження з теорії геоінформації і просторового аналізу, розроблення технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) і методів автоматизованої обробки даних ДЗЗ, дослідження у сфері GPS-технологій (технологій, що ґрунтуються на глобальній (супутниковій) системі позиціонування) і т.ін.

В окрему галузь – «геоінженерної інформатики» – останніми роками виділяються геоінформаційні технології інженерного проектування, інтегруючі технології **систем**

автоматизованого проектування (САПР), ГІС і комп'ютерної графіки (Гуральник, Соколенко, 2005). Основні сфери застосування геоінженерної інформатики в наш час – інженерно-геодезичні і інженерно-геологічні розвідки і інженерне проектування в галузі цивільного, промислового і транспортного будівництва.

Проте в неінженерних дисциплінах поняття «геоінформаційні технології» і «ГІС-технології», як наголошується вище, дуже близькі. Оскільки надалі в даному посібнику в основному розглядатимуться геоінформаційні технології, реалізовані в сучасних ГІС, ці два поняття «за замовчуванням» використовуватимуться як рівнозначні.

2. Визначення ГІС. Відмінність ГІС від інших інформаційних систем

На сьогодні існує велика кількість визначень географічних інформаційних систем, що мають багато спільного і відмінного, характеризуючись, до того ж, різним ступенем повноти. Огляд наявних визначень наведений, зокрема, у роботах (Тикунов, 1991; Кошкарев, Тикунов, 1993; Светличный и др., 1997). За найбільш характерними з них, *географічні інформаційні системи* – це:

- інформаційна система, що може забезпечити введення, маніпулювання й аналіз географічно визначених даних для підтримки прийняття рішень (Vitec et al., 1984);
- реалізоване за допомогою автоматизованих засобів (ЕОМ) сховище системи знань про територіальний аспект взаємодії природи і суспільства, а також програмного забезпечення, що моделює функції пошуку, введення, моделювання та ін. (Трофимов, Панасюк, 1984);
- набір засобів для збору, збереження, пошуку, трансформації і відображення даних про навколишній світ з певною метою (Burgough, 1986);
- інформаційна система, призначена для роботи з просторовими, чи географічними, координатами (Star, Estes, 1990);
- апаратно-програмний людино-машинний комплекс, що забезпечує збір, обробку, відображення і поширення просторово-координованих даних, інтеграцію даних і знань про територію для ефективного використання при рішенні наукових і прикладних географічних завдань, пов'язаних з інвентаризацією, аналізом, моделюванням, прогнозуванням і керуванням навколишнім середовищем і територіальною організацією суспільства (Кошкарев, 1991);
- сукупність апаратних, програмних засобів і процедур, призначених для забезпечення введення, керування, обробки, аналізу, моделювання і відображення просторово-координованих даних для вирішення складних проблем планування і керування (Cope Curriculum..., 1991);
- науково-технічні комплекси автоматизованого збору, систематизації, переробки і представлення (видачі) геоінформації в новій якості з умовою одержання знань про досліджувані просторові системи (Сербенюк, 1990);
- сукупність апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур, призначених для збору, введення, зберігання, математико-картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації (Симонов, 1991);
- сукупність технічних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, математико-картографічне моделювання й образне інтегроване

представлення географічних і співвіднесених з ними атрибутивних даних для вирішення проблем територіального планування і керування (Отраслевой стандарт..., 1997);

- інформаційна система, що забезпечує збір, зберігання, обробку, доступ, відображення і поширення просторово-координованих (просторових) даних (Баранов и др., 1997).

Відзначимо насамперед те спільне, що характерне практично для всіх визначень ГІС.

По-перше, ГІС — це інформаційна система, тобто «система обробки даних, що має засоби накопичення, збереження, відновлення, пошуку і видачі даних» (Словарь по кибернетике, 1989, с. 242).

По-друге, ця інформаційна система належить до категорії автоматизованих інформаційних систем, «що використовують ЕОМ на всіх етапах обробки інформації» (там само, с. 18). Електронно-обчислювальна машина (комп'ютер) є неодмінним атрибутом і основою геоінформаційної технології.

По-третє, ця інформаційна система надає можливості маніпулювання і обробки просторової (просторово-розподіленої, просторово-координованої) інформації.

Відмінною рисою географічних інформаційних систем є наявність у їхньому складі специфічних методів аналізу просторових даних, що в сукупності із засобами введення, збереження, маніпулювання і представлення просторово-координованої інформації і складають основу технології географічних інформаційних систем, чи ГІС-технології. Саме наявність сукупності здатних генерувати нове знання специфічних методів аналізу з використанням як просторових, так і непросторових атрибутів і визначає головну відмінність ГІС-технології від технологій, наприклад, автоматизованого картографування чи систем автоматизованого проектування (САПР/CAD). Ця риса геоінформаційних систем у тому чи іншому вигляді простежується в багатьох визначеннях ГІС. Зокрема, у визначенні С.М. Сербенюка говориться про здатність ГІС «представляти геоінформацію в новій якості за умови одержання знань про досліджувані просторові системи» (Сербенюк, 1990, с 19). Здатність географічних інформаційних систем виконувати «трансформацію», «аналіз», «моделювання» просторових даних у загальному випадку не характерна для інших інформаційних систем, і це, як правило, проявляється в існуючих визначеннях.

Слід звернути увагу на те, що визначення «географічна» у назві географічних інформаційних систем насправді є синонімом просторовості інформації. На це, зокрема, безпосередньо вказується в багатьох визначеннях ГІС (наприклад, у наведених вище визначеннях Дж. Вітека та ін. (Vites et al., 1984), Дж. Стара і Дж. Істеса (Star, Estes, 1990). Однак це ще з більшою очевидністю впливає з аналізу історії розвитку і сучасних галузей застосування ГІС-технології, що охоплюють крім географічних наук, кадастр, інженерні дослідження і проектування, транспорт, зв'язок, комерцію, державне управління та ін. Проте відомі спроби виділення «чисто» географічних інформаційних систем з погляду професійно-географічної спрямованості (Линник, 1990; Сербенюк, 1990; Тикунов, 1991; Кошкарев, Тикунов, 1993). Необхідним і достатнім критерієм виділення «чисто» географічних інформаційних систем, на думку В.С. Тикунова (Тикунов, 1991), є проблемна орієнтація системи, тобто те, для яких цілей вона призначається і використовується і якого типу задачі розв'язує. «У географії ГІС переробляють географічні потоки, що формуються в межах географічної оболонки і являють собою інформаційне відображення системи об'єктів географічного вивчення» (Тикунов, 1991, с 19).

Уявляється, що сучасний розвиток геоінформаційних технологій, проникнення їх в усе нові сфери людської діяльності, у тому числі й дуже далекі від географії, наочно продемонструвало їх міждисциплінарний характер.

З урахуванням сучасних тенденцій розвитку геоінформаційних технологій як робочий варіант визначення геоінформаційної системи доцільно використовувати таке: географічна інформаційна система (ГІС) – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, маніпулювання, аналіз і відображення (представлення) просторово-координованих даних.

Таким чином, ГІС – це інформаційні системи, які від інших інформаційних систем відрізняються тим, що це,

по-перше, автоматизовані інформаційні системи, орієнтовані на використання можливостей ЕОМ,

по-друге, вони призначені для роботи з просторово-координованою інформацією, і,

по-третє, ГІС здатні продукувати нове знання на основі використання досить широкого спектра аналітичних методів і процедур.

Будь-яка географічна інформаційна система складається з апаратного комплексу, програмного комплексу і інформаційного блока. У той самий час будь-яка геоінформаційна система забезпечує функції підтримки аналізу просторових даних. Процедури просторового аналізу і моделювання в ГІС реалізовані програмними засобами, тобто їх виконання є однією з функцій програмного комплексу ГІС. Однак з огляду на надзвичайно важливу роль аналітичних можливостей ГІС у виконанні ними їх функцій, а також широкий, але досить чітко обкреслений арсенал цих можливостей, уявляється доцільним виділення, принаймні при вивченні основ ГІС-технології, блока аналізу як четвертого обов'язкового компонента геоінформаційних систем. Цілком виправданим, на наш погляд, є включення до складу компонентів ГІС і людей — розробників і користувачів, без яких неможливе існування останніх компонентів як системи. У цьому випадку ГІС є вже п'ятикомпонентними системами.

3. Історія розвитку геоінформаційних технологій

Першою реально працюючою геоінформаційною системою у світі вважається ГІС Канади (Canada Geographic Information System, CGIS), розроблена в середині 60-х років ХХ ст на базі перших ЕОМ і пакетної системи обробки даних. Основне призначення ГІС Канади полягало в обробці і аналізі даних, накопичених Канадською службою земельного обліку (Canada Land Inventory), для використання при розробленні планів землеустрою величезних площ переважно сільськогосподарського призначення.

Розробка перших геоінформаційних систем (Канадської ГІС, Інформаційної системи природних ресурсів штату Техас (1976), Австралійської ресурсної інформаційної системи (ARIS, 1979-1982) та ін.) було результатом реалізації цілком очевидного прагнення застосувати унікальні і все зростаючі можливості ЕОМ, які з'явилися в 50-х роках ХХ ст., для зберігання і маніпулювання великими масивами накопиченої на той час різномірної інформації про природні і соціально-економічні умови і ресурси територій. Проте створення таких складних автоматизованих інформаційних систем зумовило необхідність вирішення цілого комплексу проблем, пов'язаних з особливостями кодування просторової інформації, необхідністю розробки програмного забезпечення для її зберігання і обробки, створення відповідної апаратури для введення і представлення просторових даних.

Географічні інформаційні системи, здатні реалізовувати функції, близькі до тих, що вони реалізують сьогодні (безумовно, з поправкою на технічний і технологічний рівні), виникли у 80-х

роках минулого сторіччя. При цьому сучасні ГІС з'явилися як результат спочатку паралельного, а потім все більш тісного спільного розвитку геоінформаційних технологій в цілому ряді монодисциплінарних галузей. Серед таких галузей слід назвати автоматизоване картографування, комп'ютерне проектування (Computer Aided Designing – CAD), комп'ютерні науки, у тому числі комп'ютерну графіку, теорії і технології баз даних, мови програмування, а також дистанційне зондування і обробку методів дистанційного зондування, просторовий аналіз, географічне і картографічне моделювання.

У межах вже майже п'ятдесятилітнього періоду історії розвитку геоінформаційних технологій можна з певною мірою умовності виділити такі етапи:

- 1) кінець 1950-х - кінець 1970-х років;
- 2) 80-ті роки та
- 3) 90-ті роки ХХ століття – початок ХХІ століття.

Перший етап (кінець 50-х – кінець 70-х років ХХ ст.) разом зі створенням перших географічних інформаційних систем, перш за все в Канаді і США, характеризується розробленням перших комп'ютерних систем просторового аналізу растрових зображень й автоматизованого картографування з використанням лінійних і пір'яних плотерів. Першим і найвідомішим програмним пакетом, що реалізовував функції побудови картограм, карт ізоліній і трендових поверхонь, був пакет SYMAP (Synagraphic Mapping System), розроблений у 1967 р. у Гарвардській лабораторії комп'ютерної графіки і просторового аналізу (Harvard Laboratory for Computer Graphics & Spatial Analysis) Массачусетського технологічного інституту (керівник – Говард Фішер, США). У подальшому (70-ті роки – початок 80-х років ХХ ст.) у цій же лабораторії були розроблені інші програмні пакети (GRID, CALFORM, ODYSSEY та ін.), що забезпечували як цифрування карт і автоматичне картографування, так і просторовий аналіз. Одночасно подібного роду програмні продукти, відомі залежно від їх основного призначення під назвою або «пакетів картографічного аналізу», або «систем автоматизованого картографування», розроблялися і в інших наукових центрах Північної Америки і Західної Європи.

Найбільшу популярність у світі з цих більш пізніх розробок одержав пакет аналізу растрових даних MAP (Map Analysis Package), який реалізував алгоритми картографічної алгебри, основи якої були розроблені С.Д. Томліном, США (Tomlin, 1983а, 1983б). Цей пакет, а також його більш пізні версії PMAP, aMap та ін. розповсюджував Йельський університет (США) за дуже низькою ціною (близько \$20).

Характерним для цього часу також було удосконалення методів аналізу просторових даних і технологій їх кодування і представлення. Зокрема, саме в цей період були розроблені теоретичні основи геостатистики (Ж. Матерон, Франція), векторна топологічна структура просторових даних (DIME-структура, США), технології графічного зображення тривимірних поверхонь та ін. Для другої частини даного періоду характерна тенденція до посилення міждисциплінарних зв'язків у середовищі розробників ГІС, у першу чергу, між ученими та інженерами. Проте в цей період геоінформаційні системи все ще залишаються спеціалізованими, створюваними на базі могутніх і дуже дорогих ЕОМ, унаслідок чого вони є системами унікальними з обмеженим колом користувачів.

Другий етап (80-ті роки ХХ ст.). У другій половині 70-х років – на початку 80-х років ХХ ст. на Заході в розробку і застосування ГІС-технологій були зроблені значні інвестиції як урядовими, так і приватними агентствами, особливо в Північній Америці. У цей період були створені сотні комп'ютерних програм і систем. Розробка ж (1973-1978) і широке розповсюдження недорогих комп'ютерів з графічним дисплеєм (що одержали назву «персональних») дозволили

відмовитися від «пакетного» режиму обробки даних і перейти до діалогового режиму спілкування з комп'ютером за допомогою команд англійською мовою. Це сприяло децентралізації досліджень в галузі ГІС-технологій. Тісна ж інтеграція міждисциплінарних досліджень, їх спрямованість на вирішення комплексних завдань, пов'язаних із територіальним проектуванням, плануванням і управлінням, привели до створення інтегрованих ГІС, які характеризувалися більшою або меншою універсальністю.

За однією з оцінок (Corrock, Anderson, 1987) у Північній Америці в 1983 р. було понад тисячу ГІС і автоматичних картографічних систем. У Європі розроблення ГІС проводилося в меншому масштабі, але основні кроки в галузі розроблення і використання ГІС-технології були зроблені і тут. Особливо слід відзначити Швецію, Норвегію, Данію, Францію, Нідерланди, Великобританію і Західну Німеччину (Burgough, 1986).

Для 80-х років ХХ ст. у цілому характерне зростання наукового, політичного і комерційного інтересу до ГІС. Це було обумовлено усвідомленням необхідності створення державних інтегрованих ГІС, особливо у зв'язку з управлінням природними ресурсами і моніторингом навколишнього середовища. Показовими для цього періоду фактами є офіційне визнання у Великобританії в 1984 р. методів обробки просторових даних науково-дослідними пріоритетами (1984) (Jackson et al., 1990) і створення в США Національного центру географічної інформації і аналізу (NCGIA) Національної академії наук (1987), призначеного для проведення базових досліджень в галузі географічного аналізу з використанням географічних інформаційних систем.

Важливу стимулюючу роль у посиленні інтересу до ГІС відіграло прагнення асимілювати для вирішення як наукових, так і практичних завдань, у тому числі і на комерційній основі, уже накопичених на той час масивів даних дистанційного зондування Землі. Розвиток геоінформаційних систем, особливо здатних інтегрувати дані дистанційного зондування («інтегрованих ГІС»), розглядається як необхідна умова ефективного використання матеріалів дистанційного зондування. Зокрема, у 1985 році Європейське космічне агентство стало спонсором досліджень, пов'язаних з інтегрованими ГІС, а Британський національний космічний центр видав замовлення на контракти з розроблення ГІС (Goodenough, 1988). У цей самий період починає випускатися цілий ряд міжнародних періодичних видань, присвячених різним теоретичним і прикладним аспектам ГІС, у тому числі теоретичний «International Journal Geographical Information Systems» (Міжнародний журнал географічних інформаційних систем) – з 1987 р., і присвячених переважно прикладним аспектам ГІС – журнали «GIS World» (ГІС Світ) – з 1988 р., «Geo Info Systems» – з 1990 р., «GIS Еигоре»(ГІС Європа) – з 1992 р. та ін., щорічно проводиться безліч присвячених ГІС наукових і науково-практичних конференцій різного рівня (від регіональних до всесвітніх).

У 80-ті роки ХХ ст. розробляються програмні ГІС-пакели (інструментальні ГІС), майбутні лідери світового програмного ГІС-забезпечення – пакет ARC/INFO, розроблений Інститутом досліджень систем навколишнього середовища (Environmental System Research Institute, ESRI Inc.) (1982), пакет MapInfo фірми Mapping Information Systems Corp. (1987), пакет IDRISI, розроблений в Університеті Кларка (1987), пакет Modular GIS Environment (MGE) фірми Intergraph (1988) – усі в США.

У кінці 80-х років ХХ ст. сформувалася світова ГІС-індустрія, що містила апаратні і програмні засоби ГІС та їх обслуговування. У 1988 р., наприклад, тільки прямі витрати за цими статтями у світі перевищували 500 млн доларів США, а в 1993 р., склали близько 2,5 млрд. доларів (Ottens, 1992).

Реалізацією могутнього інтеграційного потенціалу ГІС-технології стала починаючи з середини 80-х років ХХ ст. низка міжнаціональних і глобальних проектів з моніторингу природного середовища, таких, як CORINE – Геоінформаційна система країн Європейського співтовариства (з 1985 р.) і GRID - Глобальний ресурсний інформаційний банк даних (з 1987 р.).

Третій етап (90-ті роки ХХ століття — початок ХХІ століття). Прогрес у ГІС-технології в 90-ті роки минулого століття значною мірою був пов'язаний з прогресом апаратних засобів, причому як комп'ютерів – виникненням 32-бітових, а потім 64-бітових міні- і мікроЕОМ, так і засобів введення і виведення просторової інформації – дигітайзерів, сканерів, графічних дисплеїв і плотерів. Для цього ж періоду характерне широке поширення так званих комерційних ГІС-пакетів («інструментальних ГІС»), що з'явилися ще в 80-ті роки ХХ ст. Здебільшого вони є програмним середовищем, яке дозволяє користувачу або достатньо просто створювати геоінформаційні системи відповідно до його власних запитів і можливостей, або вирішувати завдання, пов'язані з просторовою інформацією, з використанням геоінформаційних технологій. Світовими лідерами серед комерційних ГІС-пакетів стають програмні продукти фірм ESRI (Arc/Info і Arc View GIS), Intergraph (MGE), Mapping Information Systems (MapInfo). Загальна ж кількість програмних ГІС-пакетів обчислюється не одним десятком.

У розвинутих країнах світу ГІС-технологія стає повсюдно використовуваною технологією обробки, аналізу і представлення просторово-координованої інформації при вирішенні різних завдань у географії, геології, екології, особливо при виконанні великих міждисциплінарних проектів, містобудівному плануванні, на транспорті, у кадастровій діяльності, регіональному плануванні і управлінні та багатьох інших сферах людської діяльності. За даними (Burtough, McDonnell, 1998), у 1995 р. у світі геоінформаційні системи використовувалися більш ніж у 93 000 місцях, з них 65% знаходилися в Північній Америці і 22% – у Європі.

Фантастичними у цей період є прогрес апаратних засобів, постійне відновлення і модернізація відомих комерційних ГІС-пакетів, поява деяких нових. Проте в цілому ринок програмного ГІС-забезпечення вже поділений між основними «традиційними» виробниками. Простежується тенденція переключення масового інтересу від великих професійних інструментальних ГІС, що запускаються на робочих станціях або великих комп'ютерах фірм IBM, SUN, DEC та ін., до настільних інструментальних ГІС, здатних працювати на персональних комп'ютерах.

Помітна тенденція зміщення центра активності щодо освоєння і впровадження геоінформаційних технологій спочатку в країни Східної Європи, а потім у Росію.

У колишньому Радянському Союзі дослідження в галузі геоінформаційних технологій розпочаті у вісімдесяті роки і в основному, як відзначає В.С. Тікунов (1991), були пов'язані з адаптацією зарубіжного (західного) досвіду. Дослідження проводили Інститут географії і Далекосхідний науковий центр АН СРСР, Московський (кафедра картографії і геоінформатики), Казанський, Тбіліський, Тартуський і Харківський університети. У цей період (середина і друга половина 80-х років ХХ ст.) були розроблені перші автоматизовані системи картографування (наприклад, АКС МДУ), здійснювались дослідження з просторового аналізу, картографо-математичного моделювання, тематичного картографування та їх автоматизації (О.М. Берлянт, Н.Л. Беручишвілі, В.Т. Жуков, П.В. Петров, СМ. Сербенюк, Ю.Г. Симонов, В.С. Тікунов, І.Г. Черваньов, В.А. Черв'яков та ін.), з теоретичного обґрунтування і розроблення перших геоінформаційних систем (Н.Л. Беручишвілі, І.В. Гарміз, В.С. Давидчук, В.П. Каракин, А.В. Кошкар'ов, В.Г. Лін-ник, М.В. Панасюк, А.М. Трофимов та ін.). Першою ГІС, розробленою в

колишньому Радянському Союзу, мабуть, була геоінформаційна система Марткопського фізико-географічного стаціонару Тбіліського університету (Беручишвілі, 1986).

Перші ж програмні ГІС-пакети на території колишнього Радянського Союзу були розроблені вже після його розпаду в 90-ті роки ХХ ст. Серед них найвідомішим є пакет GeoDraw/Географ, створений в 1992 р. у Центрі геоінформаційних досліджень Інституту географії Російської академії наук (РАН), який має декілька тисяч інсталяцій. Крім GeoDraw/Географ, у Російській Федерації розроблений ряд програмних ГІС-пакетів, які мають по декілька сотень інсталяцій. Найвідомішими з них є пакети «Панорама» (Топографічна служба Зброєних сил РФ), «Парк» (ТОВ «Ланеко», м. Москва), CSI-MAP (компанія «КСІ-технологія», м. Санкт-Петербург), Sinteks ABRIS (компанія «Трісофт», м. Москва), ObjectLand (ЗАТ «Радом-Т», м. Таганрог) і «ІнГЕО» (компанія «Інтегро», м. Уфа). Проте більша частина ринку програмного ГІС-забезпечення в Російській Федерації представлена продукцією західних фірм – ESRI, Intergraph, MapInfo, Autodesk та ін.

Геоінформаційні технології в Україні набули розвитку в середині 90-х років ХХ ст. Серед позитивних чинників, що характеризують сучасний стан застосування геоінформаційних технологій у країні, слід відзначити такі:

- формування в державних установах і організаціях груп фахівців, які активно працюють у напрямку застосування ГІС у різних сферах людської діяльності, зокрема: у Державному проектному інституті Діпромісто (Київ); у Науково-дослідному інституті геодезії і картографії (Київ); в Управлінні земельних ресурсів Одеської обласної адміністрації; в Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова; у Національному університеті «Львівська політехніка» (Львів); у Національній гірській академії (Дніпропетровськ); у Харківському технічному університеті радіоелектроніки; в Українському центрі менеджменту Землі і ресурсів (Київ) та в ряді інших;
- створення ГІС-асоціації (1997) і Асоціації геоінформатиків (2003) України, що сприяють активізації і консолідації геоінформаційної діяльності в країні;
- щорічне проведення ГІС-форумів (1995-2001), конференцій «Гео-інформатика: теоретичні і прикладні аспекти» (з 2002 р.), конференцій користувачів продуктів фірми ESRI в Криму (з 1998 р., ЗАТ ЕСОММ), а також окремих тематичних конференцій, семінарів, нарад, присвячених використанню геоінформаційних технологій (наприклад, «Геоінформаційні технології сьогодні» (Львів, 1999); «Геоінформаційні системи і муніципальне управління» (Миколаїв, 2000 р.) «Можливості ГІС/ДЗЗ-технологій у сприянні вирішення проблем Причорноморського регіону» (Одеса, 2003) та ін.);
- створення державних підприємств і комерційних компаній, що спеціалізуються на розробці і/або використанні геоінформаційних технологій, зокрема: державних науково-виробничого під-приємства «Геосистема» (м. Вінниця) і науково-виробничого центру «Геодезкартінформатика» (м. Київ); комерційних компаній «Інтелектуальні системи, Гео», «Інститут передових технологій», «ЕСОММ», ГЕОКАД, «Аркада», «Геоніка» (м. Київ); «Високі технології» (м. Одеса) та ін.;
- розроблення спеціалізованого геоінформаційного пакета Рельєф-процесор – Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, векторно-растрової інструментальної ГІС настільного типу ОКО – ВАТ «Геобіономіка» (м. Київ); програмних комплексів GEO+CAD і GeoniCS, призначених для обробки даних досліджень і геоінженерного проектування в галузі цивільного, промислового і транспортного будівництва - компанія «ГЕОКАД», АТ «Аркада» і НППЦ «Геоніка» (м. Київ) та ін.

- створення електронного атласу України – пілотної версії комп'ютерного Національного атласу України (2000) – Інститутом географії НАН України і компанією «Інтелектуальні системи, Гео» (Київ);
- внесення курсів з ГІС і геоінформаційних технологій до програми підготовки фахівців природознавчих і екологічних спеціальностей у багатьох вищих навчальних закладах країни; відкриття у деяких з них курсів підготовки фахівців у галузі геоінформаційних систем і технологій, зокрема, в Університеті «Львівська політехніка» (Львів) – у рамках спеціальності «Картографія», в Одеському національному університеті ім. 1.1. Мечникова – у рамках спеціальності «Географія», в Одеському державному екологічному університеті – у рамках спеціальності «Інформаційні технології», у Національній гірській академії України (Дніпропетровськ) – за фахом «Геоінформаційні системи і технології».

До факторів, що стримують розвиток геоінформаційних технологій, належать низький в цілому рівень комп'ютеризації в країні і відсутність у достатній кількості відповідних фахівців.

4. Функції й галузі застосування ГІС і геоінформаційних технологій

Умовно функції ГІС можна поділити на п'ять груп, при цьому перші три належать до традиційних функцій геоінформаційних технологій, останні дві — до нових, що розвинулися останнім десятиліттям.

1. **Інформаційно-довідкова функція** – створення і ведення банків просторово-координованої інформації, у тому числі:

- створення цифрових (електронних) атласів. Перший комерційний проект розробки цифрових атласів – Цифровий атлас світу – був випущений у 1986 р. фірмою Delorme Mapping Systems (США). Можна також відзначити Цифровий атлас Великобританії на оптичних дисках у результаті виконання британського Domesday Project (1987), Цифрову карту світу (Digital Chart of the World) масштабу 1:1 000 000, розроблену Картографічним агентством Міністерства оборони США у 1992 р. і т.д. і, нарешті, – електронну версію Національного атласу України, розроблену Інститутом географії НАН України і фірмою «Інтелектуальні Системи, Гео» (Київ, 2000); – створення і ведення банків даних систем моніторингу. Як приклади можна навести Глобальний ресурсний інформаційний банк даних (Global Resources Information Database, GRID), створений під егідою UNESCO у 1987-1990 рр., і Геоінформаційну систему країн Європейського Співтовариства CORINE, розроблену в 1985-1990 рр.;
- створення й експлуатація кадастрових систем, у першу чергу автоматизованих земельних інформаційних систем (АЗІС), або Land Information Systems (LIS), і муніципальних (або міських) автоматизованих інформаційних систем (МАІС), а також просторово-розподілених автоматизованих інформаційних систем водного і лісового кадастрів, кадастрів нерухомості та ін. Програмне забезпечення роботи з просторовими даними в кадастрових системах складають програмні ГІС-пакети ARC/INFO, Arc View GIS, MGE Intergraph, MapInfo (США), SICAD (Німеччина), ILWIS (Нідерланди) та ін.

2. **Функція автоматизованого картографування** – створення високоякісних загальногеографічних і тематичних карт, що задовольняють сучасні вимоги до картографічної продукції. Прикладом реалізації цієї функції є діяльність в Україні Інституту передових

технологій (м. Київ) з підготовки і друкування навчальних географічних і історичних атласів території України, а також Молдови і Росії на основі можливостей ГІС-пакетів фірми ESRI, США.

3. Функція просторового аналізу і моделювання природних, природно-господарських та соціально-економічних територіальних систем, що ґрунтується на унікальних можливостях, наданих картографічною алгеброю, геостатистикою і мережним аналізом, які складають основу аналітичних блоків сучасних інструментальних ГІС з розвинутими аналітичними можливостями. Вона реалізується в наукових дослідженнях, а також вирішенні широкого кола прикладних завдань при територіальному плануванні, проектуванні і управлінні.

4. Функція моделювання процесів у природних, природно-господарських і соціально-економічних територіальних системах. Прикладами є сучасні просторово-розподілені моделі поверхневого стоку, змиву ґрунту та транспорту схилових і руслових наносів, різного роду забруднювачів, зокрема, LISEM, Csredis (Нідерланди), WEPP (США). Реалізується при оцінці і прогнозі поведінки природних і природно-господарських територіальних систем та їх компонентів при вирішенні різних наукових і прикладних завдань, у тому числі пов'язаних з охороною і раціональним використанням природних ресурсів.

5. Функція підтримки прийняття рішень у плануванні, проектуванні та управлінні. Найбільш активно цей напрямок в Україні розвивається в містобудівному плануванні і проектуванні. Певні успіхи є в галузі геоінформаційного забезпечення надзвичайних ситуацій. Діапазон прикладів тут може бути досить широким, якщо гнучко підходити до визначення змісту поняття «система підтримки прийняття рішень» (СППР), яка повинна передбачати:

- програмно-організовані банки просторової й атрибутивної інформації;
- базу знань, що складається з блока аналізу і моделювання, який містить набір моделей просторового аналізу і просторово-часового моделювання, а також довідково-інформаційного блока, який містить формалізовану довідково-нормативну базу з розглянутої проблеми;
- блок технологій штучного інтелекту, який забезпечує механізм формально-логічного висновку й ухвалення рішення на основі інформації, наявної в базі даних, довідково-інформаційному блоці і результатах просторово-часового аналізу та моделювання;
- інтерфейс користувача.

У багатьох випадках на практиці як СППР розглядаються інтегровані комп'ютерні системи, що містять систему програмно-реалізованих моделей, банк довідкової інформації і банк даних. Аналіз і оцінка результатів імітаційного або оптимізаційного моделювання виконуються поза системою кваліфікованим експертом чи групою експертів.

Основними галузями застосування ГІС у наш час є (Де-Мерс, 1999):

- управління земельними ресурсами, земельні кадастри;
- інвентаризація і облік об'єктів розподіленої виробничої інфраструктури і управління ними;
- тематичне картографування практично в будь-яких сферах його використання;
- морська картографія і навігація;
- аеронавігаційне картографування і управління повітряним рухом;
- навігація і управління рухом наземного транспорту;
- дистанційне зондування;
- управління природними ресурсами (водними, лісовими і т. ін.);
- моделювання процесів у природному середовищі, управління природоохоронними заходами;

- моніторинг стану навколишнього середовища;
- реагування на надзвичайні і кризові ситуації;
- геологія, мінерально-сировинні ресурси і гірничодобувна промисловість;
- планування і оперативне управління перевезеннями;
- проектування, інженерні дослідження і планування в містобудуванні, архітектурі, промислового і транспортному будівництві;
- планування розвитку транспортних і телекомунікаційних мереж;
- комплексне управління і планування розвитку території, міста;
- сільське господарство;
- маркетинг, аналіз ринку;
- археологія;
- безпека, військова справа і розвідка;
- загальна і спеціальна освіта.

Зазначимо, що до переліку ввійшли тільки «основні», «найбільші» сфери використання ГІС без урахування наукових досліджень, використання в яких геоінформаційних систем і технологій стає все більш поширеним. Крім цього, наведений список не є остаточним, оскільки сфера використання ГІС постійно розширюється. До нього можна, зокрема, додати медичну географію, епідеміологію, заповідну справу, туризм – сфери людської діяльності, у яких використання ГІС останніми роками стає все більш поширеним.

5. Геоінформатика, геоінформаційні технології і екологія

На думку директора «Програми з географії і регіональних наук» при Національній науковій фундації США, «ГІС надають географам ті засоби обробки регіональної інформації, які вони шукали протягом двох тисяч років», «ГІС є одночасно телескопом, мікроскопом, ЕОМ і копіювальною машиною для цілей регіонального аналізу і синтезу» (Alber, 1988, с. 137). З цієї думкою авторитетного фахівця (з урахуванням поправки на емоційність і образність, особливо в другій частині цитати) в цілому не можна не погодитися.

Якщо говорити коротко, ГІС (геоінформаційні технології) є сучасною інформаційною технологією географії. При цьому вони не тільки дозволяють на багато разів збільшити швидкість обробки інформації, підвищити її якість і точність внаслідок використання можливостей сучасних ЕОМ, автоматизувати виконання багатьох традиційних аналітичних процедур, а й надають в розпорядження географа принципово нові можливості щодо проведення як польових, так і теоретичних досліджень.

Розглядаючи автоматизацію традиційної діяльності географів, перш за все слід назвати тематичне картографування, накопичення географічних даних і створення довідкових систем. Проте і тут використання геоінформаційних технологій надає якісно нові можливості.

У тематичному картографуванні це, наприклад, створення за допомогою алгоритмів комп'ютерної графіки спеціальних тематичних карт, які вручну виконати практично неможливо; створення електронних комп'ютерних карт з можливістю інтерактивного зчитування інформації з карти і зміни її як оформлення, так і змісту з використанням складних аналітичних алгоритмів (інтерактивність довідкова, оформлювальна і розрахунково-аналітична (Светличный и др., 1997)); підключення до електронних тематичних карт звуку і відеозображення, використання анімації і т.ін.

У сфері накопичення інформації ГІС-технології дозволяють створювати автоматизовані банки даних картографічних і атрибутивних (цифробуквених) даних практично необмеженої місткості з можливістю пошуку потрібної інформації за складною системою запитів і відображення її на екрані у вигляді твердих копій (найчастіше на папері) у дво- і тривимірному вигляді. Принципово новим видом довідкових систем є цифрові географічні атласи.

Геоінформаційні технології дозволяють автоматизувати виконання багатьох традиційних, у тому числі і дуже трудомістких при ручному виконанні процедур, таких, як визначення довжин, обчислення площ, об'ємів, побудова полігонів Тиссена-Вороного, накладення шарів даних один на один і їх аналіз. Проте до складу аналітичних можливостей сучасних інструментальних ГІС входять методи просторового аналізу, виконання яких можливе тільки з використанням ЕОМ. Серед них можна назвати методи просторової кореляції і регресії, аналіз зон видимості і невидимості з однією або системи точок і побудова відповідних карт, побудова карт «вищерозміщених елементів», кожний елемент яких містить величину площі, з якої даний елемент одержує водне живлення, та ін.

Нарешті, тільки геоінформаційні технології дають можливість практичного здійснення просторового моделювання процесів енергомасообміну в природних і природно-господарських територіальних системах, що дозволяє врахувати всю складність їх просторової диференціації.

Характеризуючи перспективи, які відкриває геоінформатика в дослідницькій, виробничій і освітній діяльності в географії, не можна забувати про те, що, по-перше, будь-які технології (у тому числі і геоінформаційні) вимагають обґрунтованого використання, а, по-друге, результати цього використання повинні бути верифікованими (тобто такими, що можуть бути перевірені).

Сучасні так звані «інструментальні ГІС» з розвиненими аналітичними можливостями надають надзвичайно широкий і різноманітний перелік (який постійно збільшується) процедур аналізу просторових даних. Підкреслимо, що необхідною умовою використання тієї чи іншої з них для вирішення конкретного завдання є чітке уявлення про теоретичні ідеї, покладені в основу кожної аналітичної процедури, її достоїнства, недоліки і обмеження. При цьому завжди повинна бути передбачена перевірка достовірності одержуваних результатів або з використанням фактичних даних, або на основі теоретичних моделей. Слід також пам'ятати про те, що достовірність одержуваного результату багато в чому визначатиметься повнотою і точністю просторових даних (цифрових карт), що беруть участь в аналізі.