**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Павленко Л. А.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Навчальний посібник

Харків. Вид. ХНЕУ, 2013

УДК 004.04(075.8)
ББК 32.973я73
П12

Рецензенти: докт. геогр. наук, професор, декан геолого-географічного факультету Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна *Пересадько В. А.;* докт. техн. наук, професор, зав. кафедри комп'ютерного моніторингу і логістики Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" *Раскін Л. Г.*

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Харківського національного економічного університету.
Протокол № 2 від 22.10.2012 р.

Павленко Л. А.
П12 Геоінформаційні системи : навчальний посібник / Л. А. Павленко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 260 с. (Укр. мов.)

Розкрито проблеми використання геоінформаційних систем та технологій при автоматизації обробки інформації про об'єкти будь-якого походження – штучні чи природні, моніторинг, опис, аналіз, моделювання стану яких і прийняття управлінських рішень щодо поліпшення їх характеристик є неповними без просторового аналізу. Розглянуто питання використання інструментальних засобів пакета ArcGIS 9 фірми ESRI – лідера у сфері ГІС-технологій.

Рекомендовано для студентів напряму підготовки 6.050101 "Комп'ютерні науки".

ISBN **УДК 004.04(075.8)**
ББК 32.973я73

© Харківський національний економічний університет, 2013
© Павленко Л. А., 2013

"*Геоінформаційні системи* (*ГІС) розвиваються від підходу, заснованого на базі даних, до підходу, метою якого є накопичення і використовування знань*". Президент ESRI Джек Данджермонд [25]

Вступ

Рівень розвитку сучасних інформаційних технологій, зокрема інтеграції інструментів Інтернет, геоінформаційних систем (ГІС) і ГІС-технологій, засобів мобільнго зв’язку, скорочує в свідомості людей відстані між віддаленими об'єктами та перетворює планету Земля на "осяжну", а всі земні об’єкти та явища робить "досяжними". Оперативний зв'язок, можливість аналізу просторової інформації стає необхідністю для користувачів сучасних інформаційних технологій найрізноманітніших категорій.

ГІС-технології істотно впливають на життя сучасної людини. Існування широкого спектру онлайн-сервісів потужних Web-картографічних або ГІС-порталів (ArcGIS Online, Google Earth, Google Maps, Wikimapia, Bing Maps, MapQuest, Yahoo! Maps, MultiMap.com, Map24.com, Expedia.com, MapsOnUS, "Мир карт", eAtlas, "Яндекс. Карты", "Rambler на карте" тощо) не обходить повсякденність пересічного користувача засобів телекомунікацій, так само як і сервісів навігаційних систем мобільних телефонів і GPS-навігаторів. Сьогодні буденним є пошук засобами ГІС інформації про місце знаходження на Земній поверхні тих або інших об'єктів чи явищ, аналіз та вибір оптимального шляху на місцевості тощо.

Еволюція ГІС-технології ґрунтується на ряді фундаментальних ГІС-характеристик з урахуванням трендів розвитку обчислювальної техніки та Інтернет-технологій [6, с. 24–58].

ГІС розвиваються настільки стрімко, що будь-який, навіть найсміливіший прогноз в цій сфері швидко втрачає свою актуальність. Якщо раніше розробка просторово-орієнтованих даних була справою фахівців та базувалася на відповідних нормативних документах, то сьогодні ця діяльність вийшла на терена Інтернет з відсутністю чітких юридичних норм, які замінено процесом самоорганізації користувачів [58]. Це викликає неабиякий інтерес до цієї діяльності учасників краудсорсингу, тобто, в цьому разі, – процесу розробки електронних або інтерактивних карт.

Завдяки новітнім розробкам у хмарних обчисленнях на базі продуктів компанії ESRI ГІС-технології стають доступними все більшому колу користувачів. У цих ГІС-проектах поєднані карти, фотозйомки, дані краудсорсингу, соціальні медіаресурси та багато іншого. Користувачі виконують обмін просторовою інформацією через свої комп'ютери, смартфони, планшети [58].

На думку розробників компанії ESRI, перспективним у розвитку ГІС-технологій є напрям від територіально-екстенсивного підходу (пов'язаного з акумуляцією інформації про географію об'єктів) до аналітично-інтенсивного (пов'язаного з розширенням набору інструментів обробки просторової інформації) і розробка інтелектуальних ГІС, які дозволяють накопичувати географічні знання в цифровій формі [58].

Посібник призначений для вивчення основ роботи з програмним продуктом ArcGIS 9 фірми ESRI – лідера у сфері ГІС-технологій.

Навчальну дисципліну "Геоінформаційні системи" віднесено до групи освітньо-професійних дисциплін підготовки бакалаврів напряму "Комп’ютерні науки". Навчальна дисципліна є невід’ємною частиною циклу комп’ютерних дисциплін, необхідних фахівцям із збору, накопичення, обробки, аналізу, прийняття управлінських рішень з оптимізації діяльності підприємств та організацій з теріторіально розподіленими ресурсами, з поліпшення стану навколишнього середовища засобами сучасних інформаційних технологій.

Вивчення навчальної дисципліни дозволяє студентам оволодіти знаннями та навичками з аналізу, моделювання, оптимізації, узагальнення та розповсюдження інформації засобами сучасних інформаційних технологій. Навчальна дисципліна вивчається на четвертому курсі.

Метою вивчення дисципліни є надання поглиблених знань з концепції формалізованого представлення об’єктів та явищ засобами ГІС-технологій, теоретичних, методичних та технологічних основ геоінформатики як наукової дисципліни та сфери практичної діяльності, з методології та методів цифрового картографування в середовищі ГІС, засобів інтеграції ГІС та Інтернет-технологій, розробки інтерактивних карт, з аналізу просторової інформації, моделювання стану ресурсів віддалених підрозділів чи філій підприємств, моделювання стану навколишнього середовища з метою прийняття раціональних управлінських рішень.

Завдання прийняття рішення в цьому разі є багатокритеріальним, тому не є тривіальним. Зміна умов, критеріїв моделювання дозволяє створювати імітаціні моделі вирішення складних завдань прийняття рішень.

Уміння, яких набувають студенти, полягають у застосуванні базових знань та підготовленості до виконання розробки баз даних для ГІС, редагуванні та розробці інтерактивних карт, аналізі просторової інформації, розробки математичних моделей та ГІС-проектів, за даними з різних проблем (бізнесу, виробничих, екологічних, соціальних тощо) з метою подальшої розробки та підтримки систем прийняття оперативних управлінських рішень на базі ГІС-технологій.

Професійні компетентності, яких набувають студенти, полягають у ґрунтовній підготовці та знаннях головних принципів і правил формалізації складних ситуацій при використанні ГІС-технологій під час прийняття рішень, головних понять подання просторової інформації в базі геоданих, математичних засад ГІС-технологій, принципів виконання запитів до просторової інформації, принципів виконання аналізу просторової інформації, моделювання та прийняття оптимальних управлінських рішень.

Навчальна дисципліна вивчається в обсязі, достатньому для використання математичного апарату ГІС-технологій в професійній діяльності.

Необхідним елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни є самостійна робота студентів з літературою з питань використання ГІС-технологій.

Кожна тема навчального посібника містить: мету вивчення теми, основні питання, професійні компетентності, нормативну базу для вивчення теми, ключові терміни, викладення основного матеріалу, питання для самоперевірки, контрольні запитання, резюме за темою, словник термінів.

Розділ 1. Геоінформаційні системи і технології

1. ГІС-технології в умовах глобалізації бізнесу

Мета вивчення теми – освоєння концепції використання ГІС і ГІС-технологій в умовах глобалізації бізнесу.

Основні питання:

1.1. Роль ГІС-технологій в умовах глобалізації бізнесу.

1.2. Класифікація ГІС за масштабом або територіальним охопленням, за сферою використання.

1.3. ГІС-інструменти та ГІС-проекти.

1.4. Лінійка програмних продуктів ArcGIS.

1.5. Модулі ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox лінійки продуктів ArcGIS.

Професійні компетентності: знання: головних принципів використання ГІС і ГІС-технологій в умовах глобалізації бізнесу, класифікації ГІС за масштабом або територіальним охопленням, за проблемною орієнтацією, вмінням розрізнювати поняття "ГІС-інструменти" та "ГІС-проекти", склад лінійки програмних продуктів ArcGIS, призначення модулей ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox лінійки продуктів ArcGIS.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп'ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: геоінформаційна система, геоінформаційна технологія, ArcGIS, ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox, ArcGIS Desktop, ArcGIS Engine, серверні ГІС, Мобільні ГІС, ArcView, ArcEditor, ArcInfo.

1.1. Роль ГІС-технологій в умовах глобалізації бізнесу

Глобалізація бізнесу неминуче викликає появу та поширення нових підприємств з територіально розподіленими ресурсами, зокрема корпоративних структур, так званих віртуальних підприємств, управління бізнес-процесами яких стає неможливим без урахування особливостей розташування їх чи їх бізнес-партнерів, клієнтів та ресурсів у просторі. Управління такими масштабними структурами передбачено в системах класу MRP, MRP II, ERP, CRM, SCM та інших. У рамках цих систем неодмінно використовуються системи підтримки прийняття рішень (СППР). Однак у методиках проектування цих систем не завжди використовують особливості просторової інформації про місця знаходження чи переміщення численних ресурсів [13, 23, 27]. У той же час практично будь-яка управлінська інформація містить просторову або географічну складову, що неможливо не враховувати при виконанні оперативної обробки інформації.

Розвиток IT-технологій дозволив створити геоінформаційні системи (ГІС) – (geographic(al) information system, GIS, spatial information system).

ГІС – інформаційна система, що забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення й поширення просторових даних або це складний програмний продукт, який реалізує функції, що призначені для

комп’ютерного моделювання різноманітних процесів з метою вирішення широкого кола завдань, стосовно об’єктів управління з просторовою прив’язкою [3; 24; 28 – 58]. ГІС-технологія – технологія обробки просторової інформації засобами ГІС [18; 19].

Технологія (ГІС) має широкі можливості інтеграції і сумісного аналізу різнорідних даних та є незамінним інструментом для вирішення завдань управління, зокрема прийняття управлінських рішень. ГІС-технології застосовуються при автоматизації обробки інформації про об'єкти будь-якого походження: штучні чи природні, моніторинг, опис, аналіз, моделювання стану яких і прийняття управлінських рішень щодо поліпшення їх характеристик є неповним без просторового аналізу.

Прикладами таких об’єктів управління є:

підприємства з територіально розподіленими ресурсами (фінансовими, матеріальними, трудовими, інформаційними тощо) з необхідністю виконувати моніторинг та оптимізацію розміщення чи пересування ресурсів у просторі та часі;

підприємства, що надають Web-сервіси для широкого загалу користувачів, з необхідністю гнучкої координації використання сервісів у просторі та часі;

підприємства оператори мобільного зв’язку з необхідністю оптимального розміщення трансляційних станцій на певній території;

логістичні структури з необхідністю виконувати моніторинг матеріальних та фінансових потоків товарів чи вантажів у просторі та часі;

маркетингові фірми з необхідністю управляти процесом сегментації ринку, розповсюдження та просування товарів чи послуг у просторі та часі;

автотранспортні фірми з необхідністю оптимізувати управління рухом, забезпеченням паливом та іншими ресурсами;

заклади охорони здоров’я з необхідністю виконувати моніторинг стану здоров’я населення та роботи медичних працівників лікувальних закладів;

екологічні організації з необхідністю виконувати моніторинг та поліпшення стану оточення в просторі та часі;

будівельні фірми з необхідністю виконувати пошук оптимальних місць для будівництва;

навчальні заклади з дистанційною формою навчання та необхідністю відстежувати процес навчання в просторі та часі;

туристичні фірми з необхідністю обирати та відслідковувати маршрути туристів;

комунальні підприємства з необхідністю поліпшення управління всіма ресурсами побутового призначення;

органи державного управління з дистанційною формою територіального управління та багато інших.

Перспективним напрямом використання ГІС-технологій є електронний уряд, який заснований на автоматизації всієї сукупності процесів управління в масштабах держави з метою підвищення ефективності управління та зниження витрат соціальних комунікацій для кожного члена суспільства Інтернет [21; 22; 52].

Основою ефективного проектування електронного уряду є нові для цієї сфери технологічні компоненти: системи підтримки прийняття рішень (СППР) по територіальному управлінню, система комплексного управління взаємостосунками державних органів з громадянами і бізнесом на основі застосування: ГІС-технологій, організаційно-економічних методів і моделей концепції CRM, систем моделювання бізнес-процесів (BPM), систем бізнес-інтелекту (BI), технологій інтернет-маркетингу, оптимізації бізнес-процесів, побудови і використання інтерактивних платіжних систем тощо.

1.2. Класифікація ГІС за масштабом або територіальним охопленням, за сферою використання

Діючі ГІС підтримуються програмним, апаратним, інформаційним, нормативно-правовим, кадровим і організаційним забезпеченням. ГІС розрізняють за: масштабом або територіальним охопленням, за сферою використання.

По територіальному охопленню розрізняють глобальні, або планетарні ГІС (global GIS), субконтинентальні ГІС, національні ГІС, що найчастіше мають статус державних, регіональні ГІС (regional GIS), субрегіональні ГІС і локальні, або місцеві ГІС (local GIS) [10; 14; 16; 17].

Сфера використання ГІС визначається розв'язуваними завданнями (науковими й прикладними), серед них інвентаризація ресурсів (у тому числі визначення кадастру), аналіз, оцінка, моніторинг, управління й планування, підтримка прийняття рішень. Наприклад, за предметною областю інформаційного моделювання розрізняють міські, або муніципальні ГІС – МГІС (urban GIS), природоохоронні ГІС (environmental GIS), земельні інформаційні системи та інші.

Інтегровані ГІС, ІГІС (integrated GIS, IGIS) сполучають функціональні можливості ГІС і систем цифрової обробки зображень (даних дистанційного зондування) у єдиному інтегрованому середовищі. Полімасштабні, або масштабно-незалежні ГІС (multiscale GIS) засновані на множинному або полімасштабному поданні просторових об'єктів (multiple representation, multiscale representation), забезпечуючи графічне або картографічне відтворення даних на кожному з обраних рівнів масштабного ряду на основі єдиного набору даних з найбільшим просторовим дозволом. Просторово-часові ГІС (spatio-temporal GIS) оперують просторово-часовими даними.

Реалізація геоінформаційних проектів (GIS project) включає такі етапи: передпроектних досліджень (feasibility study) (у тому числі вивчення вимог користувача (user requirements) і функціональних можливостей програмних засобів ГІС); техніко-економічне обґрунтування (оцінку співвідношення "витрати/прибуток" (costs/benefits)); системне проектування ГІС (GIS designing) (включаючи стадію пілот-проекту (pilot-project), розробку ГІС (GIS development)); тестування системи на невеликому територіальному фрагменті, або тестовій ділянці (test area) (прототипування, або створення прототипу (prototype)); упровадження ГІС (GIS implementation); експлуатацію й використання. Наукові, технічні, технологічні й прикладні аспекти проектування, створення й використання ГІС вивчаються геоінформатикою.

Особлива роль належить ГІС-технологіям у підтримці прийняття рішень [23; 27].

Сьогодні прийняття рішень щодо ділової активності керівників підприємств і менеджерів у будь-якій сфері діяльності, підтримуючих контакти або таких, що намічають партнерські відносини з територіально віддаленими клієнтами або потенційними партнерами неможливо без повного уявлення про особливості місця розташування їх підрозділів, про транспортних шляхи доставки/отримання товарів або сировини, про партнерські комунікації їх з субпідрячиками та ін.

Останнім часом підвищується інтерес до напряму оперативного геомоделювання [18], який базується на інструментах інтелектуального аналізу та є основою для розробки спеціалізованих СППР, сервіс-орієнтованих архітектур тощо.

1.3. ГІС-інструменти і ГІС-проекти

Слід розрізняти ГІС як інструмент забезпечення ГІС-технологій для розробки прикладних ГІС або ГІС-проектів, та прикладні ГІС або ГІС-проекти, які виконані із застосуванням ГІС-інструментів.

Кінцевими користувачами ГІС-інструментів є фахівці у сфері ГІС-технологій, які володіють знаннями, що дозволяють: зібрати необхідну інформацію для моделювання, привести її до необхідного формату, створити базу геоданих даних (БГД), редагувати дані, розробляти карти, виконувати геообробку просторових даних, аналіз просторової інформації, розробляти рекомендації для прийняття управлінських рішень. Кінцевими користувачами ГІС-проектів є фахівці в своїй предметній сфері, які не володіють спеціальними знаннями в області ГІС-технологій, та які пройшли спеціальну підготовку з експлуатації ГІС-проектів.

На рис. 1.1 наведена ілюстрація взаємодії кінцевого користувача з ГІС-інструментами [37].

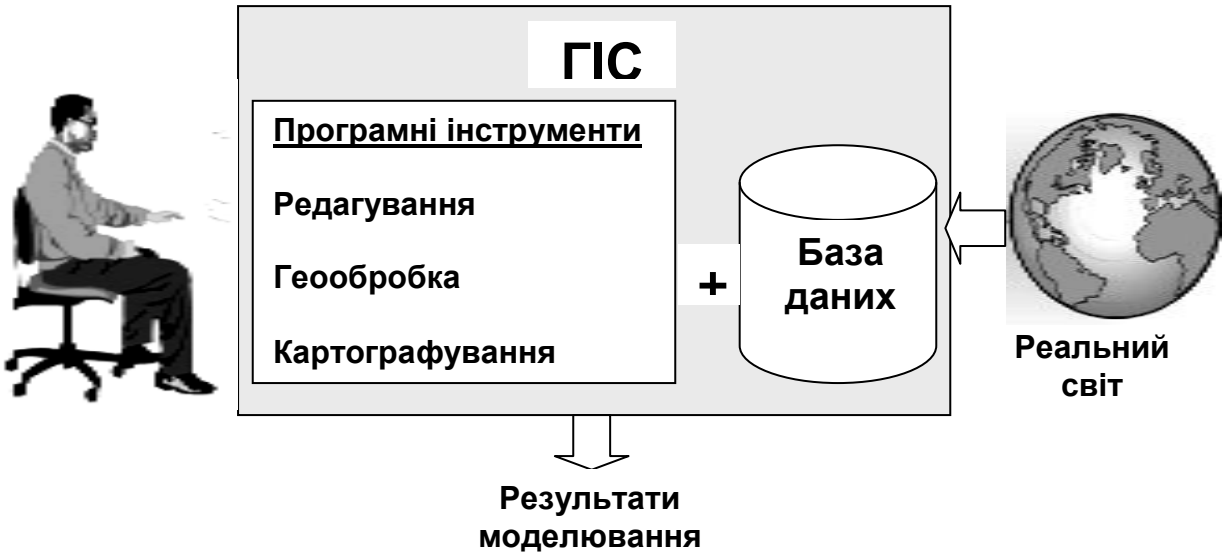


Рис. 1.1. **Ілюстрація взаємодії кінцевого користувача з ГІС-інструментами**

Географічна інформація представляється у вигляді серій наборів географічних даних, які моделюють географічне середовище за допомогою простих узагальнених структур даних [37]. ГІС включає набори інструментальних засобів роботи з географічними даними.

Виходячи з того, що картографія завжди мала утилітарне призначення – сприяла прийняттю раціональних рішень стосовно об’єктів, параметри яких мають картографічну інтерпретацію, то будь-яка географі-

чна карта є моделлю [19]. Вона з певною точністю відображає стан просторових об’єктів та є топографічною основою зв’язків між ними. Тому електронне втілення цих карт є складовими елементами бази моделей ГІС. Крім цих просторових моделей ГІС містить множину інструментів, які реалізують математичні методи аналізу та прийняття рішень про об’єкти з просторовою прив'язкою, які дозволяють отримати нові об’єкти. Аналіз є ключовою функцією, яка відрізняє ГІС від інших програм візуалізації, що відіграє важливу роль при визначенні взаємозв’язків між географічними даними та прийнятті рішень.

Тому одним з найбільш перспективних напрямів вирішення проблем аналізу та прийняття рішень з управління багатовекторною структурою з розподіленими ресурсами є розробка СППР на основі геоінформаційних систем (ГІС).

Світовими лідерами в галузі розробки ГІС-інструментів є: компанії: ESRI (USA) з ГІС-платформою ArcGIS [28 – 38]; Autodesk Inc з лінійкою програмних продуктів AutoCAD Map, AutoCAD Civil, MapGuide [25]; компанія MapInfo Corp з ГІС-платформою MapInfo [39].

1.4. Лінійка програмних продуктів ArcGIS

ArcGIS – це інтегрований набір програмних ГІС-продуктів для створення повноцінної ГІС [28 – 38]. У його склад входять такі структурні компоненти: ArcGIS Desktop, ArcGIS Engine, Серверні ГІС, Мобільні ГІС (рис. 1.2).

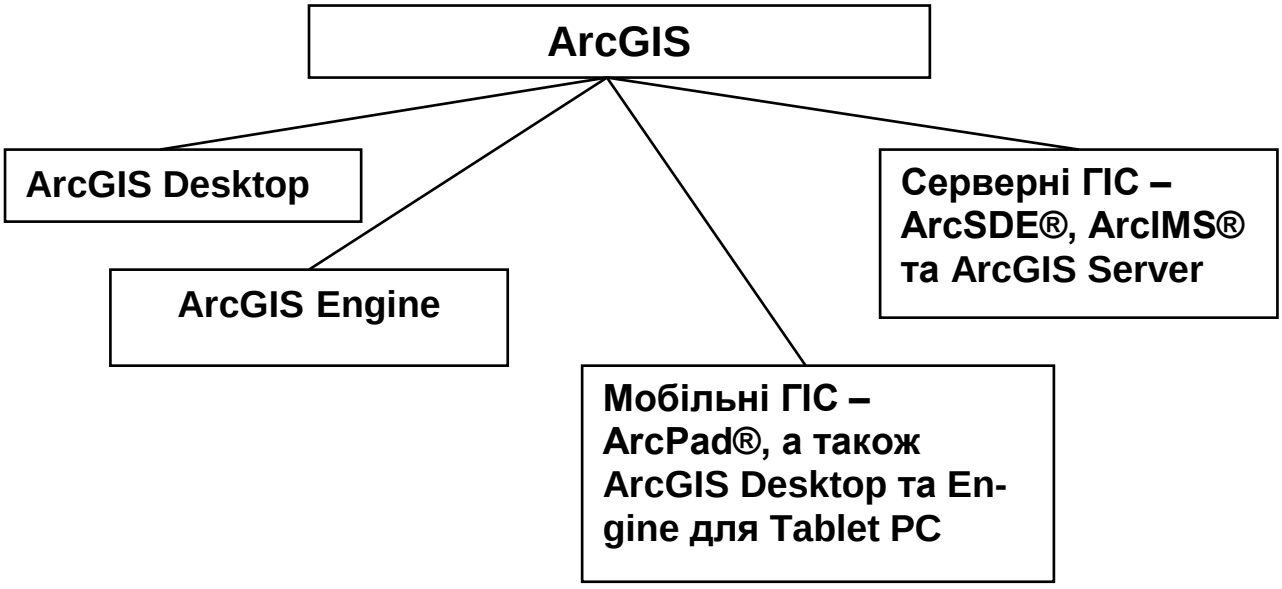


Рис. 1.2. **Склад лінійки програмних продуктів ArcGIS**

ArcGIS заснована на загальній модульній бібліотеці програмних ГІС-компонентів, які розділяються, що називається ArcObjects™.

Архітектура кожного продукту сімейства ArcGIS побудована на основі ArcObjects і представляє різні варіанти контейнерів прикладних розробок для розробників програмного ГІС-забезпечення у складі настільних ГІС (ArcGIS Desktop), вбудовуваних ГІС (ArcGIS Engine) і серверних GIS (ArcGIS Server).

ArcGIS Desktop або настільні ГІС – основні робочі місця ГІС-професіоналів для компіляції, створення, контролю якості і використання географічної інформації і накопичених знань. Це високопродуктивні інструменти для створення, розповсюдження, управління і публікації географічних знань.

ArcGIS Engine – вбудовувані компоненти розробника для створення призначених для користувача ГІС-додатків.

Пакет розробника ArcGIS Engine надає серії вбудовуваних компонентів ArcGIS, які використовуються незалежно від середовища настільних додатків ArcGIS (наприклад, картографічними об'єктами можна управляти через ArcGIS Engine, а не за допомогою ArcMap). Застосовуючи ArcGIS Engine, розробники можуть створювати орієнтовані на виконання певних завдань ГІС-рішення з простими інтерфейсами для доступу до будь-яких наборів ГІС-функціональності, використовуючи C++, COM, .NET і Java. За допомогою ArcGIS Engine розробники можуть створювати закінчені призначені для користувача додатки або вбудовувати ГІС-логіку в існуючі додатки (такі, як Microsoft® Word або Excel), надаючи сфокусовані ГІС-рішення багатьом користувачам.

Серверне програмне ГІС-забезпечення використовується для усіх видів централізованих ГІС-обчислень, функцій управління даними ГІС і операцій геообробки. Крім того при розповсюдженні карт і даних ГІС-сервер може надати всю функціональність робочій станції ГІС у розподіленому середовищі центрального сервера, таку, як побудова карт, просторовий аналіз, комплексні просторові запити, розвинута компіляція даних, розподілене управління даними, пакетна геообробка, застосування правил перевірки геометричної цілісності і т. д. У ArcGIS 9 представлено три серверні продукти: ArcSDE, ArcIMS, ArcGIS Server.

ArcSDE – могутній сервер просторових даних для управління географічною інформацією в багатьох реляційних системах управління ба-

зами даних. ArcSDE – це сервер даних між ArcGIS і еляційними базами даних. Він широко використовується багатьма користувачами для забезпечення розрахованої на багато користувачі мережної роботи з базами геоданих різного рівня і розміру.

ArcIMS – картографічний Інтернет-сервер, що масштабується для публікації карт, даних і метаданих через відкриті Інтернет-протоколи.

ArcIMS уже встановлений в десятках тисяч організацій і забезпечує ефективні сервіси публікації/розповсюдження ГІС-даних і карт багатьом користувачам через Web.

ArcGIS Server – сервер додатків, що включає бібліотеку програмних ГІС-компонентів, що розділяється, для вбудовування серверних ГІС-додатків у корпоративне обчислювальне середовище і в Web. ArcGIS Server – це продукт, що використовується для створення централізованих корпоративних ГІС-додатків, Web-сервісів на основі SOAP і Web-додатків.

Мобільні ГІС включають: ArcPad®, ArcGIS Mobile для роботи в польових умовах, а також ArcGIS Desktop і Engine для Tablet PC.

У зв'язку з розвитком призначених для користувача рішень для мобільних комп'ютерів, ГІС все більшою мірою переміщаються з офісу прямо на місце виконання польових робіт. Безпровідні мобільні пристрої з підтримкою системи глобального позиціонування (GPS) широко використовуються для доступу до наборів даних польових вимірювань та іншої ГІС-інформації. ArcGIS включає додатки, що забезпечують виконання завдань різної складності. Пакет ArcPad – це рішення для мобільних ГІС і польових обчислень, таких, як створення звітів про інциденти і ремонтні роботи з просторовою прив'язкою. Такі види завдань виконуються на переносних комп'ютерах.

Продукти ArcGIS Desktop і ArcGIS Engine більше сфокусовані на польові завдання, що вимагають виконання ГІС-аналізу і прийняття рішень. Ці завдання зазвичай виконуються на більш продуктивних комп'ютерах Tablet PC. Кожній з представників цього сімейства може бути доступним для користувачів у таких варіантах функціональності: ArcView®, ArcEditor™ і ArcInfo™.

У табл. 1.1 наведено варіанти функціональної реалізації програмних продуктів сімейства ArcGIS.

Таблиця 1.1.

Варіанти функціональності лінійки програмних продуктів ArcGIS

№ п/п	Варіант	Пояснення
1	ArcView	надає сучасні інструменти картографування, використовування даних і їх аналізу, а також початкові можливості редагування і обробки геоданих
2	ArcEditor	включає всю функціональність ArcView, розвинуті можливості редагування шейп-файлів і баз геоданих
3	ArcInfo	повнофункціональна, наймогутніша настільна ГІС-система. Вона включає всю функціональність ArcView і ArcEditor, а також надає широкі можливості геообробки

1.5. Модулі ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox лінійки продуктів ArcGIS

Кожний компонент лінійки програмних продуктів ArcGIS має у своєму складі такі компоненти: ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox. У зв'язку з чим компанія ESRI розрізняє три види ГІС (рис. 1.3) [37].

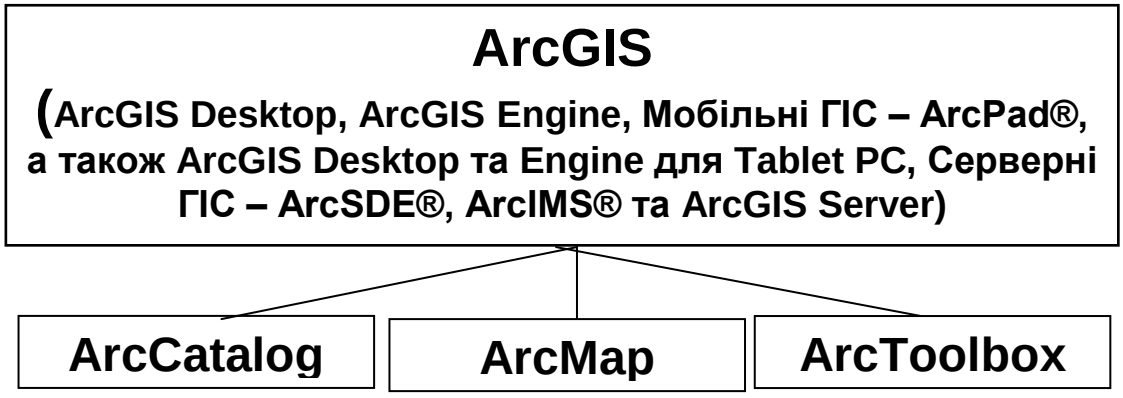


Рис. 1.3. **Модулі кожного з компонентів лінійки продуктів ArcGIS**

1. ГІС як база геоданих, де ГІС – це просторова база даних, що містить набори даних, які представляють географічну інформацію в контексті загальної моделі даних ГІС (векторні об'єкти, растри, топологія, мережі і т. д.). Для цього використовується ArcCatalog (ГІС як колекція наборів геоданих).

2. ГІС як інструмент геовізуалізації, де ГІС – це набір інтелектуальних карт та інших видів, які відображають просторові об'єкти і відносини

між об’єктами на земній поверхні. Дозволяють побудувати різні види карт, які можуть використовуватися як "вікна в базу даних" для підтримки запитів, аналізу і редагування інформації. Для цього використовується ArcMap (ГІС як інтелектуальний картографічний вид).

3. ГІС геообробки, де ГІС – це набір інструментів для отримання нових наборів географічних даних з існуючих наборів. Функції обробки просторових даних (геообробки) полягають у виборі інформації з існуючих наборів даних, застосуванні до них аналітичних функцій і запису отриманих результатів у вихідні набори даних. Для цього використовується ModelBuilder (ГІС як набір інструментів для обробки просторових даних).

Лінійка продуктів ArcGIS надає середовище, що масштабується, для роботи з ГІС як окремих користувачів, так і груп користувачів, на серверах, через Web і в польових умовах.

Корпоративні користувачі ГІС зв'язуються з центральними ГІС-серверами і можуть працювати як з традиційними настільними програмними продуктами, так і з Web-браузерами, налаштованими на конкретні завдання додатками, мобільними комп'ютерами й іншими обчислювальними пристроями.

На рис. 1.4. наведено функції настільного та Web-додатків платформи ArcGIS.

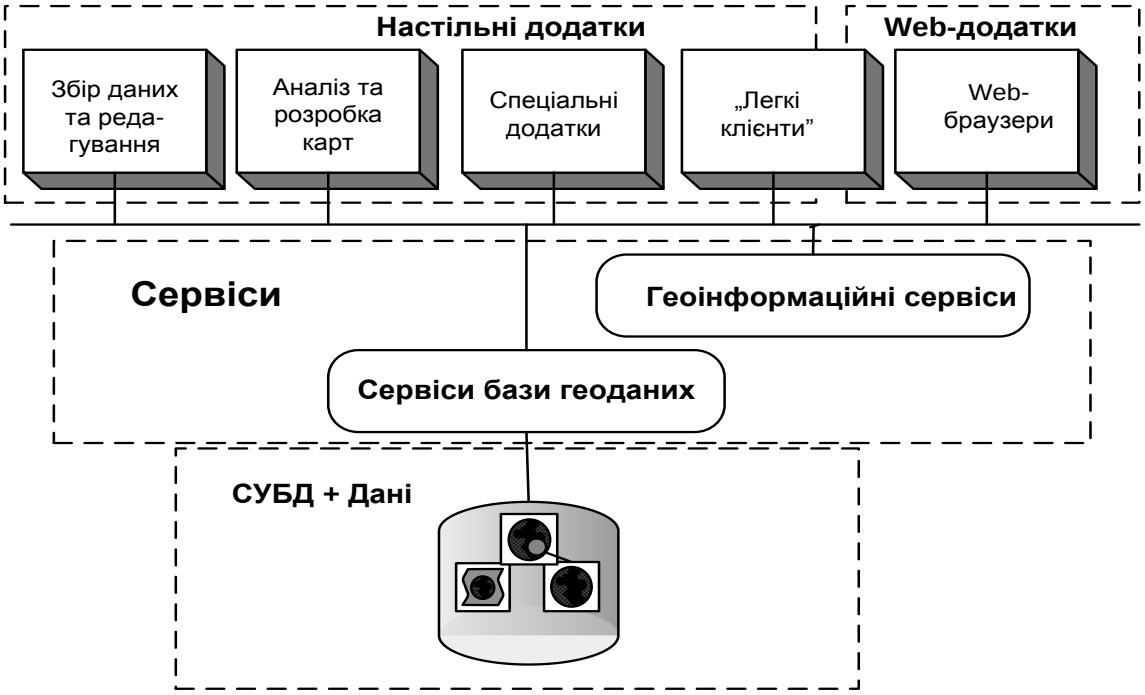


Рис. 1.4. **Функції настільного та Web-додатків платформи ArcGIS**

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст понять "Геоінформаційна система", "Геоінформаційна технологія", "Геоінформатика".

2. Пояснити різницю між ГІС-інструментом і ГІС-проектом.

3. Навести і пояснити функції кінцевих користувачів ГІС.

4. Навести світових лідерів – розробників ГІС-інструментів.

5. Навести склад лінійки програмних продуктів ArcGIS.

6. Пояснити відмінність між структурними компонентами ArcGIS: ArcGIS Desktop, ArcGIS Engine, Серверні ГІС, Мобільні ГІС.

7. Навести варіанти функціональності і розкрити зміст поняття "функціональність лінійки програмних продуктів" ArcGIS.

Резюме за темою

Слід розрізняти ГІС як інструмент забезпечення ГІС-технологій, для розробки прикладних ГІС або ГІС-проектів, та прикладні ГІС або ГІС-проекти, які виконані із застосуванням ГІС-інструментів.

Кінцевими користувачами ГІС-інструментів є фахівці в області ГІС-технологій, володіючі знаннями, які дозволяють: зібрати необхідну інформацію для моделювання, привести її до необхідного формату, створити базу геоданих даних (БГД), редагувати дані, розробляти карти, виконувати геообробку просторових даних, аналіз просторової інформації, розробляти рекомендації для прийняття управлінських рішень. Кінцевими користувачами ГІС-проектів є фахівці в своїй наочній області, не володіючі спеціальними знаннями в області ГІС-технологій, що пройшли підготовку з експлуатації ГІС-проектів.

Світовими лідерами в галузі розробки ГІС-інструментів є: компанія ESRI (USA) з ГІС-платформою ArcGIS; Autodesk Inc з лінійкою програмних продуктів AutoCAD Map, AutoCAD Civil [18; 22], MapGuide; компанія MapInfo Corp з ГІС-платформою MapInfo [38].

Словник термінів

Геоінформаційна система	Інформаційна система, що забезпечує збір, збереження, обробку, доступ, відображення й поширення просторових даних або це складний програмний продукт, який реалізує, призначені для комп'ютерного моделювання різноманітних процесів з метою вирішення широкого кола завдань відносно об'єктів управління з просторовою прив'язкою

Геоінформаційна технологія	Технологія обробки географічної інформації інструментальними засобами ГІС
Лінійка програмних продуктів ArcGIS	Це інтегрований набір програмних ГІС-продуктів для створення повноцінної ГІС. У його склад входять такі структурні компоненти: ArcGIS Desktop, ArcGIS Engine, Серверні ГІС, Мобільні ГІС
Варіанти функціональної реалізації програмних продуктів сімейства ArcGIS	Реалізовані в продуктах: ArcView, ArcEditor, ArcInfo
ArcGIS Desktop або настільні ГІС	Основні робочі місця ГІС-професіоналів для компіляції, створення, контролю якості і використання географічної інформації і накопичених знань. Це високопродуктивні інструменти для створення, розповсюдження, управління і публікації географічних знань
ArcGIS Engine	Вбудовувані компоненти розробника для створення призначених для користувача ГІС-додатків
Серверне програмне ГІС-забезпечення	Програмне забезпечення для всіх видів централізованих ГІС-обчислень, функцій управління даними ГІС і операцій геообробки. У ArcGIS 9 представлено три серверні продукти: ArcSDE, ArcIMS, ArcGIS Server
Мобільні ГІС	Включають: ArcPad®, ArcGIS Mobile для роботи в польових умовах, а також ArcGIS Desktop і Engine для Tablet PC

Контрольні запитання

1. Навести приклади використання ГІС та ГІС-технологій.

2. Пояснити відмінність між глобальними або планетарними ГІС (global GIS), субконтинентальними ГІС, національними ГІС, регіональними ГІС (regional GIS), субрегіональними ГІС і локальними або місцевими ГІС (local GIS).

3. Пояснить роль ГІС у підтримці прийняття рішень.

2. Деякі особливості представлення просторової інформації

Мета вивчення теми – освоєння особливостей представлення просторової інформації.

Основні питання:

2.1. Земля, сфероїд, геоїд, датум.

2.2. Географічна система координат.

2.3. Картографічні проекції.

2.4. Види проекцій за способом нанесення ліній сітки.

2.5. Види проекцій за поверхнею апроксимації.

2.5.1. Проекція Гаусса – Крюгера.

2.6. Міжнародна навігаційна система координат.

2.7. Топографічні карти.

Професійні компетентності: знання: відмінності між поняттями "сфероїд", "геоїд", "датум", параметрів географічної системи координат, особливостей основних картографічні проекцій, особливостей структури топографічної карти.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп'ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: сфероїд, геоїд, датум, географічна система координат, картографічна проекція, топографічна карта.

2.1. Земля, сфероїд, геоїд, датум

Земля стиснута у полюсів і має дещо неправильну форму, тому в практичній геодезії і картографії використовуються такі поняття, як сфероїд, геоїд, датум [1 – 5; 11; 26; 34]. Форму Землі вважають еліпсоїдом обертання або сфероїдом. Кулею або сферою, основою якої є круг, її можна вважати тільки для оглядових карт Землі і материків.

Сфероїд – тривимірне тіло, створене обертанням двовимірного еліпса навкруги малої осі.

Велика напіввісь – це радіус від центру Землі до екватора, мала напіввісь – це радіус від центру Землі до полюса. При цьому для різних місць на Землі оптимальними вважаються еліпсоїди дещо різної форми, які неодноразово уточнювалися. У картографії використовуються різні види еліпсоїдів обертання.

Форму Землю інакше називають геоїдом.

Геоїд – це поверхня гравітаційного поля, яка співпадає з середнім рівнем моря. Поверхня геоїда перпендикулярна вектору сили гравітації. Оскільки маса Землі розподілена нерівномірно, і напрям сили тяжіння змінюється, геоїд має неправильну форму. Геоїд служить початком відліку ортометричних висот.

Датум будується на вибраному сфероїді, і враховує локальні варіації висоти. Обертання еліпса створює абсолютно згладжену поверхню планети. Оскільки це не відображає коректно реальну поверхню, місцеві датуми можуть враховувати локальні варіації висоти. Датум і сфероїд лежать в основі географічної системи координат.

2.2. Географічна система координат

Існує два типи систем координат: географічна і система координат проекцій. Географічні системи координат (ГСК) використовують широту і довготу сферичної моделі земної поверхні. Системи координат проекцій перетворюють значення широти і довготи, що описують положення на земній поверхні, в значення координат на площині. Для опису місцезнаходження і форми просторових об'єктів на поверхні Землі використовується спеціальна система відліку – географічна (або геодезична) система координат (ГСК) або глобальна, або сферична система координат – довгота, широта. Декартова система координат проекцій (світова система координат), почалася від глобальної системи відліку. ГСК включає кутові одиниці вимірювання координат, нульовий меридіан і датум (рис. 2.1).

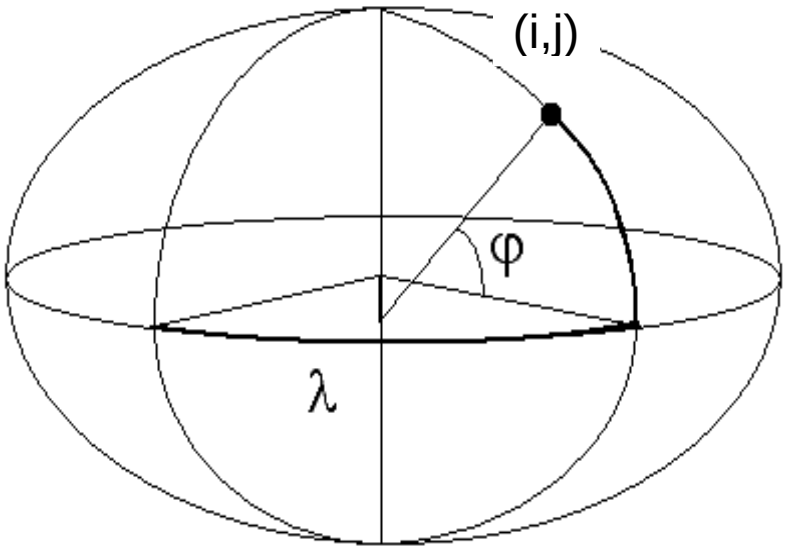


Рис. 2.1. **Тривимірна сферична поверхня для визначення місцезнаходження об'єктів на поверхні Землі**

Довгота – I та широта – j крапки на поверхні еліпсоїду (поверхні відносності).

Згідно з ГСК: довгота – це кут (φ) між площиною меридіана, де знаходиться точка, що цікавить (відзначена на поверхні точка), і площиною початкового меридіана, в якості якого прийнятий Грінвічській меридіан. Довгота буває східною і західною. Позначається буквою l.

Широта – це кут (λ) між площиною екватора і нормаллю до поверхні еліпсоїда в точці, що цікавить (відзначеної на поверхні точки). Широта буває північною і південною. Позначається буквою j. Лінії паралелей і меридіанів утворюють сіть географічної координатної прив'язки, названу картографічною сіткою. Значення довготи відлічуються щодо нульового меридіана. Вони можуть мінятися від -180° при русі на захід від нульового меридіана і до 180° при русі на схід від нульового меридіана. Якщо за нульовий меридіан прийнятий Грінвіч, то координати в Австралії, розташованій на південь від екватора і на схід від Грінвіча, матимуть позитивні значення довготи і негативні значення широти. Зручно відлічувати значення довготи по осі Х, а широти – по осі У. В географічній системі координат дані відображаються так, як ніби градус – це лінійна одиниця вимірювання.

Як видно з рис. 2.1, для еліпсоїда нормаль до поверхні не потрапляє в його центр, а проходить дещо нижче. Тому в різних географічних системах координат, що використовують різні еліпсоїди (поверхні відносності), одна і та ж крапка на Землі матиме різні географічні координати. На практиці відмінності координат в одній і тій же точці Землі, але різних системах координат, мають величину до 30 кутових секунд (до 900 м у метричних координатах).

Кожна система координат визначається рядом параметрів:

1) системою вимірювань:

географічна (геоцентрична), в якій сферичні координати виміряні від центру Землі,

планіметрична (в якій координати земної поверхні спроектовані на двовимірну плоску поверхню);

2) одиницями вимірювань (зазвичай фути або метри в проекціях систем координат або десяткові частки градуса для довготи – широти);

3) певною картографічною проекцією;

4) іншими даними, такими, як референц-еліпсоїд, датум, параметри проекції (одна або дві стандартні паралелі, центральний меридіан, можливі зсуви по осях Х і У.

2.3. Картографічні проекції

Картографічна проекція – це математичний спосіб зображення земної кулі на площині поверхні при складанні карт.

Це будь-які системи координат, розроблені для плоскої поверхні, чи то паперова карта або комп'ютерний монітор. Спроектована система координат є похідною від географічної системи координат, заснованої на сфері або сфероїді.

Сферичні поверхні не розгортаються на площині без складок і розривів, тому на картах неминучі спотворення довжин, кутів і площ. Лише в деяких проекціях зберігається рівність кутів, але через це значно спотворюються довжини і площі або зберігається рівність площ, але значно спотворюються кути і довжини.

Декартові 2D- і 3D-системи координат забезпечують механізм опису географічного положення і форми просторових об'єктів за допомогою значень координат x і y (і рядів, і стовпців у растрах).

У декартової системи координат дві осі: одна горизонтальна (x), представляюча напрям зі сходу на захід, і одна вертикальна (y), представляюча напрям з півночі на південь. Місцезнаходження географічних об'єктів описуються відносно початку координат, за допомогою системи позначень (x,y), де x позначає відстань уздовж горизонтальної осі, а y – уздовж вертикальної. Початкова крапка описується як (0,0). Координати проекції можуть бути як двомірними (x,y) (рис. 2.2), так і тривимірними (x,y,z) (рис. 2.3), де вимірювання x і y представляють місце на земній поверхні, а z – висоту щодо середнього рівня моря. Одиниці вимірювання постійні і мають рівні інтервали у всьому діапазоні x і y.

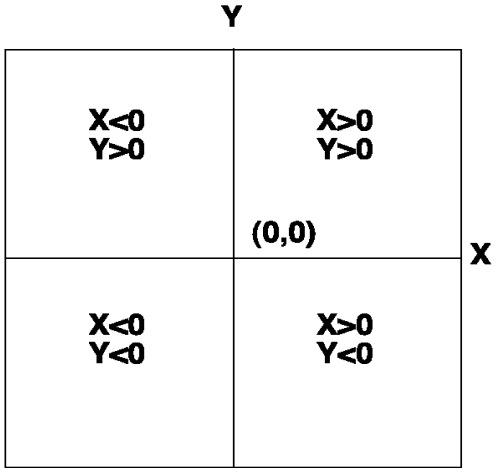


Рис. 2.2. **Система координат *X,Y***

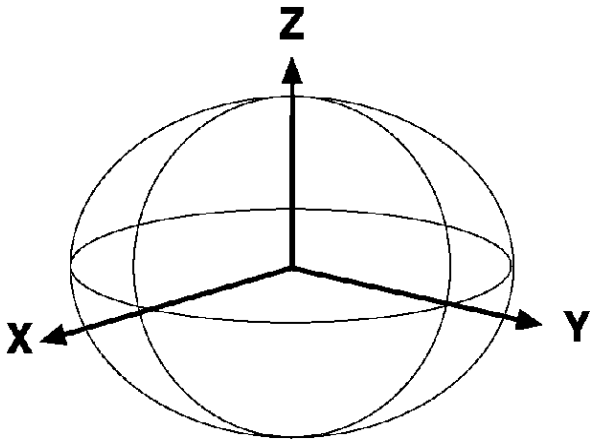


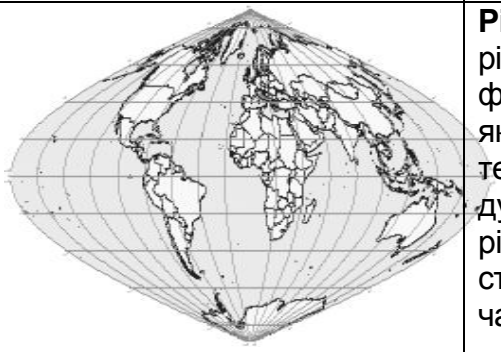
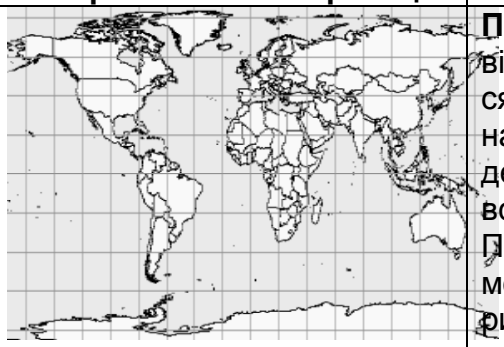
Рис. 2.3. **Система координат *X, Y, Z***

2.4. Види проекцій за способом нанесення ліній сітки

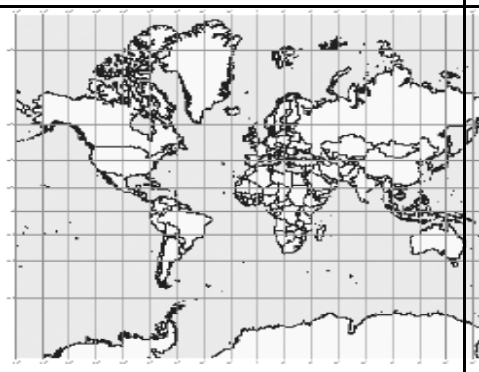
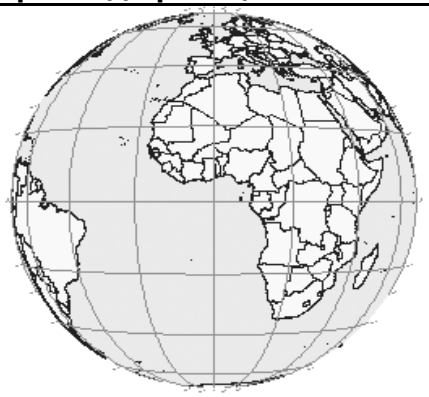
За способом нанесення ліній сітки на поверхню сфероїда розрізняють такі види проекцій (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Види проекцій сфероїда за способом нанесення ліній сітки

№ п/п	Приклади проекцій	Опис
1	2	3
1	 **Приклад ріноплощадної або рівновеликої проекції**	**Ріноплощадні** або **рівновеликі** проекції зберігають площі. Внаслідок цього інші властивості: форма, кути, масштаб спотворюються. В деяких випадках, особливо на картах невеликих територій, спотворення форм не є очевидним і дуже важко відрізнити рівнокутну проекцію від рівновеликої. Багато тематичних карт використовують рівновеликі проекції. Проекція зазвичай використовуються для карт світу
2	 **Приклад проекції з рівними проміжками**	**Проекції з рівними проміжками** зберігають відстані. Правильний масштаб не зберігається ніякою проекцією на всій карті; проте можна зберегти відстані від однієї точки (або декількох точок) до всіх точок, або уздовж всіх меридіанів або всіх паралелей. При пошуку на карті об'єктів, що знаходяться в межах заданої відстані від інших об'єктів, використовують проекції з рівними проміжками

Закінчення табл. 2.1

1	2	3
3	 **Приклад рівнокутної проекції**	**Рівнокутні проекції** зберігають без спотворень малі локальні форми. Для збереження окремих кутів, що описують просторові відносини, рівнокутна проекція повинна також представляти лінії картографічної сітки пересічними під кутом 90° на карті. Недолік полягає в тому, що площа, обмежена рядом кривих, у процесі перетворення значно спотворюється. Рівнокутні проекції використовуються в навігаційних картах і картах погоди
4	**Приклад проекції Робінсона**	**Проекція Робінсона** не є ні рівноплощадною, ні конформною, але вона естетична і зручна для складання загальних карт
5	 **Приклад азимутальної проекції**	**Азимутальні проекції** або проекції істинного напряму зберігають напрям від однієї точки до всіх інших точок. Ця властивість може поєднуватися із збереженням площ, кутів або відстаней як, наприклад, в Азимутніальній рівновеликій проекції Ламберта або в проекції з рівними проміжками азимутальній проекції. Ці проекції використовуються для збереження деяких кривих, що описують великі кола, і додають правильні азимутнальні напрями всім точкам на карті щодо центру

2.5. Види проекцій по поверхні апроксимації

Оскільки карти є плоскими, як допоміжні поверхні деяких найпростіших проекцій використовуються геометричні фігури, які можна розвернути на площину без розтягування їх поверхонь. Вони називаються поверхнями, що розгортаються. При проектуванні використовуючи рівняння картографічних проекцій. Типовими прикладами поверхонь апроксимації є конуси, циліндри і площини.

У зв’язку з цим розрізняють такі види проекцій:

- конічні – типовий представник рівновеликої конічної проекції Альберса;
- циліндрові, типовим представником яких є проекція Меркатора, Проекції на площину (азимутні проекції);
- модифіковані проекції є модифікованими версіями інших проекцій, наприклад, просторова коса проекція Меркатора є модифікацією проекції Меркатора.

Існують спеціальні групи проекцій, такі як кругові або зіркоподібні.

2.5.1. Проекція Гаусса – Крюгера

Ця проекція була розроблена німецьким математиком Гаусом у 1820 – 1830 роках для картографування Німеччини. Гаусс розробив проекцію, придатну для картографування всієї Землі. Математичний опис проекції був опублікований в 1866 році. У 1912 – 1919 роках інший німецький математик Крюгер провів дослідження цієї проекції і розробив для неї новий, більш зручний математичний апарат. З того часу проекція називається за їх іменами – проекцією Гаусса – Крюгера.

Спосіб формування проекції ілюструє рис. 2.4. Суть проекції полягає у такому: вся поверхня Землі ділиться на 6-градусні (за довготою) зони (часточки від полюса до полюса), кожна з яких розвертається в плоску поверхню. Усього утворюється 60 таких зон, які нумеруються цифрами від 1 до 60. По широті зони діляться на пояси по 4 градуси, які позначаются латинськими буквами від A до V. Саме ці листи і утворюють систему листів карти масштабу 1 : 1 000 000. У межах кожної 6-градусної зони визначається прямокутна система координат Гаусса – Крюгера, де координати відлічуються у метрах від середнього меридіана зони і від екватора.

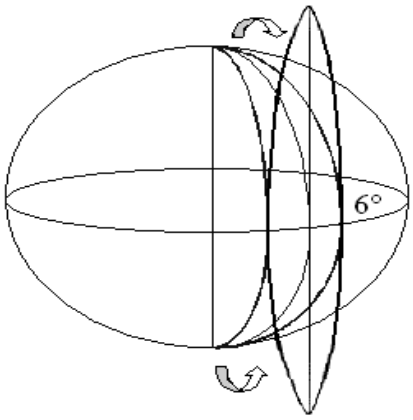


Рис. 2.4. **Принцип формування проекції Гаусса – Крюгера (6-градусна зона проекції Гаусса-Крюгера, розгорнута в плоску поверхню)**

Усі проекції є тільки апроксимацією зображення поверхні Землі і об’єктів на ній, тому вони видозмінюються залежно від вирішуваних завдань. Кожна картографічна проекція розробляється для конкретної мети і по-різному спотворює дані. Сьогодні налічують сотні різних проекцій. Користувачі обходять багато обмежень, використовуючи проекції, застосовні для мети рішення конкретного завдання, географічного положення об’єктів і екстента.

Екстент – просторові межі об’єкта або протяжність частини об’єкта, яка підлягає аналізу (рис. 2.5).

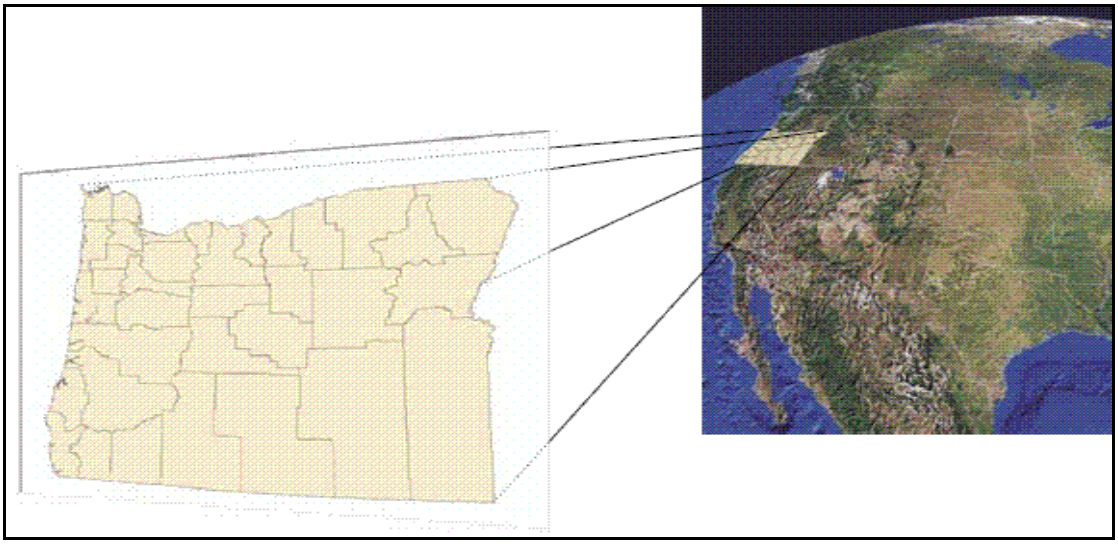
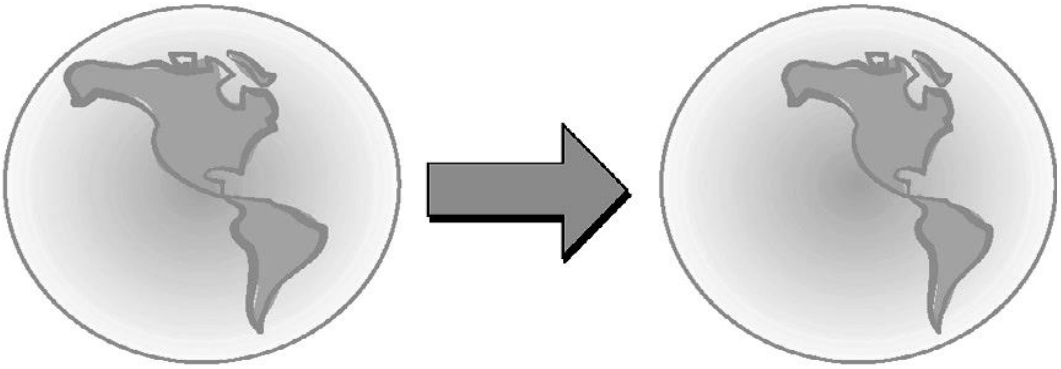


Рис. 2.5. **Ілюстрація поняття "Екстент"**

Конвертація даних з однієї системи координат в іншу викликає зміну зображення і всіх операцій, виконуваних з даними (рис. 2.6).



Вхідна географічна система координат NAD 1927

Вихідна географічна система координат WGS 1984

Рис. 2.6. **Зміна зображення при зміні системи координат**

2.6. Міжнародна навігаційна система координат

Міжнародна географічна система координат WGS 84 використовується для мети навігації, в ній працює система глобальної навігації GPS. Заснована вона на всесвітньому еліпсоїді WGS 84 (1984 рік). Система Глобального позиціонування – мережа супутників, керованих Міністерством оборони США. Наземні приймачі дозволяють обчислити місцезнаходження об’єктів за інформацією, переданою з супутників. Окрім географічної існує також заснована на тому ж еліпсоїді проективная навігаційна система координат UTM (Універсальна поперечно-циліндрова Меркатора), звана також проекцією Гаусса – Боага. Це вдосконалений варіант проекції Гаусса – Крюгера.

Прилади GPS можуть видавати координати як у вигляді географічних координат j та l в різних форматах (градуси з частками, градуси і хвилини з частками, градуси, хвилини і секунди), так і у вигляді прямокутних координат У і Х у метрах. У будь-якому випадку вимагається виконувати перетворення цих координат у проекцію топооснови ГІС, щоб зміряні координати показували істинне розміщення об’єктів, що картографуються. Багато ГІС уміють виконувати цю задачу власними програмними засобами "на льоту", якщо топооснова в ГІС виконана коректно.

2.7. Топографічні карти

Карта є набором елементів, розташованих і організованих на сторінці.

Топографічна карта – це модель, що використовується для опису взаємного розташування і загальної геометрії об’єктів. Це також механізм для встановлення і підтримки топологічних відносин між об’єктами і класами об’єктів [2; 11; 12; 20; 21].

Масштаб карти – це відношення відстаней на карті до відповідних відстаней на місцевості.

Зазвичай елементи карти включають рамку карти, масштабну лінійку, стрілку півночі, заголовок, описовий текст і легенду з умовними позначеннями. Первинний елемент карти – це рамка карти, вона надає основне відображення географічній інформації.

Нерідко карти містять такі додаткові елементи, як графіка, діаграми, малюнки і текст, що допомагає додати додаткову важливу інформацію. При розробці карт застосовують спеціальні поняття.

Розграфка карт – це система розподілу карт на окремі листи (рис. 2.7). Номенклатура карт – це система нумерації і позначення окремих листів.

Кожний лист обмежений рамкою. Сторонами рамок листів топографічних карт служать паралелі і меридіани (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Номенклатура карт залежно від масштабу

Масштаб карти	Розміри листів карти в градусному вимірі		Типовий запис номенклатури
	по широті	по довготі	
1:1000 000	4°	6°	N–37
1:500 000	2°	3°	N–37–Б
1:200 000	40’	1°	N–37–XVI
1:100000	20’	30’	N-37–56
1:50 000	10’	15’	N–37–56–А
1:25 000	5’	7’30	N–37–56–А–6

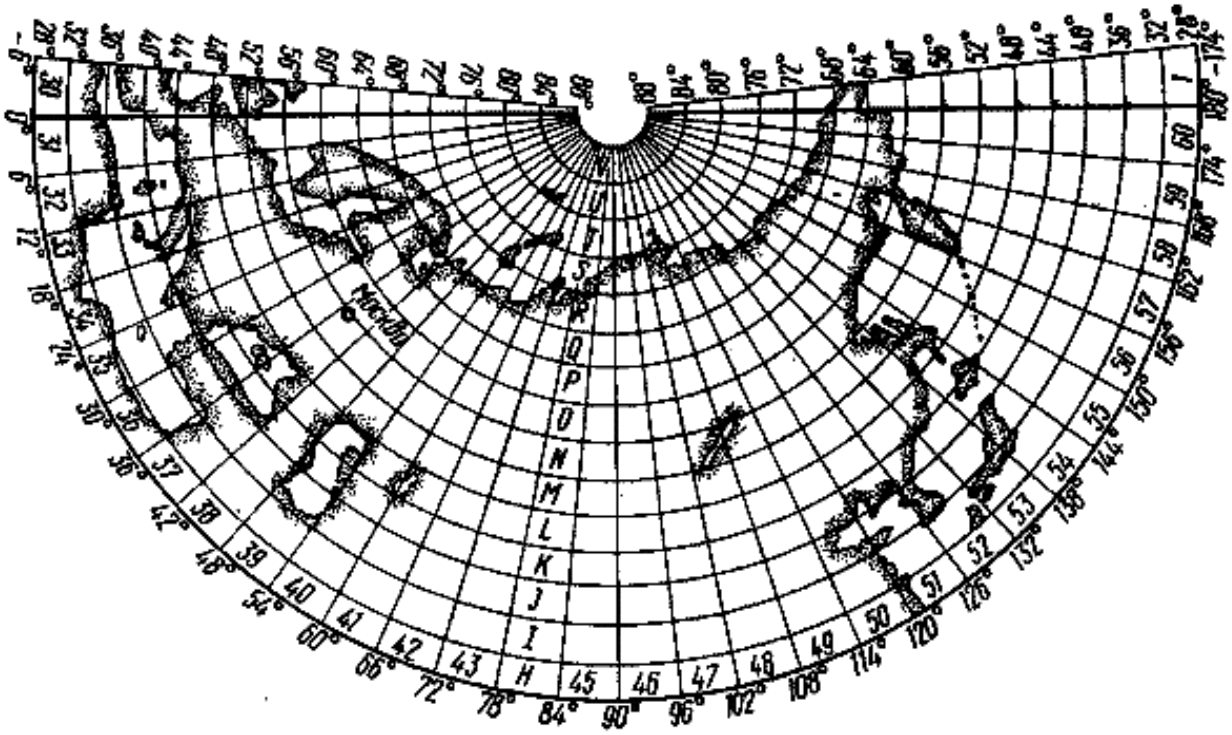


Рис. 2.7. **Розграфка і базова номенклатура карт масштаба 1 : 1 000 000**

Карти зазвичай охоплюють певний діапазон масштабів, наприклад, від 1 : 1 000 000 до 1 : 100 000. Рамки карт похідних масштабів будуються розподілом базового листа за лініями паралелей і меридіанів на дещо рівних частин, тобто розграфка листів завжди будується за географічною координатною сіткою. У країнах СНГ стандартними вважаються такі масштаби карт і планів (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Стандартні масштаби карт і планів

Масштаби топографічних карт	Великомасштабні плани
1 : 1 000 000 – в 1 см 10 км	1 : 5000 – в 1 см 50 м
1 : 500 000 – в 1 см 5 км	1 : 2000 – в 1 см 20 м
1 : 200 000 – в 1 см 2 км	1 : 1000 – в 1 см 10 м
	1 : 500 – в 1 см 5 м
1 : 100 000 – в 1 см 1 км	
1 : 50 000 – в 1 см 500 м	
1 : 25 000 – в 1 см 250 м	
1 : 10 000 – в 1 см 100 м	

За масштабом топографічні карти поділяються на такі категорії:

великомасштабні – 1 : 50 000 – 1 : 200 000;

середньомасштабні – 1 : 200 000 – 1 : 1 000 000 включно;

дрібномасштабні – або оглядово-топографічні – дрібніше, ніж 1:1 000 000.

Листи топокарт великих масштабів утворюються послідовним розподілом листа попереднього масштабу на 4 частини з відповідними додатками букв до номенклатури. Топокарти масштабу 1 : 200 000 і дрібніше є відкритими, для масштабу 1 : 100 000 визначений порядок використовування – для службового користування, все більші масштаби топокарт є закритими. Для топографічних карт у країнах колишнього СРСР та в Україні використовується координатна система Гаусса – Крюгера та рівнокутна картографічна проекція з тією ж назвою.

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст понять "сфероїд", "геоїд", "датум".
2. Розкрити зміст поняття "географічна система координат".
3. Навести і пояснити основні параметри системи координат.

4. Розкрити зміст поняття "картографічні проекції".

5. Пояснити відмінність між "декартовою" 2D- і 3D-системами координат.

6. Пояснити відмінність між проекціями, що розрізняються нанесенням ліній сітки на поверхню сфероїда.

7. Пояснити відмінність між проекціями, що розрізняються поверхнею апроксимації.

Резюме за темою

Основу геообробки даних у середовищі ГІС-пакетів складають поняття, пов'язані з картографією: сфероїд, геоїд, датум, географічна система координат, проекції, топографічна карта. Усі проекції є тільки апроксимацією зображення поверхні Землі і об'єктів на ній, тому вони видозмінюються залежно від вирішуваних завдань. Кожна картографічна проекція розробляється для конкретної мети і по-різному спотворює дані. Сьогодні налічують сотні різних проекцій. Користувачі обходять багато обмежень, використовуючи проекції, застосовні для мети рішення конкретної завдання, географічного положення об'єктів і екстента.

Словник термінів

Сфероїд	Тривимірне тіло, створене обертанням двовимірного еліпса навкруги малої осі
Геоїд	Поверхня гравітаційного поля, яка співпадає з середнім рівнем моря. Поверхня геоїда перпендикулярна вектору сили гравітації. Оскільки маса Землі розподілена нерівномірно, і напрям сили тяжіння змінюється, геоїд має неправильну форму. Геоїд служить початком відліку ортометричних висот
Датум	Будується на вибраному сфероїді, враховує локальні варіації висоти. Обертання еліпса створює абсолютно згладжену поверхню планети. Оскільки це не відображає коректно реальну поверхню, місцеві датуми можуть ураховувати локальні варіації висоти. Датум і сфероїд лежать в основі географічної системи координат
Географічна система координат	Географічна система координат використовує широту і довготу сферичної моделі земної поверхні
Картографічна проекція	Математичний спосіб зображення на площині поверхні земної кулі при складанні карт. Це будь-які системи координат, розроблені для плоскої поверхні, чи то паперова карта або комп'ютерний монітор. Спроектована система координат є похідною від географічної системи координат, заснованої на сфері або сфероїді

Декартова 2D система координат	У декартовій системі координат дві осі: одна горизонтальна (x), представляюча напрям зі сходу на захід, і одна вертикальна (y), представляюча напрям з півночі на південь
3D система координат	Координати проекції – це тривимірні (x, y, z), де вимірювання x і y представляють місце на земній поверхні, а z – висоту щодо середнього рівня моря
Рівноплощадні або рівновеликі проекції	Зберігають площі, використовуються для карт світу
Проекції з рівними проміжками	Зберігають відстані, що знаходяться у межах заданої відстані від інших об'єктів, використовують рівнопроміжні картографічні проекції
Рівнокутні проекції	Зберігають без спотворень малі локальні форми. Рівнокутні проекції використовуються у навігаційних картах і картах погоди
Азимутальна проекція	Проекції істинного напряму зберігають напрям від однієї крапки до всіх інших крапок. Використовуються для збереження деяких кривих, що описують великі кола, і додають правильні азимутні напрями всім точкам на карті щодо центру
По поверхні апроксимації розрізняють проекції:	Конічні, циліндричні, проекції на площину
Проекція Гаусса – Крюгера	Поверхня Землі ділиться на 6-градусні (по довготі) зони (часточки від полюса до полюса), кожна з яких розвертається в плоску поверхню. Усього утворюється 60 таких зон, які нумеруються цифрами від 1 до 60. По широті зони діляться на пояси по 4 градуси, які позначаються латинськими буквами від A до V. Саме ці листи і утворюють систему листів карти масштабу 1 : 1 000 000. У межах кожної 6-градусної зони визначається прямокутна система координат Гаусса – Крюгера, де координати відраховуються в метрах від середнього меридіана зони і від екватора
Екстент	Просторові межі об'єкта або протяжність частини об'єкта, яка підлягає аналізу
Топографічна карта	Це модель, що використовується для опису взаємного розташування і загальної геометрії об'єктів. Це також механізм для встановлення і підтримки топологічних відносин між об'єктами і класами об'єктів
Розграфка карт	Система поділу карт на окремі листи
Номенклатура карт	Система нумерації і позначення окремих листів. Кожний лист обмежений рамкою. Сторонами рамок листів топографічних карт служать паралелі і меридіани

Контрольні запитання

1. Пояснити особливості проекції Гаусса – Крюгера.
2. Пояснити особливості навігаційних систем координат.
3. Розкрити зміст поняття "топографічна карта".

3. Моделі географічних даних у ГІС

Мета вивчення теми – освоєння растрових, векторних, TIN-моделей представлення географічних даних у ArcGis.

Основні питання:

3.1. Представлення просторової інформації в ГІС.

3.2. Геометрія растрової моделі даних.

3.3. Геометрія векторної моделі даних.

3.4. Принципи організації TIN-моделі даних.

3.5. Принципи формалізації перетворення структур даних.

Професійні компетентності: знання: геометрія представлення растрових, векторних, TIN-моделі даних.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп'ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: просторова або картографічна інформація, просторовий об'єкт, растрова модель, векторна модель, TIN-модель даних.

3.1. Представлення просторової інформації у ГІС

Просторова або картографічна інформація є основою інформаційного блоку ГІС. Вона містить **метричну частину**, яка описує позиційні властивості об'єктів, а також пов'язані з нею змістовні (семантичні, тематичні) **атрибути** чи просто атрибути [3; 5; 15; 37; 40].

Просторовий об'єкт – це будь-який об'єкт з конкретним місцезнаходженням, яке зберігається як одна з його властивостей в полі таблиці атрибутів [3; 5; 15; 37].

Подання топографічної карти потребує її поділу на шари (теми) однорідної інформації, що містить дані про рельєф, гідрологічну мережу, населені пункти, мережу шляхів, адміністративний поділ та інше. В межах фрейма даних у ГІС географічні елементи представляють у вигляді

серії шарів карти, що покривають заданий екстент карти, наприклад, такі шари карти, як дороги, річки, географічні назви, адміністративні межі, рельєф і космічні знімки.

На рис. 3.1 показано, як географічні елементи зображаються на карті у вигляді серії шарів. Символи і текст на карті використовуються для опису окремих географічних елементів.

Шари карти – це тематичне представлення географічної інформації такої, як країни, міста, транспортна мережа, рельєф.

Шари представляють географічну інформацію за допомогою:

1) дискретних просторових об’єктів у вигляді наборів точок, ліній і полігонів;

2) символів, кольорів і написів на карті, допомагаючих описати об’єкти карти;

3) аерофотознімків або космічних знімків, що покривають екстент карти;

4) безперервних поверхонь як рельєф, який можна представити різними способами, наприклад, у вигляді набору контурних ліній і точок з висотами, або як рельєф з відмиванням. У наш час використовуються три основних способи формалізації просторових даних: векторний, растровий та векторна полігональна структура або трикутна нерегулярна мережа (Triangulated Irregular Network) – TIN-модель.

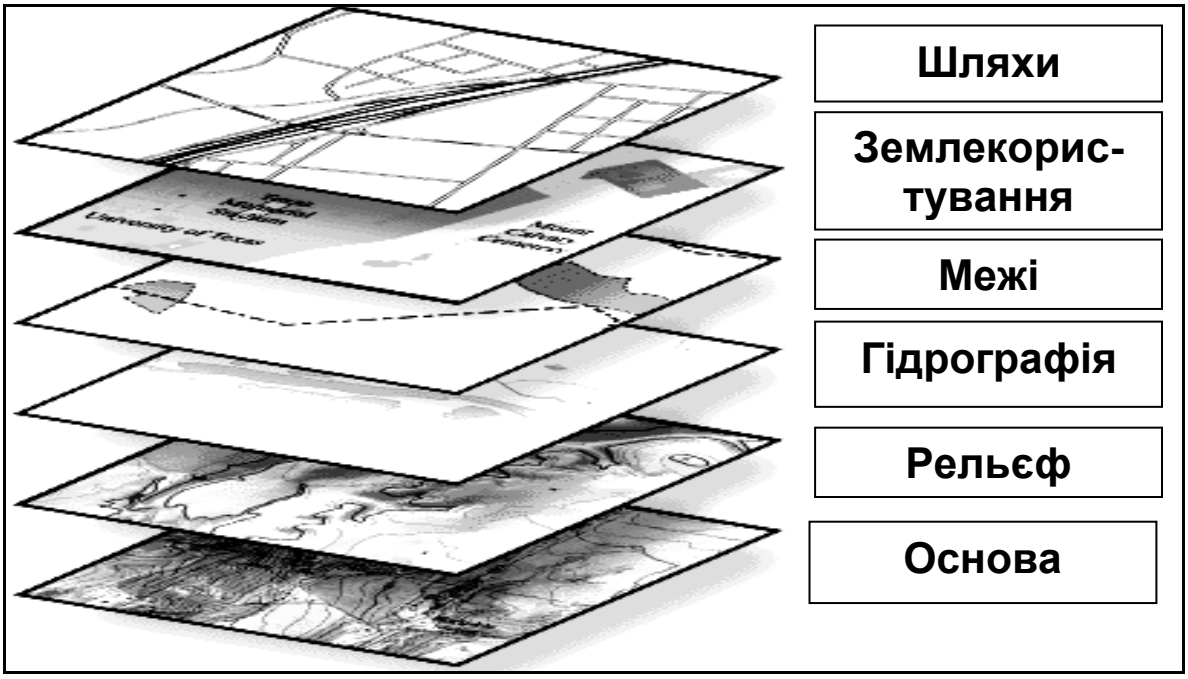


Рис. 3.1. **Географічні елементи зображаються на карті у вигляді серії шарів**

3.2. Геометрія растрової моделі даних

Растрова модель даних – це модель просторових даних, яка визначає простір як масив осередків однакового розміру, організованих у рядки і стовпці. Кожний осередок містить значення атрибута і координати місцезнаходження. Групи осередків з однаковим значенням представляють географічні об’єкти. Растри використовуються для представлення безперервних шарів: висот місцевості, схилів, рослинного покриву, полий температури, кількості випавших опадів, зон викидів і розливів забруднюючих речовин і т. д. Частіше за все у вигляді растрів зберігаються аерофотознімки і різні зображення. На рис. 3.2 наведено растрове представлення фрагмента поверхні Землі і його попіксельна апроксимація (рис. 3.3).

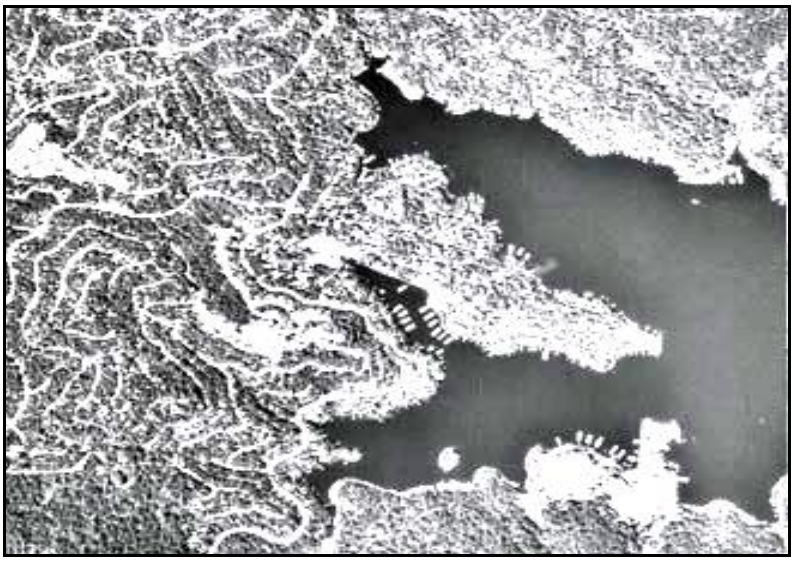


Рис. 3.2. **Растрові дані**

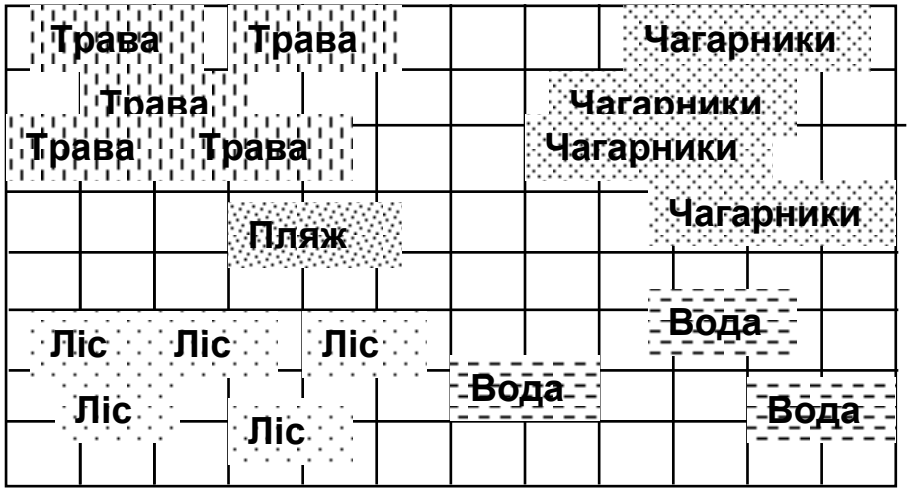


Рис. 3.3. **Апроксимація представлення растрових даних**

Растровий спосіб формалізації просторових даних має два різновиди: **гріди – регулярні мережі** (grid cells) і **растри** (raster). Ці два способи відрізняються територією охоплення та тим, що гріди вмішують розрахунки (наприклад, грід землекористування, грід хімічного складу ґрунтів, типи рослинності тощо).

Растровий метод формалізації в найпростішому випадку полягає в зображенні просторових об'єктів у вигляді мозаїки, яка й називається растром. Кожен елемент растра називається чарункою (коміркою) растра або пікселем (від англійського pixel – picture element – елемент зображення). Відомі координати (x, y) як мінімум одного кута растра, чим визначено його положення в просторі.

На рис. 3.4 подано схематичне зображення представлення растрової інформації про розміщення фрагмента поля, річки, лісу. На рис. 3.5 – відповідне подання масиву цифрових даних.

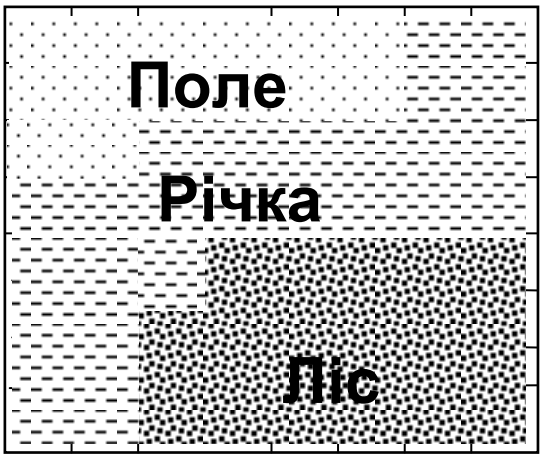


Рис. 3.4. **Растрове подання просторової інформації (фрагмент поля, лісу, річки)**

1	1	1	1	1	1	3	3
1	1	1	1	1	1	3	3
1	1	3	3	3	3	3	3
3	3	3	2	2	2	2	2
3	3	3	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2
3	3	2	2	2	2	2	2

Рис. 3.5. **Матриця цифрових даних до растрового подання (фрагмент поля – 1, лісу – 2, річки – 3)**

У табл. 3.1 наведено принцип відображення даних растру в таблиці атрибутів.

Таблиця 3.1

Таблиця з атрибутивними даними растра

Елемент комірки	Властивість	Колір
1	Поле	Жовтий
2	Ліс	Зелений
3	Річка	Голубий

Найчастіше використовують комірки квадратної форми, бувають комірки трикутної та шестикутної форми.

У растровій моделі інформація кодується у вигляді прямокутної матриці. За рядками і стовпцями її розмір відповідає розміру вихідного растра. Положення кожного елемента растра в просторі визначається номерами стовпця і рядка, у яких розміщений елемент. Стовпці зазвичай розміщують у напрямі північ-південь, а рядки – захід-схід. Як початкова комірка (з координатами 0,0) найчастіше обирається комірка у верхньому (або нижньому) лівому куті растра.

Недоліком растрової моделі є великий об’єм даних. Так, стандартний знімок зі штучного супутника Землі, який охоплює близько 30 000 км^2 при розмірі пікселя 30х30 м, складається з 35 млн пікселів, що потребує приблизно 35 Мб пам’яті.

Тому існують моделі та алгоритми, які виконують "стиснення" растрової інформації [7 – 9; 11; 12; 37].

Переваги растрових структур – це злиття позиційної і семантичної інформації в єдиній матриці. Це спрощує аналітичні операції з растровими зображеннями. Растрові моделі використовують для збереження та аналізу даних, які роподілені безперервно на певні площині.

Недоліками растрового подання даних є значна ємність машинної пам’яті, недостатня висока точність позиціонування точкових об’єктів і зображення ліній, зумовлена генералізацією інформації в межах комірки растра.

3.3. Геометрія векторної моделі даних

Векторна модель даних заснована на координатах і представляє географічні об’єкти у вигляді крапок, ліній і полігонів [7 – 9; 11; 12; 37]. Кожний точковий об’єкт представляється однією парою координат, а лінійні і полігональні об’єкти представляються впорядкованим списком вершин. З кожним просторовим об’єктом асоційовані атрибути.

Векторні моделі використовують для представлення дискретних об’єктів, таких як міста, будівлі, шляхи сполучень, водні об’єкти тощо.

Векторна модель подання просторових даних ґрунтується на використанні набору елементарних графічних об’єктів, або графічних примітивів.

Першим графічним елементом є точка (point) – первинний графічний елемент з координатами (x, y).

Другим графічним елементом є лінія (line) – відрізок прямої, що з’єднує дві точки з координатами (x_1, y_1) та (x_2, y_2).

Третім графічним елементом є полігон (polygon) – замкнута послідовність ліній, яка відокремлює частину поверхні.

Сукупність цих графічних об’єктів достатня для опису форми як лінійних, так і просторових картографічних об’єктів.

У базі даних в цьому випадку зберігається інформація про координати точок на карті. У таблицях зберігається атрибутивна інформація про ці об’єкти.

Існує велика кількість моделей подання цих структур. Наприклад, точкова полігональна структура (Point Polygon Structure) векторних даних, DIME-структура, структура "дуга-вузол", георeляційна структура.

У георeляційній структурі метрична та топологічна інформація розміщені в таблицях окремо від атрибутивної інформації.

Тут використовують поняття:

дуга (arc) або сегмент (segment) – послідовність ліній, що починається і закінчується вузловими точками.

"Вузлова точка" (node) – точка перетину трьох або більше ліній.

На рис. 3.6 наведено приклад розміщення просторових даних, в табл. 3.2 – 3.4 – дані реляційної векторної структури.

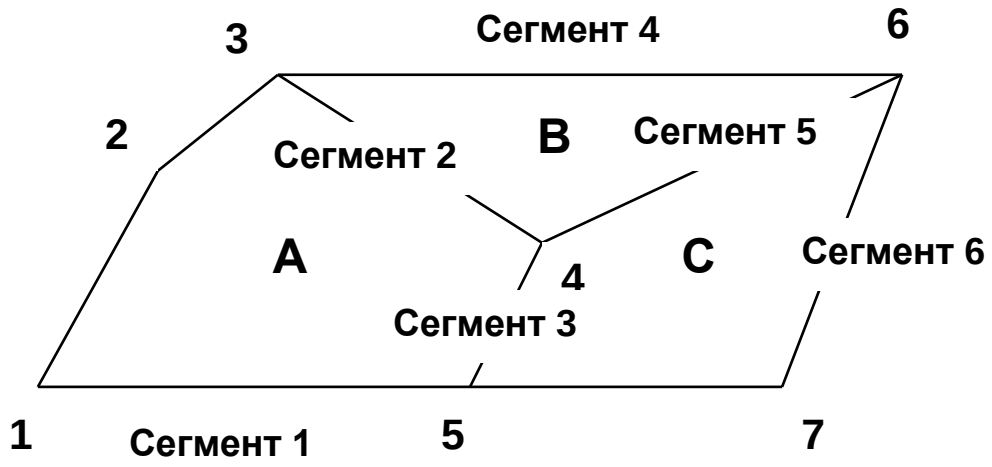


Рис. 3.6. **Приклад розміщення просторових даних**

Таблиця 3.2

Координати опорних точок

Номери точок	Координата X	Координата Y
1	x_1	y_1
2	x_2	y_2
3	x_3	y_3
4	x_4	y_4
5	x_5	y_5
6	x_6	y_6
7	x_7	y_7

Таблиця 3.3

Таблиця сегментів

Номер сегмента	Початкова вузлова точка	Кінцева вузлова точка	Довжина, м
1	5	3	2 546
2	3	4	1 140
3	4	5	644
4	3	6	1 652
5	6	4	1 151
6	6	5	1 245

Таблиця 3.4

Таблиця полігонів

Полігон (ділянка)	Сегменти	Власник	Площа, га	Кадастровий номер
A	1,2,3	Новохатка І. С.	154,3	Т-148442
B	2,4,5	Петренко С. П.	108,7	Т-148443
C	3,5,6	Іваненко О. І.	210,8	Т-446128

Розроблено різні методи апроксимації кривих. Найчастіше для цього використовують аналітичні методи опису відрізків дуг окружностей змінного радіусу або з застосуванням сплайнів.

Головні переваги векторного подання даних є компактність збереження (часто в десятки разів вища, ніж при растровому), висока точність позиціювання точкових об’єктів і зображення ліній.

Недоліки векторного подання даних – це складна система опису топологічної структури, унаслідок чого їх обробка вимагає виконання складних геометричних алгоритмів визначеня положення вузлових точок, стискування сегментів (дуг), замикання полігонів.

3.4. Принципи організації TIN-моделі даних

Відомою векторною полігональною структурою є трикутна або триангуляційна нерегулярна мережа (Triangulated Irregular Network) або TIN-модель [7 – 9; 11; 12; 37].

Набори TIN-моделі використовуються для відображення і аналізу поверхонь. Вони складаються з нерегулярний розташованих крапок, координати (x, y) яких описують місцезнаходження крапок, а значення координати z описує поверхню в кожній крапці. Поверхня може представляти рельєф, осідання або температуру. Крапки з’єднуються в трикутники за допомогою ребер. Результуюча поверхня складається з трикутників і утворює багатогранну безперервну поверхню, в якій грань кожного трикутника має свій схил і експозицію.

Набори класів TIN використовуються як альтернатива растрам для представлення поверхонь. TIN може бути створений з декількох типів класів (растрів, точкових, лінійних або полігональних класів просторових об’єктів), що мають координату z.

Модель будується шляхом об’єднання відомих точкових значень у серії трикутників за алгоритмом тріангуляції Делоне.

Модель використовується для представлення поверхні у вигляді сукупності тривимірних (3D) трикутних граней, що не перекриваються, що необхідно для побудови цифрових моделей рельєфу.

Основний принцип алгоритму полягає в тому, щоб з наявного набору точок з відомими висотними позначками (значеннями координати Z) побудувати трикутники, які всі разом будуть максимально близькими до рівносторонніх фігур.

База даних TIN-моделі містить три набори записів: список вузлових точок, список покажчиків, список трикутників (рис. 3.7) [11].

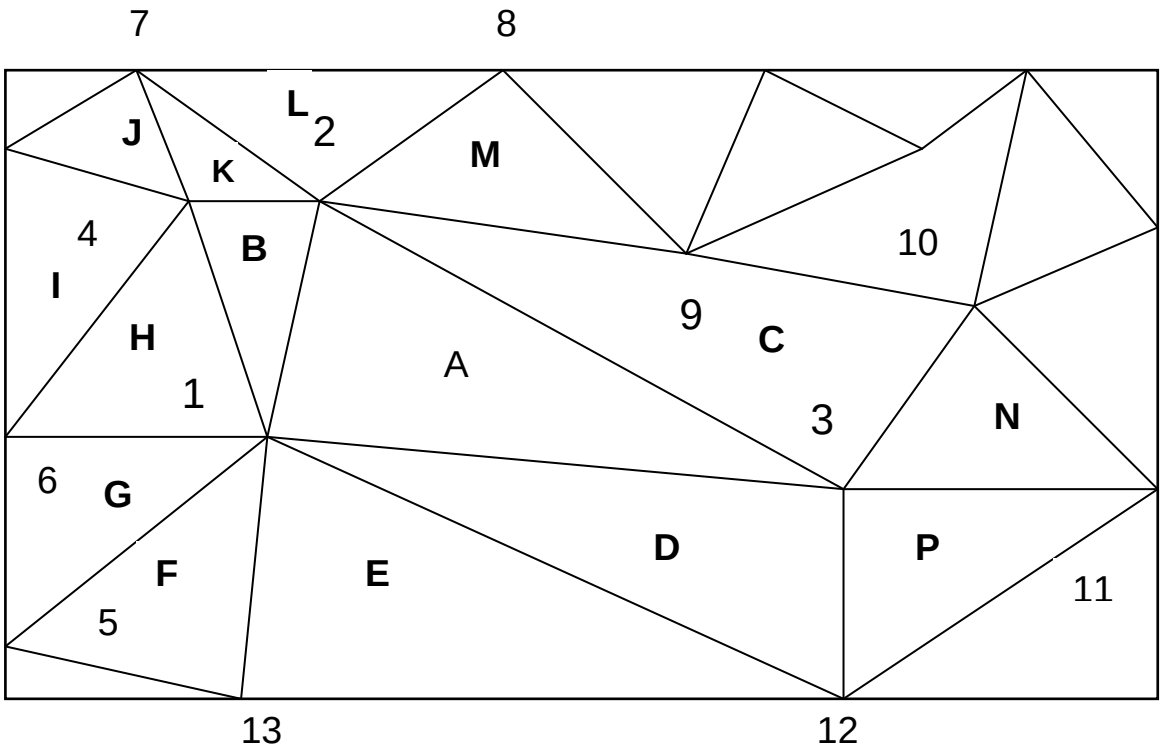


Рис. 3.7. **Фрагмент трикутної нерегулярної мережі**

Представлення в базі даних мережі рис. 3.7 наведено в табл. 3.5 – табл. 3.7.

Список вузлових точок (табл. 3.5) містить номери вузлових точок, їхні координати, кількість сусідніх вузлових точок і початкове положення ідентифікаторів цих сусідніх точок у списку покажчиків.

Список покажчиків для кожної вузлової точки (табл. 3.6) містить номери сусідніх вузлових точок. Список сусідніх вузлів (табл. 3.7) починається від північного напряму і відповідає ходу годинникової стрілки.

Таблиця 3.5

Вузлові точки мережі

Номери вузлів	Координата X	Координата Y	Кількість сусі-дніх вузлів	Покажчики
1	x_1	y_1	7	2
2	x_2	y_2	6	8
3	x_3	y_3	5	10
…	…	…	…	…

Таблиця 3.6

Покажчики

Сусідні вузли
2
3
12
13
5
6
4
8
9
3
1
4
7
10
11
12
1
2

Таблиця 3.7

Трикутники

Трикутники
A
D
E
F
G
H
B
M
C
A
B
K
L
N
P
D
A
C

3.5. Принципи формалізації перетворення структур даних

Растрові і векторні структури мають свої переваги і недоліки, але вони доповнюють одна одну [11].

Тому в сучасних ГІС підтримуються алгоритми конвертації цих структур: вектор-растрове та растр-векторне перетворення.

При вектор-растровому перетворенні точка заміняється коміркою, лінія – послідовністю комірок, полігон – сукупністю комірок із заданим ро-

зміром. При цьому значущими стають всі комірки, через які проходить лінія, а при перетворенні полігонів – тільки ті з них, у яких мережею полігона відтинається значна частина комірки.

При конвертації растрових структур у векторні – зміст кожної комірки зводиться до точки, положення якої відповідає, наприклад, геометричному центру цієї комірки. На практиці реалізація цього принципу ускладнюється "розмитістю" лінійних об’єктів, наявністю "шумів", особливо при векторизації даних дистанційного зондування. У цьому разі потрібна попередня обробка даних.

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст понять "просторовий об’єкт", "шари (теми)" даних.
2. Розкрити зміст поняття "растрова модель даних" та пояснити особливості її структури.
3. Пояснити призначення матриці цифрових даних у растровій моделі.
4. Розкрити зміст поняття "атрибутивна таблиця даних".
5. Пояснити різницю між грід-моделлю та растровою моделлю даних.
6. Розкрити зміст поняття "векторная модель даних" та пояснити особливості її структури.
7. Пояснити відмінності між первинними графічними елементами векторної моделі: крапка, лінія, полігон у ГІС.
8. Розкрити зміст поняття "TIN-модель" даних і принцип її організації та використання.
9. Пояснити головні принципи перетворення структур даних у ГІС.

Резюме за темою

Просторова або картографічна інформація є основою інформаційного блоку ГІС. Вона містить метричну частину, яка описує позиційні властивості об’єктів, а також пов’язані з нею змістовні (семантичні, тематичні) атрибути чи просто атрибути.

Подання топографічної карти потребує її поділу на шари (теми) однорідної інформації, що містить дані про рельєф, гідрологічну мережу, населені пункти, мережу шляхів, адміністративний поділ та інше.

У межах фрейма даних у ГІС географічні елементи представляють у вигляді серії шарів карти, що покривають заданий екстент карти – наприклад, такі шари карти як дороги, річки, географічні назви, адміністративні межі, рельєф і космічні знімки.

У наш час використовуються три головних способи формалізації просторових даних: векторний, растровий та векторна полігональна структура або трикутна нерегулярна мережа (Triangulated Irregular Network) – TIN-модель.

Словник термінів

Просторовий об'єкт	Будь-який об'єкт з конкретним місцезнаходженням, яке зберігається як одна з його властивостей в полі таблиці атрибутів
Растрова модель даних (raster)	Модель просторових даних, яка визначає простір як масив осередків однакового розміру, організованих в рядки і стовпці. Кожний осередок містить значення атрибута і координати місцезнаходження. На відміну від векторної структури, яка береже точні координати, растрові координати відображають порядок матриці. Групи осередків з однаковим значенням представляють географічні об'єкти
Векторна модель даних (vector)	Заснована на координатах модель даних, що представляє географічні об'єкти у вигляді крапок, ліній і полігонів. Кожний точковий об'єкт представляється однією парою координат, а лінійні і полігональні об'єкти представляються впорядкованим списком вершин. З кожним просторовим об'єктом асоційовані атрибути, тоді як в растровій моделі даних атрибути пов'язані з осередками сітки
Полігон (polygon)	Замкнута двовимірна фігура з не менше, ніж трьома сторонами, представляюча якусь область. Використовується в ГІС для опису просторових елементів з відособленою площею, таких як земельні ділянки, адміністративні райони, області з однотипним землекористуванням або ґрунтами
Полілінія (polyline)	Двовимірний просторовий об'єкт, що є лінією, що складається з одного і більше лінійних сегментів, тобто будь-яку лінію, визначену двома і більше крапками. Полілініями зазвичай представляються межі, дороги, водотоки, силові кабелі та інші расторові об'єкти

Лінія (line)	Геометрична форма з довжиною і напрямом, але без площі, що сполучає не менше двох пар координат x, y. Лініями представляються географічні об'єкти, дуже вузькі для їх відображення у вигляді площадкового об'єкта при заданому масштабі, такі, як контури, центральні лінії вулиць і водотоки або об'єкти без площі, межі твірних полігонів, такі, як лінії меж країни або області
Точка (point)	Абстракція об'єкта з нульовим розміром, одна пара координат x, y, що представляє географічний об'єкт, дуже маленький для того, щоб відобразити його лінією або у вигляді площі при даному масштабі
Атрибут (attribute)	Інформація про географічний об'єкт у ГІС, який зазвичай зберігається в таблиці, і пов'язана з цим об'єктом за унікальним ідентифікатором. Наприклад, атрибути річки можуть включати її назву, довжину і середню глибину. У наборах растрових даних – це інформація, пов'язана з кожним унікальним значенням осередків растру
TIN-моделі даних	Нерегулярна триангуляційна мережа (Triangulated irregular network, TIN). Векторна полігональна структура. Модель використовується для представлення поверхні у вигляді сукупності тривимірних (3D) трикутних граней, що не перекриваються. Модель використовується для побудови цифрових моделей рельєфу
Шар (layer)	Вказівка на джерело даних, таке, як покриття, клас просторових об'єктів бази геоданих, растр і т. д., яка визначає, як ці дані повинні відображатися на карті. Шари можуть зберігатися в документі карти (.mxd) або у вигляді окремих файлів шару (.lyr). Шари представляють географічну інформацію за допомогою: 1) дискретних просторових об'єктів у вигляді наборів крапок, ліній і полігонів; 2) символів, кольорів і написів на карті, допомагаючих описати об'єкти карти; 3) аерофотознімків або космічних знімків, що покривають экстент карти; безперервних поверхонь як рельєф, який можна представити різними способами, наприклад, у вигляді набору контурних ліній і крапок з висотами або як рельєф з відмивом

Контрольні запитання

1. Навести приклади подання інформації в растровій моделі даних.
2. Навести приклади подання інформації в векторній моделі даних.
3. Навести приклади конвертації векторної моделі в растрову та навпаки.

Розділ 2. База геоданих в ArcGIS, інструментарій модулей ArcCatalog і ArcMap

4. База геоданих в ArcGIS

Мета вивчення теми – освоєння концепції побудови бази геоданих.

Основні питання:

4.1. База геоданих ArcGIS – базова модель географічної інформації.

4.2. Формати збереження даних у БГД ArcGIS.

4.3. Варіанти архітектури БГД.

4.5. Деякі структурні елементи бази геоданих у ArcGIS.

4.6. Деякі типи файлів у ArcGIS.

Професійні компетентності: знання: принципів організації даних у базі геоданих ArcGIS у вигляді ієрархії об'єктів, форматів збереження даних у БГД ArcGis, структурні елементи бази геоданих у ArcGIS.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп'ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: база геоданих, шейп-файли, покриття, клас просторових об'єктів, набір класів просторових об'єктів, составні класи, робочі області (WorkSpace), набори даних TIN, персональна і корпоративна БД, таблиця, домен, клас відношень, топологія, документ метаданих, інструменти геообробки.

4.1. База геоданих ArcGIS – базова модель географічної інформації

База геоданих – це базова модель географічної інформації для організації даних ГІС у тематичні шари і просторові уявлення [29; 35 – 37].

Вона реалізує об'єктно-орієнтовану модель даних ГІС, яка представляє географічні об'єкти і атрибути у вигляді об'єктів і відносин між

об’єктами, але існує усередині реляційної СУБД. База геоданих може берегти об’єкти, такі як класи просторових об’єктів, набори класів об’єктів, непросторові таблиці і класи відносин. Усі дані в базі геоданих (БГД) організовані у вигляді ієрархії об’єктів.

Об’єкти зберігаються в класах просторових об’єктів, об’єктних класах і наборах класів об’єктів. Об’єктний клас – це таблиця бази геоданих, в якій зберігається непросторова інформація. Клас просторових об’єктів – це набір географічних об’єктів з однаковим типом геометрії (таким, як крапка, лінія або полігон), загальними атрибутами і просторовою прив’язкою. Наприклад, об’єкти одного шару, такі, як: точкові об’єкти, міста Європи, полілінійні об’єкти, річки Європи, полігональні об’єкти, що описують населені пункти Європи. Кожний просторовий об’єкт зберігається у вигляді окремого рядка таблиці атрибутів. У кожній таблиці зберігається клас об’єктів одного геометричного типу. Класи просторових об’єктів можуть зберігатися самостійно в базі геоданих, або міститися в шейп-файлах, покриттях або в інших наборах класів об’єктів.

Об’єкти одного геометричного типу можна об’єднувати в класи і набори класів (наприклад, за тематичною ознакою). Набір класів об’єктів – це набір класів просторових об’єктів, що мають однакову просторову прив’язку, тобто загальну систему координат і розташування у загальній географічній області. У наборі класів об’єктів можуть зберігатися класи просторових об’єктів з різними типами геометрії. Класи просторових об’єктів, прості об’єкти, що бережуть, можуть розміщуватися як усередині наборів класів об’єктів, так із зовні них. В останньому випадку такі класи просторових об’єктів називаються автономними. Класи просторових об’єктів, топологічні об’єкти, що бережуть, повинні об’єднуватися в набори класів об’єктів, щоб вони мали загальну просторову прив’язку.

База геоданих ArcGIS включає набори прикладної логіки і інструментів для організації і управління ГІС-даними. Прикладна логіка бази геоданих доступна через клієнтські додатки (такі, як ArcGIS Desktop), серверні конфігурації (такі, як ArcGIS Server) і призначені для користувача додатки зі вбудованою логікою (ArcGIS Engine).

База геоданих створена як відкрита модель зберігання елементарної геометрії (геометричних примітивів). Вона відкрита для багатьох механізмів зберігання даних, включаючи файли СУБД і реалізації XML, і не прив’язана до якогось одного постачальника СУБД.

4.2. Формати збереження даних у БГД ArcGIS

ArcGis підтримує як файлові моделі об’єктів, так і моделі реляційних СУБД [29; 35 – 37].

У ArcGis для векторної моделі передбачено три варіанти збереження: шейп-файли, покриття та файли бази геоданих.

Файловими моделями є шейп-файли та покриття. У них використовується георeляційна модель даних.

Шейп-файл – це формат векторних даних, призначений для зберігання місцезнаходження, форми і атрибутів географічних об’єктів. Є набором зв’язаних між собою файлів і містить один клас просторових об’єктів.

У шейп-файлах точечних об’єктів існує два типи об’єктів: точкові та багатоточкові.

У шейп-файлах лінійних об’єктів існує два типи об’єктів: лінійні та полілінійні (складаються з декількох ліній).

Шейп-файли полігонів можуть бути простими та вміщувати декілька областей.

Шейп-файли зберігаються в папках. Шейп-файл складається з набора файлів векторних даних та файла dBASE, який вміщує атрибути об’єктів. Усі компоненти шейп-файла мають одне ім’я (рис. 4.1), але різний тип файла.

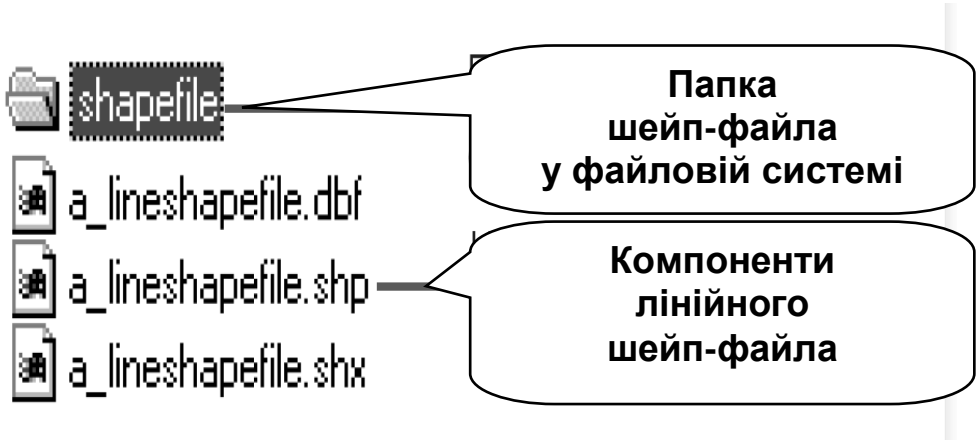


Рис. 4.1. **Папка шейп-файла в Windows та компоненти шейп-файла**

На рис. 4.2 наведено зображення позначок класів об’єктів лінійного, точкового, полігонального шейп-файлів у ArcGis.

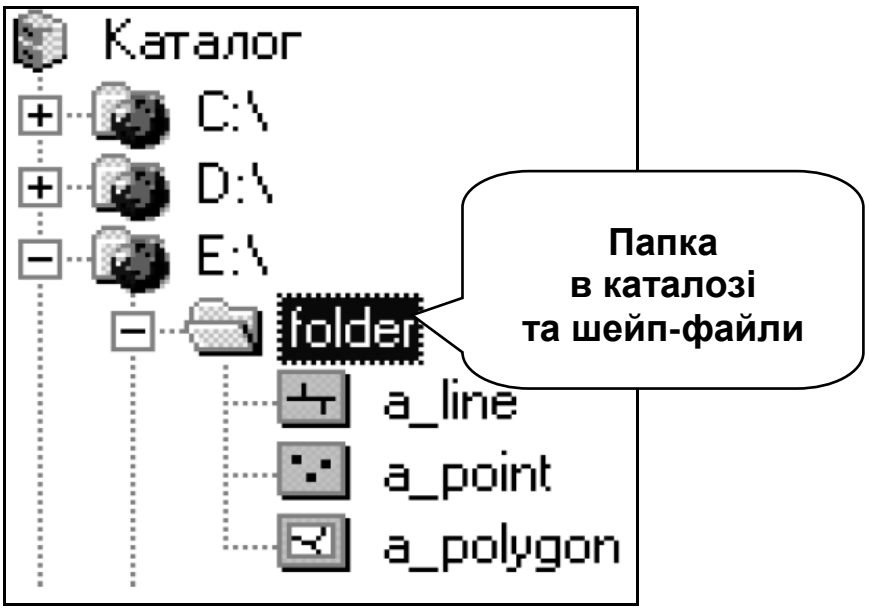


Рис. 4.2. **Класи об’єктів шейп-файлів у ArcGis**

Покриття – це модель даних для збереження просторових об’єктів у вигляді набору тематично зв’язаних даних, що розглядаються як єдиний елемент. Покриття зазвичай представляє окремий тематичний шар, такий, як ґрунти, водотоки, дороги або типи землекористування.

Просторові об’єкти зберігаються в покритті як у вигляді первинних (елементарних) об’єктів (крапок, дуг, полігонів), так і у вигляді вторинних об’єктів (реГІСтраційних крапок, зв’язків, анотацій). Атрибути, що описують просторові об’єкти, зберігаються в окремих атрибутивних таблицях. Покриття не можна редагувати в ArcGIS.

Складові класи включають класи просторових об’єктів та описують маршрути і регіони.

Просторові об’єкти об’єднуються в класи. Кожний клас просторових об’єктів містить набір крапок, ліній (дуг), полігонів або анотацій (тексту). Класи просторових об’єктів можуть включати топологію, яка визначає просторові відносини між об’єктами.

Атрибути об’єктів покриття зберігаються в таблицях INFO, окремо для кожного класу просторових об’єктів. Інші атрибути можуть зберігатися в таблицях INFO, або в таблицях реляційних систем управління базами даних (RDBMS), і потім з’єднуватися з об’єктами за допомогою класу відносин.

Покриття зберігаються в робочих областях (WorkSpace). **Робочі області** – це директорії (папки з файлами на диску), які містять численні набори даних ГІС і документи ArcGIS. Робочі області можуть містити

зовнішні набори даних у різних форматах, а також посилатися на бази геоданих. Папка покриття складається з набору файлів з даними про клас (координати, топологію тощо). На рис. 4.3 наведено варіант робочої області з двома покриттями та папкою info, в якій зберігаються файли даних INFO та параметри таблиць для кожного з покриттів.

Рис. 4.3. **Варіант робочої області з двома покриттями та папкою Info**

За іконками покриття (рис. 4.4) можна дізнатися геометрію об’єктів, які там зберігаються (точки, полігони, дуги тощо).

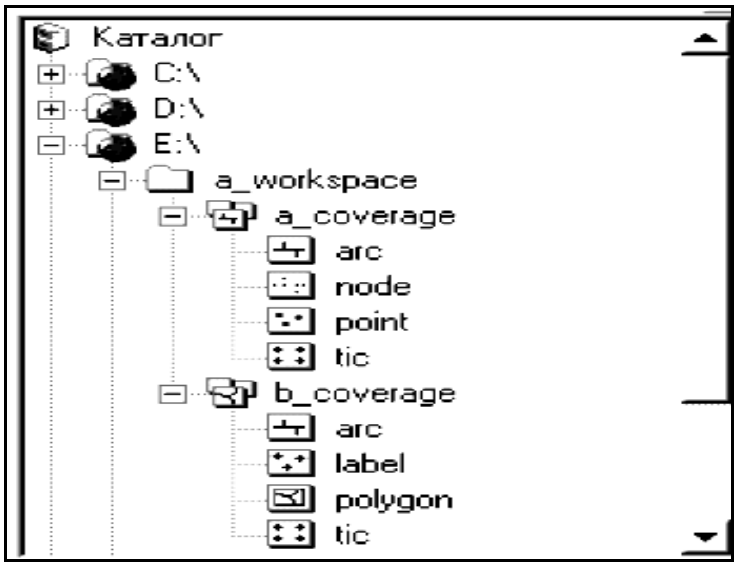


Рис. 4.4. **Зображення робочої області та іконок класу об’єктів покриттів у ArcGis**

У ArcGis растрові дані зберігаються в файлах та робочих областях (WorkSpace).

У ArcGis для TIN-моделі передбачено варіанти збереження у вигляді наборів даних TIN.

4.3. Варіанти архітектури БГД

Архітектура бази геоданих ArcGIS може бути реалізованою в двох принципово різних варіантах: персональної і корпоративної БД (рис. 4.5) [29; 35 – 37].

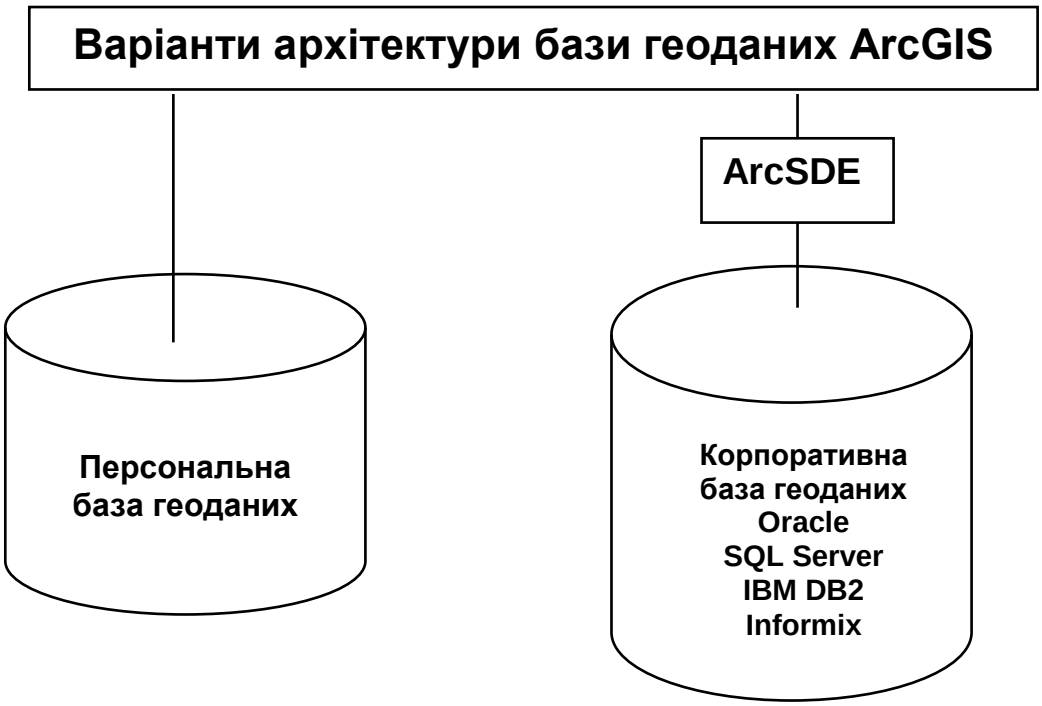


Рис. 4.5. **База геоданих – це модель збереження геометричних примітивів**

У табл. 4.1 наведена загальна характеристика персональних і баз геоданих, розрахованих на багато користувачів.

Таблиця 4.1

Загальна характеристика персональних і баз геоданих, розрахованих на багато користувачів

Тип бази геоданих	СУБД	Пояснення
Персональна база геоданих	Microsoft Jet Engine (Access)	Розраховане на одного користувача редагування. Розмір до 2 GB. Не має підтримки версій
База геоданих розрахована на багато користувачів з версіями	Oracle, Oracle с Spatial или Locator, IBM DB2, IBM Informix, Microsoft SQL Server	Потребує шлюз ArcSDE, Редагування, розраховане на багато користувачів. Рабочий процес з версіями. Розмір та кількість користувачів залежить від СУБД.

Для бази геоданих притаманні ті ж самі риси, що для реляційної БД.

1. Дані організовані в таблиці.
2. У таблицях є рядки.
3. Усі рядки таблиці мають однаковий набір стовпців (колонок).
4. Кожен стовпець містить інформацію певного типу: цілі числа, десяткові числа, текст, дата і т. д.
5. Відношення використовуються для співвідношення рядків однієї таблиці з рядками іншої таблиці. Для цього в кожній із зв'язуваних таблиць є загальний стовпець, званий ключовим – первинний або зовнішній ключ.
6. Для табличних наборів даних існують правила реляційної цілісності.
7. Є набір функцій і операторів SQL для роботи з таблицями і вміщеними в них даними. SQL-оператори призначені для роботи з такими типами загальних реляційних даних, як цілі числа, десяткові числа і символи.

Просторові таблиці в базах геоданих, представляючі класи векторних об'єктів і растрові таблиці, дотримуються тих же принципів реляційних СУБД. Один із стовпців містить просторові дані за кожним географічним об'єктом, наприклад, поле форми (shape) в таблиці об'єктного класу містить інформацію про форму полігону.

Прикладами складних об'єктів, що використовуються для розширення можливостей ГІС, є: класи об'єктів, топологія, сіті, системи лінійних координат, растрові каталоги, вимірювання, анотації, моделі поверхні і т. д.

4.4. Деякі структурні елементи бази геоданих в ArcGIS

Деякі структурні елементи бази геоданих, які використовуються при розробці моделі географічних даних, представлені в табл. 4.2 [29, 35 – 37].

Таблиця 4.2

Структурні елементи бази геоданих ArcGIS

№	Піктограма	Найменування елемента	Пояснення
1	2	3	4
1		Набір класів просторових об'єктів	Містить класи просторових об'єктів, топології і мережі, взаємозв'язки об'єктів цих класів, що описують, в просторі. У наборі даних всі каси мають загальну просторову прив'язку
2		Клас просторових об'єктів	Таблиця із спеціальним полем Shape, що містить геометричні характеристики точкових, лінійних, полігональних об'єктів. Кожний рядок таблиці описує один просторовий об'єкт

Закінчення табл. 4.2

1	2	3	4
3		Таблиця	Набір рядків, що містять однакові поля
4		Домен	Безліч даних, що визначає допустимий діапазон значень для поля
5		Клас відношень	Зв'язує об'єкти з класу просторових об'єктів або таблиці з об'єктами цього або іншого класу. Можуть мати додаткові поля, визначувані користувачем
6		Топологія	Набір базових правил, вживаних до класів просторових об'єктів і чітко визначаючих просторові відносини між цими об'єктами або – це правила цілісності даних, які визначають поведінку просторових об'єктів
7		Геометріча мережа	Правила управління зв'язками об'єктів в наборі класів просторових об'єктів
8		Набір геодезичних даних	Містить геометричні вимірювання, які використовуються для обчислення координат, пов'язаних з геометрією об'єктів з геодезично певних класів просторових об'єктів
9		Набір растрових даних	Містить растри, які представляють безперервні в просторі географічні явища
10		Документ метаданих	Документ у форматі XML, який може бути пов'язаний з будь-яким набором даних. Широко використовується в ArcIMS й інших серверних додатках
11		Інструменти геообробки	Інструменти для виконання різних операцій з даними, включаючи управління, аналіз, моделювання

4.5. Деякі типи файлів у ArcGIS

У табл. 4.3 наведено деякі типи файлів у ArcGIS.

Таблиця 4.3

Деякі типи файлів у ArcGIS

Об'єкт	Тип файла
1	2
Карта	*.mxd
Геобаза даних	*.gdB
Персональна база даних	*.mdB
Шейп-файл	*.shp
Шейп-файл	*.shx

Закінчення табл. 4.3

1	2
Файл таблиці атрибутів шейпа	*.dbf
Файл таблиці атрибутів покриття	*.adf
Файл шару	*.lyr
Файл набору інструментів	*.tbx
Файл растра (Imagine image)	*.img
Файл растра (bitmap)	*.bmp
Файл растра (JPEG)	*.jpg, *.jpeg
Файл растра (Portable Network Graphics)	*.png
Файл растра (Graphics Interchange Format)	*.gif
Файл растра (Tagged Image File Format)	*.tif, *.tiff
Файл растра (ARC/INFO and Space Imaging BIL)	*.bil
Файл растра (ARC/INFO and Space Imaging BIP)	*.bip
Файл растра (ARC/INFO and Space Imaging BSQ)	*.bsq
Файл растра (DTED Level 0-2)	*.dted
Файл растра (ERDAS 7.5 LAN)	*.lan
Файл растра (ERDAS 7.5 GIS)	*.gis
Файл растра (JP2)	*.jp2
Файл растра (MrSID)	*.sid
Файл растра (RAW)	*.raw
Файл растра (NTIF)	*.ntf
Файл растра (USGS ASCII DEM)	*.dem
Файл растра (X11 Pixmap)	*.xpm
Файл растра (PC Raster)	*.map
Файл растра (PCI Geomatics Database File)	*.pix
Файл растра (JPC)	*.jpc
Файл растра (J2C)	*.j2c
Файл растра (J2K)	*.j2k
Файл растра (HDF)	*.hdf
Файл растра (BSB)	*.kap

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст поняття "база геоданих".
2. Розкрити зміст поняття "шейп-файл".
3. Розкрити зміст поняття "покриття".
4. Розкрити зміст понять "клас просторових об’єктів" і "набір класів просторових об’єктів".
5. Розкрити зміст поняття "робочі області (WorkSpace)".
6. Поясніть різницю між персональню і корпоративною БГД.
7. Розкрити зміст понять "таблиця" і "домен" БГД.

Резюме за темою

База геоданих – це базова модель географічної інформації для організації даних ГІС у тематичні шари і просторові уявлення.

Вона реалізує об’єктно-орієнтовану модель даних ГІС, яка представляє географічні об’єкти і атрибути у вигляді об’єктів і відношень між об’єктами, але існує усередині реляційної СУБД. База геоданих може берегти об’єкти, такі як класи просторових об’єктів, набори класів об’єктів, непросторові таблиці і класи відношень. Усі дані в базі геоданих (БГД) організовані у вигляді ієрархії об’єктів. Архітектура бази геоданих ArcGIS може бути реалізованою в двох принципово різних варіантах: персональної і корпоративної БД.

Словник термінів

База геоданих (geodatabase)	Об’єктно-орієнтована модель даних, що представляє географічні об’єкти і атрибути у вигляді об’єктів і відносин між об’єктами, але існуюча усередині реляційної системи управління базами даних. База геоданих може берегти об’єкти, такі, як класи просторових об’єктів, набори класів об’єктів, непросторові таблиці і класи відносин
Шейп-файл (shapefile)	Формат векторних даних призначений для зберігання місцеположень, форми і атрибутів географічних об’єктів. Шейп-файл є набором зв’язаних між собою файлів і містить один клас просторових об’єктів
Покриття (coverage)	Модель даних для зберігання просторових об’єктів у вигляді набору тематично зв’язаних даних, що розглядаються як єдиний елемент. Покриття зазвичай представляє окремий тематичний шар, такий, як ґрунти, водотоки, дороги або типи землекористування. Просторові об’єкти зберігаються в покритті як у вигляді первинних (елементарних) об’єктів (крапок, дуг, полігонів), так і у вигляді вторинних об’єктів (реГІСтраційних крапок, зв’язків, анотацій). Атрибути, просторові об’єкти, що описують, зберігаються в окремих атрибутивних таблицях. Покриття не можна редагувати в ArcGIS

Класс просторових об’єктів (feature class)	Набір географічних об’єктів з однаковим типом геометрії (таким, як крапка, лінія або полігон), загальними атрибутами і просторовою прив’язкою. Класи просторових об’єктів можуть зберігатися самостійно в базі геоданих, або міститися в шейп-файлах, покриттях або в інших наборах класів об’єктів. Для мети зберігання даних класи просторових об’єктів дозволяють групувати однорідні об’єкти у вигляді окремого блоку. Наприклад, автомагістрали, основні дороги і другорядні дороги можуть бути згрупований в клас лінійних об’єктів з ім’ям "дороги". У базі геоданих класи просторових об’єктів також можуть берегти анотації і об’єкти-розміри
Набір класів об’єктів (feature dataset)	Це набір класів просторових об’єктів, що мають однакову просторову прив’язку, тобто загальну систему координат і розташування в загальній географічній області. В наборі класів об’єктів можуть зберігатися класи просторових об’єктів з різними типами геометрії
Таблиця (table)	Набір елементів даних, організований у вигляді рядків і стовпців. Кожний рядок представляє окремий елемент, запис або об’єкт, а кожний стовпець представляє окреме поле або значення атрибута. Таблиця має фіксоване число стовпців і будь-яке число рядків
Клас відношень (relationship class)	Елемент бази геоданих для зберігання інформації про відносини між об’єктами. Клас відносин відображається у вигляді окремого елемента в дереві ArcCatalog або у вікні змісту
Топологія (topology)	У базах геоданих – це набір базових правил, вживаних до класів просторових об’єктів і чітко визначаючих просторові відносини між цими об’єктами
Метадані (metadata)	Інформація про зміст, якість, умови і інші характеристики даних. Метадані для географічних даних можуть документувати їх властивості: як, коли, де і ким дані були зібрані; точність даних; інформація про їх доступність і умови розповсюдження; їх проекції, масштаби, точність; а також про надійність даних шодо деякого стандарту. Метадані включають властивості і документацію. Властивості витягуються з джерела даних (наприклад, система координат і проекція), а документація вводиться людиною (наприклад, за ключовими словами, використаними для опису даних)
Інструменти геообробки (tool)	Елемент ArcGIS, що виконує одну із спеціальних задач геообробки, таких, як розбиття, вирізування, очищення або створення буферної зони. Інструмент може належати будь-якій кількості наборів і/або груп інструментів

Контрольні запитання

1. Навести приклад з файлами точкової теми.
2. Навести приклад з файлами лінійної теми.
3. Навести приклад з файлами полігональної теми.

5. Модулі ArcCatalog і ArcMap

Мета вивчення теми – освоєння головних принципів використання модулей ArcCatalog і ArcMap.

Основні питання:

5.1. Призначення модуля ArcCatalog.

5.2. Особливості структурних компонент ArcCatalog.

5.3. Управління даними в модулі ArcCatalog.

5.4. Панелі інструментів в ArcCatalog.

5.5. Створення нової бази геоданих у модулі ArcCatalog.

5.6. Призначення і особливості структурних компонент модуля ArcMap.

5.7. Вид географічних даних карти в ArcMap.

5.8. Шари карти.

5.9. Фрейм даних.

5.10. Вид компоновки карти в ArcMap.

5.11. Налаштування відображення об’єктів шару.

5.12. Стандартні завдання, виконувані в ArcMap.

5.13. Основні робочі інструменти інтерактивних операцій з об’єктами карт в ArcMap.

5.14. Редагування об’єктів на карті.

5.15. Одиниці вимірювання карт.

Професійні компетентності: уміння виконувати основні операції з даними та інструментами в середовищі модуля ArcCatalog, уміння виконувати основні операції з даними та інструментами в середовищі модуля ArcMap.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп’ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: модуль ArcCatalog, модуль ArcMap, шари карти, фрейм даних, компоновка карти в ArcMap, редагування геометрії об’єктів, одиниці виміру карт.

5.1. Призначення модуля ArcCatalog

Модулі ArcCatalog і ArcMap є основними робочими інструментами пакета ArcGis. Їх завантаження виконується з меню "Пуск", "Програми" ArcGis (рис. 5.1) [29; 30].

Модуль ArcCatalog призначений для структуризації і управління всією ГІС-інформацією, такою, як карти, глобуси, набори даних, метадані і сервіси. Інструменти, що входять в нього, дозволяють:

1) переглядати і шукати географічну інформацію;
2) записувати, переглядати і управляти метаданими;
3) визначати, експортувати та імпортувати структуру і дизайн баз геоданих;
4) здійснювати пошук ГІС-даних по локальних мережах і через Web;
5) адмініструвати ArcGIS Server.

Адміністратор баз даних ГІС використовує ArcCatalog при визначенні і побудові баз геоданих, адміністратор ГІС-сервера – при адмініструванні архітектури ГІС-сервера.

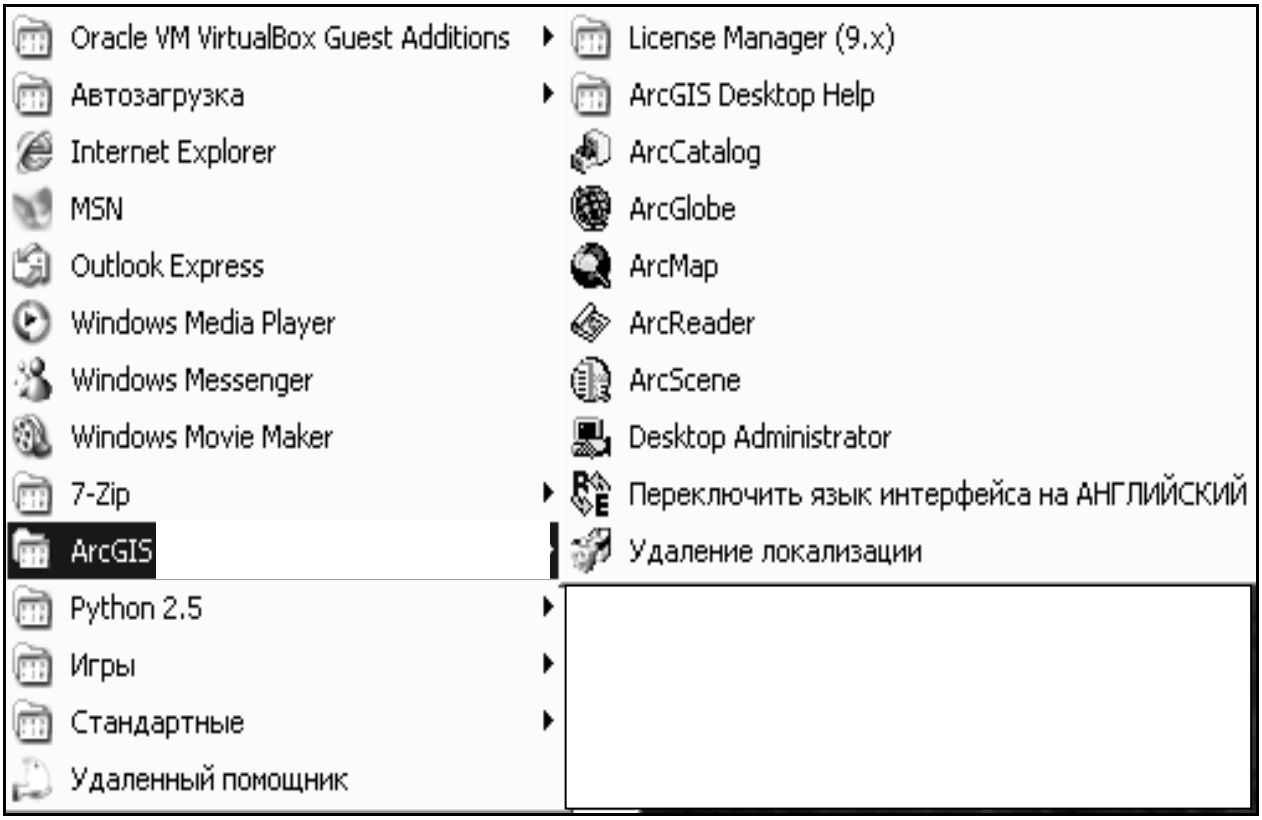


Рис. 5.1. **Компоненти пакета ArcGis**

5.2. Особливості структурних компонент ArcCatalog

У лівій частині призначеного для користувача інтерфейсу ArcCatalog розташовано дерево каталогу [29].

Тут можливо створювати нові підключення, додавати і видаляти елементи (набори даних). Вибір якої-небудь елемента в дереві каталога дозволяє проглядати його властивості в правій частині вікна додатка. Нижче наведені деякі елементи, що часто зустрічаються в дереві каталогу (рис. 5.2).

Папки – це засіб підключення до робочих областей з базами даних і документами ArcGIS.

Підключення до баз даних – це засіб підключення до бази геоданих ArcSDE.

Локатори адрес - інструменти ArcGIS адресного геокодування.

Системи координат - інструменти визначення картографічної проекції і системи координат для просторової прив'язки наборів даних. Сервери ГІС – це засіб вибору серверів ArcGIS, з якими можна працювати в ArcCatalog.

Набори інструментів – це інструменти геообробки в ArcGIS.

Стилі – це інструменти вибору таких символів карти, як маркери (крапки), лінійні символи, символи заливки (для полігонів) і текстові символи такі, що використовуються для написів на картах.

Шаблони карт – це інструменти вибору стилю карти, які можна використовувати при запуску ArcMap.

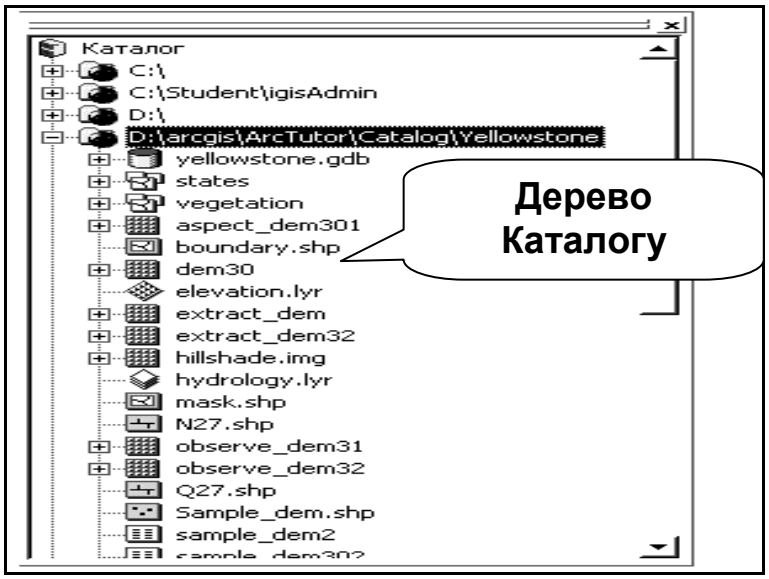


Рис. 5.2. **Приклад вмісту каталогу**

На рис. 5.3 представлені робочі вікна каталогу.

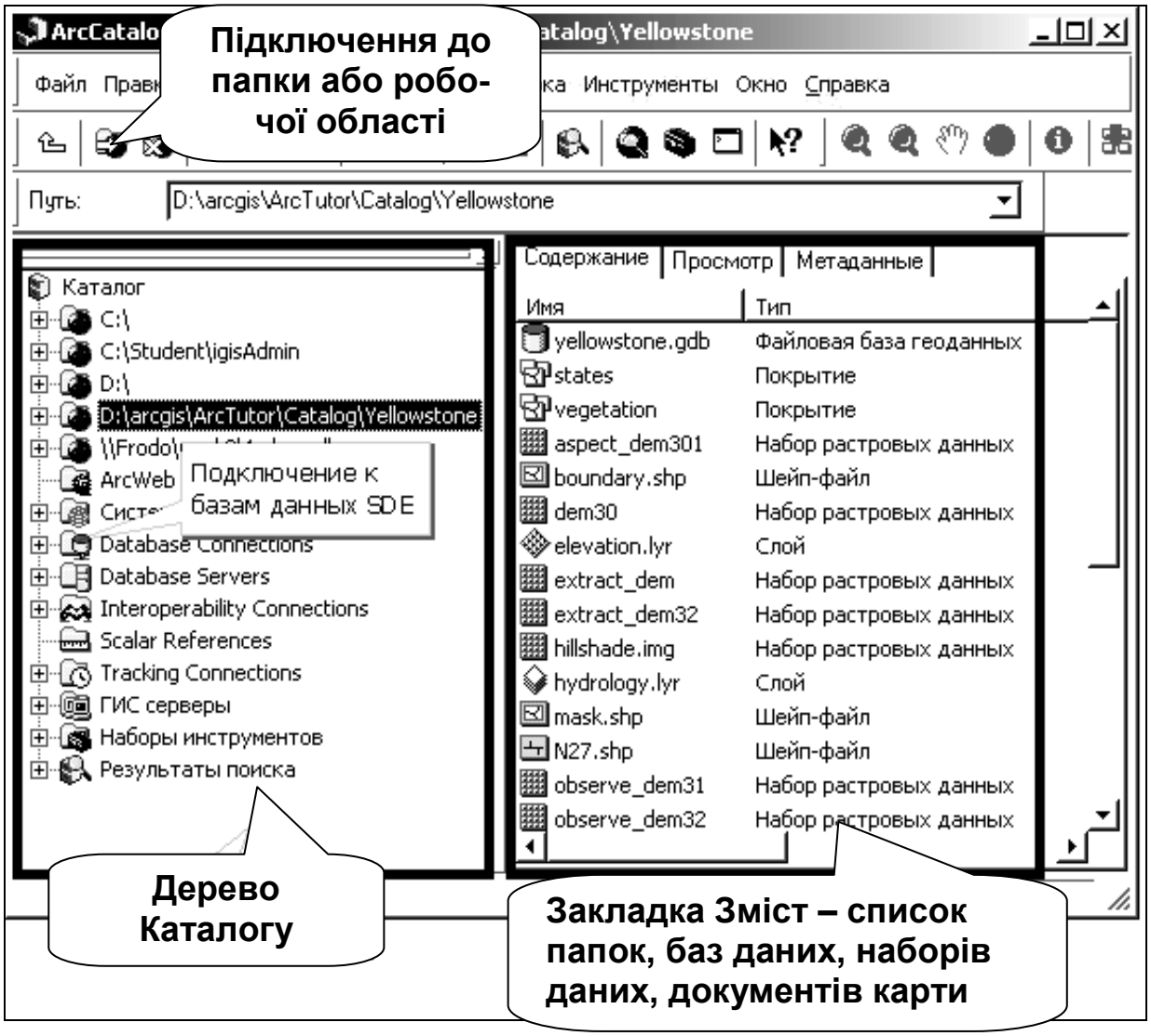


Рис. 5.3. **Робочі вікна каталогу**

У правій частині вікна каталогу розташовані закладки, що дозволяють досліджувати вміст вибраного в дереві елемента. Кожна з трьох закладок надає власний спосіб дослідження змісту вибраного елемента. Усередині кожної закладки існують різні види ("Географія" або "Таблиця"), що дозволяє змінювати зовнішнє представлення вмісту вибраного елемента. Закладка "Зміст" перераховує елементи, які містяться всередині вибраного елемента в дереві Каталогу, наприклад, об’єкти в папці. На рис. 5.4 наведений результат відображення змісту вибраного елемента шейп-файла (Міста Європи – "Cities").

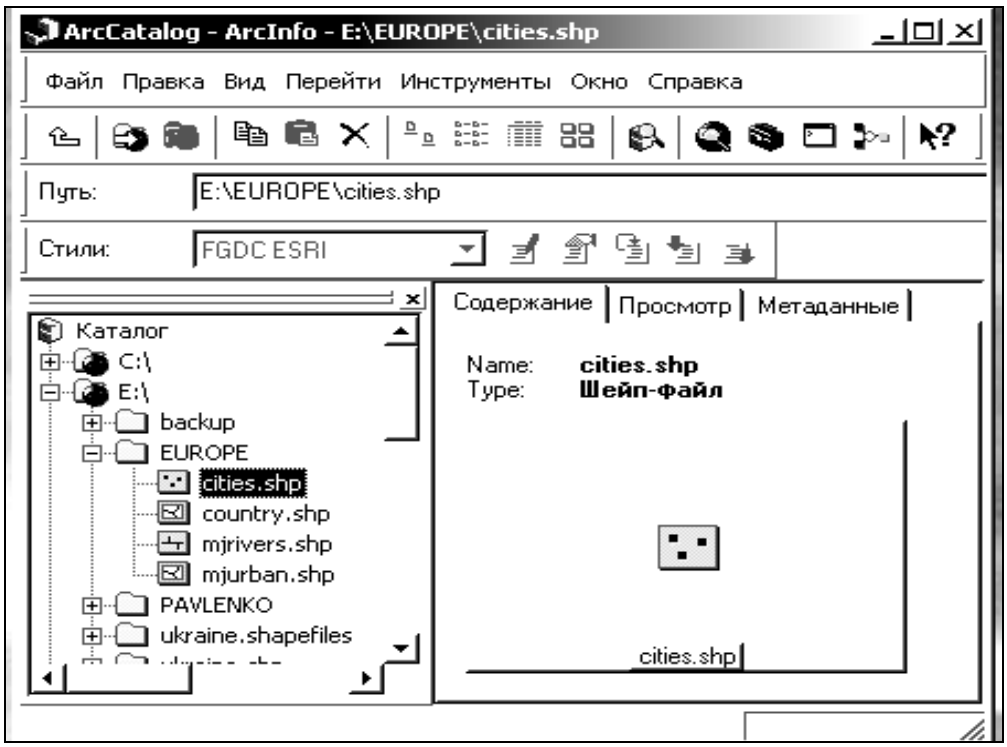


Рис. 5.4. **Результат відображення обраного елемента "Cities"**

Закладка "Перегляд" (Preview) дозволяє побачити географічні об’єкти або атрибутивні дані, які містить обране джерело. Наприклад, якщо вибраним є джерело растрових даних, то їх відображенння має вигляд (рис. 5.5), якщо вибрано шейп-файл, то його відображення має вигляд (рис. 5.6).

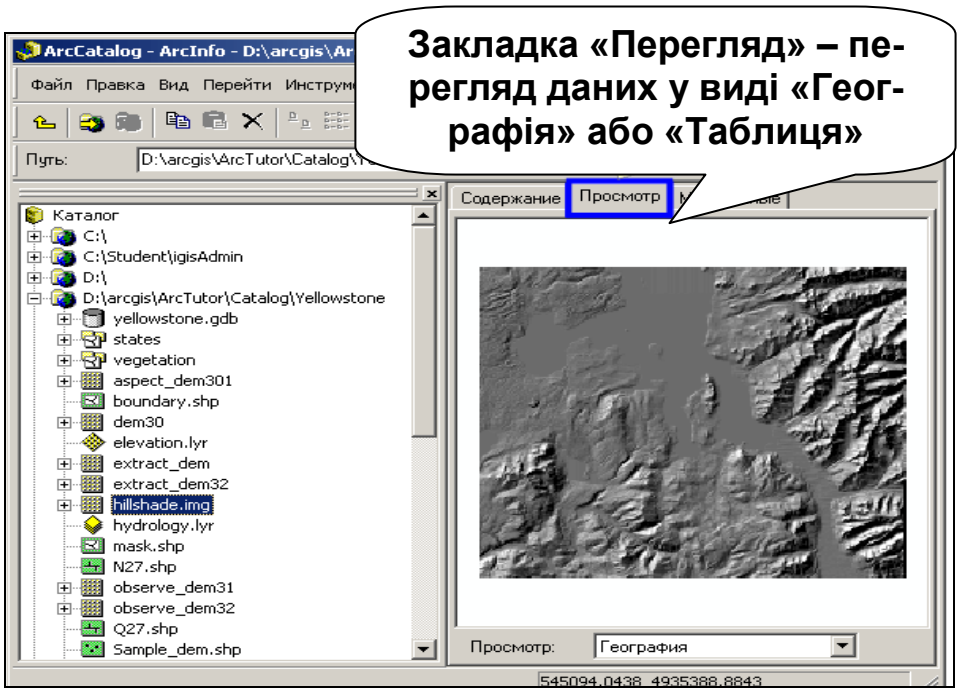


Рис. 5.5. **Перегляд растрових даних**

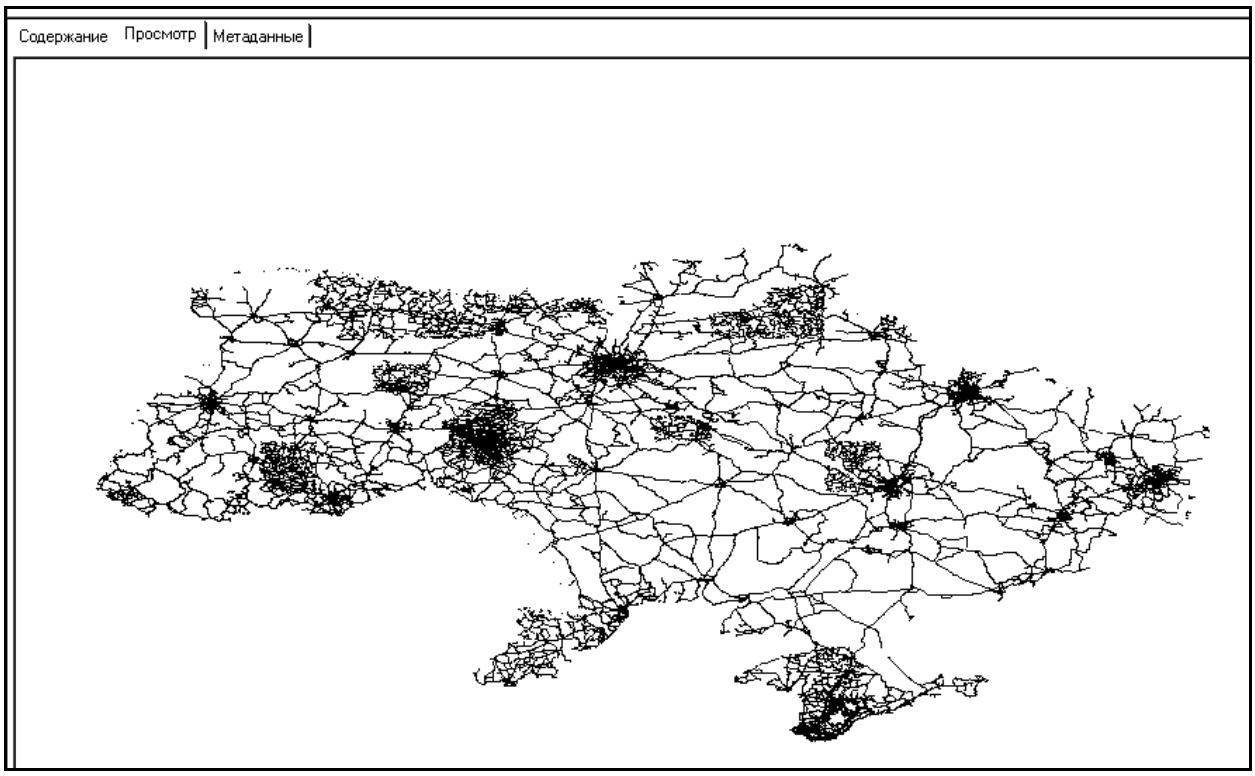


Рис. 5.6. **Перегляд векторних даних про автомобільні шляхи України**

За замовчуванням, розширення таких файлів, як документи карт, шари, растрові набори даних і ряд інших файлів, не відображаються.

Для активізації опції, що дозволяє відображати в каталозі розширення імен файлів, необхідно звернутися до властивостей каталога (рис. 5.7) і у вікні опцій прибрати мітку "Приховати розширення файлів" у властивостях Каталогу (рис. 5.8).

Рис. 5.7. **Звернення до опції "Властивості" каталогу**

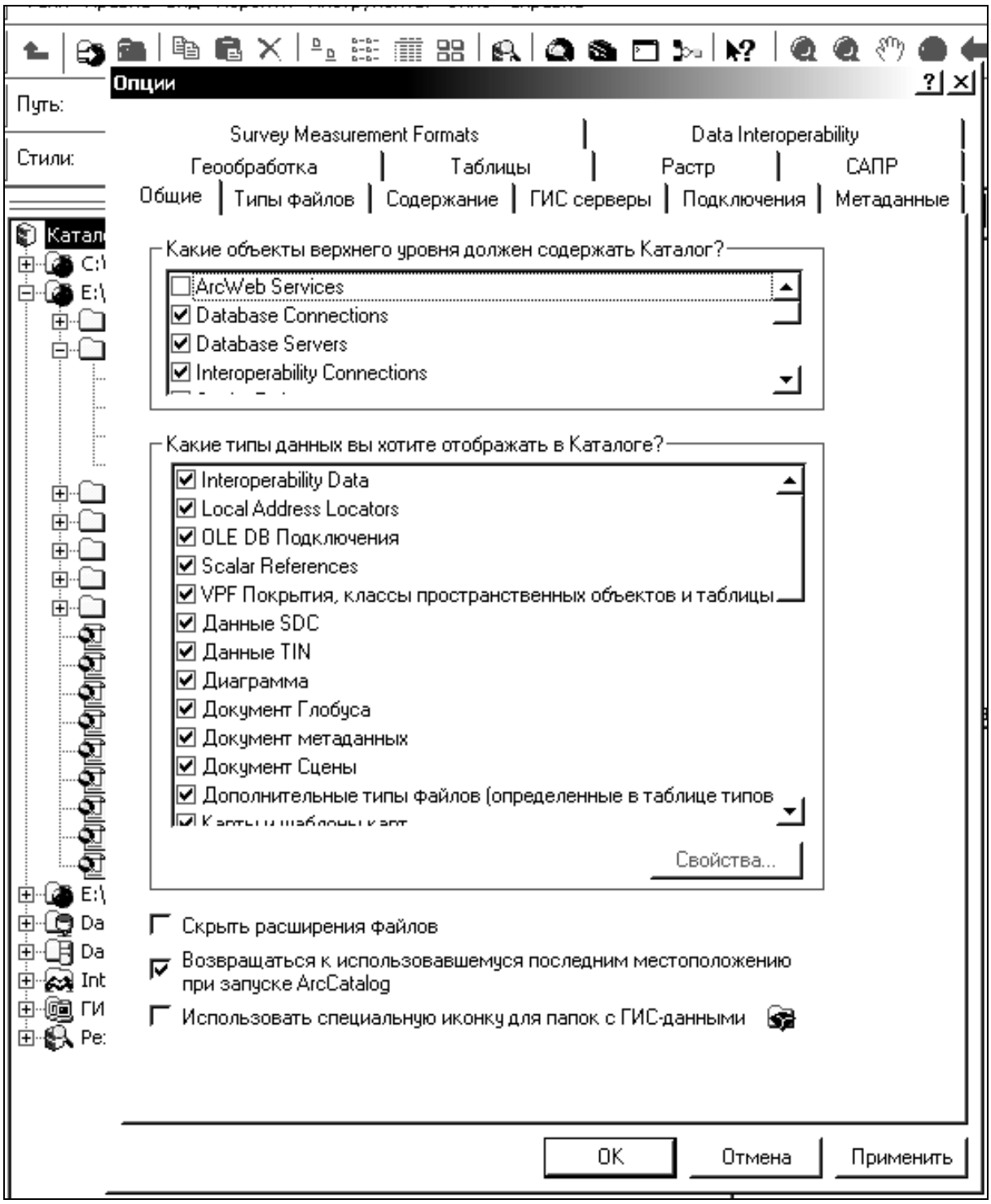


Рис. 5.8. **Прибрати мітку "Приховати розширення файлів"**

У вікні "Опції" каталогу в закладці "Загальні" у вікні "Які об’єкти верхнього рівня повинен містити каталог?" необхідно зазначити всі необхідні для роботи користувача об’єкти. Наприклад, "Набір інструментів" (рис. 5.9). У вікні "Які типи даних ви бажаєте відображати в каталозі?" треба уточнити необхідні типи даних.

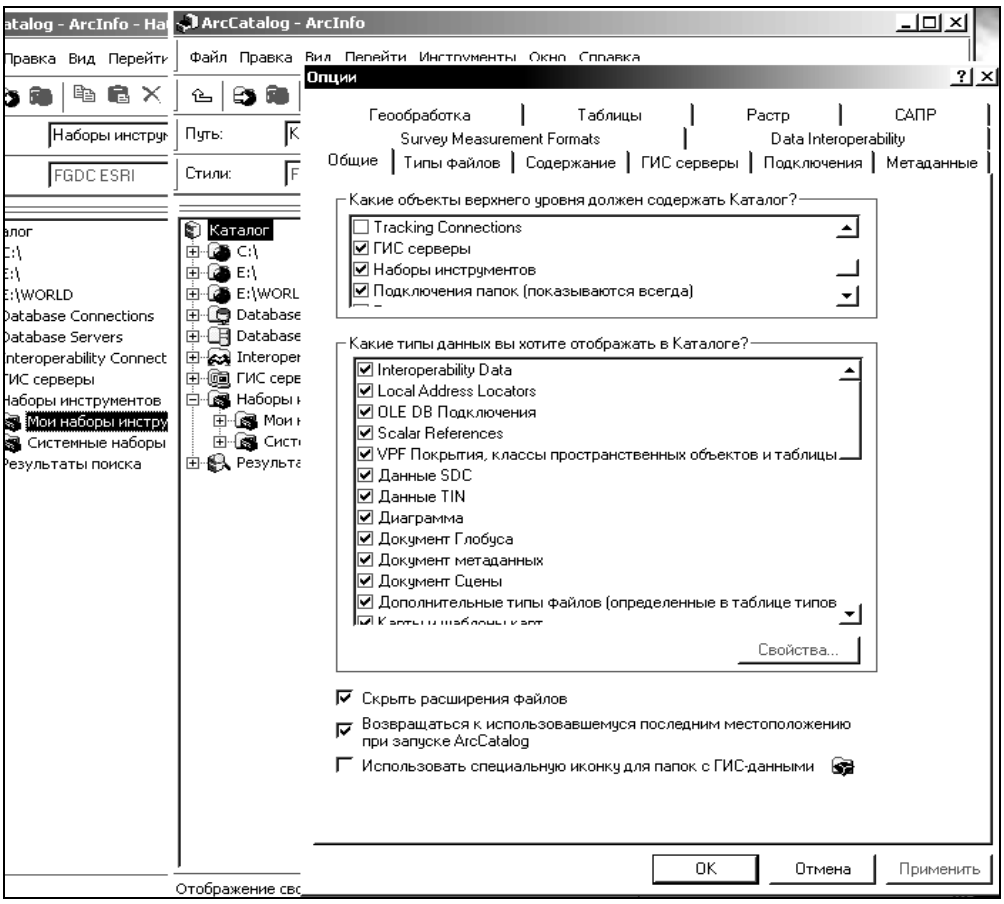


Рис. 5.9. **Вибір опції "Набір інструментів"**

Набори інструментів містять два види інструментів: "Системні набори інструментів" і "Мої набори інструментів" (рис. 5.10).

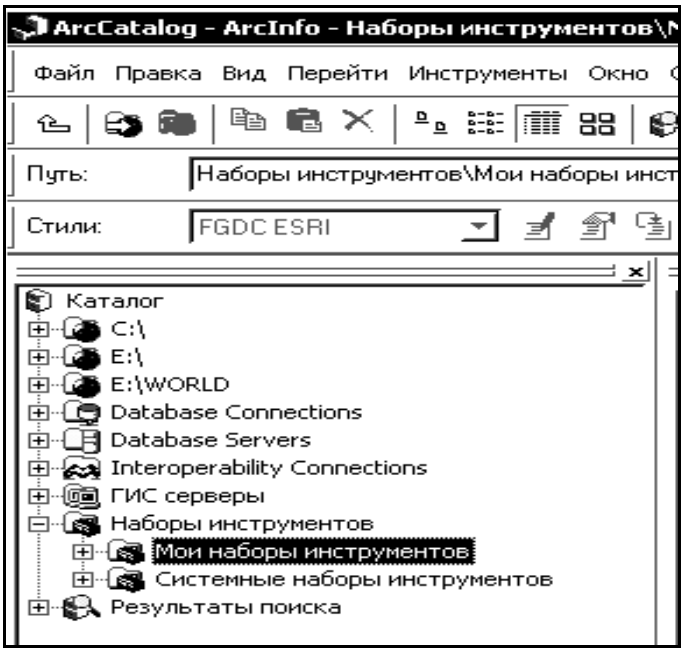


Рис. 5.10. **Два види наборів інструментів**

У наборі "Мої набори інструментів" можна створити набір інструментів користувача для зберігання власних моделей (рис. 5.11).

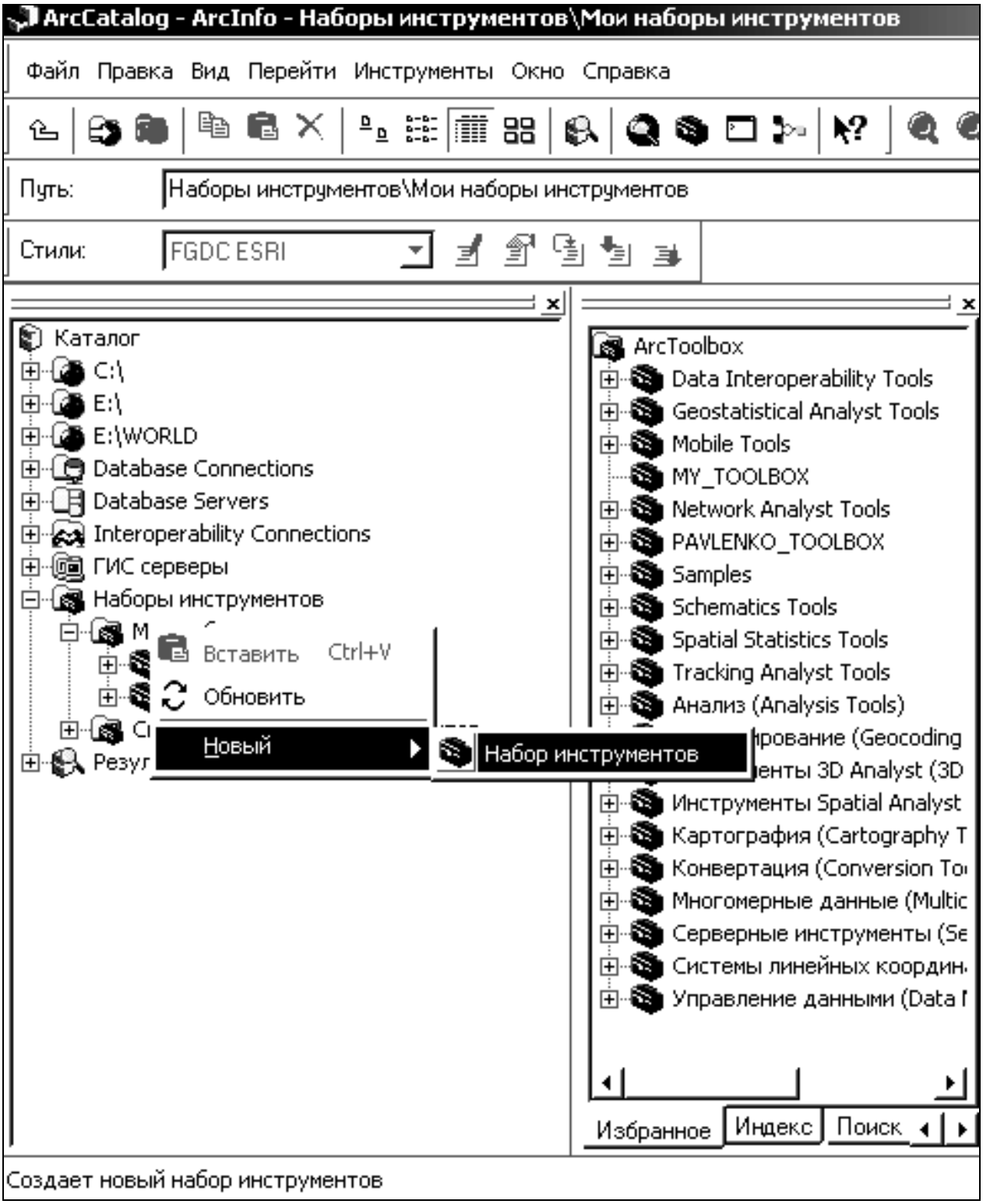


Рис. 5.11. **Створення набору інструментів користувача**

Розроблений набір інструментів користувача можна додати в ArcToolbox (рис. 5.12).

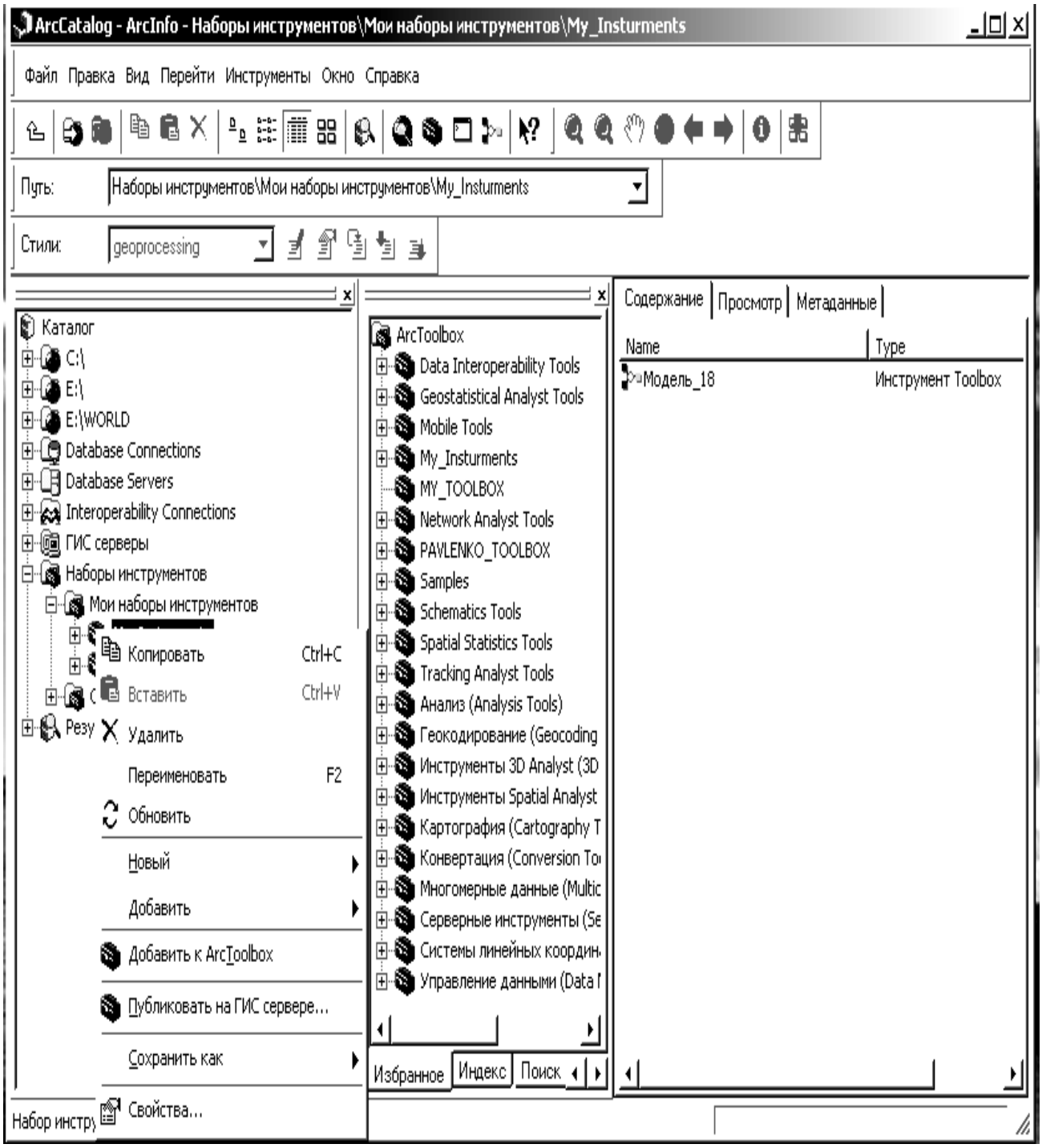


Рис. 5.12. **Можливість додати набір інструментів користувача в ArcToolbox**

Можливо розробити набір інструментів користувача в робочій папці користувача (рис. 5.13, 5.14).

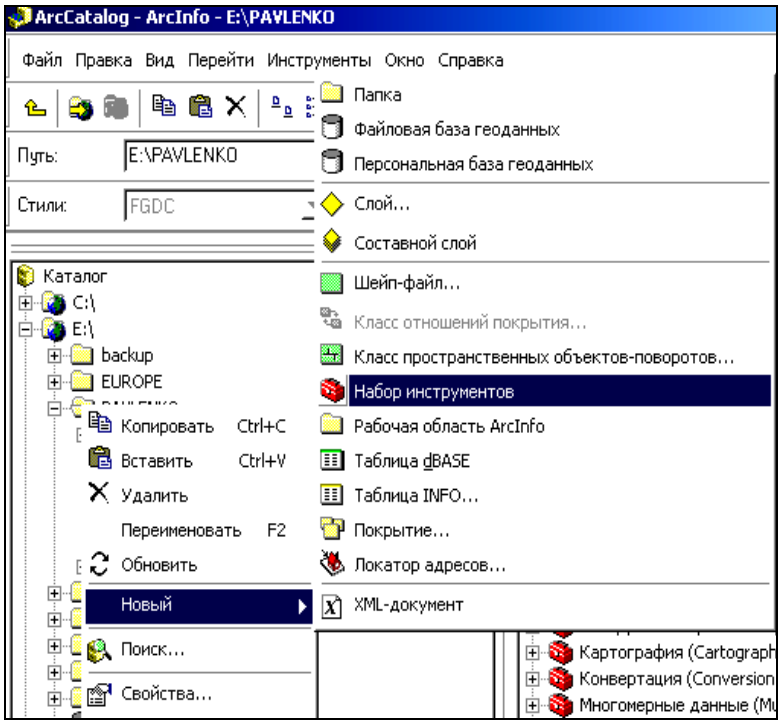


Рис. 5.13. **Звернення до опції створення нового набору інструментів у папці користувача**

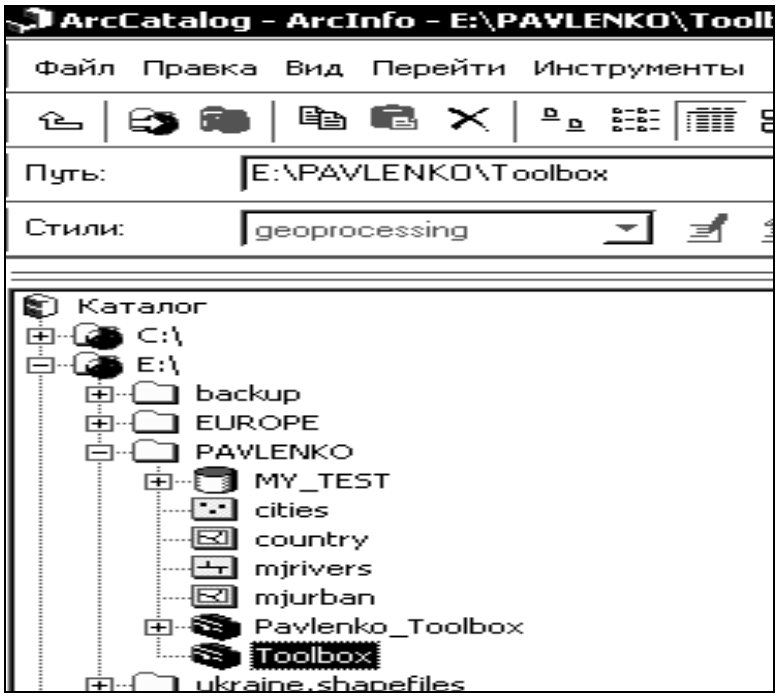


Рис. 5.14. **Результат розробки нового набору інструментів у папці користувача**

У модулі ArcCatalog можно проглядати об’єкти зберігання в цьому наборі. На рис. 5.15 показаний значок моделі в змісті, на рис. 5.16 – результат моделювання.

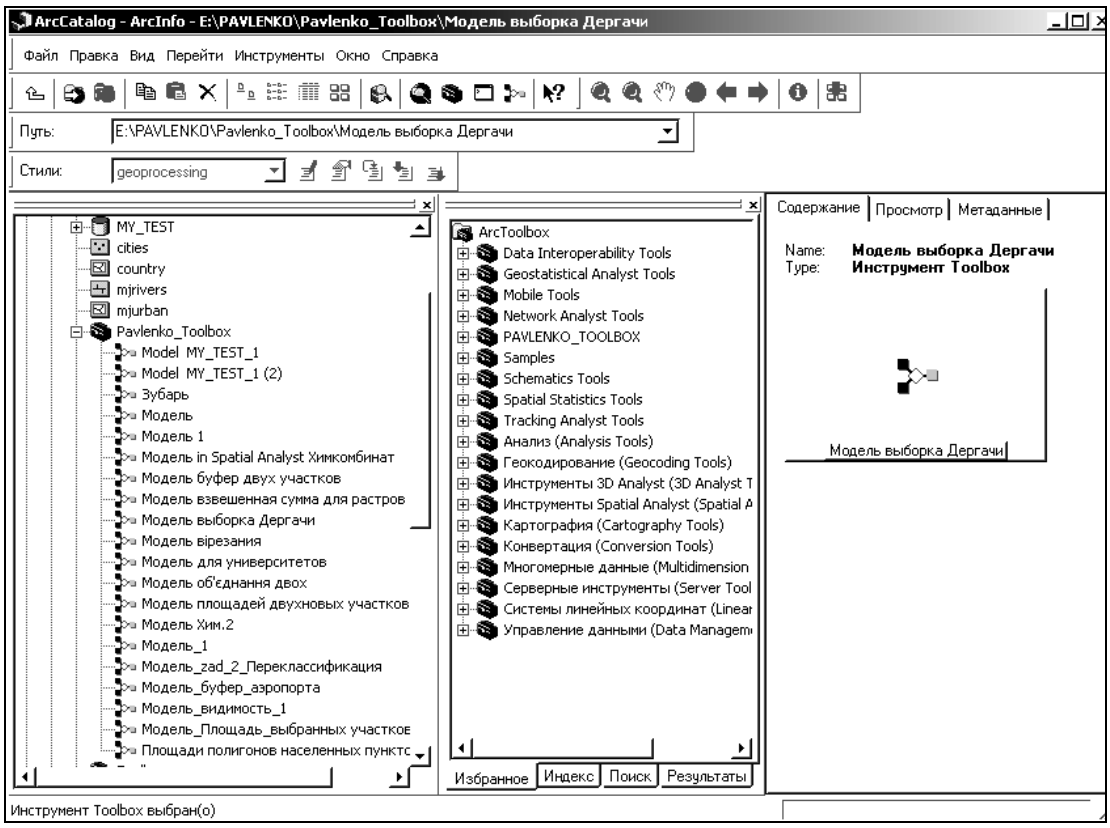


Рис. 5.15. **Перегляд значка моделі в змісті**

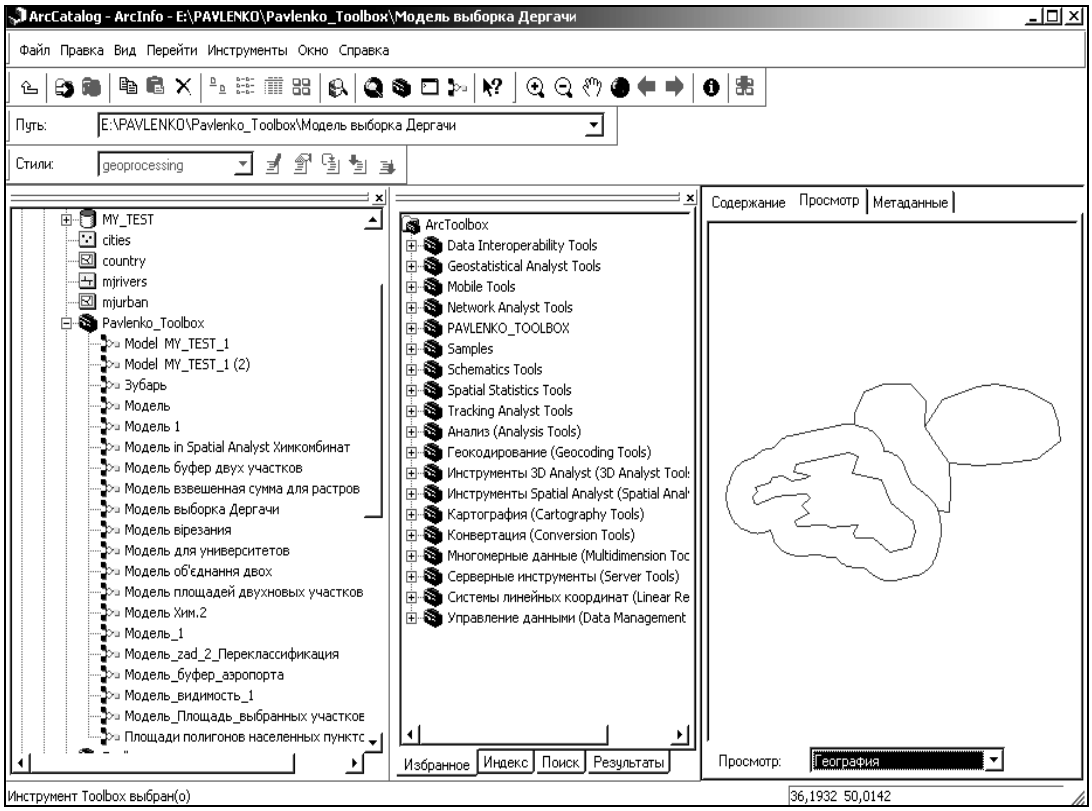


Рис. 5.16. **Перегляд у вікні перегляду каталогу результата моделювання**

Закладка "Метадані" дозволяє переглядати і управляти документацією, що описує вибраний елемент або відображає описову інформацію про елемент, вибраний в дереві Каталога (рис. 5.17). Метадані включають властивості елемента і документацію. Метадані зберігаються як дані XML (extensible markup language) у файлі з даними або базі геоданих. Щоб перетворити дані XML у сторінку формату HTML, Каталог використовує шаблон стилю XSL (extended stylesheet language). Користувач може змінити зовнішній вигляд метаданих, змінивши поточний шаблон за допомогою спадаючого списку в панелі інструментів Метадані.

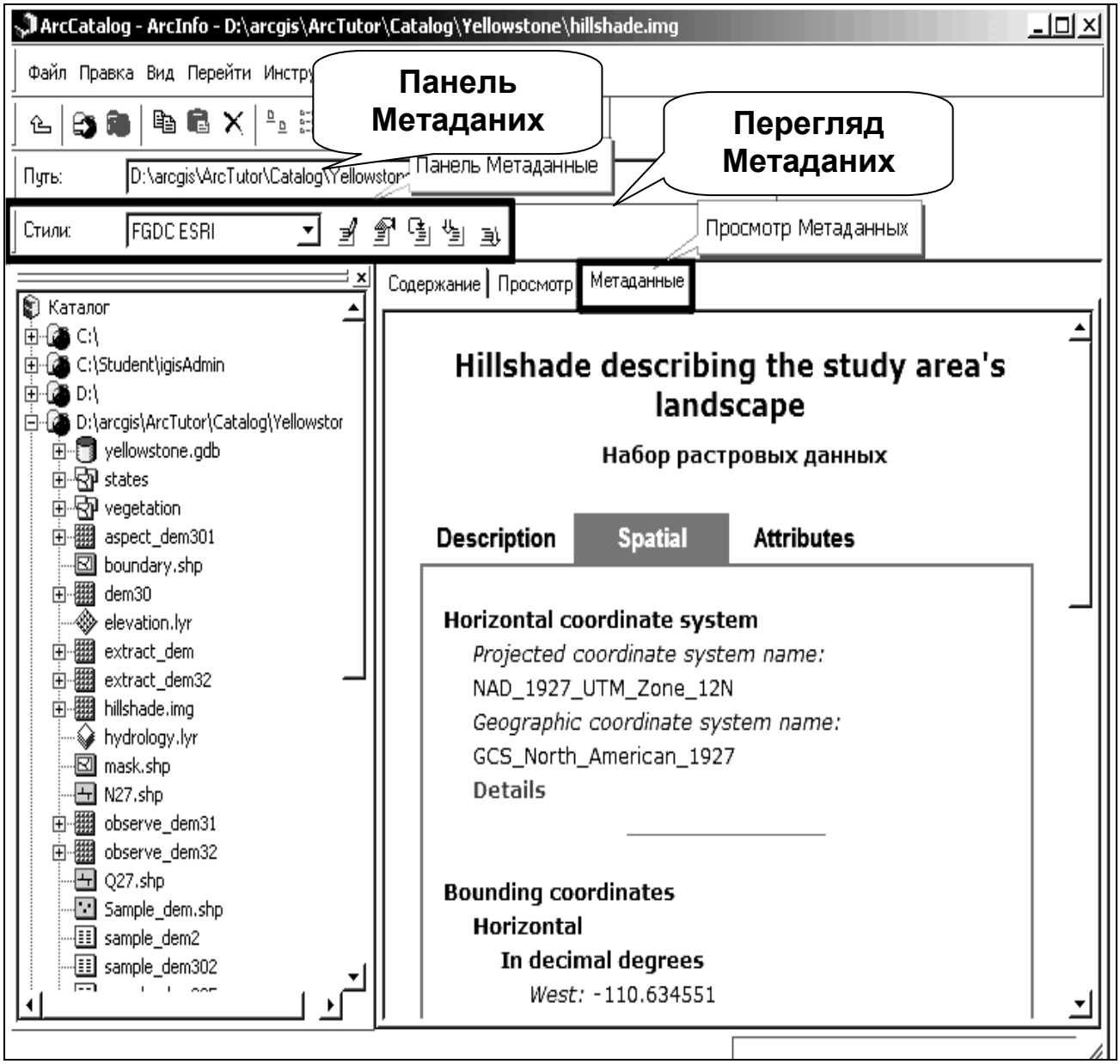


Рис. 5.17. **Перегляд метаданих у каталозі**

5.3. Управління даними в модулі ArcCatalog

При першому запуску ArcCatalog містить підключення папок, які дозволяють отримати доступ до жорстких дисків комп'ютера. Підключення зображаються папкою з глобусом. Дерево каталогу дозволяє встановити підключення до папок з необхідними файлами і баз геоданих.

Для підключення до даних використовується кнопка підключення на головній панелі ArcCatalog (рис. 5.18). Підключення папок дозволяють звертатися до даних на локальному або мережному диску.

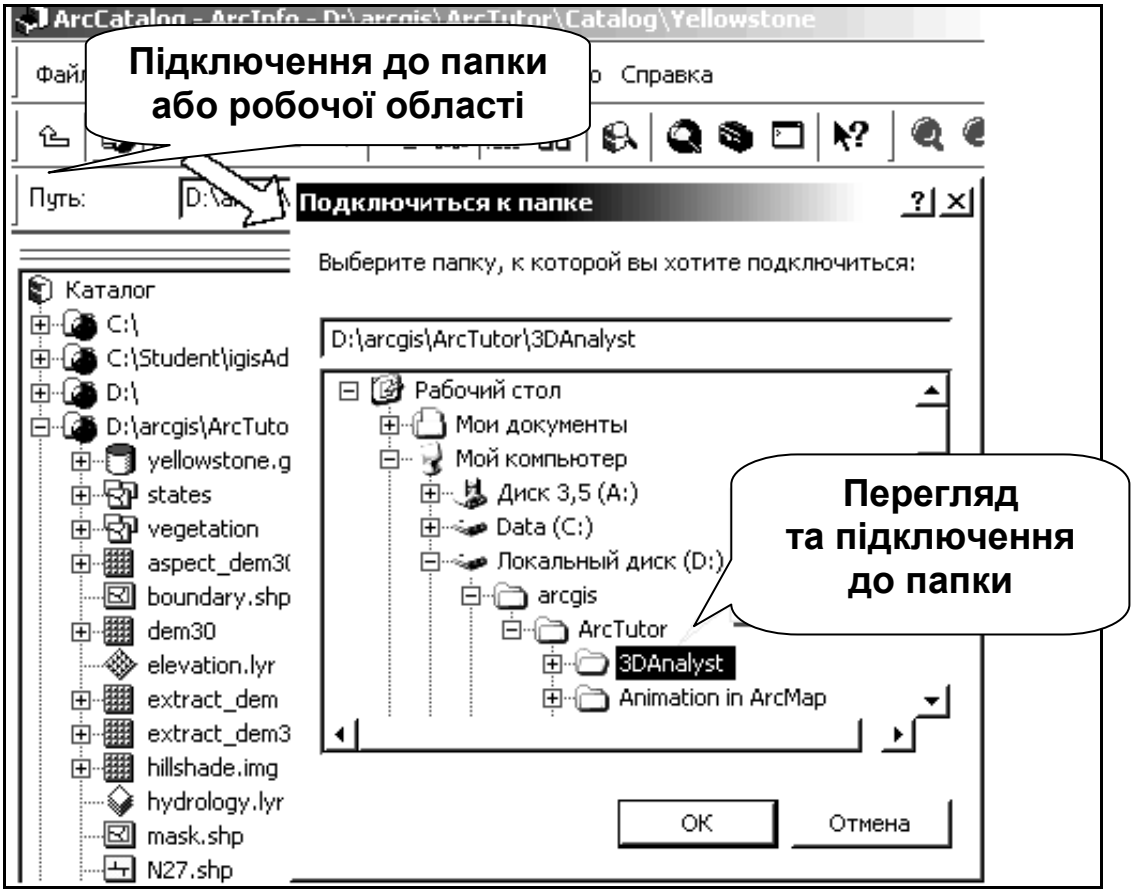


Рис. 5.18. **Підключення до даних**

Після установки підключення ArcCatalog забезпечує впорядкування всіх наборів географічної інформації для перегляду в дереві Каталога файлів на диску і підключення до бази даних. Адміністратори бази геоданих можуть створювати і управляти схемами своїх баз геоданих за допомогою ArcCatalog. Окрім підключень каталог дозволяє створювати нові набори даних, такі, як: Набір класів об'єктів, Клас просторових об'єктів, Таблиця, Клас відносин, Набір інструментів, Каталог растрів, Локатор адрес, Набір растрових даних (рис. 5.19).

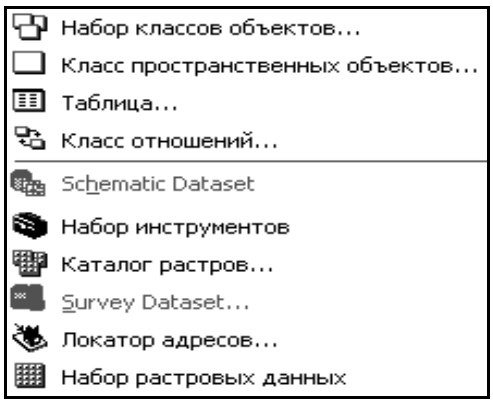


Рис. 5.19. **Спектр наборів даних, які можливо розробити в каталозі**

5.4. Панелі інструментів у ArcCatalog

ArcCatalog містить ряд панелей інструментів, які використовуються для проглядання наборів даних і здійснення ряду операцій для роботи з робочими областями та інформацією в ArcGIS [29]. Наприклад, на панелі Перегляду (Preview) можливо проглядати дані, змінюючи їх масштаб і панораму за допомогою інструментів панелі Географія (Geography). Частіше всього в ArcCatalog використовуються такі панелі інструментів.

Панель інструментів "Стандартні" (Standard) зазвичай відображається у верхній частині вікна додатка ArcCatalog і використовується для переміщення між робочими областями, установки властивостей проглядання тек і наборів даних, для запуску інших додатків ArcGIS і т. д. (рис. 5.20).

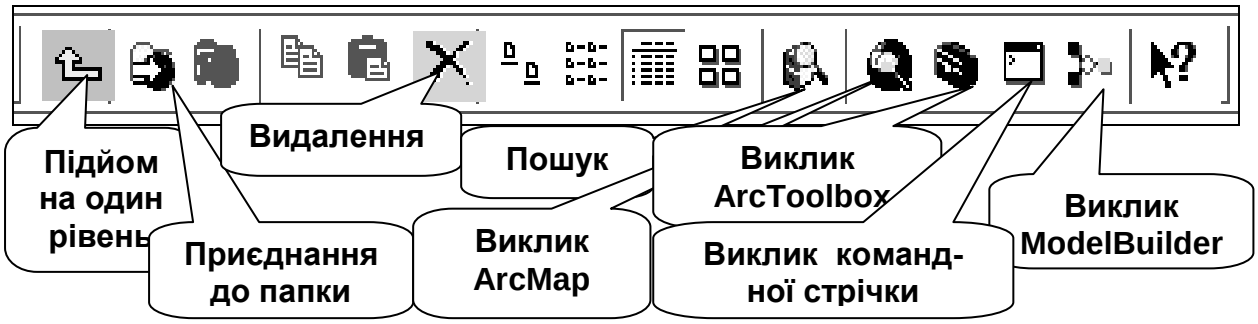


Рис. 5.20. **Стандартна панель інструментів ArcCatalog**

Панель інструментів "Метадані" (Metadata) (рис. 5.21) використовується для редагування, передачі та імпорта документів метаданих.

Рис. 5.21. **Панель інструментів "Метадані" (Metadata)**

Панель інструментів Географія (Geography) використовується при роботі з панеллю ArcCatalog "Перегляд" при перегляді, зміні масштабу, ідентифікації об’єктів і створенні зразків зображень метаданих (thumbnail) (рис. 5.22).

Рис. 5.22. **Панель інструментів "Географія" (Geography)**

Панель інструментів "Адміністрування об’єктів ArcGIS Server" використовується адміністраторами ArcGIS Server для запуску, зупинки і припинення об’єктів сервера (рис. 5. 23).

Рис. 5.23. **Панель інструментів адміністрування об’єктів ArcGIS Server**

5.5. Розробка нової бази геоданих у модулі ArcCatalog

Найважливішою функцією ArcCatalog з управління географічними даними є надання користувачу можливості створювати нові засоби зберігання даних. Це можуть бути персональні бази геоданих, шейп-файли, покриття ArcInfo, растри, дані TIN, таблиці.

На додаток до можливостей управління даними на персональному комп'ютері або в локальній мережі, ArcCatalog надає доступ до віддалених баз геоданих ArcSDE шляхом створення відповідних з'єднань. ArcCatalog містить інструменти для створення: бази геоданих (БГД), об'єктних класів (таблиць), класів просторових об'єктів і наборів класів об'єктів. Після створення цих елементів можуть бути також створені інші, такі як підтипи об'єктів, класи відносин, топології і геометричні мережі.

Існують два види БГД: персональні бази геоданих і бази геоданих ArcSDE.

Створення нової персональної БГД створює новий *.mdb файл на диску комп'ютера.

Для створення нової бази геоданих необхідно в контекстному меню каталогу вибрати "Новий" (рис. 5.24) створити папку, а в ній – БГД.

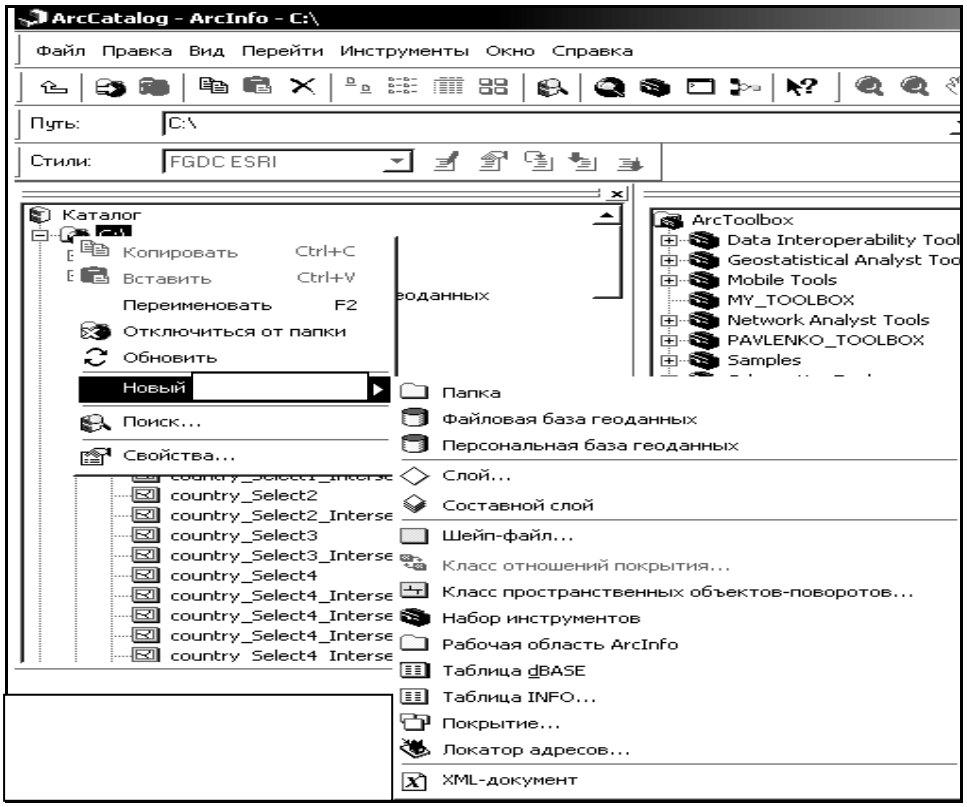


Рис. 5.24. **Звернення до опції створення нової папки**

На рис. 5.25 наведений результат створення папки.

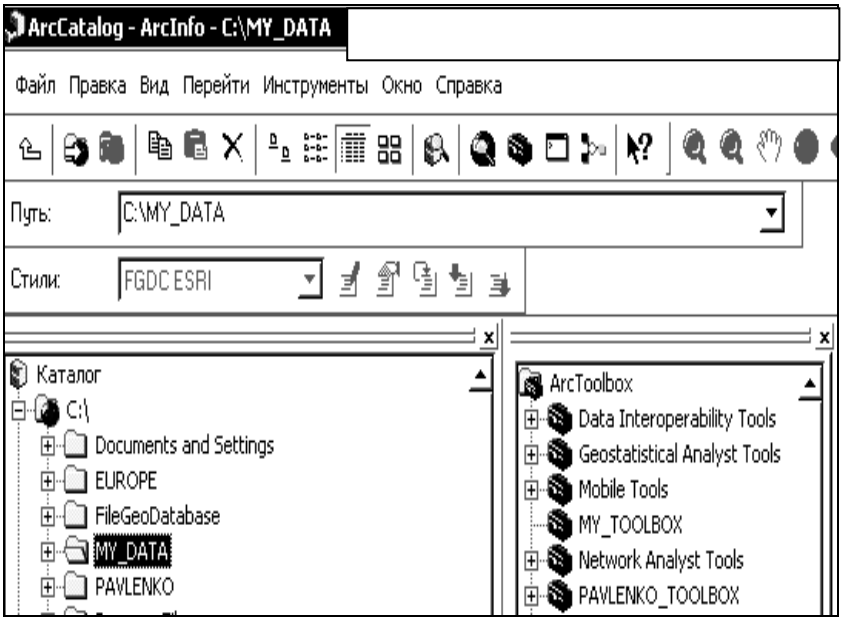


Рис. 5.25. **Створення папки "MY_DATA"**

У папці необхідно перейти до "Персональна база геоданих" (рис. 5.26).

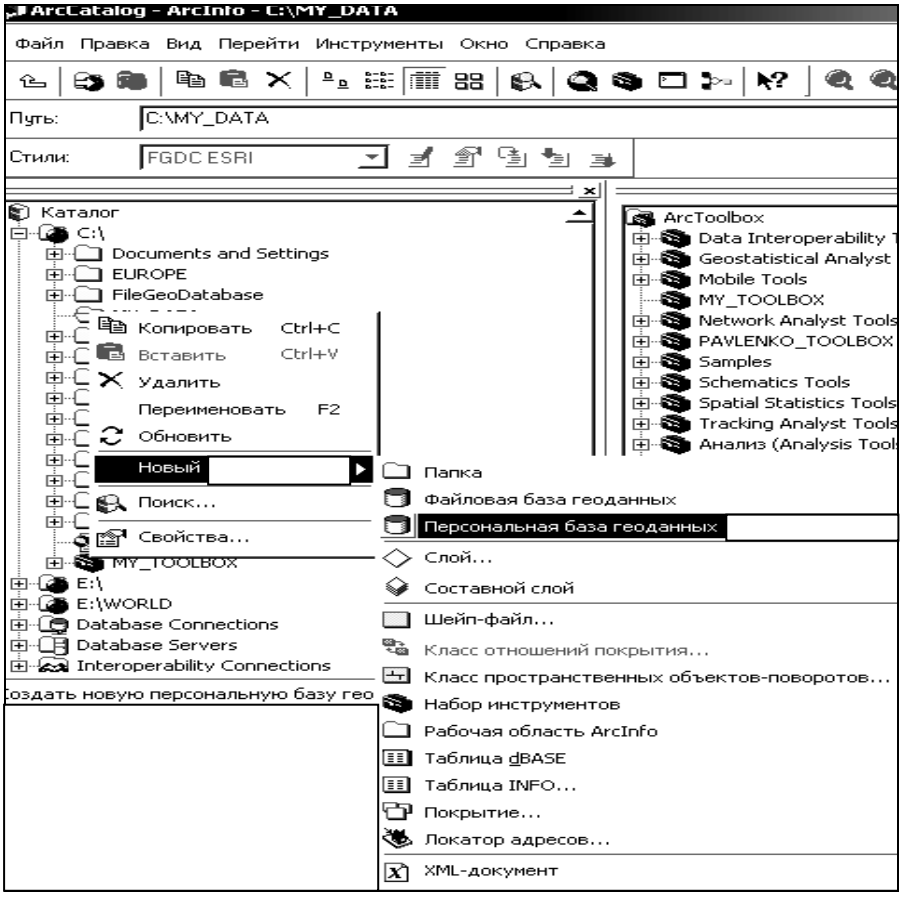


Рис. 5.26. **Вибір опції "Персональна база геоданих"**

Новій персональній базі необхідно дати ім’я.

На рис. 5.27. зображено результат розробки БГД "MY_PERSONAL _DATABASE".

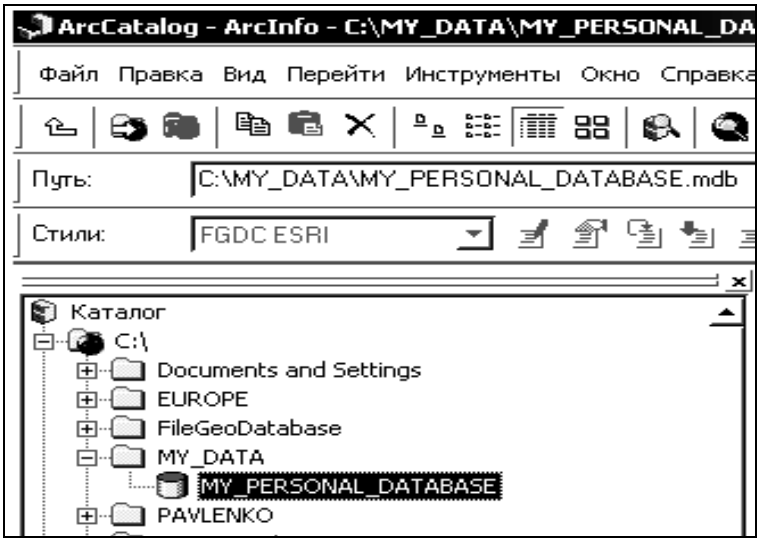


Рис. 5.27. **Результат розробки БГД "MY_PERSONAL_DATABASE"**

У новій базі можливо створити спектр об’єктів, представлених у контекстному меню нових об’єктів (рис. 5.28).

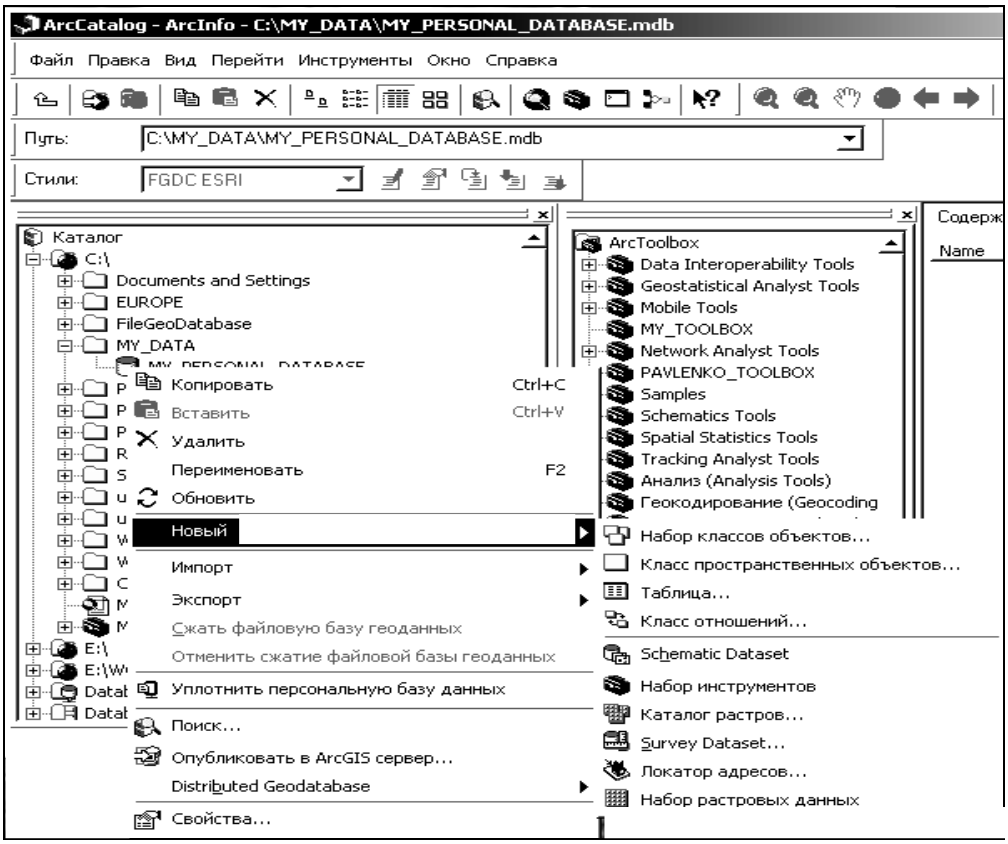


Рис. 5.28. **Спектр об’єктів бази даних**

Наприклад, вибір класу просторових об’єктів дозволить створити вибраний користувачем клас (точкові, лінійні, полігональні та інші). Більш детально про створення і роботи з новими класами просторових об’єктів написано в темі 8.

Після закінчення роботи з модулем ArcCatalog його можна закрити. ArcCatalog автоматично запам’ятовує, які підключення папок є в Каталозі, які панелі інструментів є видимими і як розташовуються різні елементи вікна ArcCatalog. За замовчуванням, ArcCatalog також запам’ятовує, який елемент був обраний в дереві Каталогу на момент закриття, а при наступному запуску ArcCatalog саме цей елемент знову буде вибраний. Додатки ArcCatalog і ArcMap працюють спільно з метою побудови карти.

5.6. Призначення і особливості структурних компонент модуля ArcMap

ArcMap – основний додаток ArcGIS для виконання всіх картографічних завдань, таких, як створення і публікація карт, аналіз карт і редагування даних [30]. При завантаженні модуля з’являється вікно початку роботи з ArcMap рис. 5.29.

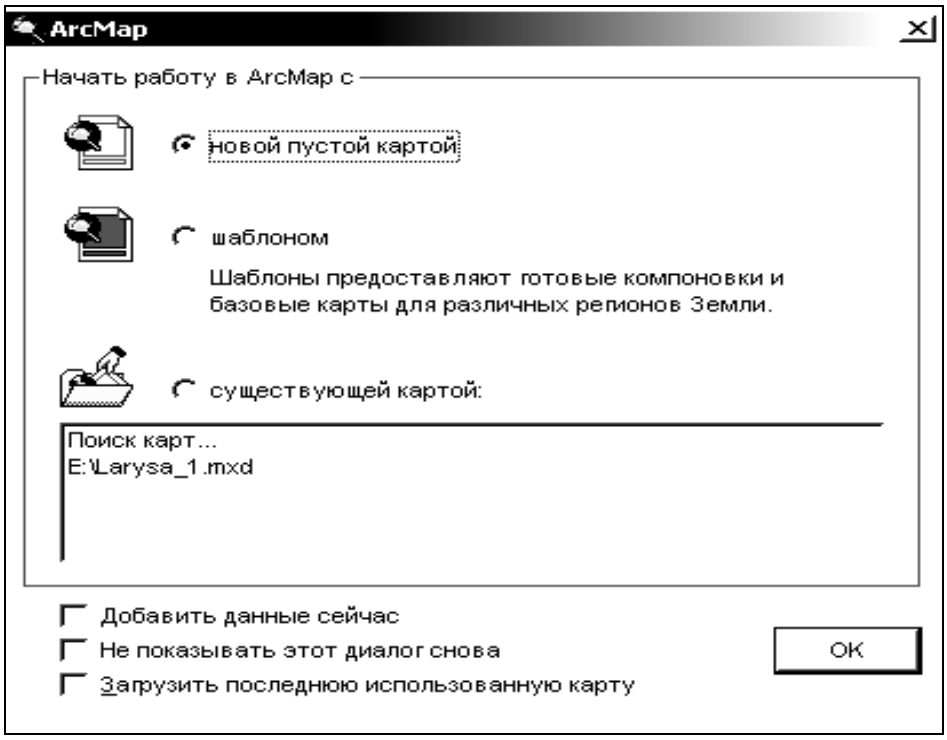


Рис. 5.29. **Вікно початку роботи з ArcMap**

Наступне вікно містить як мінімум дві робочі області: зліва – таблицю змісту карти, справа область відображення карти (рис. 5.30).

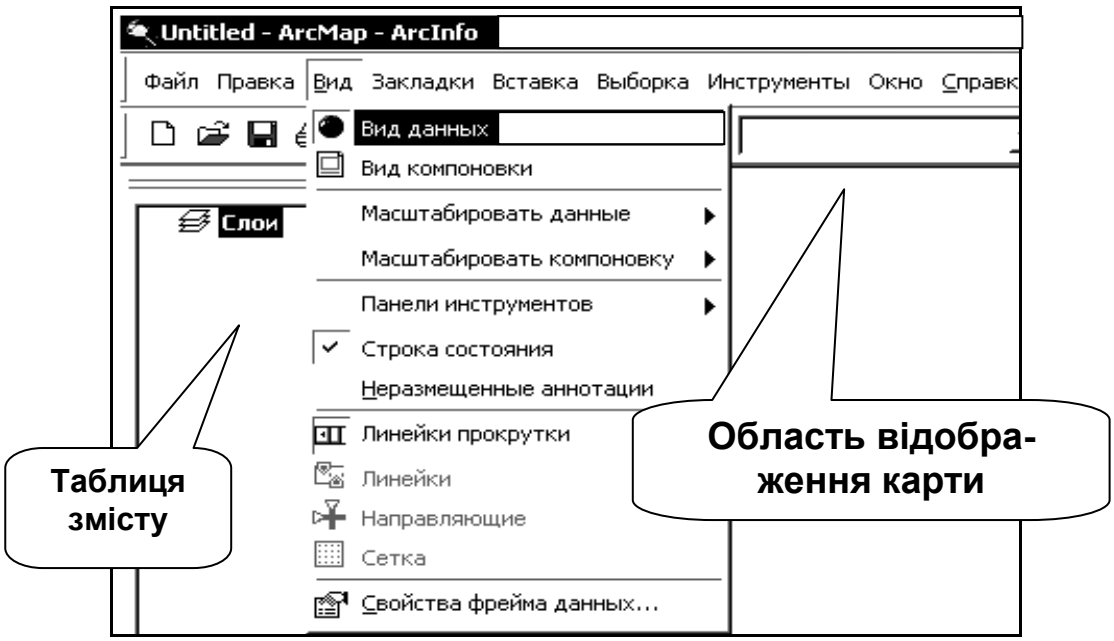


Рис. 5.30. **Таблиця змісту і область відображення карти у фреймі**

У ArcMap є два способи роботи з картою: у вигляді географічних даних і у вигляді компоновки. Обидва види включають дві робочі області.

5.7. Вид географічних даних карти в ArcMap

У виді географічних даних користувач працює з географічними шарами, визначає символи, виконує аналіз і компіляцію наборів даних ГІС. Таблиця змісту відображає елементи даних карти (рис. 5.31).

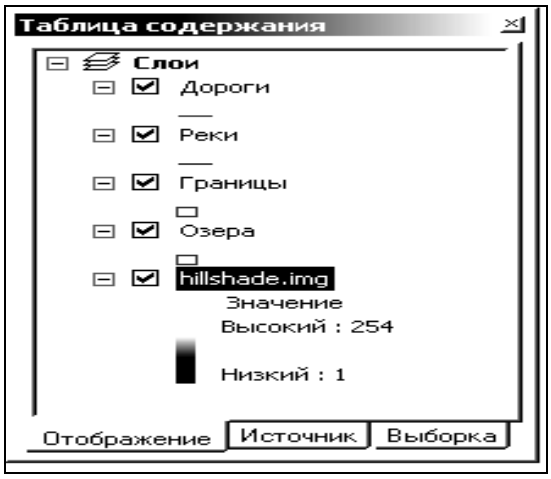


Рис. 5.31. **Вікно таблиці змісту**

Закладка "Відображення" в таблиці змісту показує, як шари розподіляються за фреймами даних.

При роботі з картою таблиця змісту використовується для включення і відключення шарів, доступу до властивостей шарів, зміни розташування шарів, зміни порядку їх відображення. Закладка "Джерело" показує шари в кожному фреймі даних згідно з теками або базами даних, де знаходяться джерела даних, на які посилаються шари. В цьому вигляді також перераховані таблиці, додані в документ карти як дані. Закладка "Вибірка" виводить список шарів в активному фреймі даних, а також дозволяє відзначати ті з них, які необхідно зробити доступними для вибірки. Ця закладка працює як діалогове вікно "Встановити" шари, доступні для вибірки.

5.8. Шари карти

Кожний шар представляє певний набір географічних даних, що відображається у фреймі даних. У таблиці змісту карти за замовчуванням присутній один фрейм даних, який називається Шари (Layers). При розробці карти користувач додає необхідне йому кількість шарів (рис. 5.32). Додавати дані на карту можна або звернутися до кнопки "Додавання" і вибрати їх з теки, де вони зберігаються, або перетягуванням даних з Каталогу на карту. Після розміщення шару на карті, створюється копія шару, яка зберігається усередині документа карти. Цим способом можна створити шар один раз і використати його на багатьох картах.

Рис. 5.32. **Звернення до інструмента додавання шару**

Символи, кольори і написи кожного шару допомагають описати, які об’єкти знаходяться на карті.

Шари включають інформацію про способи зображення, налаштування відображення, написи, запити, відношення тобто про всі параметри зображення географічних даних на карті. Наприклад, шар може відображати міста, вибрані з шейп-файла за запитом, блакитними квадратиками і надписувати їх значеннями атрибута із зв'язаної таблиці.

Шари можуть зберігатися як усередині документів карт, так і в окремих файлах. Вони є ефективним засобом інтеграції робіт усередині організації. Декілька шарів можуть скомпонованими в складний шар. При додаванні на карту всі шари в групі будуть представлені одним записом в таблиці змісту ArcMap. Наприклад, можна створити складний шар, що представляє топографічну основу для карти. Так само можна об'єднати дороги, залізниці і шейп-файл, що містить поромні переправи, в складний шар транспортних шляхів.

Закладка "Відображення" показує шари в кожному фреймі даних, відсортованими по порядку відображення. Шари, що знаходяться вверху списку, відображаються поверх шарів, що знаходяться внизу списка.

Можливо міняти порядок відображення, перетягуючи шари в списку. Наприклад, шар, становлячий фон карти, наприклад, океан, слід помістити в кінець таблиці змісту.

Слід пям'ятати таке:

1) активним є шар, виділений галочкою в таблиці змісту;

2) шари не містять дані; вони містять посилання на джерела даних;

3) закладка "Відображення" показує шари в кожному фреймі даних, відсортованими по порядку відображення;

4) шари фрейма даних відображаються в одній системі координат, тому необхідно погоджувати властивості шарів, що використовуються в одній карті. Це виконується у властивостях кожного шару.

5.9. Фрейм даних

Фрейм даних – це основний елемент документа карти в призначеному для користувача інтерфейсі ArcMap [30].

Фрейм даних – це спосіб угрупування шарів, які необхідно відображати спільно. Фрейм даних відображає географічну інформацію як серію шарів карти.

Основне наповнення фрейма даних – це шари карти і атрибутивні таблиці. У фреймів даних є властивості, які визначають вміст конкретного фрейма це:

1) система координат;
2) одиниці вимірювання;
3) масштаб;
4) порядок відображення шарів і т. д.

Користувач не може змінити систему координат фрейма даних існуючої карти. Можна вивчити властивості існуючого фрейма, перейшовши до пункту контекстного меню фрейма "Властивості" (рис. 5.33). Це необхідно при розробці нових шарів, які передбачається помістити на існуючу карту для установки цим шарам системи координат фрейма.

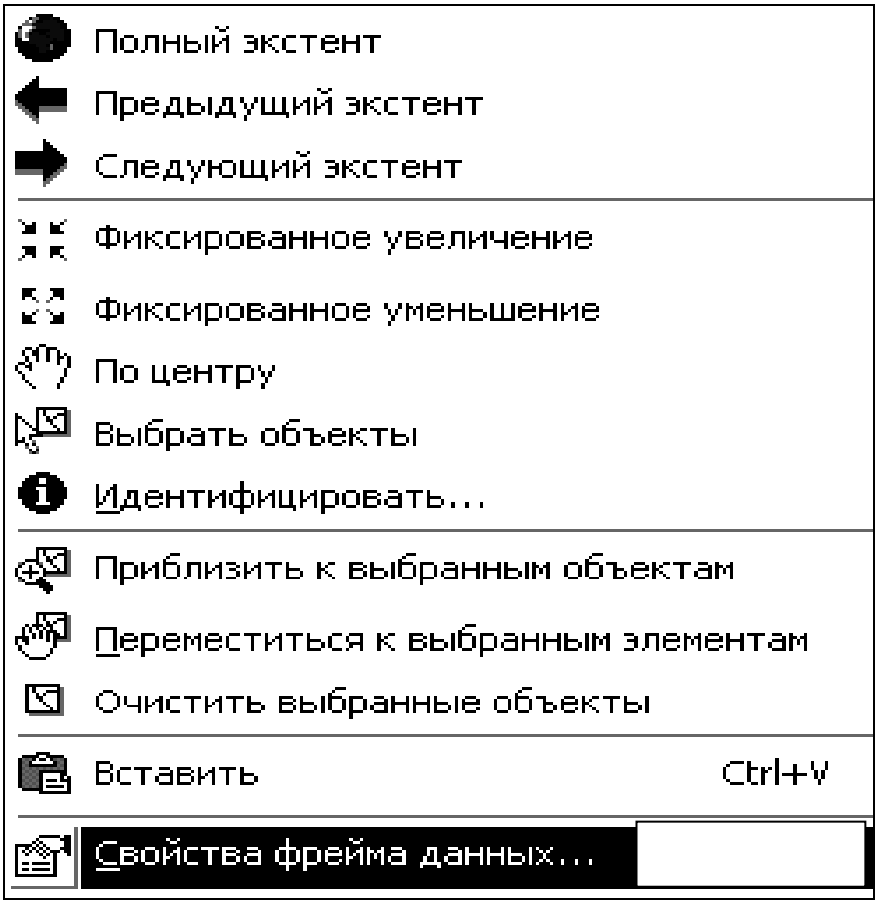


Рис. 5.33. **Звернення до властивостей фрейма даних**

Можна задати властивості тільки для нового фрейма. Додавання фрейма виконується в пункті меню "Вставка", підпункті "Фрейм даних" (рис. 5.34).

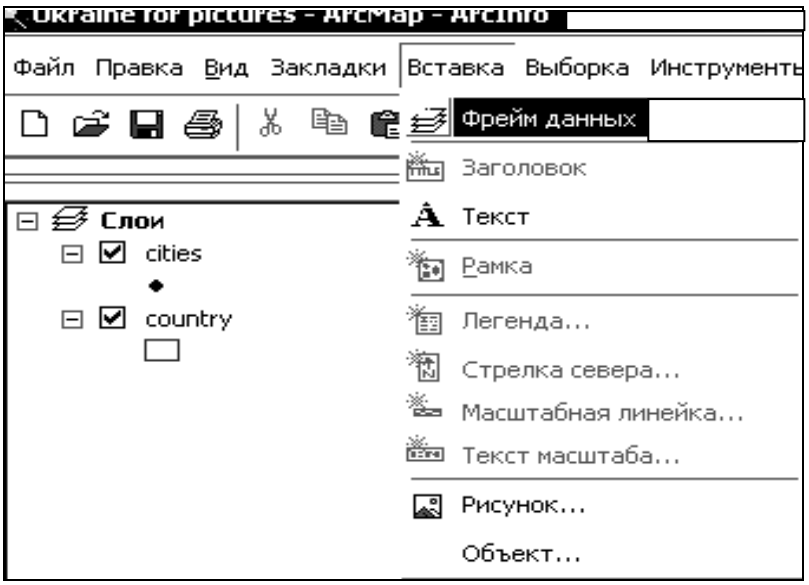


Рис. 5.34. **Додавання фрейма даних**

Закладка "Загальні" в Опції "Властивості" фрейма" дозволяє скласти опис карти (рис. 5.35).

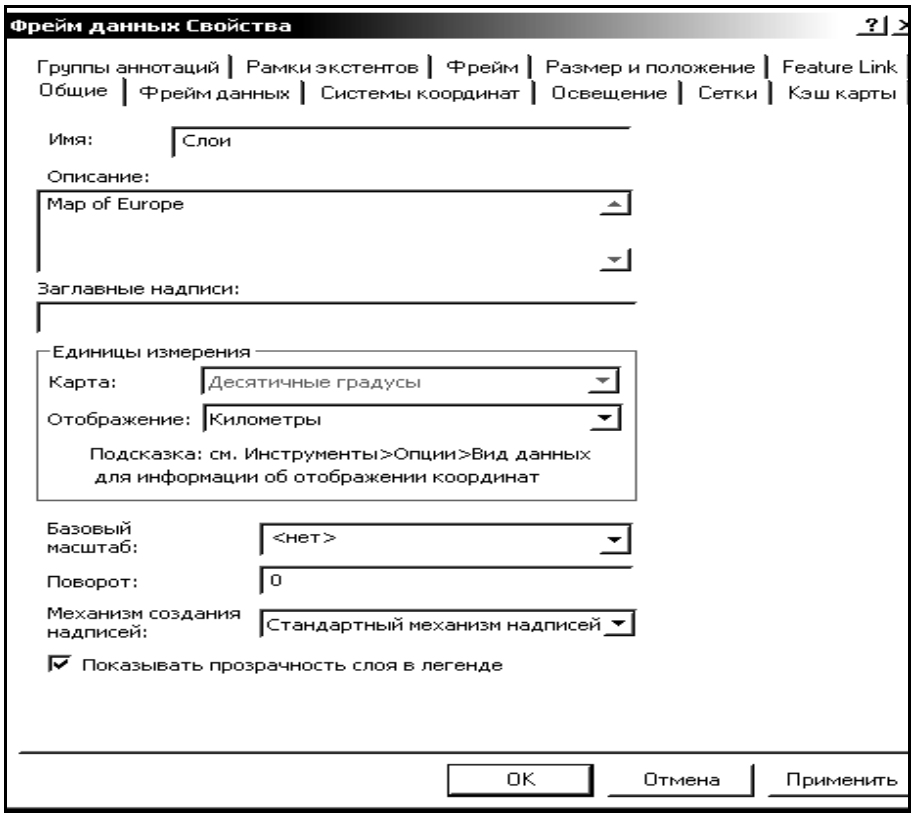


Рис. 5.35. **Закладка "Загальні" фрейма даних**

Закладка "Система координат" дозволяє вибрати необхідну систему координат для нового фрейма або з’ясувати систему координат для нового шару існуючої карти (рис. 5.36).

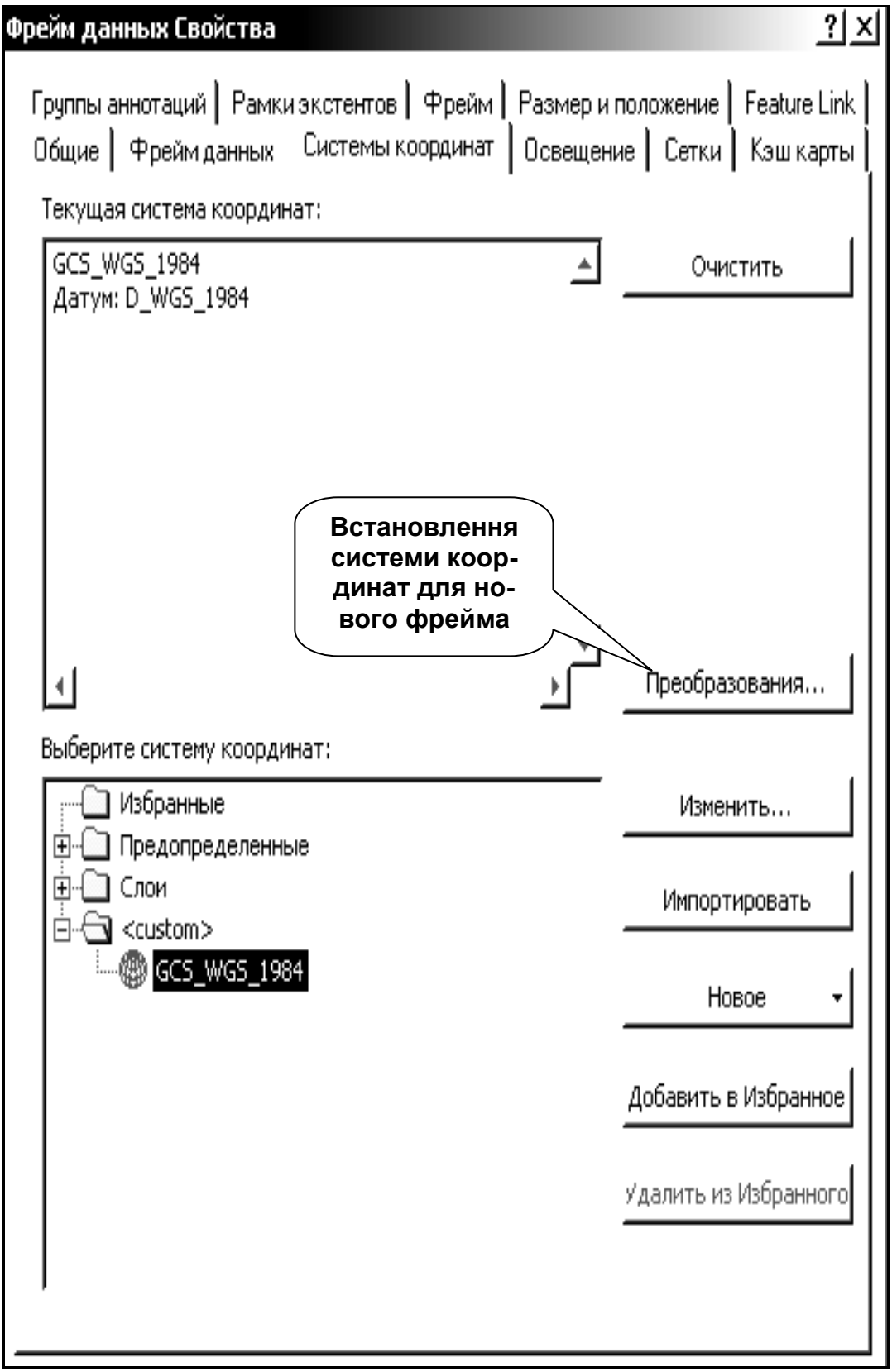


Рис. 5.36. **Визначення системи коородинат**

Закладка "Розмір і Положення" дозволяє задати розмір і положення фрейма в робочій області екрана (рис. 5.37).

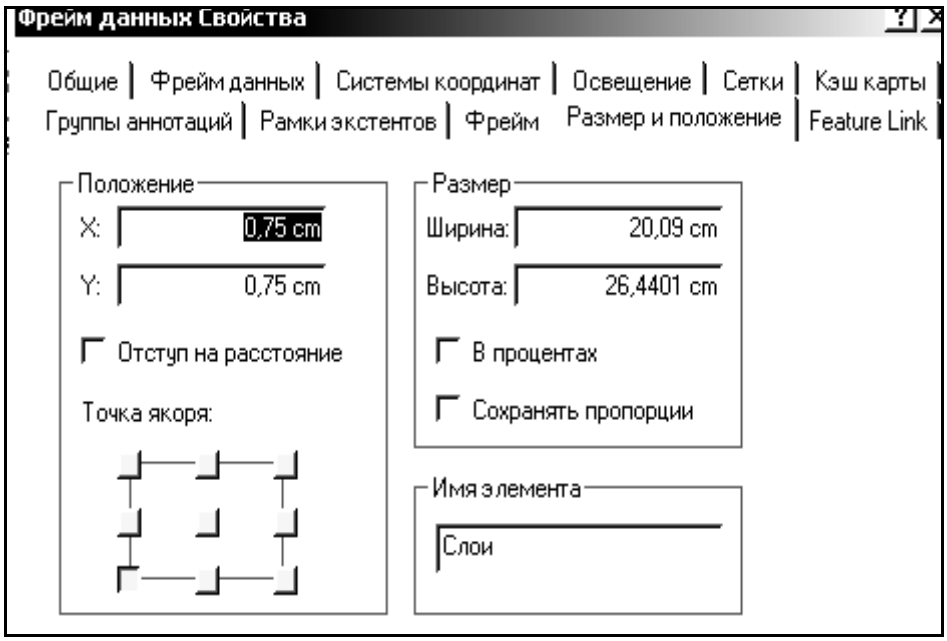


Рис. 5.37. **Закладка "Розмір і положення" фрейма**

Для цього необхідно вибрати ліву нижню (або бажану) точку якоря і встановити значення X і У. Таким чином, задається розташування лівого нижнього кута фрейма даних щодо лівого нижнього кута сторінки. Можна задати розташування будь-якого об’єкта на сторінці самого фрейма даних, тексту, легенд і т. д., або шляхом вибору їх і переміщення, або шляхом установки точних значень координат X, У.

Перехід між видами карти: від географічного до компоновки виконується перемиканням в головному меню (пункт "Вигляд") між опціями "Вид даних" і "Вид компоновки".

5.10. Вид компоновки карти в ArcMap

У виді компоновки користувач працює із сторінками карт, що містять вид географічних даних і такими елементи карти, як легенда, масштабна лінійка, стрілка півночі і оглядова карта. Прості карти зазвичай включають один фрейм даних, але деякі карти можуть містити декілька фреймів [30].

Вид компоновки не тільки показує, як виглядає сторінка карти, а і дозволяє редагувати дані, виводити карту на друк. Усі інструменти та опції, доступні у вигляді даних, також доступні у вигляді компоновки.

На рис. 5.38 представлений приклад компоновки карти Мексики з параметрами: заголовком, лінійкою, покажчиком рамок фрейма, масштабною лінійкою, текстом масштабу, легендою, стрілкою півночі [30].

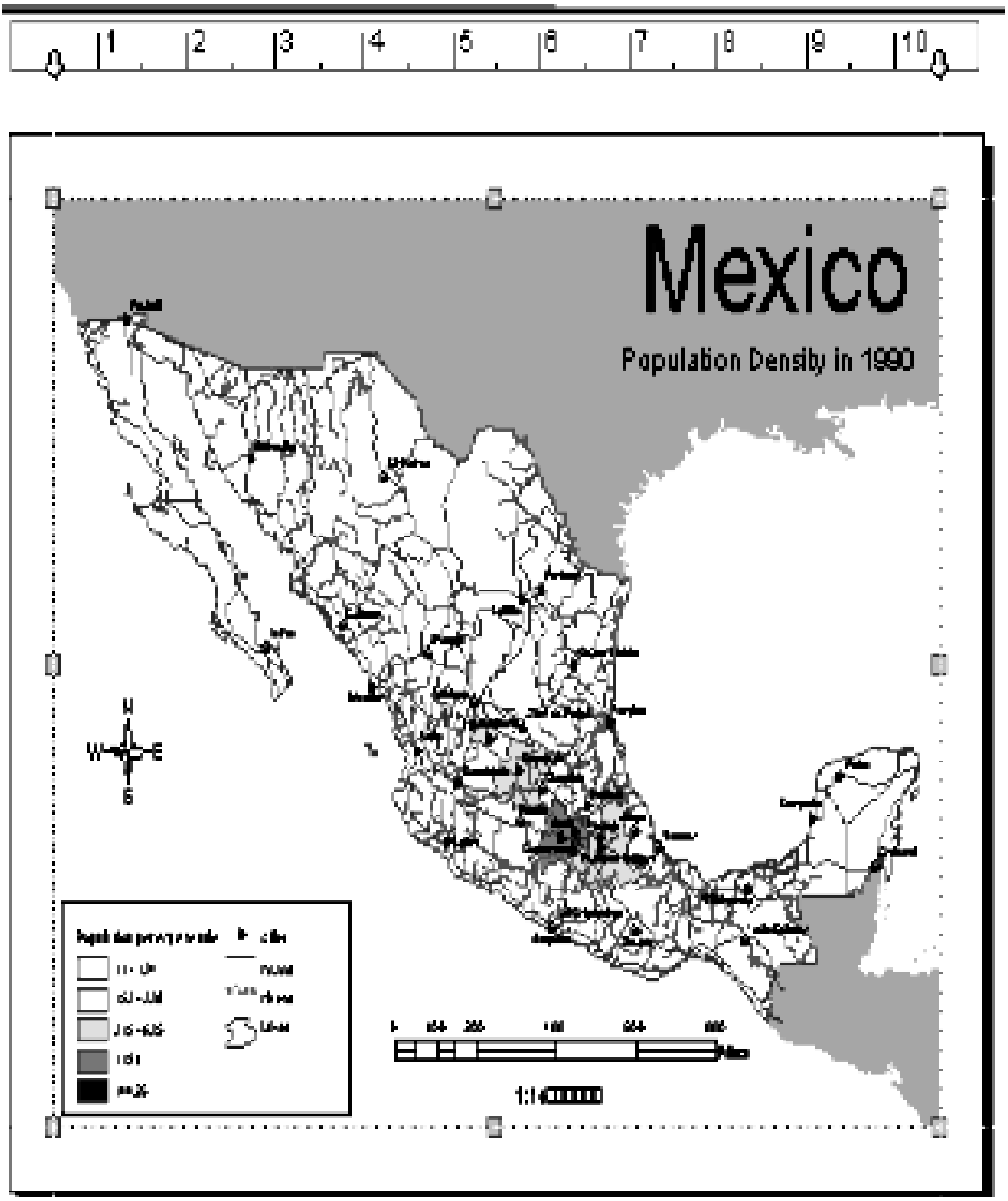


Рис. 5.38. **Компоновка карти Мексики з параметрами: заголовком, лінійкою, покажчиком рамок фрейма, масштабною лінійкою, текстом масштабу, легендою, стрілкою півночі**

5.11. Настройка відображення об’єктів шару

Зміна відображення об’єктів шару виконується в таблиці змісту, у властивостях шару. Звернення до властивостей шару виконується з контекстного меню активного шару (рис. 5.39).

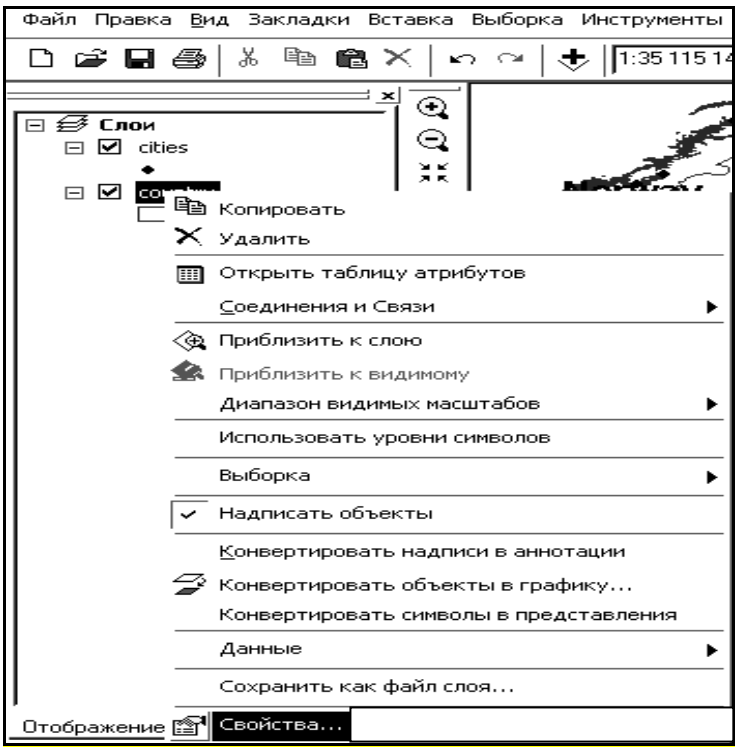


Рис. 5.39. **Контекстне меню шару**

У закладці "Загальні" властивостей шару необхідно створити опис шару (рис. 5.40).

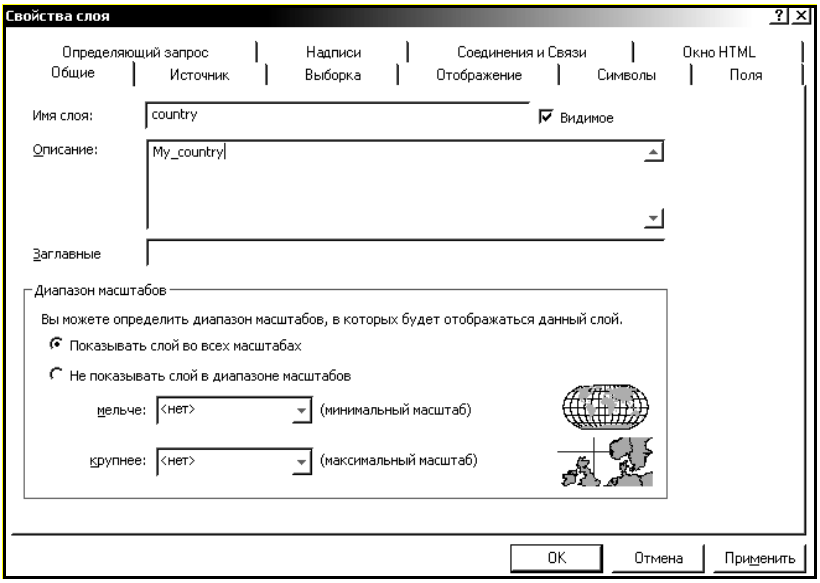


Рис. 5.40. **Вікно закладки "Загальні" у властивостях шару**

У закладці "Надписи" можна задати стиль написів у шарі (рис. 5.41).

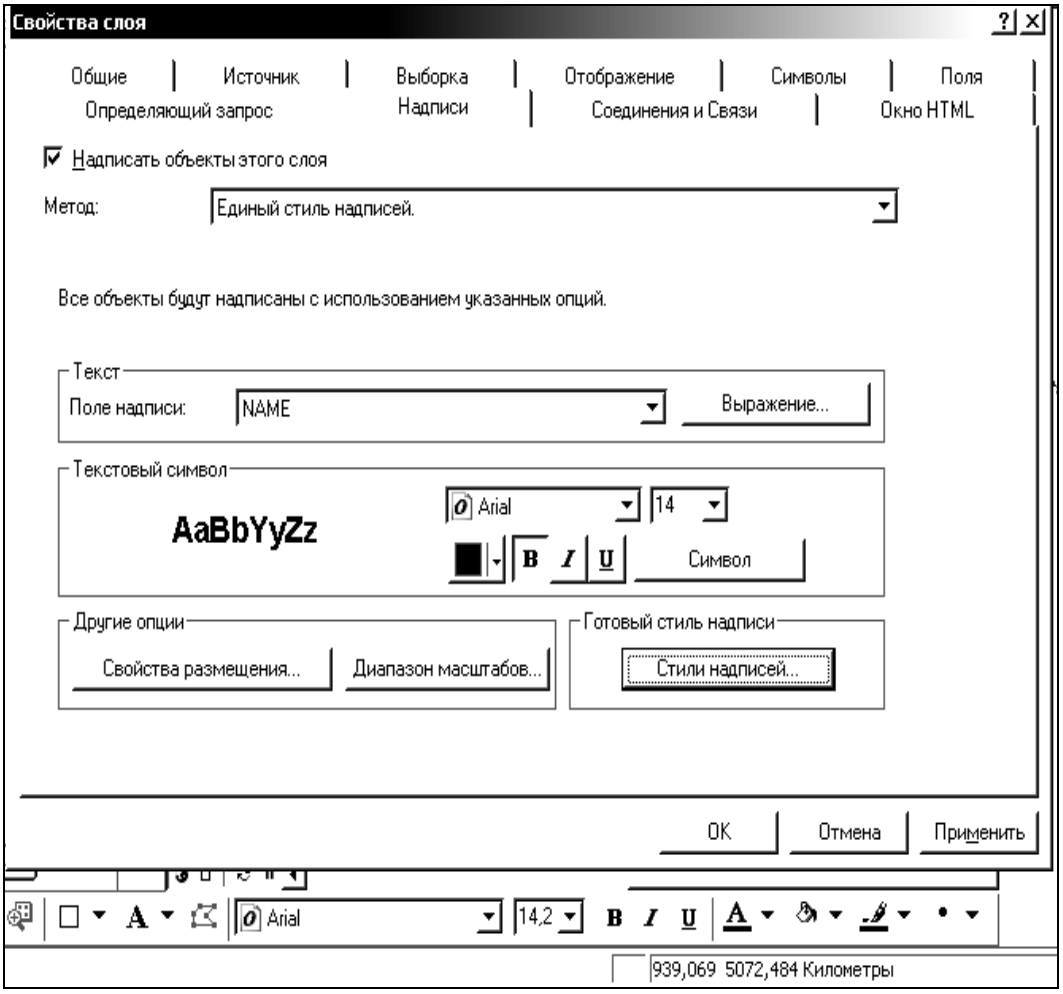


Рис. 5.41. **Вікно закладки "Надписи" властивостей шару**

В закладці "Вибірка" можна задати символ і колір відображення вибраних на карті об’єктів (рис. 5.42).

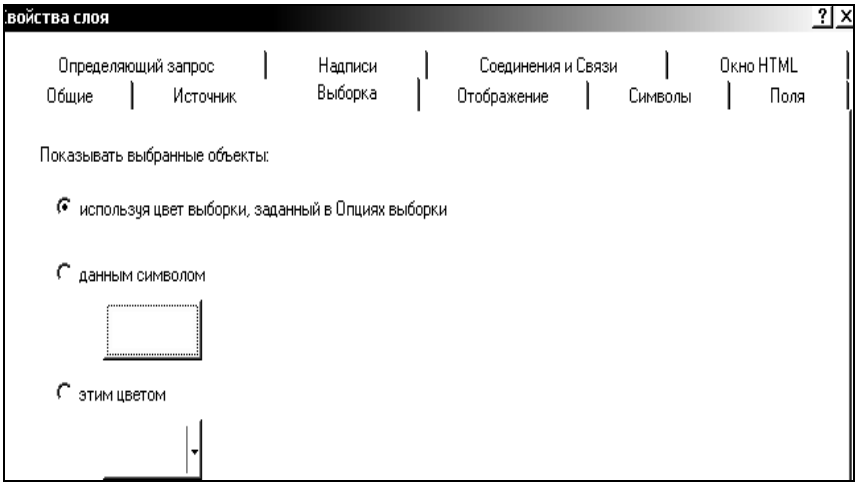


Рис. 5.42. **Вікно закладки "Вибірка"**

У закладці "Символи" можна задати варіант відображення просторових даних (рис. 5.43 – рис. 5.49).

Кнопка "Символ" дозволяє у вікні "Вибір символу" (рис. 5.43) вибрати необхідний символ та задати його колір (рис. 5.44) для активного шару даних.

На рис. 5.44 показаний варіант вибору типу символу та кольору для об’єктів полігонального шару (опція "Колір заливки").

На рис. 5.45 показаний варіант вибору типу символу для точкових об’єктів.

Для векторних даних тип данних – це єдиний символ, для растрових даних можна задати категорію символу і колірну схему (рис. 5.46).

Можна задати вид діаграми для об’єктів (рис. 5.47. – рис. 5.49): кругова, стовпчата, стекова.

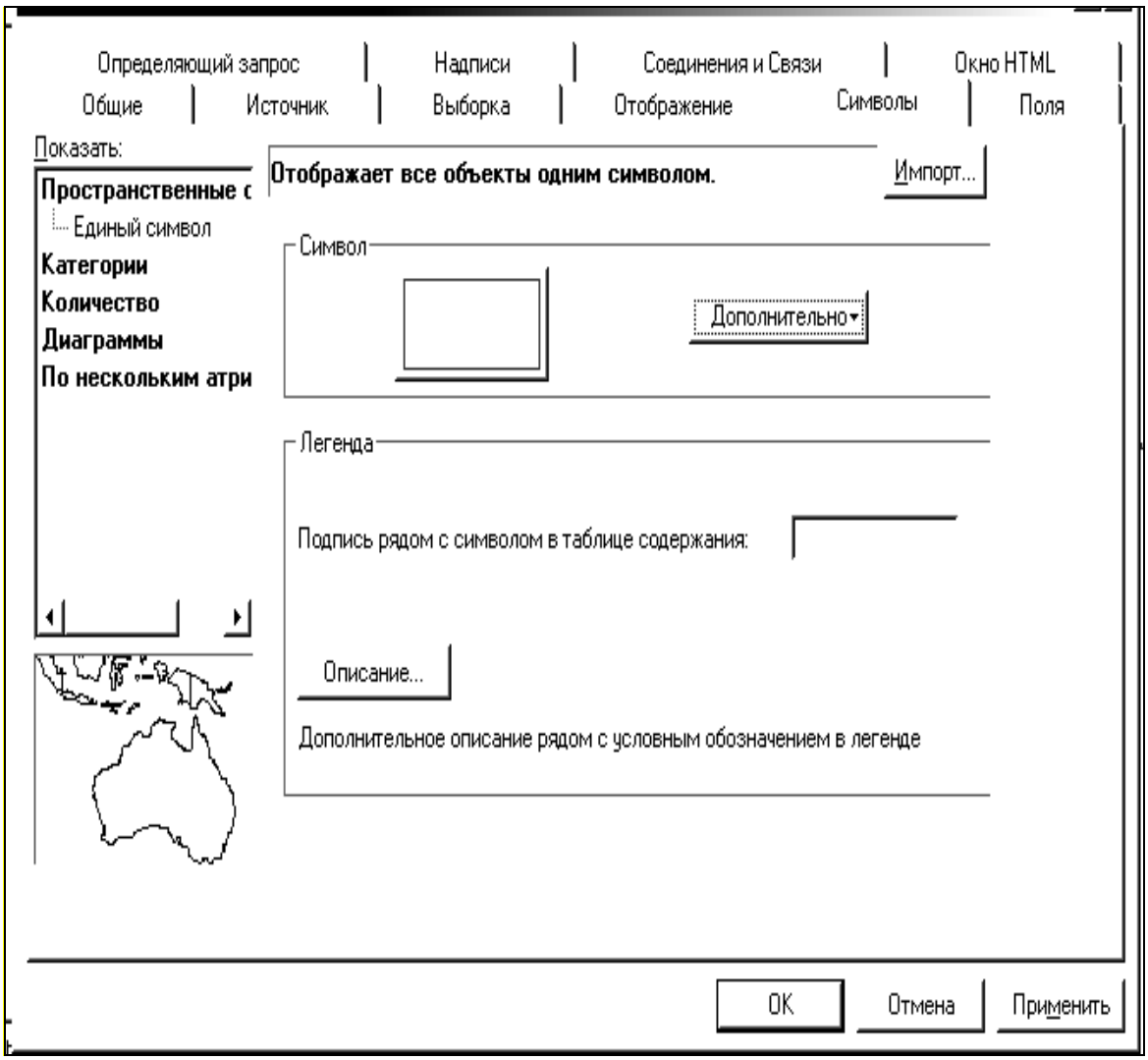


Рис. 5.43. **Вікно закладки "Символи"**

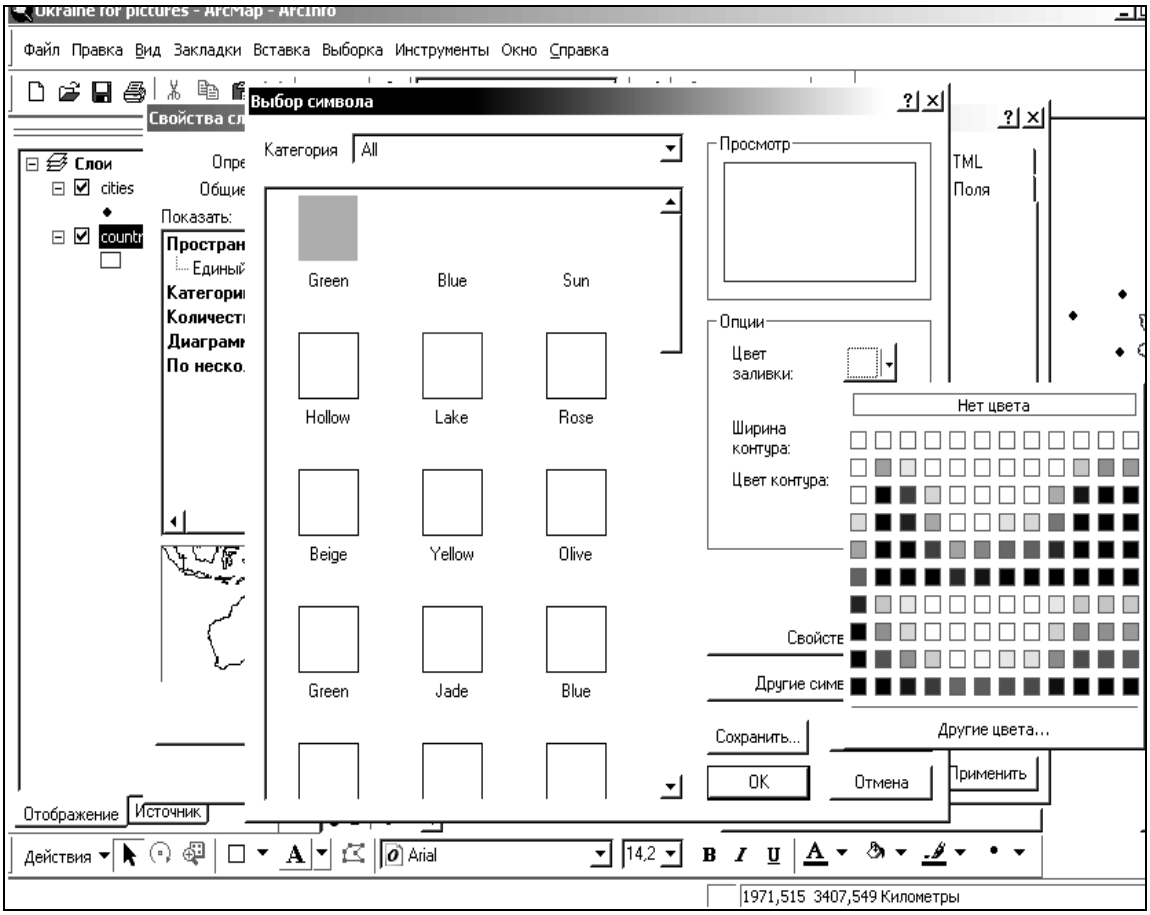


Рис. 5.44. **Вікно вибору типу символа і кольору для активного шару**

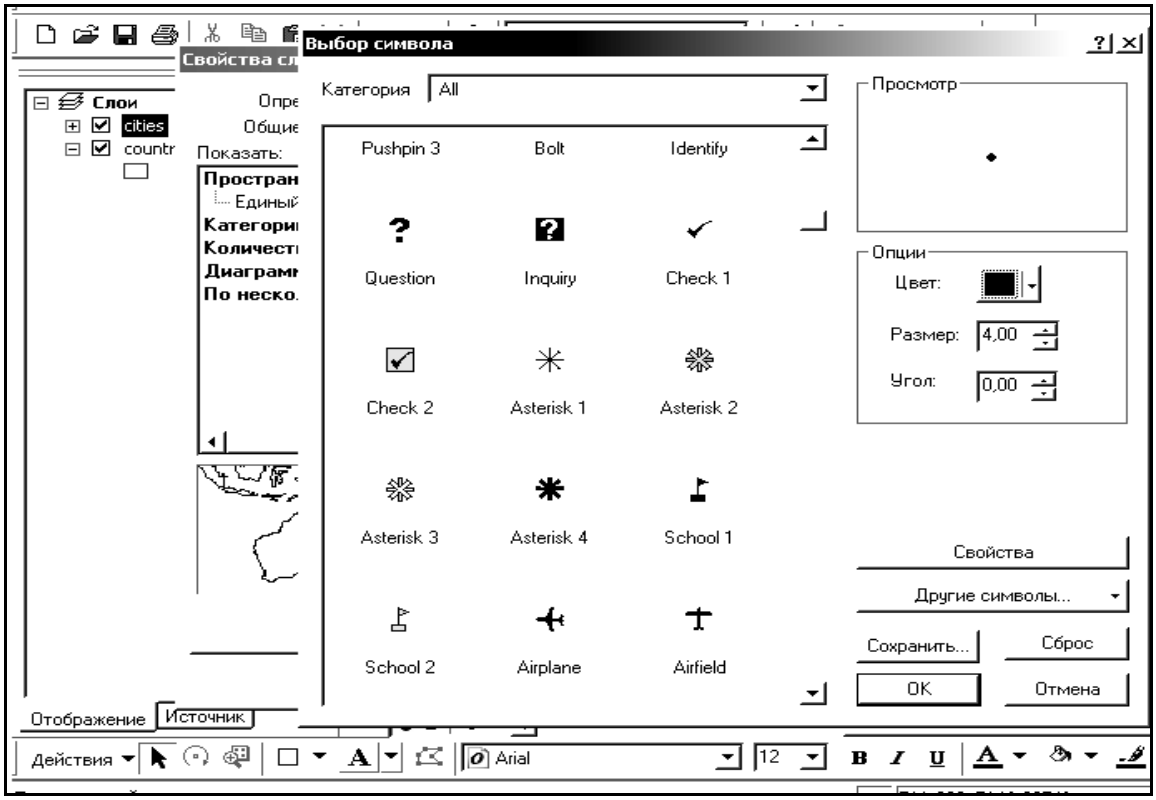


Рис. 5.45. **Вибір типу і кольору символу для точкових об’єктів**

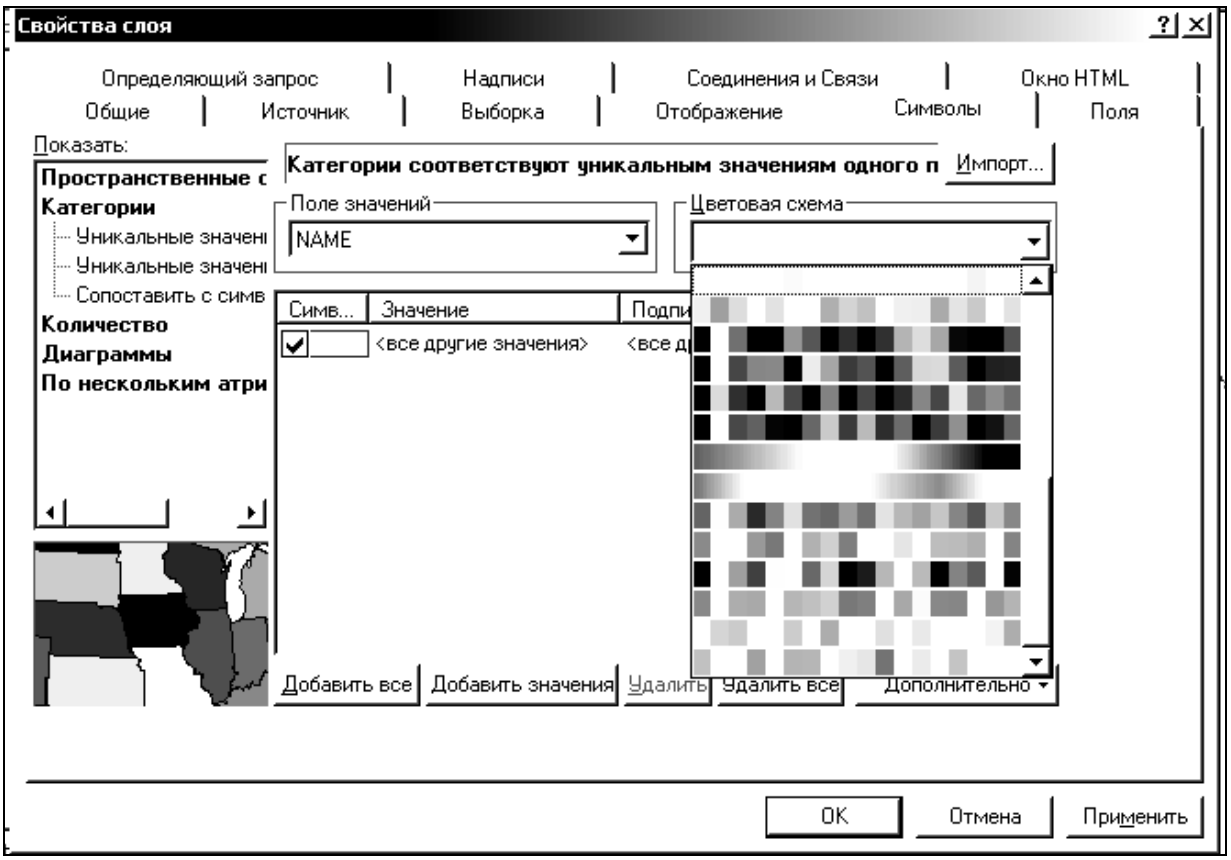


Рис. 5.46. **Вибір схеми кольорів для символів растрового шару**

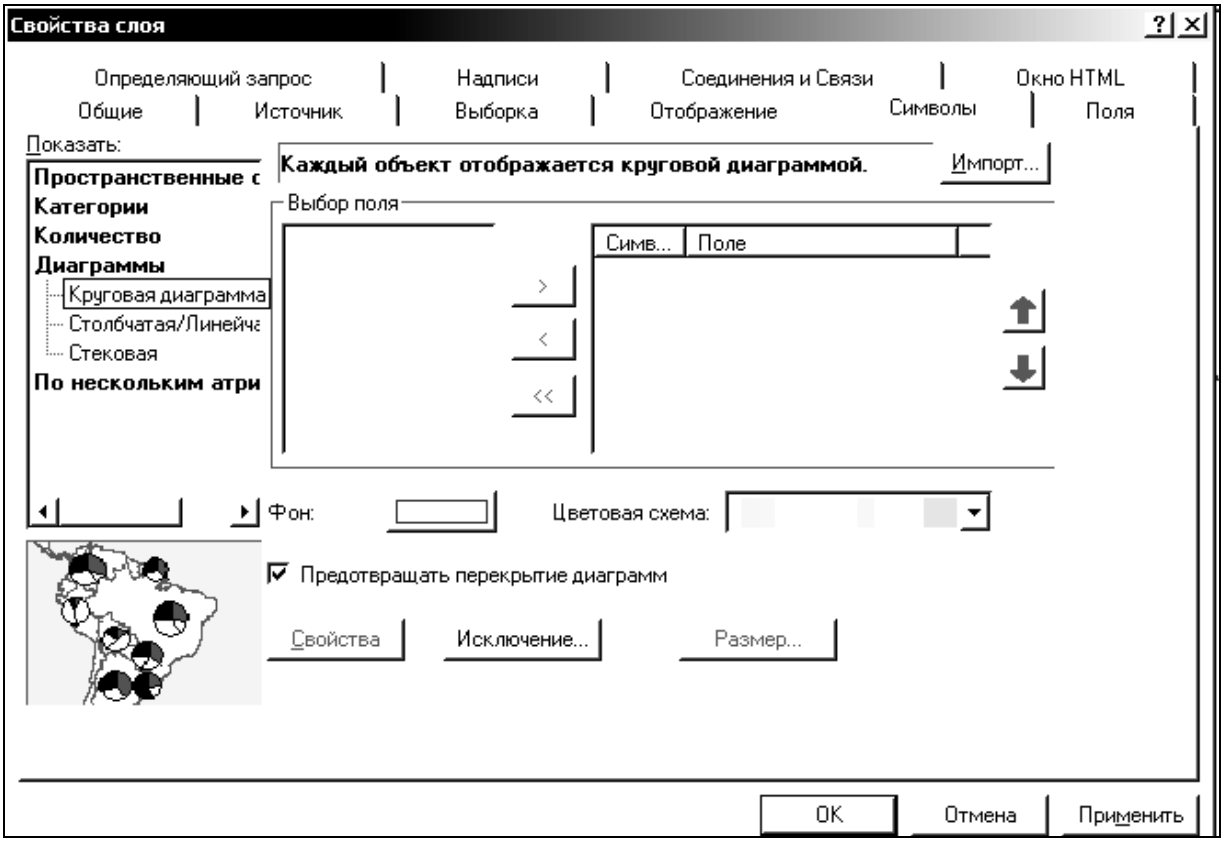


Рис. 5.47. **Вибір кругової діаграми для об’єктів**

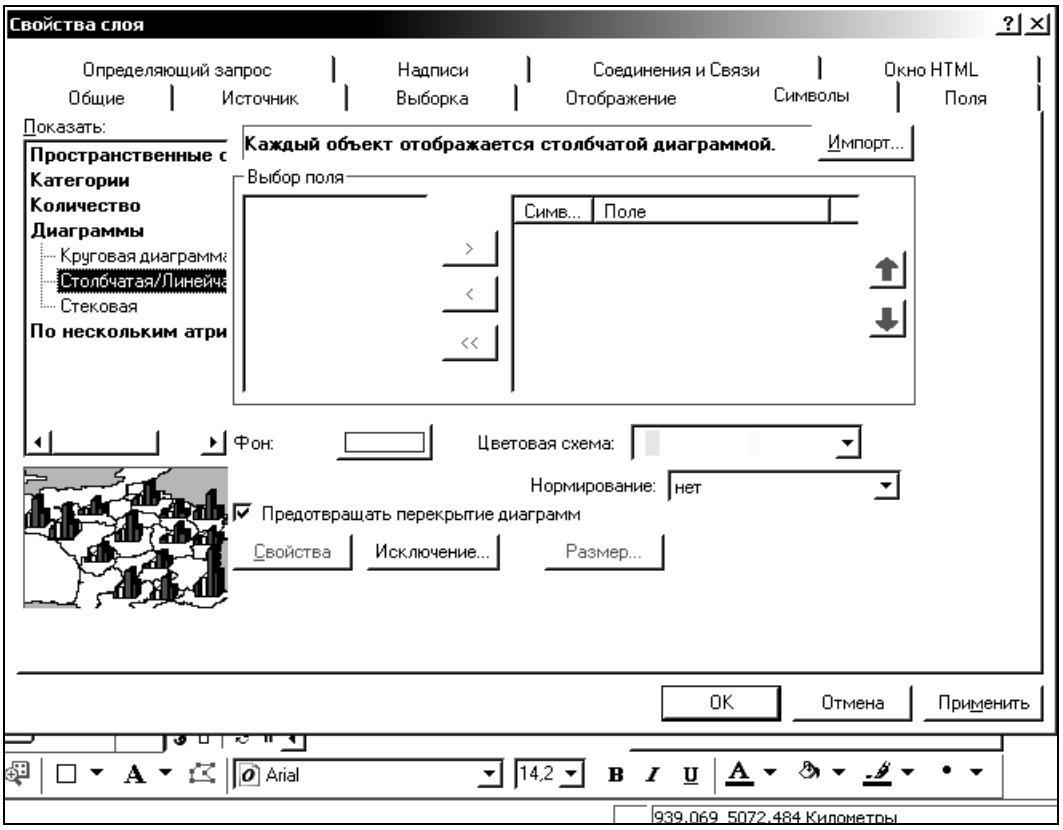


Рис. 5.48. **Вибір стовпчатої діаграми для об’єктів**

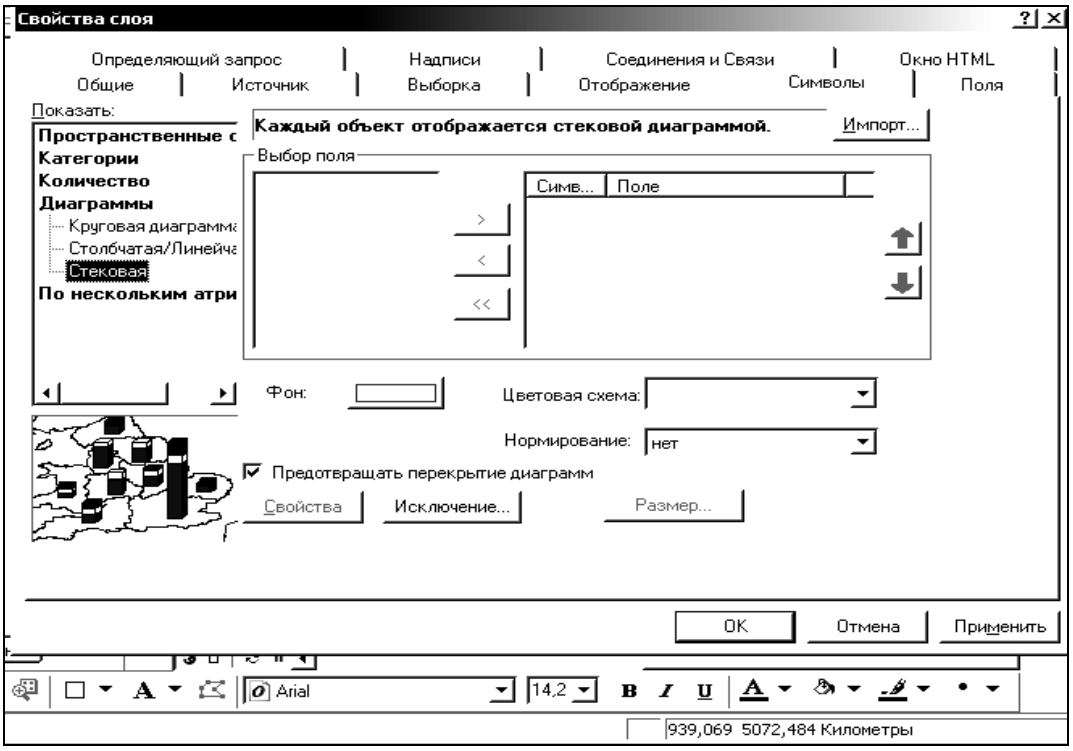


Рис. 5.49. **Вибір стекової діаграми для об’єктів**

Отримані налаштування зберігаються при збереженні файла карти. Можна їх зберегти у файлі шару.

5.12. Стандартні завдання, які виконуються в ArcMap

У табл. 5.1 наведений список декількох стандартних задач, виконуваних у ArcMap [30].

Таблиця 5.1

Стандартні завдання, які виконуються в ArcMap

№	Завдання
1	Додавання даних в ArcMap
2	Додавання картографічних сервісів і даних з Інтернет в ArcMap
3	Завдання або зміна системи координат
4	Додавання як шар таблиці з координатами x, y
5	Додавання тексту на карту
6	Зміна масштабу і переміщення по карті
7	Запит і вибірка даних
8	Відкриття атрибутивних таблиць
9	Пошук місцезнаходження за атрибутом або іменем місця
10	Пошук певного місцезнаходження x, y
11	Здійснення гіперпосилань з просторового об’єкта на документ або веб-сторінку
12	Вимірювання відстаней на карті
13	Анімація даних на карті
14	Створення діаграми
15	Створення звіту
16	Збереження документа карти
17	Привласнення символів даним
18	Створення стилів
19	Створення компоновки карти і установка сторінки компоновки
20	Створення компоновки карти з декількома фреймами даних або видами даних
21	Додавання елементів на компоновку
22	Друк і експорт карти

5.13. Основні робочі інструменти інтерактивних операцій з об’єктами карт у ArcMap

На рис. 5.50 наведені піктограми інструментів обробки даних головного меню ArcMap [30].

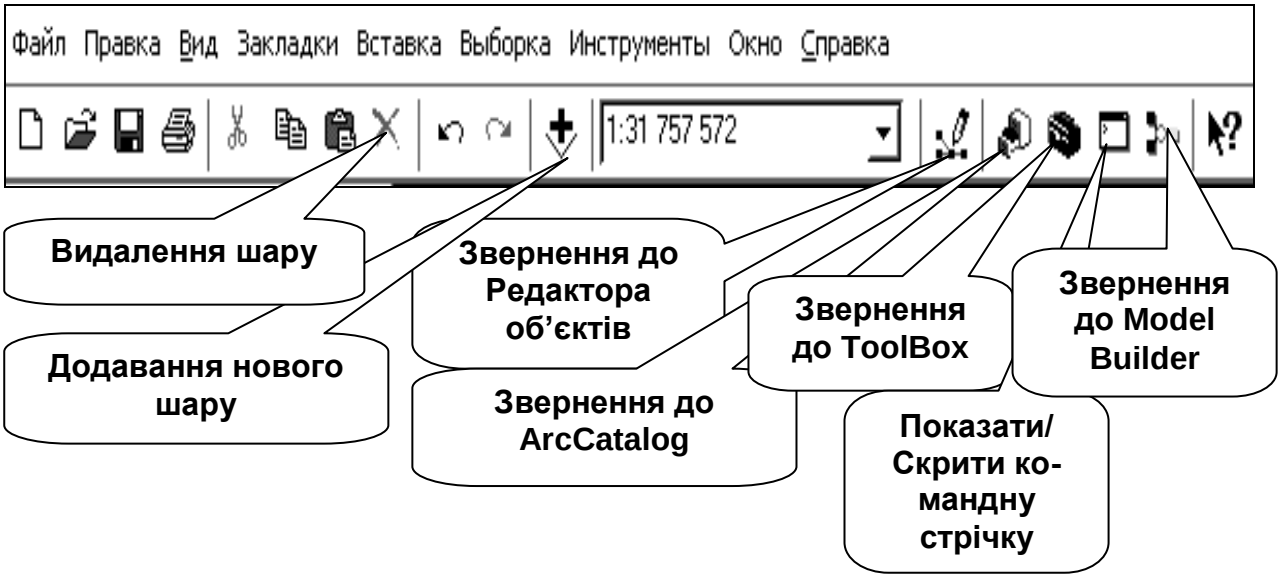


Рис. 5.50. **Інструменти обробки даних головного меню ArcMap**

На рис. 5.51 наведені основні інструменти навігації, пошуку, отримання інформації про об’єкти на карті.

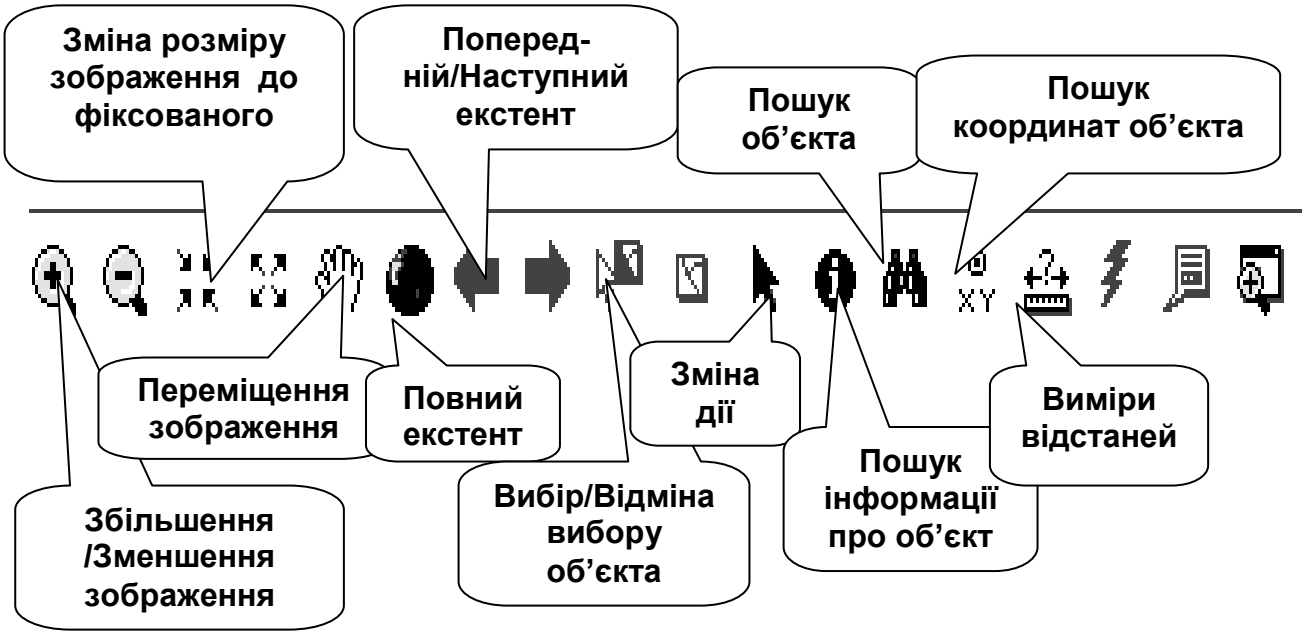


Рис. 5.51. **Основні інструменти навігації, пошуку, отримання інформації про об’єкти на карті**

Набір інструментів рис. 5.51 дозволяє виконати елементарні інтерактивні операції з просторовими даними.

Наприклад, підпункт контекстного меню шару "Надписати об’єкти" дозволяє вивести написи об’єктів шару (рис. 5.52).

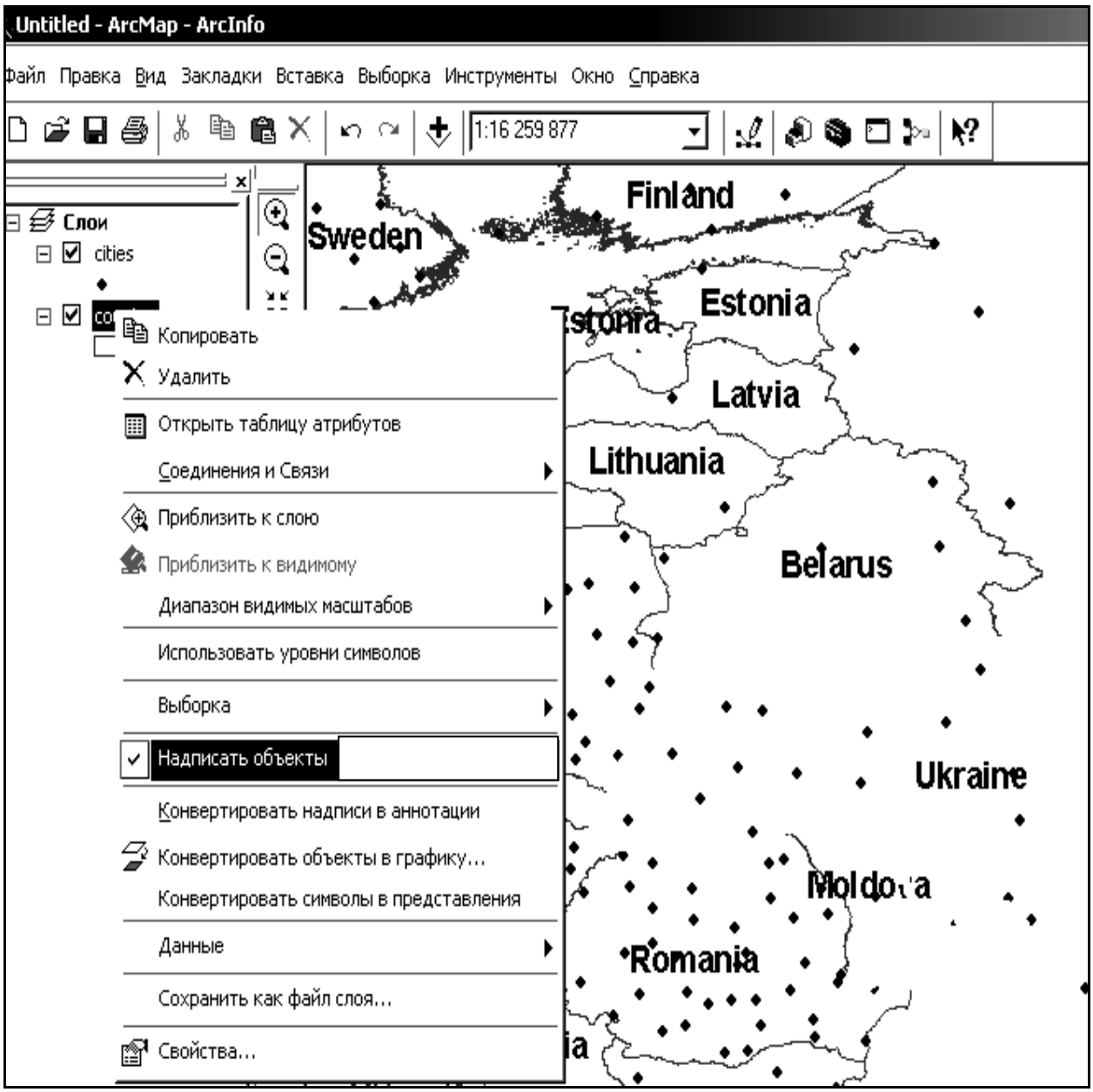


Рис. 5.52. **Опція "Надписати об’єкти" активного шару і результат виводу найменувань країн Європи**

Для збільшення певної ділянки карти необхідно виділити цю ділянку прямокутником з набору інструментів малювання (розташований внизу фрейма даних) (рис. 5.53).

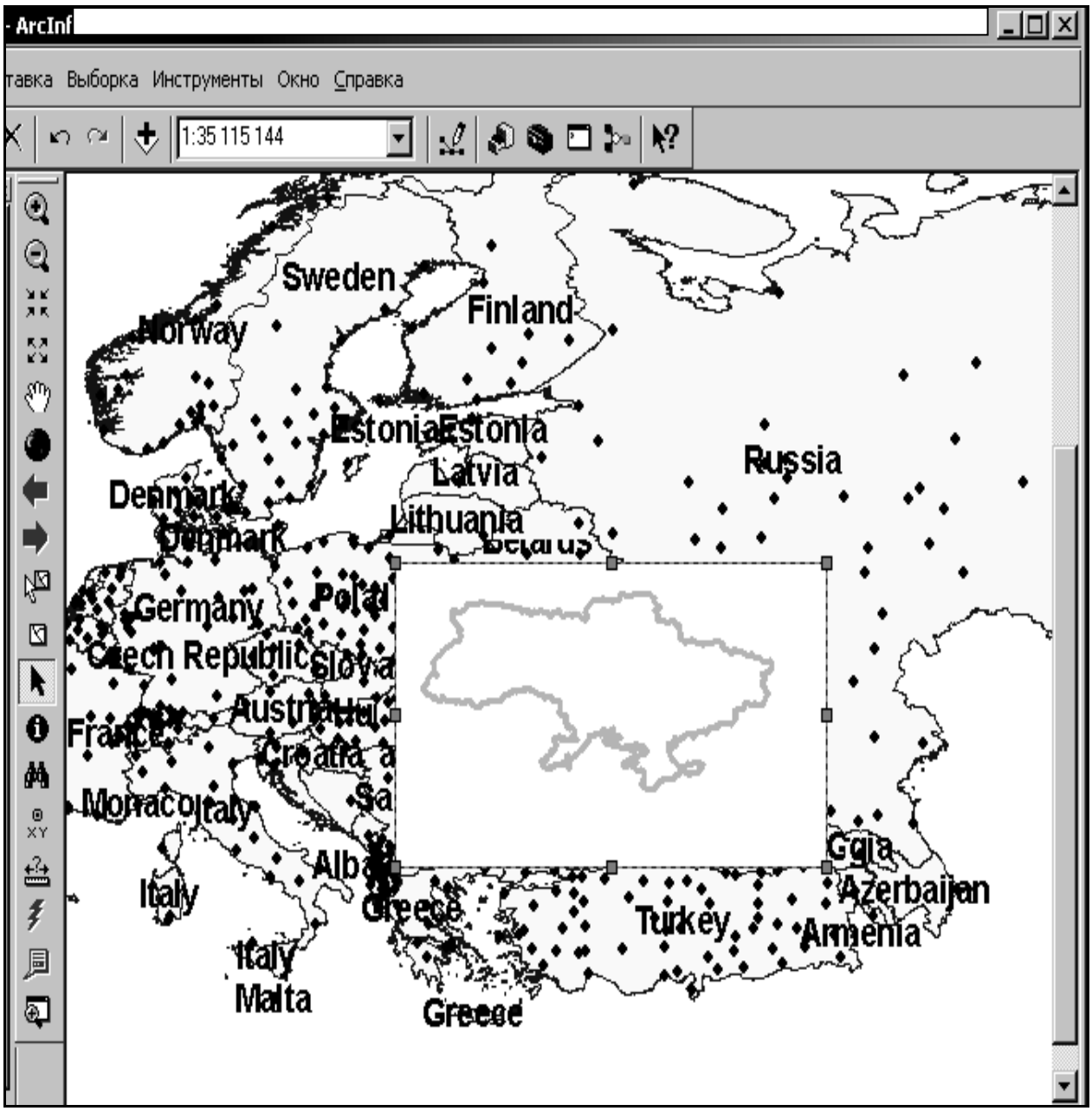


Рис. 5.53. **Результат виділення України прямокутником на карті**

Натиснення кнопки "Фіксоване збільшення" дозволить збільшити розміри прямокутника. Кнопка "Попередній экстент" поверне рамку до колишнього розміру. Видалити рамку можна простим виділенням стрілкою і натисненням кнопки видалення.

Вибір опції "Відкрити таблицю атрибутів" виводить на екран таблицю атрибутів активного шару. На рис. 5.54 наведений результат виводу атрибутивної інформації шару країн. У таблиці виділений рядок з державою Україна. Це виділення відображається на карті виділенням полігону Україна.

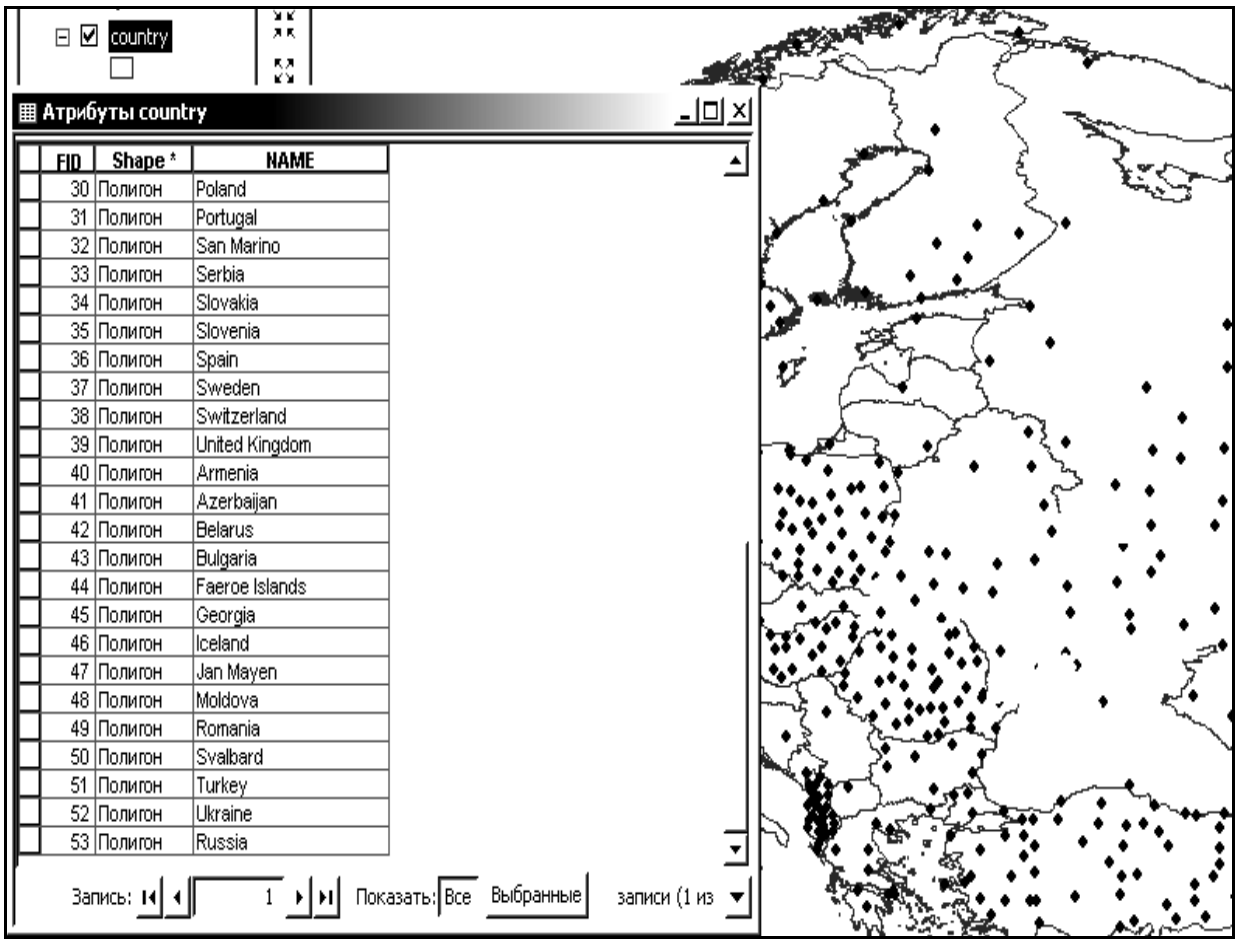


Рис. 5.54. **Таблиця атрибутів з виділеним об’єктом Україна**

5.14. Редагування об’єктів на карті

Редагування об’єктів активного шару на карті виконується за допомогою інструмента "Редактор". Редагування починається з активізації шару, переходу до меню Редактора і натиснення кнопки "Редагувати". На рис. 5.5 наведено меню інструмента "Редактора". На рис. 5.56 – інструменти графічного редагування [30].

Рис. 5.55. **Меню Редактора**

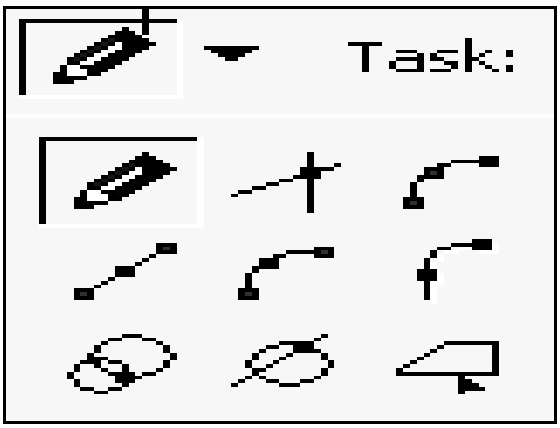


Рис. 5.56. **Інструменти геометричного редагування**

У табл. 5.2 наведені кнопки і функції меню Редактора.

Таблиця 5.2

Деякі кнопки і функції Редактора

Піктограми кнопок редактора	Найменування	Функція
	Редагувати	Вибір і редагування об’єктів і їх геометрії
	Інструмент розробки ескіза	Додавання крапок до редагованого ескіза
	Перетин	Отримання перетину двох відрізків ліній для створення нової крапки
	Інструмент розбиття	Розбиття лінійного об’єкта
	Точка обертання	Обертання вибраного об’єкта
	Атрибути	Демонстрація редактора властивостей об’єкта

Редактор використовується не тільки при редагуванні геометрії об’єктів, а і при редагуванні вмісту таблиць даних.

Розроблена в ArcMap карта зберігається як файл – документ з розширенням (*.mxd). Можливо відкрити для роботи наявний документ *.mxd подвійним клацанням. При цьому запускається сеанс роботи ArcMap для даного (*.mxd).

Документи карти містять властивості відображення географічної інформації, властивості і визначення шарів карти, фреймів даних і компоновок карти для друку плюс будь-які додаткові налаштування і макроси, які були додані на карту.

Спектр задач, які дозволяє вирішувати інструментарій інтерактивних операцій з об’єктами карт в ArcMap, великий і не піддається опису в рамках цього посібника.

Одним із найпривабливіших для кінцевого користувача-аналітика є інструменти геообробки, що підтримують аналіз і моделювання просторової інформації, реалізований в наборі інструментів ToolBox і Model Builder.

5.15. Одиниці вимірювання карт

Одиницями вимірювання карти називаються одиниці, в яких відображаються просторові дані у фреймі даних. Одиниці вимірювання карти визначаються системою координат, вказаною на закладці "Система координат" діалогу "Властивості" фрейма даних.

Список "Одиниці карти" відключається після визначення системи координат, тобто після вказівки системи координат для карти неможливо змінити одиниці вимірювання.

Одиниці карти відображатимуться як невідомі, якщо для фрейма даних не вказана система координат, або якщо система координат невідома унаслідок відсутності інформації про просторову прив’язку даних карти. Якщо одиниці карти невідомі, користувач може або вказати систему координат для фрейма даних, або, якщо фрейм не містить даних, перший шар, що додається у фрейм автоматично встановить систему координат, якщо для його даних вказана просторова прив’язка. Користувач може встановити одиниці карти вручну, наприклад, для мальованих графічних елементів або редагованих об’єктів.

Питання для самоперевірки

1. Пояснити призначення модуля ArcCatalog.
2. Пояснити призначення елементів ArcCatalog: "Папка", "Підключення до баз даних", "Локатори адрес", "Системи координат", "Сервери ГІС", "Набори інструментів", "Стилі", "Шаблони карт".

3. Пояснити структуру і призначення робочих вікон ArcCatalog.

4. Навести і пояснити призначення основних інструментів стандартної панелі інструментів ArcCatalog.

5. Пояснити роль ArcCatalog при створенні нових об’єктів зберігання в БГД.

6. Яким чином можна створити набір інструментів користувача в ArcToolbox ?

7. Пояснити призначення модуля ArcMap.

8. Пояснити призначення таблиці змісту і області відображення карти у фреймі.

9. Пояснити відмінність між видом географічних даних карти і видом компоновки карти.

10. Пояснити інформацію, яка міститься в шарі даних.

11. Пояснити: "Чому шари не містять дані?".

12. Розкрити зміст поняття "Фрейм даних".

13. Які параметри входять у властивості фрейма даних?

14. Пояснити засоби ArcMap, що дозволяють виконувати налаштування відображення об’єктів шару.

15. Навести і пояснити стандартні завдання, виконувані в ArcMap.

16. Навести і пояснити основні робочі інструменти нтерактивних операцій з об’єктами карт в ArcMap.

17. Пояснити призначення Редактора в ArcMap при роботі з геометрією об’єктів на карті.

18. Пояснити призначення Редактора в ArcMap при роботі з таблицями даних.

19. Пояснити особливості вибору одиниць вимірювання карт.

Резюме за темою

Модулі ArcCatalog і ArcMap є основними робочими інструментами пакета ArcGis. Модуль ArcCatalog призначений для структуризації і управління всією ГІС-інформацією, такою, як карти, глобуси, набори даних, метадані і сервіси. Інструменти, що входять в нього, дозволяють:

1) переглядати і шукати географічну інформацію;

2) записувати, переглядати і управляти метаданими;

3) визначати, експортувати й імпортувати структуру і дизайн баз геоданих;

4) здійснювати пошук ГІС-даних локальною мережою і через веб;

5) адмініструвати ArcGIS Server.

Адміністратор баз даних ГІС використовує ArcCatalog при визначенні і побудові баз геоданих, адміністратор ГІС-сервера при адмініструванні архітектури ГІС-сервера.

ArcMap – це основний додаток ArcGIS для виконання всіх картографічних задач, таких, як створення і публікація карт, аналіз карт і редагування даних. Фрейм даних – це основний елемент документа карти в призначеному для користувача інтерфейсі ArcMap. Основне наповнення фрейма даних – це шари карти і атрибутивні таблиці.

Словник термінів

Модуль ArcCatalog	Призначений для структуризації і управління всією ГІС-інформацією, такою, як карти, глобуси, набори даних, метадані і сервіси. Інструменти ArcCatalog дозволяють: 1) переглядати і шукати географічну інформацію; 2) записувати, переглядати і управляти метаданими; 3) визначати, експортувати і імпортувати структуру і дизайн баз геоданих; 4) здійснювати пошук ГІС-даних локальною мережою і через веб; 5) адмініструвати ArcGIS Server
Папки в ArcCatalog	Засіб підключення до робочих областей з базами даних і документами ArcGIS
Підключення до баз даних в ArcCatalog	Засіб підключення до бази геоданих ArcSDE
Локатори адрес в ArcCatalog	Інструменти ArcGIS адресного геокодування
Системи координат в ArcCatalog	Інструменти визначення картографічної проекції і системи координат для просторової прив’язки наборів даних
Сервери ГІС в ArcCatalog	Засіб вибору серверів ArcGIS, з якими можна працювати в ArcCatalog
Набори інструментів в ArcCatalog	Інструменти геообробки в ArcGIS
Стилі в ArcCatalog	Інструменти вибору таких символів карти, як Маркери (крапки), Лінійні символи, Символи заливки (для полігонів) і текстові символи, що використовуються для написів на картах
Шаблони карт в ArcCatalog	Інструменти вибору стилю карти, які можна використовувати при запуску ArcMap

Метадані	Включають властивості об'єкта БГД і документацію і зберігаються як дані XML (extensible markup language) у файлі з даними або базі геоданих
Модуль ArcMap	Основний додаток ArcGIS для виконання всіх картографічних задач, таких, як створення і публікація карт, аналіз карт і редагування даних
Вид географічних даних карти в ArcMap	У виді географічних даних користувач працює з географічними шарами, визначає символи, виконує аналіз і компіляцію наборів даних ГІС
Шари карти	Кожний шар представляє певний набір географічних даних, що відображається у фреймі даних
Фрейм даних	Це основний елемент документа карти в призначеному для користувача інтерфейсі ArcMap. Фрейм даних відображає географічну інформацію як серію шарів карти. Основне наповнення фрейма даних – це шари карти і атрибутивні таблиці
Вид компоновки карти в ArcMap	У вигляді компоновки користувач працює із сторінками карт, що містять вид географічних даних і такими елементи карти, як легенда, масштабна лінійка, стрілка півночі і оглядова карта
Одиниці вимірювання карт	Називаються одиниці, в яких відображаються просторові дані у фреймі даних. Одиниці вимірювання карти визначаються системою координат, вказаною на закладці "Система координат" діалогу "Властивості" фрейма даних

Контрольні запитання

1. Навести приклади створення нової БГД.
2. Навести приклади пошуку на карті даних про місто Харків.
3. До якого типу даних відноситься шар з містами Європи?
4. До якого типу даних відноситься шар з річками Європи?
5. До якого типу даних відноситься шар з населеними пунктами Європи?

Розділ 3. Геообробка даних в ArcGIS

6. Інструменти ГІС-аналізу модуля ArcToolbox

Мета вивчення теми – освоєння методів геообробки даних в ArcGIS.

Основні питання:

6.1. Геообробка даних.

6.2. Інструменти геообробки модуля ArcToolbox.

6.3. Основні інструменти геообробки набору "Аналіз" (Analysis Tools).

6.3.1. Геометричне з’єднання (Append).

6.3.2. Буфер (Buffer).

6.3.3. Вирізування (Clip).

6.3.4. Злиття (Dissolve).

6.3.5. Інтеграція.

6.3.6. Перетин (Intersect).

6.3.7. Об’єднання (Union).

6.3.8. Додати поля x, y.

6.3.9. Стирання (Erase).

6.3.10. "Об’єкт в лінію", "Об’єкт в точку" і "Об’єкт в полігон".

6.3.11. Ідентичність (Identity).

6.3.12. Найближчий об’єкт (Near).

6.3.13. Відстань між точками (Point Distance).

6.3.14. Розбиття (Split).

6.3.15. Симетрична різниця (Symmetrical Difference).

6.3.16. Оновлення (Update).

6.4. Інструментарій "Spatial Analyst".

6.4.1. Типи моделей, що розробляються засобами інструментів набору "Spatial Analyst".

6.4.2. Функціональні групи операцій "Spatial Analyst".

6.4.3. Приклад використовування функцій "Перекласифікація" і "Зважене накладення".

Професійні компетентності: знання: головних принципів геообробки даних, інструменти геообробки модуля ArcToolbox, основних інструментів геообробки набору "Аналіз" (Analysis Tools), інструментарію "Spatial Analyst", типів моделей, що розробляються засобами інструментів набору "Spatial Analyst", функціональних груп операцій "Spatial Analyst".

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп’ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: геообробка даних, модуль ArcToolbox, інструменти геообробки набору "Аналіз" (Analysis Tools), "Геометричне з’єднання" (Append), "Буфер" (Buffer), "Вирізування" (Clip), "Злиття" (Dissolve), "Інтеграція", "Перетин" (Intersect), "Об’єднання" (Union), "Стирання" (Erase), "Spatial Analyst", "Перекласифікація", "Зважене накладення".

6.1. Геообробка даних

ГІС-аналіз припускає широкий спектр операцій геообробки, які можна виконувати в середовищі ГІС: від простого відображення об'єктів до створення складних багатокрокових аналітичний моделей [31 – 33; 35].

Геообробка – це один з наймогутніших компонентів географічних інформаційних систем. Геообробка дозволяє визначати, обробляти і аналізувати інформацію, що використовується для прийняття рішень.

Геообробка ґрунтується на трансформації даних, яка полягає в перетворенні одного набору даних в інший набір даних засобами операцій геообробки (рис. 6.1).

Рис. 6.1. **Схема процесу геообробки**

У ArcGIS доступно більше 200 інструментів геообробки. Ще більше інструментів доступно в додаткових модулях ArcGIS. Найбільш часто при ГІС-аналізі використовуються 18 інструментів (виключаючи інструменти конвертації). Усі основні інструменти доступні при будь-якому рівні ліцензування, але більш всього інструментів доступно на ліцензії ArcInfo. Геообробка використовується при виконанні багатьох важливих ГІС-задач, а також для автоматизації багатьох операцій пакетної обробки і методів у ГІС.

До інструментального середовища геообробки ArcGIS можна звернутися різними способами:

1) через діалогові вікна інструментів у ArcToolbox;
2) через елементи візуальних моделей в ModelBuilder;
3) шляхом введення команд у командному рядку;
4) описом потрібних функцій в скриптах.

6.2. Інструменти геообробки модуля ArcToolbox

Основу середовища геообробки складають ArcToolbox – структурований набір інструментів геообробки і ModelBuilder – інтерфейс візуального моделювання для побудови робочих процесів геообробки і скриптів [31 – 33; 35].

ArcToolbox містить обширний набір функцій геообробки, включаючи інструменти для:

1) управління даними;
2) конвертації даних;
3) обробки покриттів;
4) векторного аналізу;
5) геокодування;
6) статистичного аналізу.

На рис. 6.2 наведено вікно ArcToolbox із списком інструментів.

Вибір будь-якого з інструментів виводить на екран робоче вікно інструмента. Для цього необхідно в контекстному меню інструмента вибрати пункт "Відкрити".

У вікні інструмента необхідно заповнити необхідні поля. Обов’язкові поля відзначені зеленим кольором.

Результат виконання операції відображається на карті і в дереві змісту.

В спектрі інструментів ArcToolbox слід розрізняти інструмента "Аналіз" (Analysis Tools) і "Просторове моделювання" (Spatial Analyst Tools).

Перший набір інструментів орієнтований на обробку векторних даних.

Другий – є повнофункціональним інструментом ГІС-моделювання та підтримки прийняття оптимальних рішень.

Далі наведені основні інструменти геообробки набору "Аналіз" (Analysis Tools) та інструменти (Spatial Analyst Tools).

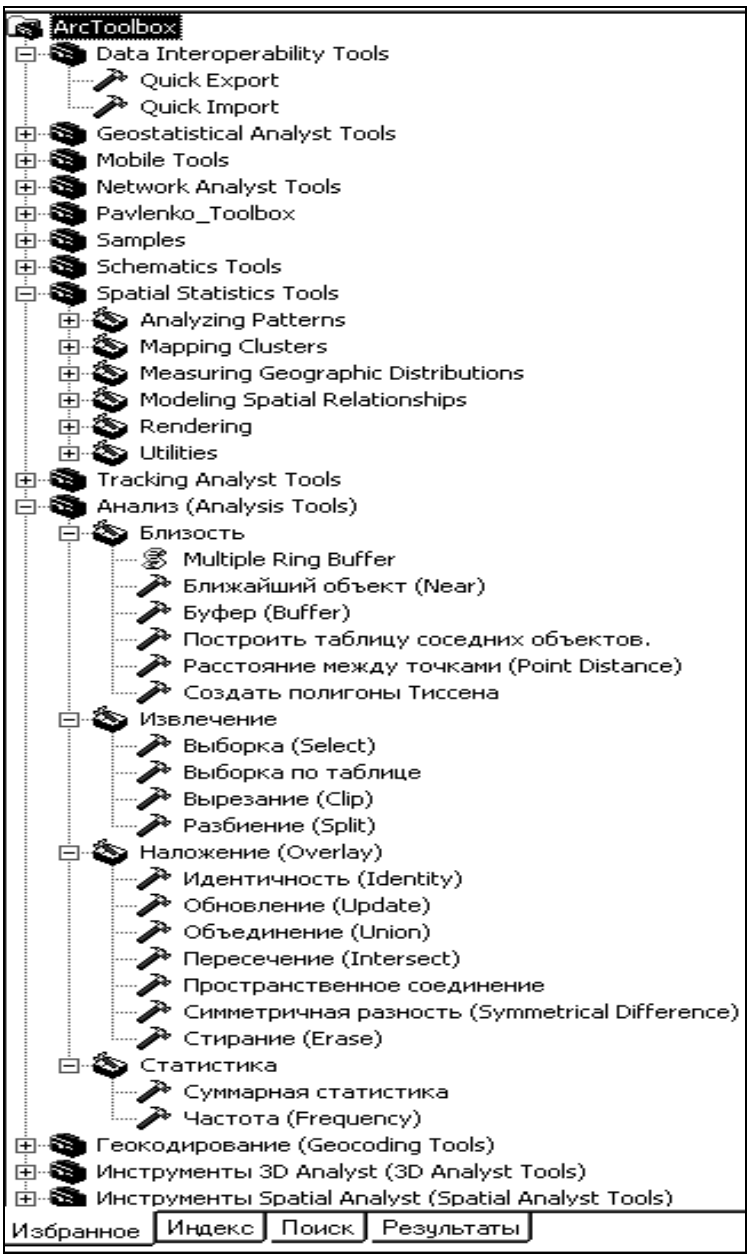


Рис. 6.2. **Деякі інструменти ArcToolbox (якнайповніше відображені інструменти аналізу векторних даних)**

У ArcGIS 9 вікно ArcToolbox вбудоване в ArcCatalog і ArcMap, воно доступне в продуктах ArcView, ArcEditor і ArcInfo. На кожному послідовному рівні настільних продуктів ArcGIS додаються нові інструменти геообробки. ArcView підтримує базовий набір простих інструментів для завантаження і обробки даних, а також інструменти для базового аналізу. В ArcEditor до них додається декілька інструментів для створення і завантаження баз геоданих. ArcInfo надає повний набір інструментів геообробки, призначених для векторного аналізу, конвертації даних, завантаження даних і геообробки покриттів. У ArcView є більше 80 інстру-

ментів ArcToolbox, в ArcEditor – більше 90, а в ArcInfo порядка 250. ArcGIS включає додаткові набори інструментів геообробки. Так, ArcGIS Spatial Analyst містить близько 200 інструментів для роботи з растрами, ArcGIS 3D Analyst™ інструменти для роботи з TIN і аналізу поверхонь, ArcGIS Geostatistical Analyst пропонує інструменти кригинга й інтерполяції поверхонь.

6.3. Основні інструменти геообробки набору "Аналіз" (Analysis Tools)

6.3.1. Геометричне з'єднання (Append)

Геометричне з'єднання (Append) – це один з інструментів Data Management tools для роботи з класами просторових об'єктів.

За допомогою цього інструмента декілька класів просторових об'єктів зливаються в єдиний клас просторових об'єктів (рис. 6.3, 6.4).

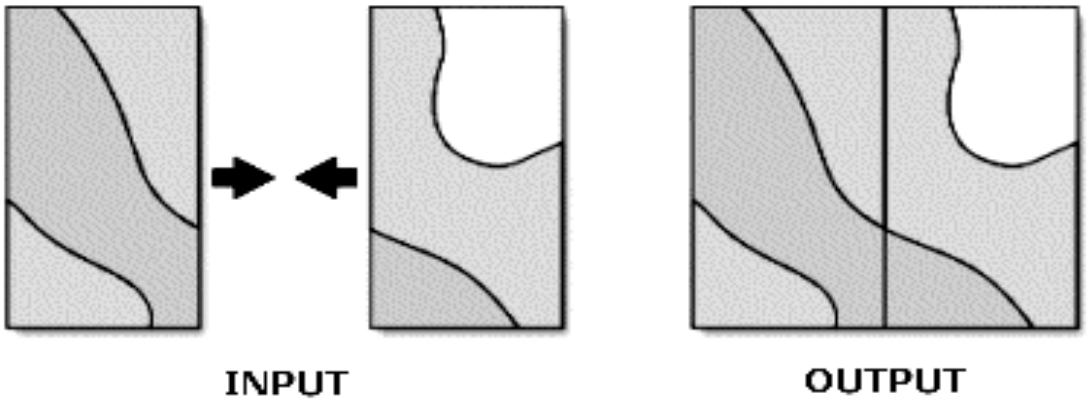


Рис. 6.3. **Ілюстрація геометричного з'єднання полігонів**

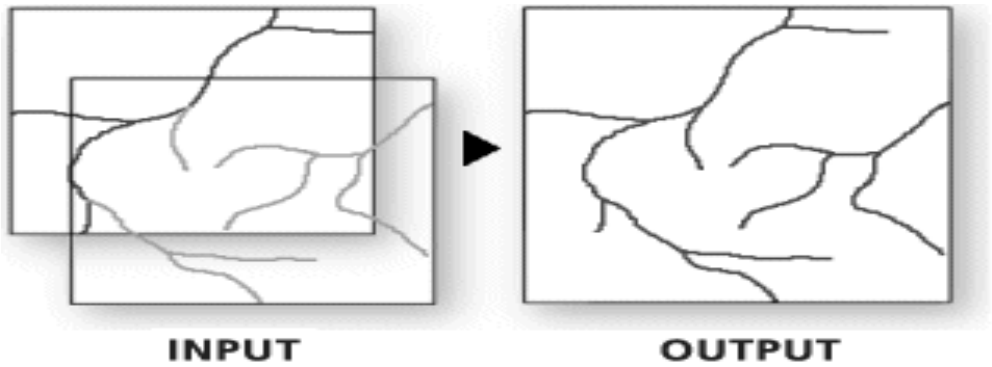


Рис. 6.4. **Ілюстрація геометричного з'єднання лінійних об'єктів**

6.3.2. Буфер (Buffer)

Буфер (Buffer) – це один з інструментів набору Analysis tools, що використовується для обчислення близькості. Цей інструмент створює новий клас просторових об’єктів, створюючи буферні полігони навкруги кожного полігонального, лінійного або точкового просторового об’єктів (рис. 6.5).

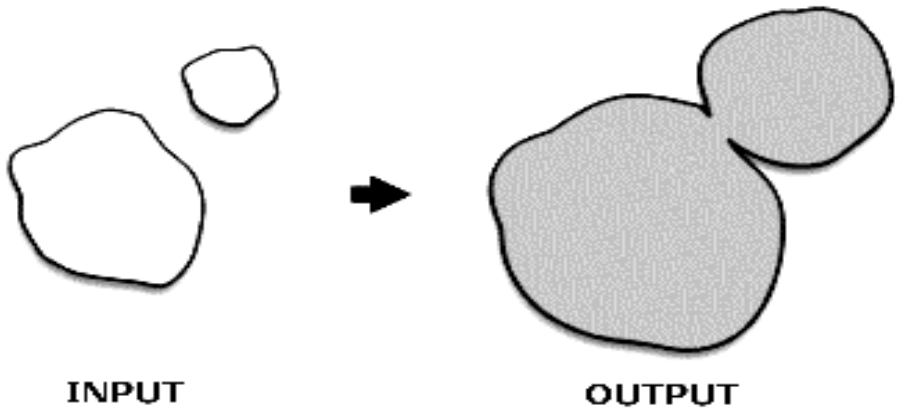


Рис. 6.5. **Ілюстрація створення буферних зон для двох об’єктів**

6.3.3. Вирізування (Clip)

Вирізування (Clip) – це один з інструментів набору Analysis tools, що використовується для витягання просторових об’єктів або частин просторових об’єктів з класу просторових об’єктів. Цей інструмент використовує межу полігону для того, щоб вирізувати просторові об’єкти разом з атрибутами з класу просторових об’єктів.

Клас об’єктів, що піддається вирізуванню, може містити крапки, лінії, полігони. Вирізуючий об’єкт повинен бути представлений полігоном. На рис. 6.6 наведений варіант вирізування полігону полігоном.

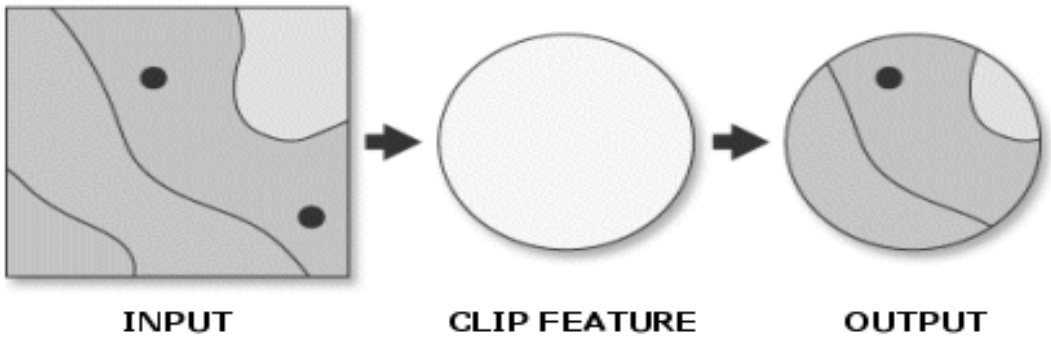


Рис. 6.6. **Вирізування полігону полігоном**

На рис. 6.7 наведений варіант вирізування лінійних об’єктів полігоном.

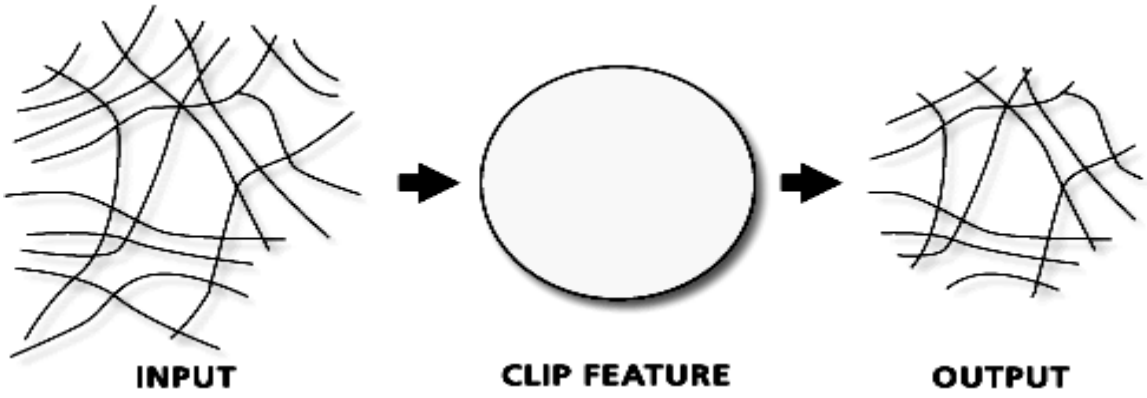


Рис. 6.7. **Вирізування лінійних об’єктів полігоном**

На рис. 6.8 наведений варіант вирізування точкових об’єктів полігоном

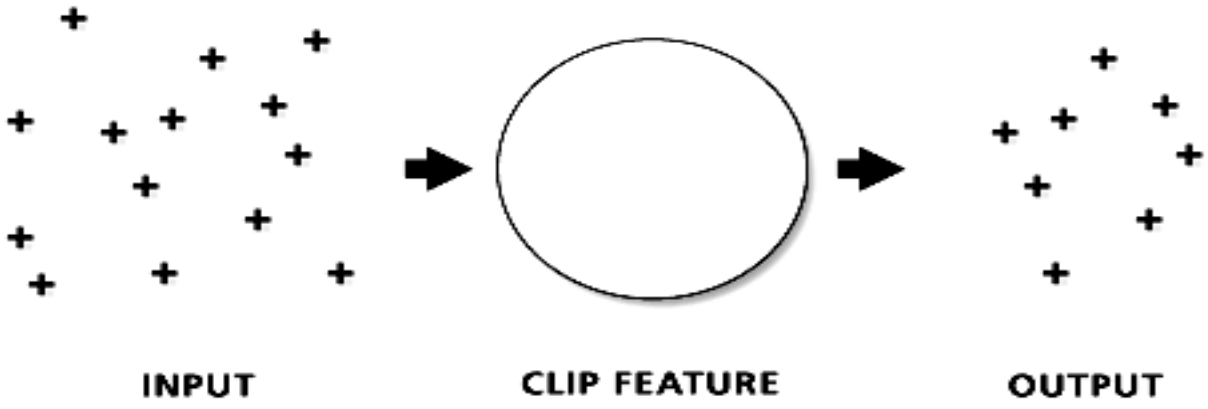


Рис. 6.8. **Вирізування точкових об’єктів полігоном**

6.3.4. Злиття (Dissolve)

Злиття (Dissolve) – це один з інструментів набору Data Management tools, що використовується для генералізації просторових об’єктів. Цей інструмент комбінує схожі об’єкти на підставі значення атрибута або атрибутів. На рис. 6.9 наведений варіант злиття полігональних об’єктів однієї семантики або однорідних в якомусь значенні об’єктів в один набір даних. Наприклад, виконується злиття міст різних країн на підставі загального для цих міст атрибута "Найменування країни". При цьому операція стирає межі між містами, які належать одній державі.

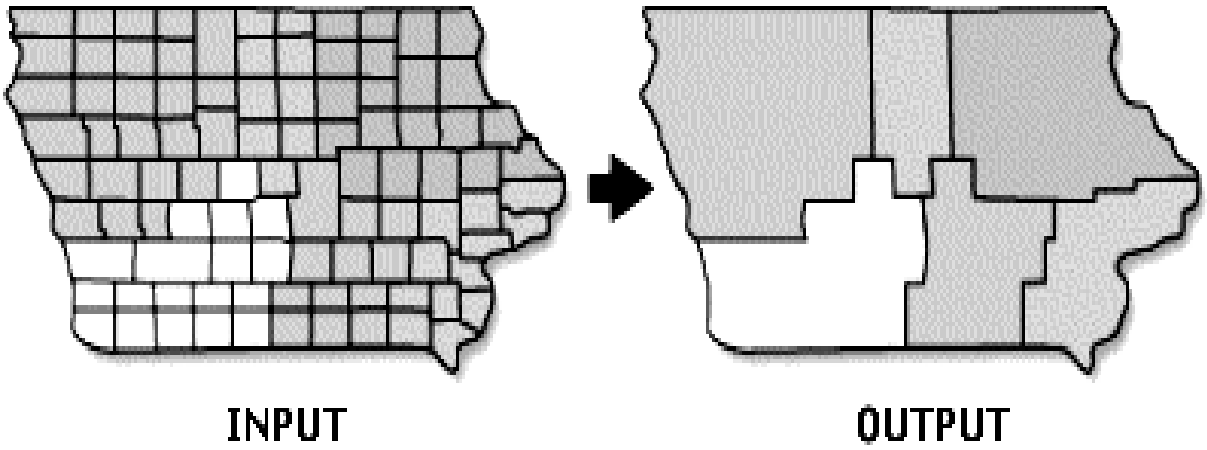


Рис. 6.9. **Ілюстрація геометричного злиття полігональних об’єктів**

6.3.5. Інтеграція

Інтеграція – це один з інструментів набору Data Management tools, що використовується для обробки класів просторових об’єктів.

Цей інструмент порівнює класи просторових об’єктів і робить ідентичною або співпадаючою будь-які лінії або вершини, які знаходяться на певній відстані один від одного. На рис. 6.10 наведена ілюстрація інтеграції лінійних об’єктів.

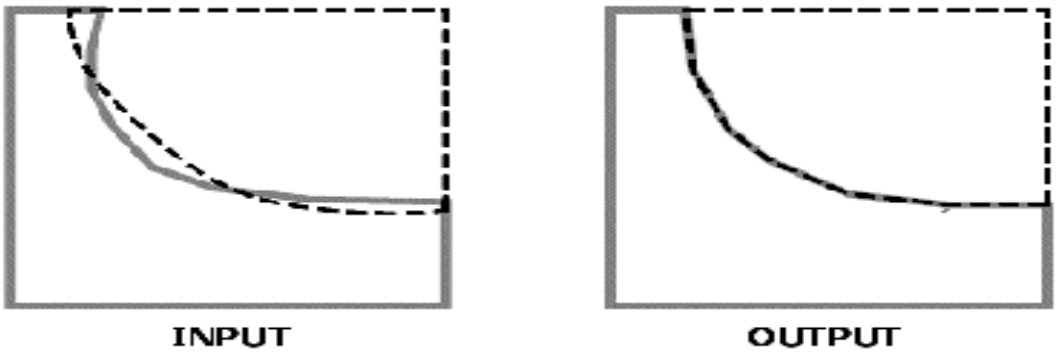


Рис. 6.10. **Ілюстрація інтеграції лінійних об’єктів**

6.3.6. Перетин (Intersect)

Перетин (Intersect) – це один з інструментів набору Analysis tools, що використовується для здійснення аналізу накладення для класів просторових об’єктів. Цей інструмент будує новий клас просторових об’єктів з пересічних об’єктів, загальних для обох класів просторових об’єктів. На рис. 6.11 наведена ілюстрація перетину об’єктів.

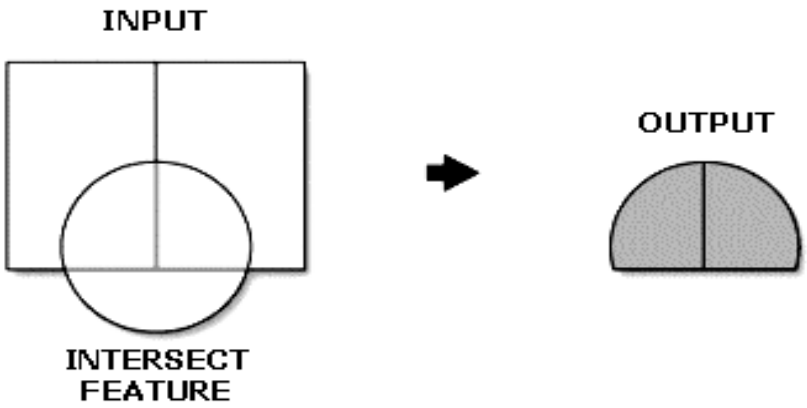


Рис. 6.11. **Ілюстрація перетину об’єктів**

6.3.7. Об’єднання (Union)

Об’єднання (Union) – це інструмент набору Analysis tools, що використовується для здійснення аналізу накладення для класів просторових об’єктів. Цей інструмент будує новий клас просторових об’єктів, комбінуючи об’єкти і атрибути з кожного класу. На рис. 6.12 наведена ілюстрація об’єднання об’єктів.

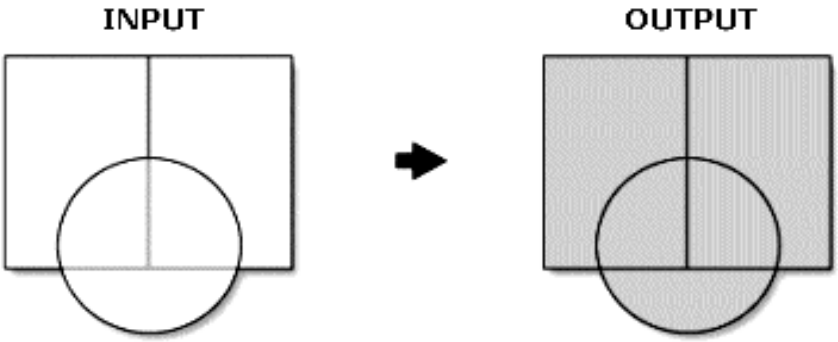


Рис. 6.12. **Ілюстрація об’єднання об’єктів**

У ліцензії ArcInfo доступні такі інструменти, що часто використовуються.

6.3.8. Додати поля x,y

Додати поля x,y – це один з інструментів Data Management tools для управління просторовими об’єктами і їх атрибутів. Цей інструмент додає поля POINT_X і POINT_Y до таблиці атрибутів просторових об’єктів і обчислює місцезнаходження x,y для полів для написів, крапок або вузлів (рис. 6.13).

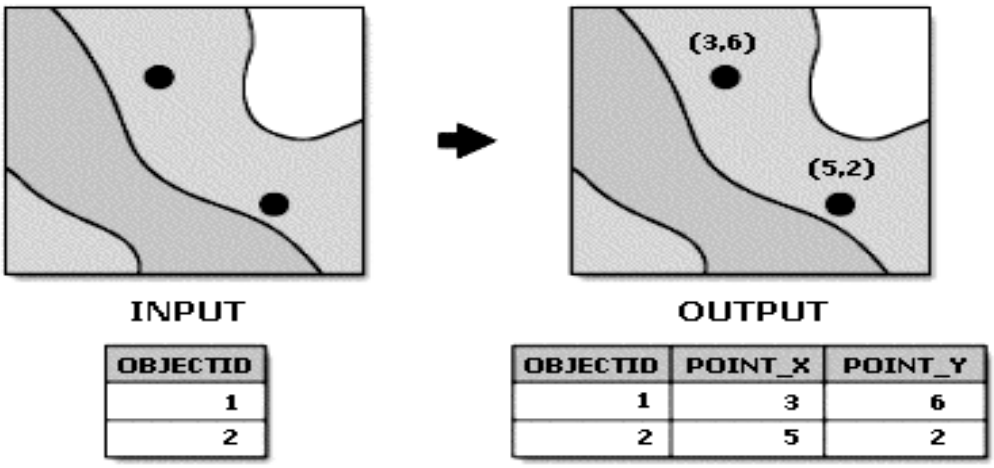


Рис. 6.13. **Ілюстрація виконання операції "Додати поля X,Y"**

6.3.9. Стирання (Erase)

Стирання (Erase) – це один з інструментів набору Analysis, що використовується для здійснення аналізу накладення для класів просторових об’єктів. Цей інструмент створює клас просторових об’єктів з тих об’єктів або їх частин, які знаходяться за межами стираючого класу просторових об’єктів (рис. 6.14).

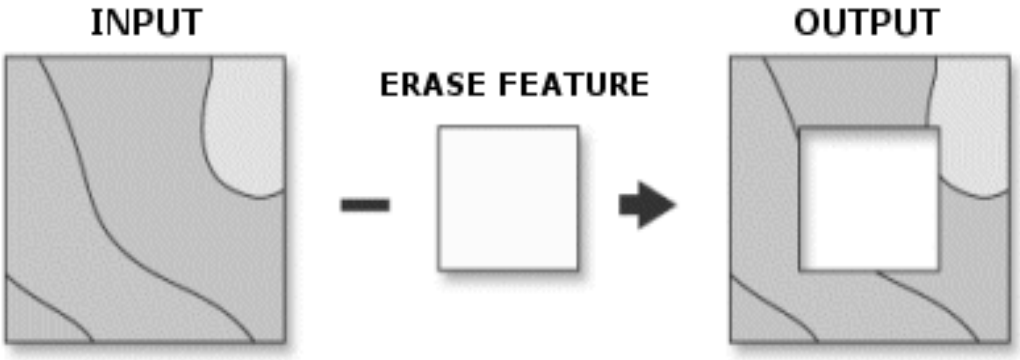


Рис. 6.14. **Ілюстрація виконання операції стирання**

6.3.10. "Об’єкт в лінію", "Об’єкт в точку" і "Об’єкт в полігон"

"Об’єкт в лінію", "Об’єкт в точку" і "Об’єкт в полігон" – це інструменти набору Data Management tools, що використовуються для обробки просторових об’єктів. Ці інструменти створюють лінійні (рис. 6.15) і точкові (рис. 6.16, 6.17) об’єкти з інших просторових об’єктів.

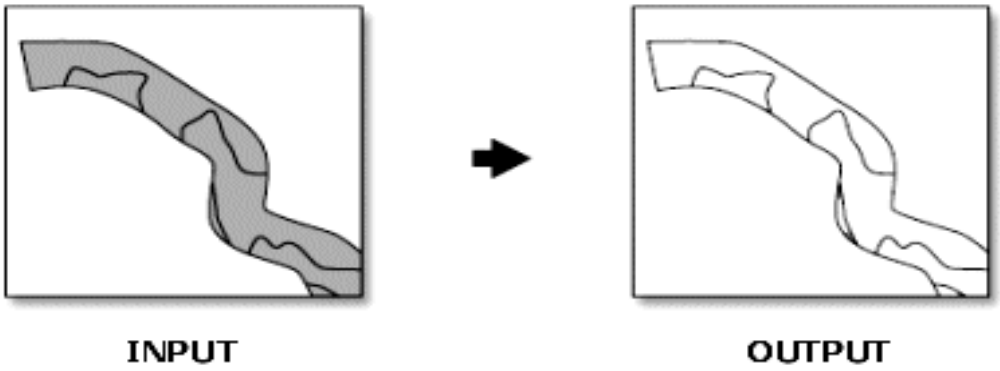


Рис. 6.15. **Ілюстрація виконання операції створення лінійних об’єктів з полігональних**

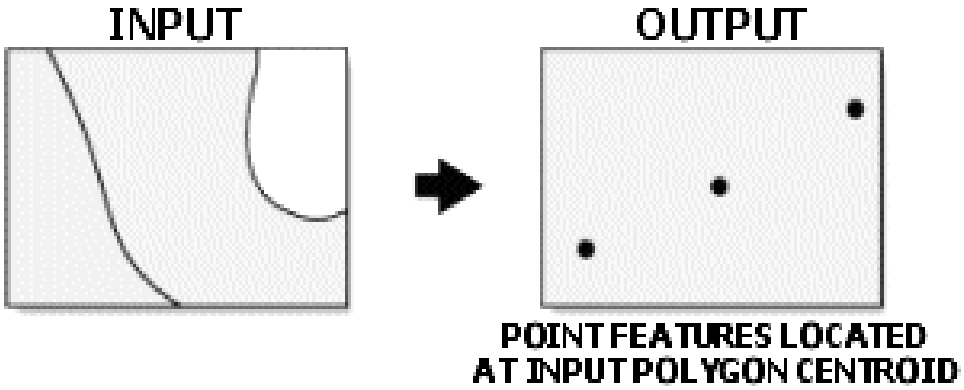


Рис. 6.16. **Ілюстрація виконання операції створення точкових об’єктів з полігональних**

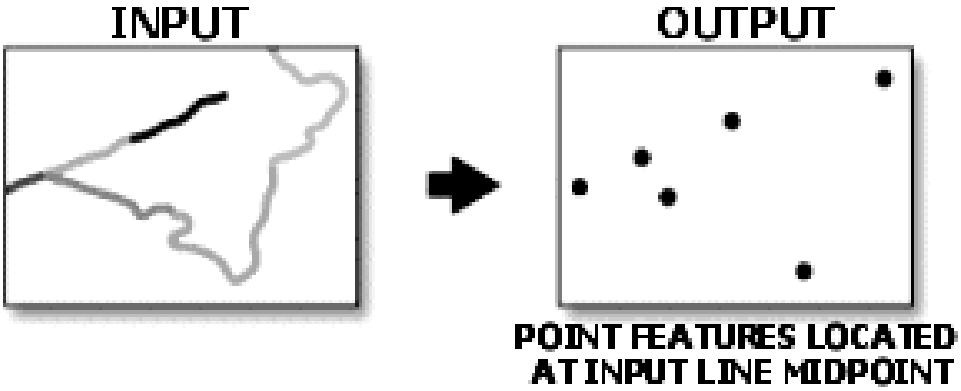


Рис. 6.17. **Ілюстрація виконання операції створення точкових об’єктів з лінійних**

6.3.11. Ідентичність (Identity)

Ідентичність (Identity) – це інструмент набору Analysis tools, що використовується для здійснення аналізу накладення над класами просторових об’єктів. Цей інструмент комбінує частини просторових об’єктів, які перекриваються ідентичними об’єктами, створюючи новий клас просторових об’єктів (рис. 6.18).

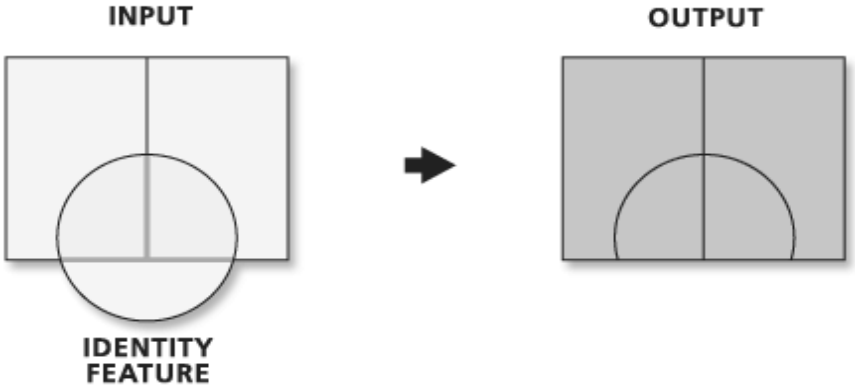


Рис. 6.18. **Ілюстрація виконання операції "Ідентичність"**

6.3.12. Найближчий об’єкт (Near)

Найближчий об’єкт (Near) - це один з інструментів набору Analysis tools, що використовується для обчислення близькості.

Цей інструмент обчислює відстань від кожної точки у вхідному класі просторових об’єктів до найближчої полілінії або точки в сусідньому класі просторових об’єктів або шарі, з максимальним радіусом пошуку (рис. 6.19).

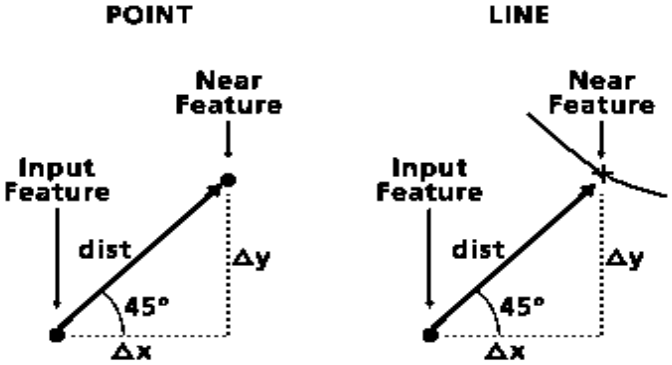


Рис. 6.19. **Ілюстрація виконання операції "Найближчий об’єкт"**

Вхідними об’єктами можуть бути: точкові, полілінійні, полігональні, з множиною полігонів (рис. 6.20).

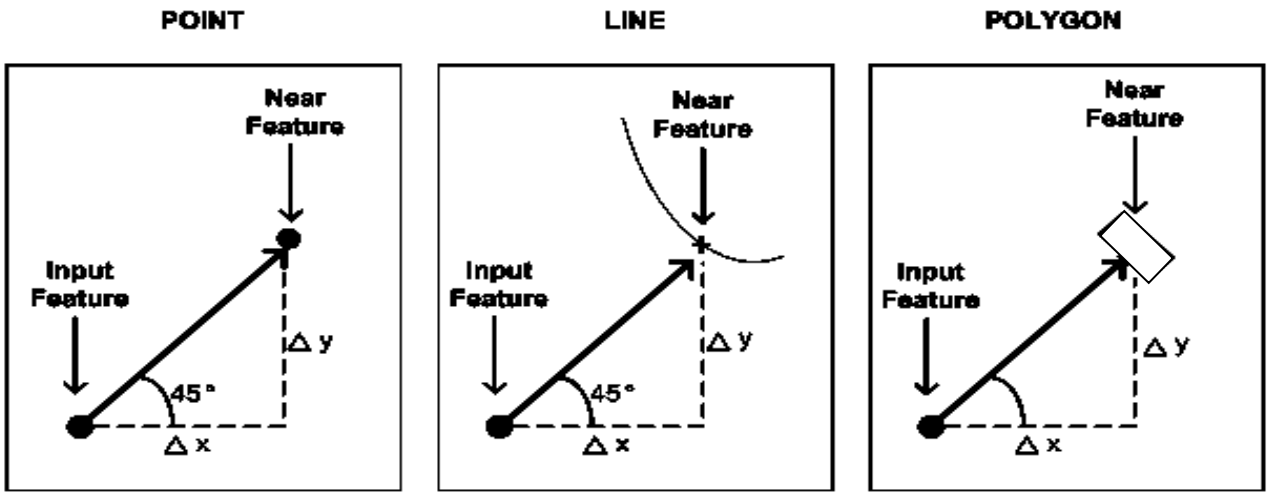


Рис. 6.20. **Ілюстрація виконання операції "Найближчий об’єкт" для різних класів вхідних об’єктів**

6.3.13. Відстань між точками (Point Distance)

Відстань між точками (Point Distance) – це інструмент набору Analysis tools, що використовується для обчислення близькості.

Цей інструмент обчислює відстань від точки до точки для всіх точок в класі просторових об’єктів або шарі, до всіх точок цього ж або іншого класу просторових об’єктів або шару, в межах певного радіусу пошуку На рис. 6.21 наведений результат виконання операції "Відстань між крапками" (вхідні об’єкти 101 і 102 належать одному класу просторових об’єктів, об’єкт 1 – іншому класу просторових об’єктів). Виходом є таблиця відстаней між ними.

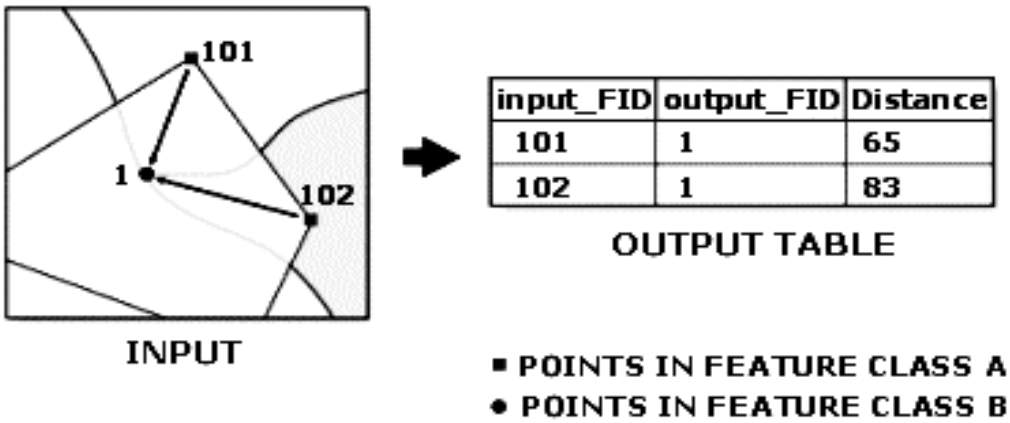


Рис. 6.21. **Ілюстрація виконання операції "Відстань між точками" (вхідні об’єкти 101 і 102 належать одному класу просторових об’єктів, об’єкт 1 – іншому класу просторових об’єктів)**

6.3.14. Розбиття (Split)

Розбиття (Split) – це інструмент набору Analysis tools, що використовується для витягання просторових об’єктів або частин просторових об’єктів з класу просторових об’єктів. Цей інструмент розбиває просторові об’єкти на декілька (рис. 6.22). Вхідний полігон розбивається об’єктом з шістьма зонами на чотири об’єкти відповідно до геометрії розбиваючого об’єкта.

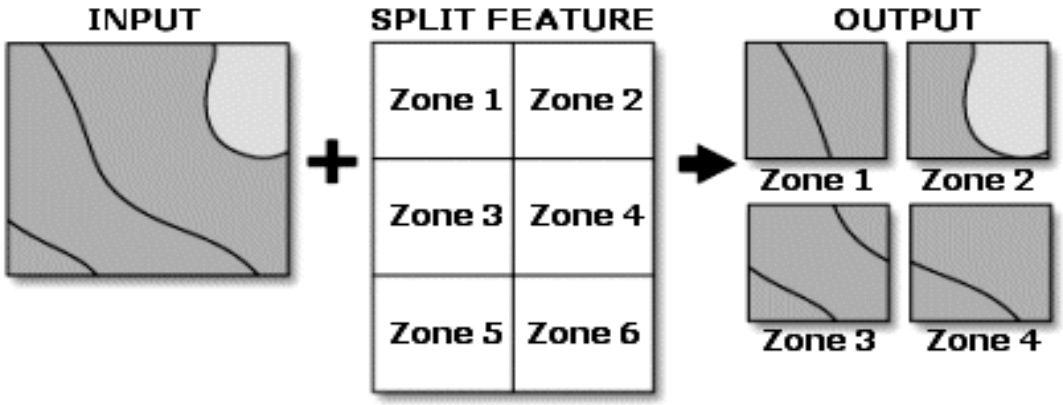


Рис. 6.22. **Ілюстрація виконання операції "Розбиття"**

6.3.15. Симетрична різниця (Symmetrical Difference)

Симетрична різниця (Symmetrical Difference) – це інструмент набору Analysis tools, що використовується для здійснення аналізу накладення для класів просторових об’єктів. Цей інструмент створює клас просторових об’єктів з просторових об’єктів або частин просторових об’єктів, які не є загальними для вхідних (рис. 6.23).

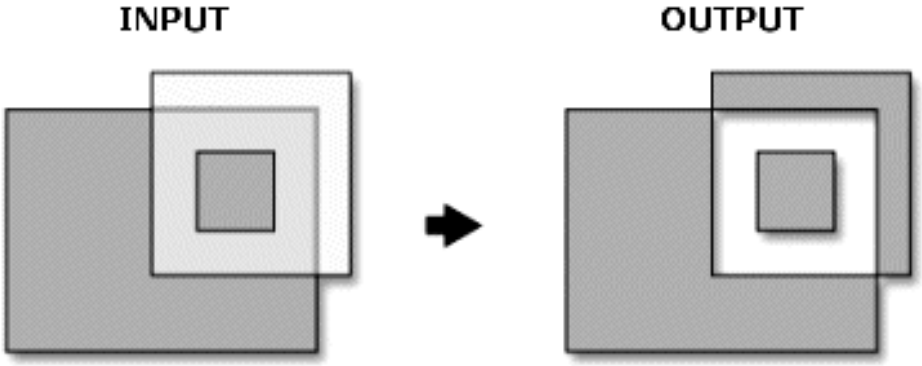


Рис. 6.23. **Ілюстрація виконання операції "Симетрична різниця"**

6.3.16. Оновлення (Update)

Оновлення (Update) – це інструмент набору Analysis tools, що використовується для здійснення аналізу накладення для класів просторових об’єктів. Цей інструмент обновляє атрибути і геометрію вхідного класу просторових об’єктів або шару за допомогою оновлюючого класу просторових об’єктів або шару, що накладається (рис. 6.24).

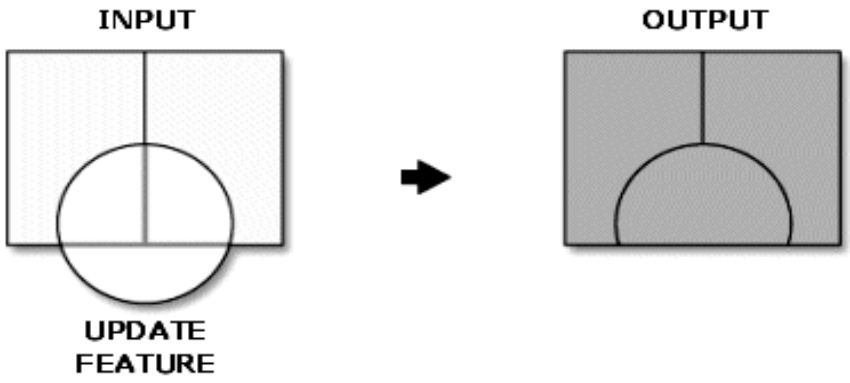


Рис. 6.24. **Ілюстрація виконання операції "Оновлення"**

6.4. Інструментарій "Spatial Analyst"

6.4.1. Типи моделей, що розробляються засобами інструментів набору "Spatial Analyst"

Інструментарій "Spatial Analyst" припускає виконання аналізу і моделювання з векторними і растровими даними [32]. Спектр задач, які він дозволяє вирішувати, настільки великий, що його неможливо описати в одному виданні.

Засоби інструмента Spatial Analyst пакета ArcGIS 9 передбачають побудову двох типів моделей: представлення та процесів [32].

Модель представлення або модель даних (описова модель) складається з наборів даних, які визначають мету моделювання. Розробляється у вигляді шарів (тем) просторових растрових або векторних даних.

Кожен шар відображає просторові відношення між об’єктами ландшафту та передбачає наявність атрибутивних даних, які в реляційній таблиці надають фактичні дані про об’єкти.

Модель процесів є описом взаємовідносин між об’єктами, які були отримані в моделях даних, та дозволяє оцінити, що буде, якщо буде виконана якась дія. Цей вид моделювання виконується засобами інструментів просторового аналізу. Кожна операція та функція Spatial Analyst є моделлю процесу.

Розрізнюють такі головні типи моделей процесів.

Моделі придатності – пошук оптимального місцезнаходження чи оптимального пересування матеріальних, трудових, фінансових та інформаційних ресурсів.

Моделі відстаней – обчислення відстані між територіально віддаленими точками з урахуванням рельєфу місцевості, різницею в обліку часу, точками зупинки тощо.

Моделі гідрології – визначення, куди буде направлена гірська лавина чи водоток.

Моделі поверхонь – визначення кадастрових особливостей, рівня забруднення різних регіонів тощо.

Повна геомодель складається з послідовності локальних задач, моделей процесів, наборів даних для виконання дій процесів у кожній локальній завдання та дозволяє скласти очікувану карту з локальних наборів, яка надає уявлення про стан предметної області для прийняття управлінських рішень.

Оперувати функціями Spatial Analyst можна з набору інструментів ArcGis Tools (рис. 6.25, 6.26) або звернувшися до меню Spatial Analyst toolbar (рис. 6.27).

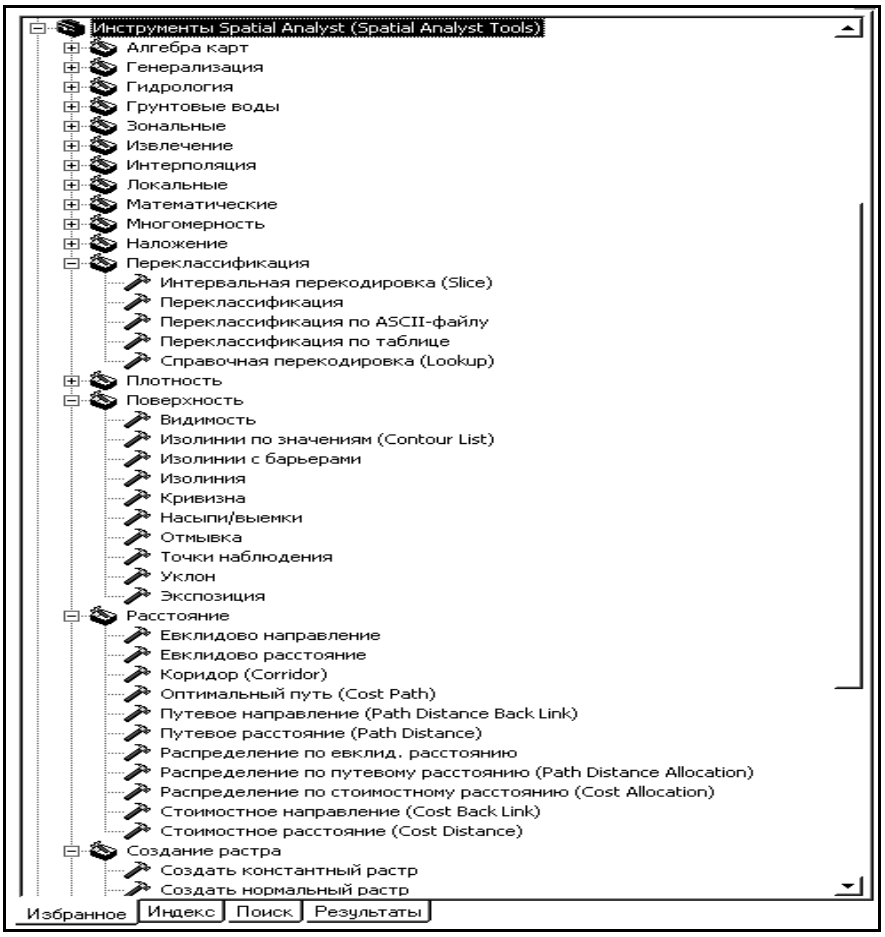


Рис. 6.25. **Спектр функцій Spatial Analyst в ArcGis Tools**

Рис. 6.26. **Фрагмент дерева функцій Spatial Analyst**

Інструменти Spatial Analyst дозволяють виконати безліч ГІС-операцій з даними, розміщеними в осередках (растровими даними).

Операції з даними Spatial Analyst включають операції з:

відстанями;

густиною;

інтерполяцією;

перекласифікацією;

пошуком сусідства об’єктів (зональним і на поверхні);

перетворенням даних з/у векторного/е і растрове/го.

Підтримується можливість роботи з растровим калькулятором для виконання математичних обчислень (з використанням операторів і функцій), виконання вибірки.

Інструменти "Map Algebra" дозволяють формувати математичні вирази.

Звернення до інструментів Spatial Analyst toolbar виконується з контекстного меню пункту "Вид" (View) в ArcMap (рис. 6.27).

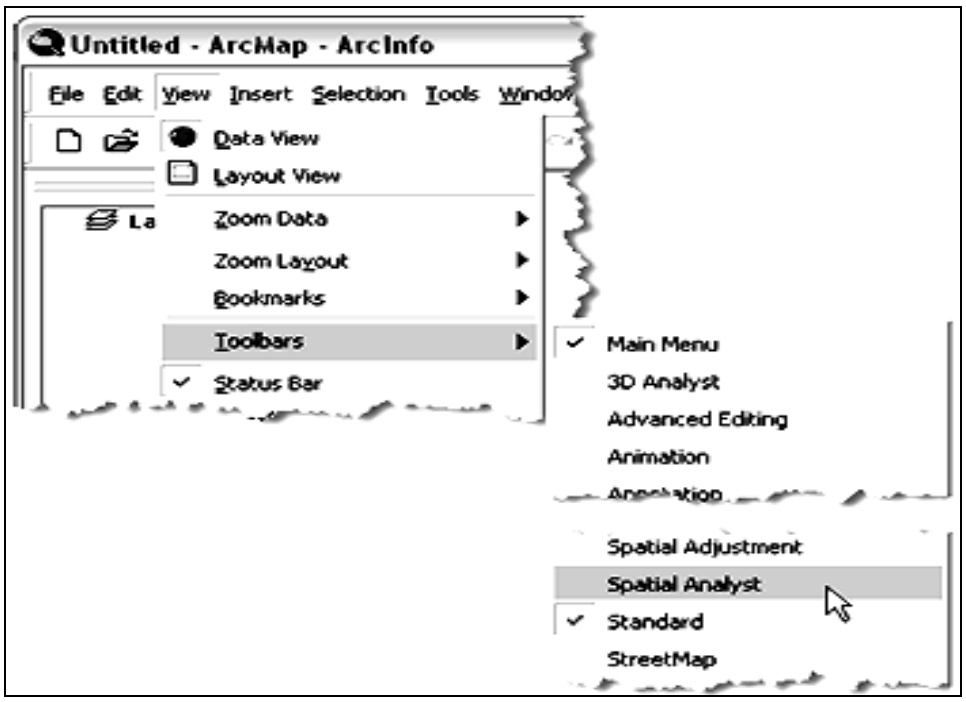


Рис. 6.27. **Виклик Spatial Analyst toolbar**

На рис. 6.28 представлено меню функцій Spatial Analyst.

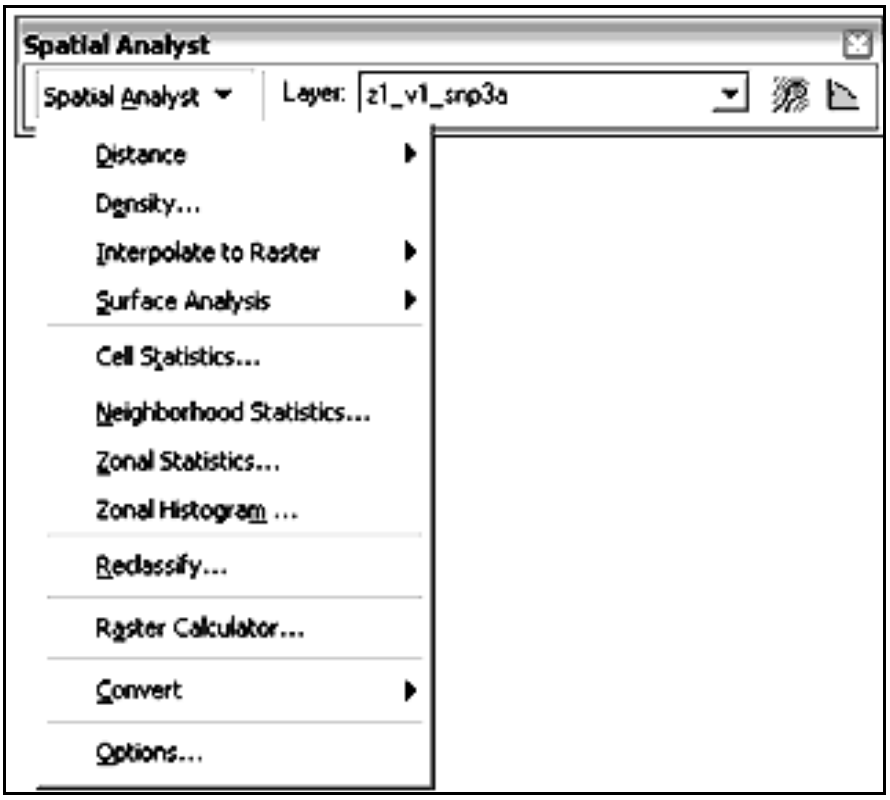


Рис. 6.28. **Меню функцій Spatial Analyst**

6.4.2. Функціональні групи операцій Spatial Analyst

Операції Spatial Analyst з'єднані у функціональні групи (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Функціональні групи операцій Spatial Analyst

№	Группа функцій	Операції	Розшифровка операцій
1	Distance (Відстань)	Straight line (Euclidean) distance. Allocation. Cost weighted distance. Shortest (least-cost) path	Евклідова відстань. Розташування. Зважена відстань. Оптимальний шлях
2	Density (Густина)	Calculating density	Обчислення густини
3	Interpolation (Інтерполяція)	Inverse distance weighted. Spline. Kriging	Взважена відстань. Сплайни. Крикінг
4	Surface analysis (Аналіз поверхні)	Contour. Slope. Aspect. Hillshade. Viewshed	Контури. Схил. Вигляд. Сурми тінь. Збільшення огляду
5	Local, Neighborhood and Regional (Локальне і регіональне сусідство)	Cell statistics. Neighborhood statistics. Zonal statistics. Zonal Histogram	Статистика в осередках. Статистика сусідства. Зональна статистика. Зональна гістограмма
6	Reclassifying rasters (Перекласифікація растрів)	Reclassify	Перекласифікація растрів
7	Map Algebra (Алгебра карт)	Raster Calculator	Обчислення в растрі
8	Conversion (Конвертація)	Features to raster. Raster to features	Вектори в растр. Растр у вектори

Тією, що найбільш часто використовується, є функція "Евклідова відстань".

Растр евклідової відстані містить обчислені відстані від кожного осередку вхідних даних до найближчого сусіднього осередку.

Фукнкція часто використовується в різних додатках для пошуку найближчих об’єктів на карті. Зображається у вигляді концентричних кругів різного кольору навкруги об’єктів вхідного растру. Кольори означають градацію (від менших до великих) відстаней від заданих об’єктів (рис. 6.29).

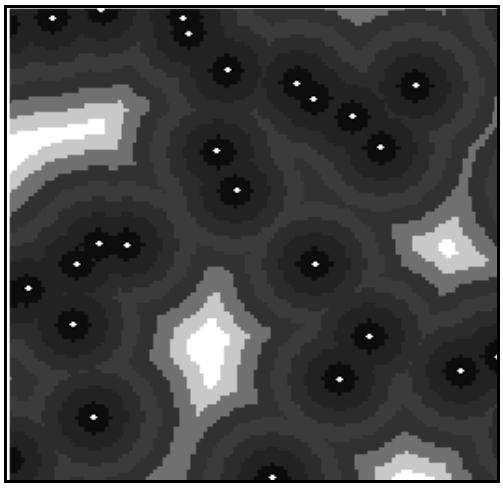


Рис. 6.29. **Ілюстрація результату побудови евклидової відстані**

Наступними функціями, які часто зустрічається при роботі з растровими даними, є "Перекласифікація" і "Зважене накладення". Далі наведений приклад моделювання, що пояснює концепцію застосування цих функцій.

6.4.3. Приклад використання функцій "Перекласифікація" і "Зважене накладення"

До найпоширеніших питань просторового моделювання відносяться питання пошуку відповідного місця для розміщення підприємства, складу, трубопроводу або іншого об’єкта.

Наприклад, необхідно отримати растр, який визначає ділянки землі з мінімальною вартістю для розміщення філіалу фірми на певній території.

Критеріями рішення завдання є такі:

місце будівництва повинно бути подалі від ділянок землекористування і на місцевості з меншим схилом.

Растр вартості задають два растри: відстані до ділянок землекористування і схилів на певній території.

Експертами фірми задана вага кожного з компонентів при обчисленні місця будівництва: для растра землекористування – 34 %, для растра схилів – 66 %.

Відомо, що вхідні набори даних зібрано з різних джерел, тому перед зіставленням їх необхідно привести до одного масшабу та визначити вагу комірок кожного растру. Для цього їх необхідно перекласифікувати.

Растри землекористування і схилів повинні бути представлені в одному масштабі: 1: 10. Крім того атрибути кожного набору даних необхідно проранжувати та ідентифікувати згідно з вартістю будівництва. Дешевше будувати в місцевості з меншим схилом і подальше від угідь землекористування.

На рис. 6.30 наведений результат перекласифікації растрів землекористування і схилів місцевості. Вага комірок вхідних растрів визначена кольором: менша вага помічена більш світлим відтінком, більша – більш темним. На рис. 6.30 наведено результат ранжування наборів даних.

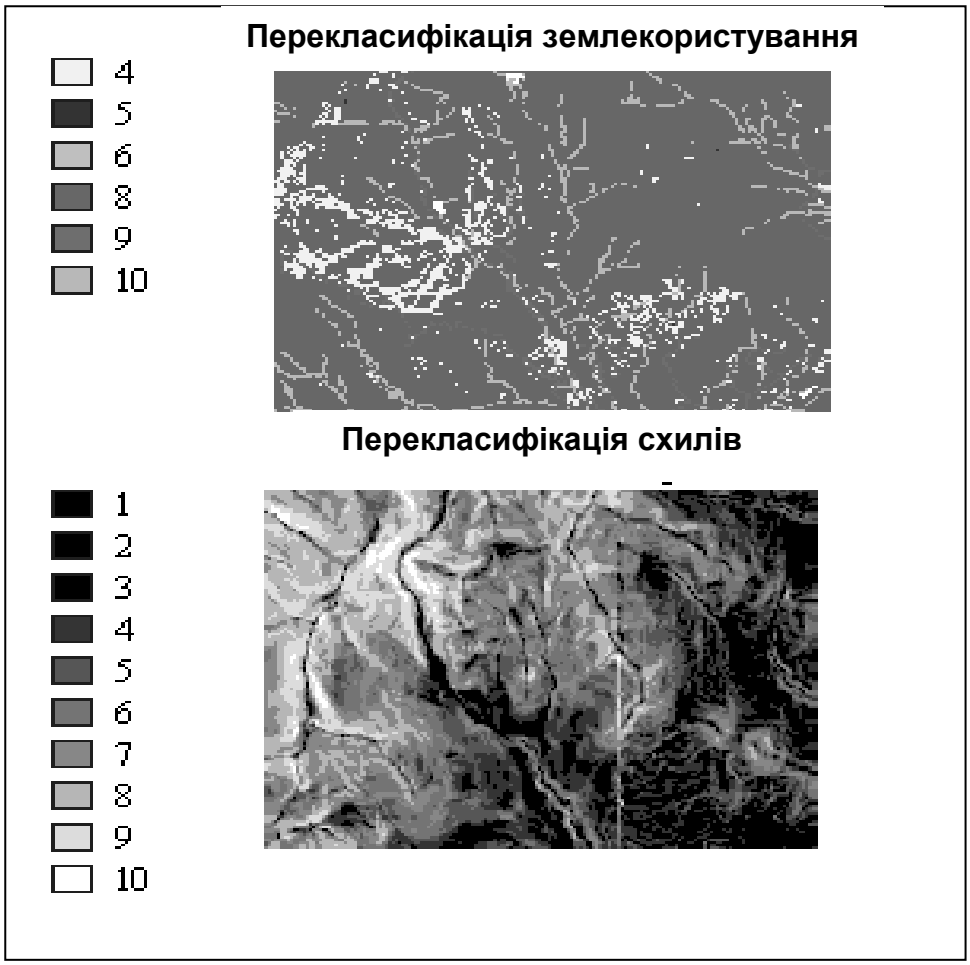


Рис. 6.30. **Результат перекласифікації растрів землекористування і схилів місцевості**

У отриманому растрі землекористування менші за вагою значення відстаней (визначають місця, які знаходяться ближче до ділянок землекористування) отримали меншу вагу (знаходяться вище у списку градацій). Більші за вагою значення відстаней знаходяться далі від ділянок землекористування та мають більшу вагу (знаходяться нижче у списку градацій).

В отриманому растрі схилів менші за вагою значення (відповідають меншим схилам) мають більшу вагу (знаходяться нижче в списку градацій). Більші за вагою значення схилів мають меншу вагу (знаходяться вище в списку градацій).

Далі необхідно для кожного з растрів задати ступінь його впливу на вибір місця будівництва і отримати загальний растр об’єднанням двох зважених растрів. Для цього виконується процес "Зваженого накладення", при якому вага застосовується до кожного вхідного набору даних залежно від відсотка впливу, який встановив експерт.

На рис. 6.31, 6.32 представлена узагальнена схема таких обчислень.

Схили

3	2	2
4	4	2
6	5	3

*0.66 =

1.98	1.32	1.32
2.64	2.64	1.32
4.62	3.30	1.98

Землекористування

1	1	1
6	6	1
6	3	3

*0.34 =

0.34	0.34	0.34
2.04	2.04	0.34
2.04	1.02	1.02

Рис. 6.31. **Узагальнена схема обчислень для "зваження" растрів схилів та землекористування**

1.98	1.32	1.32
2.64	2.64	1.32
4.62	3.30	1.98

+

0.34	0.34	0.34
2.04	2.04	0.34
2.04	1.02	1.02

=

2.32	1.66	1.66
4.68	4.68	1.66
4.02	4.68	3.00

Рис. 6.32. **Результат побудови загального "зваженого" растру**

Схема рис. 6.33 ілюструє процеси моделювання вибору потенційних ділянок для будівництва.

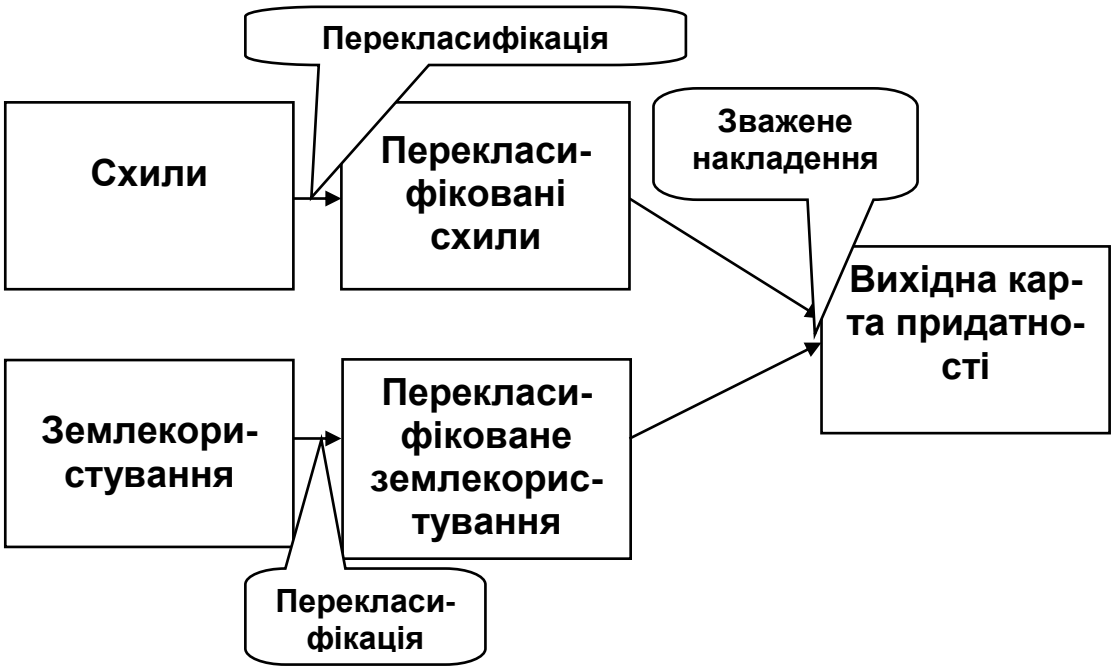


Рис. 6.33. **Схема процесів моделювання**

Перший процес у моделі виконує перекласифікацію вхідних даних схилів (більшу вагу одержують ділянки з меншими схилами).

Другий процес – це перекласифікація вхідних даних про землекористування (більшу вагу одержують ділянки з більшою відстанню до ділянок землекористування).

Третій процес бере результати двох перекласифікацій і використовує їх як вхідні дані для процесу "Зваженого накладення", при якому вага застосовується до кожного вхідного набору даних залежно від відсотка впливу, який повинен мати кожний показник.

Вихідна карта відповідних ділянок дозволяє фахівцю, що приймає рішення, намітити потенційні ділянки для будівництва.

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст поняття "Геообробка даних".
2. Пояснити призначення модуля ArcToolbox.
3. Пояснити призначення набору інструментів "Аналіз" (Analysis Tools).
4. Пояснити призначення набору інструментів "Spatial Analyst" .
5. Які типи моделей реалізуються в середовищі "Spatial Analyst"?
6. Розкрити зміст понять "Модель даних" та "Модель процесів" в середовищі ArcGIS 9.
7. Які типи моделей процесів реалізуються в середовищі "Spatial Analyst"?
8. Навести і пояснити основні операції функції Distance (Відстань) в середовищі "Spatial Analyst".
9. Навести і пояснити основні операції функції "Conversion" (Конвертація) в середовищі "Spatial Analyst".

Резюме за темою

Геообробка – це один з наймогутніших компонентів географічних інформаційних систем. Геообробка дозволяє визначати, обробляти і аналізувати інформацію, що використовується для прийняття рішень.

Геообробка ґрунтується на трансформації даних, яка полягає в перетворенні одного набору даних в інший набір даних засобами операцій геообробки. Основу середовища геообробки складають ArcToolbox – структурований набір інструментів геообробки, і ModelBuilder – інтерфейс візуального моделювання для побудови робочих процесів геообробки і скриптів.

ArcToolbox містить широкий набір функцій геообробки, включаючи інструменти для:

1) управління даними;

2) конвертації даних;

3) обробки покриттів;

4) векторного аналізу;

5) геокодування;

6) статистичного аналізу.

ArcToolbox включає набори інструментів аналізу "Аналіз" (Analysis Tools) і набори інструментів "Spatial Analyst". Користувач має нагоду створити свій набір для зберігання власних моделей обробки даних.

Словник термінів

Геообробка (geoprocessing)	ГІС-операція з маніпулювання даними, що зберігаються в робочій області ГІС. Геообробка ґрунтується на трансформації даних, яка полягає в перетворенні одного набору даних в інший набір даних засобами операцій геообробки. До звичайних операцій геообробки відносяться накладення об’єктів, вибір просторових об’єктів і їх аналіз, робота з топологією і перетворення даних. Геообробка дозволяє виконувати управління інформацією і її аналіз для підтримки прийняття рішень
ArcToolbox	Структурований набір інструментів геообробки. Містить обширний набір функцій геообробки, включаючи інструменти для: 1) управління даними; 2) конвертації даних; 3) обробки покриттів; 4) векторного аналізу; 5) геокодування; 6) статистичного аналізу
Геометричне з’єднання (Append)	Декілька класів просторових об’єктів зливаються в єдиний клас просторових об’єктів
Буфер (Buffer)	Інструмент створення нового класу просторових об’єктів шляхом створення буферних полігонів навкруги кожного полігонального, лінійного або точкового просторового об’єктів
Вирізування (Clip)	Інструмент витягання просторових об’єктів або частин просторових об’єктів з класу просторових об’єктів
Злиття (Dissolve)	Інструмент генералізації просторових об’єктів
Перетин (Intersect)	Інструмент будує новий клас просторових об’єктів з тих об’єктів, які пересікаються, залишаючи загальні для обох класів просторових об’єкти
Об’єднання (Union)	Інструмент будує новий клас просторових об’єктів, комбінуючи об’єкти і атрибути з кожного класу

Стирання (Erase)	Інструмент створює клас просторових об’єктів з тих об’єктів або їх частин, які знаходяться за межами стираючого класу просторових об’єктів
"Spatial Analyst"	Набір інструментів для виконання аналізу і моделювання з векторними та растровими даними
Модель представлення	Або модель даних (описова модель) складається з наборів даних, які визначають мету моделювання. Розробляється у вигляді шарів (тем) просторових растрових або векторних даних
Модель процесів	Є описом взаємовідносин між об’єктами, які були отримані в моделях даних, та дозволяє оцінити, що буде, якщо буде виконана якась дія. Цей вид моделювання виконується засобами інструментів просторового аналізу. Кожна операція та функція Spatial Analyst є моделлю процесу
Перекласифікація початкових растрів	Приведення растрів до одного масштабу
Зважене накладення	Процес, при якому вага застосовується до кожного вхідного набору даних залежно від відсотка впливу, який повинен мати кожний показник

Контрольні запитання

1. Навести приклад використання інструмента "Геометричне з’єднання" (Append).
2. Навести приклад використання інструмента Буфер (Buffer).
3. Навести приклад використання інструмента Вирізування (Clip).
4. Навести приклад використання інструмента Перетин (Intersect)
5. Навести приклад використання інструмента Об’єднання (Union).
6. Навести приклад використання інструмента Стирання (Erase).
7. Навести приклад використання інструмента Reclassifying rasters (Перекласифікація растрів).

7. ГІС-моделювання в середовищі ModelBuilder

Мета вивчення теми – освоєння інструментальних засобів ArcGIS візуального моделювання ModelBuilder.

Основні питання:

7.1. Моделювання в ArcGIS.

7.2. Середовище візуального моделювання ModelBuilder.

7.3. Особливості побудови моделей в ModelBuilder.

7.3.1. Елементи блок-схеми моделі.

7.3.2. Створення нової моделі.

7.3.4. Збереження моделі.

Професійні компетентності: уміння виконувати моделювання інструментальними засобами ArcGIS візуального моделювання ModelBuilder.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп'ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: ModelBuilder, процес, зв'язані процеси, сполучні лінії, створений елемент, елементи даних проекту, елементи інструменту, елементи похідних даних, елементи значень, з'єднувач.

7.1. Моделювання в ArcGIS

У ArcGIS модель відображається у вигляді блок-схеми [31 – 33; 35]. Тим самим виконується автоматизація технології обробки просторових даних – вибудовуванням процесів у зв'язаний ланцюжок у блок-схемі моделі. При запуску моделі процеси виконуються в заданій послідовності.

На рис. 7.1 наведена схема простої моделі з одним процесом. Інструмент "Буфер" використовується для побудови вихідних буферних зон на певній відстані від вхідних водотоків. Складніша модель може поєднувати кількісну інформацію, наприклад, наскільки далеко щонебудь розташовано або скількох коштує об'єкт і так далі.

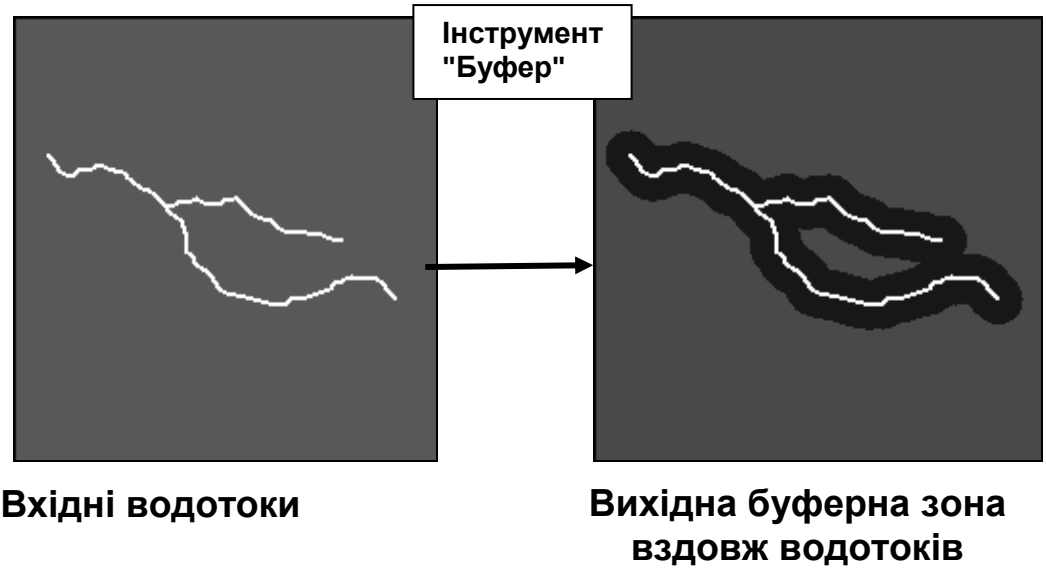


Рис. 7.1. **Побудова буферної зони**

7.2. Середовище візуального моделювання ModelBuilder

ModelBuilder – це вбудований інтерфейс, який надає основу для візуального графічного моделювання при побудові і упровадженні моделей геообробки [33].

ModelBuilder використовується для виконання наступного.

Об’єднання і автоматизації робочих процесів.

Візуального представлення аналітичного процеса.

Стандартизації процесів.

Планування аналізу.

Моделі можуть включати інструменти, скрипти і дані.

Моделі – це діаграми процесу обробки даних, які зв’язують набори інструментів і дані, необхідні для виконання складних аналітичних процедур і реалізації робочих процесів. Інструменти і набори даних можна перетягувати у вікно відображення моделі і сполучати в певній послідовності, відповідній крокам, необхідним для вирішення комплексних ГІС-задач.

Наприклад, операція над векторними даними "Інтеграція" ("Інтеграція" – один з інструментів набору Data Management tools) (рис. 7.2) виконується в моделі із застосуванням декількох процесів обчислень (рис. 7.3).

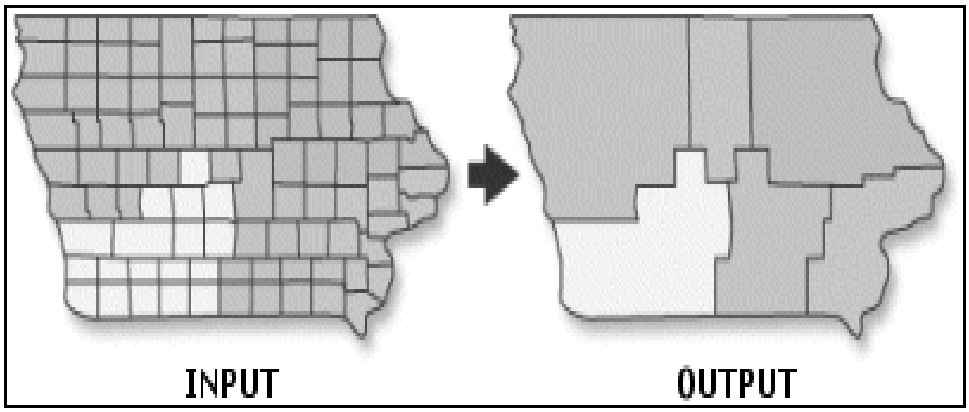


Рис. 7.2. **Ілюстрація виконання операції "Інтеграція"**

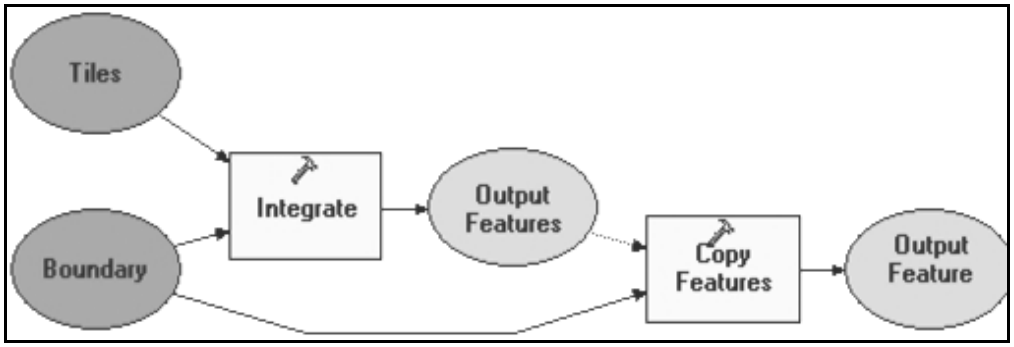


Рис. 7.3. **Операція "Інтеграція"**

Вікно Modelbuilder (рис. 7.4) складається з вікна відображення, в якому користувач будує блок-схему моделі, головного меню і панелі інструментів. Модель можна запустити на виконання з вікна ModelBuilder або з її діалогового вікна.

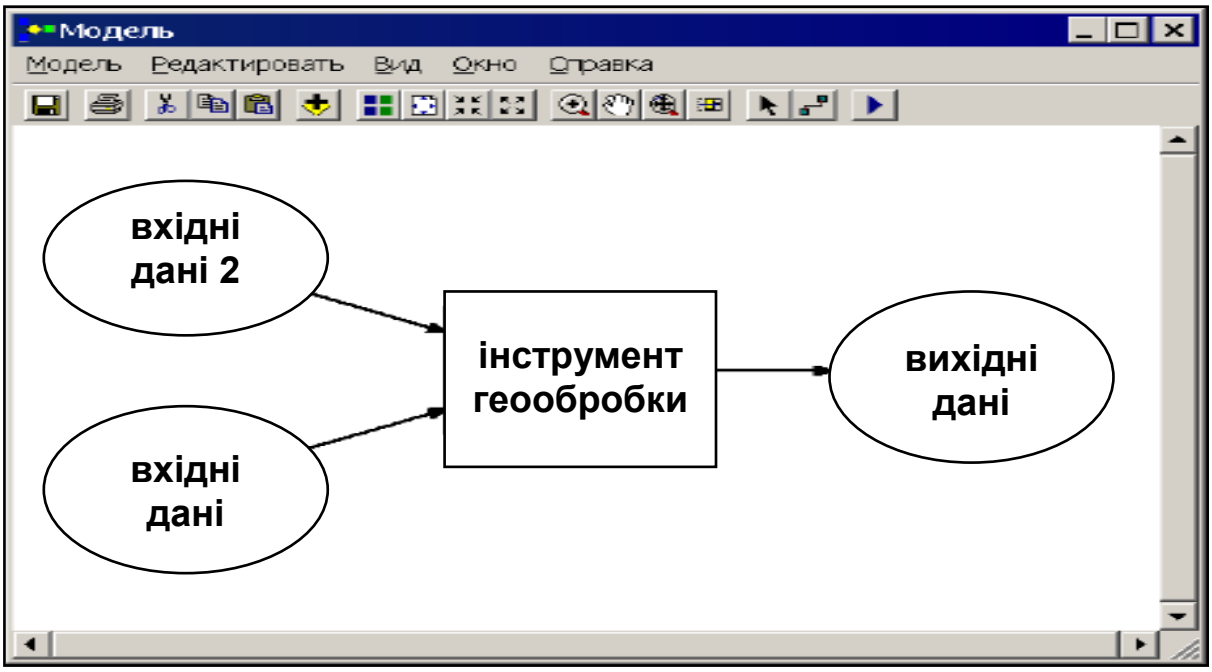


Рис. 7.4. **Вікно ModelBuilder**

У Головному меню є п’ять випадаючих підменю.

Підменю "Модель" включає опції для запуску, перевірки, перегляду повідомлень, збереження, друку, імпорту, експорту і закриття моделі. Це меню можна використовувати для видалення проміжних даних і завдання властивостей моделі.

Підменю "Редагувати" дозволяє вирізати, копіювати, вставляти, видаляти і вибирати елементи моделі.

Підменю "Вигляд" містить опцію "Автоматична Компоновка", яка застосовує параметри, задані в діалоговому вікні Властивості блок-схеми, до поточної моделі. Воно також включає опції масштабування.

Підменю "Вікно" містить вікно загального вигляду, яке можна використовувати для відображення моделі цілком при зменшенні або збільшенні певної частини моделі у вікні відображення.

Підменю "Довідка" дозволяє отримати доступ до оперативної довідки по настільній ArcGIS і панелі "Про вікно ModelBuilder".

Панель інструментів дає можливість швидкого доступу до більшої частини функцій різних меню вікна ModelBuilder і деяких інших операцій (рис. 7.5).

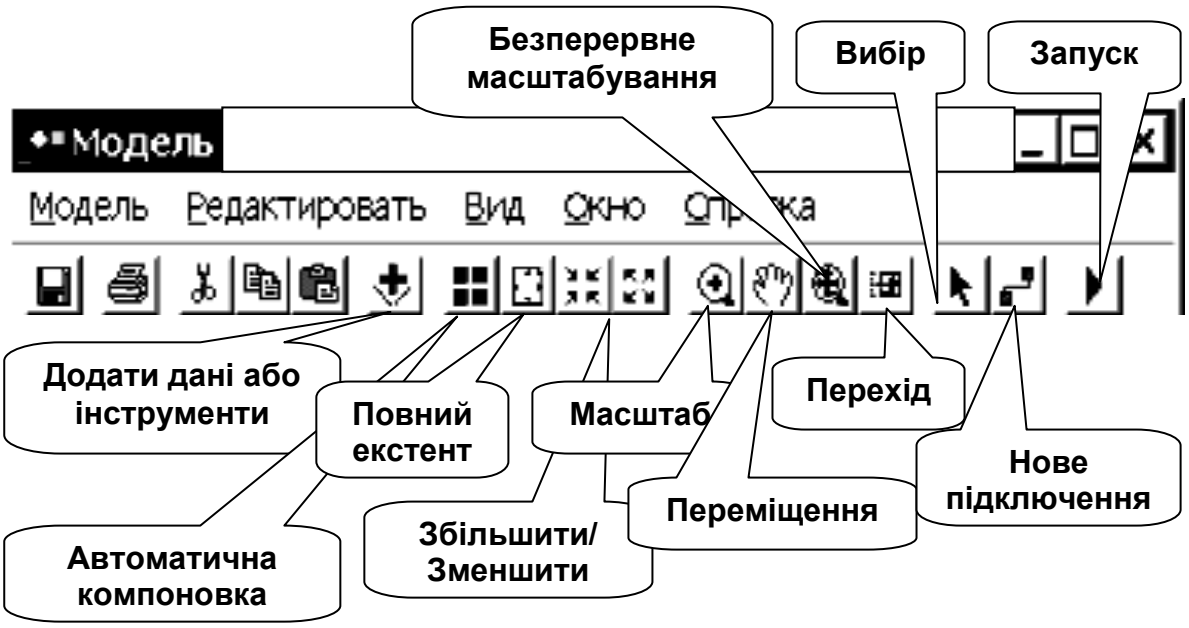


Рис. 7.5. **Панель інструментів ModelBuilder**

7.3. Особливості побудови моделей в ModelBuilder

7.3.1. Елементи блок-схеми моделі

Блок-схема складається із зв’язаних процесів, які виконуються в заданій послідовності при запуску моделі [33].

Елементи блок-схеми моделі представляють інструменти і значення їх параметрів. Стиль позначень елементів у моделі даних можна задати у властивостях моделі (рис. 7.6, 7.7).

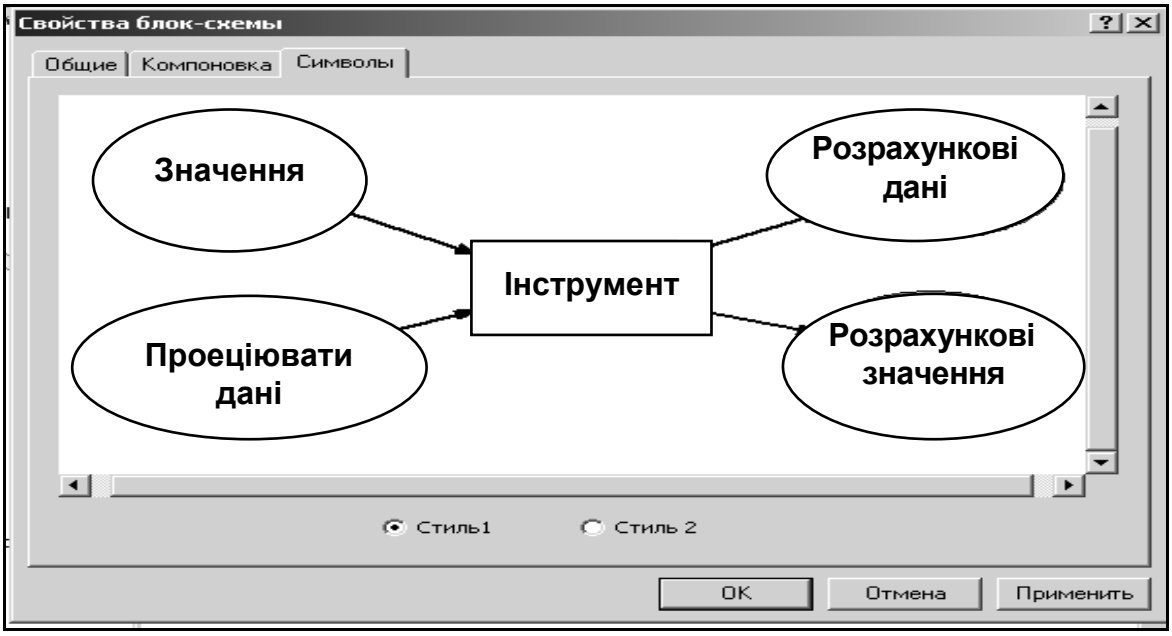


Рис. 7.6. **"Стиль 1" позначень елементів моделі**

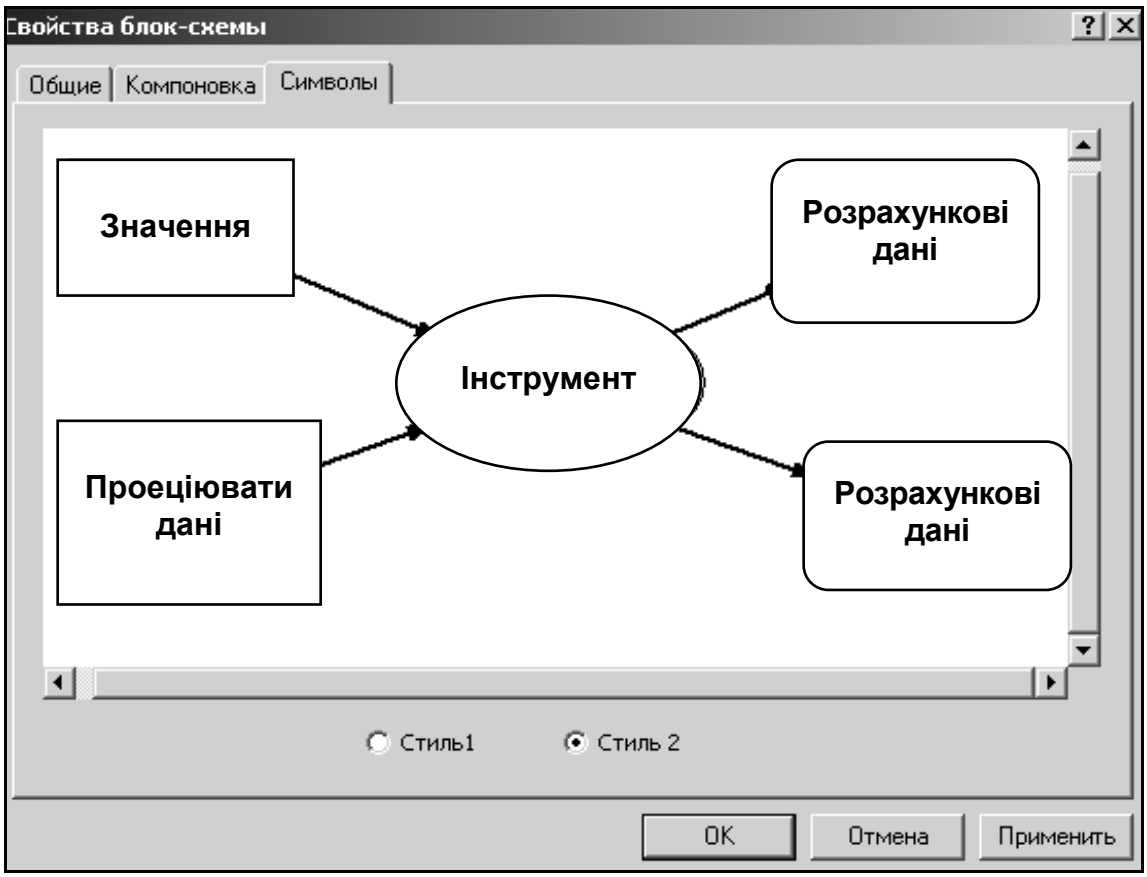


Рис. 7.7. **"Стиль 2" позначень елементів моделі**

Як правило, використовується "Стиль 1". Процес зображається жовтим кольором, дані – відтінками синього і зеленого кольорів.

Під час виконання процесу його зображення забарвлюється червоним кольором (рис. 7.8).

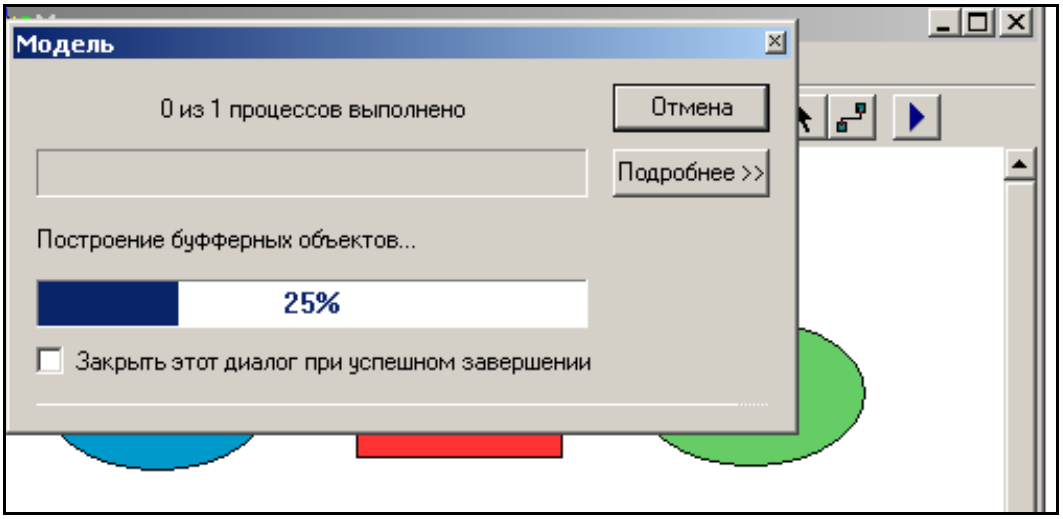


Рис. 7.8. **Процес обробки даних**

Процес складається з елемента інструмента і значень його параметрів. У типовому процесі елементи представляють значення параметра вхідних даних, інструмент, який працює із значенням параметра вхідних даних, і значення параметра похідних даних.

Сполучні лінії указують на послідовність обробки. Введення значень параметрів вхідних даних виконується, або в діалоговому вікні інструмента або шляхом перетягування даних у вікно ModelBuilder.

Створений елемент – це змінна, яку можна використовувати в декількох процесах.

Змінні можуть бути створені для будь-якого параметра, що полегшує обмін будь-яким значенням параметра між процесами. На рис. 7.9 наведена концепція загального виду моделі. У наведеному на рисунку прикладі значення параметрів даних проекту і похідних даних використовуються декількома процесами.

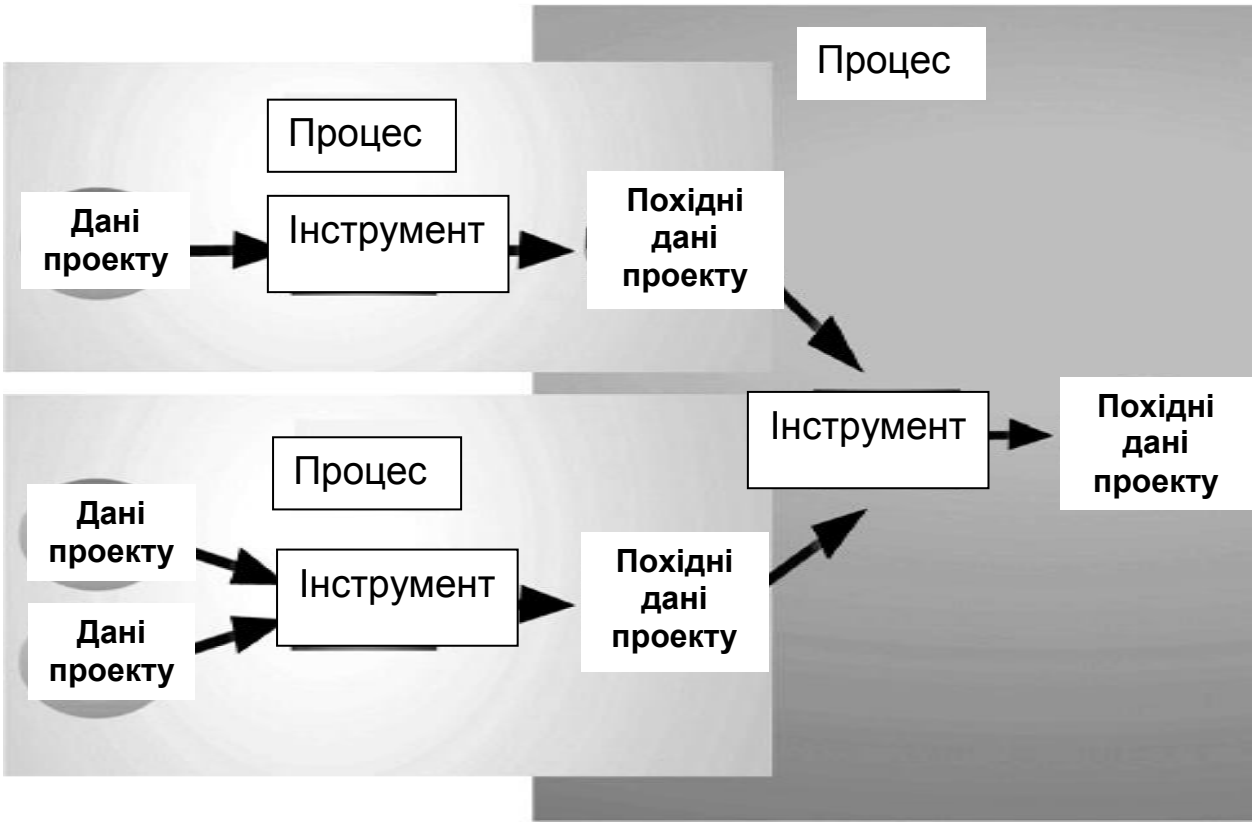


Рис. 7.9. **Загальний вид моделі**

Елементи даних проекту представляють вхідні географічні дані, які існують до запуску моделі. Дані, на які посилаються ці елементи, використовуються як значення вхідного параметра для інструментів у моделі.

Елементи даних проекту є змінними за замовчуванням. Ці змінні можуть бути використані в декількох процесах.

Елементи інструмента представляють операції, які виконуватимуться з використанням значень параметра вхідних даних. Елементи похідних даних представляють вхідні дані, створені в результаті роботи інструментів.

Дані, на які посилаються ці елементи, не існують до запуску моделі. Виключення складає випадок, коли використовується інструмент, оновлюючий дані проекту, наприклад, інструмент "Додати поле". У цьому випадку похідні дані насправді є даними проекту з додатковим полем, яке було додане. Похідні дані від одного процесу можуть служити вхідними даними для іншого процесу.

Елементи похідних даних є змінними за замовчуванням. Ці змінні можуть бути використаний в декількох процесах. Елементи значень посилаються на значення параметрів негеографічних даних. Значення, задані для цих елементів, можуть бути використаний як вхідні дані для відповідних інструментів у моделі. Прикладом може служити постійне значення, що використовується для множення значень осередків у наборі растрових даних, і значення кластерного допуску, яке буде застосоване для інструмента.

Елементи похідного значення посилаються на значення параметрів негеографічних даних, які можуть бути створений в результаті запуску інструмента. Прикладом похідного значення може служити вихідне значення, отримане після запуску інструмента "Обчислити кластерний допуск", що використовується за замовчуванням. Похідні значення від одного процесу можуть бути вхідними значеннями для інших процесів.

З’єднувач – це лінія, показуюча послідовність обробки. Елементи даних і елементи інструментів з’єднуються разом. Стрілка з’єднувача показує напрям обробки. Крім основних елементів моделі існують також текстові підписи, які є графічними елементами, що містять текст пояснення в моделі. Підпис не є частиною послідовності обробки. Текст для елементів, пропонований за замовчуванням, можна змінити; підписи можуть бути прикріплені до елементів або розташовуватися вільно на блок-схемі моделі.

Модель може бути простою або складною. Найпростішу з можливих моделей містить один єдиний процес.

7.3.2. Створення нової моделі

Існує декілька способів додати дані й інструменти в модель: додаванням даних або інструментів або перетягуванням вхідних даних з дерева ArcCatalog або шарів з таблиці змісту будь-якого додатка ArcGIS, працюючим із зображенням (наприклад, ArcMap) (рис. 7.10) [33].

Або можна ввести значення параметра вхідних даних безпосередньо в діалоговому вікні інструмента. Необхідно натиснути "Додати дані або інструменти" і додати інструменти з наборів інструментів, що зберігаються на диску, або перетягнути інструмент з дерева ArcCatalog або вікна ArcToolbox. Далі необхідно двічі клацнути на елементі, який представляє інструмент, щоб ввести необхідні значення параметрів для інструмента. Після додавання інструмента можна також перетягнути до нього відповідні вхідні дані і значення параметра вхідних даних у діалоговому вікні інструмента з'явиться автоматично.

Це необхідно виконати для кожного з інструментів. Далі необхідно з'єднати процеси, щоб завершити створення блок-схеми моделі.

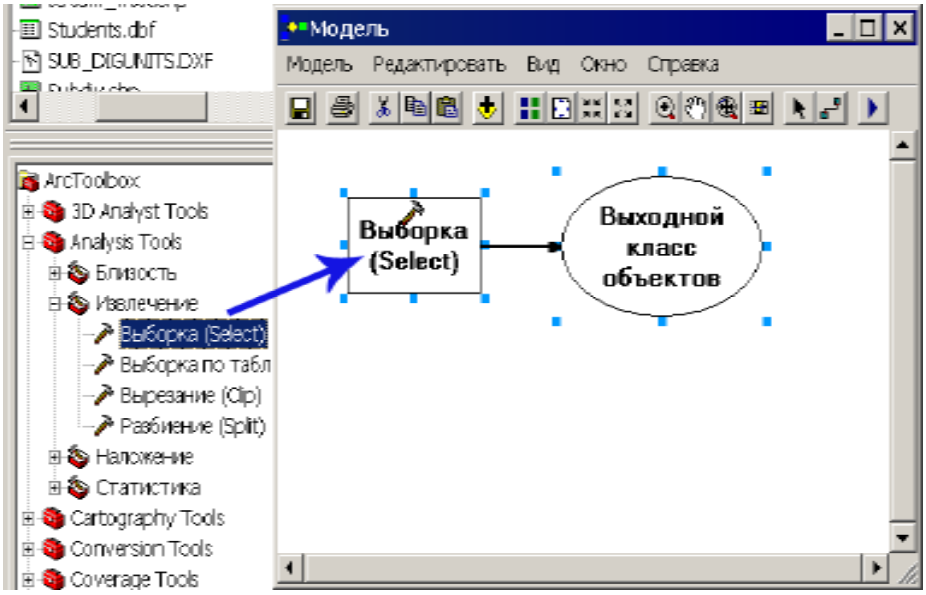


Рис. 7.10. **Перетягування процесу з ArcToolbox**

7.3.3. Запуск моделі

Запуск моделі виконується або з вікна ModelBuilder або з її діалогового вікна. Як правило, модель запускають з вікна ModelBuilder у міру її побудови з метою відладки. Можна запускати модель цілком, або окремі її процеси. При запуску моделі цілком виконуються тільки ті процеси, які ще не виконувалися.

Відкриття моделі для редагування виконується вибором у контекстному меню моделі опції "Редагувати" (рис. 7.11).

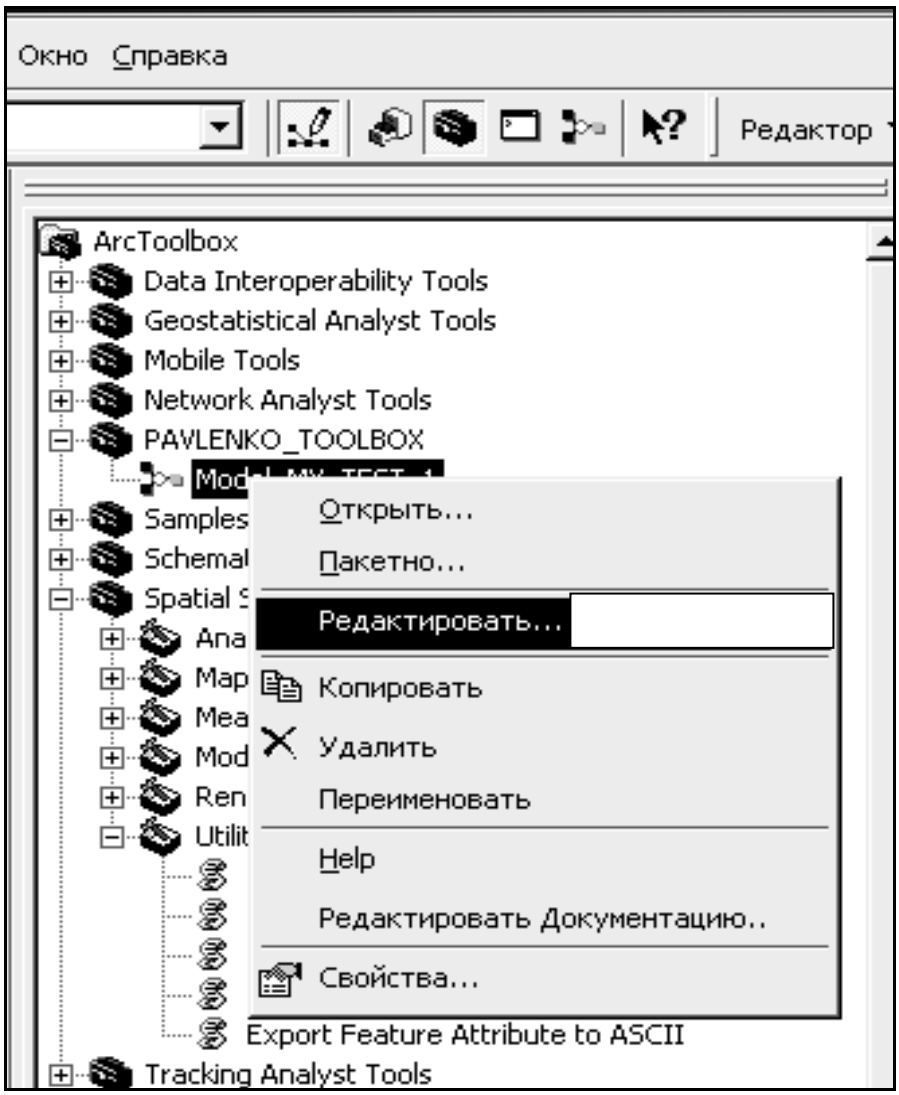


Рис. 7.11. **Опція дозволяє відкрити модель для редагування**

7.3.4. Збереження моделі

Побудована модель може бути збережена в наперед підготовленому наборі інструментів користувача.

Для збереження моделі необхідно вибрати опцію "Зберегти" в пункті меню "Модель" (рис. 7.12), вибрати "Мої набори інструментів" із списку "Набори інструментів" (рис. 7.13), в цьому списку вибрати необхідний набір інструментів (рис. 7.14).

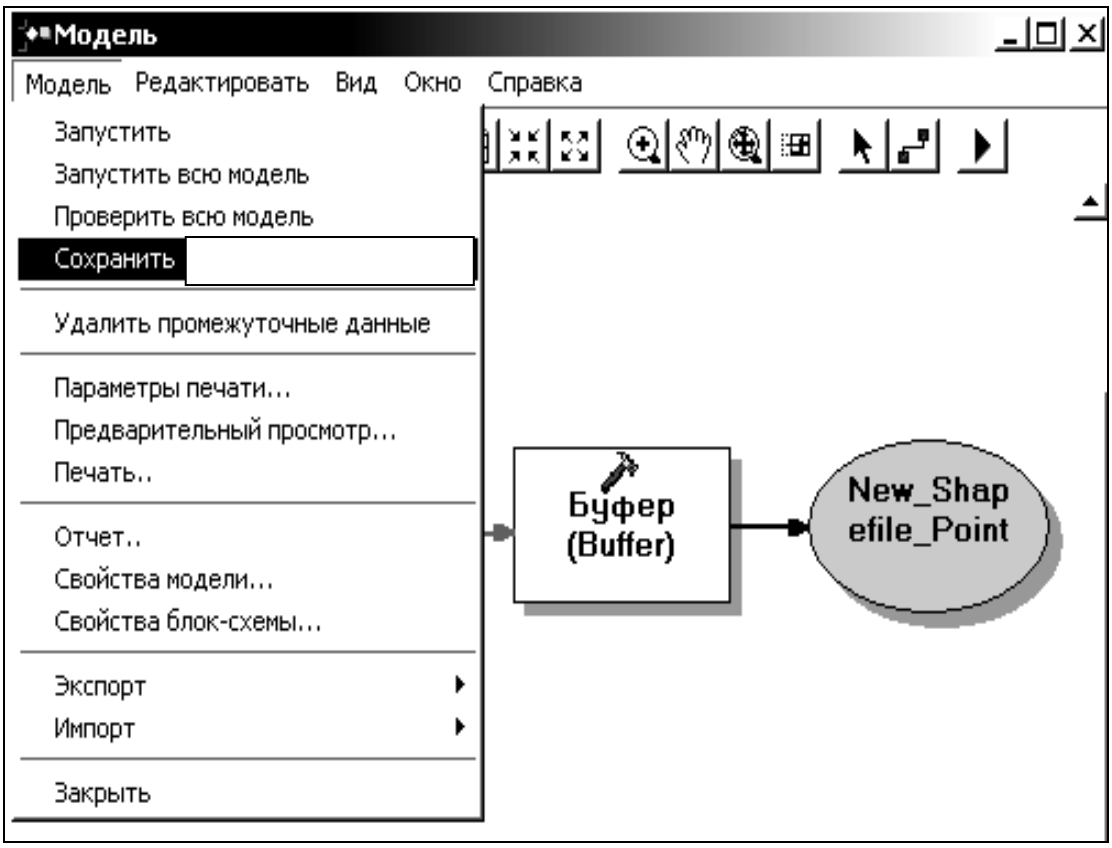


Рис. 7.12. **Вибір опції збереження моделі**

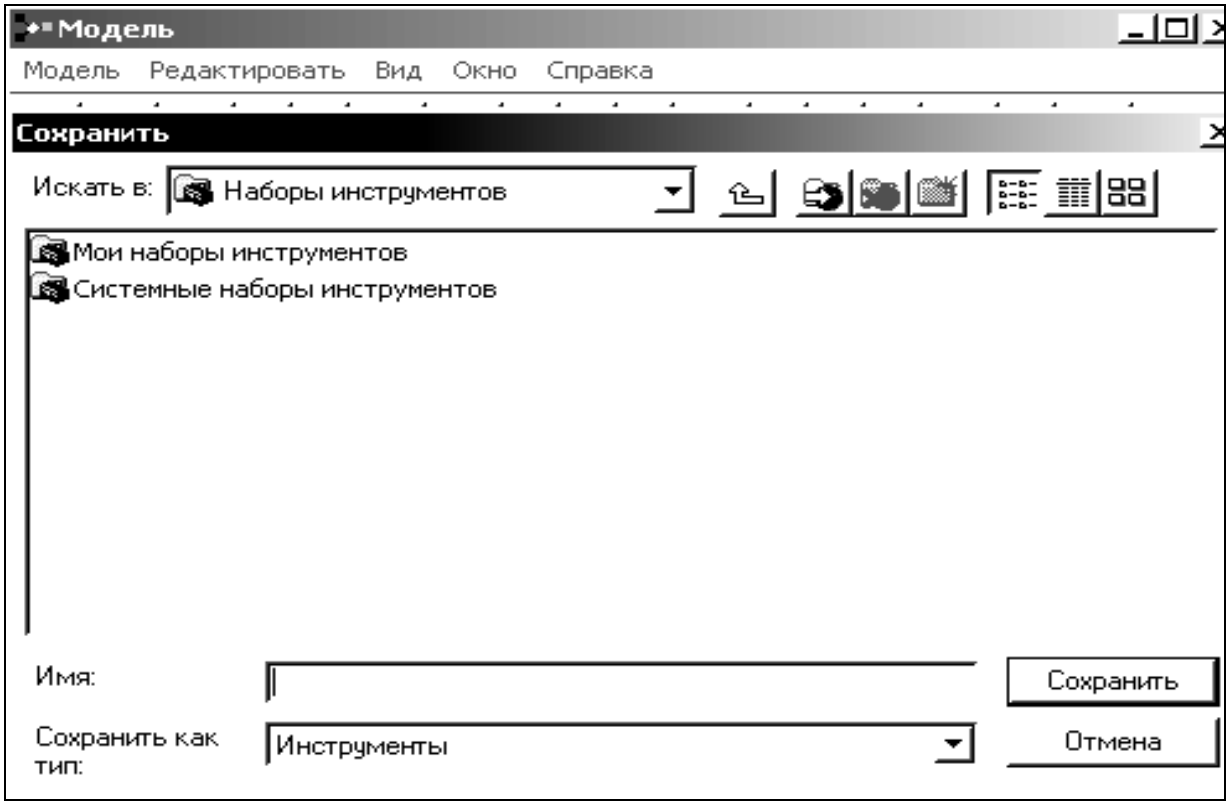


Рис. 7.13. **Вікно вибору місця збереження моделі**

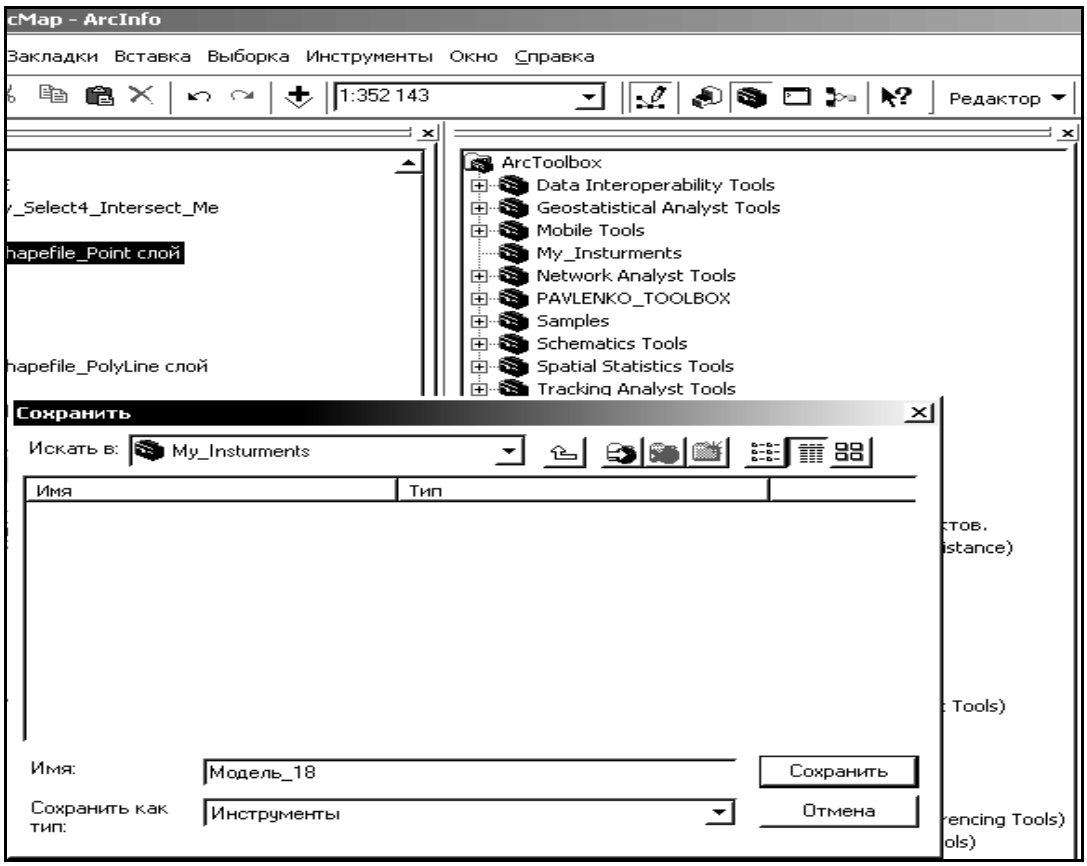


Рис. 7.14. **Вибір набору інструментів користувача**

На рис. 7.15 показано, що новий набір інструментів включає модель користувача.

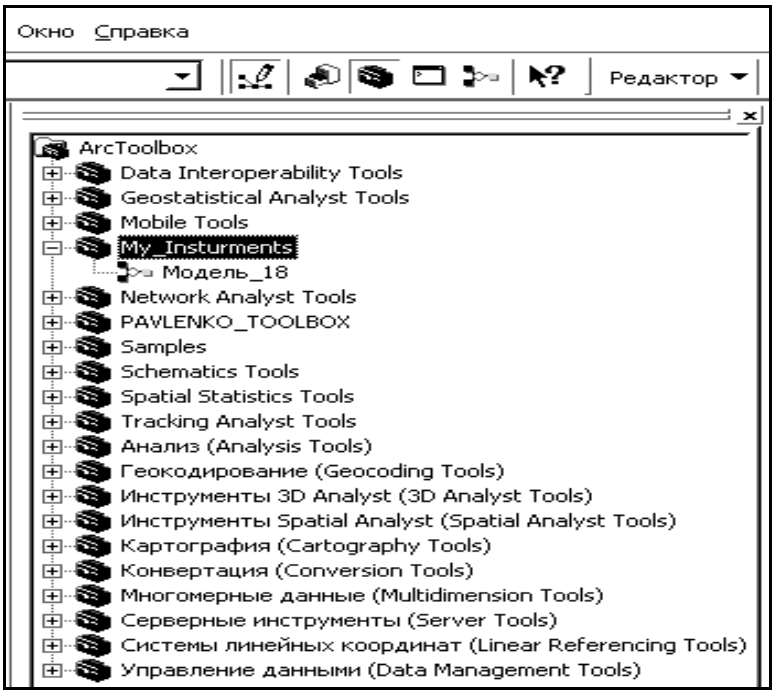


Рис. 7.15. **Новий набір інструментів включає модель користувача**

Отриману модель можна зберегти, виконавши експорт її у файл у вигляді скрипта на одній з мов програмування (Python, JScript, VBScript) (рис. 7.16 – 7.18) [33].

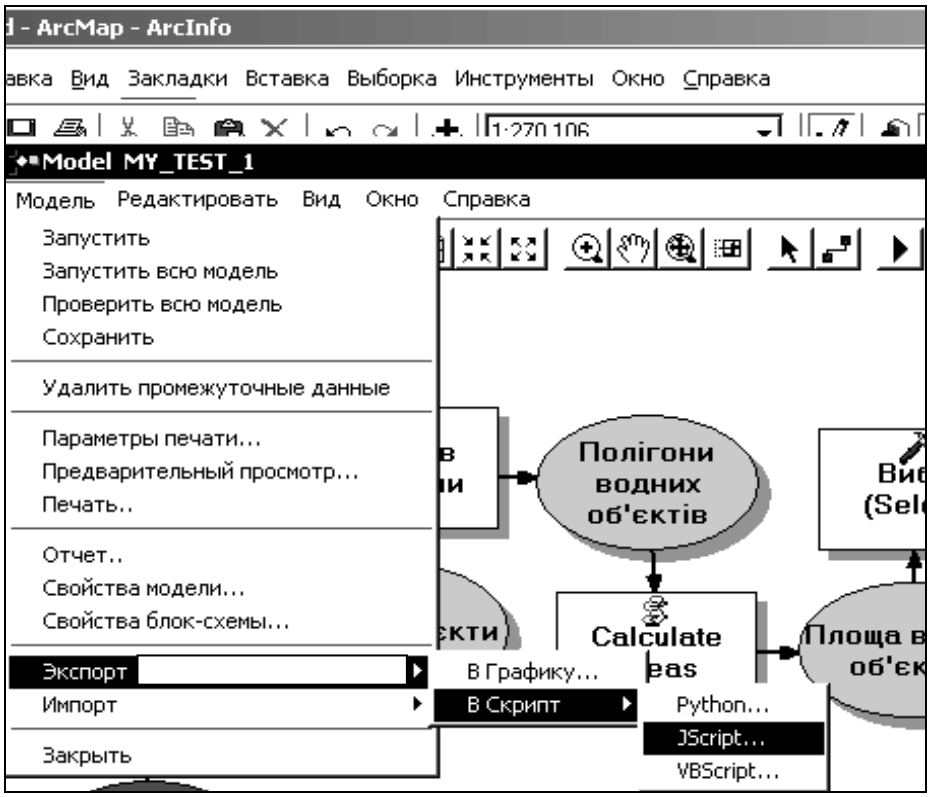


Рис. 7.16. **Звернення до опції збереження моделі у вигляді скрипта**

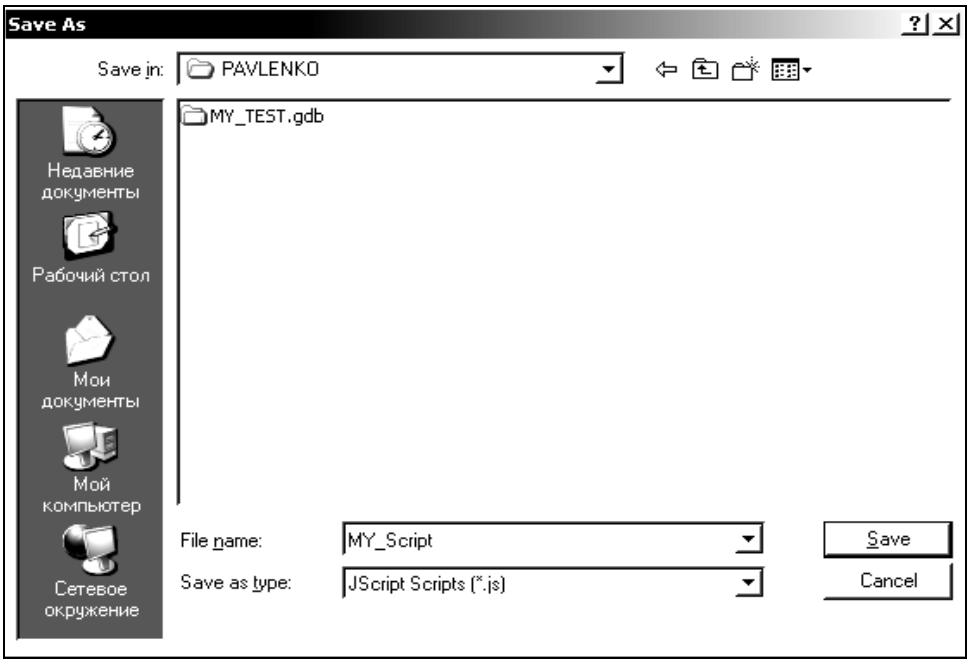


Рис. 7.17. **Збереження скрипта "MY_Script"**

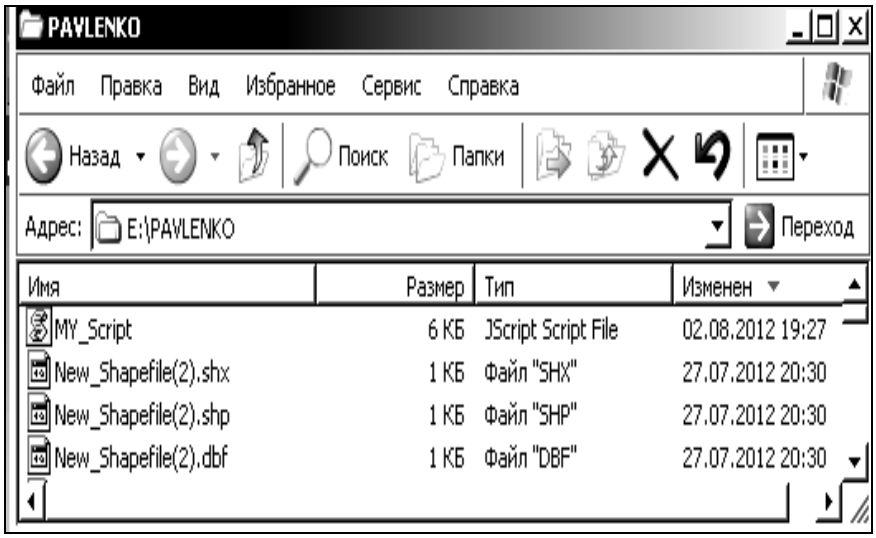


Рис. 7.18. **Скрипт "MY_Script" в папці**

Питання для самоперевірки

1. Пояснити призначення програмного продукту ModelBuilder.
2. Розкрити зміст поняття "Модель" у середовищі ModelBuilder.
3. Пояснити структуру вікна ModelBuilder.
4. Пояснити призначення основних підменю головного меню ModelBuilder.
5. Розкрити зміст поняття "Процес" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
6. Розкрити поняття "Сполучні лінії" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
7. Розкрити зміст поняття "Створений елемент" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
8. Розкрити зміст поняття "Елементи даних проекту" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
9. Розкрити зміст з поняття "Елементи інструмента" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
10. Розкрити зміст поняття "Елементи похідних даних" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
11. Розкрити зміст поняття "Елементи значень" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.
12. Розкрити зміст поняття "Елементи похідного значення" в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.

13. Розкрити зміст поняття "З'єднувач", в моделі, побудованій в середовищі ModelBuilder.

14. Пояснити засоби додавання даних та інструментів у вікно ModelBuilder.

Резюме за темою

Інтерфейс ModelBuilder надає основу для візуального графічного моделювання при побудові й упровадженні моделей геообробки.

Моделі можуть включати інструменти, скрипти і дані. Моделі – це діаграми процесу обробки даних, які зв'язують набори інструментів і дані, необхідні для виконання складних аналітичних процедур і реалізації робочих процесів. Блок-схема складається із зв'язаних процесів, які виконуються в заданій послідовності при запуску моделі. Існує декілька способів додати дані й інструменти в модель: додаванням даних або інструментів або перетягуванням вхідних даних з дерева ArcCatalog або шарів з таблиці змісту будь-якого додатка ArcGIS, працюючим із зображенням (наприклад, ArcMap). Можна ввести значення параметра вхідних даних безпосередньо в діалоговому вікні інструмента. Запуск моделі виконується або з вікна ModelBuilder або з її діалогового вікна.

Побудована модель може бути збережена в наперед підготовленому наборі інструментів користувача.

Словник термінів

Модель в ModelBuilder	Діаграми процесу обробки даних, які зв'язують набори інструментів і дані, необхідні для виконання складних аналітичних процедур і реалізації робочих процесів
Вікно Modelbuilder	Складається з вікна відображення, в якому користувач будує блок-схему моделі, головного меню і панелі інструментів
Процес	Складається з елемента інструмента і значень його параметрів. У типовому процесі елементи представляють значення параметра вхідних даних, інструмент, який працює із значенням параметра вхідних даних, і значення параметра похідних даних
Елементи даних проекту	Представляють вхідні географічні дані, які існують до запуску моделі. Дані, на які посилаються ці елементи, використовуються як значення вхідного параметра для інструментів у моделі
Елементи інструмента	Представляють операції, які виконуватимуться з використанням значень параметра вхідних даних. Елементи інструментів показані у вигляді жовтих прямокутників

Елементи похідних даних	Представляють вхідні дані, створені в результаті роботи інструментів
Елементи значень	Посилаються на значення параметрів негеографічних даних. Значення, задані для цих елементів, можуть бути використаний як вхідні дані для відповідних інструментів у моделі
Елементи похідних значень	Посилаються на значення параметрів негеографічних даних, які можуть бути створений в результаті запуску інструмента
З'єднувач	Це лінія, яка показує послідовність обробки. Елементи даних і елементи інструментів з'єднуються разом. Стрілка з'єднувача показує напрям обробки

Контрольні запитання

1. Навести приклад побудови моделі побудови буферної зони полігонального об'єкта – проекції будівлі ХНЕУ.

2. Пояснити засоби ArcGIS збереження і редагування моделі користувача.

3. Пояснити послідовність виконання процесів при повторному запуску моделі.

4. Чому модель, отриману засобами ModelBuilder, можна назвати імітаційною моделлю?

8. Розробка нових об'єктів збереження в базі геоданих

Мета вивчення теми – уміння розробляти нові об'єкти збереження в базі даних ArcGIS.

Основні питання:

8.1. Розробка нових об'єктів збереження в базі геоданих у середовищі ArcCatalog і ArcMap.

8.2. Розробка шейп-файла.

8.3. Розробка класу полігональних об'єктів.

8.4. Створення нової таблиці.

Професійні компетентності: уміння розробляти нові об'єкти зберігання в базі геоданих у середовищі ArcCatalog і ArcMap.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп'ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: шейп-файл, система координат CS_WGS_1984, клас полігональних об'єктів, таблиця, з'єднання таблиць.

8.1. Розробка нових об’єктів збереження в базі геоданих в середовищі ArcCatalog і ArcMap

Розробка нових об’єктів зберігання в базі геоданих виконується в середовищі ArcCatalog і ArcMap [28 – 30; 36].

Розробка основи для збереження об’єктів виконується в підготовленій в середовищі модуля ArcCatalog БГД. Розробка геометрії об’єктів і вмісту таблиці атрибутів – у середовищі модуля ArcMap.

Далі наведені приклади розробки в новій персональній БГД "MY_PERSONAL_DATABASE" шейп-файла точкових об’єктів, класу просторових об’єктів полігонального типу, таблиці даних БГД.

8.2. Розробка шейп-файла

У БГД "MY_PERSONAL_DATABASE" необхідно берегти шейп-файл з точковими об’єктами (наприклад, трьома містами).

Якщо новий шейп-файл інтегруватиметься в просторі однієї карти (в одному проекті) з існуючими, то необхідно погоджувати їх систему координат. Дізнатися систему коородинат існуючого шейп-файла можна викликавши опцію "Властивості" цього файла (рис. 8.1).

У закладці "Система координат" відображаються найменування і деталі опису системи координат (рис. 8.2).

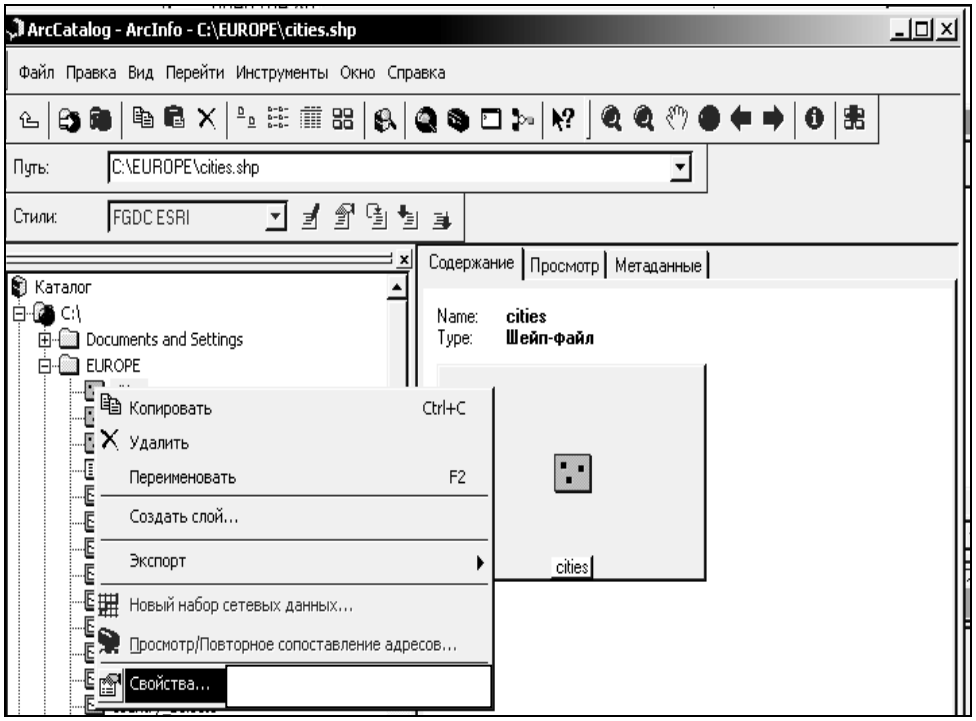


Рис. 8.1. **Властивості існуючого шейп-файла**

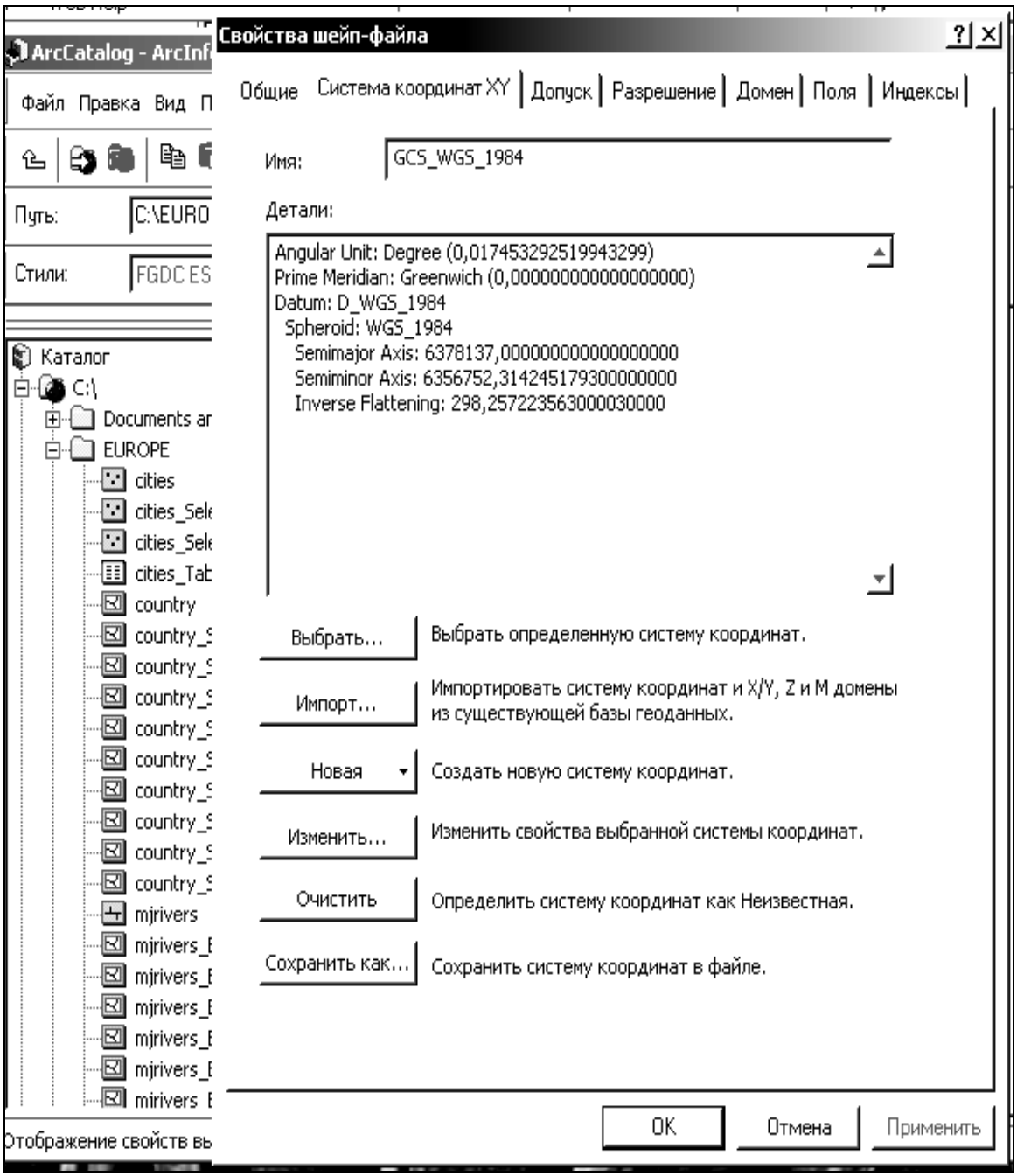


Рис. 8.2. **Закладка "Система координат" (система координат GCS_WGS_1984)**

Для створення нового шейп-файла необхідно в середовищі ArcCatalog, в контестному меню вікна змісту каталога, в папці користувача обрати опцію "Новий" і далі – підпункт "Шейп-файл" (рис. 8.3).

У вікні "Створити новий шейп-файл" необхідно обрати тип об’єктів у файлі: або точковий, або полілінійний, або полігональний, або багатоточковий (рис. 8.4).

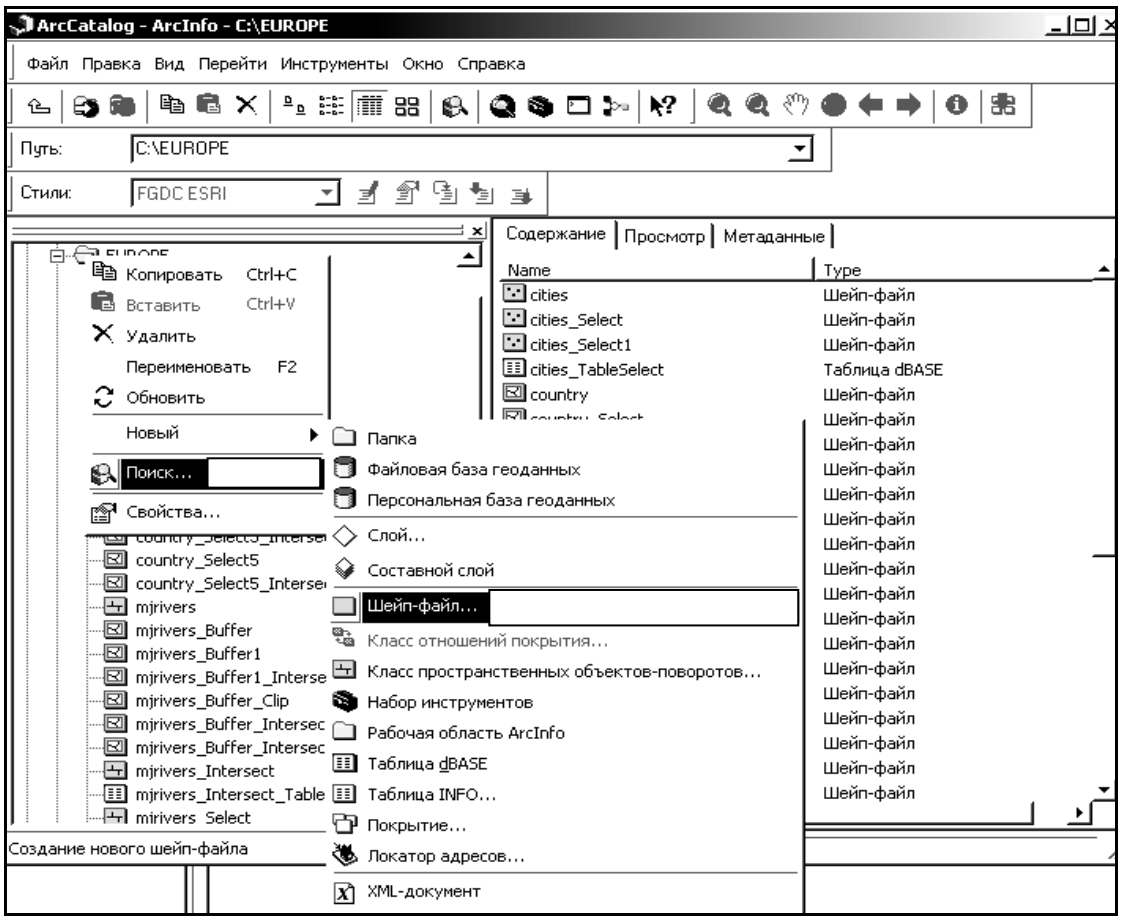


Рис. 8.3. **Побудова нового об’єкта в БГД**

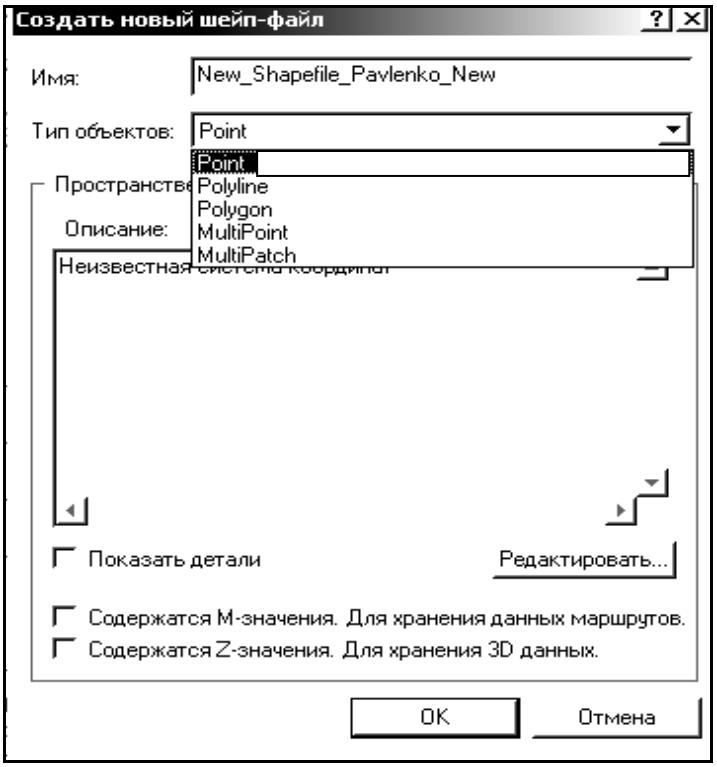


Рис. 8.4. **Вибір типу шейп-файла**

Далі необхідно задати систему координат нового шейп-файла, перейшовши до опції "Редагувати" і вибравши необхідну систему координат (рис. 8.5 – 8.7).

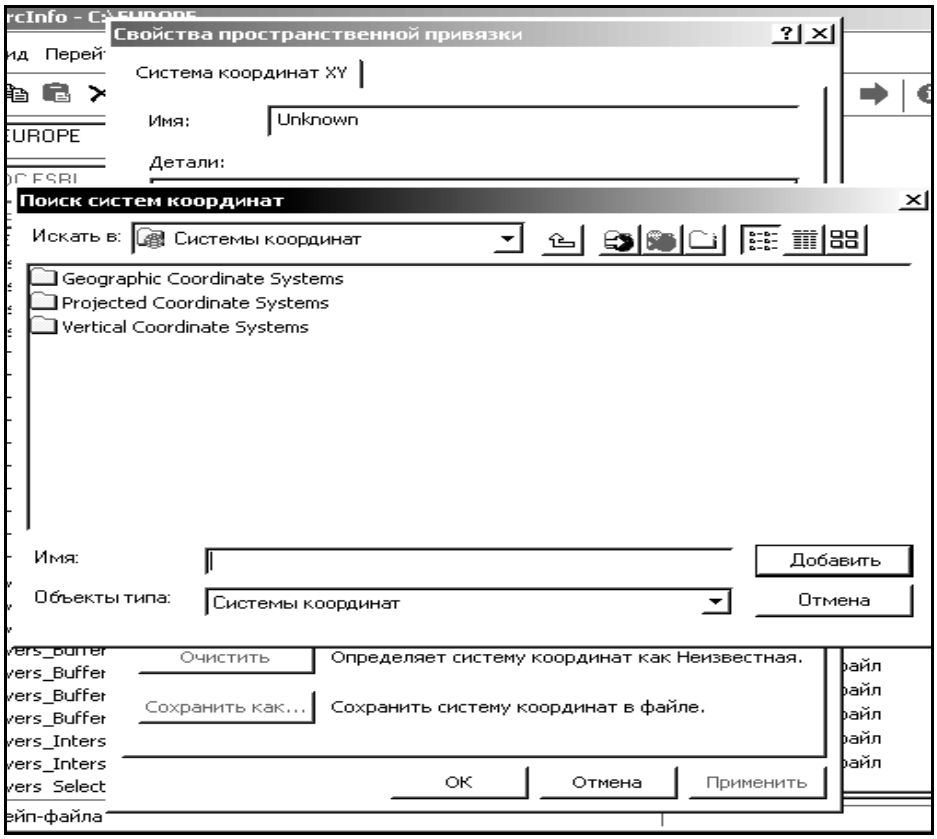


Рис. 8.5. **Перехід до вибору системи координат**

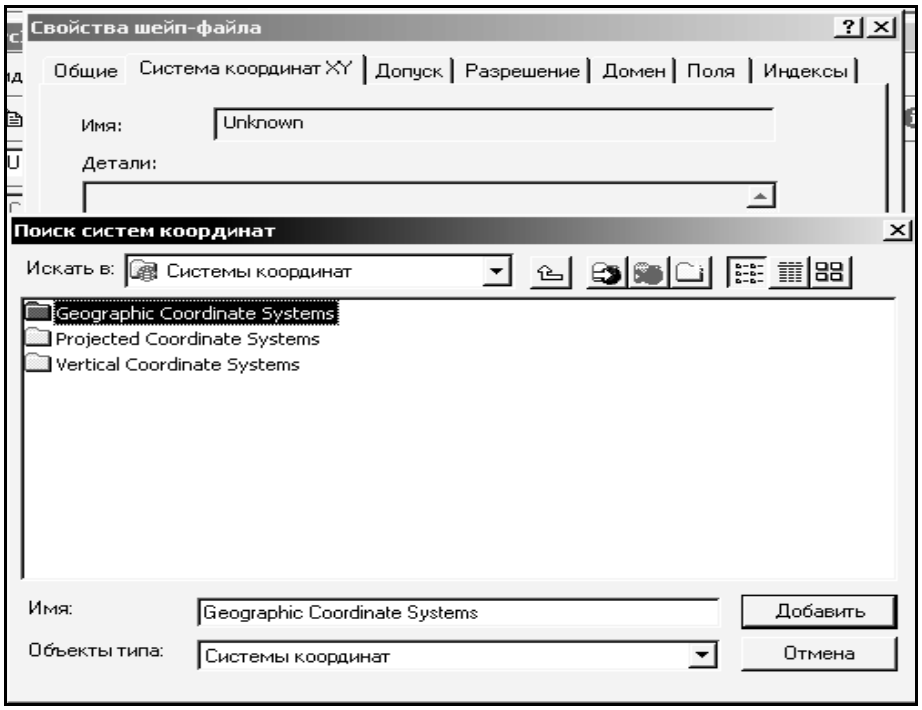


Рис. 8.6. **Вибір з географічної системи координат**

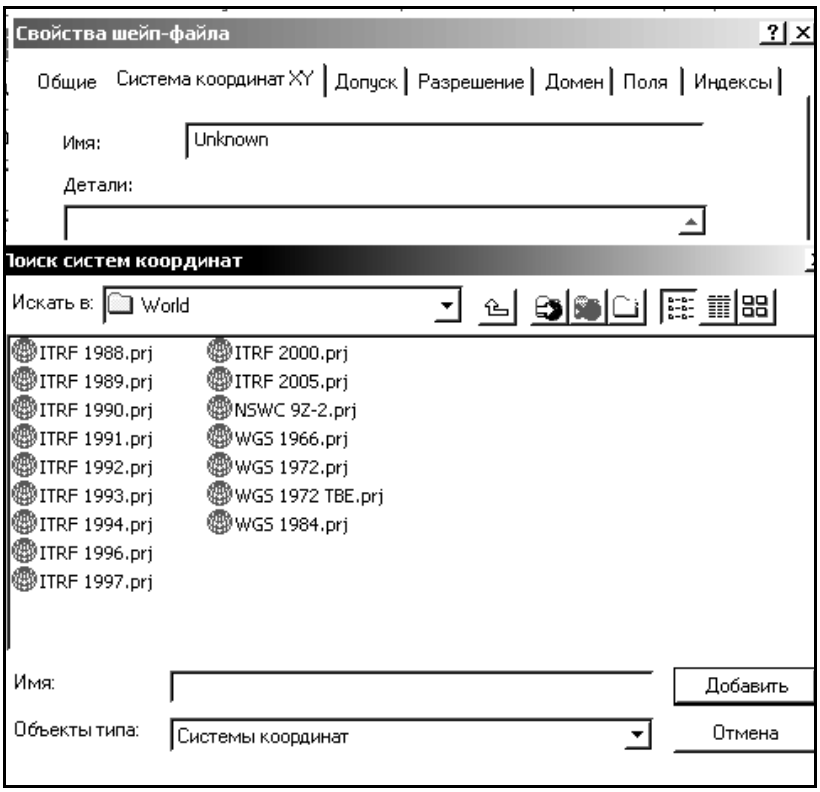


Рис. 8.7. **Вибір системи координат GCS_WGS_1984**

Далі необхідно обрати "Властивості" шейп-файла і в закладці "Поля" сформувати структуру таблиці атрибутів нового шару (рис. 8.8).

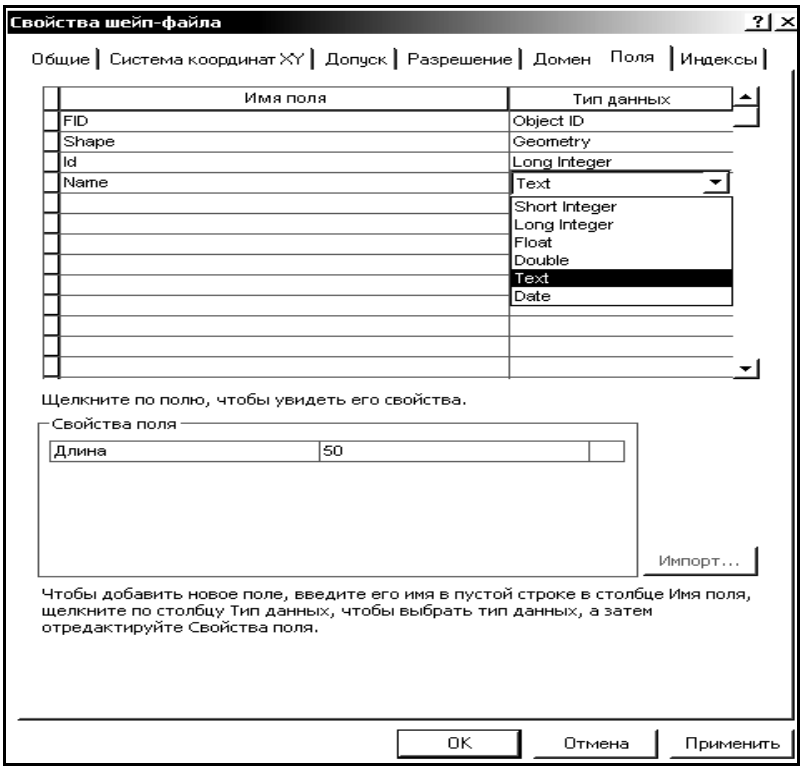


Рис. 8.8. **Формування полів таблиці атрибутів**

Після цього новий шар можна перетягнути в середовище ArcMap для формування об’єктів на карті (рис. 8.9).

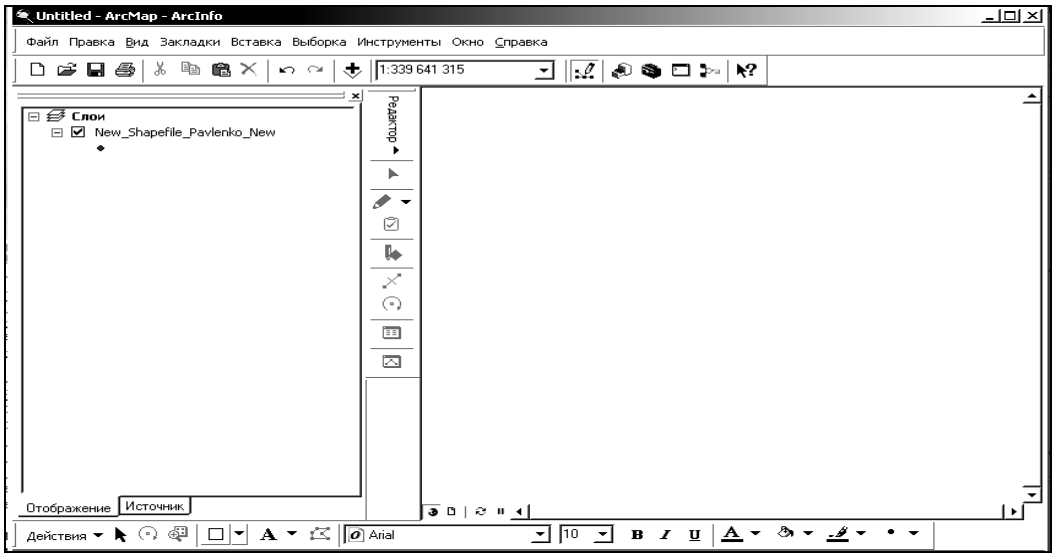


Рис. 8.9. **Перехід у середовище ArcMap**

Для створення точкової теми необхідно звернутися до панелі редактора і почати редагування (рис. 8.10). Кожний сеанс редагування починається із звернення до редактора: "Почати редагування", завершується вибором "Зберегти" і "Закінчити редагування". Точкові об’єкти створюються інструментом "Скетч".

На рис. 8.11 наведено звернення до інструментів редактора розробки нового шару точкових об’єктів.

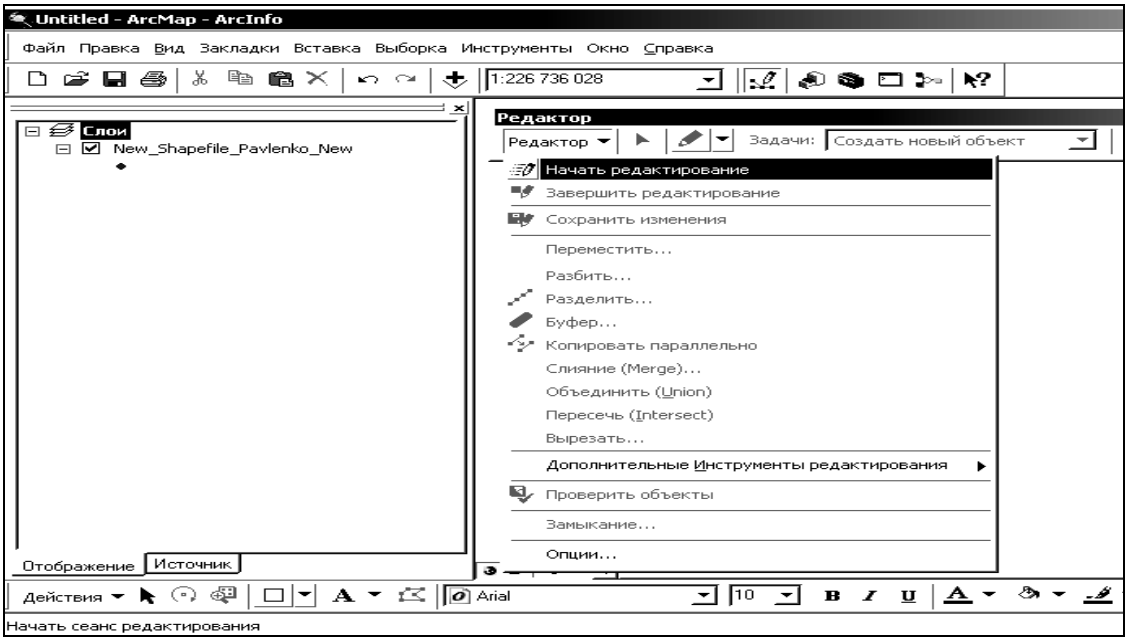


Рис. 8.10. **Звернення до редактора**

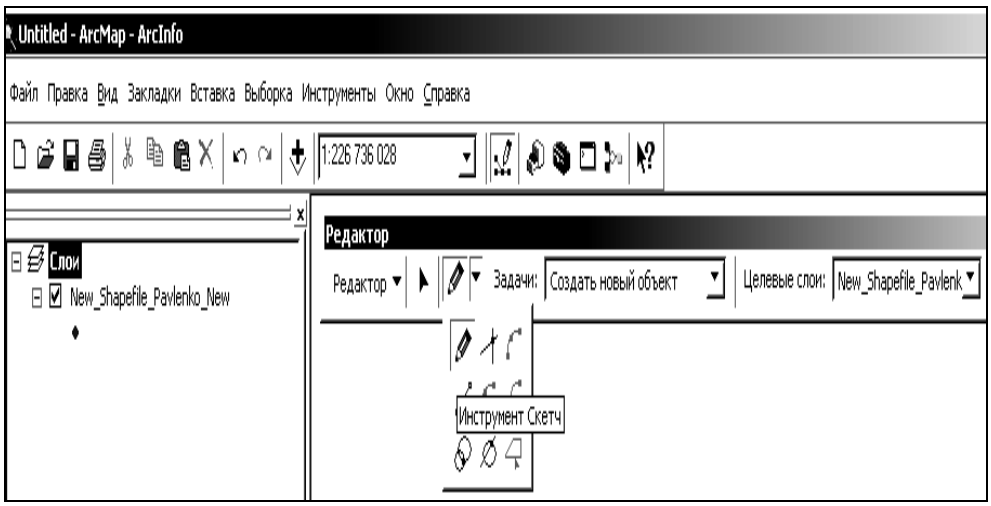


Рис. 8.11. **Звернення до завдання "Створити новий об’єкт" і вибір інструмента "Скетч"**

Після нанесення точок на карту необхідно зберегти результати і закінчити редагування. Тепер необхідно заповнити таблицю атрибутів цього шару. Для цього її треба відкрити (рис. 8.12) і знову звернутися до редактора для початку редагування.

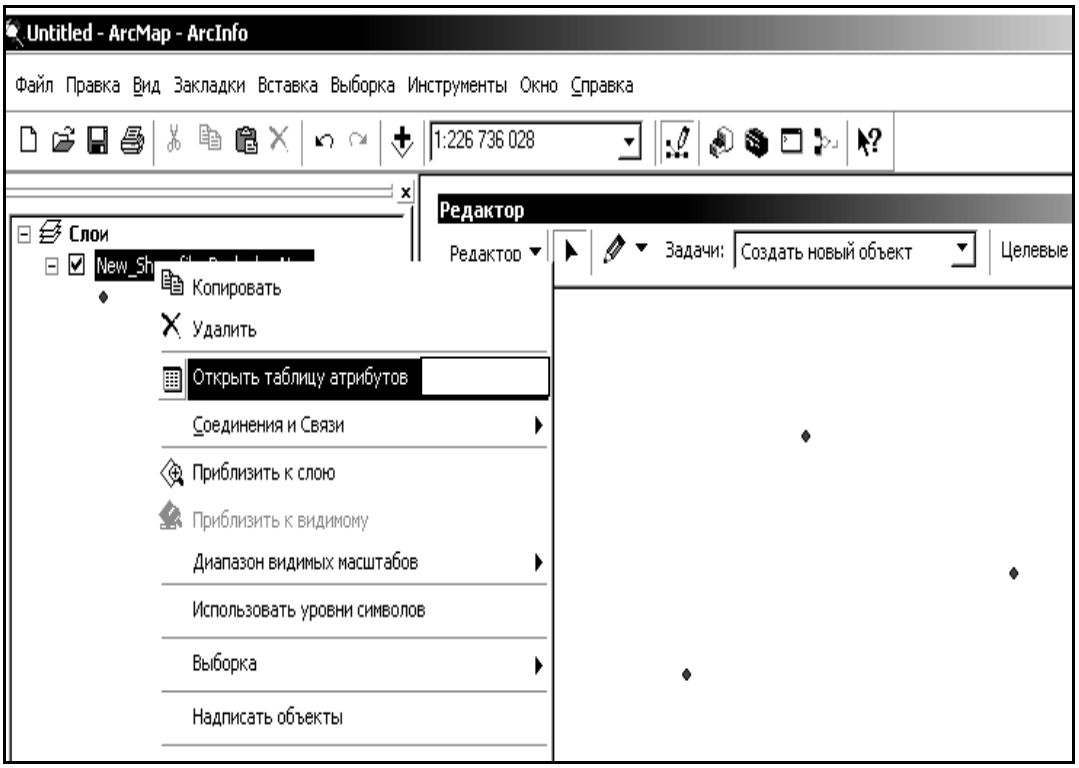


Рис. 8.12. **Відкриття таблиці атрибутів нового шару**

На рис. 8.13 наведений результат заповнення таблиці даними.

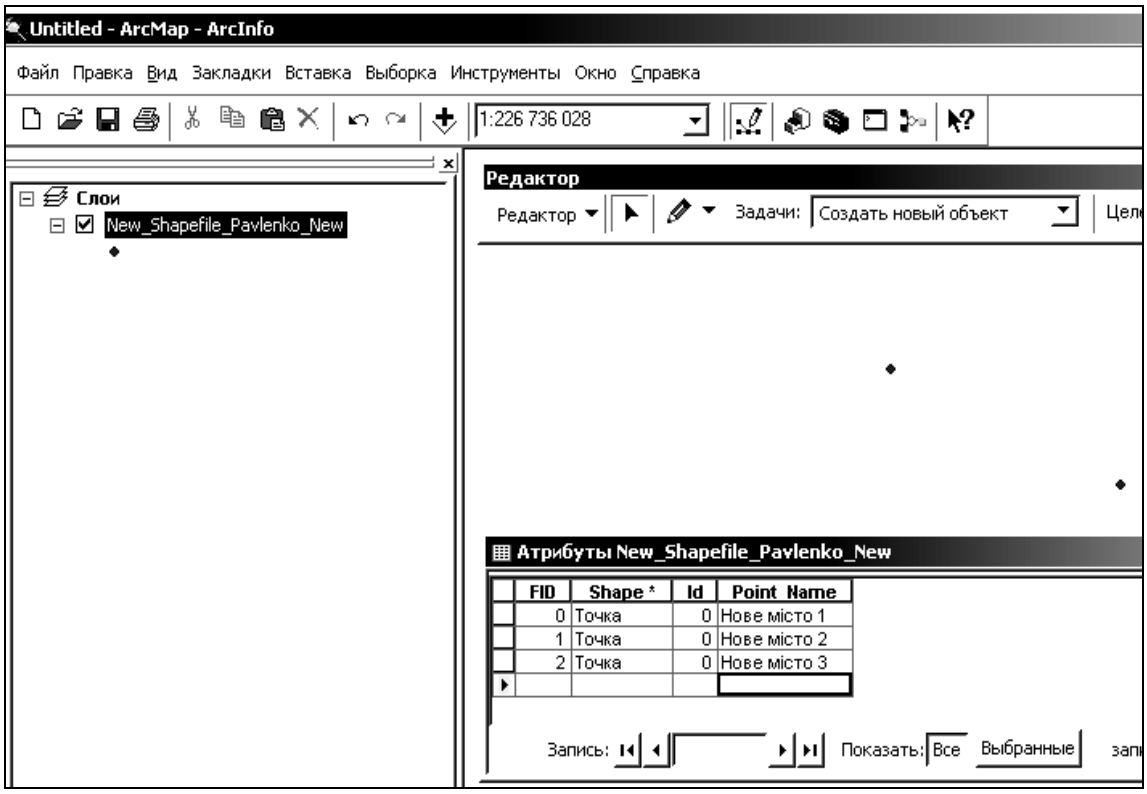


Рис. 8.13. **Таблиця атрибутів нового точкового шару**

Редагування необхідно зберегти і завершити. Перевірити результат можна виводом написів об’єктів шару на карті (рис. 8.14).

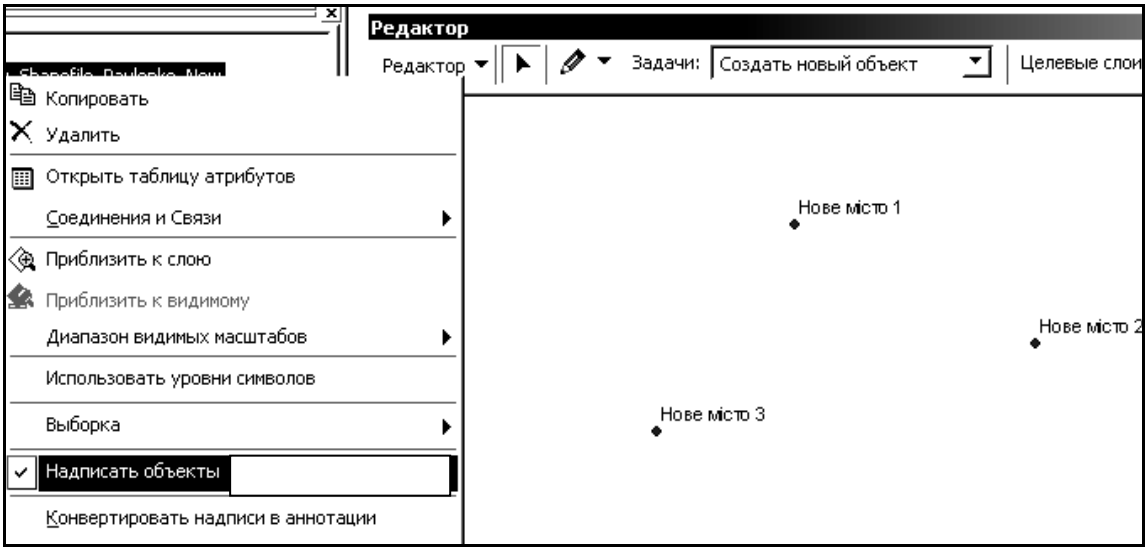


Рис. 8.14. **Відображення написів об’єктів на карті**

Можна змінити вид символів об’єктів шару і їх колір. Подвійним клацанням на символі шару викликається вікно зі списком символів і можливістю вибору його вигляду і кольору (рис. 8.15, 8.16).

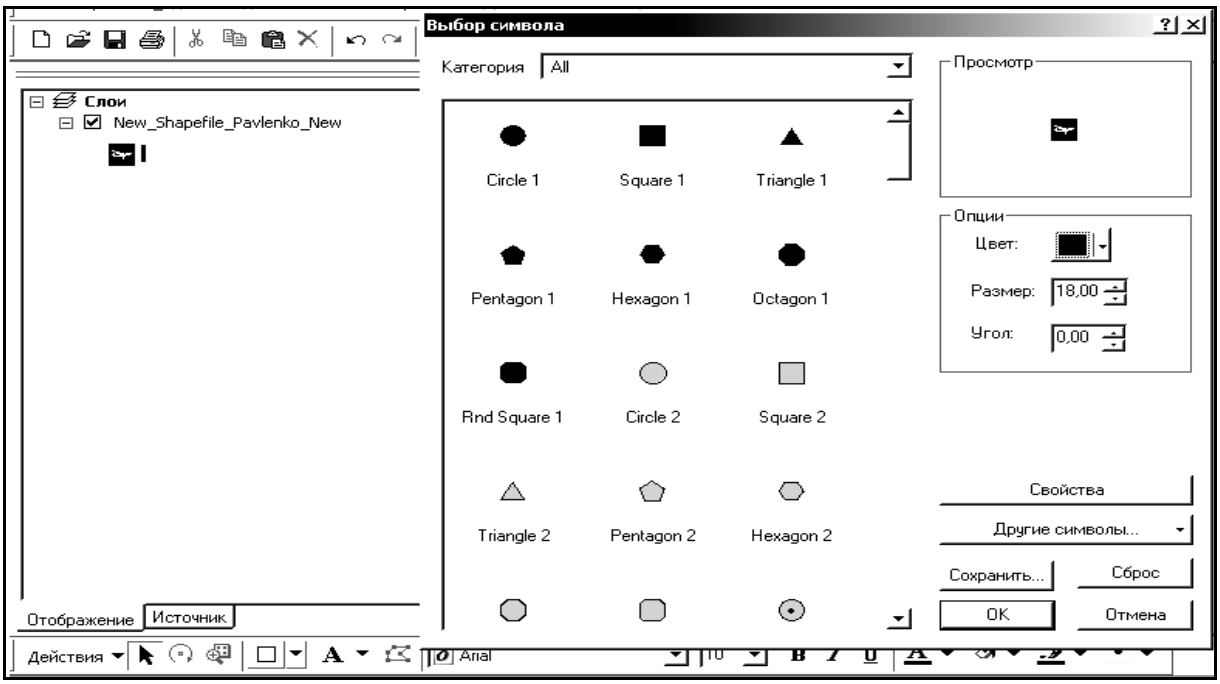


Рис. 8.15. **Вікно вибору символів та кольору об’єктів на карті**

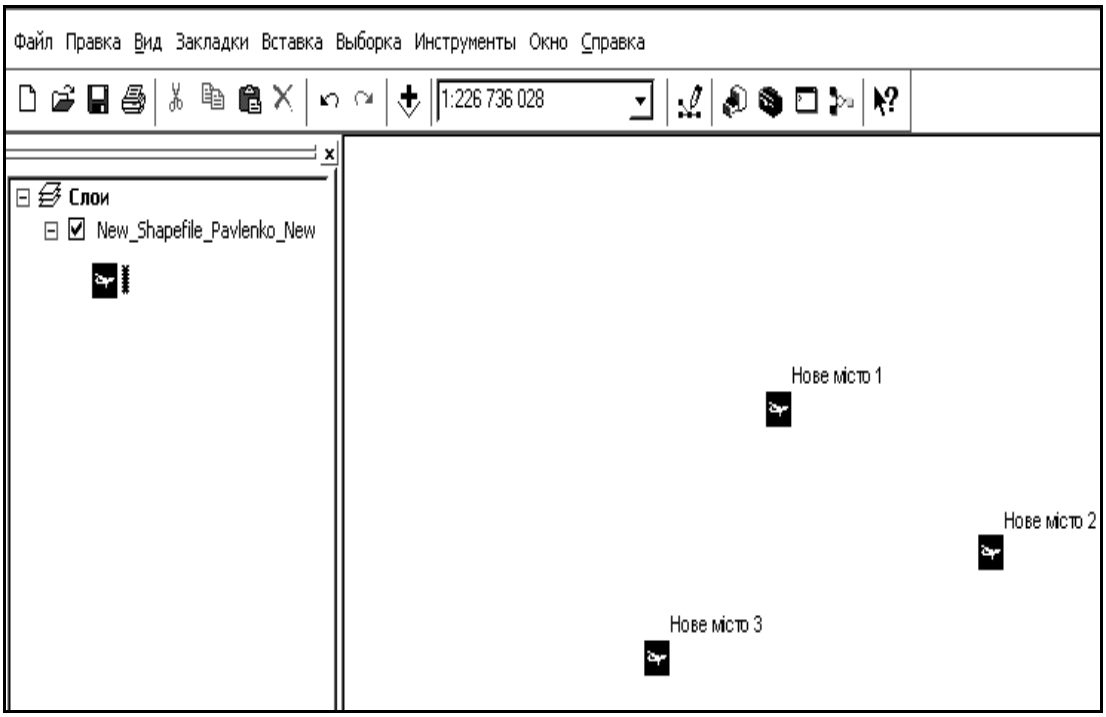


Рис. 8.16. **Об’єкти з новими значками позначень**

Таким же чином створюються шейп-файли з іншими типами об’єктів (лінійними, полілінійними, полігональними, багатоточковими, з багатьма полігонами). Відмінність у діях полягає тільки в тому, що для різних типів векторних даних у редакторі існують різні інструменти малювання.

8.3. Розробка класу полігональних об’єктів

У БГД "MY_PERSONAL_DATABASE" необхідно зберегти новий клас просторових об’єктів (полігональний).

Вибір пункту "Клас просторових об’єктів" у контекстному меню "Новий" символу БГД дозволяє перейти до розробки нового класу.

У вікні "Новий клас просторових об’єктів" необхідно вказати його ім’я, і тип. У цьому випадку обраний "полігон" (рис. 8.17).

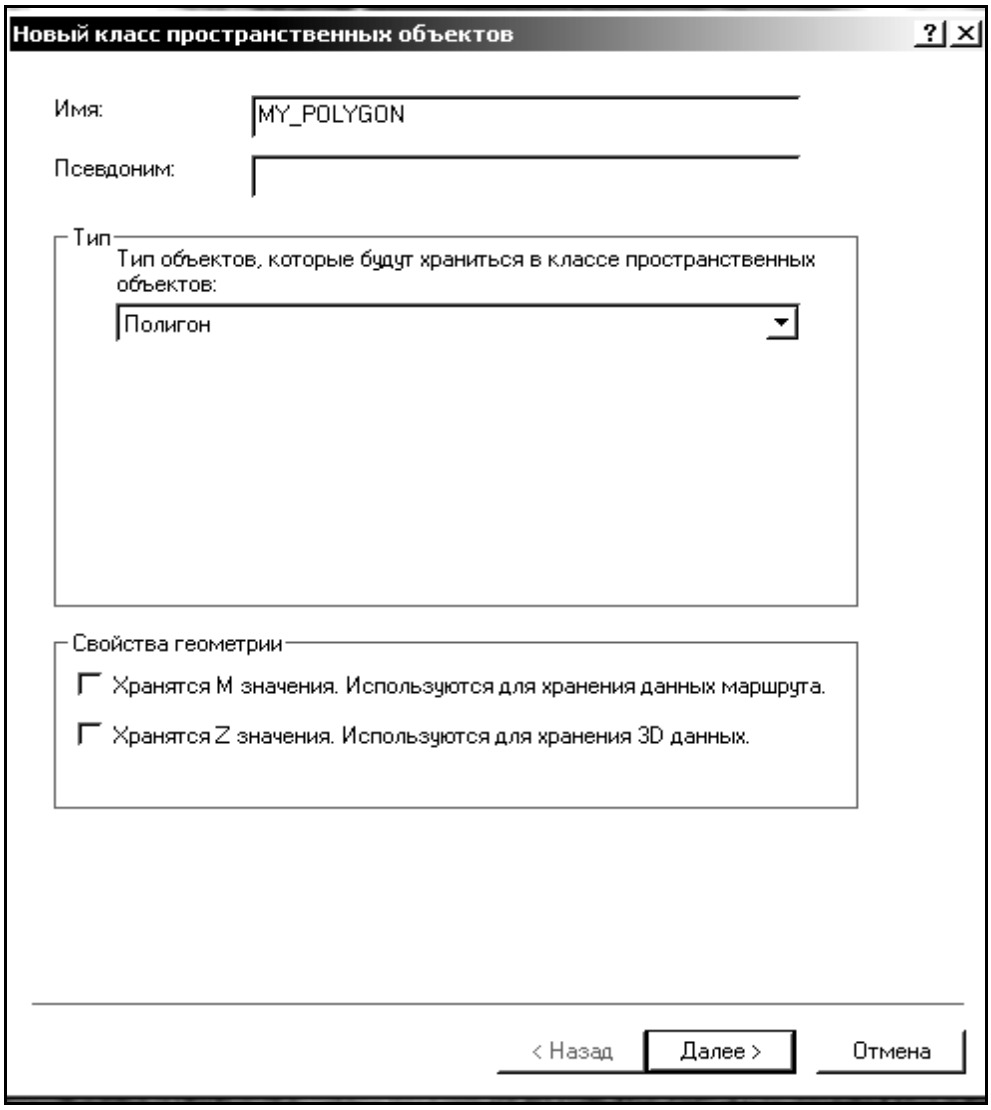


Рис. 8.17. **У вікні "Тип" вибраний тип об’єктів "Полігон"**

На наступному кроці система пропонує обрати систему координат (рис. 8.18).

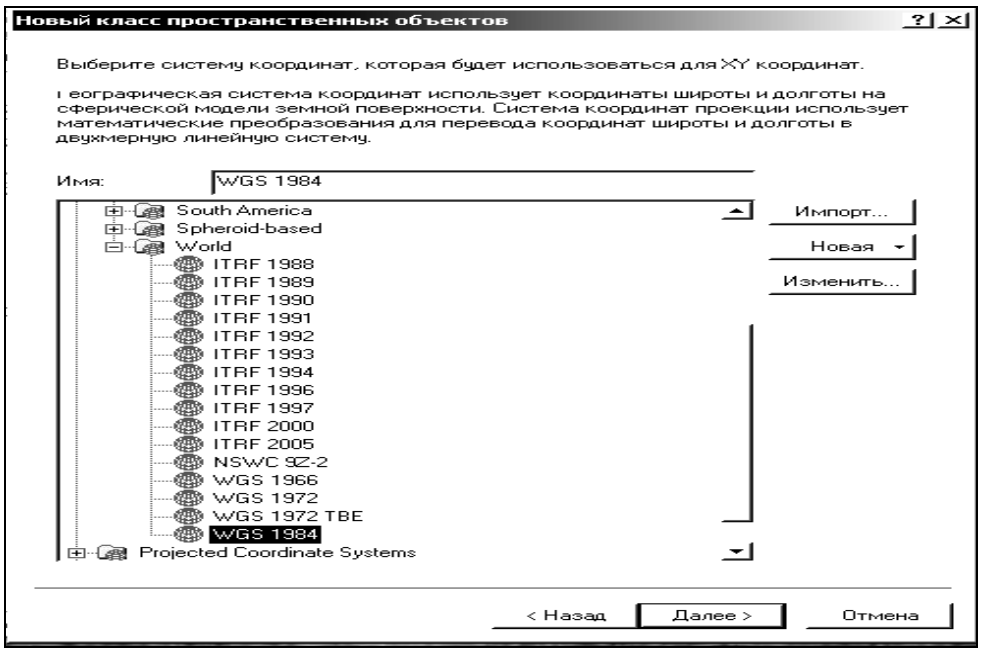


Рис. 8.18. **Вибір системи координат**

Далі система пропонує уточнити допуск XY у градусах для координат, який відповідає мінімальній відстані між координатами, які вважатимуться ідентичними (рис. 8.19). Рекомендується застосовувати значення дозволу, прийняте за замовчуванням.

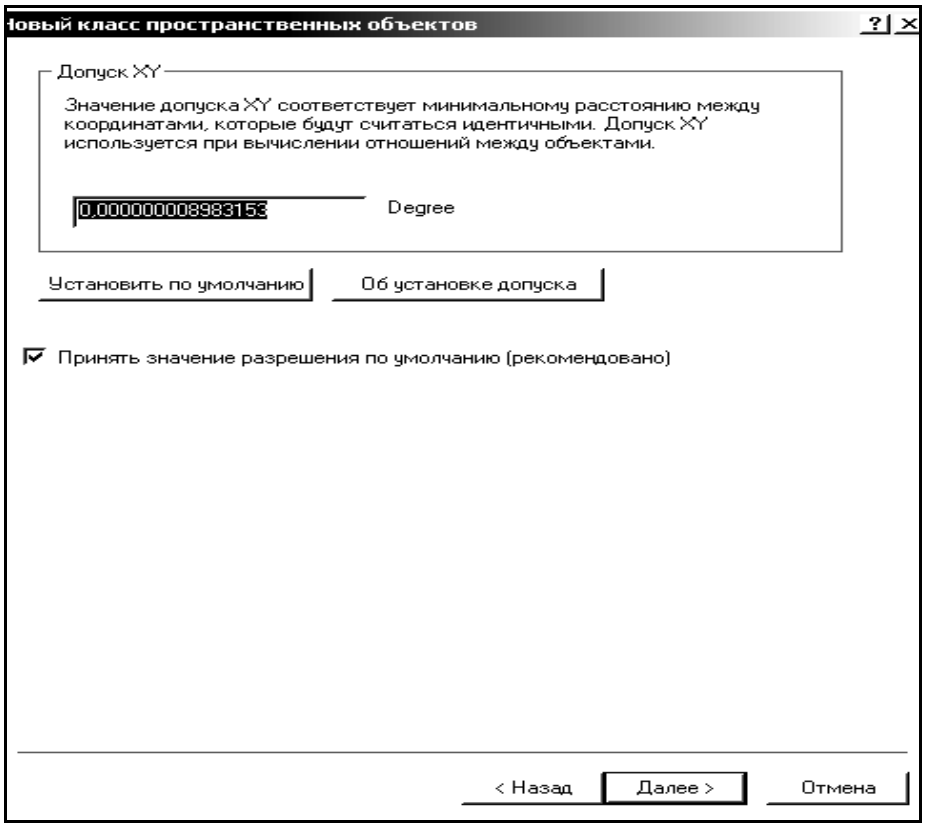


Рис. 8.19. **Уточнення допуска XY**

Результатом є новий клас просторових об’єктів "MY_POLYGON" у середовищі ArcCatalog (рис. 8.20).

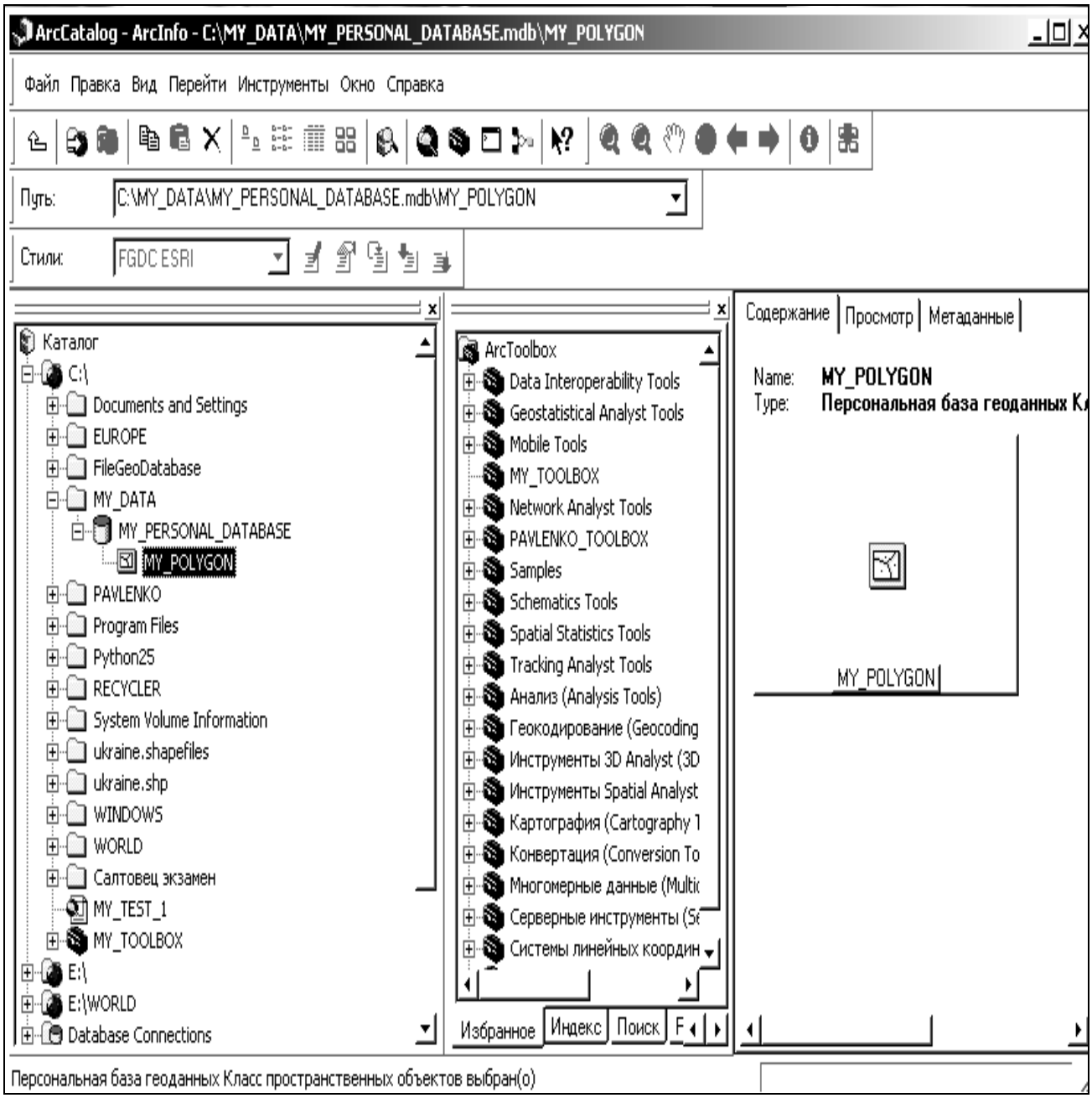


Рис. 8.20. **Новий клас полігональних об’єктів "MY_POLYGON" в базі геоданих**

У середовищі модуля ArcCatalog можливо створення нового шару цього класу (рис. 8.21).

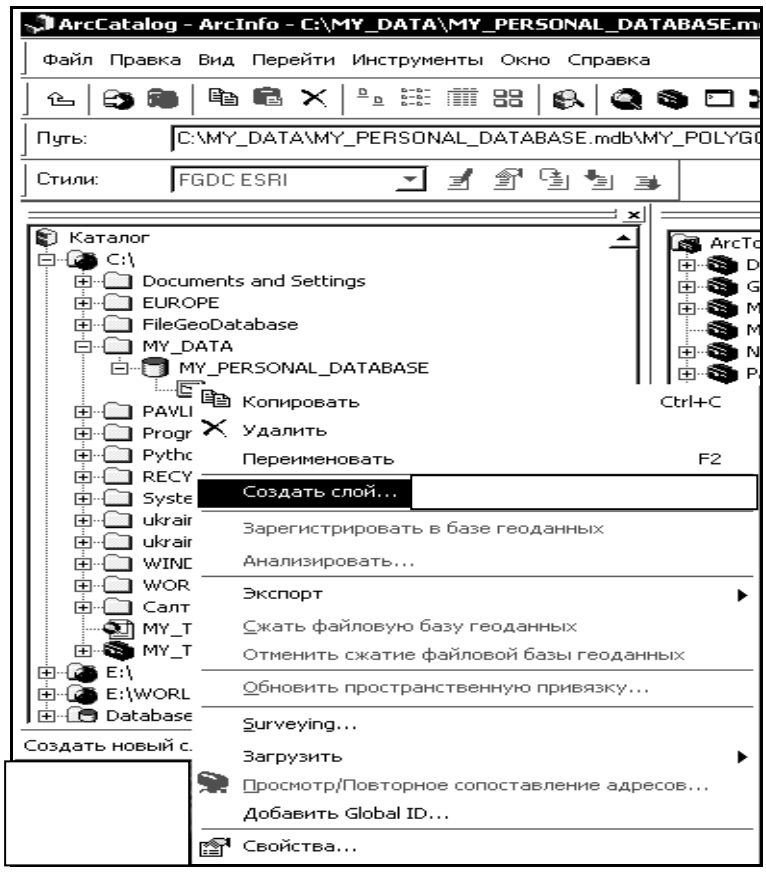


Рис. 8.21. **Звернення до опції створення нового шару**

Для нового шару необхідно вказати ім’я і місце збереження (рис. 8.22).

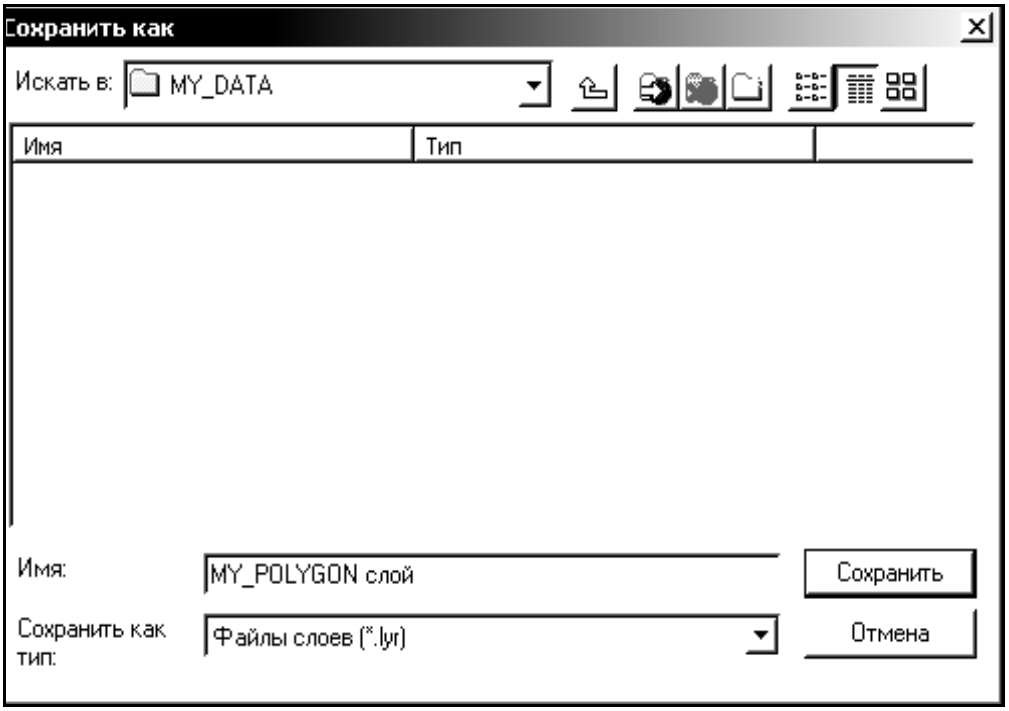


Рис. 8.22. **Вказівка імені та місця збереження нового шару**

Зображення нового шару з’явиться в базі даних.

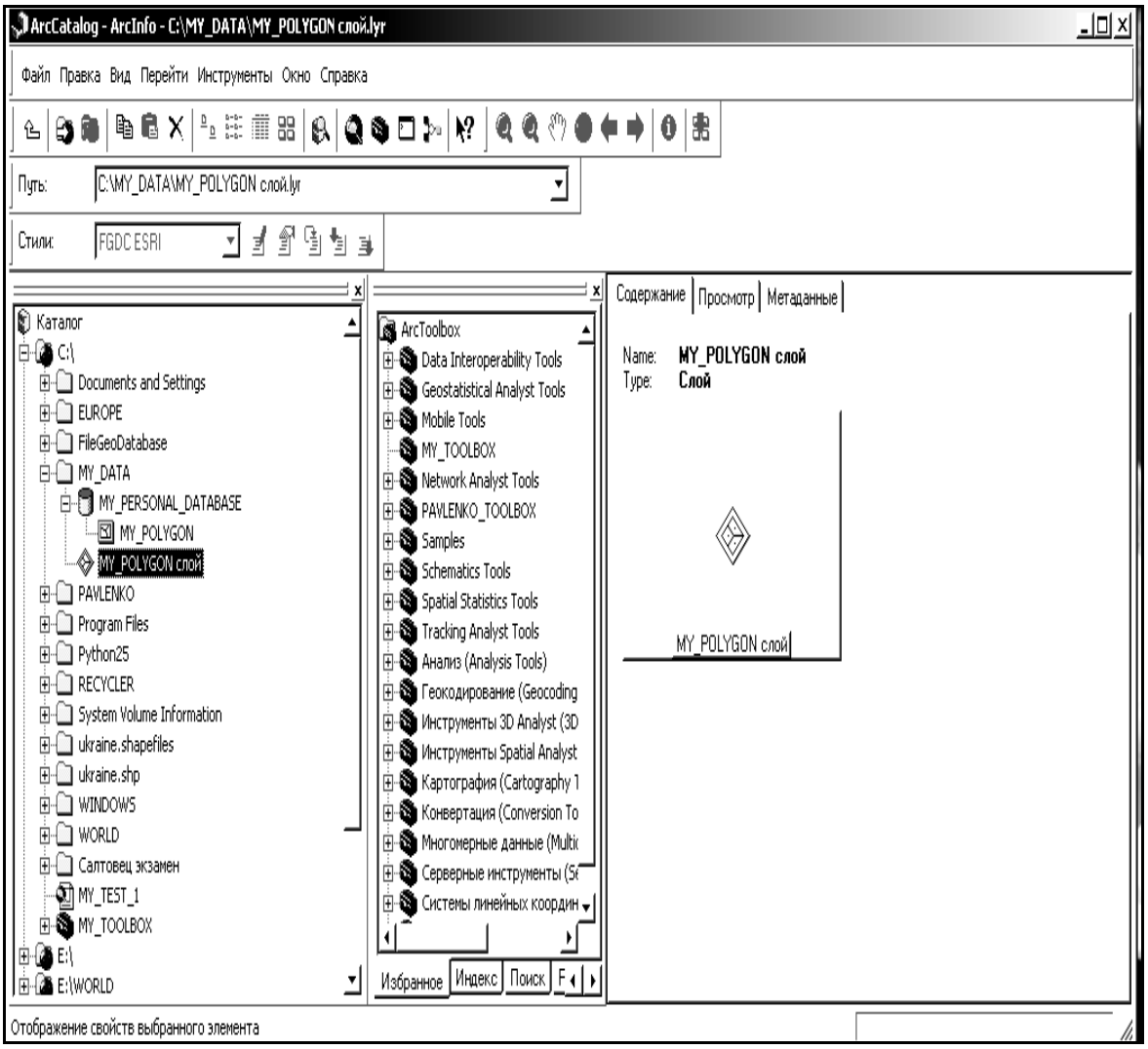


Рис. 8.23. **Новий шар у базі даних**

Розробка класу просторових об’єктів або його шару (наповнення його даними), підготовленого в середовищі модуля ArcCatalog, виконується в середовищі модуля ArcMap. Для цього необхідно додати цей шар в таблицю змісту карти. Причому можна додати як створений клас об’єктів, так і новий шар (рис. 8.23). Звернення до редактора дозволяє створити необхідні об’єкти на карті.

У цьому випадку це два полігони (рис. 8.23). У процесі розробки були додані і потім видалені ще шість об’єктів. Цей факт відображається в таблиці атрибутів шару.

На рис. 8.24 показано звернення до таблиці атрибутів шару.

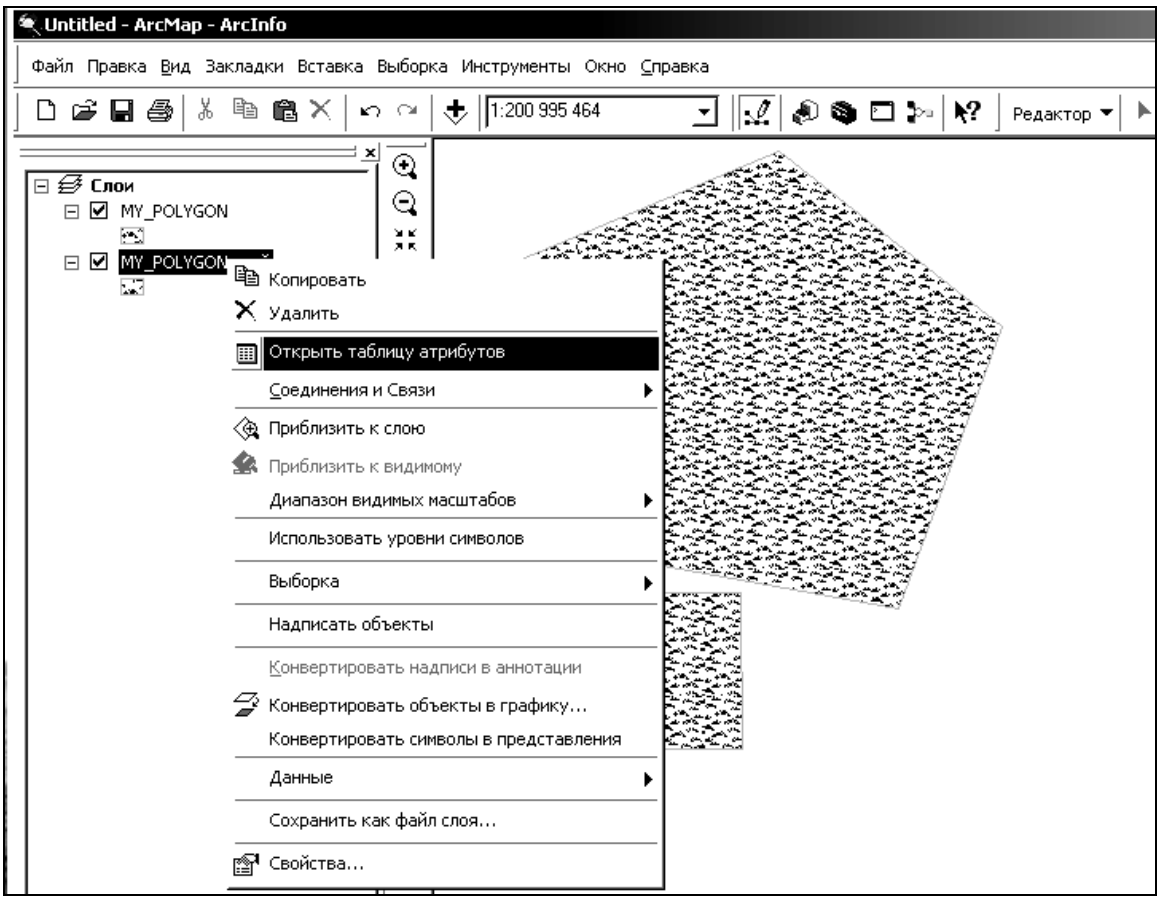


Рис. 8.24. **Звернення до таблиці атрибутів шару**

Таблиця атрибутів шару до розробки об’єктів на карті містить два обов’язкові поля: "OBJECTID", "SHAPE" і поле, створене користувачем, в цьому випадку поле "MY_NAME". Поле "OBJECTID" відображає нумерацію всіх створюваних об’єктів (незалежно від того, що деякі були видалені).

У результаті створення об’єктів на карті в таблиці були заповнені поля: "SHAPE Length" і "SHAPE Area" з даними про довжину і площу об’єктів. Ці параметри обчислені системою автоматично. Таблиця атрибутів однакова у шарі і у класу об’єктів (рис. 8.25, 8.26).

Для редагування вмісту таблиці необхідно викликати "Редактор". У процесі редагування таблиці додані записи в полі "My_Name".

У вікні редактора на рис. 8.26 біля кнопки "Опції" зображений символ скетчу, що означає, що продовжується процес редагування.

Редагування необхідне завершити і зберегти його результати.

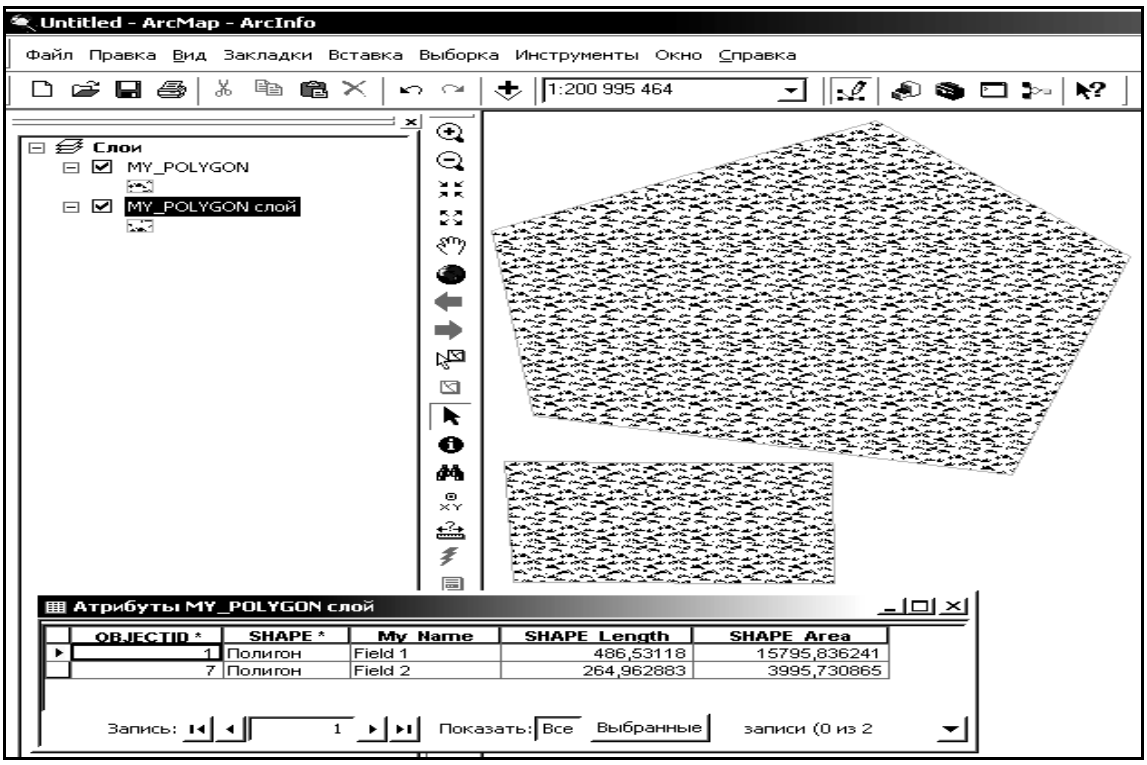


Рис. 8.25. **Таблиця атрибутів шару**

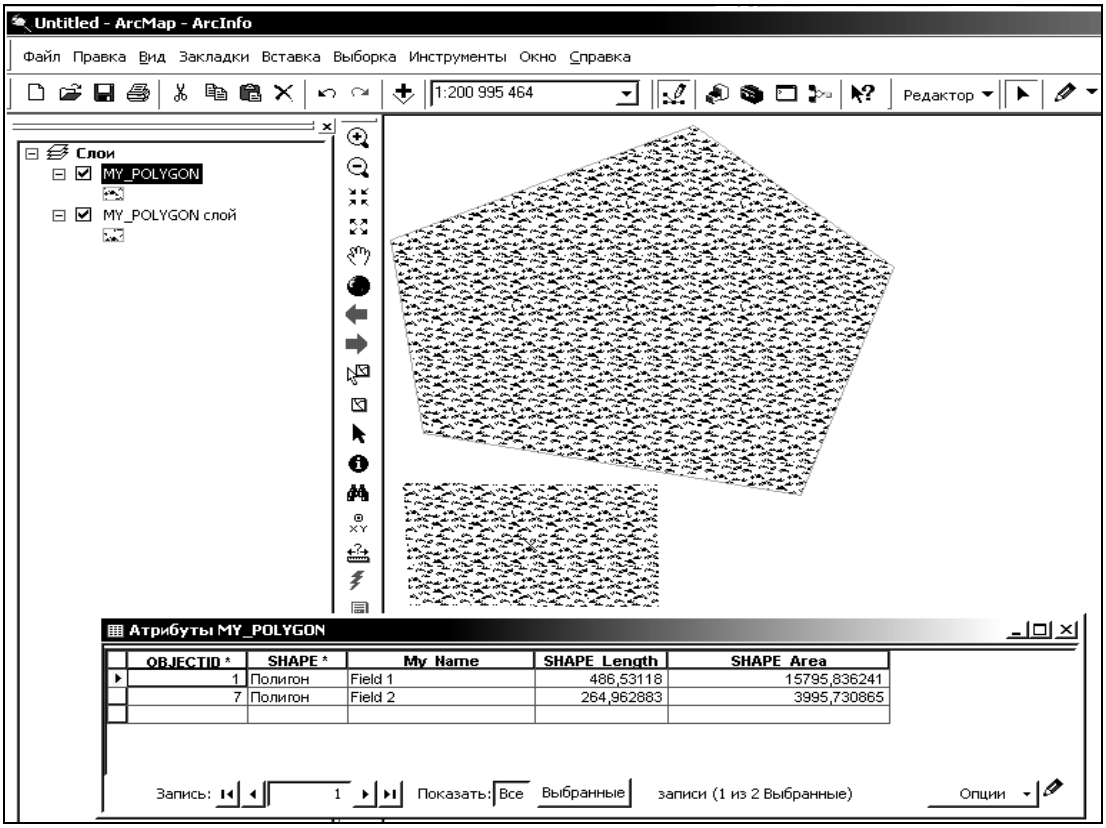


Рис. 8.26. **Таблиця атрибутів класу об’єктів**

Розроблений клас полігональних об’єктів буде збережений на карті, у файлі *.mxd.

8.4. Створення нової таблиці

У середовищі модуля ArcCatalog, у БГД можна створити структуру нової таблиці, яка буде використана в спільній роботі з таблицею атрибутів шару цієї бази [28 – 30; 36].

Для цього необхідно обрати ім’я бази даних і обрати в контекстному меню опції "Новий", "Таблиця" (рис. 8.27).

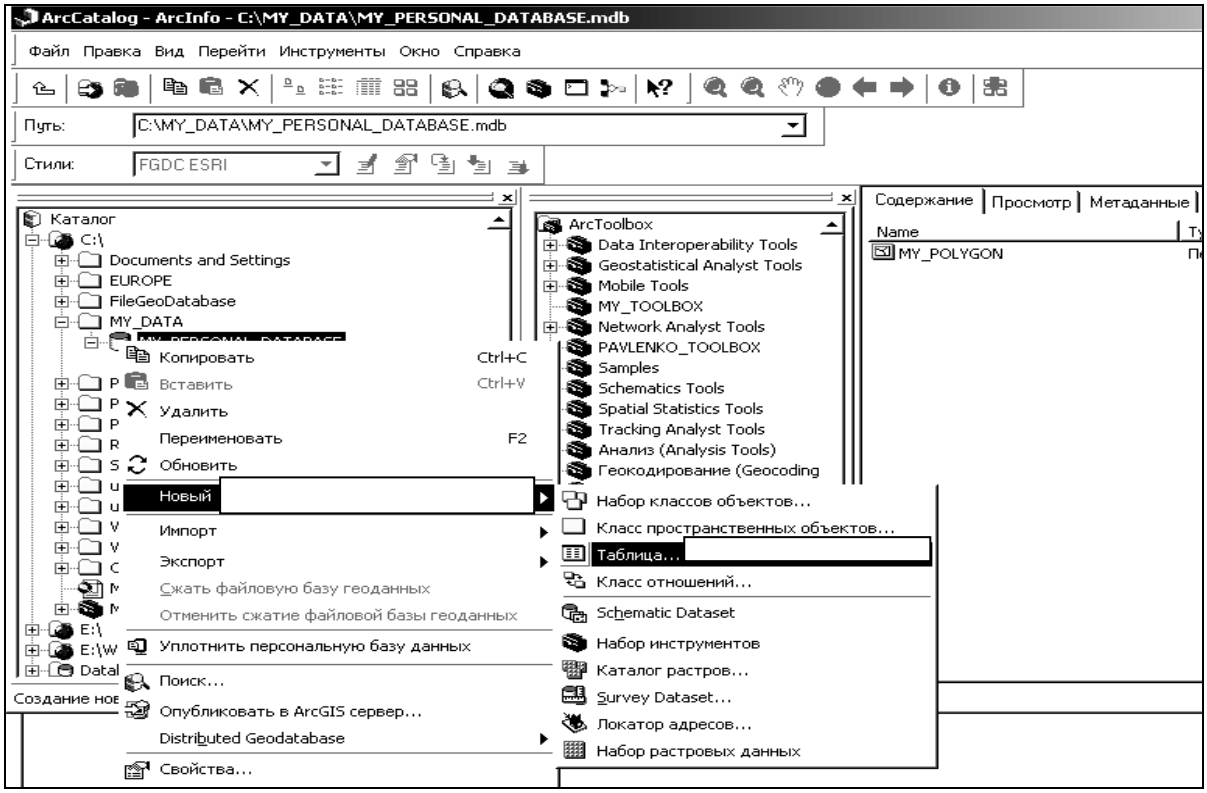


Рис. 8.27. **Створення таблиці**

У вікні "Нова таблиця" необхідно задати ім’я таблиці (рис. 8.28).

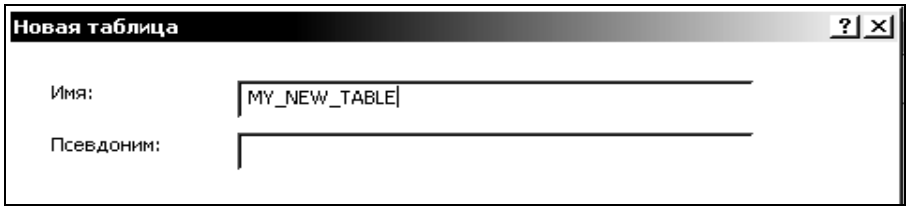


Рис. 8.28. **Вказівка імені таблиці в першому вікні створення таблиці даних**

У наступному вікні створюють поля таблиці (рис. 8.29). Поле "OBJECTID" не змінюється, решту полів можна додавати залежно від завдання, визначивши для них: тип даних, ширину поля, псевдонім, дозвіл/заборону порожніх значень, значення за замовчуванням.

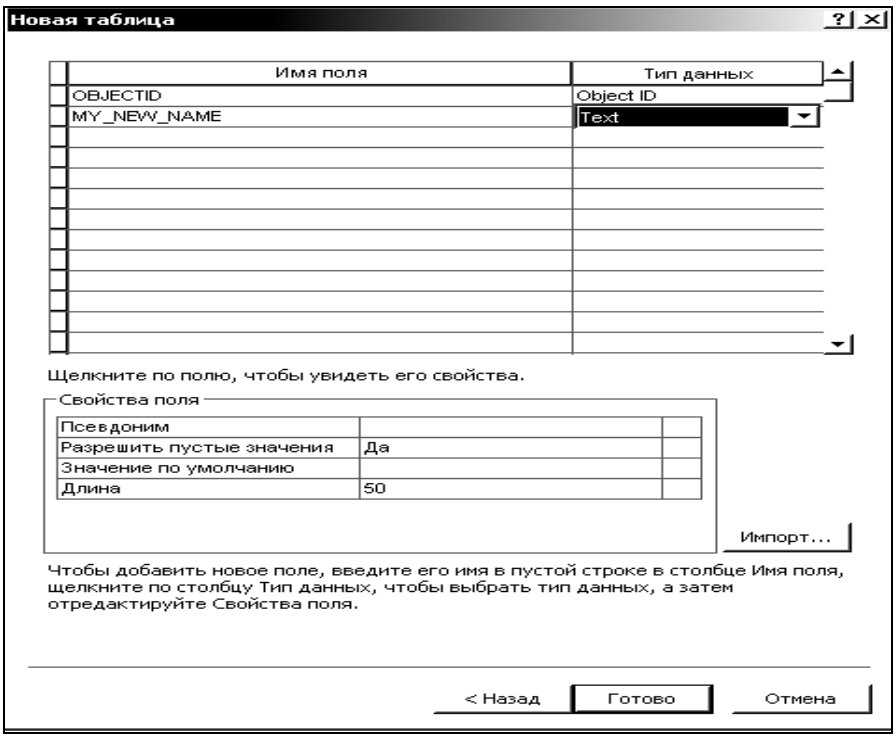


Рис. 8.29. **Створення структури таблиці**

На рис. 8.30 наведений результат створення структури таблиці "MY_NEW_TABLE" у базі даних "MY_PERSONAL_DATABASE".

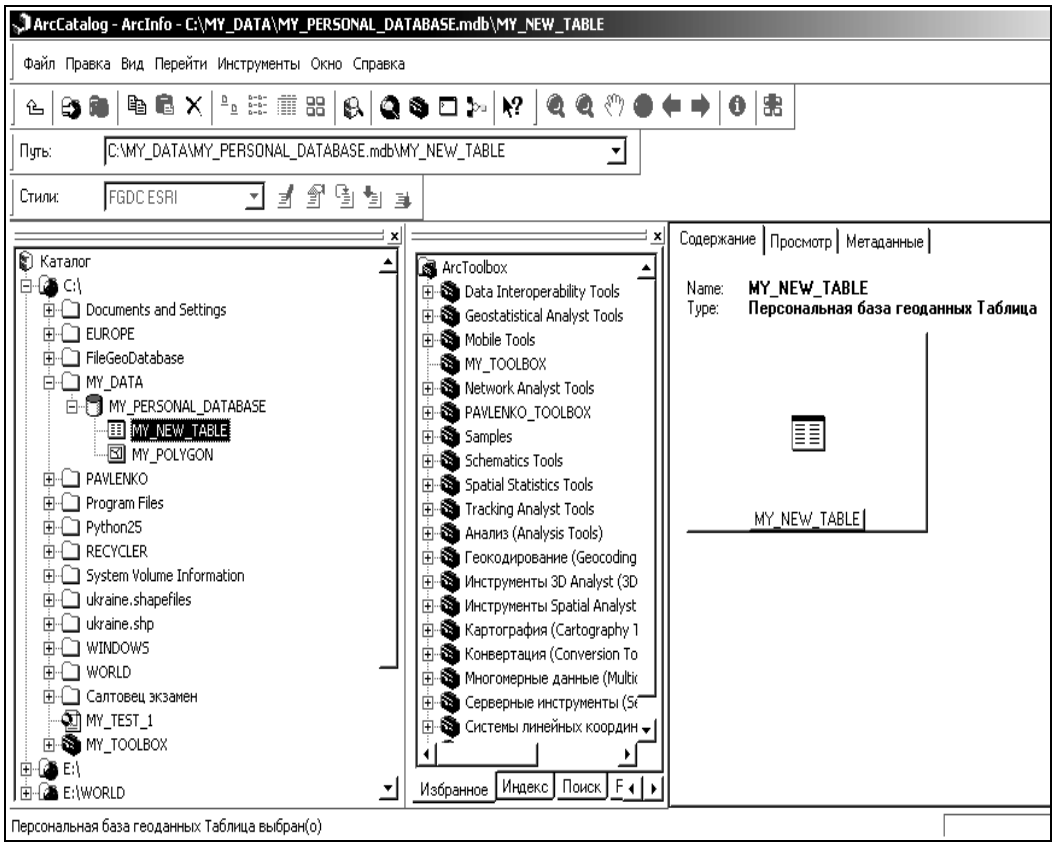


Рис. 8.30. **Місце таблиці "MY_NEW_TABLE" у базі даних**

Розроблену в середовищі модуля ArcCatalog структуру таблиці необхідно додати в модуль ArcMap для заповнення даними і роботи з нею. На рис. 8.31 показаний варіант "перетягування" таблиці "MY_NEW_TABLE" з модуля ArcCatalog в модуль ArcMap.

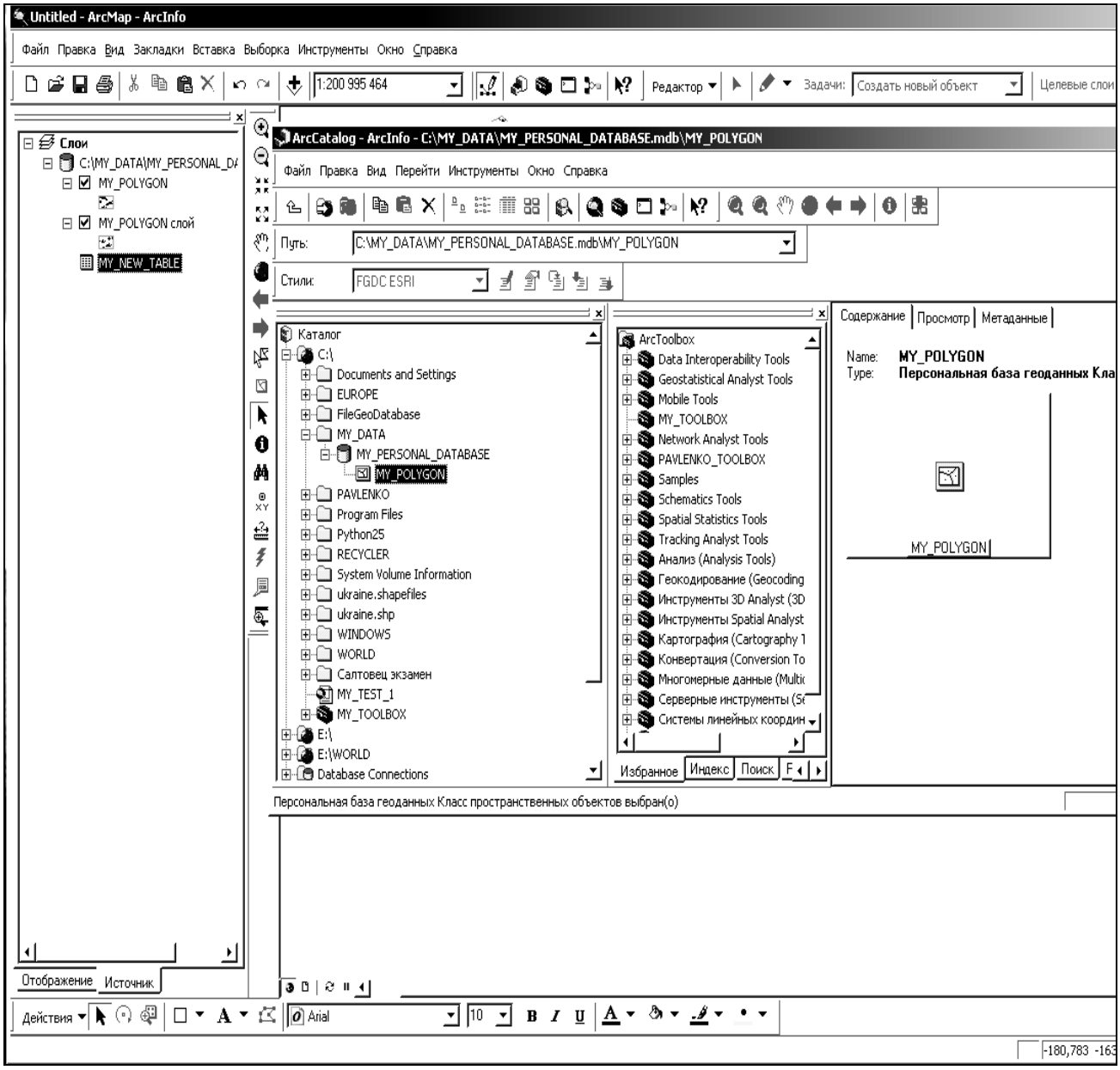


Рис. 8.31. **Таблиця "MY_NEW_TABLE" у середовищі ArcCatalog і ArcMap**

Для роботи з таблицею її необхідно відкрити (рис. 8.32) і, почавши редагування, заповнити даними. На рис. 8.33 наведений варіант з двома відкритими для редагування таблицями: таблицею шару даних і новою таблицею "MY_NEW_TABLE".

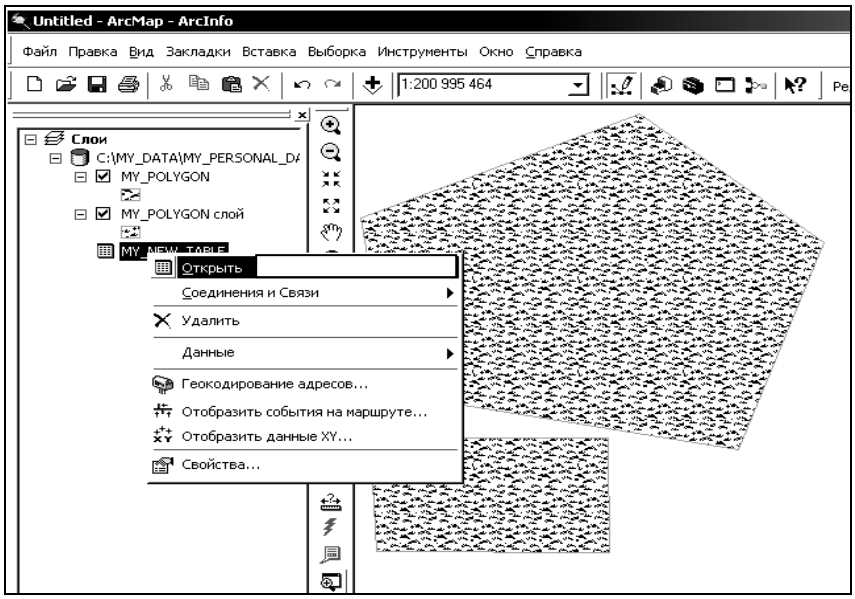


Рис. 8.32. **Відкриття таблиці "MY_NEW_TABLE" у середовищі модуля ArcMap**

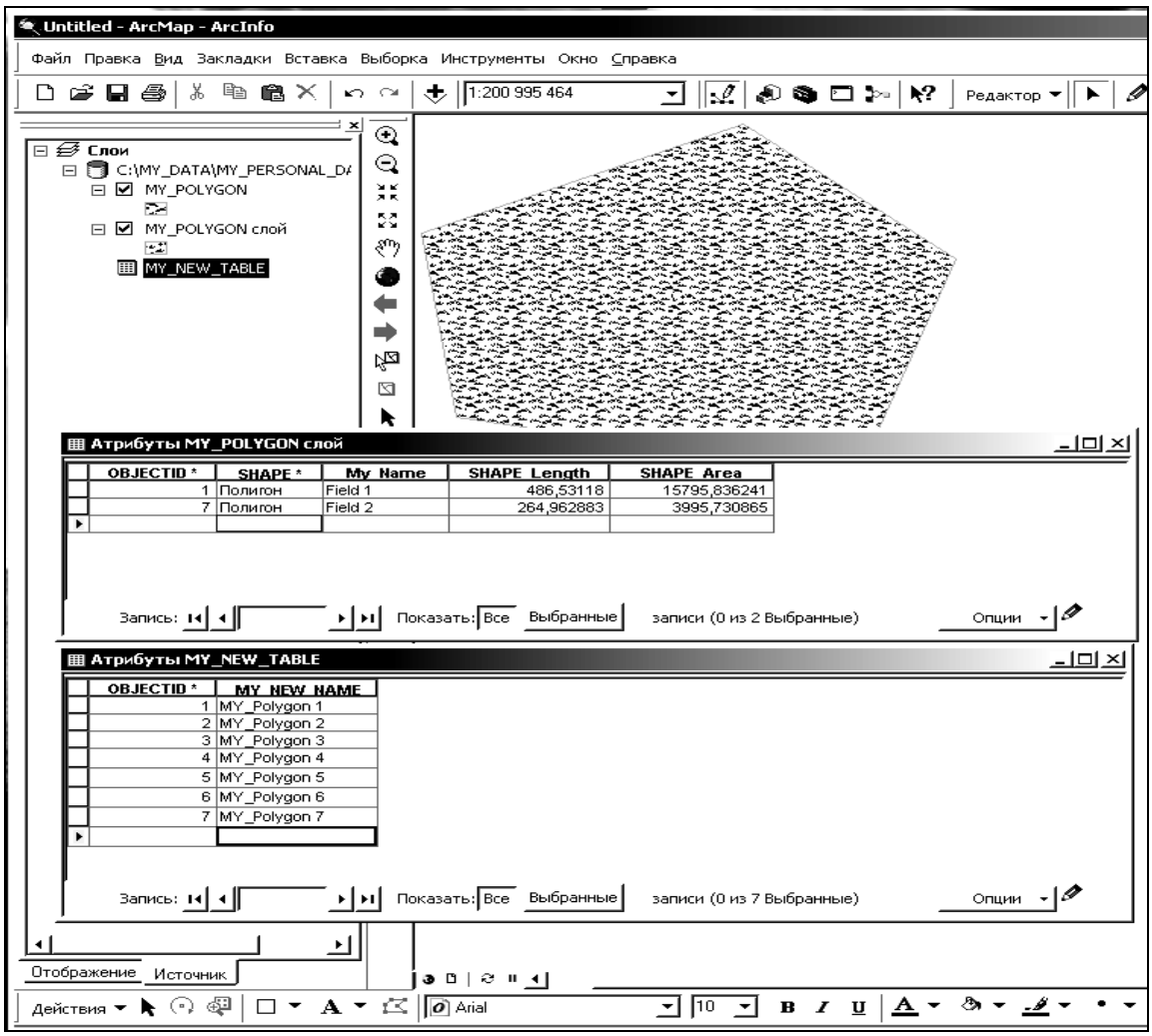


Рис. 8.33. **Редагування вмісту двох таблиць**

Результат редагування необхідно зберегти і завершити редагування (рис. 8.34).

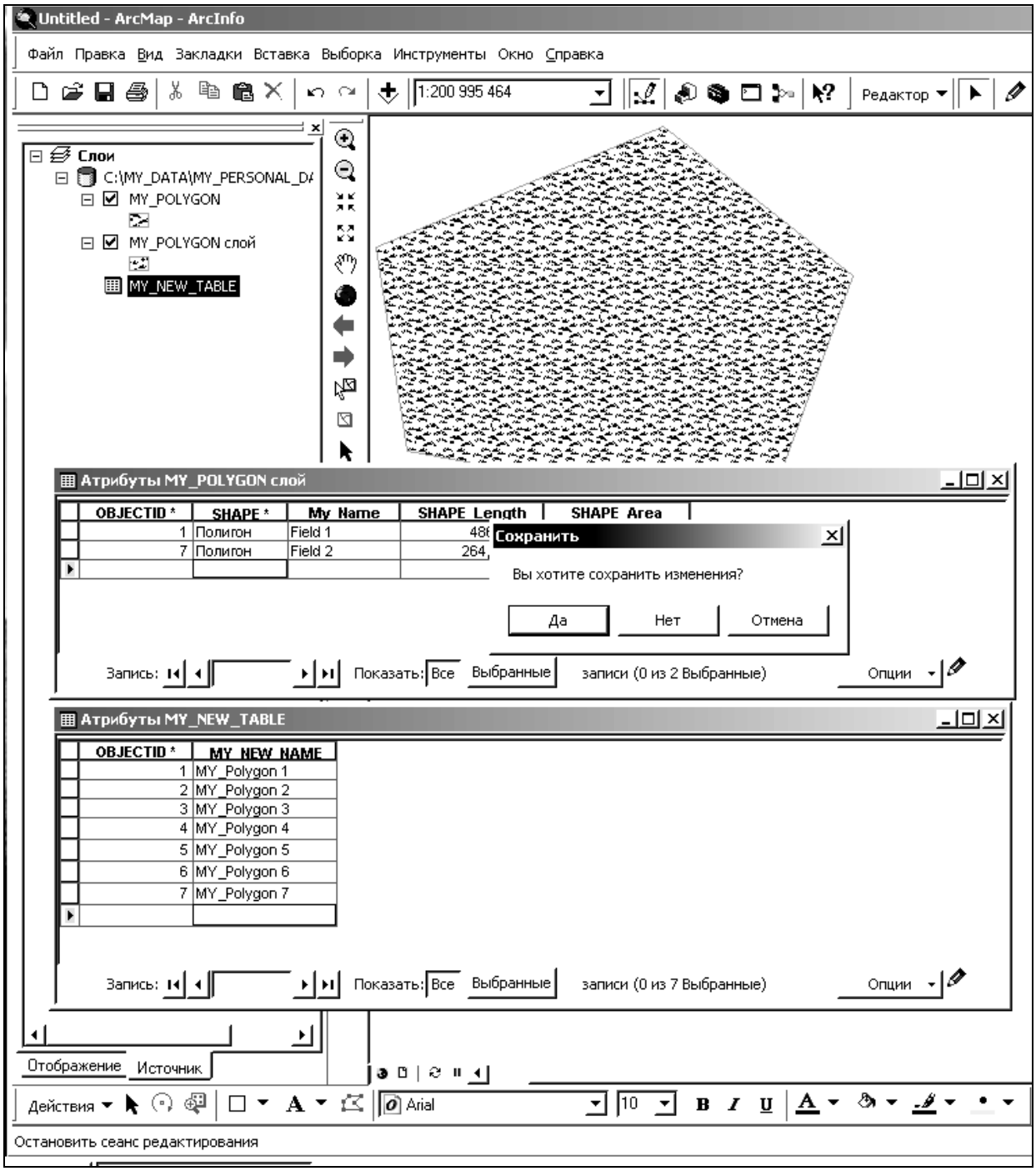


Рис. 8.34. **Завершення і збереження результатів редагування таблиць**

Таблиці можна з’єднати, звернувшися до кнопки "Опції" однієї з таблиць, і далі – до опцій: "З’єднання і зв’язки", "З’єднання" (рис. 8.35).

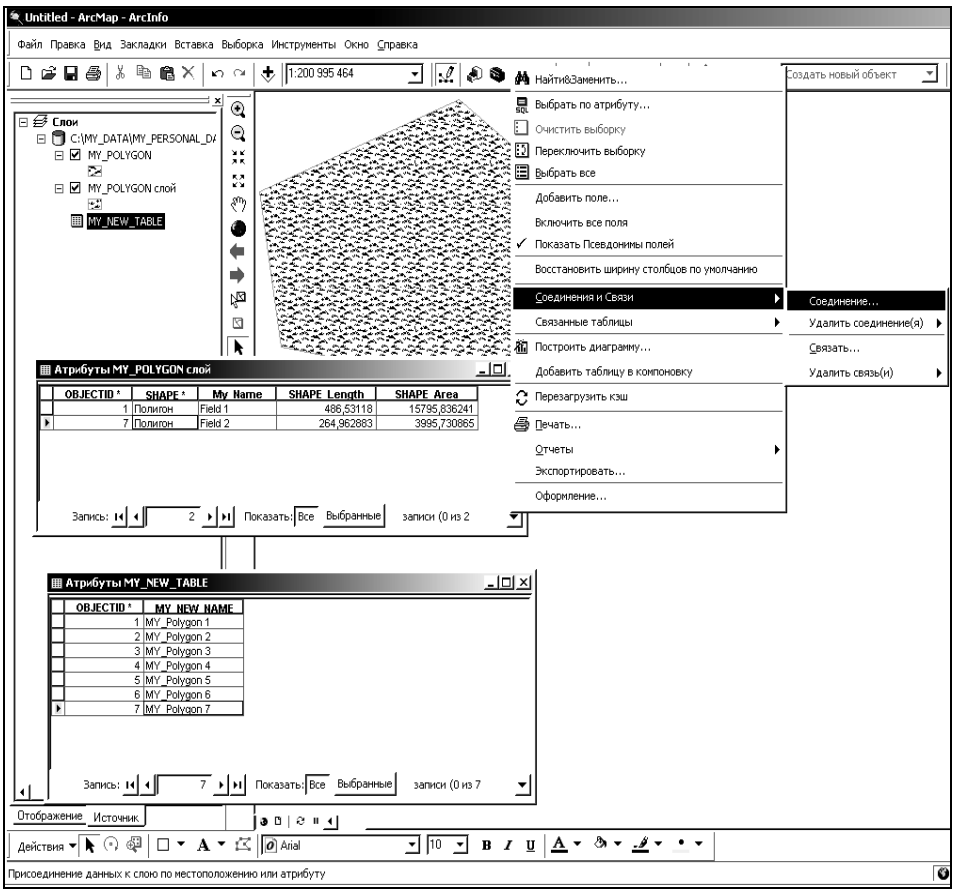


Рис. 8.35. **Звернення до опції установки з’єднання таблиць**

У вікні "З’єднання даних" необхідно заповнити три поля і вказати опції з’єднання (рис. 8.36).

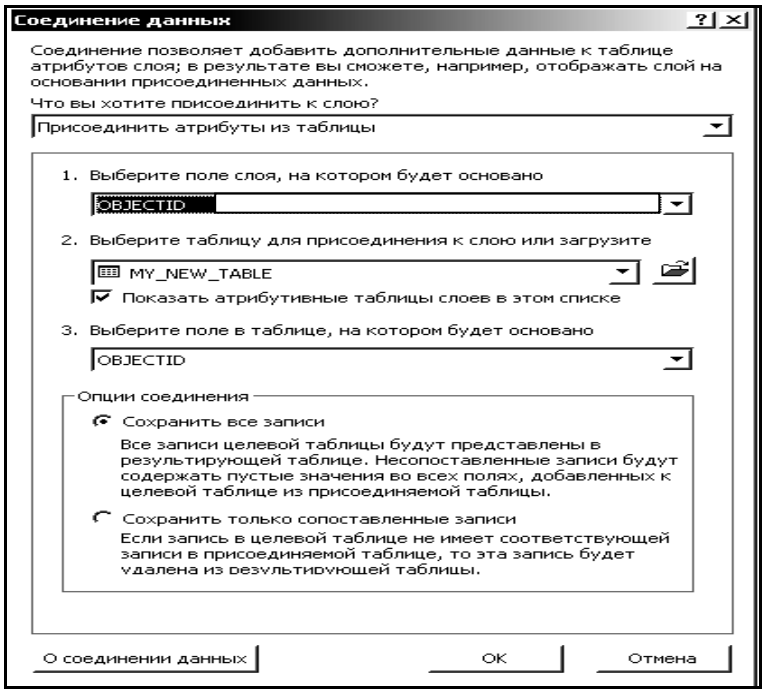


Рис. 8.36. **Установка з’єднання таблиць**

Результатом з’єднання таблиць є таблиця атрибутів шару з новими полями і даними з приєднаної таблиці "MY_NEW_TABLE" (рис. 8.37, 8.38).

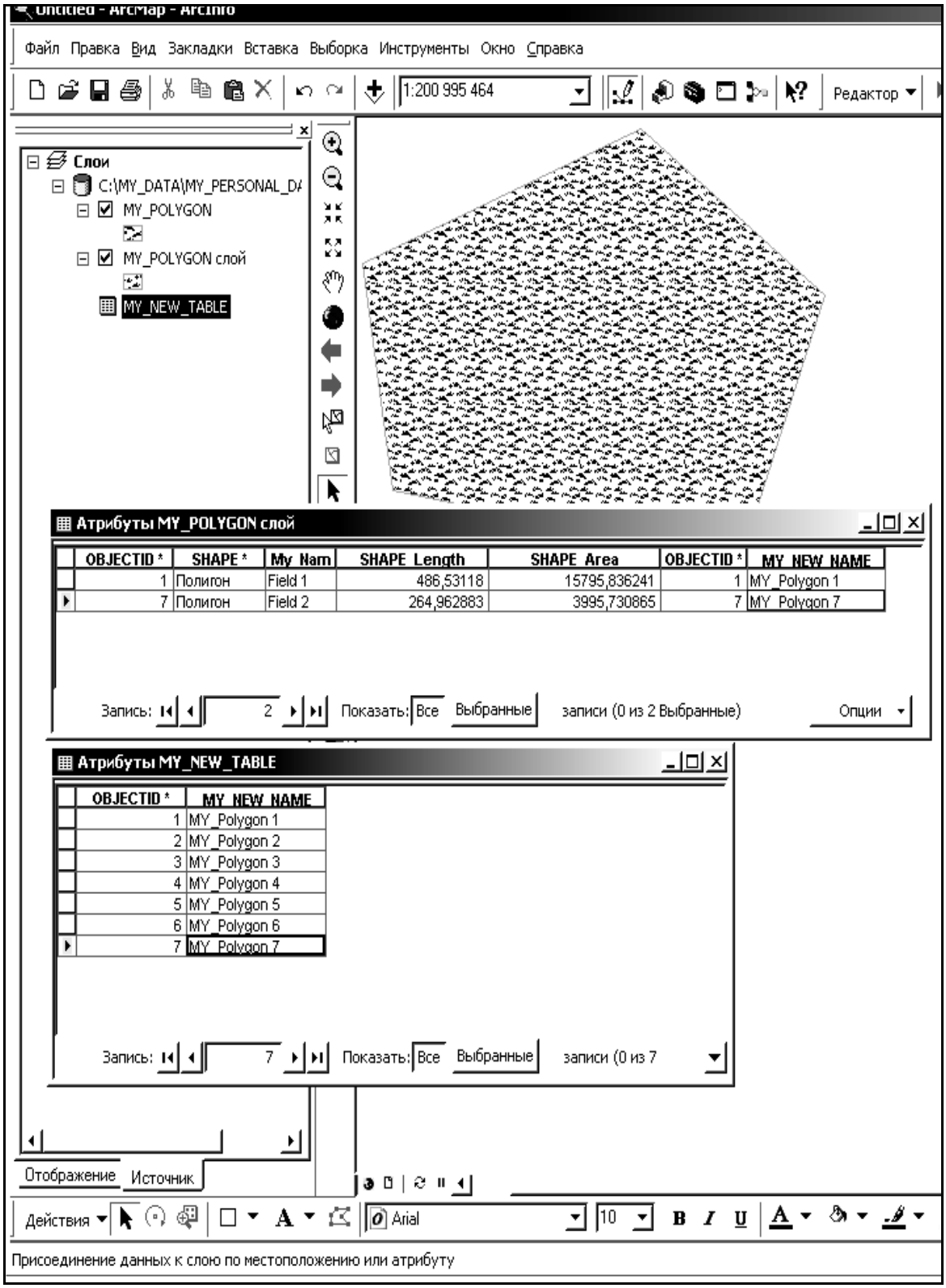


Рис. 8.37. **Результат з’єднання таблиці даних шару і таблиці "MY_NEW_TABLE"**

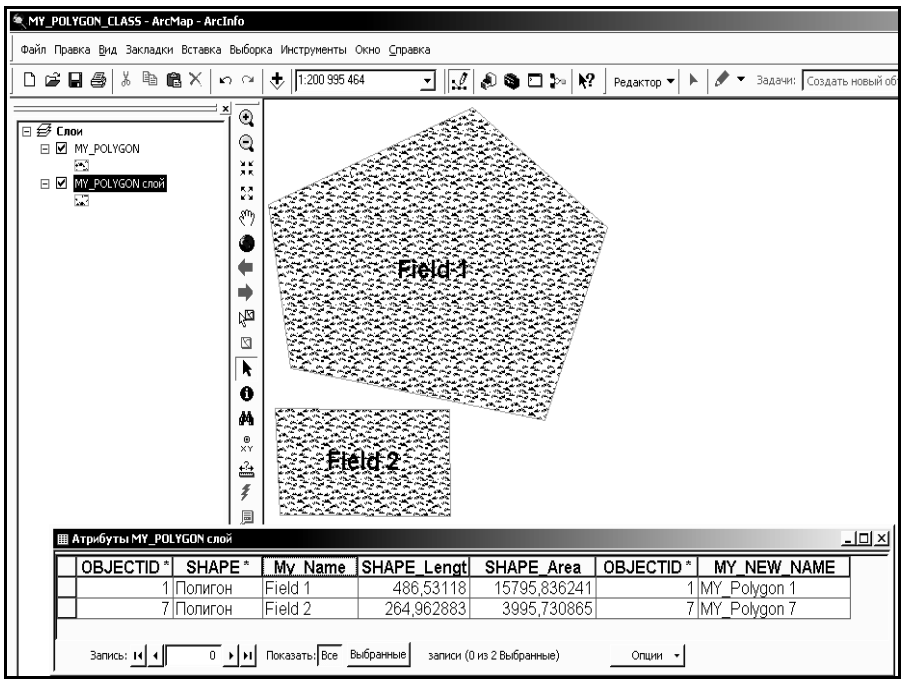


Рис. 8.38. **Результат з’єднання двох таблиць даних**

Відмова від з’єднання таблиць виконається вибором в опціях таблиці "З’єднання і зв’язку", "Видалити з’єднання", ім’я таблиці, з якою необхідно розірвати зв’язок (рис. 8.39).

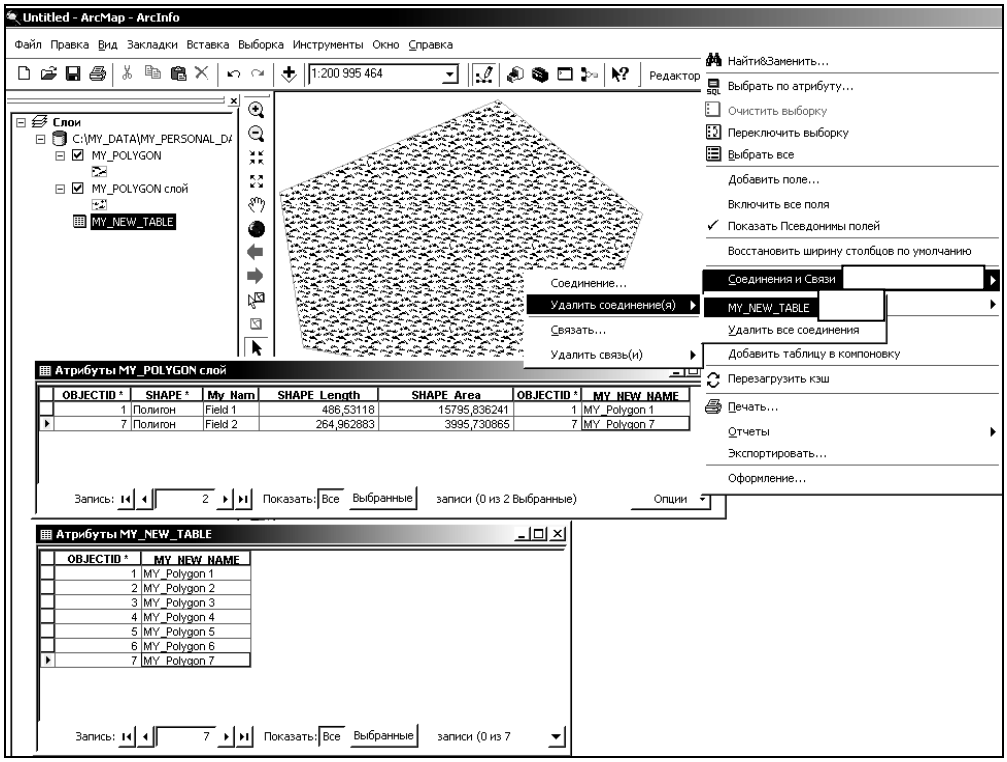


Рис. 8.39. **Відмова від з’єднання таблиць**

У результаті зв’язок таблиць буде відмінений.

Пітання для самоперевірки

1. Розкрити зміст поняття "Редагування геометрії об’єктів" у ArcMap.

2. Розкрити зміст поняття "Редагування таблиці атрибутивних даних" у ArcMap.

3. Чим розрізняється геометрія точкового і полігонального шару?

4. У чому відмінність між редагуванням геометрії об’єктів на карті і таблиці даних?

Резюме за темою

Розробка нових об’єктів збереження в базі геоданих виконується в середовищі ArcCatalog і ArcMap. Розробка основи для зберігання об’єктів виконається в підготовленій в середовищі модуля ArcCatalog БГД. Розробка геометрії об’єктів і вмісту таблиці атрибутів – у середовищі модуля ArcMap.

Словник термінів

Вікно "Створити новий шейп-файл" в ArcCatalog	Служить для вказівки імені файла, типу об’єктів, системи координат
Закладка "Поля" вікна "Властивості шейп-файла" в ArcCatalog	Дозволяє створити структуру таблиці атрибутів шейп-файла
Вікно "Новий клас просторових об’єктів" у ArcCatalog	Дозволяє вказати ім’я і тип об’єктів класу
Вікно "Нова таблиця" у ArcCatalog	Дозволяє створити структуру нової таблиці БГД

Контрольні запитання

1. У чому полягає відмінність між створенням об’єктів у середовищі ArcCatalog і ArcMap?

2. Чому важливо погоджувати системи координат різних шарів карти?

3. Яким чином у середовищі ArcMap можна додавати нові поля в таблицю даних?

4. Яким чином у середовищі ArcMap можна додавати нові рядки з даними в таблицю даних?

Розділ 4. ГІС-проект, етапи розробки

9. Розробка ГІС-проекту

Мета вивчення теми – освоєння етапів розробки ГІС-проекту.

Основні питання:

9.1. Етапи розробки ГІС-проекту.

9.2. Розробка ГІС-проекту інструментами набору "Analysis Tools ArcToolbox"

9.2.1. Моделювання прийняття рішення про вибір місця будівництва аеропорту засобами команд набору "Analysis Tools ArcToolbox" в покроковому режимі.

9.3. Моделювання прийняття рішення про вибір населеного пункту України з найбільшим ступенем ризику затоплення річкою Сіверський Донець інструментами "Analysis Tools ArcToolbox"у середовищі "Model-Builder".

Професійні компетентності: уміння розробляти ГІС-проект інструментами набору "Analysis Tools" ArcToolbox.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп’ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: етапи розробки ГІС-проекту, формулювання завдання аналізу, логічні частини завдання, проектування бази даних проекту, ГІС-аналіз, представлення результатів аналізу.

9.1. Етапи розробки ГІС-проекту

Розробка аналітичного ГІС-проекту включає такі етапи [31 – 33; 35].

Етап 1. Формулювання завдання аналізу і прийняття рішення щодо просторових об’єктів.

1. Формулювання завдання аналізу і прийняття рішення щодо просторових об’єктів. Наводиться проблема, що вимагає рішення, мета розробки проекту, критерії прийняття рішення про вибір місця розташування об’єктів.

2. Обґрунтовування актуальності її рішення засобами ГІС-технологій.

3. Складання списку кінцевих користувачів продукту (аналітики, технічні фахівці, планувальники, офіційні особи, громадськість і так далі).

4. Вибір формату представлення підсумкового продукту: звіт, робочі карти, карти високої якості для перезентації.

5. Формулювання перспективи розвитку і застосування проекту в майбутньому.

Етап 2. Виділення логічних частин завдання і розробка пропозицій щодо об'єднання результатів рішення підзавдань в інтегральне завдання.

1. Розділення завдання на логічні частини (підзавдання).
2. Визначення шарів, які потрібні для вирішення кожного підзавдання.
3. Формулювання стратегії об'єднання результатів рішення підзавдань в інтегральне завдання.

Етап 3. Проектування бази даних проекту.

1. Оцифровка паперових карт.
2. Пошук інтерактивних карт і перетворення їх до одного формату (система координат, вид проекції).
3. Додавання до атрибутивних таблиць даних, необхідних для аналізу.
4. Управління даними полягає в перевірці прострової прив'язки у сусідніх шарах.

Етап 4. ГІС-аналіз.

ГІС-аналіз включає процеси від простої розробки карт до складного просторового моделювання, яке реалізує представлення об'єктів реального світу для аналізу проблеми, імітації процесів, прийняття рішень, прогнозування спостережуваних процесів.

Прострове моделювання має на увазі застосування до просторових даних функцій ГІС однієї з трьох категорій.

1. Функції геометричного моделювання – обчислення відстаней, створення буферів і обчислення площ і периметрів.
2. Функції моделювання збігів – накладення наборів даних для пошуку ділянок із співпадаючими параметрами.
3. Функції моделювання близькості – розміщення, пошук шляху, зміна розподілу на райони.

Моделювання обов'язково завершується перевіркою відповідності рішення усім критеріям. Якщо рішення не задовольняє особу, що приймає рішення, є можливість змінювати методи і параметри моделі, повторюювати аналіз, створюючи альтернативні сценарії і тим самим розробити імітаційну модель пошуку оптимального рішення.

Етап 5. Представлення результатів аналізу.

Це можуть бути: карти, графіки, звіти, таблиці, результати експорту отриманих розрахунків в інші інструменти і так далі.

Далі наведені приклади планування і деякі кроки виконання проектів ГІС-аналізу.

9.2. Розробка ГІС-проекту інструментами набору "Analysis Tools ArcToolbox"

9.2.1. Моделювання прийняття рішення про вибір місця будівництва аеропорту засобами команд набору "Analysis Tools ArcToolbox" в покроковому режимі

Наведений приклад ГІС-моделювання в покроковому режимі виконання команд набору "Analysis Tools ArcToolbox" з використанням шарів даних стандартного набору ArcGIS і шарів, створених користувачем.

Етап 1. Перед адміністрацією міста Харкова виникла проблема будівництва нового аеропорту і, у зв'язку з цим, вибору відповідного місця для будівництва. У районі Дергачів Харківської області знайдено дві ділянки землі, які, за попередньою оцінкою, підходять для будівництва аеропорту. Але площа кожної ділянки становить приблизно 35 км ^{2}, а площа, необхідна для будівництва, складає приблизно 60 км^2.

Відомо, що ділянки примикають одна до одної, а якщо їх приєднати, то загальної площі буде достатньо для будівництва. Але залишаються питання з деякими вимогами до ділянки під будівництво, які неможливо вирішити без застосування ГІС-технологій.

Замовником проекту є адміністрація регіону.

Метою розробки є прийняття рішення про місце будівництва нового аеропорту.

У якості критеріїв для прийняття рішеня про місце будівництва були вибрані такі:

1. Площа, необхідна для будівництва, повинна бути не менше 60 км^2.

2. Аеропорт повинен бути розташований недалеко від Харкова, недалеко від транспортних шляхів сполучення (наприклад, залізниці).

3. Аеропорт не повинен знаходитися поблизу курортної зони.

4. Аеропорт не повинен займати ділянки сільськогосподарських угідь.

5. Аеропорт не повинен зачіпати життєві інтереси населення Дергачів, тому не повинен розташовуватися ближче 1 км від меж міста.

Актуальність рішення завдання обґрунтовується потребою міста Харкова в новому аеропорту і неможливістю її рішення без засобів сучасних інформаційних технологій, зокрема ГІС-технологій.

Кінцевими користувачами електронної карти як кінцевого продукту є: ГІС-аналітики, економісти, будівельники, офіційні особи.

Підсумковий продукт: звіт, робочі карти.

Перспективою розвитку і застосування проекту в майбутньому є віддзеркалення на карті нових об'єктів в указанному регіоні і подальша її експлуатація для прийняття рішень щодо розміщення в цьому районі нових об'єктів.

Етап 2. Логічні частини рішення завдання такі.

1. Зіставлення положення знайдених ділянок відносно: курортної зони, залізничної лінії між Харковом і Дергачами, землі сільськогосподарського призначення.

2. Об'єднання ділянок

3. Зіставлення положення знайдених ділянок і 1 км зони навкруги Дергачів.

4. Оцінка площі ділянки землі, отриманої після відрізання 1 км зоною навкруги Дергачів площі поєднаних ділянок.

Для вирішення завдання використовуються:

1) стандартний набір ArcGIS шейп-файлів країн Європи;

2) шари даних, створені користувачем: точковий шар з курортом мінеральних вод;

3) полігональний шар з досліджуваними ділянками;

4) полігональний шар з ділянкою сільськогосподарського призначення;

5) лінійний шар залізниці.

Причому система координат вказаних шарів співпадає з системою координат шарів стандартного набору ArcGIS країн Європи (GCS_WGS_1984).

Етап 3. Оцифровка паперових карт, як і пошук інтерактивних карт, приведення їх до одного формату, додавання до атрибутивних таблиць даних, необхідних для аналізу, в цьому випадку не знадобиться.

Етап 4. Алгоритм рішення завдання такий.

1. З країн Європи обрати Україну.

2. З Украни обрати населені пункти України.

3. Знайти Харьків, Дергачі і ділянки, знайдені під будівництво.

4. Перевірити знаходження цих ділянок відносно: Харкова, залізниці, курортної зони, ділянок сільськогосподарських угідь.

5. З'єднати знайдені під будівництво ділянки в одну зону.

6. Побудувати буферну зону навкруги Дергачів.

7. Якщо ці зони перетинаються, вирізати із буферної зони Дергачів зону суміщених ділянок.

8. Перевірити площу результуючої ділянки. Якщо вона відповідає критерію необхідної площі, рішення знайдено.

Рішення наведено з використанням інструментів ArcToolbox "Analysis Tools", причому в інтерактивному режимі роботи з інструментами.

На рис. 9.1 наведена операція вибору (інструмент "Вибір" (Select)) держави Україна з країн Європи.

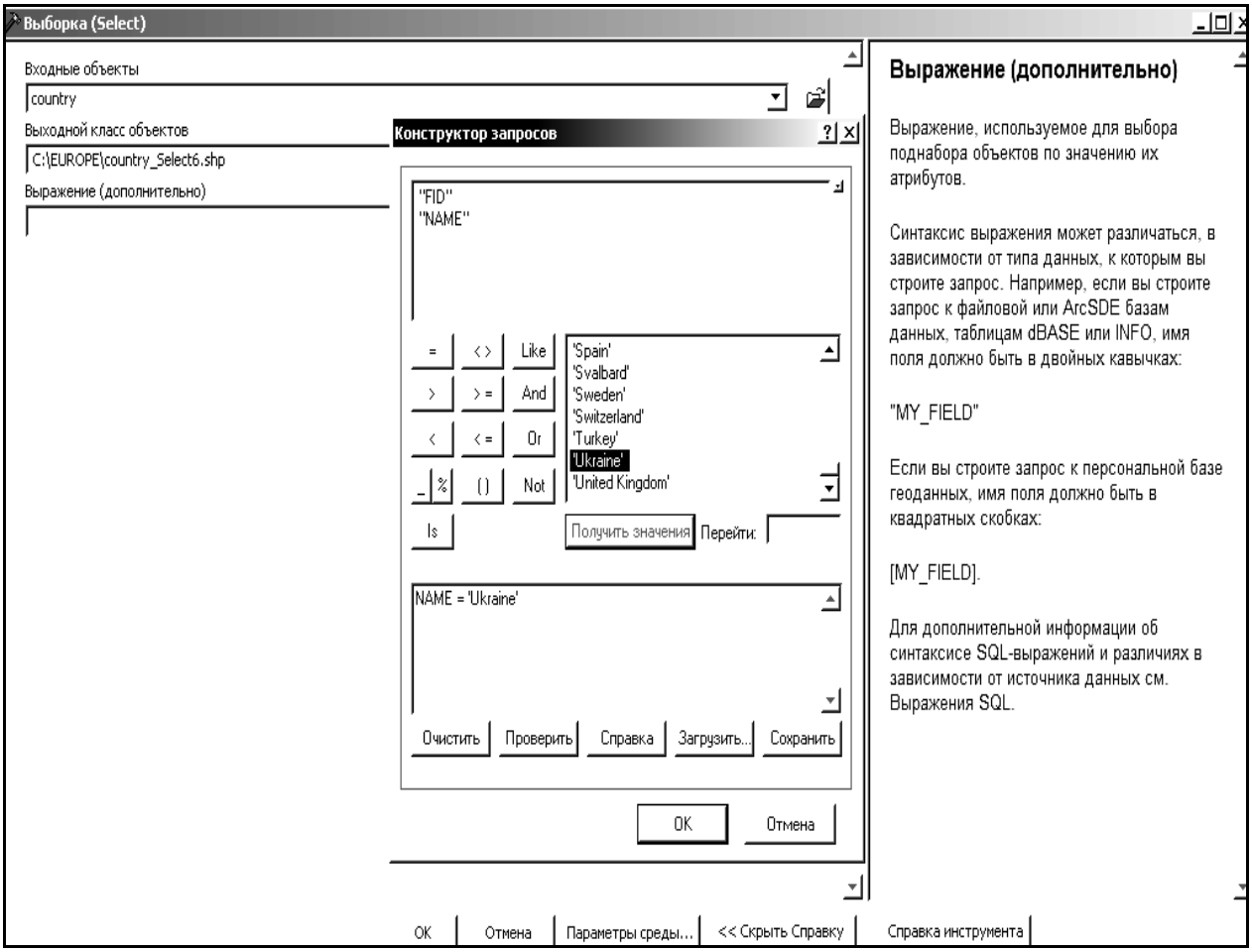


Рис. 9.1. **Вибір держави Україна з множини держав Європи**

На рис. 9.2 наведений результат вибору України і вікно з протоколом роботи команди.

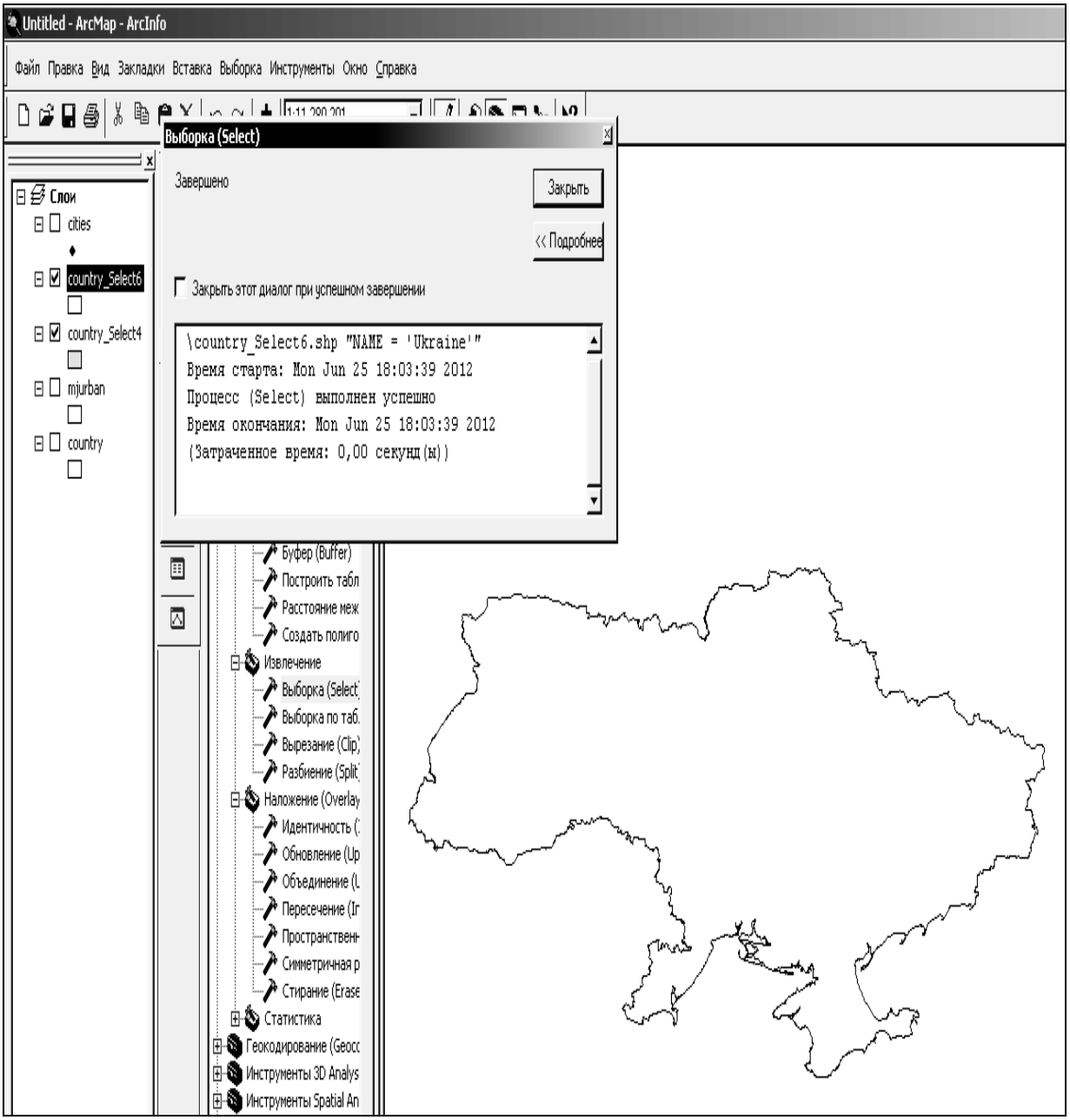


Рис. 9.2. **Результат вибору держави Україна**

На рис. 9.3 наведена операція "Перетин" (Intersect) полігонів України і населених пунктів Європи, яка дозволила відфільтрувати населені пункти України.

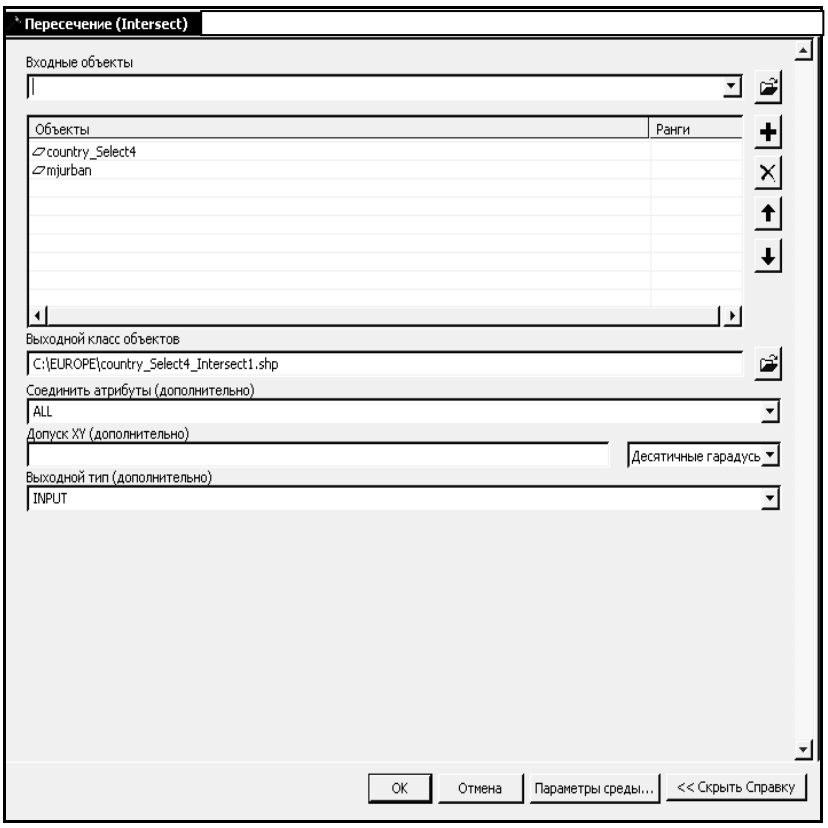


Рис. 9.3. **Операція перетину полігонів**

На рис. 9.4 наведено завершення виконання операції "Intersect".

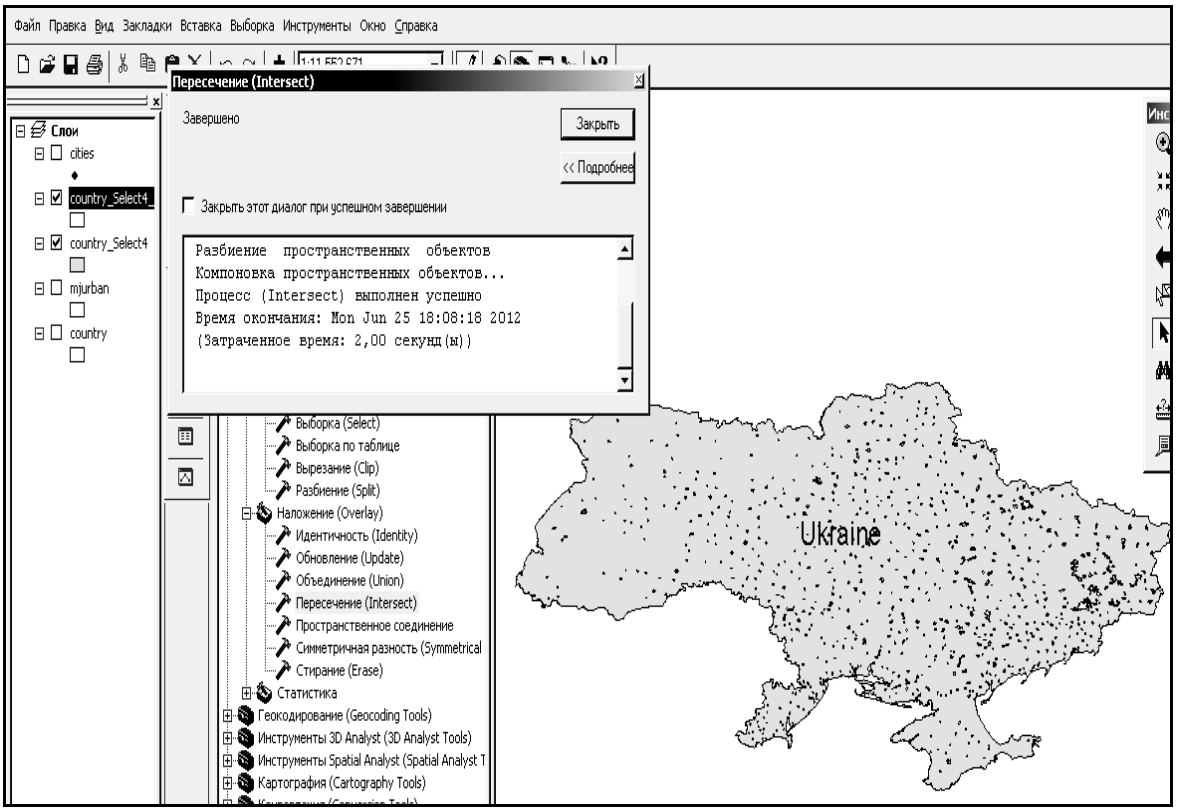


Рис. 9.4. **Завершення виконання операції перетину**

Збільшення зображення (зменшення масштабу карти) дозволяє наблизити об’єкти карти до користувача.

Для нанесення нових об’єктів (курорту мінеральних вод, земельних ділянок сільськогосподарського призначення, залізниці, знайдених ділянок під аеропорт, в таблицю змісту карти додані відповідні шари векторних даних. На рис. 9.5 представлені всі вхідні дані (у вигляді карти) для прийняття рішення про вибір ділянок для будівництва. На рис. 9.6 показана таблиця атрибутів шару ділянок.

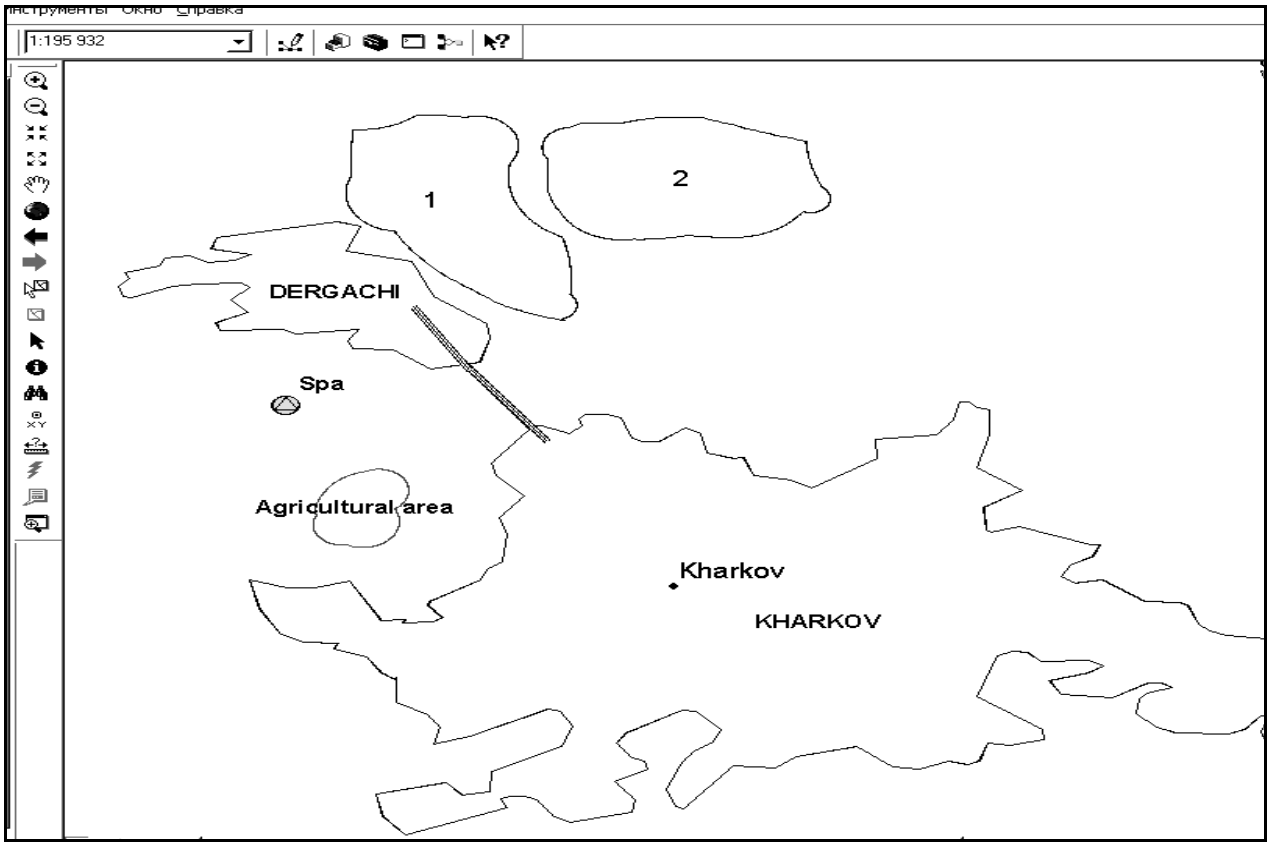


Рис. 9.5. **Вхідні дані для моделювання**

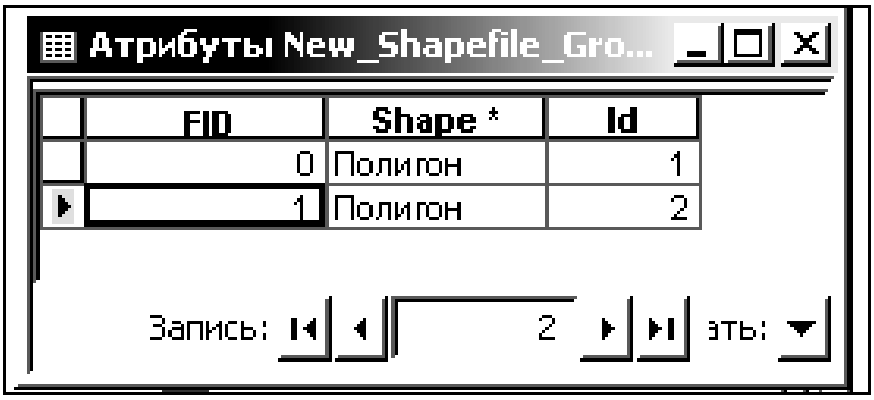


Рис. 9.6. **Таблиця атрибутів шару ділянок**

Очевидно, що курортна зона і ділянки призначення не можуть постраждати від розміщення аеропорту на території ділянок № 1 і 2.

Для об’єднання ділянок виконується операція "Об’єднання" (Union) полігонів (рис. 9.7). Причому, як допуск прийнято значення відстані 1 км. У полі "Допуск" виставлено значення 1, в полі одиниць вимірювання: км.

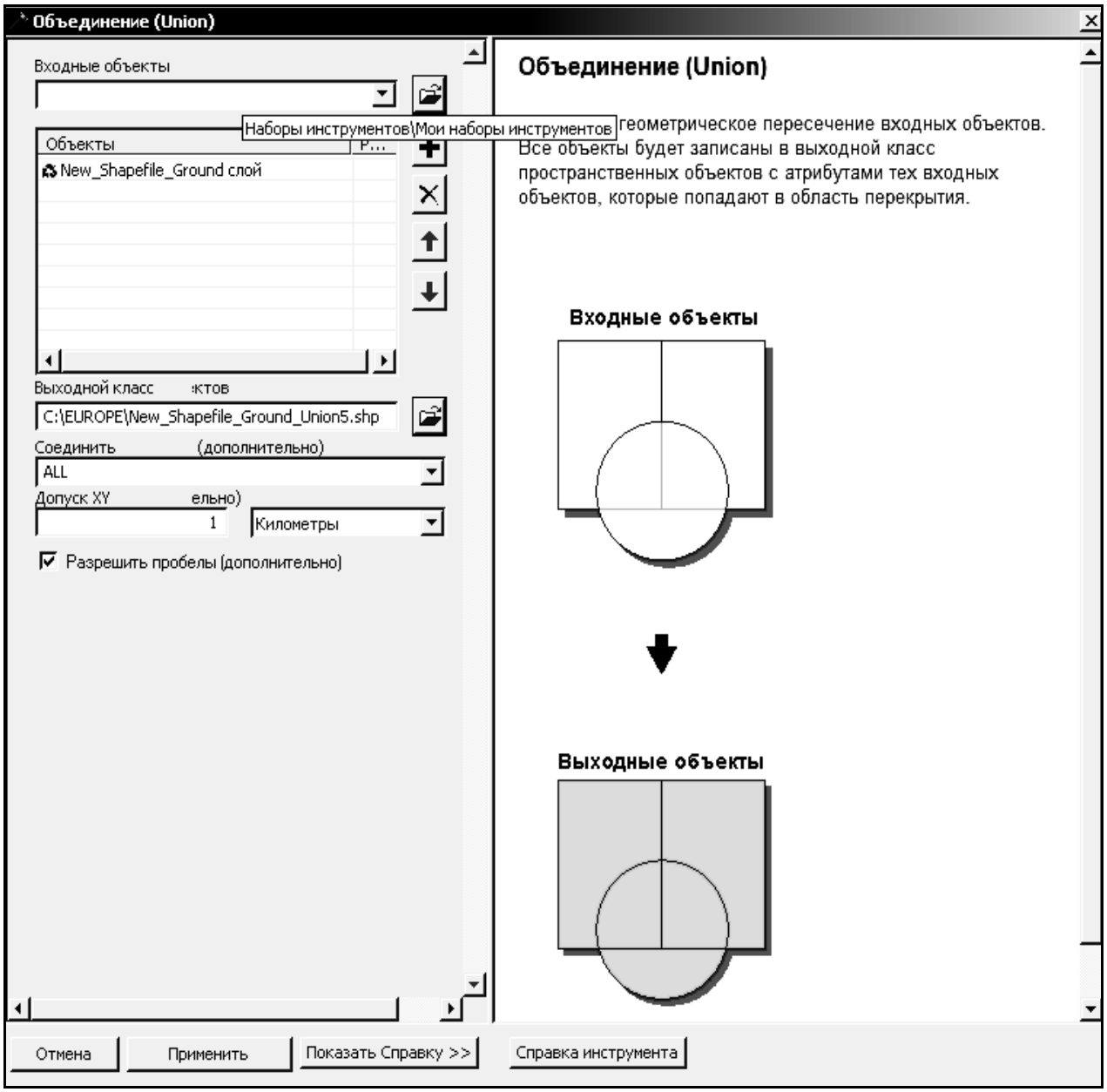


Рис. 9.7. **Вікно команди "Об’єднання" (Union) полігонів**

На рис. 9.8 представлений результат виконання операції "Об’єднання" (Union) полігонів.

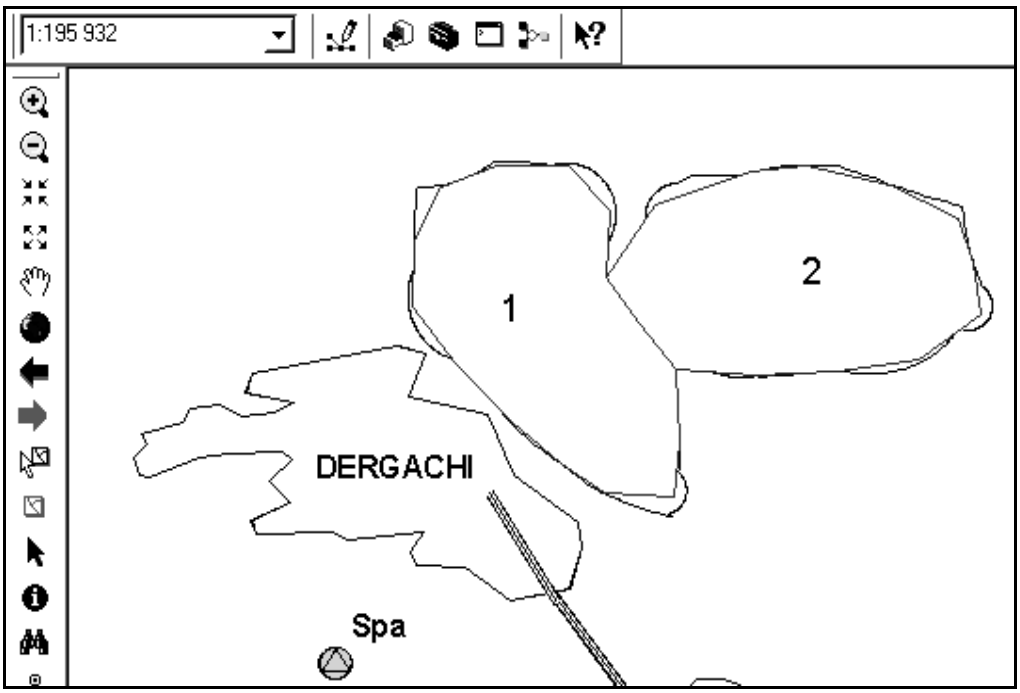


Рис. 9.8. **Результат виконання операції об’єднання двох ділянок**

Буфер для Дергачів створюється командою "Буфер" (Buffer) (рис. 9.9).

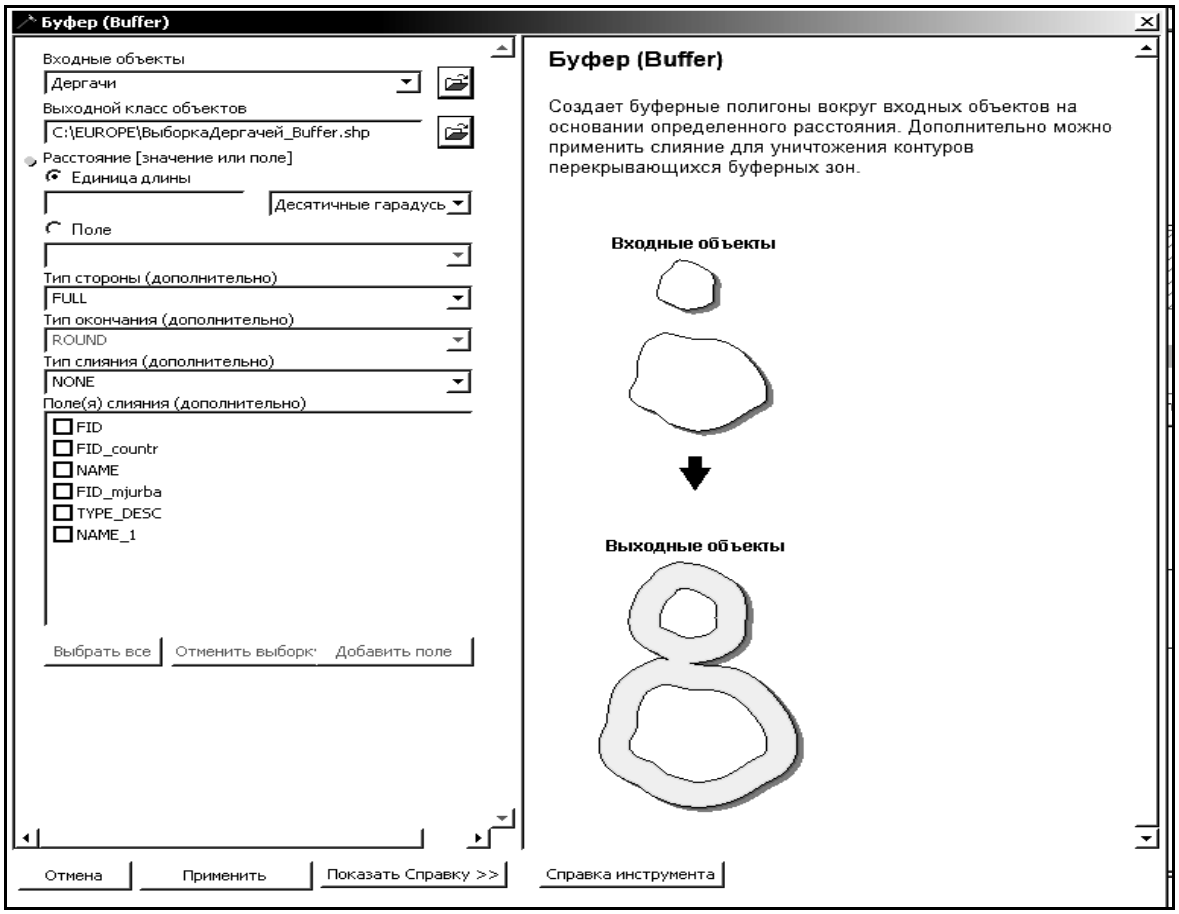


Рис. 9.9. **Вікно команди створення буфера для Дергачів**

На рис. 9.10 показаний результат створення буферної зони для Дергачів.

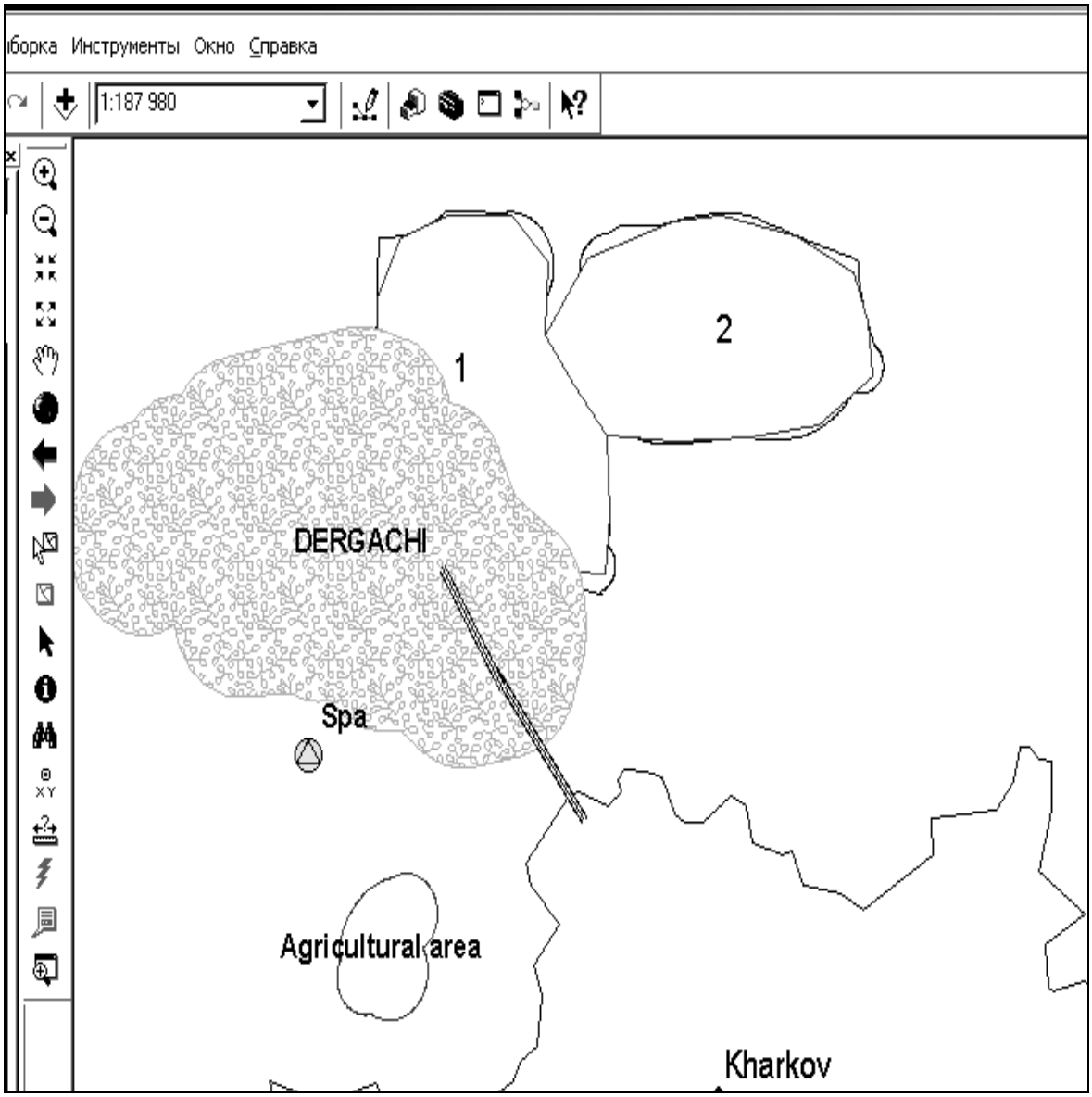


Рис. 9.10. **Результат побудови буферної зони для Дергачів**

Площа буферної зони Дергачів "вирізає" із з’єднаної площі ділянок значну територію.

Необхідно визначити межі зони, що залишилася для аеропорту, і оцінити загальну площу ділянок. Для цього необхідно об’єднати полігон з’єднаних ділянок з полігоном буферної зони Дергачів і видалити з полігону, що вийшов, буфер Дергачів.

Об’єднання полігонів буфера Дергачів і з’єднаних ділянок виконується командою "Об’єднання" (Union) (рис. 9.11).

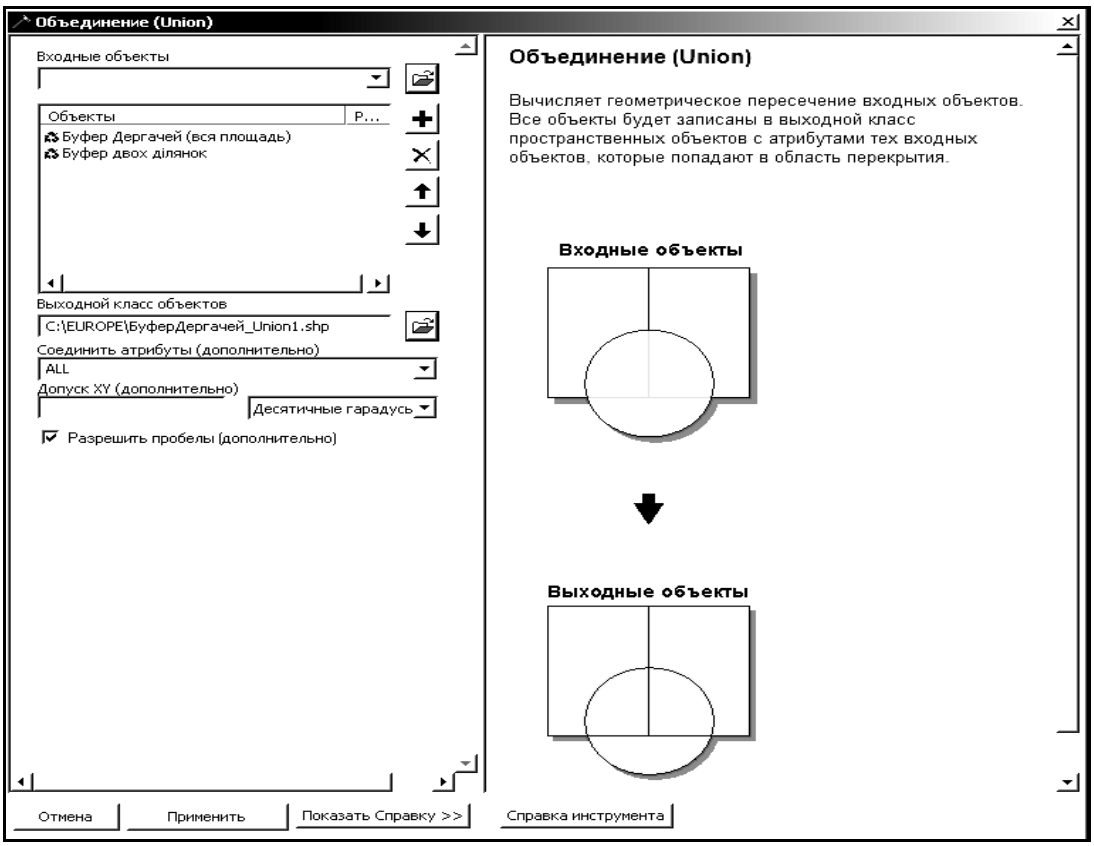


Рис. 9.11. **Вікно команди об’єднання полігонів**

На рис. 9.12 представлений результат об’єднання полігонів.

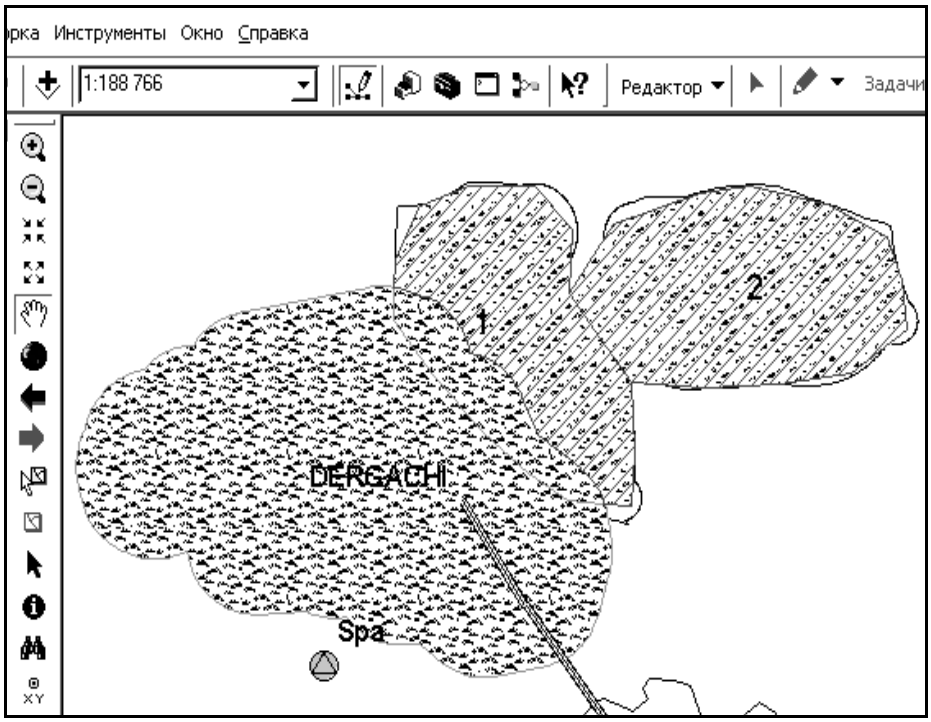


Рис. 9.12. **Результат об’єднання полігонів буфера Дергачів і полігону об’єднаних ділянок**

Далі необхідно з результату останнього об’єднання видалити площу буфера Дергачів.

Для цього використовується команда "Стирання" (Erase) (рис. 9.13).

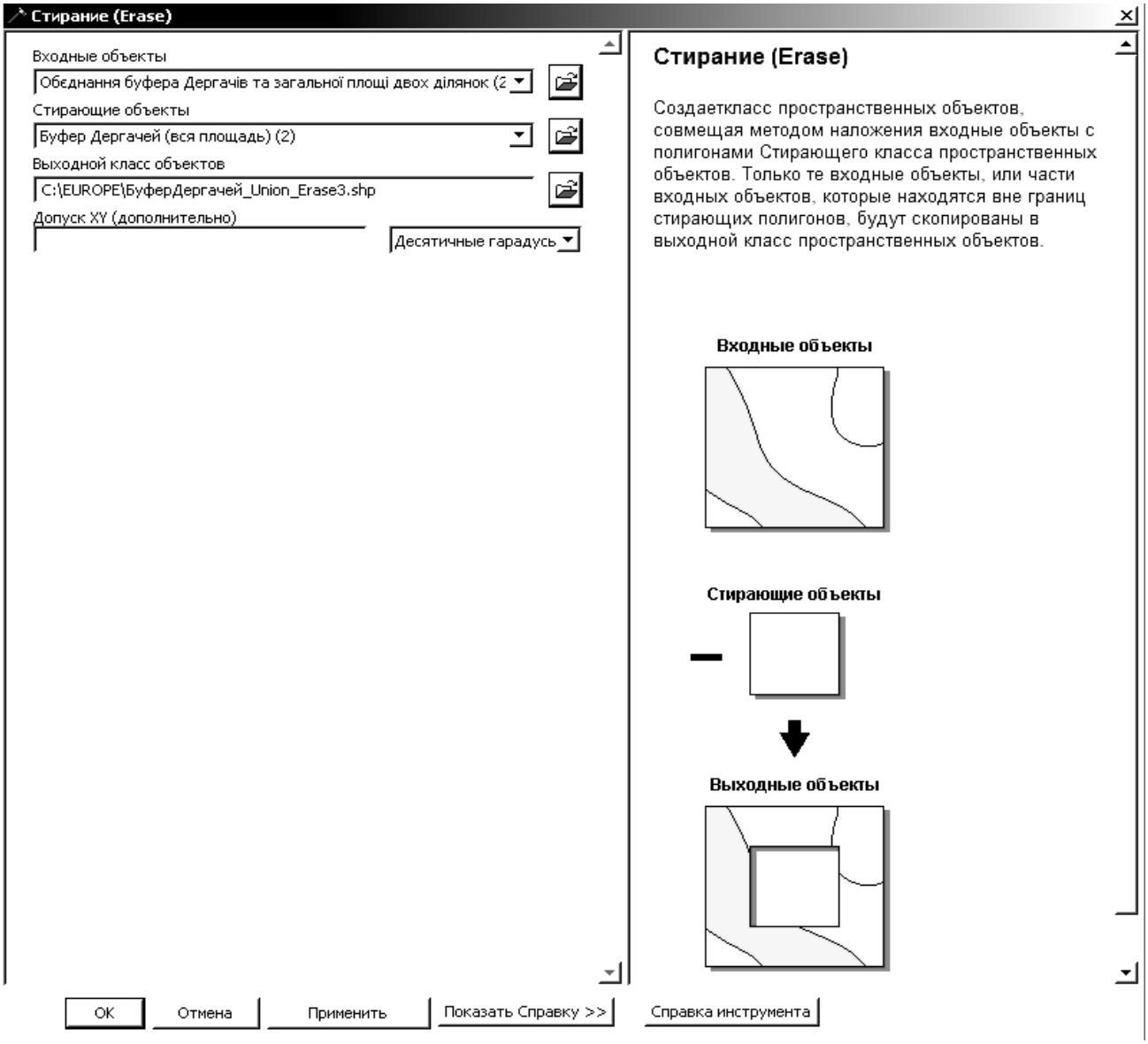


Рис. 9.13. **Вікно команди "Стирання" (Erase)**

На рис. 9.14 наведений результат стирання площею буферної зони Дергачів з’єднаної площі двох ділянок і буфера Дергачів. Результатом є полігон суміщених ділянок без частини буферної зони Дергачів. На рис. 9.15 наведений результат виконання команди "Стирання" (ділянки 1 і 2 без буфера Дергачів).

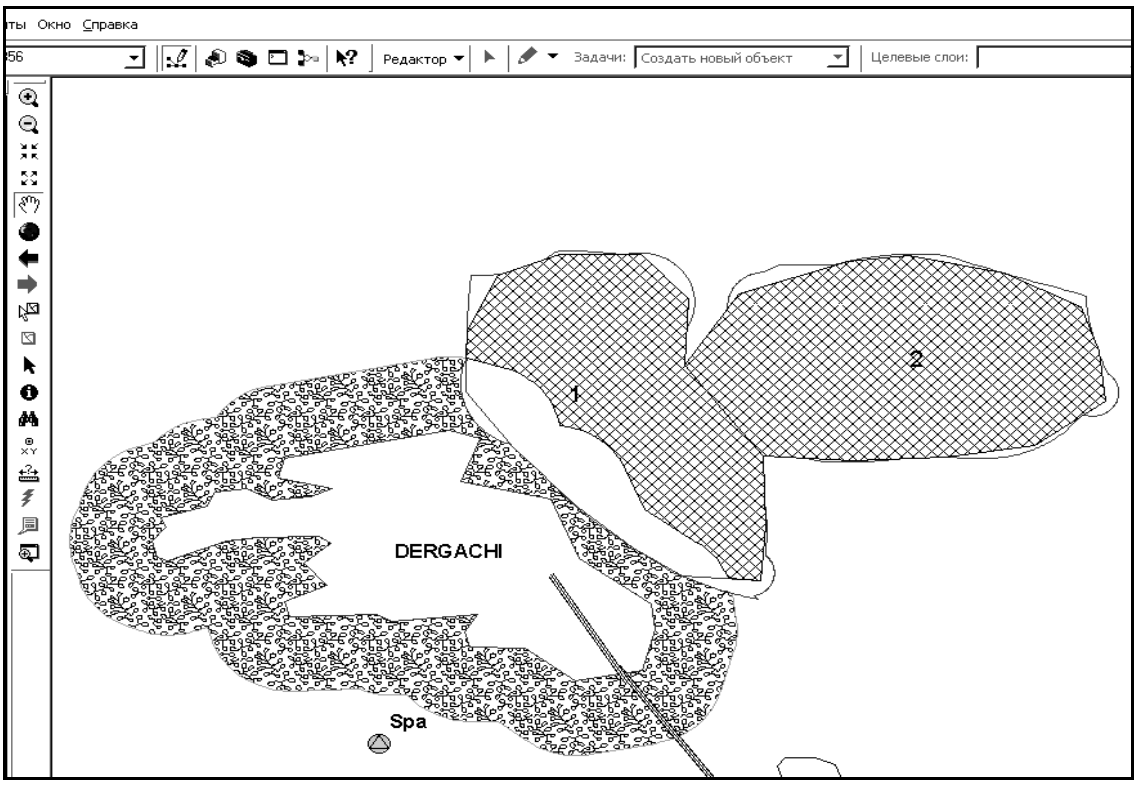


Рис. 9.14. **Результат виконання команди "Стирання" (ділянки 1 і 2 без буфера Дергачів)**

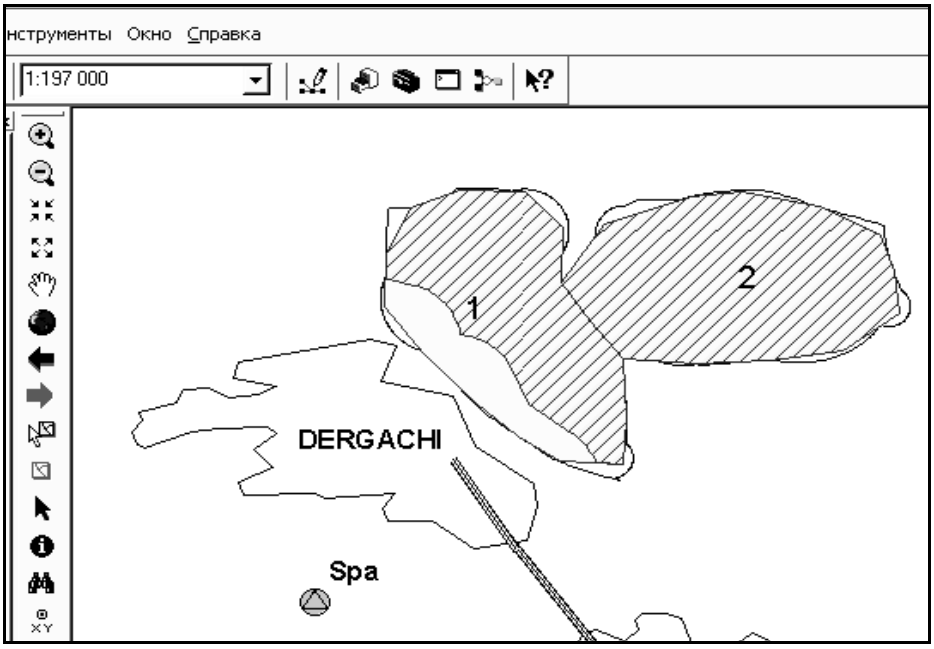


Рис. 9.15. **Результат виконання команди "Стирання" (ділянки 1 і 2 без буфера Дергачів) і Дергачі без буфера**

Наступний крок полягає в обчисленні площі отриманої ділянки. Обчислення виконується командою "Calculate Areas" (рис. 9.16).

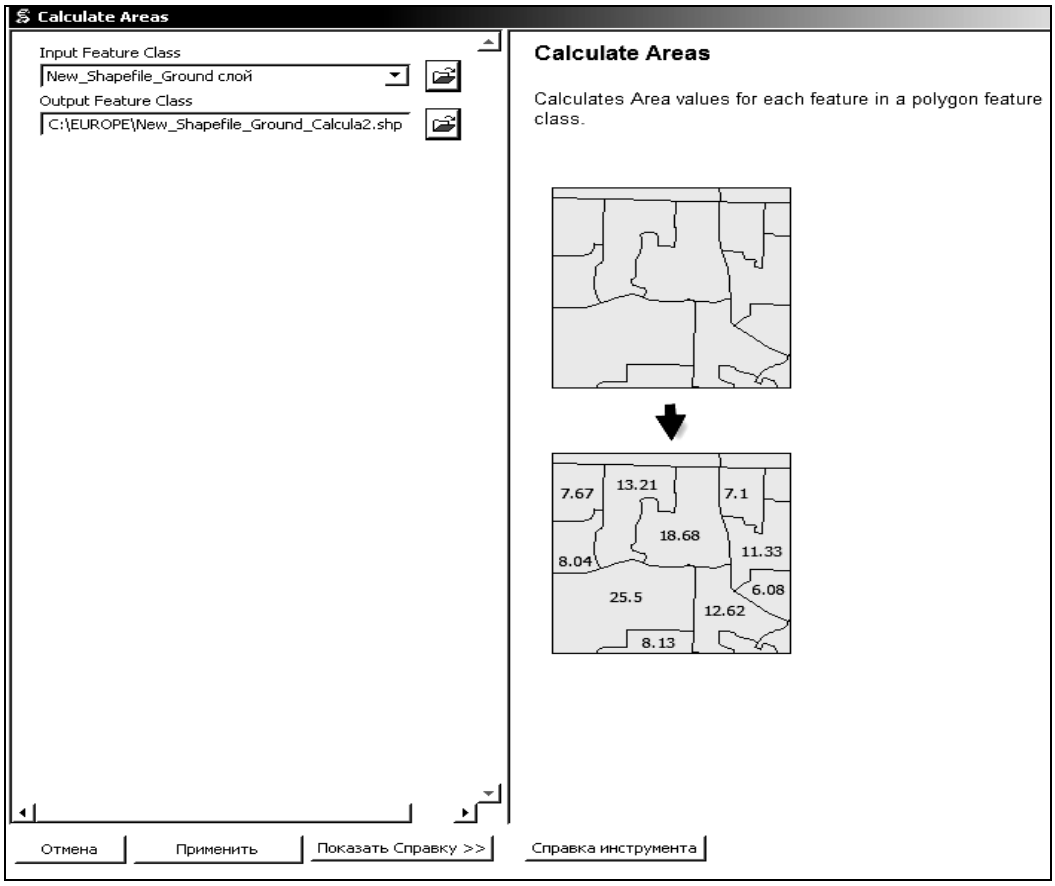


Рис. 9.16. **Вікно команди обчислення площі для суміщених ділянок**

На рис. 9.17 наведена таблиця атрибутів з обчисленими площами двох з'єднаних ділянок.

Атрибуты БуферДергачей_Union_Erase2_Area

	FID	Shape *	FI	FID	N	FID	TY	N	BU	FID	FID	Id	AREA
▶	0	Полигон	-	0		0			0	0	0	1	25
	1	Полигон	-	0		0			0	1	1	2	35

Запись: 1 Показать: Все Выбранные

Рис. 9.17. **Результат обчислені площі отриманих ділянок**

Підсумовування даних у полі "AREA таблиці" атрибутів виконується виділенням поля і вибором в контекстному меню опції "Статистика" (рис. 9.18).

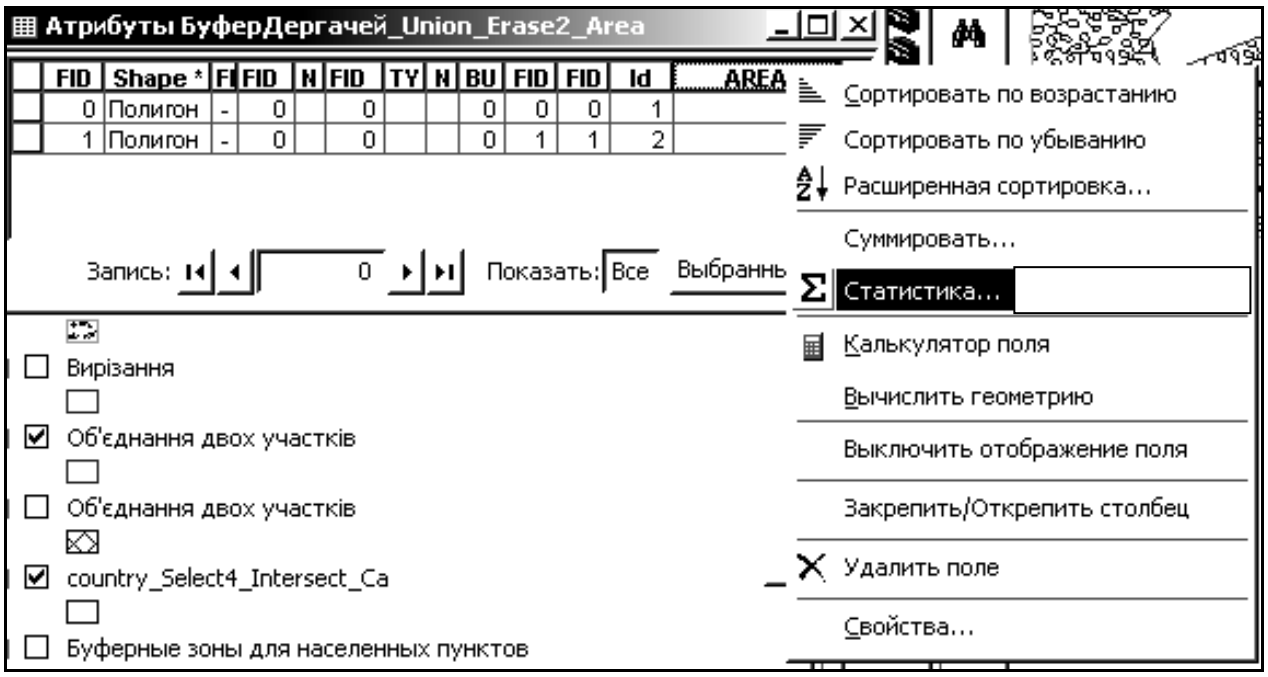


Рис. 9.18. **Вибір опції "Статистика" в полі з обчисленими площами**

На рис. 9.19 показано вікно з результатом обчислення сумарної площі.

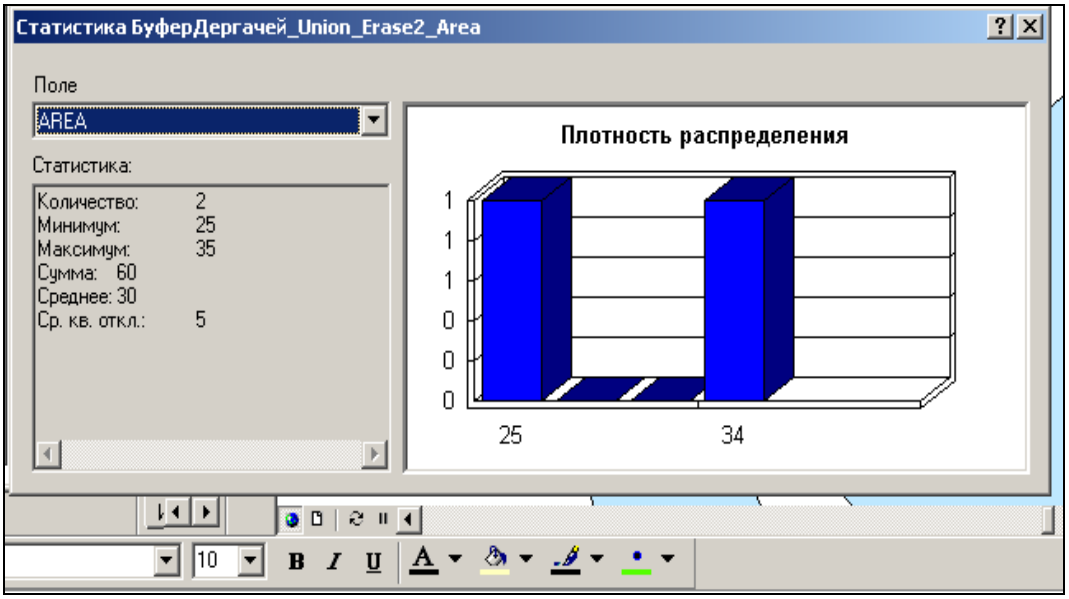


Рис. 9.19. **Результат підрахунку сумарної площі**

Для побудови діаграми необхідно у вікні атрибутивної таблиці натиснути кнопку "Опції" і в контекстному меню обрати пункт "Побудувати діаграму" (рис. 9.20).

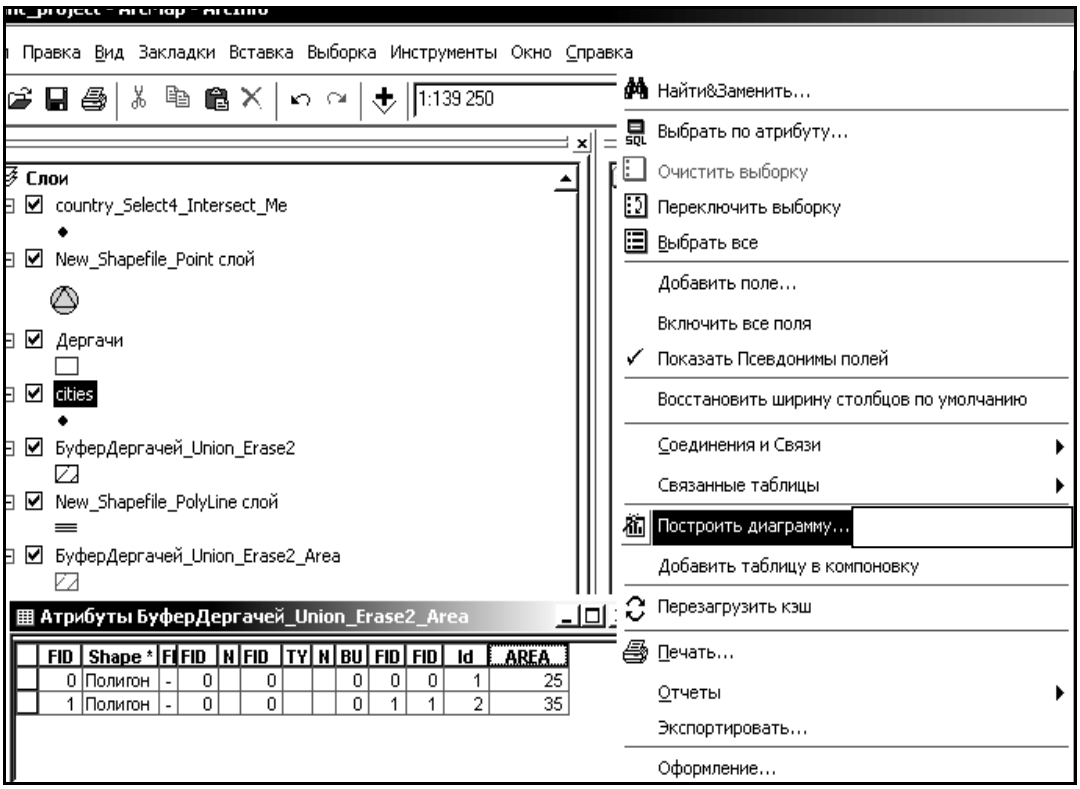


Рис. 9.20. **Вибір опції побудови діаграми**

На рис. 9.21, 9.22 наведені вікна майстра побудови діаграм. На рис. 9.23 наведена діаграма із значеннями площ двох ділянок, які залишилися після "відсовування" їх буферною зоною Дергачів.

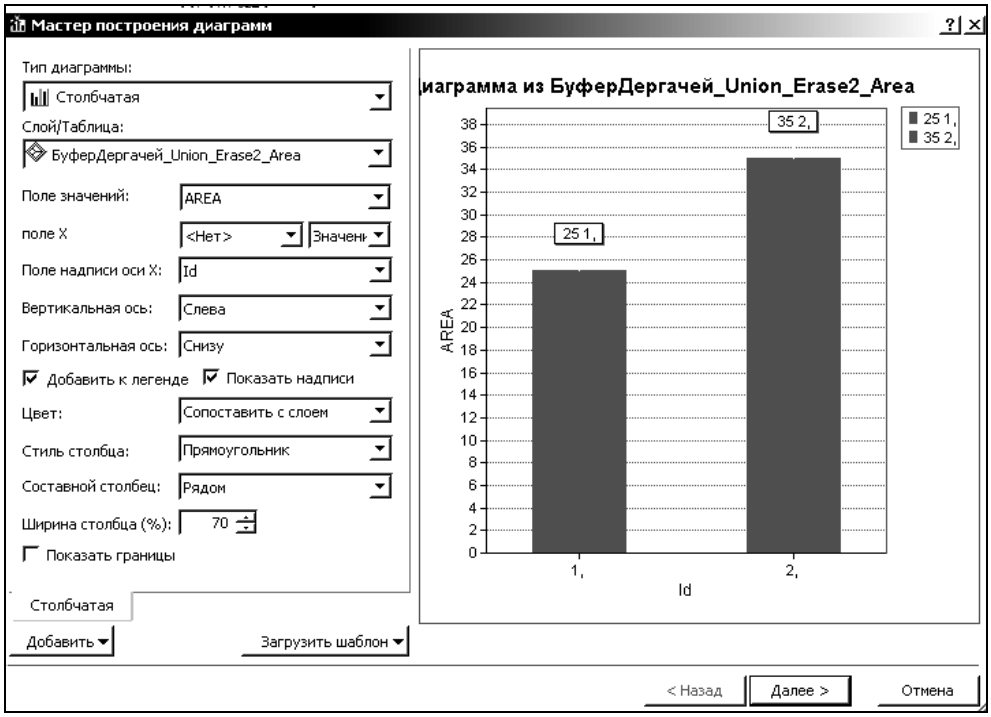


Рис. 9.21. **Перше вікно майстра побудови діаграм**

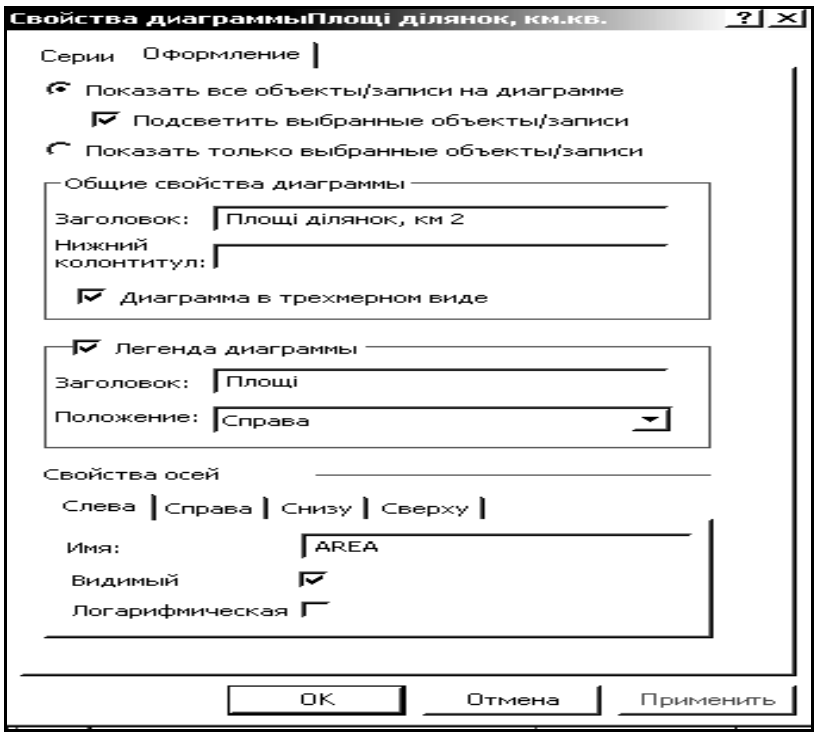


Рис. 9.22. **Друге вікно майстра побудови діаграм**

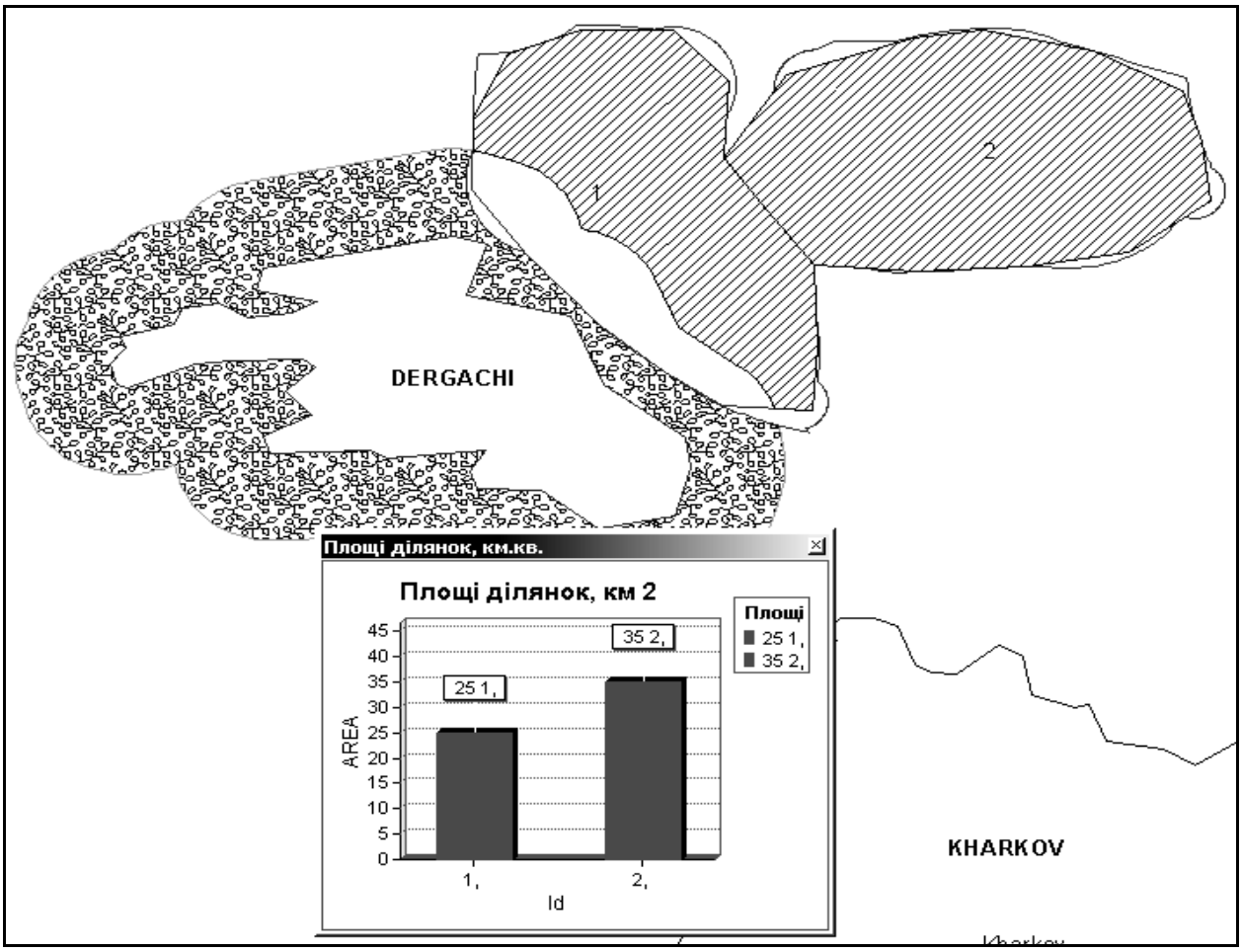


Рис. 9.23. **Діаграма із значеннями площ ділянок під будівництво**

Площа об’єднаних ділянок відповідає вимозі до розмірів площі під будівництво.

Вибрані ділянки відповідають вимогам всіх критеріїв, сформульованих вище. Тому може бути прийняте рішення про розміщення аеропорту на цій території. На ділянці № 1 може бути розміщений будівля аеровокзалу, на ділянці № 2 – злітна смуга.

Для розміщення додаткової інформації про ділянки в середовищі ArcCatalog, в папці даних можна створити нову таблицю dBASE (структуру таблиці). Для цього необхідно обрати у властивостях папки опцію "Новий" і далі – "Таблиця dBASE" (рис. 9.24).

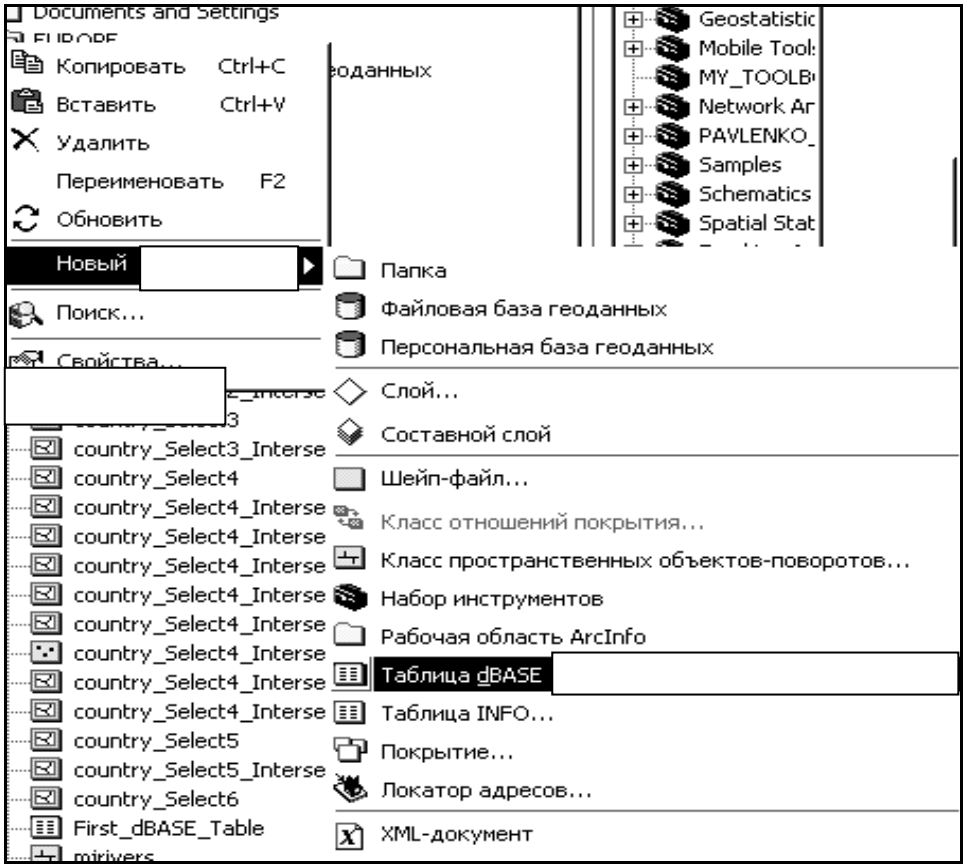


Рис. 9.24. **Звернення до опції створення нової таблиці**

Тут необхідно задати ім’я нової таблиці. Структуру таблиці можна допрацювати в середовищі ArcMap.

Створена в середовищі каталога структура таблиці dBASE повинна бути доданою в таблицю змісту карти подібно додаванню шарів. Наприклад, таблиця "FIRST_dBASE_Table" додана в таблицю змісту карти. В опції "Властивості", закладка "Поля" відображена її структура (рис. 9.25).

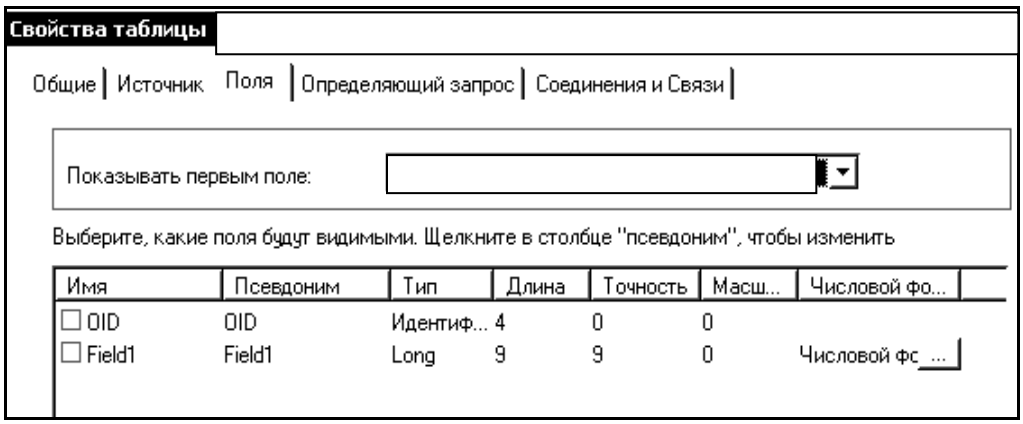


Рис. 9.25. **Сруктура таблиці "FIRST_dBASE_Table"**

Структуру таблиці можна змінити. Для цього необхідно відкрити таблицю з її контекстного меню (рис. 9.26).

Рис. 9.26. **Контекстне меню таблиці**

У вікні таблиці, що відкрилося, необхідно натиснути кнопку "Опції" і обрати з контекстного меню "Додати поле" (рис. 9.27).

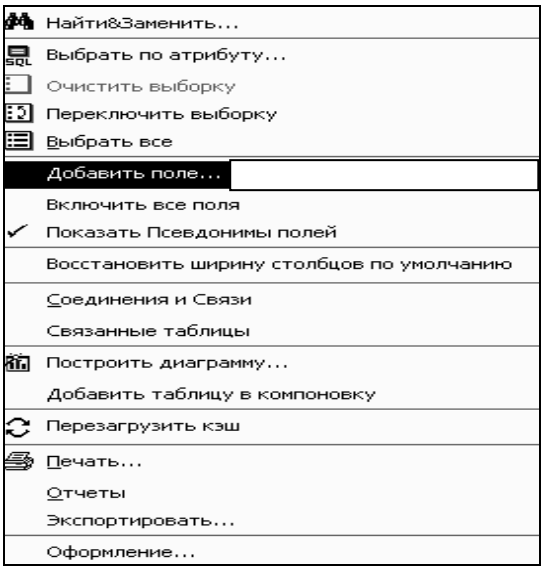


Рис. 9.27. **Перехід до опції додавання полів**

Поля додаються по одному (рис. 9.28, 9.29).

Рис. 9.28. **Додавання числового поля**

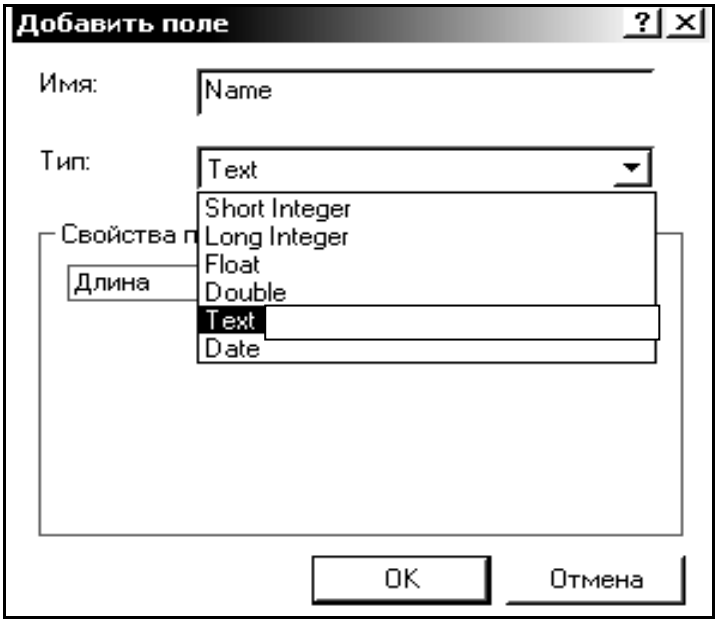


Рис. 9.29. **Додавання текстового поля**

Властивості таблиці дозволяють змінити порядок виводу полів і привласнити полям псевдоніми для відображення їх в якості найменувань полів (рис. 9.30).

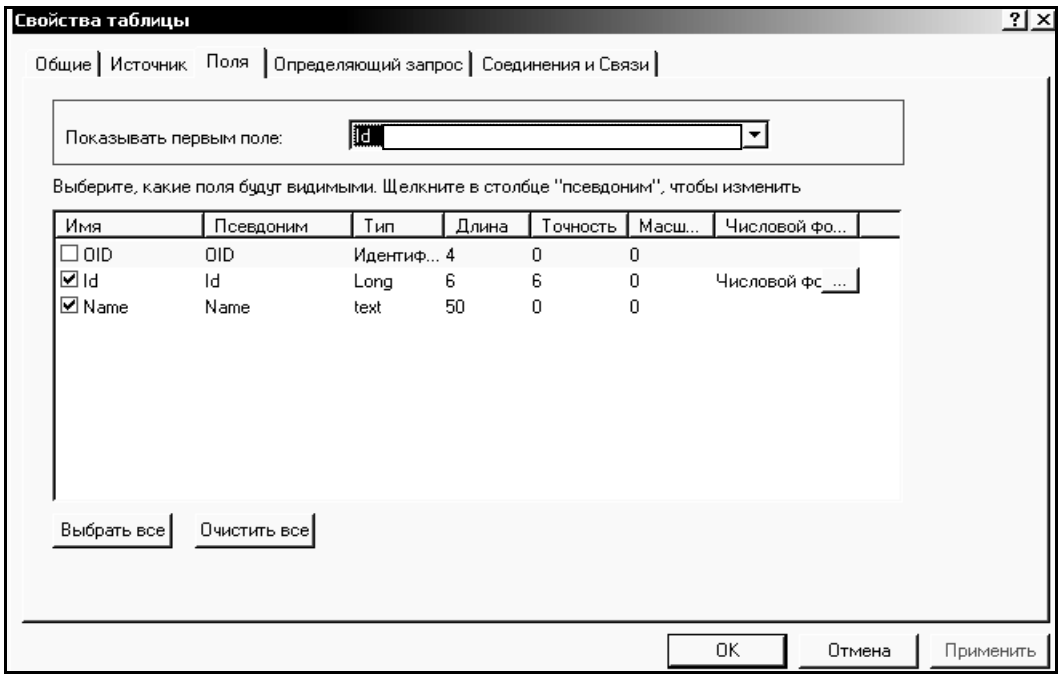


Рис. 9.30. **Структура нової таблиці**

Для видалення поля необхідно виділити поле і в контекстному меню обрати "Видалити" (рис. 9.31).

Рис. 9.31. **Контекстне меню поля**

Додати і отредагувати дані в таблиці можна тільки, звернувшись до редактора (рис. 9.32).

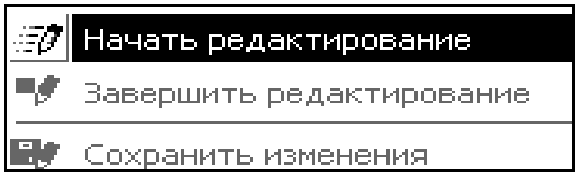


Рис. 9.32. **Перехід до редактора для заповнення таблиці даними**

У процесі редагування кнопка "Опції" таблиці помічена символом скетчу (знака редактора) (рис. 9.33).

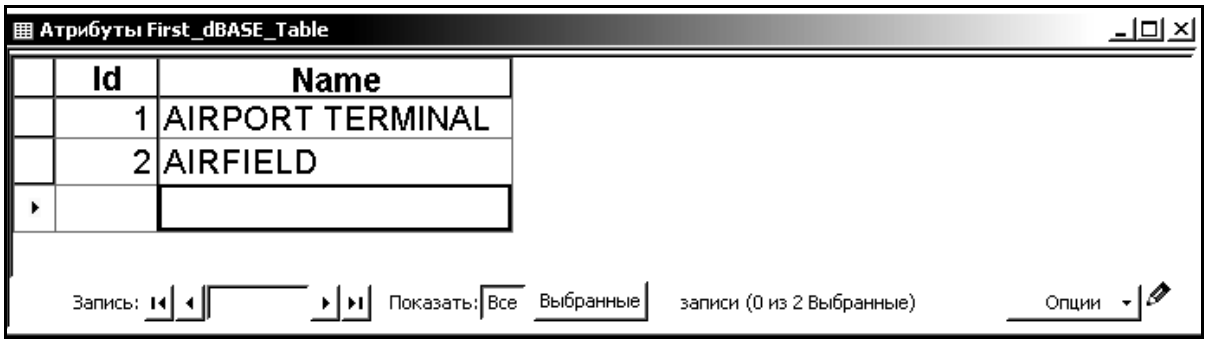


Рис. 9.33.**Таблиця в процесі редагування**

Результати редагування необхідно зберегти і завершити редагування, вибором в меню редактора опцій "Зберегти зміни" і "Завершити редагування".

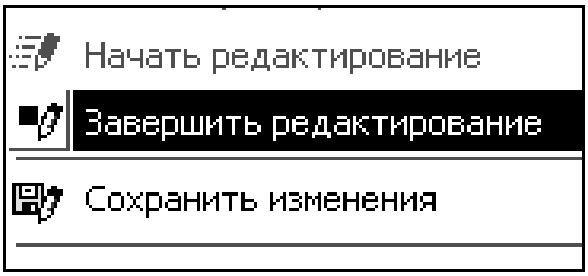


Рис. 9.34. **Завершенння редагування**

На рис. 9.35 наведено результат заповнення таблиці даними.

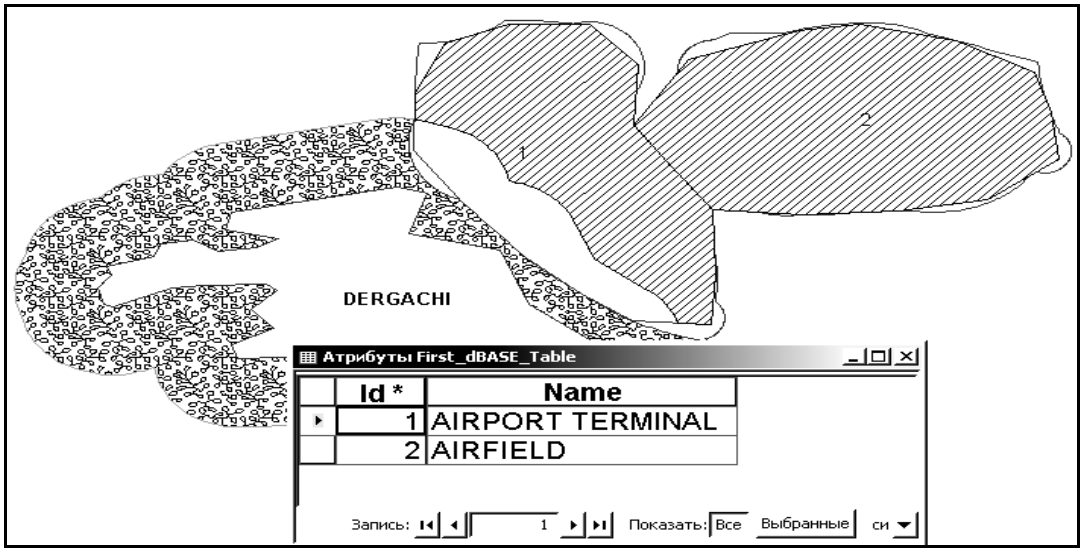


Рис. 9.35. **Результат заповнення таблиці даними**

Для з’єднання таблиць необхідно обрати в таблиці даних карти необхідний шар і з’єднати його атрибутивну таблицю з іншою, вибраною (рис. 9.36, 9.37).

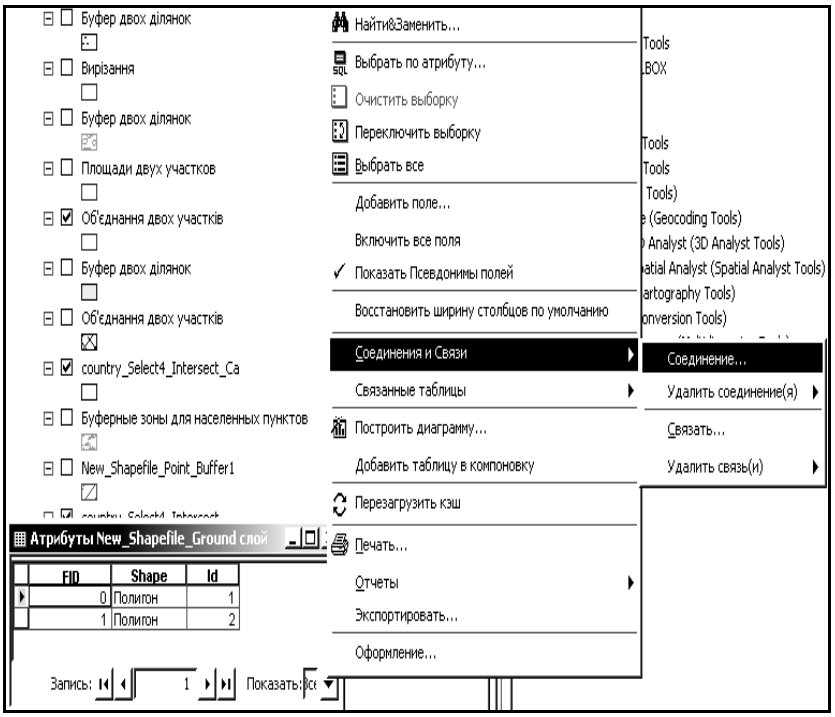


Рис. 9.36. **Перехід до опції з’єднання таблиць**

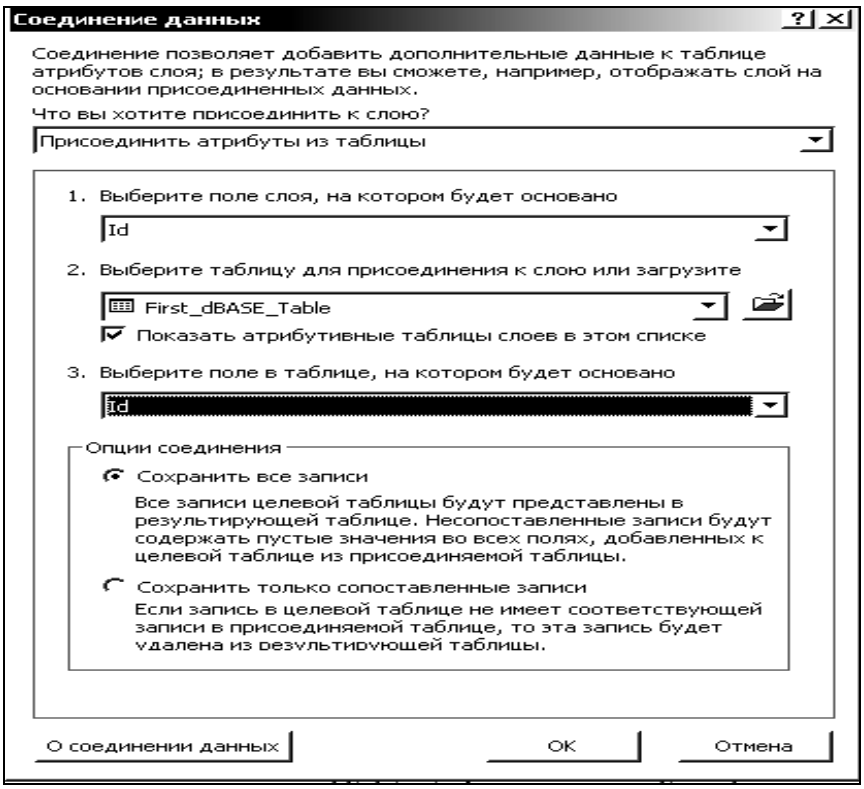


Рис. 9.37. **Вікно опції з’єднання таблиць**

Система пропонує створити індекс за полем з’єднання (рис. 9.38).

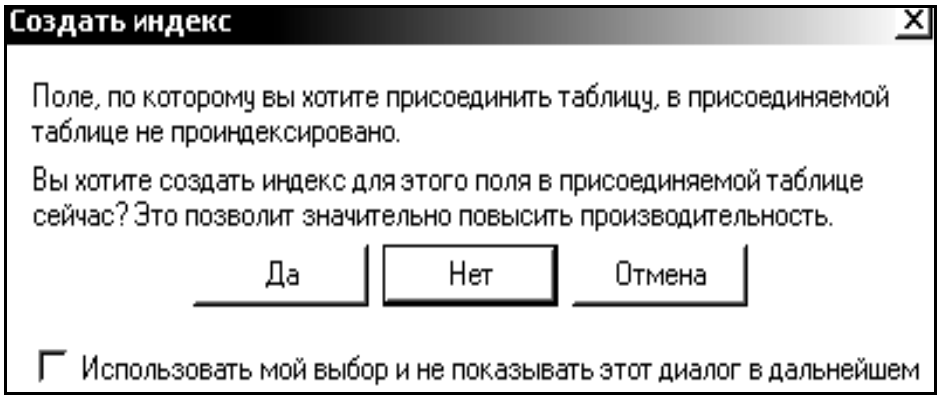


Рис. 9.38. **Пропозиція створити індекс**

На рис. 9.39 представлено дві таблиці, які підлягають з’єднанню і результат їх з’єднання.

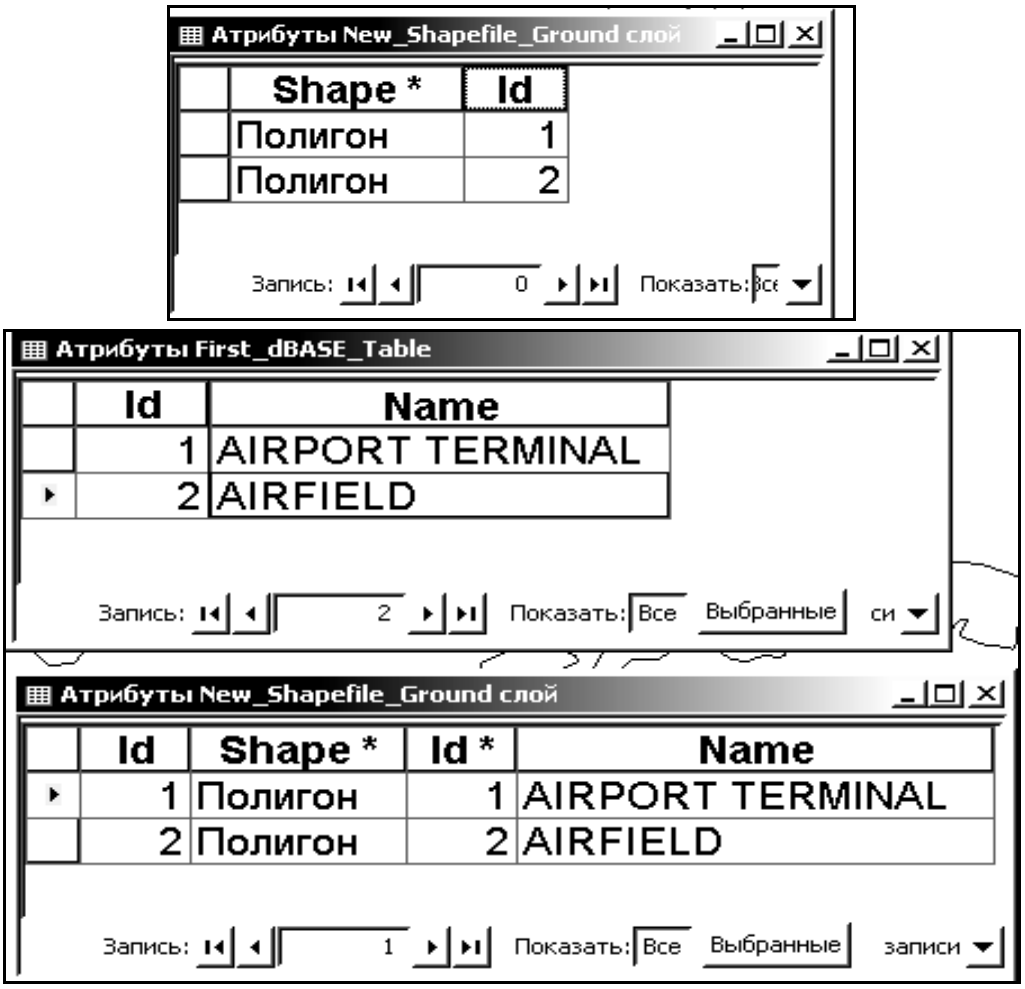


Рис. 9.39. **Таблиці, що підлягають з’єднанню і результат їх з’єднання за загальним полем (Id)**

Для відміни з’єднання необхідно обрати кнопку "Опції" таблиці і обрати "З’єднання і зв’язки", "Відмінити з’єднання", вибрати, яке із з’єднань необхідно відмінити (рис. 9.40).

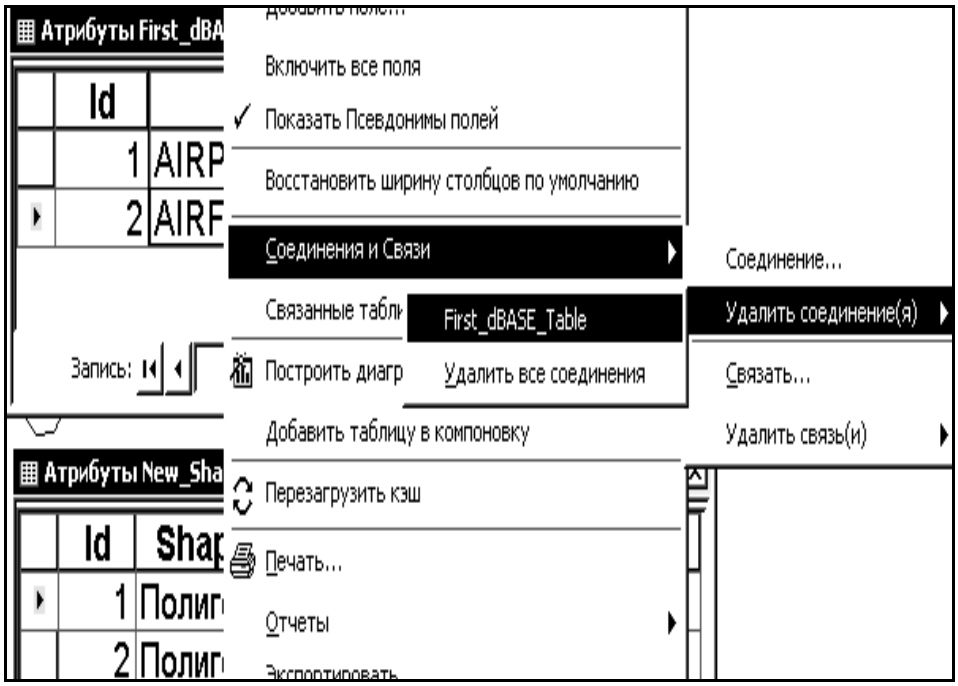


Рис. 9.40. **Відміна з’єднання таблиць**

У результаті таблиці роз’єднуються і стають автономними.

Етап 5. Результати аналізу складають: карта, результати розрахунків, графіки.

9.2.2. Моделювання прийняття рішення про вибір населеного пункту України з найбільшим ступенем ризику затоплення річкою Сіверський Донець інструментами "Analysis Tools ArcToolbox" в середовищі "ModelBuilder"

Наведено приклад ГІС-моделювання в середовищі ModelBuilder ArcGIS з використанням шарів даних стандартного набору ArcGIS.

Етап 1. У період весняної повені території деяких населених пунктів, що розташовані в заплаві річки Сіверський Донець (південний сегмент), знаходяться в зоні затоплення. Ширина розливу річки в середньому складає 1 км. З метою попередження небажаних наслідків для населення, підприємств промислового і сільськогосподарського профілю

діяльності цих населених пунктів необхідно оцінити площі можливого затоплення їх, виявивши ті, для яких ця загроза найбільш очевидна.

Замовником проекту є адміністрація регіону.

Мета розробки – прийняття рішення про вибір населеного пункту України, який в період весняної повені понад усе схильний до ризику затоплення річкою Сіверський Донець. Підставою для прийняття рішення є площі можливого затоплення південним сегментом річки Сіверський Донець населених пунктів України і ранжування їх за цим значенням.

Критеріями прийняття рішення є такі:

1) площі можливого затоплення населених пунктів;

2) середня ширина розливу річки складає 1 км.

Актуальність рішення завдання обґрунтовується необхідністю розробки заходів щодо попередженню небажаних наслідків від розливу річки для населених пунктів і неможливістю його рішення без засобів сучасних інформаційних технологій, зокрема ГІС-технологій.

Кінцеві користувачі: ГІС-аналітики, співробітники рятувальних служб, екологи.

Підсумковий продукт: робочі карти, результат ранжування населених пунктів.

Перспективою розвитку і застосування проекту в майбутньому є відзеркалення на карті вказаного регіону і подальша її експлуатація для прийняття рішень щодо розміщення нових об’єктів, сприяючих попередженню небажаних наслідків. Результати можна використовувати для вирішення подібних завдань для інших річок і населених пунктів України.

Етап 2. Логічні частини рішення завдання такі:

1) зіставленя знаходження населених пунктів України з південним сегментом річки Сіверський Донець;

2) пошук площ можливого затоплення південним сегментом річки Сіверський Донець населених пунктів;

3) ранжування населених пунктів за отриманими значеннями площ.

Для вирішення завдання використовуються шари стандартного набору ArcGIS – шари векторних даних:

1) держави Європи (country) – полігональні об’єкти;
2) річки Європи (mjrivers) – полілінійні об’єкти;
3) населені пункти Європи (mjurban) – полігональні об’єкти.

Об’єднання цих шарів на одній карті та тих, які виходять в результаті обробки даних, не представляє проблеми, оскільки всі шари мають однакову систему коородинат (географічну систему коородинат (GCS_WGS_1984).

Етап 3. Оцифровка паперових карт, як і пошук інтерактивних карт, перетворення їх до одного формату, додавання до атрибутивних таблиць даних, необхідних для аналізу, в даному випадку не знадобиться. Необхідно визначитися з місцем зберігання папки проекту і в середовищі ArcCatalog підключитися до неї. Створити папку з початковими даними для проектування. Для зберігання нових шарів, які створюються в процесі аналізу, необхідно створити окрему папку. Далі необхідно перейти в середовище ArcMap, вибравши опцію створення нової карти.

Якщо ArcCatalog не закривався можна перетягнути з нього необхідні шари в таблицю змісту карти або додати їх, скориставшися опцією додавання шару, якщо каталог був закритий. Додавши дані, можна визначитися з форматом їх відображення.

Необхідно підготувати персональний набір інструментів для зберігання власних моделей аналізу в ArcToolbox.

Етап 4. Моделювання виконується в середовищі ModelBuilder з використанням інструментів "Analysis ArcToolbox".

Алгоритм рішення завдання такий:

1) вибір річки Северській Донець з річок Європи;

2) розробка буферної зони річки шириною 1 км;

3) вибір держави Україна з країн Європи;

4) вибір населених пунктів України з населених пунктів Європи;

5) пошук зон перетину населених пунктів України з буферною зоною річки;

6) обчислення площ перетину цих зон;

7) ранжування населених пунктів за значенням отриманих площ;

8) можлива зміна значення ширини зони розливу річки та повторне моделювання, яке може продовжуватися доти, доки результати не будуть задовольняти замовника проекту;

9) видача рекомендацій замовникам проекту.

Похідними географічними даними є: буферна зона річки, держава Україна, населені пункти України, полігони перетину буферної зони річки

з полігонами населених пунктів України, результат обчислення площ перетину полігонами населених пунктів України буферної зони річки.

Вивід на екран результатів виконання кожного з процесів можливий установкою в контекстному меню процесу похідних даних галочки у пункті "Додати до карти" (рис. 9.41). Зазвичай це рекомендується виконати тільки для останнього елемента моделі. Проміжні висновки доречні тільки при відладці моделі.

Далі наведені: модель отримання результату (рис. 9.42), короткий опис роботи з інструментами і результати роботи моделі.

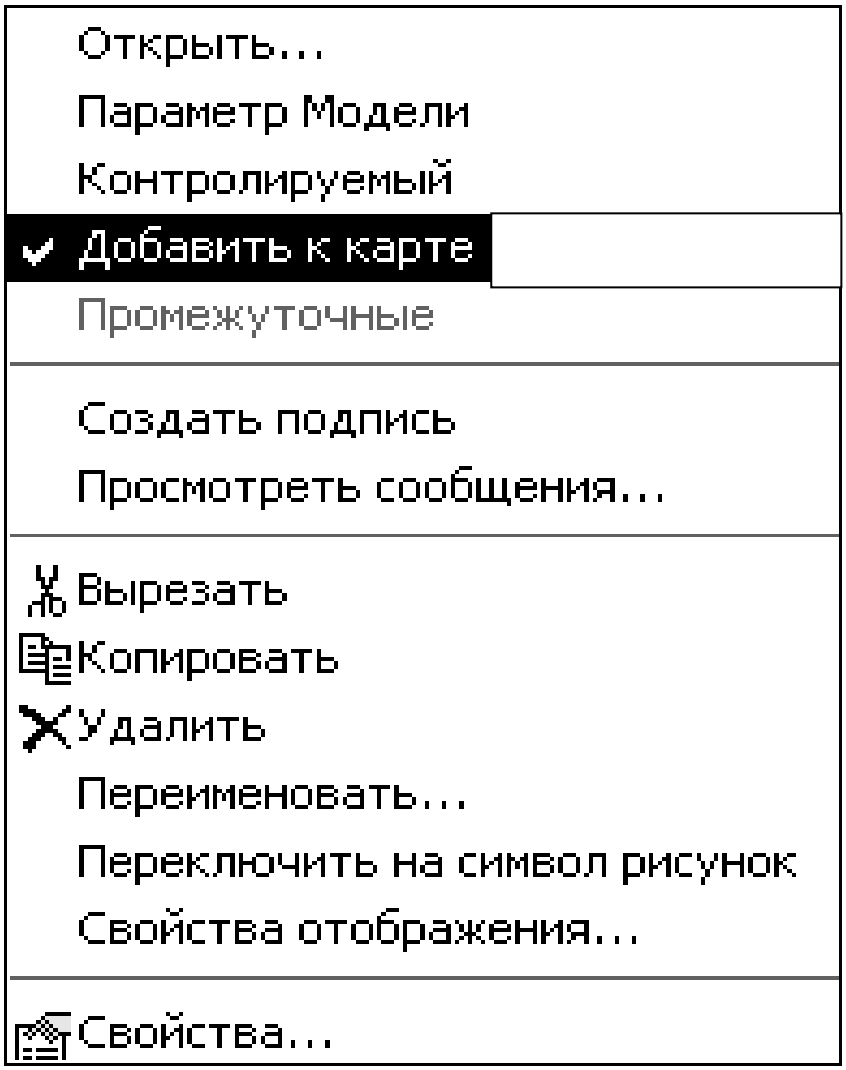


Рис. 9.41. **Звернення в процесі до інструмента додавання нового шару (з похідними географічними даними) до карти**

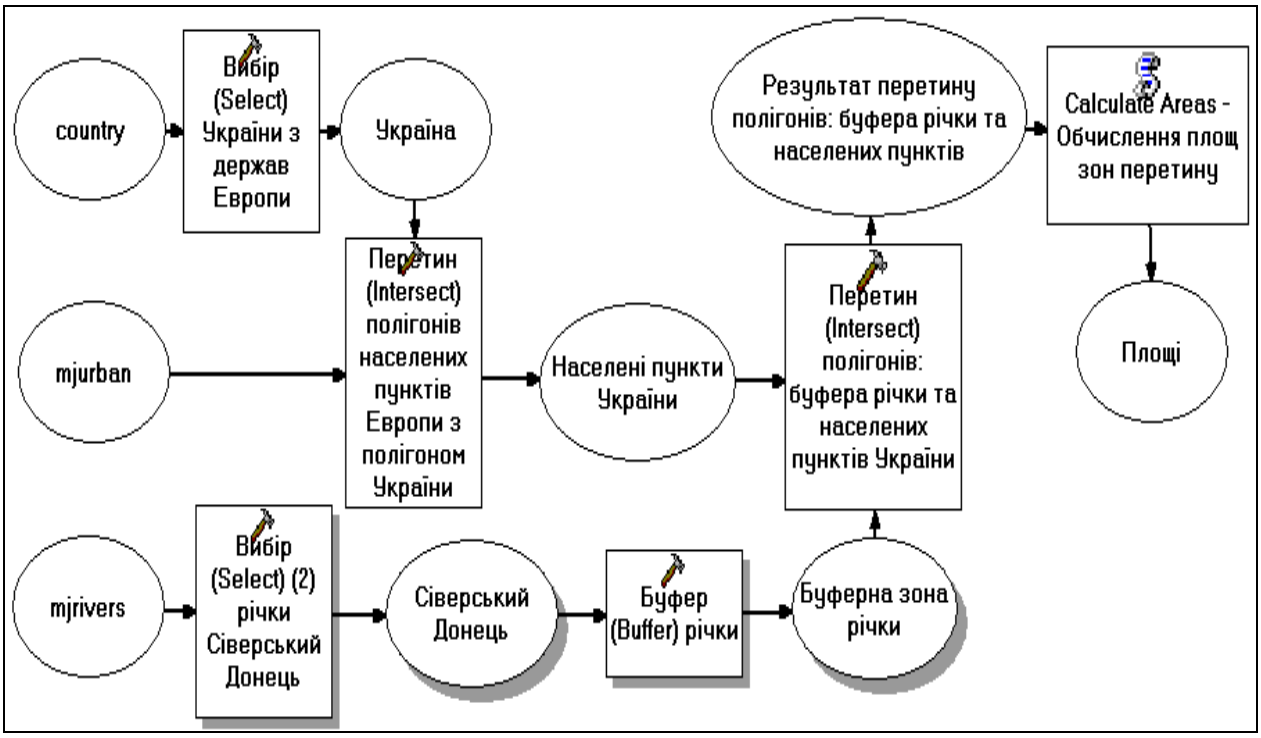


Рис. 9.42. **Модель прийняття рішення про вибір населеного пункту України з найбільшим ступенем ризику затоплення річкою Сіверський Донець**

Далі наведено опис елементів моделі.

На рис. 9.43 представлено звернення до команди вибору держави України з множини країн Європи. Вхідними об’єктами є країни Європи. Вихідним об’єктом є держава Україна.

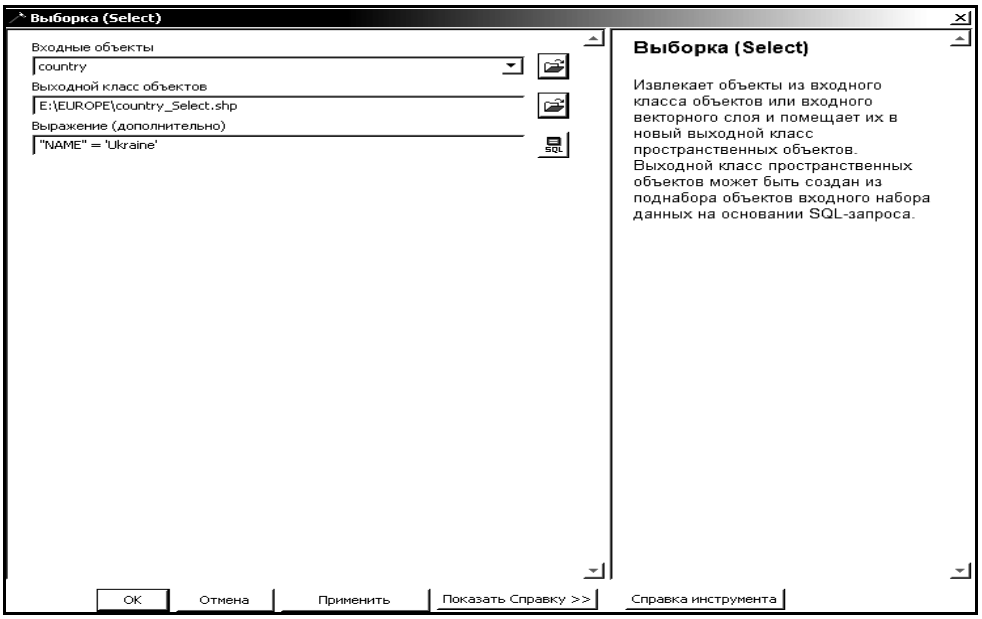


Рис. 9.43. **Звернення до процесу вибору України з країн Європи**

На рис. 9.44 представлено формування виразу для вибірки.

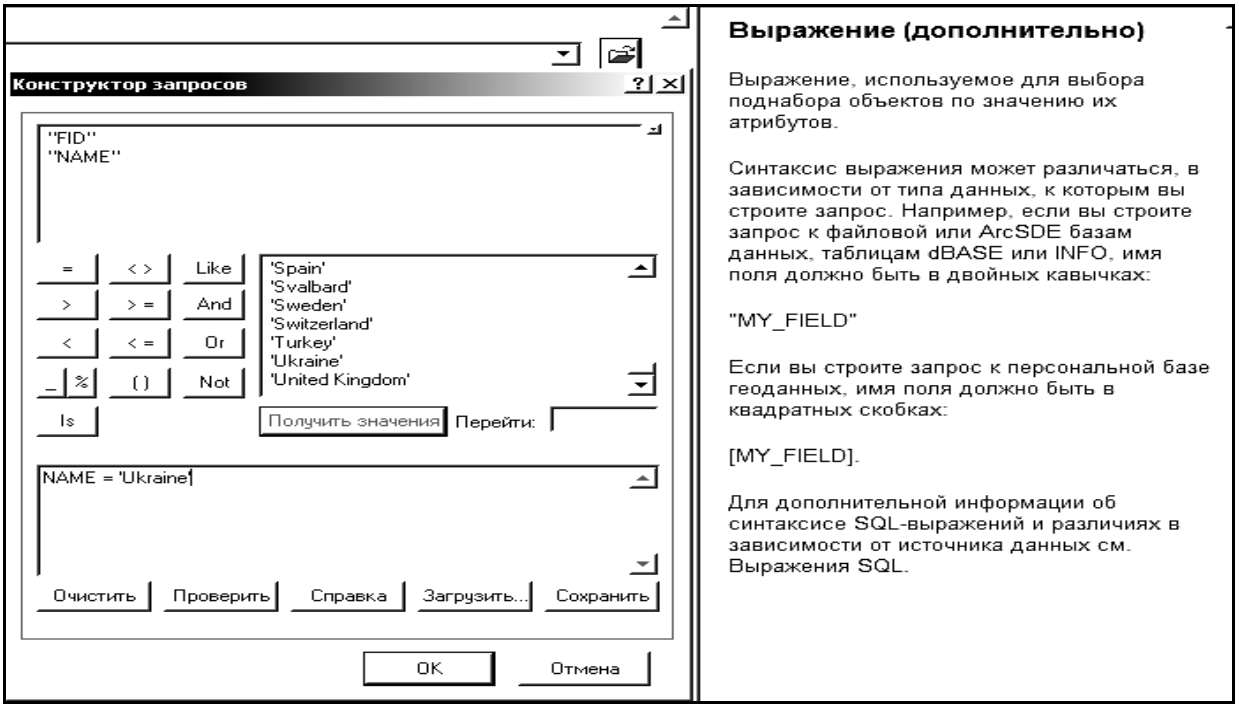


Рис. 9.44. **Вибір держави Україна з множини країн Європи**

На рис. 9.45 представлено звернення до інструмента "Перетин" (Intersect). Вхідними даними є полігони населених пунктів Європи і полігон України. Вихідними є полігони населених пунктів України.

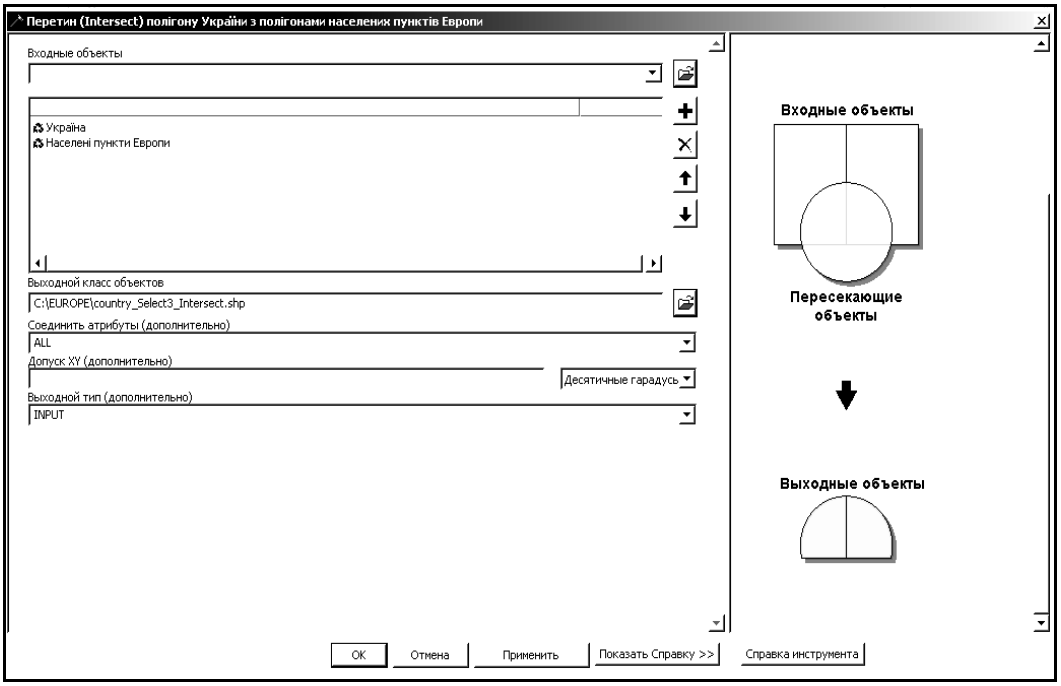


Рис. 9.45. **Звернення до інструмента побудови площ перетину полігонів України і населених пунктів Європи**

На рис. 9.46 представлено відображення на екрані таблиці атрибутів отриманого в результаті виконання операції перетину шару.

Населенные пункты Украины | Tracking Analyst Tools | Andreyevka

Атрибуты Населенные пункты Украины

FID	Shape	FID_countr	NAME	FID_mjurba	TYPE_DESC	NAME_1
0	Полигон	0	Ukraine	278	Urbanized area	Chervonoye
1	Полигон	0	Ukraine	280	Urbanized area	YAMPOL
2	Полигон	0	Ukraine	281	Urbanized area	Romanovka
3	Полигон	0	Ukraine	283	Urbanized area	YAVOROV
4	Полигон	0	Ukraine	284	Urbanized area	PODKAMEN
5	Полигон	0	Ukraine	286	Urbanized area	LYUBAR
6	Полигон	0	Ukraine	288	Urbanized area	BERDICHEV
7	Полигон	0	Ukraine	291	Urbanized area	POLYAKHOVO
8	Полигон	0	Ukraine	292	Urbanized area	VISHNEVETS
9	Полигон	0	Ukraine	294	Urbanized area	LVOV
10	Полигон	0	Ukraine	297	Urbanized area	KRASNOPOL
11	Полигон	0	Ukraine	301	Urbanized area	ZOLOCHEV
12	Полигон	0	Ukraine	302	Urbanized area	OSTROPOL
13	Полигон	0	Ukraine	303	Urbanized area	SHAMRAYEVKA
14	Полигон	0	Ukraine	308	Urbanized area	STARO KONSTANTINOV
15	Полигон	0	Ukraine	312	Urbanized area	SALNITSA
16	Полигон	0	Ukraine	313	Urbanized area	SKVIRA
17	Полигон	0	Ukraine	314	Urbanized area	KAZATIN
18	Полигон	0	Ukraine	323	Urbanized area	ZBARAZH
19	Полигон	0	Ukraine	324	Urbanized area	PEREMYSHLYANY
20	Полигон	0	Ukraine	325	Urbanized area	ZBOROV
21	Полигон	0	Ukraine	326	Urbanized area	KRASILOV
22	Полигон	0	Ukraine	328	Urbanized area	Ozernyany
23	Полигон	0	Ukraine	334	Urbanized area	Pilyava
24	Полигон	0	Ukraine	336	Urbanized area	KHMELNIK
25	Полигон	0	Ukraine	337	Urbanized area	Staryy Pikov
26	Полигон	0	Ukraine	340	Urbanized area	TERNOPOL
27	Полигон	0	Ukraine	343	Urbanized area	SAMGORODOK
28	Полигон	0	Ukraine	344	Urbanized area	VOLODARKA
29	Полигон	0	Ukraine	345	Urbanized area	SAMBOR

Запись: 1 Показать: Все Выбранные записи (0 из 864 Выбранные)

Рис. 9.46. **Таблиця атрибутів отриманого шару "Населені пункти України"**

На рис. 9.47 представлено звернення до інструмента "Вибірка" (Select) для вибору річки Сіверський Донець з безлічі річок Європи.

Вхідними даними є річки Європи.

Вихідним об’єктом є річка Сіверський Донець.

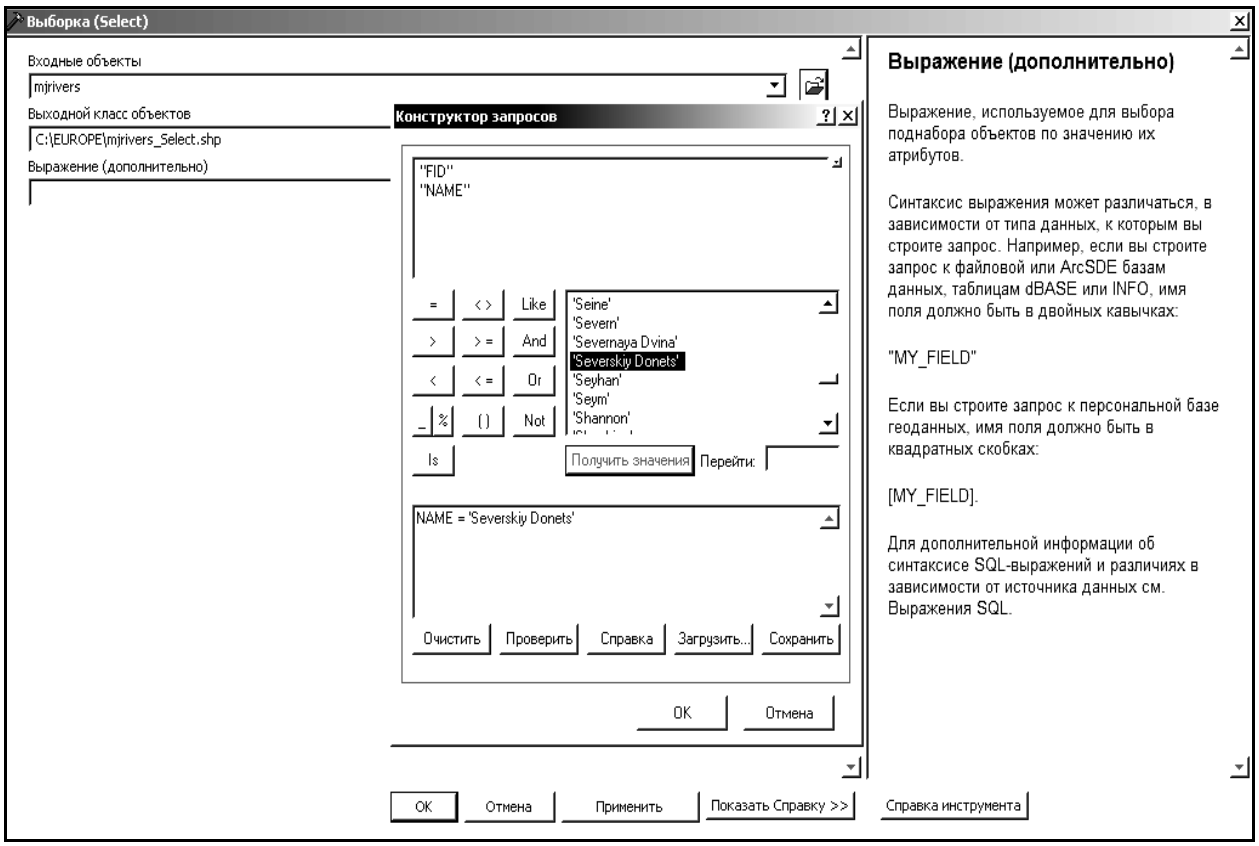


Рис. 9.47. **Вибір річки Сіверський Донець**

У вікні конструктора запитів можлива перевірка правильності складання запиту (рис. 9.48).

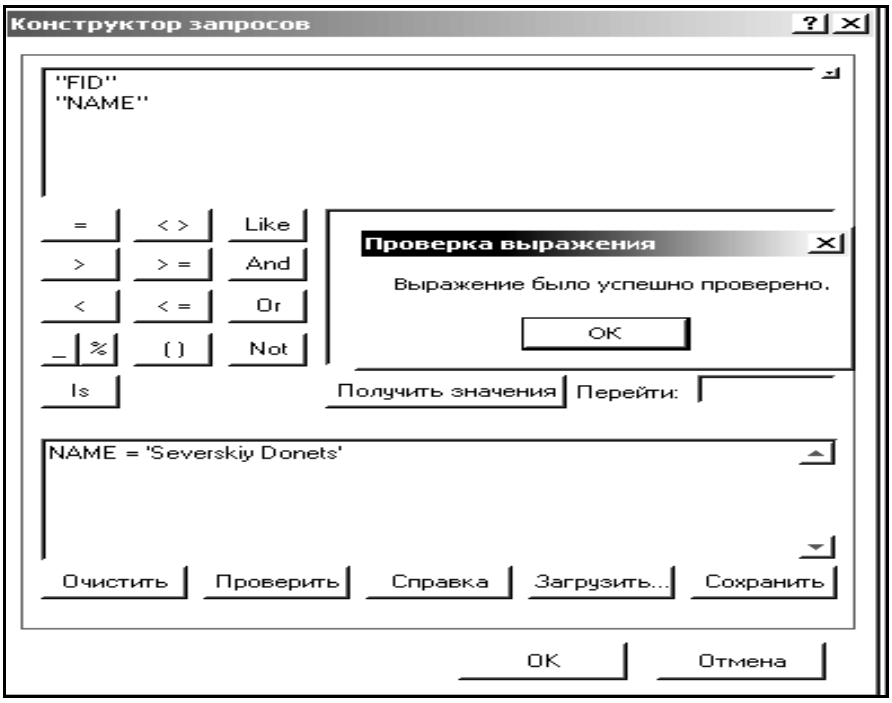


Рис. 9.48. **Результат перевірки правильності складання запиту**

На рис. 9.49 представлено звернення до інструмента побудови буферної зони для річки.

Вхідними об’єктами є річка Сіверський Донець.

Вихідним об’єктом є буферна зона річки шириною 1 км.

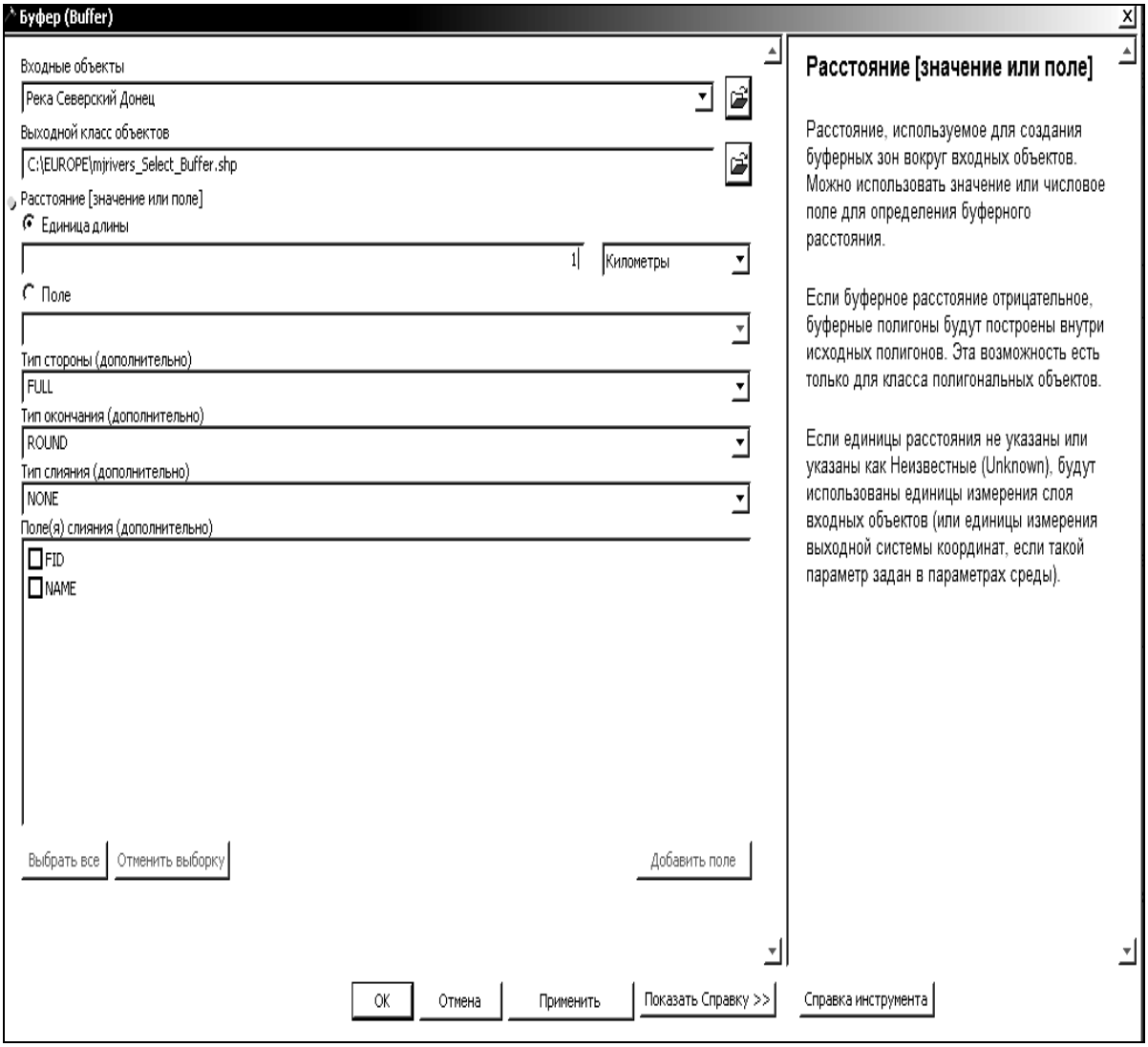


Рис. 9.49. **Звернення до інструмента побудови буферної зони для річки**

Перетин населених пунктів України з буфером річки виконується аналогічним чином, як і перетин полігону України з населеними пунктами Європи. Результатом є карта з виділеними кольором полігонів – перетинами буфера річки з полігонами населених пунктів України.

Звернення до опції властивостей шарів "Надписати об’єкти" дозволяє вивести на карті необхідні написи (рис. 9.50).

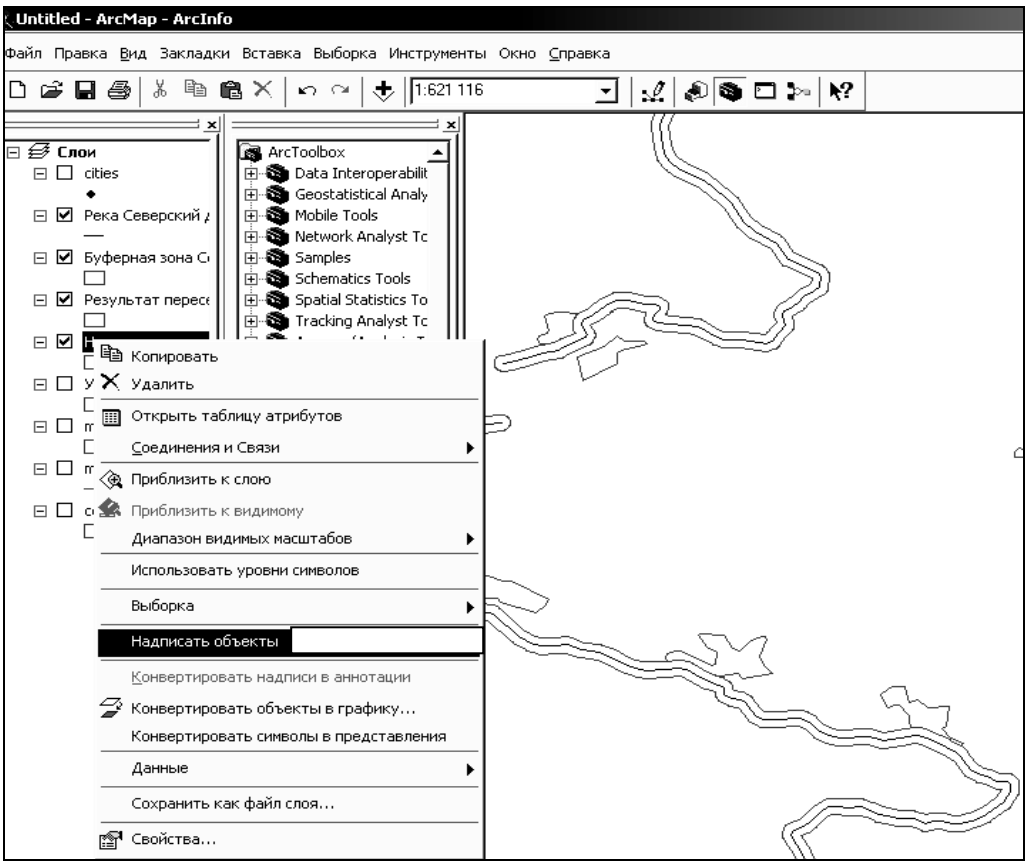


Рис. 9.50. **Карта з зонами перетину річкою населених пунктів**

На рис. 9.51, 9.52 в різних масштабах представлений результат моделювання на карті.

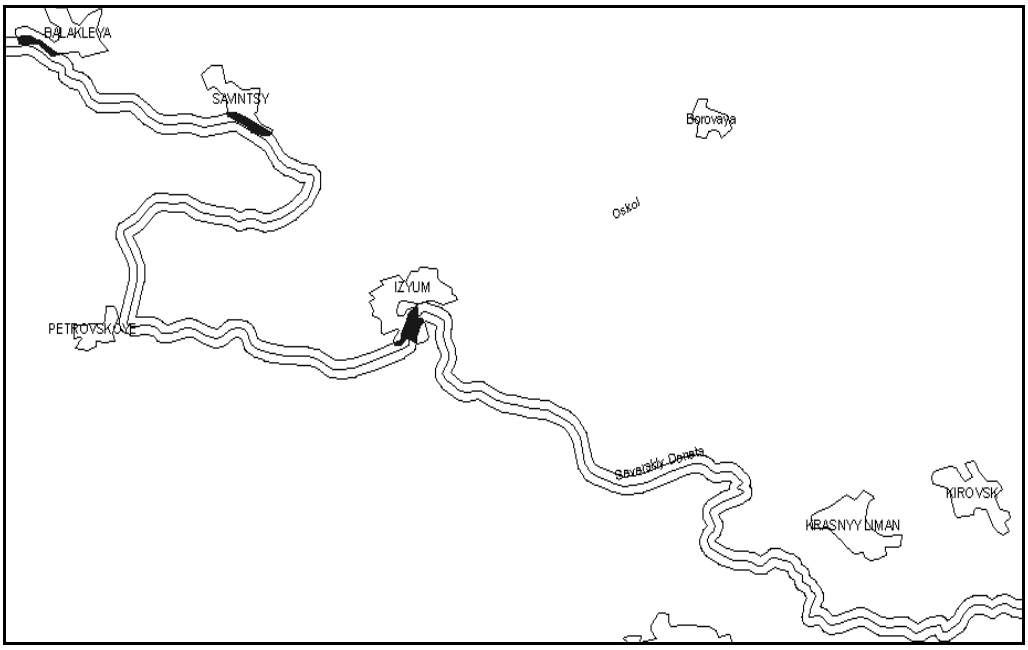


Рис. 9.51. **Результат моделювання на карті (більший масштаб)**

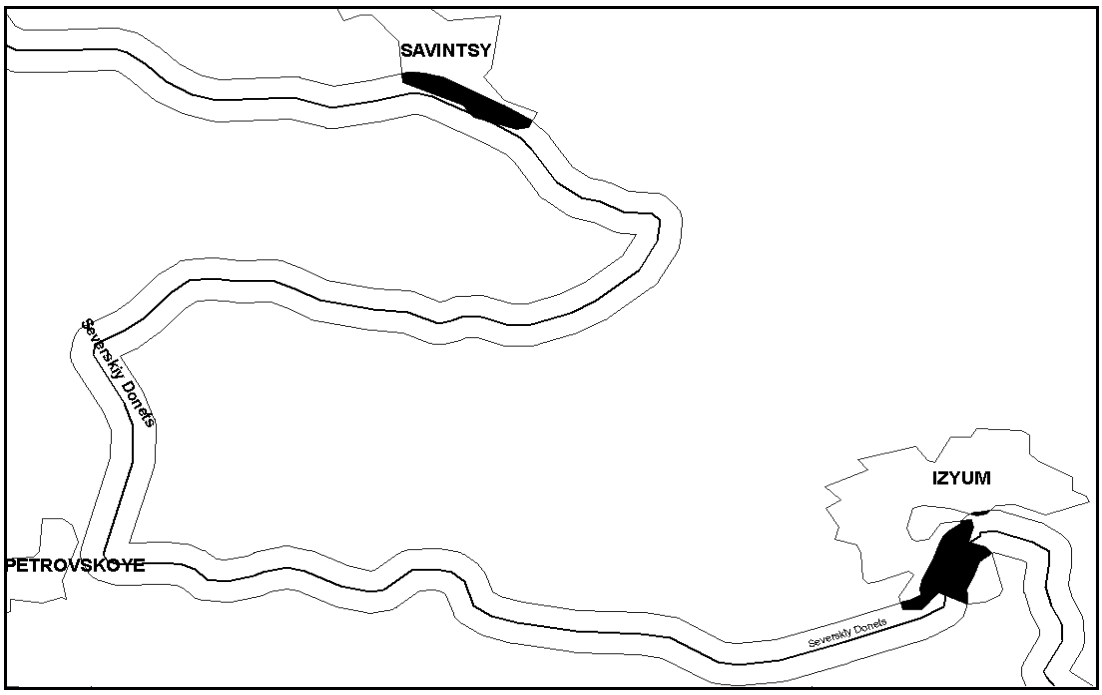


Рис. 9.52. **Результат моделювання на карті (менший масштаб)**

Вибір інструмента обчислення площ полігональних об’єктів виконується в наборі інструментів: "Spatial Statistics Tools", "Utilities", "Calculate Areas" (рис. 9.53).

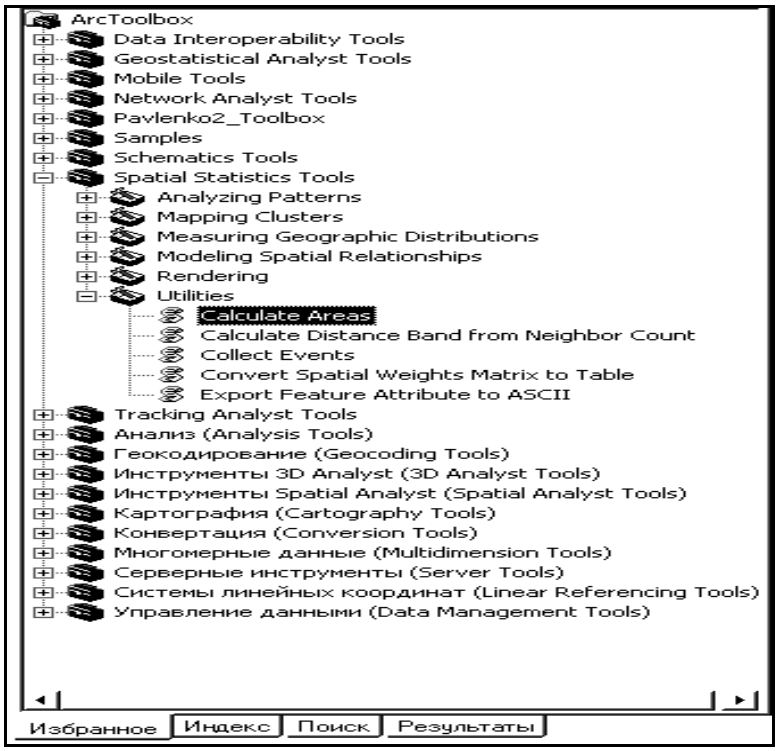


Рис. 9.53. **Звернення до інструмента обчислення площ полігональних об’єктів**

На рис. 9.54 представлений процес обчислення площ. На рис. 9.55 – вікно з повідомленнями моделі про хід процесу обчислень.

Вхідними даними є зони перетину полігонів буфера річки і полігонів населених пунктів України. Вихідними є дані з обчисленими площами.

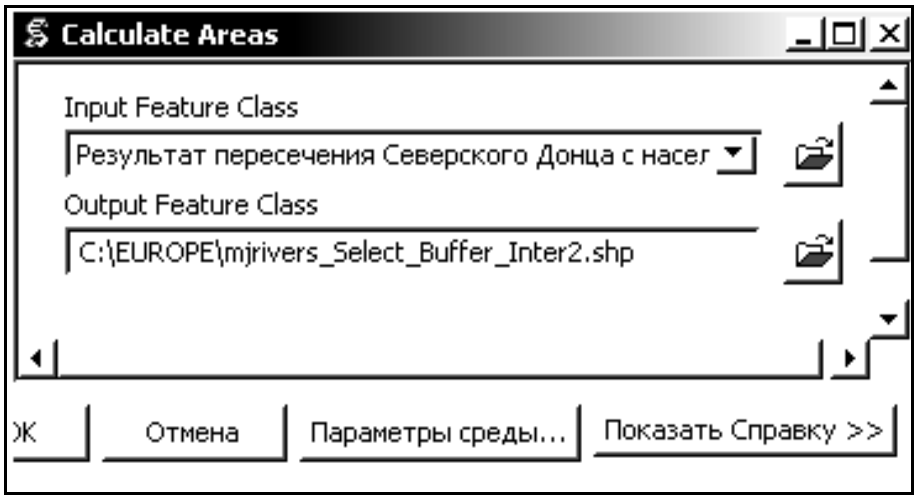


Рис. 9.54. **Вікно інструмента обчислення площ**

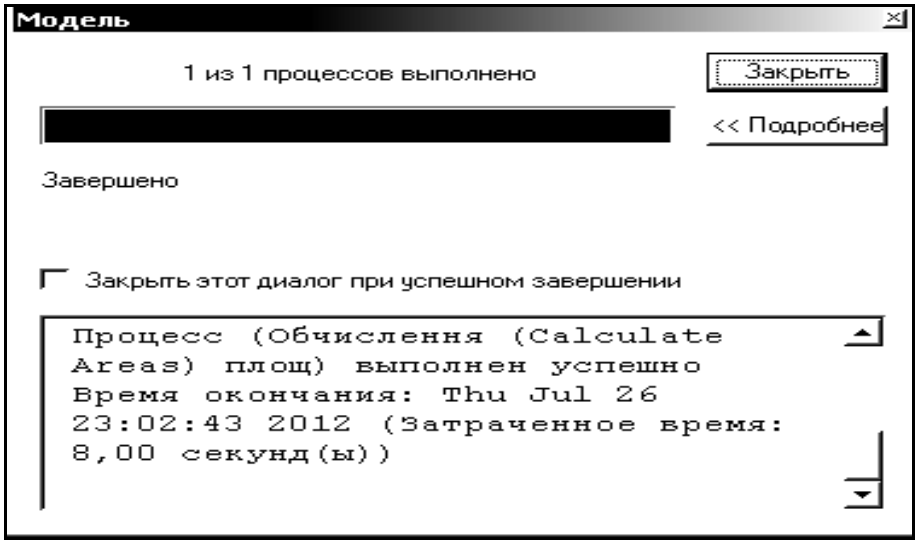


Рис. 9.55. **Процес обчислення площ успішно завершено**

На рис. 9.56 представлена таблиця атрибутів шару обчислених площ. Дані в полі площ відсортовані за спаданням. У таблиці зазначений полігон міста Ізюм як такий, що має більшу площу перетину із зоною розливу річки.

FID	Shape	FID	NAME	BUFF DIST	FID countr	FID c	NAME 1	FID mjurba	TYPE DESC	NAME 12	F AREA
3	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	357	0	Ukraine	3664	Urbanized area	IZYUM	0,000609
9	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	388	0	Ukraine	3714	Urbanized area	STANICHNO-LUGANSKOYE	0,000609
10	Полигон	2	Severskiy Donets	0,008993	325	0	Ukraine	3609	Urbanized area	Pechenegi	0,000532
6	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	375	0	Ukraine	3694	Urbanized area	LISHCHANSK	0,000457
2	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	348	0	Ukraine	3646	Urbanized area	SAVINTSY	0,000421
1	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	346	0	Ukraine	3644	Urbanized area	BALAKLEYA	0,000329
8	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	385	0	Ukraine	3706	Urbanized area	NIZHNEYE	0,000124
4	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	370	0	Ukraine	3684	Urbanized area	RUBEZHNOYE	0,000071
7	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	379	0	Ukraine	3698	Urbanized area	OROVSKOYE	0,00004
0	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	333	0	Ukraine	3624	Urbanized area	ZMIYEV	0,00002
5	Полигон	0	Severskiy Donets	0,008993	373	0	Ukraine	3688	Urbanized area	SEVERODONETSK	0,000001

Запись: 1 Показать: Все Выбранные записи (1 из 11 Выбранные) Опции

Рис. 9.56. **Атрибутивна таблиця з обчисленими площами (полігон для міста Ізюм виділений як більший за площею)**

Етап 5. Результатами моделювання є електронна карта і висновок про вибір міста Ізюм як населеного пункту з великим ризиком затоплення в період весняної повені річкою Сіверський Донець.

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст першого етапу розробки ГІС-проекту.
2. Розкрити зміст другого етапу розробки ГІС-проекту.
3. Розкрити зміст третього етапу розробки ГІС-проекту.
4. Розкрити зміст четвертого етапу розробки ГІС-проекту.
5. У чому полягають особливості застосування інструментів набору "Analysis Tools ArcToolbox" при розробці ГІС-проекту?
6. У чому полягають особливості застосування інструментів набору "Analysis Tools ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" при розробці ГІС-проекту?

Резюме за темою

Виконаний ГІС-проект – це результат рішення аналітичного завдання прийняття рішення про вибір раціонального місця розміщення в конкретній місцевості об’єкта певного функціонального призначення.

Проект включає: карту, звіт, діаграми, графіки.

Розробка аналітичного ГІС-проекту включає такі етапи:

Етап 1. Формулювання завдання аналізу і прийняття рішення щодо просторових об’єктів.

Етап 2. Виділення логічних частин завдання і розрорбка стратегії об’єднання результатів рішення підзавдань в інтегральне завдання.

Етап 3. Проектування бази даних проекту.

Етап 4. ГІС-аналіз.

Етап 5. Представлення результатів аналізу.

Словник термінів

Аналіз (analysis)	Процес формулювання питань або предмета дослідження, моделювання рішення завдання, вивчення результатів моделювання, інтерпретації отриманих результатів і складання рекомендацій
Модель	Набір правил і процедур для представлення явища або прогнозування результату. У геообробці модель складається з одного процесу або послідовності сполучених разом процесів. Модель створюється в наборі інструментів і будується у вікні ModelBuilder. Модель можна експортувати у файл скрипта

Контрольні запитання

1. Навести приклад постановки завдання моделювання прийняття рішення про вибір місця розміщення філіалу фірми засобами команд набору "Analysis Tools ArcToolbox".

2. Розробити карту України, нанести на неї: родовища газу і вугілля, джерела мінеральної води, історичні пам’ятки, пам’ятки архітектури. Усі об’єкти помітити різними значками.

Створити таблиці атрибутів для нанесення на карту: найменувань об’єктів і цифр, що позначають запаси або об’єми добутої сировини, дати тощо.

Побудувати діаграми для об’єктів карти за числовими даними таблиць.

Вивести на карті.

3. Розробити карту Харкова. Нанести на неї будівлю ХНЕУ і навколишні будівлі.

Створити таблиці атрибутів об’єктів карти з цифрами (для шару з будівлею ХНЕУ: кількість студентів різних факультетів, кількість лабораторій).

Побудувати на карті діаграми за цими даними. Додати нову таблицю з адресами факультетів. З’єднати нову таблицю з таблицею атрибутів шару з будівлею ХНЕУ.

Вивести на карті.

10. Моделювання засобами інструментів "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder"

Мета вивчення теми – уміння виконувати моделювання засобами інструментів "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder".

Основні питання:

10.1. Моделювання прийняття рішення про місце розміщення нового об’єкта на карті місцевості інструментами "Spatial Analyst ArcToolbox" в середовищі "ModelBuilder".

10.2. Опис елементів моделі.

10.2.1. Моделювання першого локального завдання.

10.2.2. Моделювання другого локального завдання.

10.2.3. Моделювання третього локального завдання.

10.2.4. Моделювання інтегрального завдання.

10.2.5. Побудова звітів у середовищі модуля ModelBuilder.

Професійні компетентності: уміння виконувати моделювання засобами інструментів "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder".

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп’ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: локальне завдання, інтегральне завдання, звіт.

10.1. Моделювання прийняття рішення про місце розміщення нового об’єкта на карті місцевості інструментами "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder"

Наведений приклад ГІС-моделювання інструментами "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" з використанням векторних та растрових даних [31 – 33; 35]. Тому наведено опис моделей локальних завдань, які потім об’єднуються в інтегральне.

Етап 1. На території певного регіону гірського Криму необхідно обрати місце для будівництва промислового підприємства.

Замовником проекту є адміністрація регіону.

Метою розробки є прийняття рішення про місце будівництва нового промислового підприємства.

У якості критеріїв прийняття рішення про місце розміщення підприємства знайдено такі.

1. Близькість до водосховищ (з прісною водою) з площею в межах: більше ніж 1.600 000 м^2 та менше ніж 1.700 000 м^2 – 40 %.

У растр землекористування включені дані не тільки про водоймища з прісною водою, а і дані про ділянки моря. Тому при виборі цифр для площі водоймищ була врахована площа цієї значної ділянки.

2. Подалі від виноградників та плантацій лаванди – 40 %.

3. Невеликі схили рельєфу – 20 %.

4. Площа під підприємство в межах: більше ніж 25 000 м^2 та менше ніж 37 403 м^2.

Актуальність рішення завдання обґрунтовується потребою регіону в новому промисловому підприємстві і неможливістю її рішення без засобів сучасних інформаційних технологій, зокрема ГІС-технологій.

Кінцевими користувачами електронної карти як кінцевого продукту є: ГІС-аналітики, економісти, будівельники, офіційні особи.

Підсумковий продукт: звіт, робочі карти.

Етап 2. Логічні частини рішення завдання такі.

1. Пошук мінімальних відстаней до водосховищ з прісною водою на вказаній території з площею в межах: більше ніж 1.600 000 м^2 та менше ніж 1.700 000 м^2.

2. Пошук максимальних відстаней від плантацій лаванди і виноградників у межах заданого екстента.

3. Пошук місцевості з невеликими схилами рельєфу на вказаній території.

4. Об’єднання отриманих ділянок з урахуванням заданих критеріїв.

Для вирішення завдання використовується набір растрових даних:

"Землекористування" (Landuse) – растр.

"Висоти місцевост" (Elevation) – растр.

Етап 3. Відцифрування паперових карт, як і пошук інтерактивних карт, приведення їх до одного формату, додавання до атрибутивних таблиць даних, необхідних для аналізу, в цьому випадку не знадобиться.

Етап 4. Алгоритм вирішення завдання такий.

1. Пошук водосховищ на вказаній территорії з площею в межах: більше ніж 1.600 000 м^2 та менше ніж 1.700 000 м^2.

2. Пошук мінімальних відстаней від обраних водних об’єктів у межах заданого екстента.

3. Пошук плантацій лаванди і виноградників на вказаній території.

4. Пошук максимальних відстаней від обраних плантацій лаванди і виноградників у межах заданого екстента.

5. Пошук місцевості з невеликими схилами рельєфу на вказаній территорії.

6. Об’єднання отриманих ділянок.

7. Якщо знайдена ділянка задовольняє замовників проекту, рішення приймається.

Рішення наведено з використанням інструментів ArcToolbox "Spatial Analyst" і "Analysis Tools" у середовищі модуля "Model Builder".

У середовищі модуля ArcCatalog створена папка (рис. 10.1), в ній – нова база геоданих (рис. 10.2).

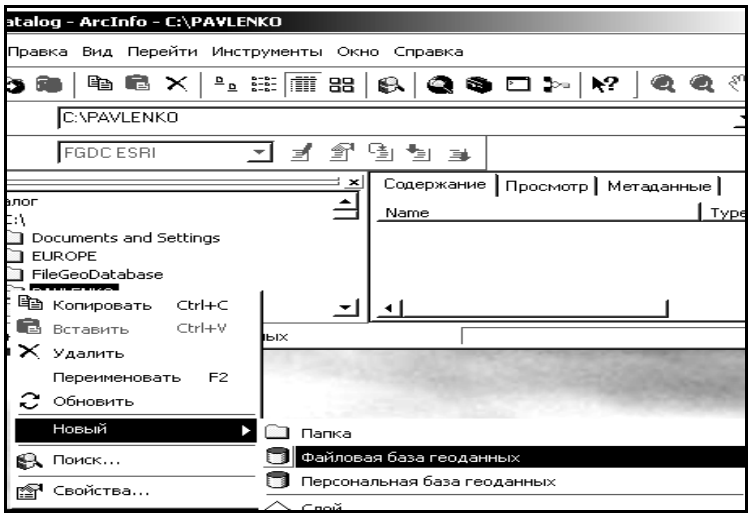


Рис. 10.1. **Перехід до побудови нової БГД**

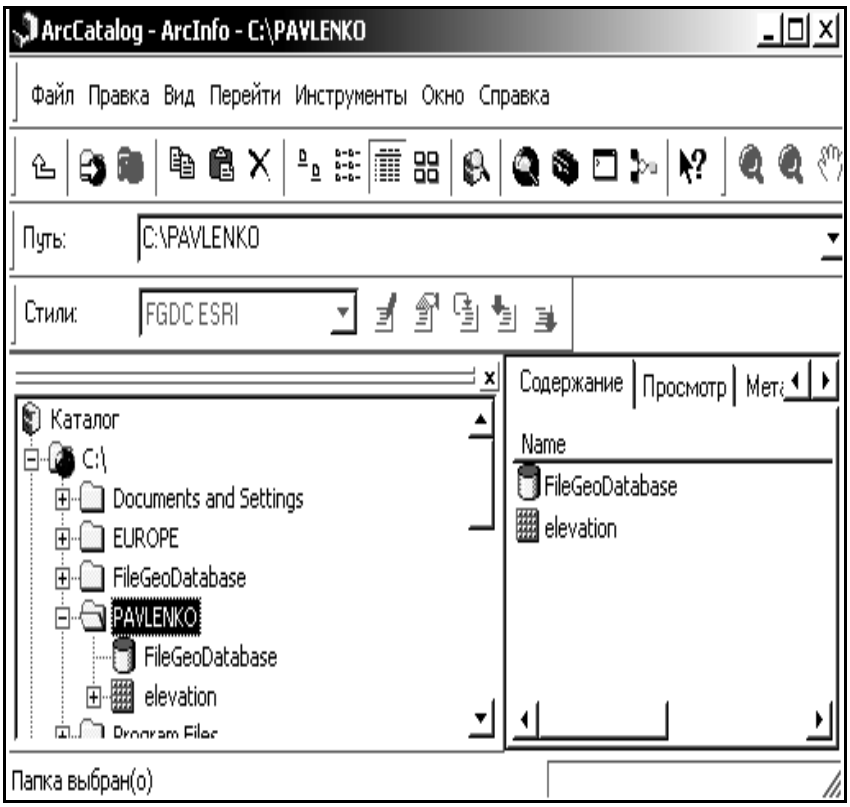


Рис. 10.2. **Створення нової БГД у папці**

У нову БГД переносяться такі дані.

Класи просторових об’єктів: "Landuse", та "Elevation" (рис. 10.3).

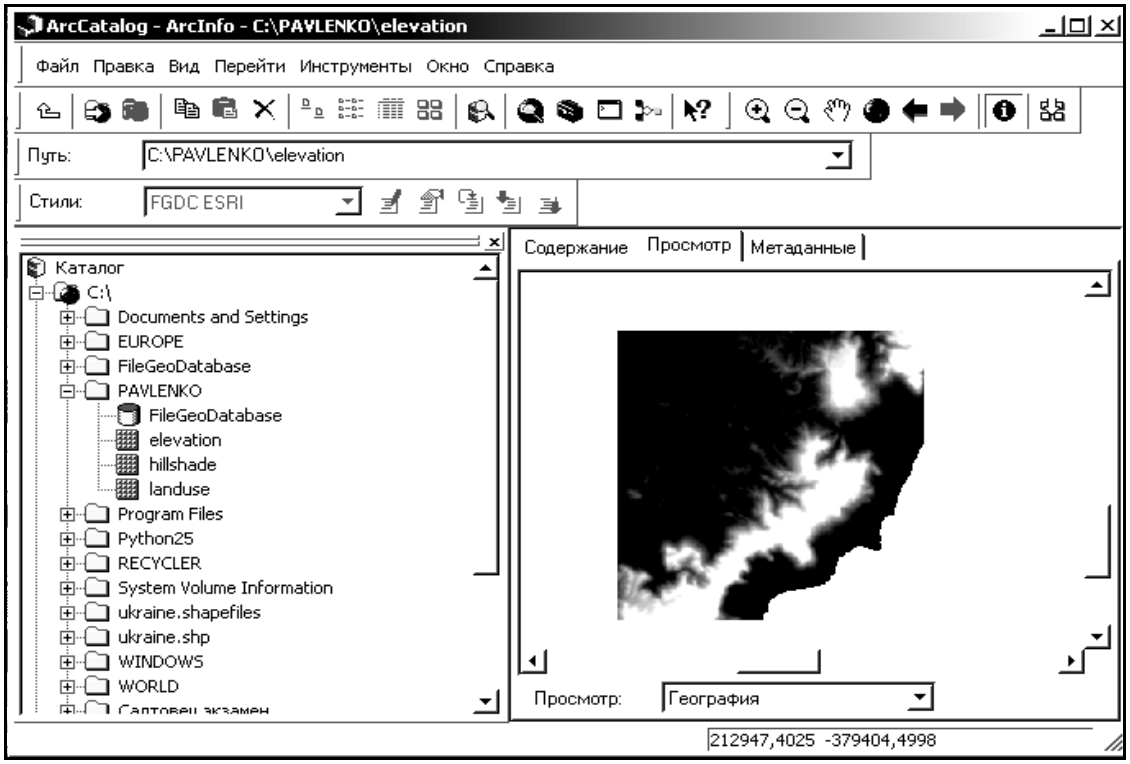


Рис. 10.3. **Шар "Elevation" у вікні перегляду модуля ArcCatalog**

Завантаження модуля ArcMap дозволяє створити нову карту.

Додавання нового шару "Landuse" дозволяє відобразити його на карті (рис. 10.4), відкрити таблицю атрибутів шару (рис. 10.5) і, при необхідності, змінити гаму кольорів символів об’єктів (рис. 10.6, 10.7).

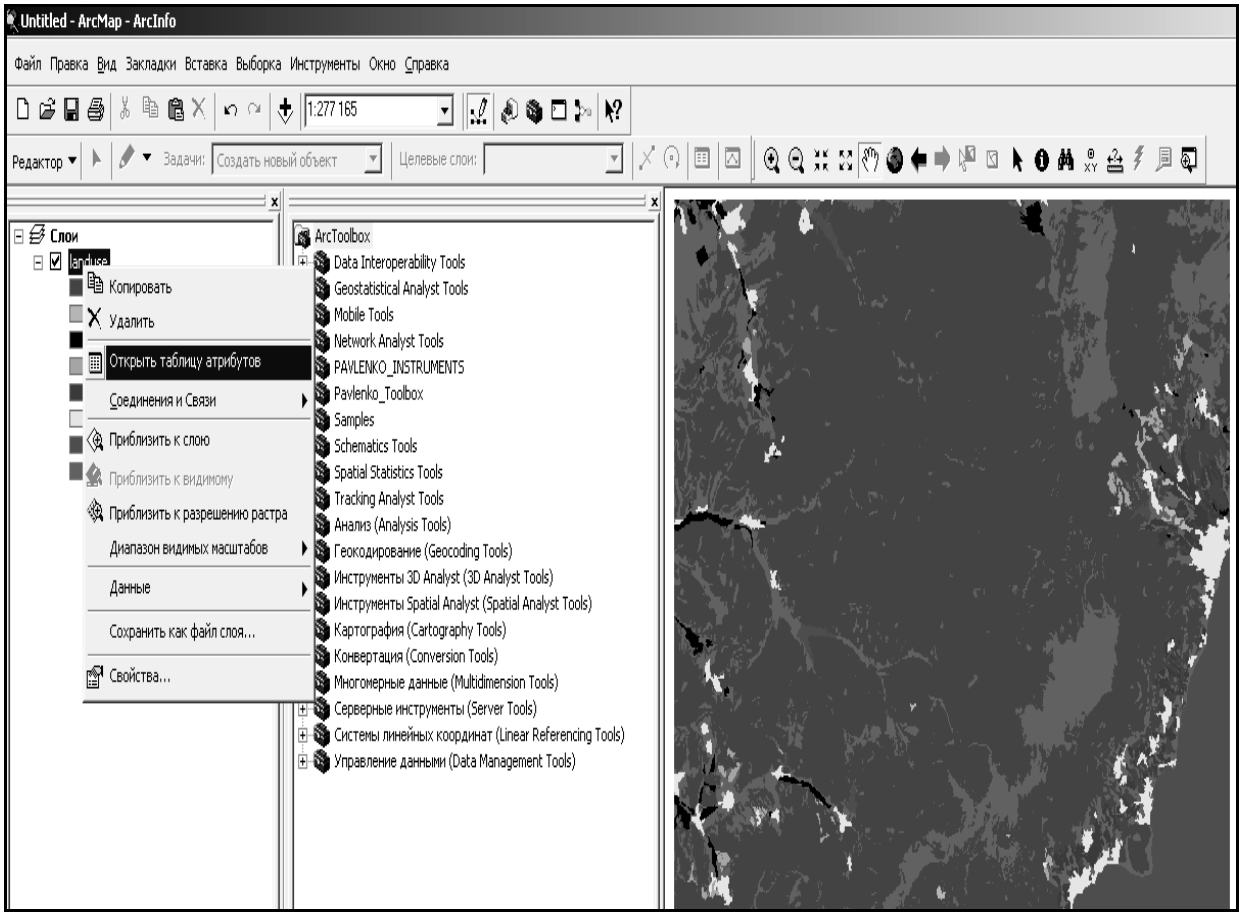
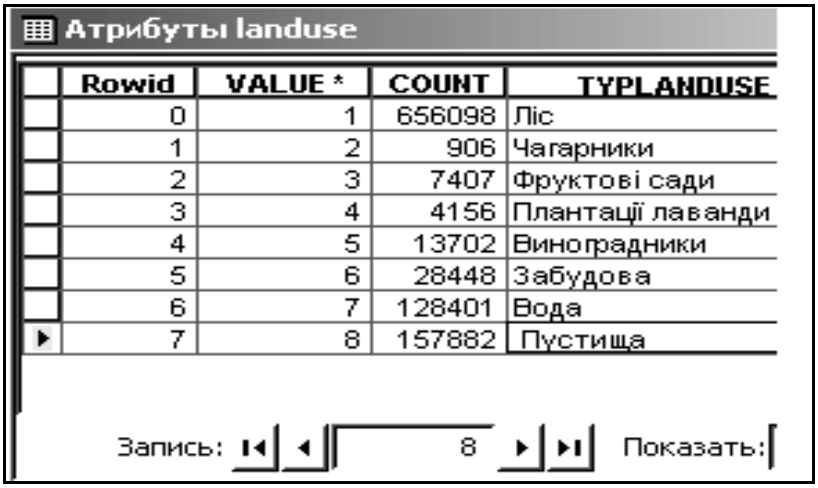


Рис. 10.4. **Шар "Landuse" на карті**



Атрибуты landuse

Rowid	VALUE *	COUNT	TYPLANDUSE
0	1	656098	Ліс
1	2	906	Чагарники
2	3	7407	Фруктові сади
3	4	4156	Плантації лаванди
4	5	13702	Виноградники
5	6	28448	Забудова
6	7	128401	Вода
7	8	157882	Пустища

Запись: 8 Показать:

Рис. 10.5. **Таблиця атрибутів шару "Landuse"**

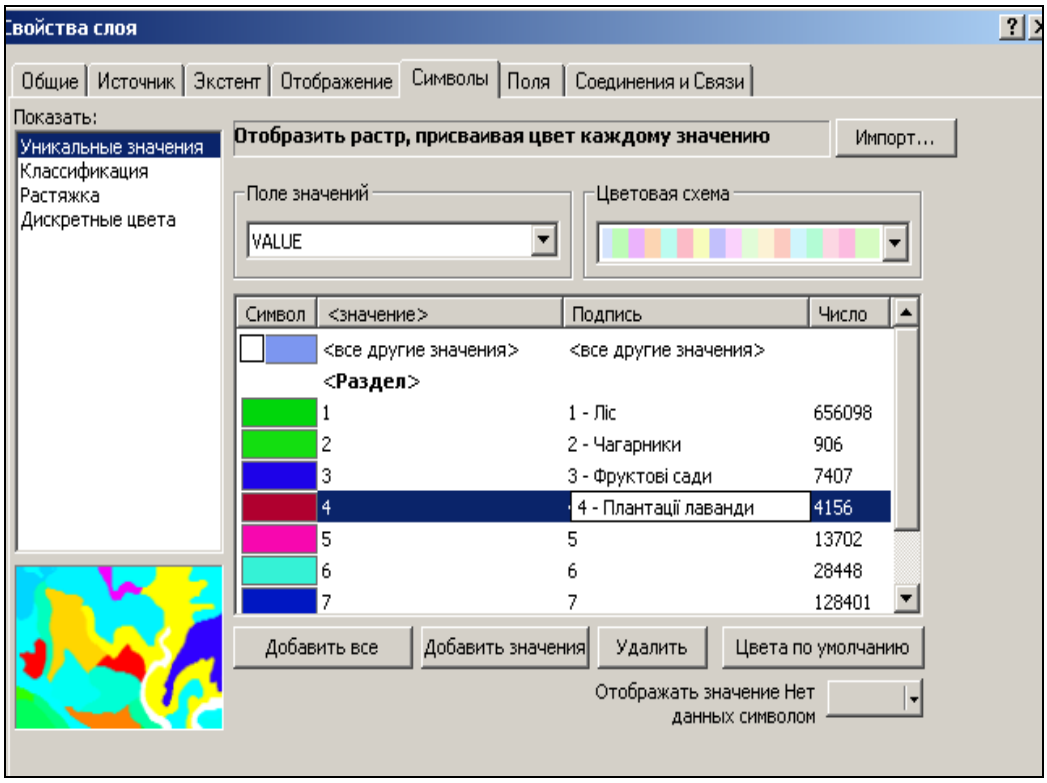


Рис. 10.6. **Таблиця атрибутів та вікно редагування властивостей шару**

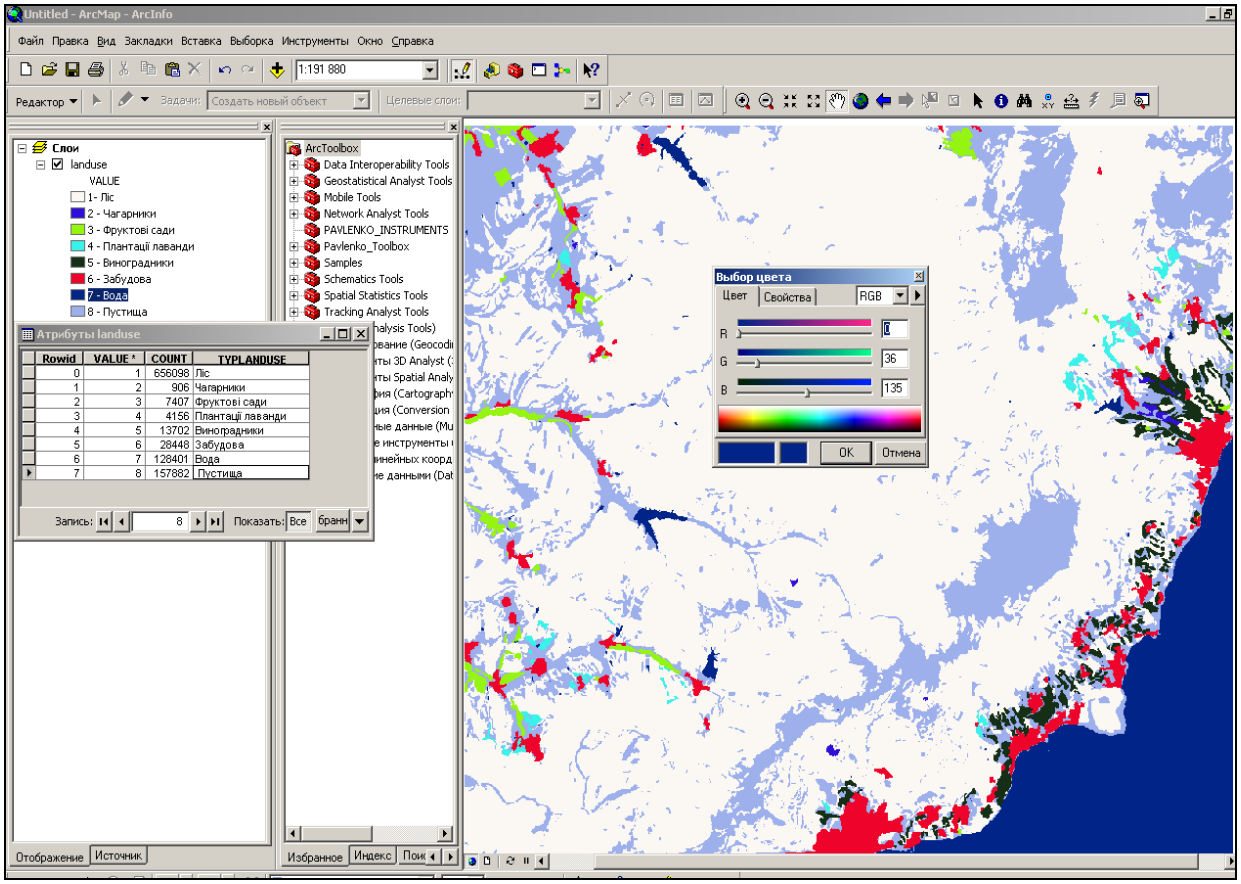


Рис. 10.7. **Зміна гами кольорів об’єктів шару землекористування**

На рис. 10.8 наведений вид шару "Elevation".

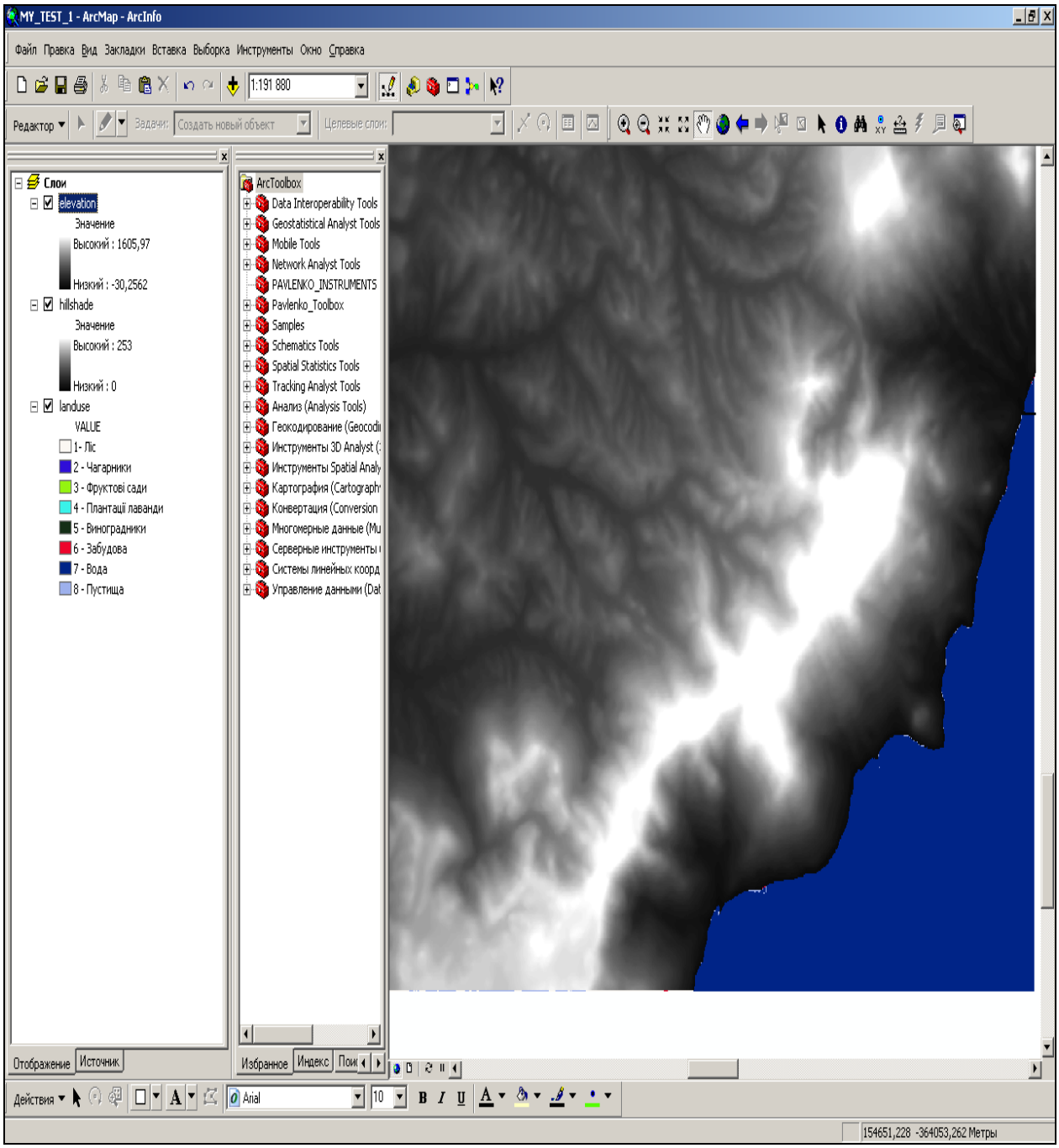


Рис. 10.8. **Шар "Elevation"**

На цьому етапі дані підготовлені до моделювання.

Для збереження моделі створений набір інструментів користувача в наборі ArcToolBox.

На рис. 10.9 наведена модель, що дозволила прийняти оптимальне рішення про місце розміщення нового промислового підприємства.

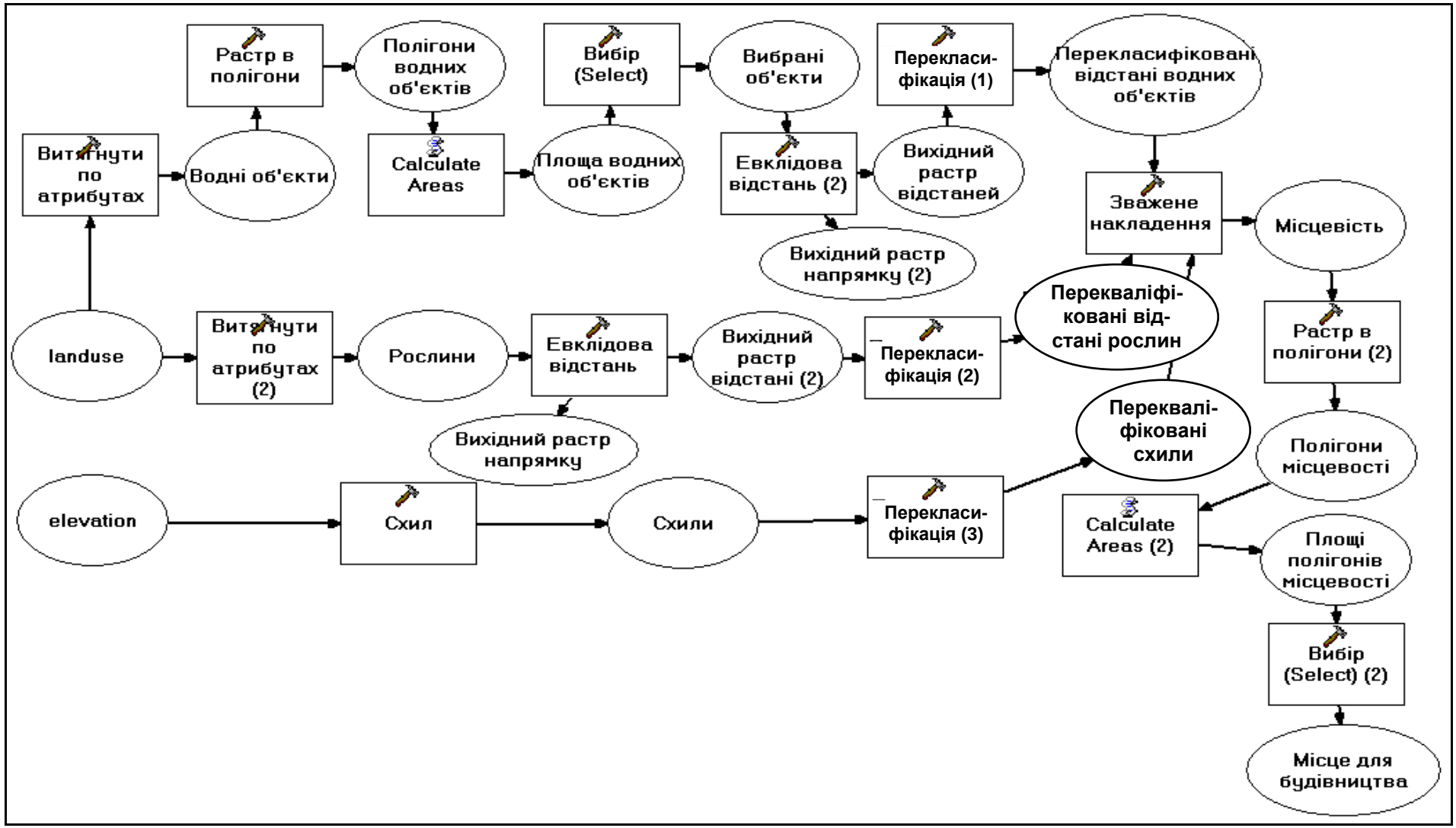


Рис. 10.9. **Модель прийняття оптимального рішення про місце розміщення нового промислового підприємства в регіоні**

10.2. Опис елементів моделі

10.2.1. Моделювання першого локального завдання

На рис. 10.10 наведений фрагмент моделі вибору з растру землекористування даних про водні об’єкти.

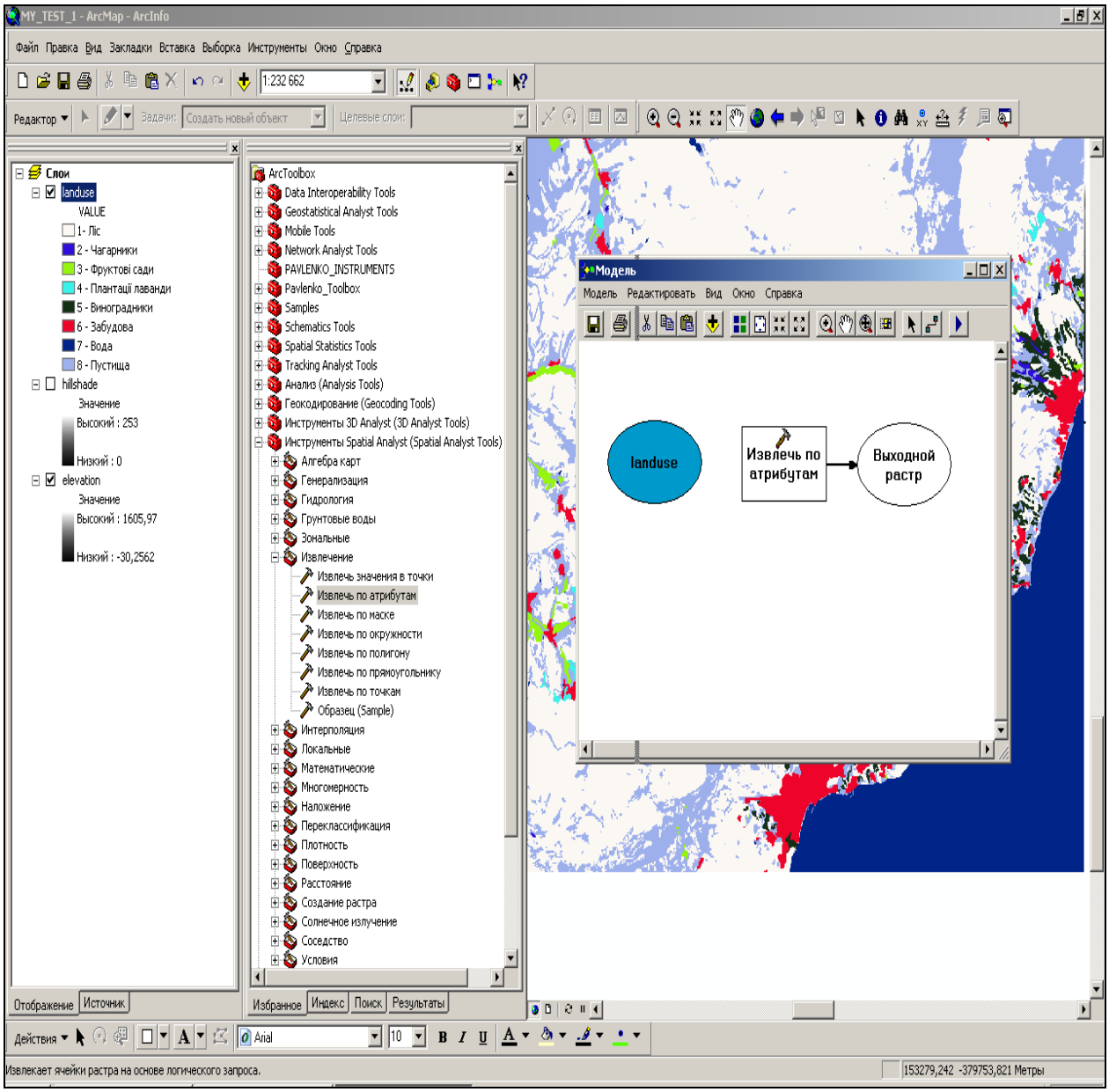


Рис. 10.10. **"Витягання за атрибутами" даних про водні об’єкти**

На рис. 10.11 наведене вікно процесу "Витягання за атрибутами" даних про водні об’єкти.

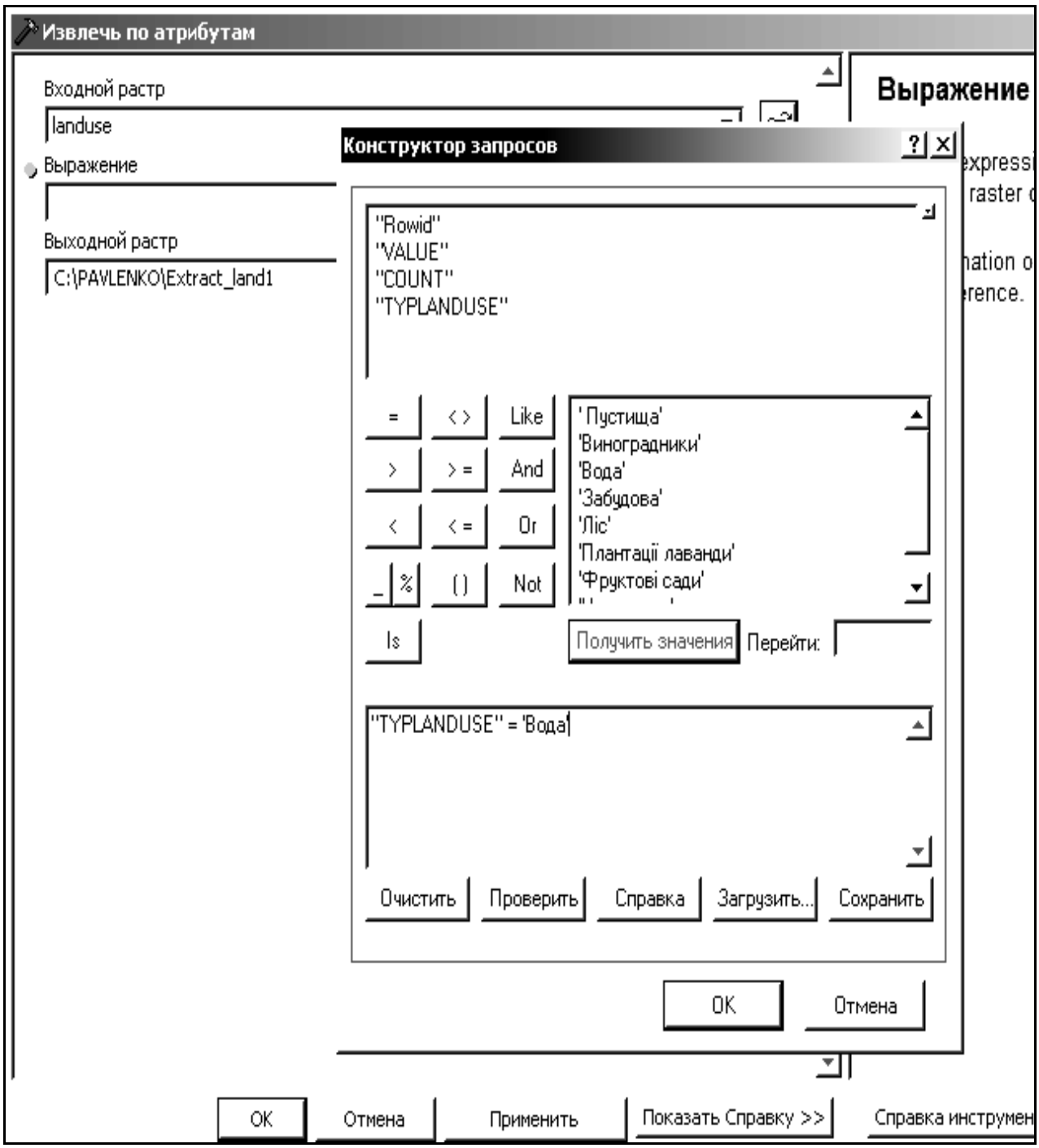


Рис. 10.11. **Процес "Витягання за атрибутами" і конструктор запитів вибору водних об’єктів**

Вхідними даними є шар "Landuse". Вихідним є растр з даними про водні об’єкти екстента. Новий шар вибірки додається до таблиці даних карти (рис. 10.12).

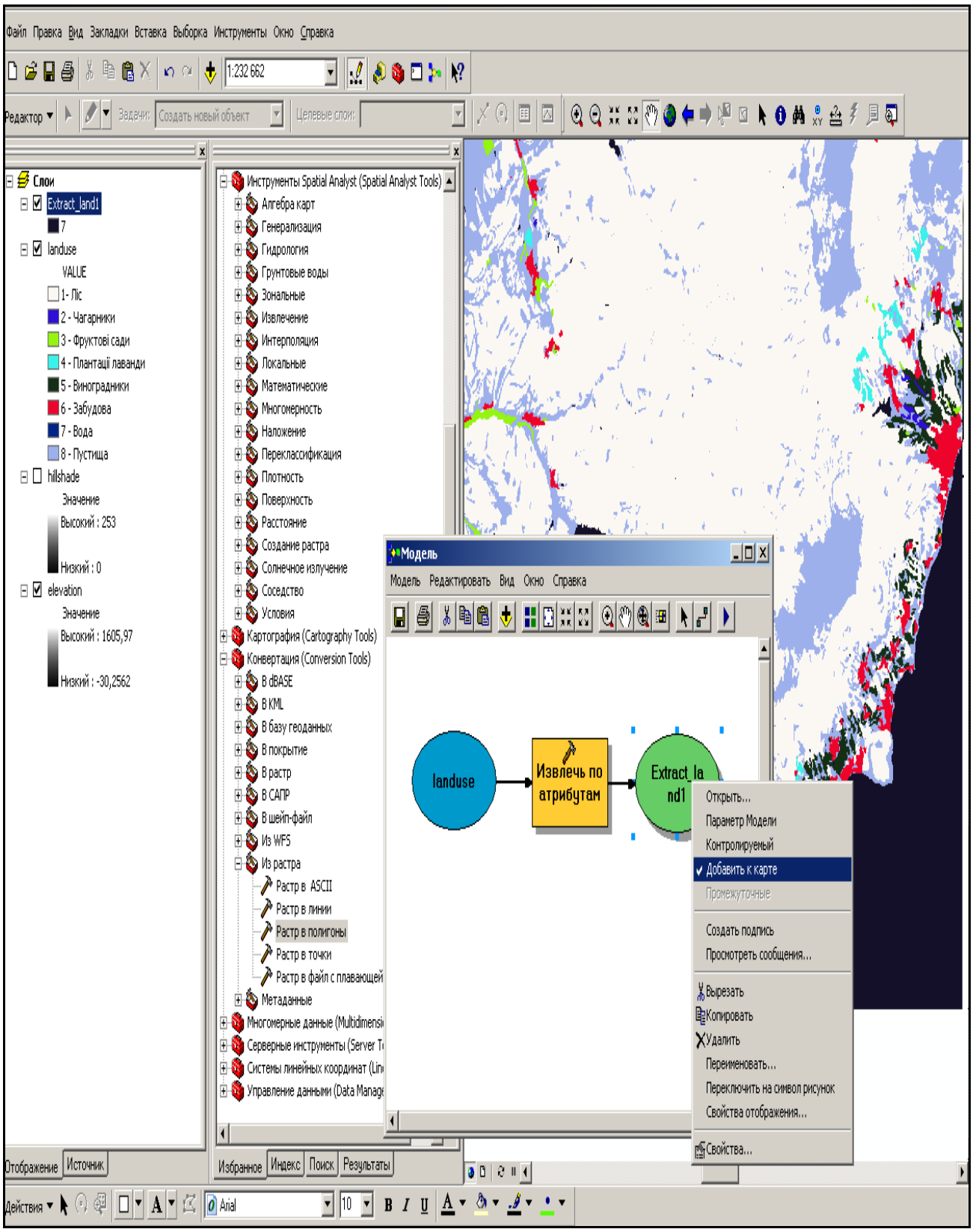


Рис. 10.12. **Фрагмент моделі витягання водних об’єктів з растру**

Такий процес обробки даних про водні об’єкти – перетворення растру водних об’єктів в полігони (рис. 10.13).

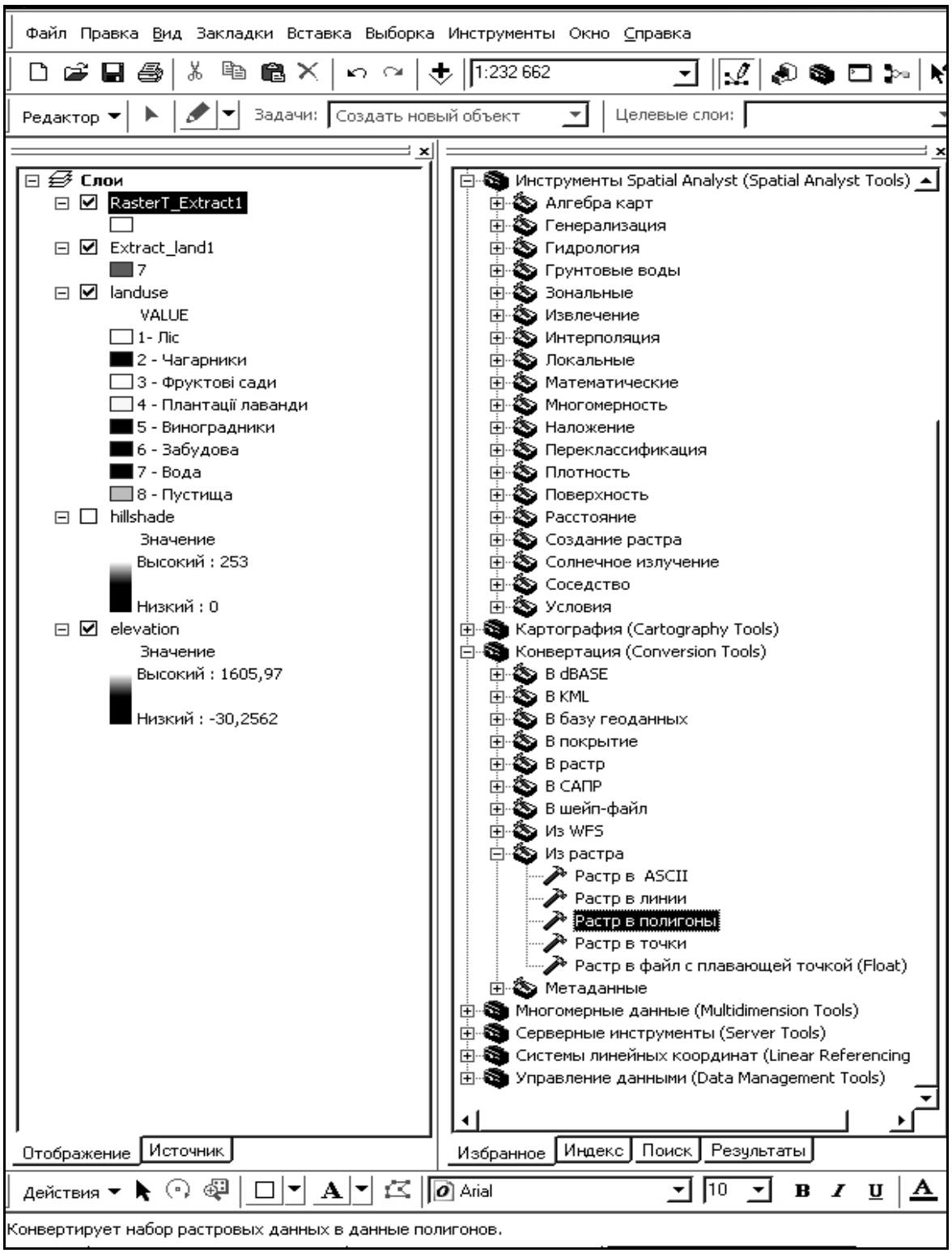


Рис. 10.13. **Інструмент конвертації растру в полігони**

На рис. 10.14 наведений процес конвертації растру водних об’єктів у полігони – процес "Растр в полігони".

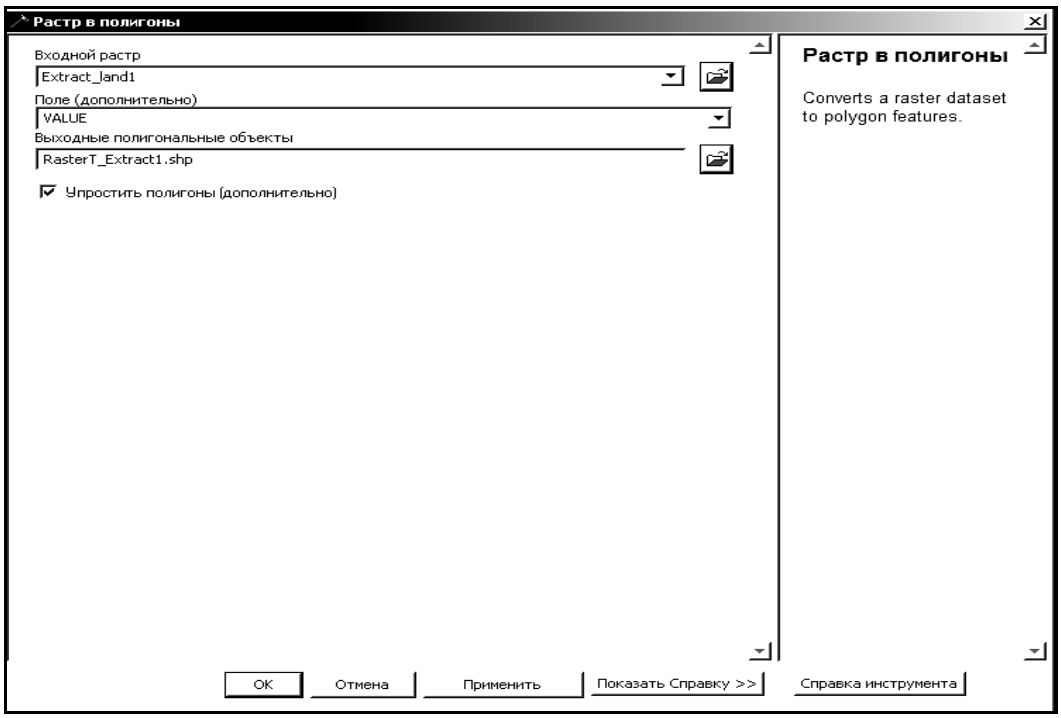


Рис. 10.14. **Процес конвертації растру у полігони**

Вхідним є растр водних об’єктів екстента.

Вихідним – полігони водних об’єктів.

Далі виконується обчислення площ водних об’єктів цього екстента – процес з набору "Spatial Statistic Tools" (Calculate Areas) (рис. 10.15).

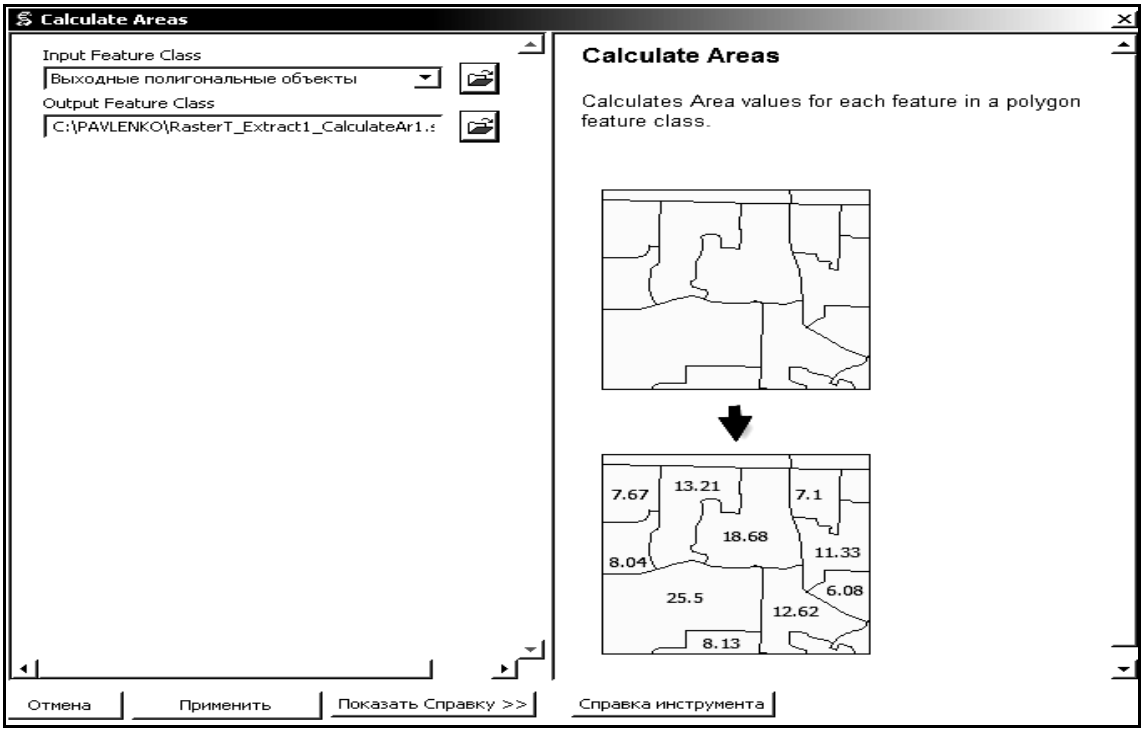


Рис. 10.15. **Обчислення площ водних об’єктів**

Вхідними є полігони водних об’єктів.

Вихідними – площі полігонів водних об’єктів.

На рис. 10.16 представлений результат обчислення площ водних об’єктів у цьому екстенті.

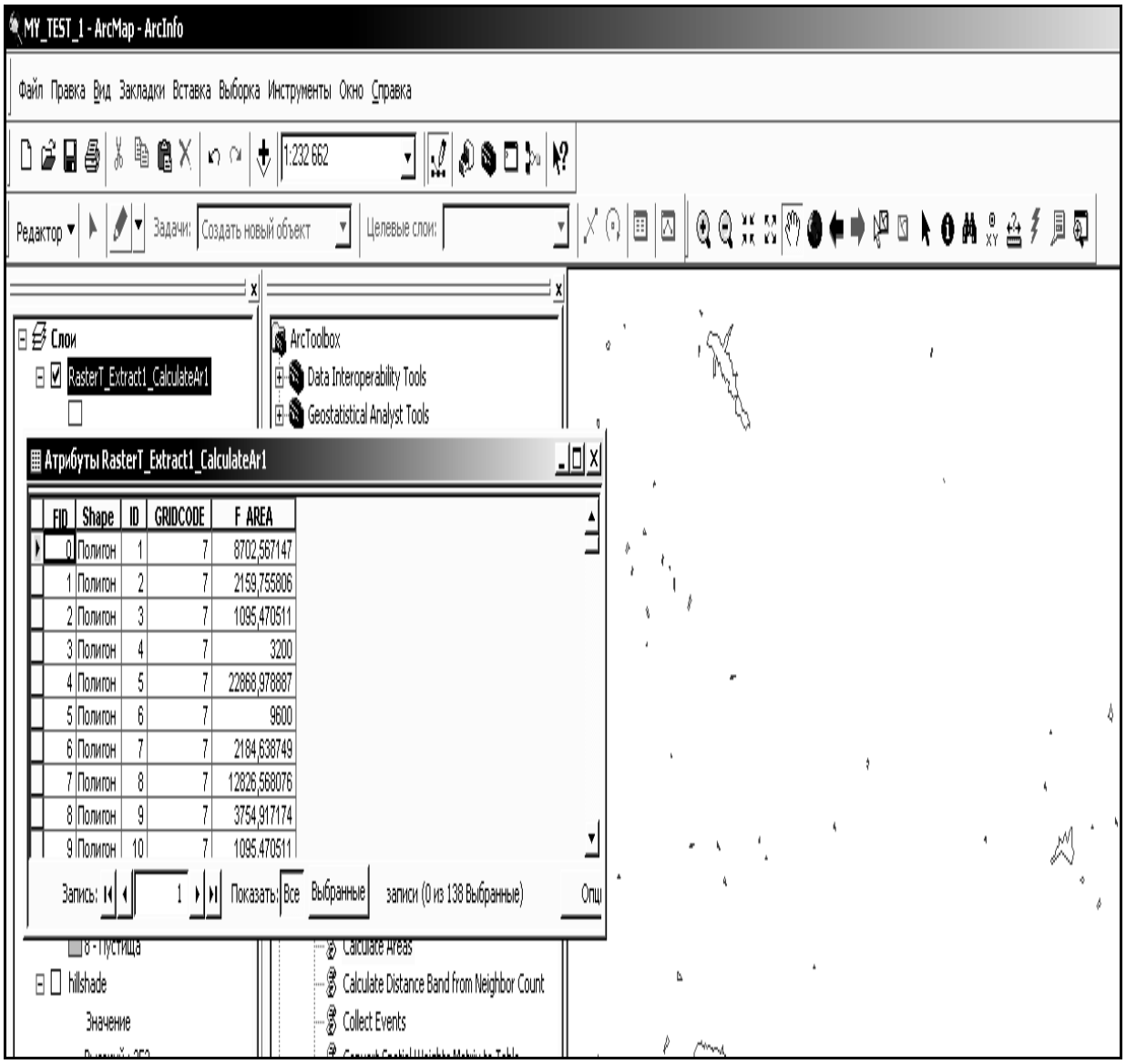


Рис. 10.16. **Результат обчислення площ полігонів водних об’єктів у цьому екстенті в таблиці атрибутів шару полігонів водних об’єктів**

Далі слідує процес вибірки водних об’єктів з площею більше 1.600 000 м^2 і менше 1.700 000 м^2 (рис. 10.17).

Інструмент "Вибірка" (Select) з набору інструментів "Аналіз" (Analysis Tools).

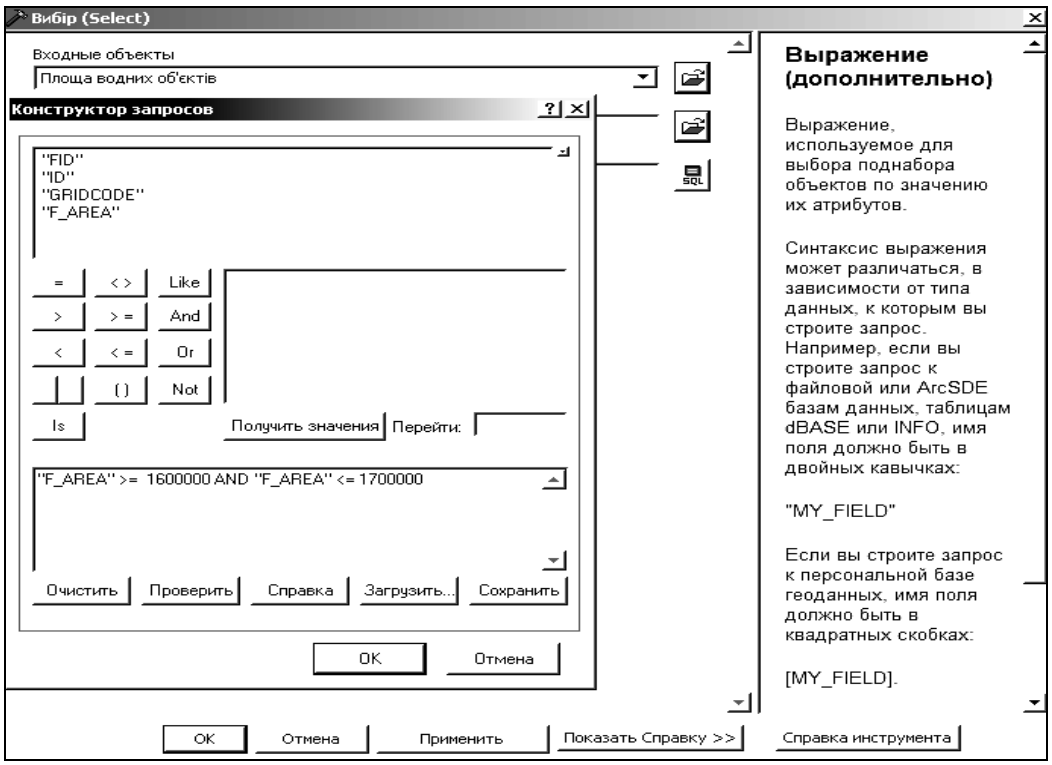


Рис. 10.17. **Процес вибірки водних об’єктів з площею більше 1.600 000 м^2 і менше 1.700 000 м^2**

На рис. 10.18 представлений результат вибірки великих водних об’єктів з прісною водою.

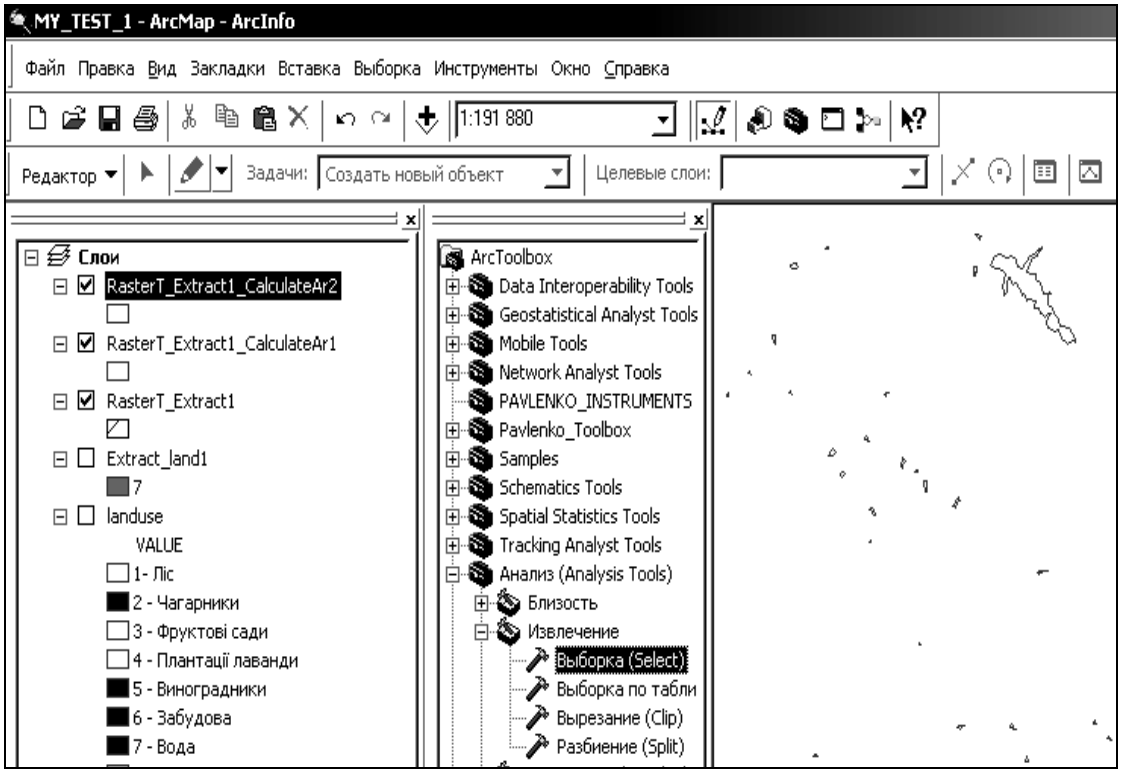


Рис. 10.18. **Результат вибору великих водних об’єктів**

Входом є полігони великих водних об’єктів.

Виходом – полігони з водних об’єктів зі вказаними параметрами.

Далі виконується обчислення евклідової відстані від вибраних великих водних об’єктів. На рис. 10.19 показано звернення до процесу "Евклідова відстань" з набору інструментів Spatial Analyst, на рис. 10.20 – вікно процесу.

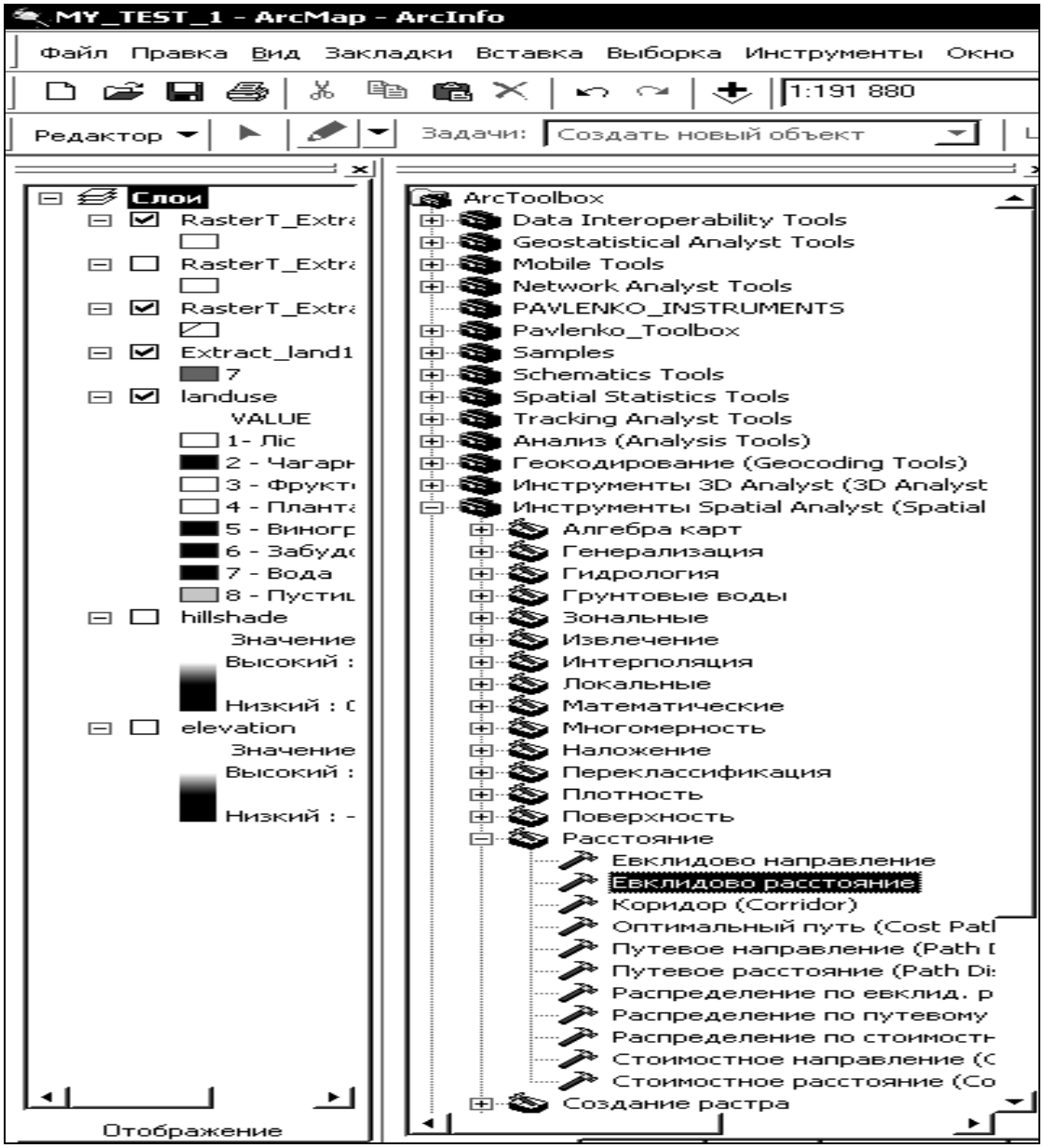


Рис. 10.19. **Звернення до процесу "Евклідова відстань"**

Входом є – полігони водних об’єктів зі вказаними параметрами.

Виходом – растр евклідових відстаней від водних об’єктів зі вказаними параметрами.

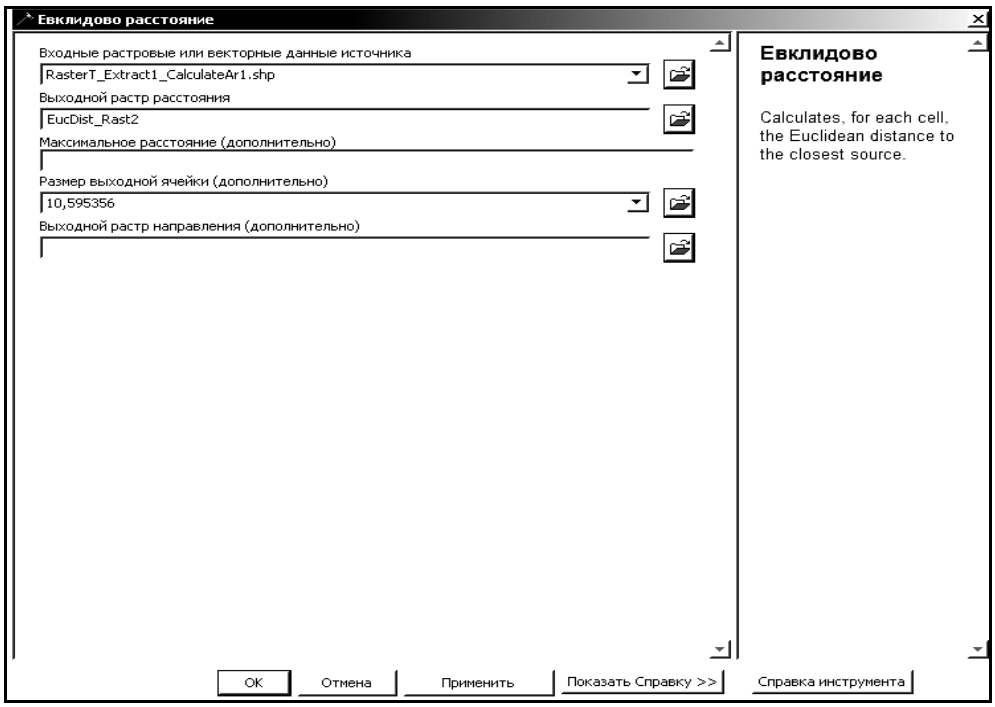


Рис. 10.20. **Обчислення евклідової відстані до вибраних водних об’єктів**

На рис. 10.21 показаний фрагмент карти з евклідовою відстанню до вибраного водного об’єкта.

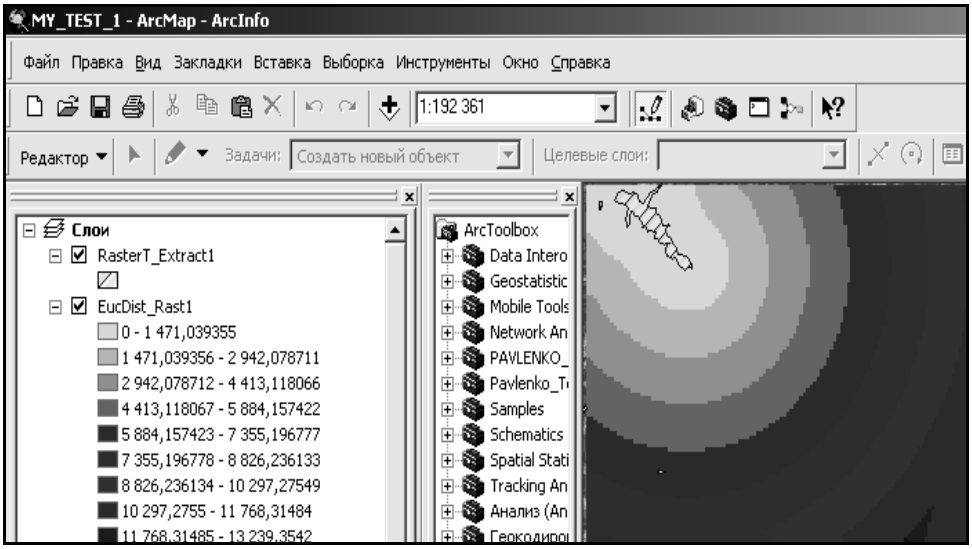


Рис. 10.21. **Результат обчислення евклідової відстані для вибраного водного об’єкта**

Для узгодження шкал растрів, отриманих у різних локальних завданнях, необхідно виконати перекласифікацію кожного отриманого растру. Крім того, перекласифікація дозволяє привласнити необхідну вагу значенням в осередках растру.

На рис. 10.22 покзано місце інструмента "Перекласифікація" в наборі інструментів Spatial Analyst.

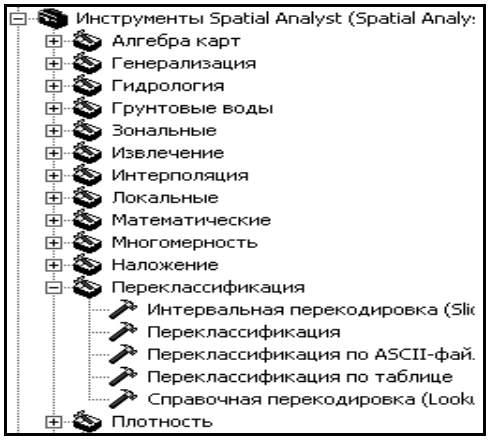


Рис. 10.22. **Інструмент "Перекласифікація" в наборі інструментів "Spatial Analyst"**

Причому в отриманому растрі відстаней до водних об’єктів великі значення відстаней мають більшу вагу. Для шуканого місця розміщення підприємства важлива близькість до води. Тому при виконанні перекласифікації необхідно змінити порядок ваг осередків растру.

Такий процес – перекласифікація. На рис. 10.23 наведений початковий порядок ваг.

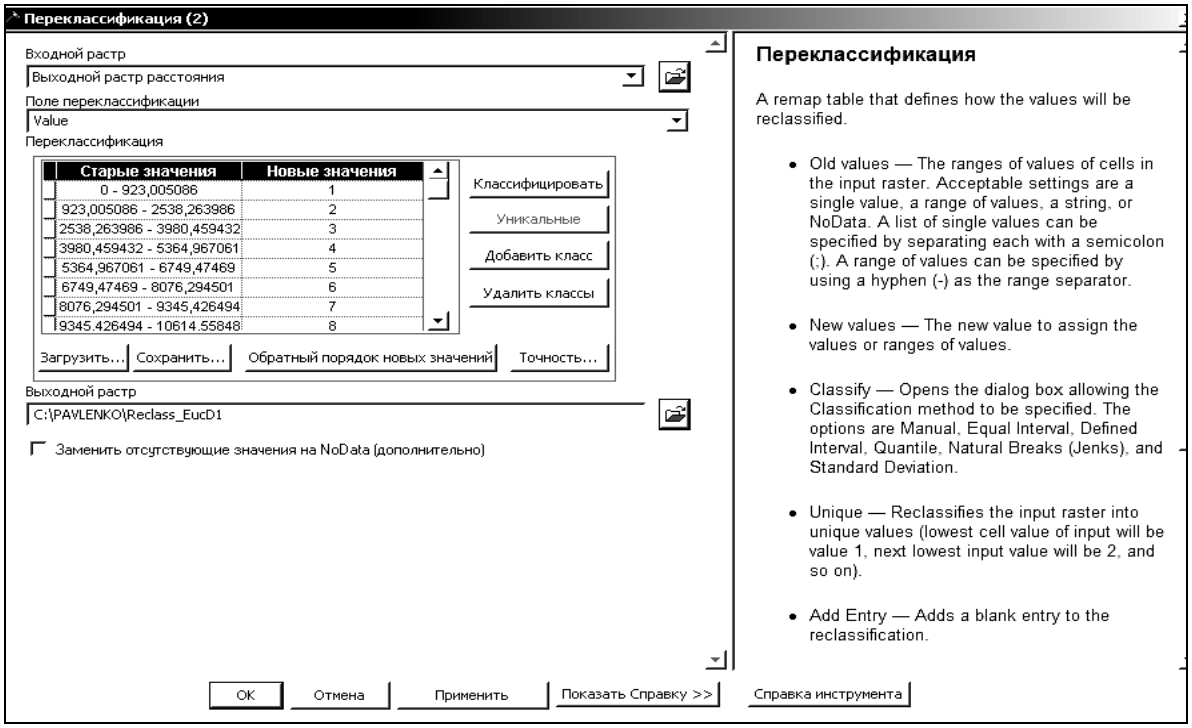


Рис. 10.23. **Початковий порядок ваг осередків растру відстаней до водних об’єктів**

Для зміни порядку ваг необхідно натиснути кнопку "Зворотний порядок нових значень". Для відстаней до водних об’єктів потрібно змінити порядок осередків. У результаті більшу вагу мають менші відстані до водних об’єктів (рис. 10.24).

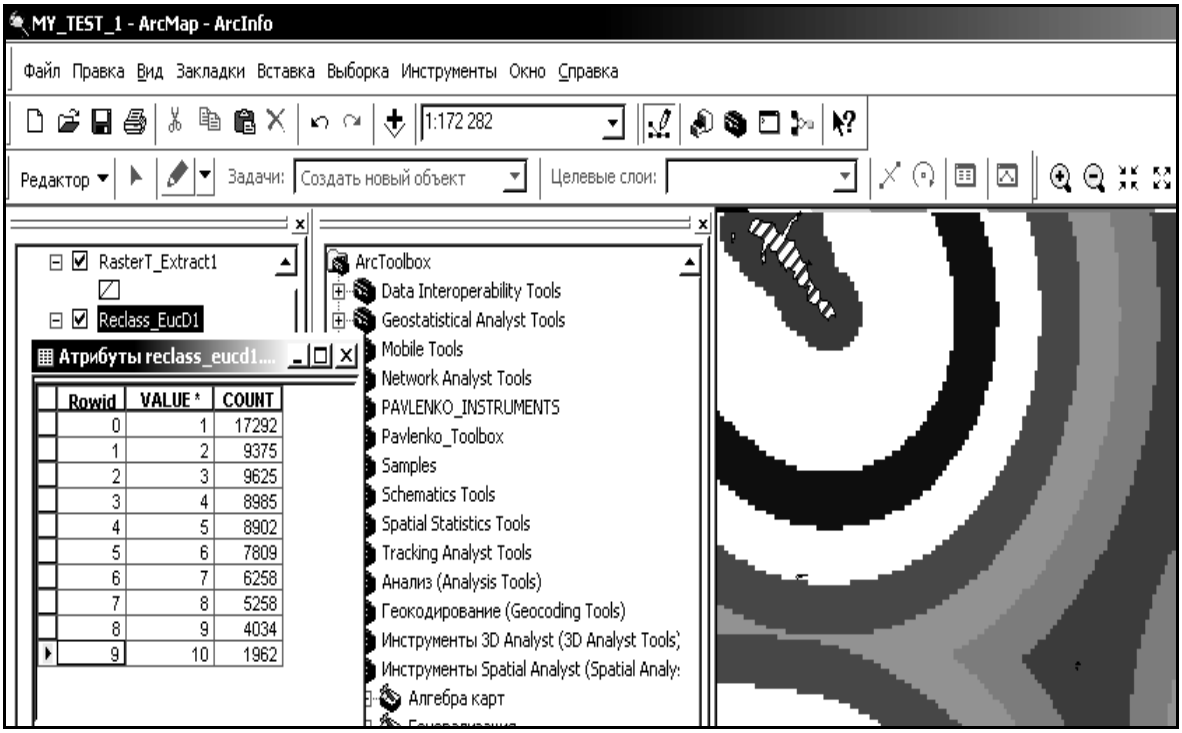
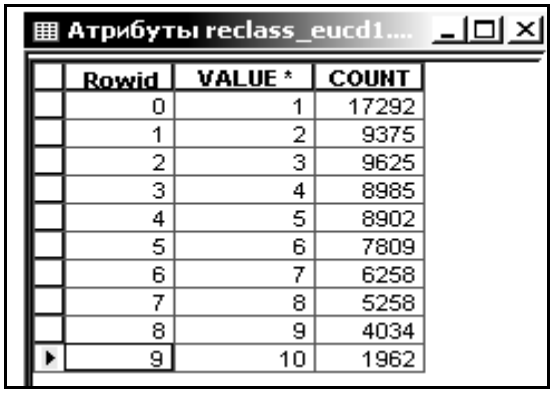


Рис. 10.24. **Результат перекласифікації для водних об’єктів**

На рис. 10.25 представлена таблиця перекласифікованих значень відстаней до водних об’єктів.



Атрибуты reclass_eucd1....

Rowid	VALUE *	COUNT
0	1	17292
1	2	9375
2	3	9625
3	4	8985
4	5	8902
5	6	7809
6	7	6258
7	8	5258
8	9	4034
9	10	1962

Рис. 10.25. **Перекласифіковані значення відстаней до водних об’єктів**

У результаті менші відстані до вибраних водних об’єктів мають більшу вагу.

10.2.2. Моделювання другого локального завдання

На рис. 10.26 представлений процес "Витягнути за атрибутами" даних про виноградники і плантації лаванди.

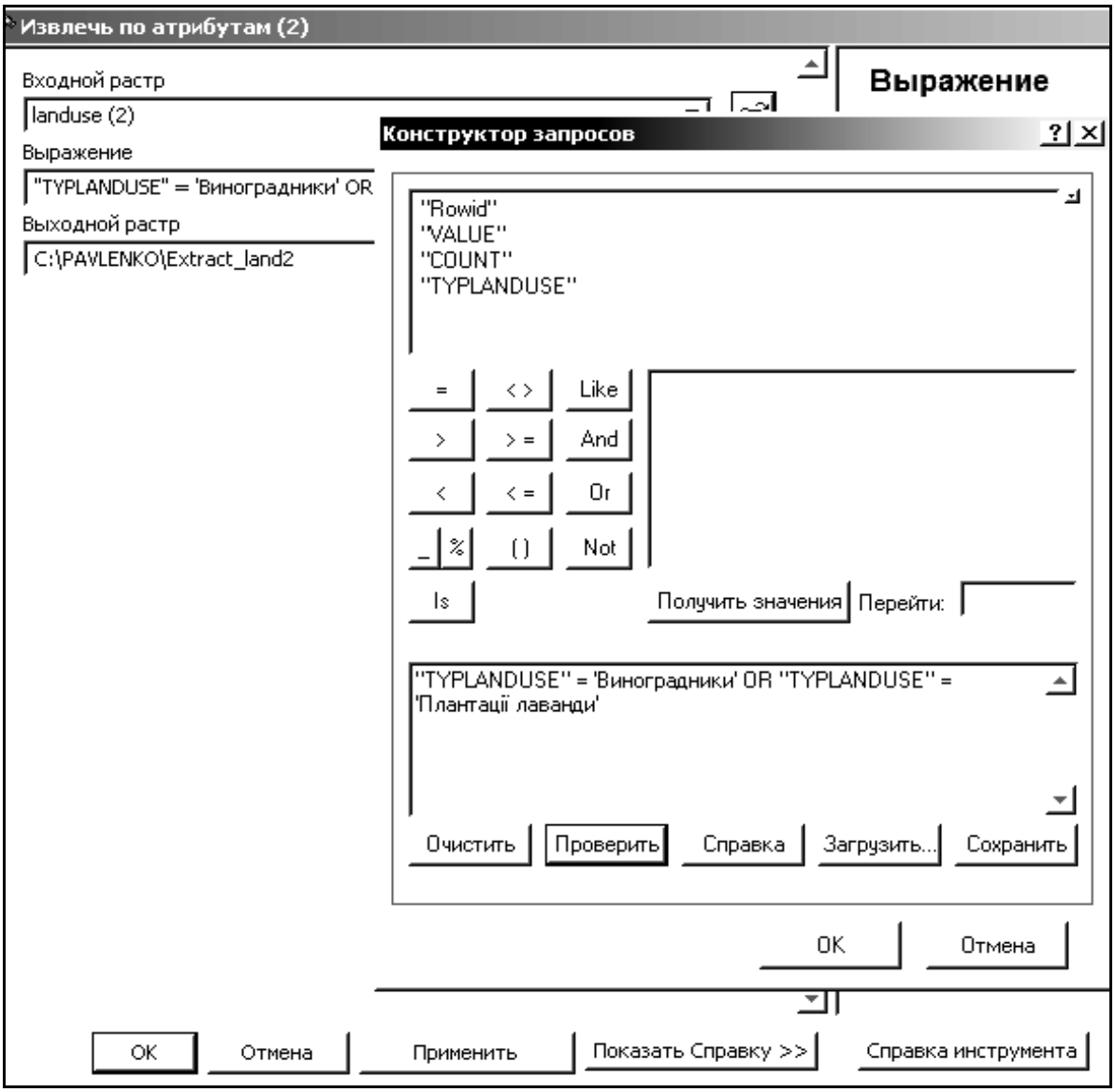


Рис. 10.26. **Процес "Витягнути за атрибутами" даних про виноградники і плантації лаванди**

Входом є шар растру – "Landuse".

Виходом – растр з даними про рослини: виноградники і лаванду.

Далі виконується процес обчислення евклідової відстані від кожного з витягнутих об’єктів (для рослин) (рис. 10.27).

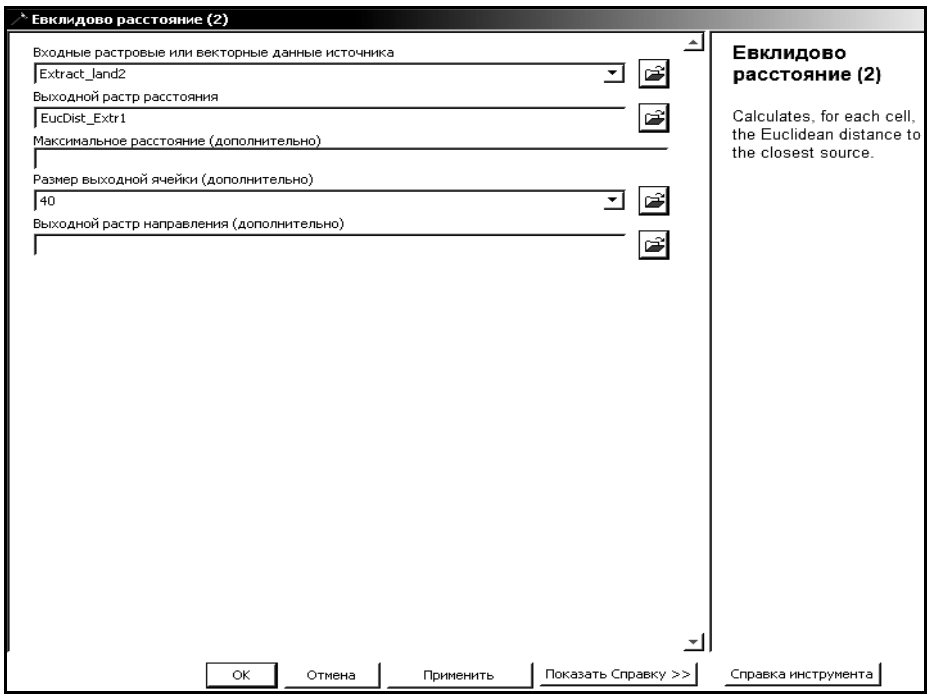


Рис. 10.27. **Обчислення евклідової відстані для рослин**

На рис. 10.28 наведений результат обчислення евклідової відстані для виноградників і плантацій лаванди.

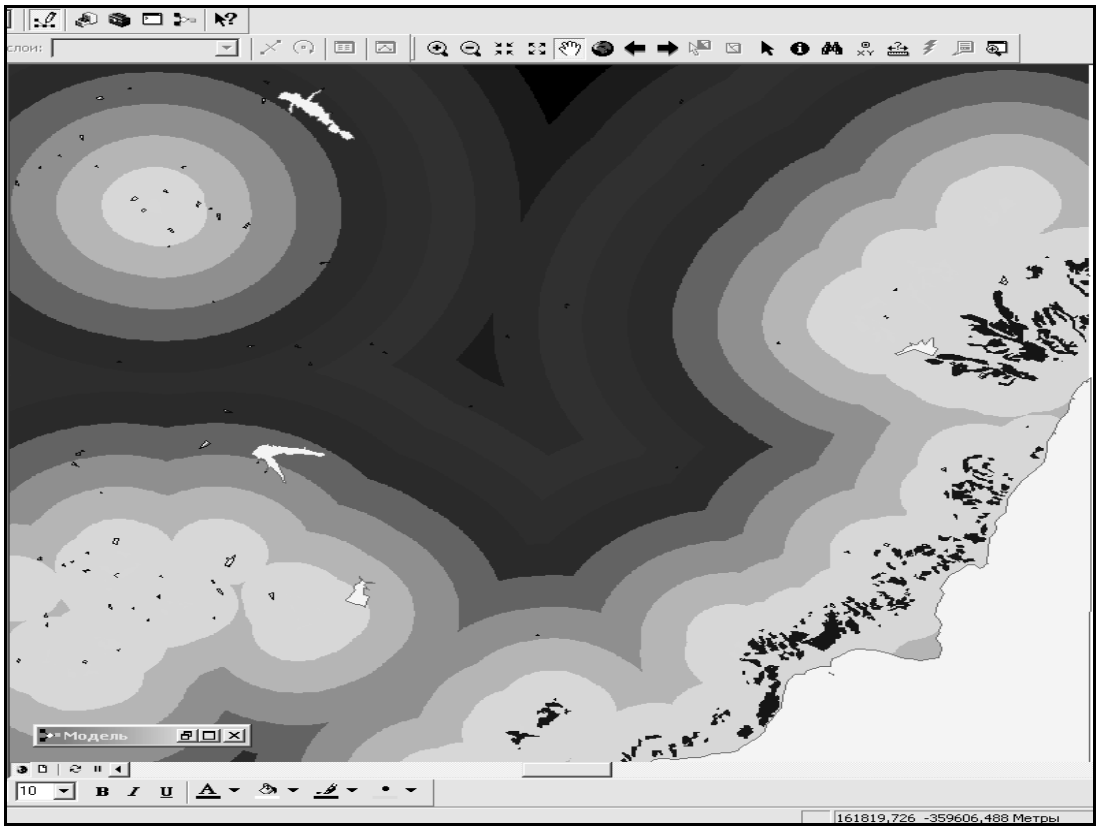


Рис. 10.28. **Результат обчислення евклідової відстані для виноградників і плантацій лаванди**

Отриманий растр відстаней підлягає перекласифікації.

Тут більшу вагу повинні мати великі відстані до виноградників і плантацій лаванди. Тому в отриманому растрі немає необхідності змінювати вагу осередків.

На рис. 10.29 наведений результат перекласифікації растру для виноградників і плантацій лаванди.

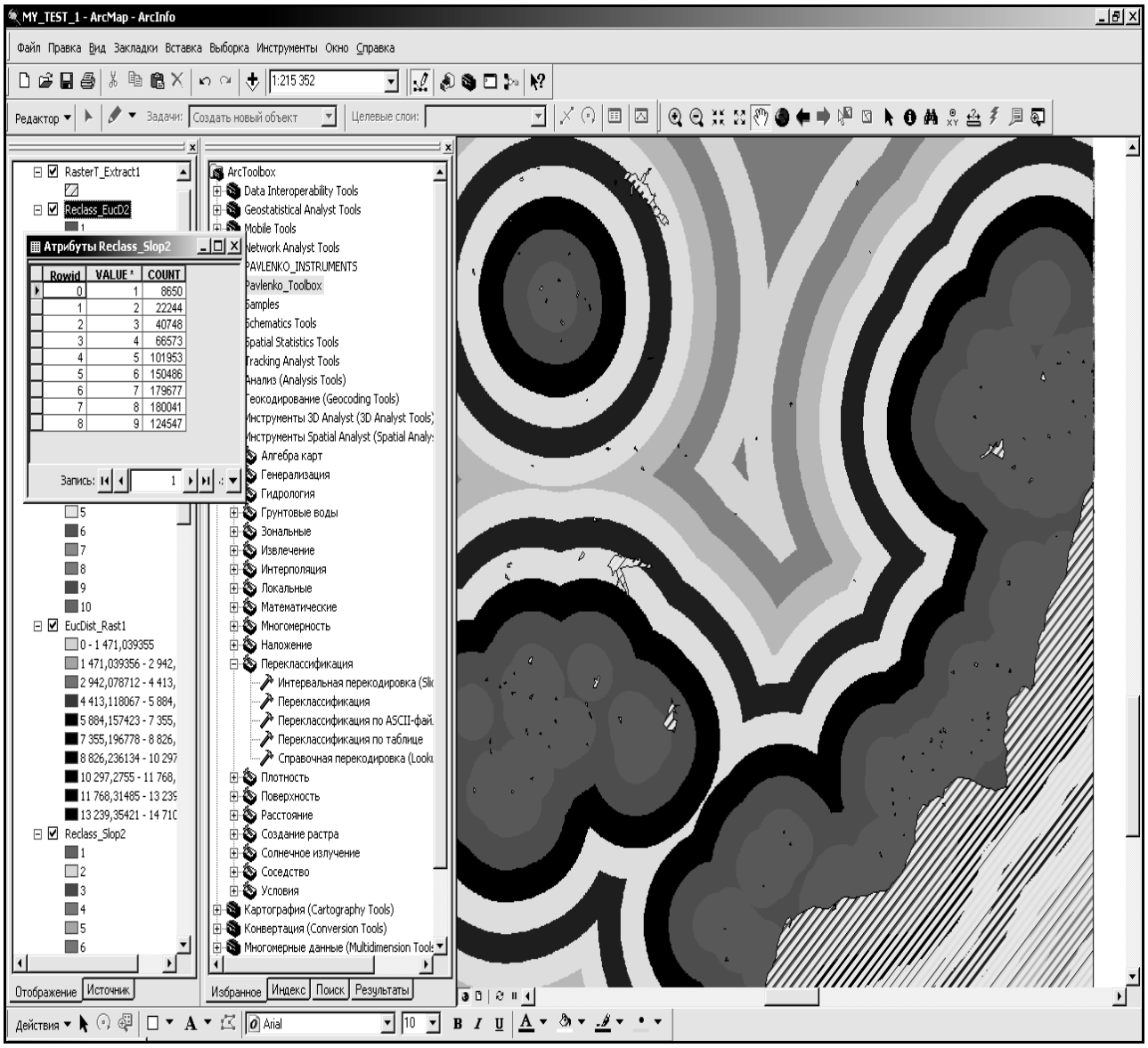


Рис. 10.29. **Результат перекласифікації для растра відстаней до виноградників і лаванди**

На рис. 10.30 наведена таблиця атрибутів перекласифікованих відстаней для виноградників і плантацій лаванди. Більшу вагу мають більші відстані до рослин.

Атрибуты Reclass_Slop2

Rowid	VALUE *	COUNT
0	1	8650
1	2	22244
2	3	40748
3	4	66573
4	5	101953
5	6	150486
6	7	179677
7	8	180041
8	9	124547

Запись: 1

Рис. 10.30. **Таблиця атрибутів перекласифікованого растру евклідової відстані до виноградників і плантацій лаванди**

10.2.3. Моделювання третього локального завдання

Обчислення схилів місцевості в цьому екстенті виконується операцією "Схил" з набору моделей Spatial Analyst ArcToolbox.

На рис. 10.31 наведено вікно команди обчислення схилів.

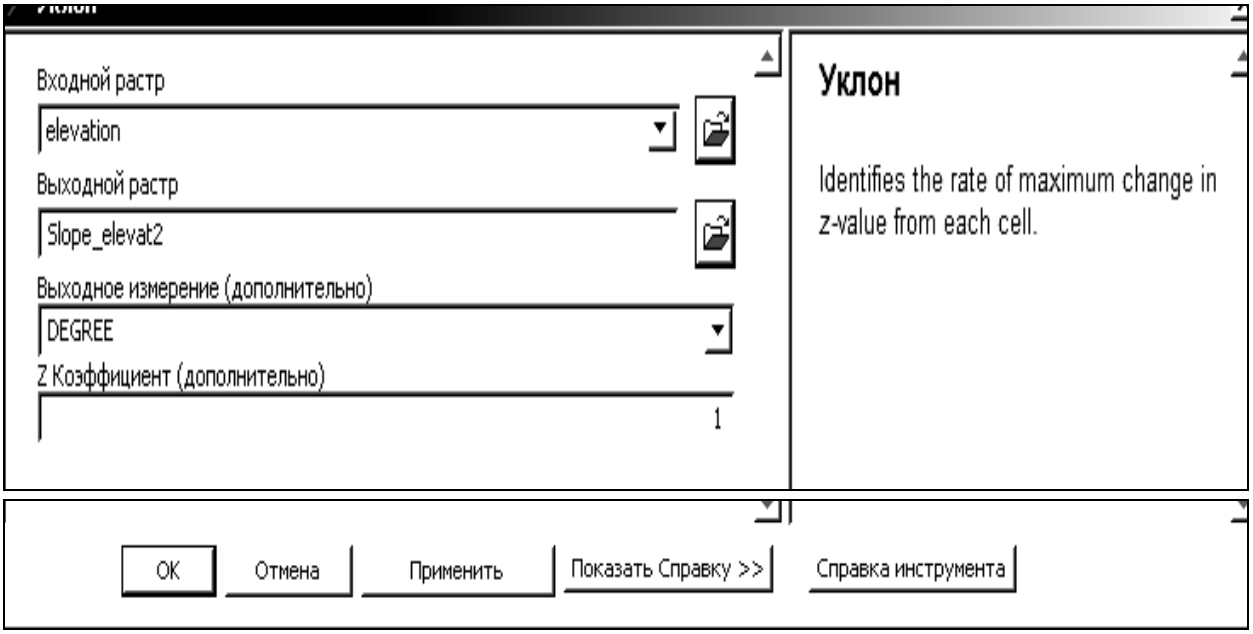


Рис. 10.31. **Команда обчислення схилів**

Процес обчислення схилів найтриваліший зі всіх наведених у цій моделі (рис. 10.32, 10.33).

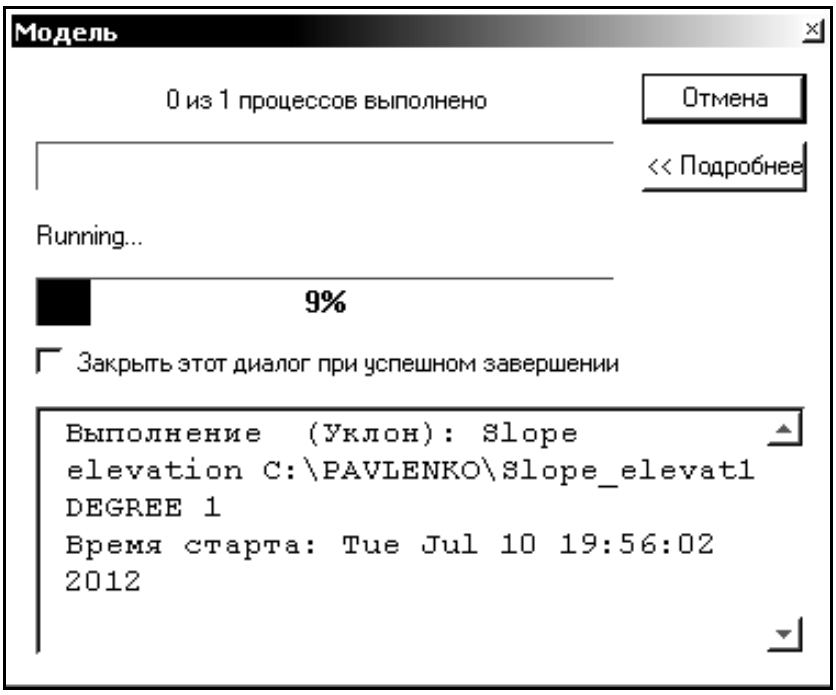


Рис. 10.32. **Вікно процесу обчислення схилів місцевості**

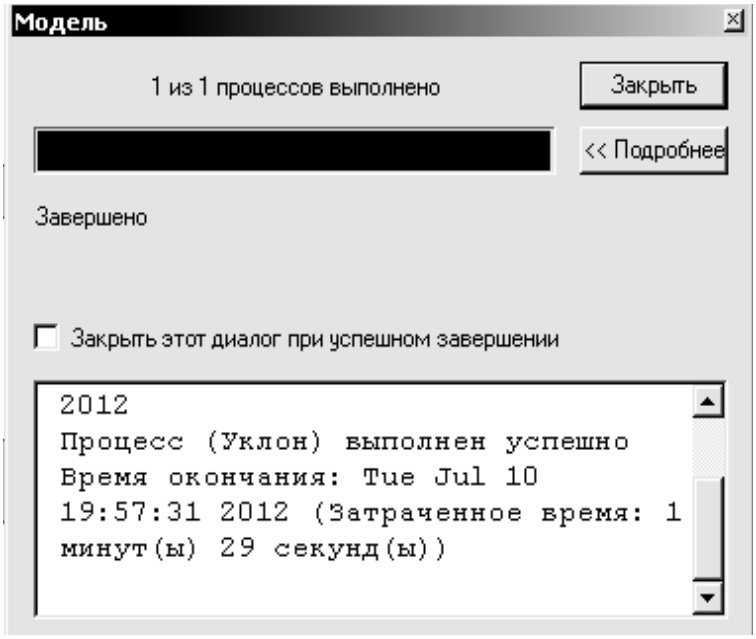


Рис. 10.33. **Вікно процесу обчислення схилів місцевості (процес завершений)**

Вхідними даними є шар "Elevation".
Вихідним – шар схилів (рис. 10.34).

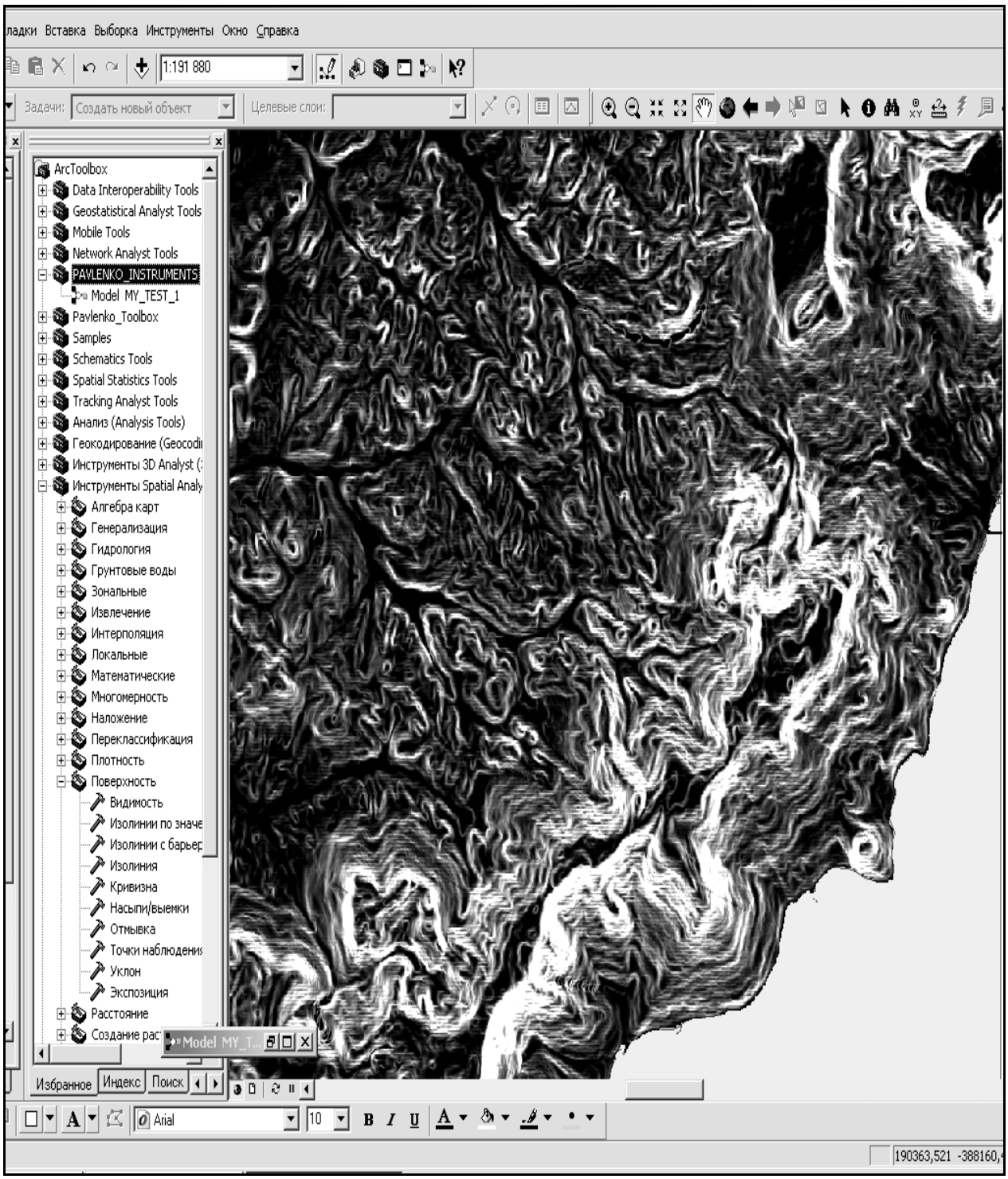


Рис. 10.34. **Результат обчислення схилів**

Далі необхідно виконати перекласифікацію значень схилів. Причому більшу вагу повинні мати менші схили (рис. 10.35).

Для цього у вікні процесу "Перекласифікація" виконується вибір опції "Зворотний порядок нових значень".

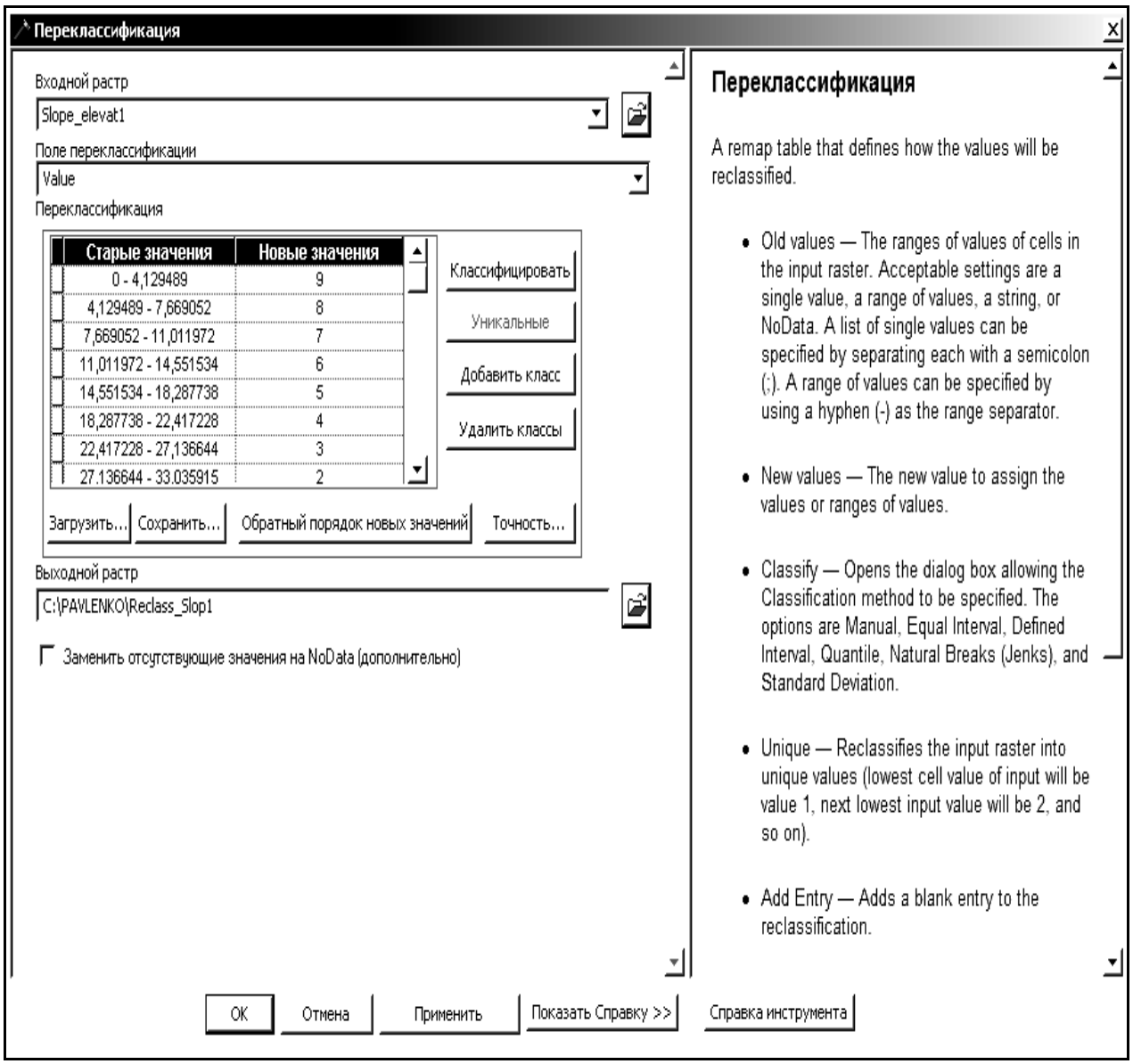


Рис. 10.35. **Процес перекласифікації схилів**

Вхідним растром є шар схилів.

Вихідним – перекласифіковані схили.

Після цього будуть включені в інтеграцію моделі тільки низькі висоти.

10.2.4. Моделювання інтегрального завдання

Виконується процес, інтегруючий результати моделювання за трьома критеріями – процес "Зважене накладення", коли кожному растру, отриманому за кожним з критеріїв, надається вага згідно з умовами завдання (рис. 10.36).

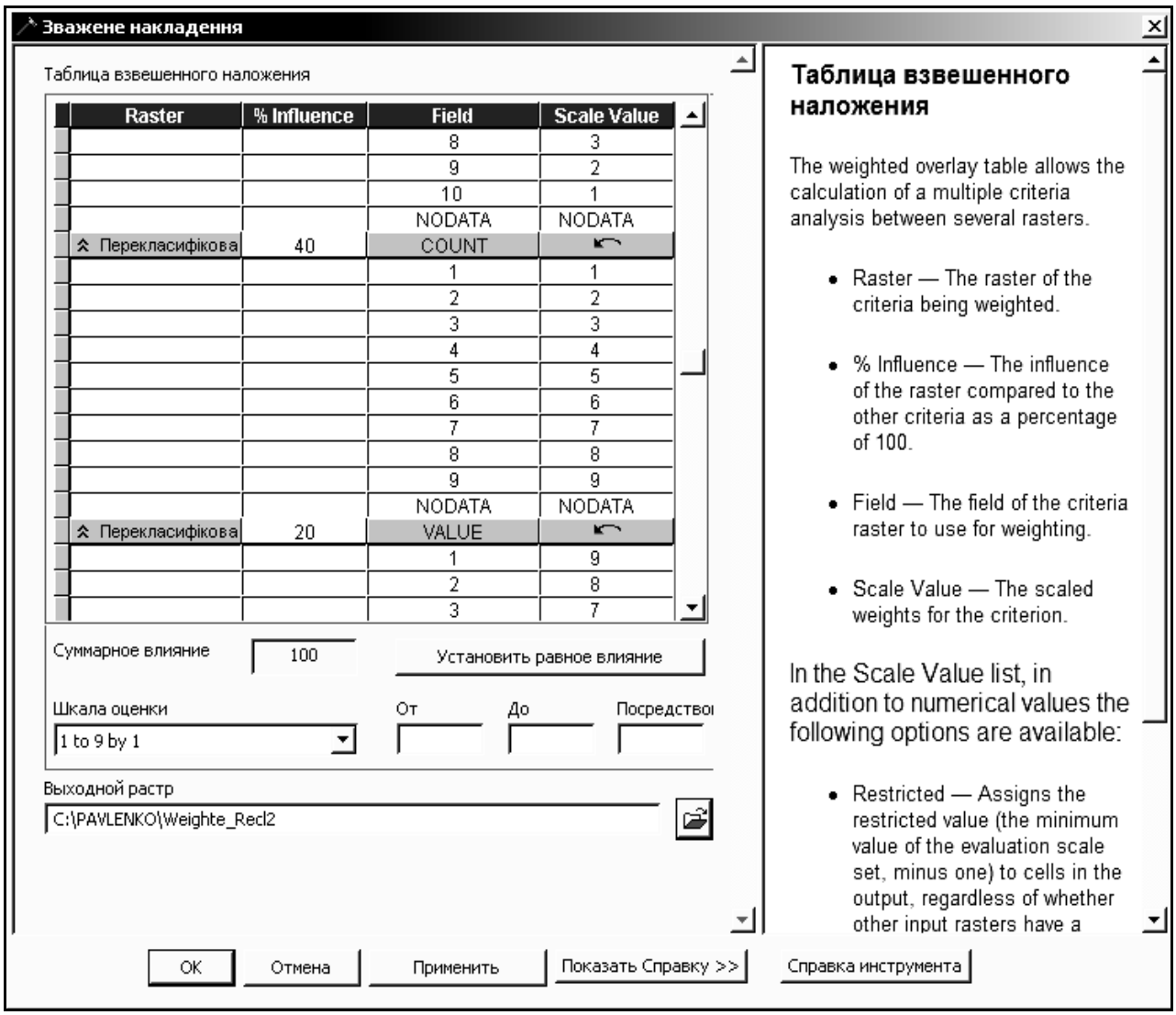


Рис. 10.36. **Процес "Зважене накладення"**

Входами є перекласифіковані растри, отримані в результаті рішення трьох локальних завдань. При необхідності можна в полі "Scale Value" змінити порядок ваг, натискуючи стрілку сортування і навіть обрати потрібні значення зі списку, який відкривається поряд з кожним значенням ваги.

У полі "% Influence" необхідно вказати вагу растрів, що інтегруються, так, щоб у вікні "Сумарний вплив" опинилася цифра 100 %. Виходом є растр місцевості, що має такі властивості.

Знаходиться близько до водних об’єктів (вплив 40 %);

далеко від виноградників і плантацій лаванди (вплив 40 %);

місцевість має невеликий схил (вплив 20 %).

На рис. 10.37 наведений результат вибору місцевості під будівництво.

Рис. 10.37. **Результат моделювання – місцевість під будівництво виділена прямокутником**

Далі виконується перетворення отриманого растру в полігон (рис. 10.38).

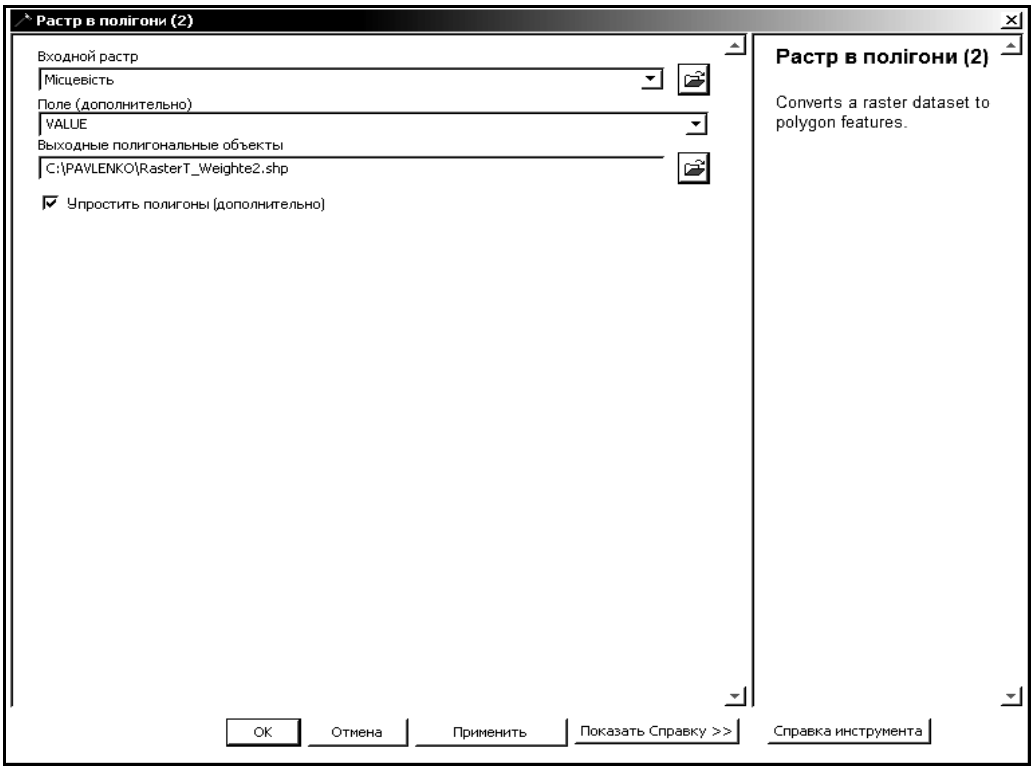


Рис. 10.38. **Процес перетворення растру в полігон**

Входом є растр вибраної місцевості.

Виходом – полігональні об’єкти вибраної місцевості.

Далі виконується обчислення площ полігонів вибраної місцевості (рис. 10.39, 10.40).

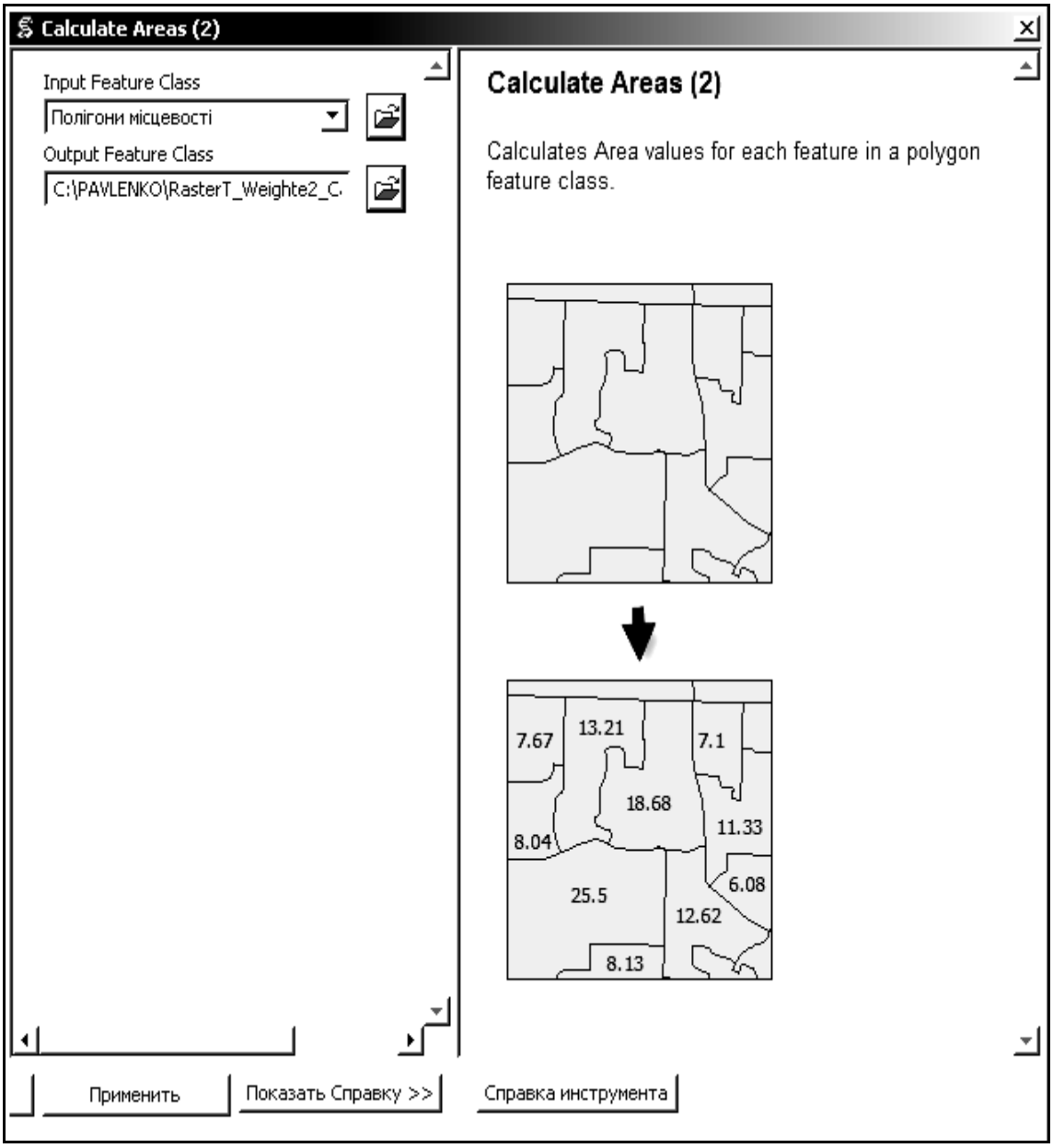


Рис. 10.39. **Обчислення площ поліногонів у вибраній місцевості**

Входом є полігони вибраної місцевості.

Виходом – площі цих полігонів.

Далі виконується вибір з отриманих полігонів полігону з площею в межах: 2 500 – 37 500 км ^{2}.

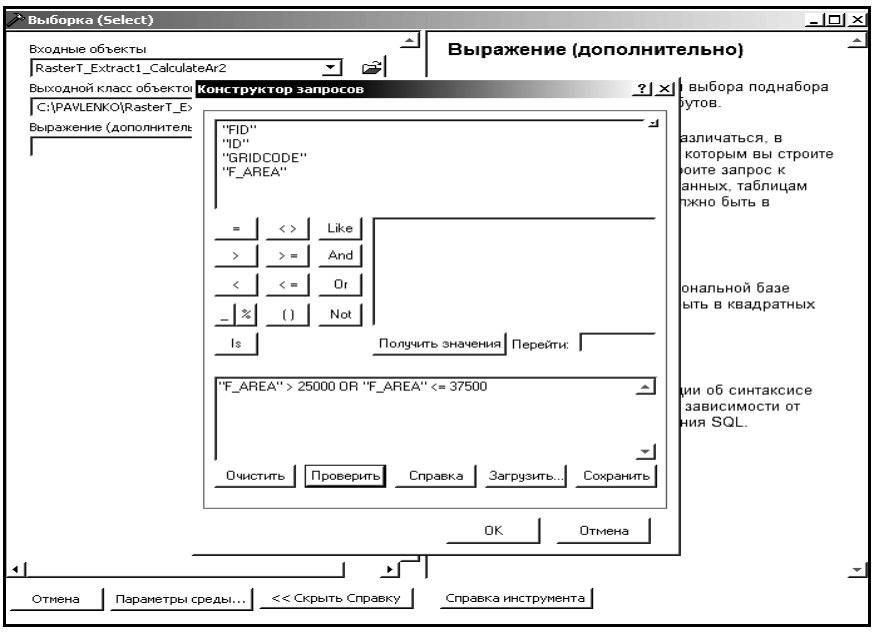


Рис. 10.40. **Вибір полігону із заданою площею**

На рис. 10.41 наведений результат моделювання.

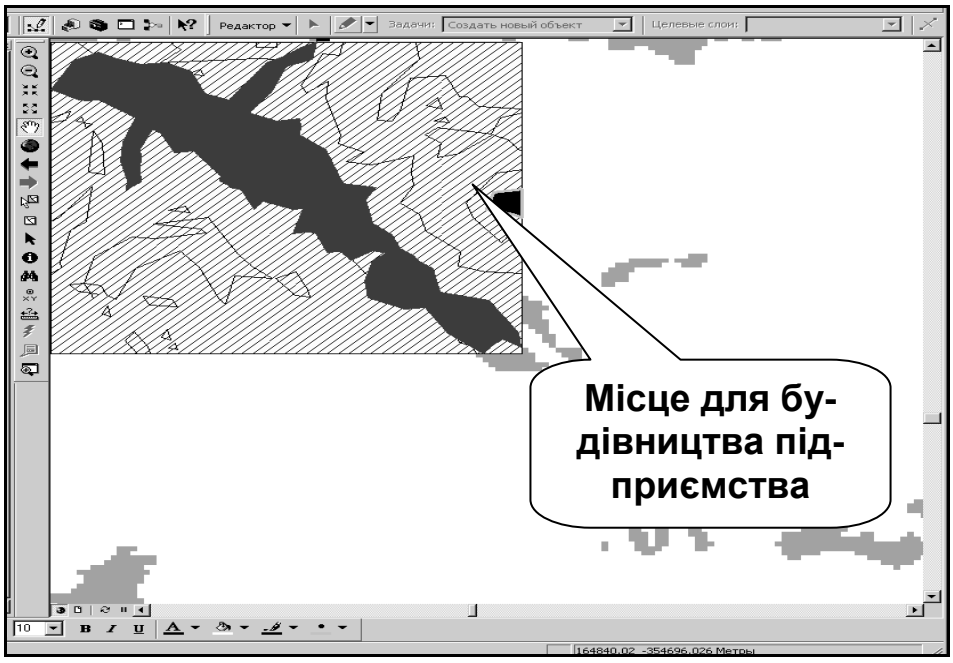


Рис. 10.41. **Вибране місце для будівництва**

Змінюючи методи і параметри моделі, повторюючи аналіз, створюють альтернативні сценарії і тим самим розробляють імітаційну модель пошуку оптимального рішення.

Вибір опції "Видалити проміжні дані" в меню "Модель" дозволяє видалити їх з таблиці змісту карти і самої карти всі проміжні шари, які були отримані в процесі відладки моделі (рис. 10.42).

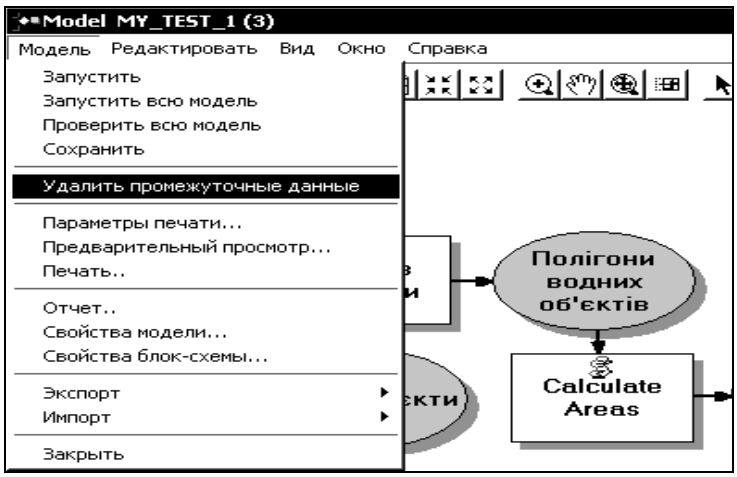


Рис. 10.42. **Вибір опції "Видалити проміжні дані" з моделі**

Етап 5. Представлення результатів аналізу виконується у вигляді: карти, моделі, звіту, скрипта моделі у вигляді Jscript.

10.2.5. Побудова звітів у середовищі модуля ModelBuilder

Модуль ModelBuilder дозволяє сформувати звіт за результатами моделювання [33]. На рис. 10.43 показано звернення до майстра побудови звіту.

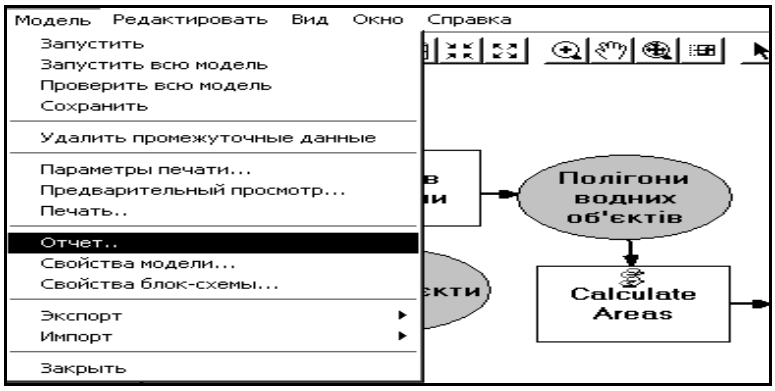


Рис. 10.43. **Звернення до майстра побулови звітів**

На рис. 10.44 наведено вікно з пропозицією вибору способу збереження звіту.

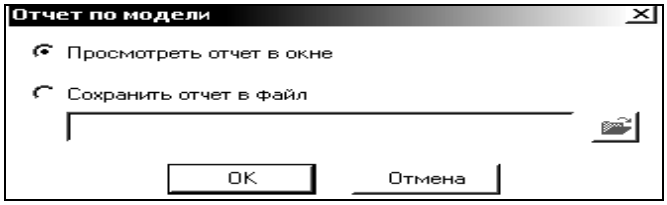


Рис. 10.44. **Пропозиція вибору способу збереження звіту**

На рис. 10.45 наведено фрагменти звіту.

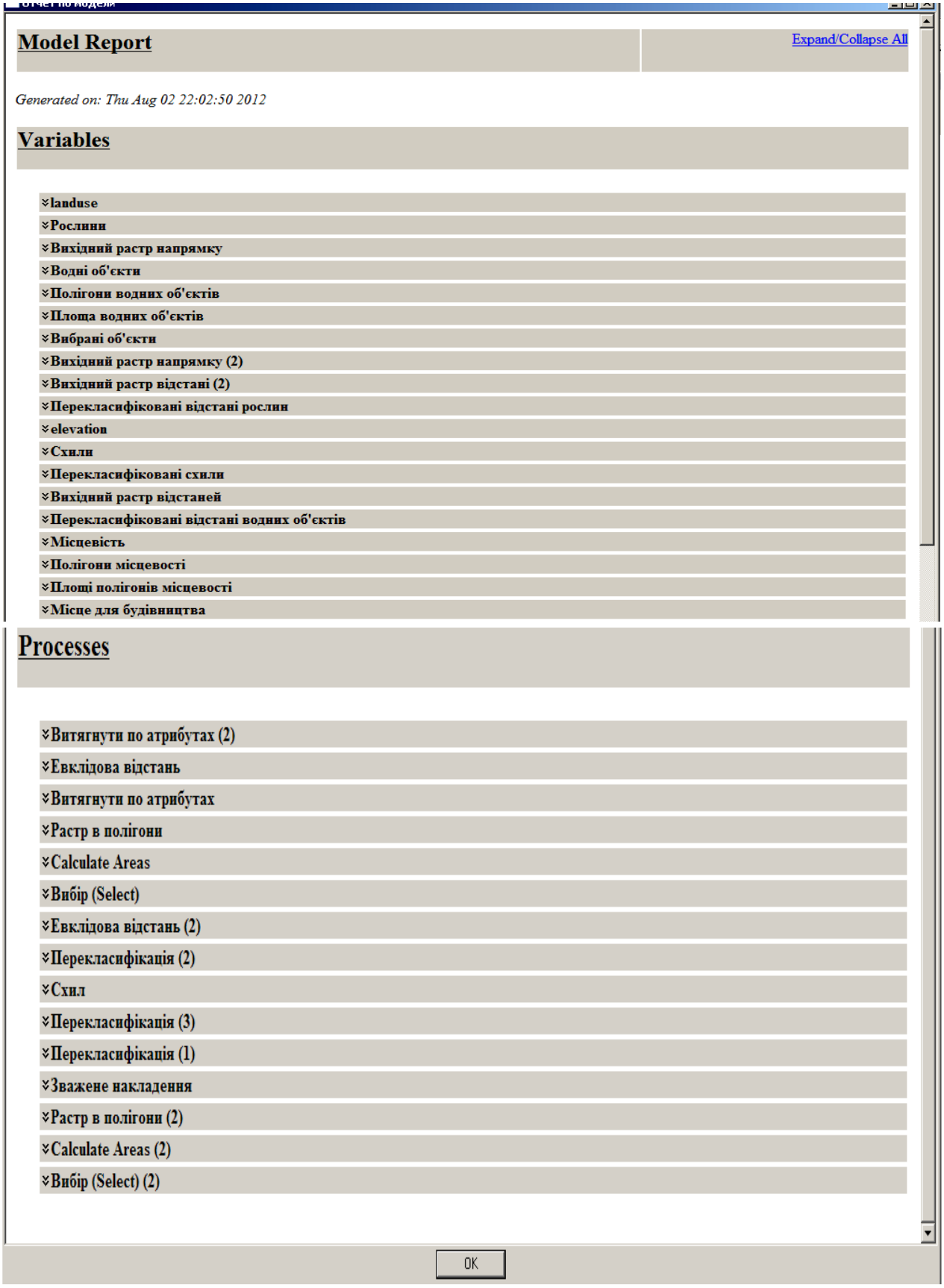
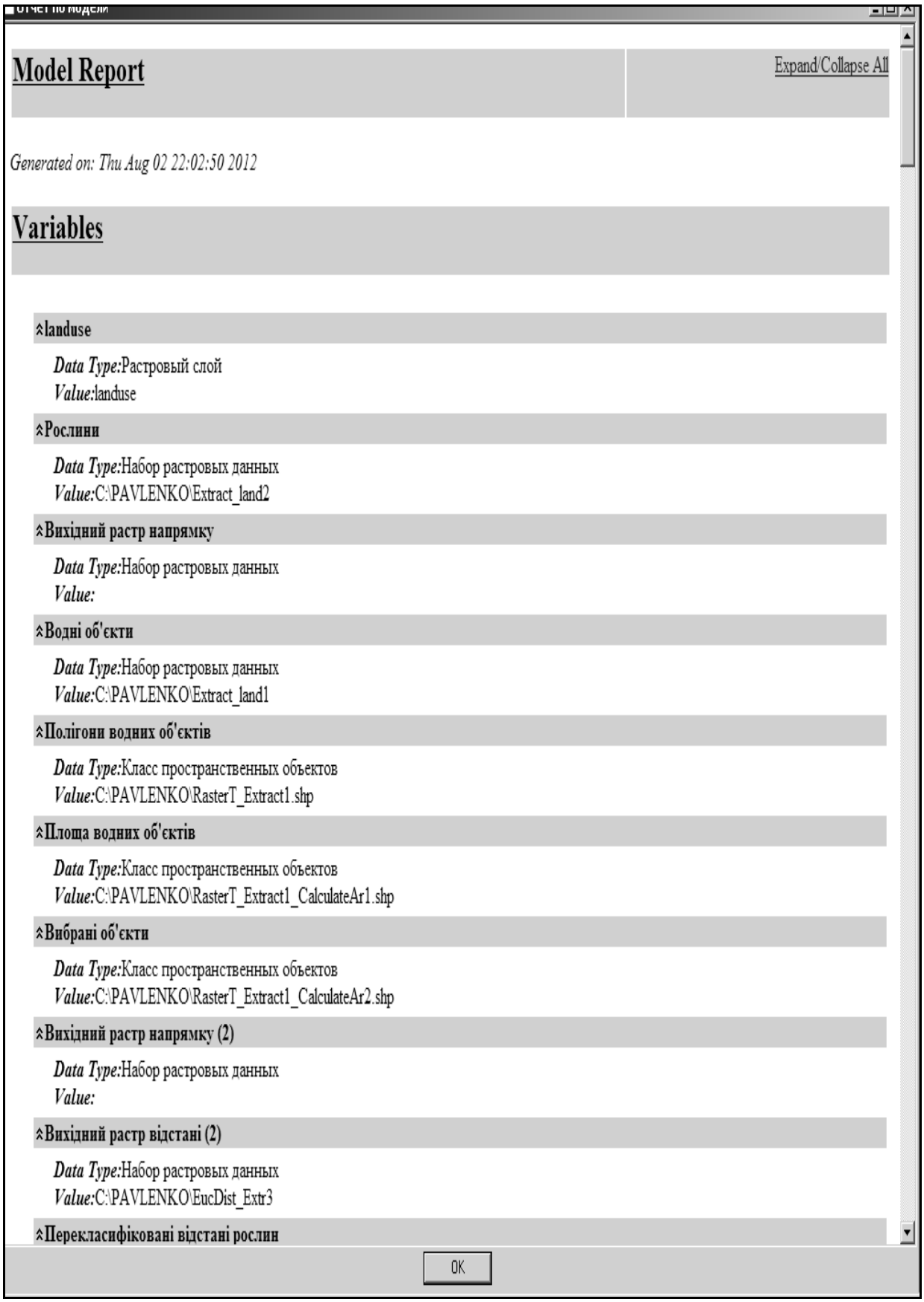


Рис. 10.45. **Звіт зі згорнутими пунктами**



Model Report

Expand/Collapse All

Generated on: Thu Aug 02 22:02:50 2012

Variables

landuse

*Data Type:*Растровый слой
*Value:*landuse

Рослини

*Data Type:*Набор растровых данных
*Value:*C:\PAVLENKO\Extract_land2

Вихідний растр напрямку

*Data Type:*Набор растровых данных
Value:

Водні об'єкти

*Data Type:*Набор растровых данных
*Value:*C:\PAVLENKO\Extract_land1

Полігони водних об'єктів

*Data Type:*Класс пространственных объектов
*Value:*C:\PAVLENKO\RasterT_Extract1.shp

Площа водних об'єктів

*Data Type:*Класс пространственных объектов
*Value:*C:\PAVLENKO\RasterT_Extract1_CalculateAr1.shp

Вибрані об'єкти

*Data Type:*Класс пространственных объектов
*Value:*C:\PAVLENKO\RasterT_Extract1_CalculateAr2.shp

Вихідний растр напрямку (2)

*Data Type:*Набор растровых данных
Value:

Вихідний растр відстані (2)

*Data Type:*Набор растровых данных
*Value:*C:\PAVLENKO\EucDist_Extr3

Перекласифіковані відстані рослин

OK

Рис. 10.46. **Фрагмент звіту (частина Variables) зі розгорнутими пунктами**

Отчет по модели

Data Type:Класс пространственных объектов
Value:C:\PAVLENKO\RasterT_Weighte2_CalculateAr1.shp

Processes

Витягнути по атрибутах (2)

Tool Name:Извлечь по атрибутам
Tool Source:C:\Program Files\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes\Spatial Analyst Tools.tbx\Извлечение\ExtractByAttributes

Parameters:

Name	*Direction*	*Type*	*Data Type*	*Value*
Входной растр	Input	Required	Смешанный набор геоданных	landuse
Выражение	Input	Required	Выражение SQL	"TYPLANDUSE" = 'Виноградники' OR "TYPLANDUSE" = 'Плантації лаванди'
Выходной растр	Output	Required	Набор растровых данных	C:\PAVLENKO\Extract_land2

Messages:

Выполнение (Извлечь по атрибутам (2)): ExtractByAttributes landuse ""TYPLANDUSE" = 'Виноградники' OR "TYPLANDUSE" = 'Плантації лаванди'" C:\PAVLENKO\Extract_land2

Время старта: Thu Aug 02 16:32:39 2012

Процесс (Извлечь по атрибутам (2)) выполнен успешно

Время окончания: Thu Aug 02 16:32:42 2012 (Затраченное время: 3,00 секунд(ы))

Евклідова відстань

Tool Name:Евклидово расстояние
Tool Source:C:\Program Files\ArcGIS\ArcToolbox\Toolboxes\Spatial Analyst Tools.tbx\Расстояние\EucDistance

Parameters:

Name	*Direction*	*Type*	*Data Type*	*Value*
Входные растровые или векторные данные источника	Input	Required	Смешанный набор геоданных	C:\PAVLENKO\Extract_land2
Выходной растр расстояния	Output	Required	Набор растровых данных	C:\PAVLENKO\EucDist_Extr3
Максимальное расстояние	Input	Optional	Double	
Размер выходной ячейки	Input	Optional	Размер ячейки анализа	40
Выходной растр направления	Output	Optional	Набор растровых данных	

OK

Рис. 10.47. **Фрагмент звіту (частина Processes) зі розгорнутими пунктами**

Питання для самоперевірки

1. Пояснити застосування основних процесів необхідних для вирішення завдання вибору оптимального місця розміщення об’єктів у заданому екстенті при моделюванні засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" з використанням векторних і растрових даних.

2. Пояснити застосування процесу "Евклідова відстань" при рішенні завдання вибору оптимального місця розміщення об’єктів у заданому екстенті при моделюванні засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" в середовищі "ModelBuilder" з використанням векторних і растрових даних.

3. Пояснити застосування процесу "Растр в вектор" при рішенні завдання вибору оптимального місця розміщення об’єктів у заданому екстенті при моделюванні засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder".

4. Пояснити застосування процесу "Зважене накладення" при рішенні завдання вибору оптимального місця розміщення об’єктів у заданому екстенті при моделюванні засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder".

5. Пояснити застосування майстра побудови звітів у середовищі "ModelBuilder".

Резюме за темою

Розробка аналітичного ГІС-проекту засобами інструментів "Spatial Analyst ArcToolbox" предбачає роботу із растровими та векторними даними.

При цьому найбільш часто використовуються процеси: "Евклідова відстань", "Перекласифікація", "Зважене накладення", "Вектор в растр" та "Растр у вектор", "Обчислення площі".

Словник термінів

Майстер побудови звіту в "ModelBuilder"	Інструмент генерації звітів за результатами моделювання. Звіт містить параметри змінних і процесів моделі
Генерація скриптів в "ModelBuilder"	Інструмент генерації скриптів при експорті результатів моделювання в програми на одній з мов програмування: Python, JScript, VBScript

Контрольні запитання

1. Навести приклад постановки завдання моделювання та модель прийняття рішення про вибір місця розміщення філіалу фірми засобами команд набору "Analysis Tools ArcToolbox" з використанням векторних і растрових даних.

2. Навести приклад постановки завдання моделювання та модель прийняття рішення про вибір місця розміщення філіалу фірми засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder".

3. Навести приклад застосування процесу "Перекласифікація" при моделюванні засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" в середовищі "ModelBuilder".

4. Виконати збереження моделі прийняття рішення про вибір місця розміщення філіалу фірми засобами команд набору "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" в якості JScript.

11. Сучасність і перспектива застосування ArcGIS

Мета вивчення теми – ознайомлення з сучасністю і перспективами застосування ГІС.

Основні питання:

11.1. Додаткові модулі для ArcGIS 9 Desktop.

11.1.1. Модуль розробки і аналізу поверхонь 3D Analyst.

11.1.2. Додаток ArcGlobe.

11.2. Огляд можливостей серверних ГІС ArcGIS 9.

11.3. Інтелектуальні ГІС.

Професійні компетентності: засвоєння додаткових можливостей та перспектив застосування ГІС-моделювання.

Нормативна база для вивчення теми: математика, дослідження операцій, теорія вірогідностей, статистика, системний аналіз, інформатика та комп’ютерна техніка, програмування.

Ключові терміни: модуль 3D Analyst, 3D-моделювання, програмний продукт ArcGlobe, серверні ГІС ArcGIS 9, інтелектуальні ГІС.

11.1. Додаткові модулі ArcGIS 9 Desktop

Для настільних продуктів ArcGIS 9 Desktop є ряд додаткових модулів (табл. 11.1) [28 – 37].

Таблиця 11.1

Додаткові модулі ArcGIS 9 Desktop

№	Найменування модуля	Функції
1	2	3
1	ArcGIS Spatial Analyst	Розширене моделювання растрів і поверхонь ArcGRID™ Map Algebra
2	ArcGIS 3D Analyst	1. ArcScene™: інтерактивна 3D сцена в режимі реального часу. 2. Види сцени в ArcCatalog. 3. Інструменти 3D моделювання. 4. Інструменти ArcTIN™
3	ArcGIS Schematics	1. Схематичне представлення мереж і табличної інформації. 2. Різні варіанти схем
4	ArcGIS Data Interoperability Extension	1. Пряме читання, перетворення і експорт форматів даних. 2. Інструменти для перетворення даних і їх використання
5	ArcGIS Survey Analyst	1. Повне управління геодезичною інформацією в базі геоданих. 2. Геодезичні розрахунки. 3. Підвищення точності ГІС-даних через зв’язки з точками зйомки
6	ArcScan™ для ArcGIS	1. Інтегроване редагування вектор-растр. 2. Векторизація за растром. 3. Прив’язка растрів
7	ArcGIS Geostatistical Analyst	1. Кригінг і моделювання поверхонь. 2. Інструменти дослідницького аналізу. 3. Просторових даних. 4. Оцінка достовірності і погрішностей
8	ArcGIS Tracking Analyst	1. Відображення часових рядів. 2. Відтворення (Пуск, Пауза, Вперед, Назад). 3. Робота з будь-якими часовими рядами даних (тобто з даними про зміну об’єктів з часом)

Закінчення табл. 11.1

1	2	3
9	ArcGIS Publisher	1. Перетворює документи ArcMap у формат PMF для використання в безкоштовному додатку ArcReader. 2. Також використовується з додатковим модулем ArcIMS – ArcMap Server
10	ArcPress для ArcGIS	Розширені можливості друку карт
11	Maplex для ArcGIS	1. Розширені можливості розміщення написів для забезпечення високоякісної картографії. Значно зменшує трудовитрати на розміщення написів
12	ArcGIS StreetMap™	1. Зіставлення адрес і побудова маршрутів на даних StreetMap 2. Включає дані StreetMap USA от ESRI
13	Сервисы ArcВеб	1. Панель інструментів у ArcMap 2. Забезпечує підписку на Інтернет-дані

Модулі розширюють можливості базових продуктів і дозволяють вирішувати додаткові завдання, такі, як геобробка растрів і тривимірний аналіз. Усі додаткові модулі працюють з будь-яким з базових настільних продуктів – ArcView, ArcEditor або ArcInfo.

Указані модулі розширюють функції і серверної ArcGIS.

11.1.1. Модуль розробки і аналізу поверхонь 3D Analyst

Модуль 3D Analyst є набором інструментів для розробки моделей поверхонь за даними ГІС, для виконання аналізу і візуалізації 3D даних.

Ядром модуля 3D Analyst є додаток ArcScene. ArcScene є інтерфейсом для роботи з декількома шарами 3D даних при візуалізації даних, створенні й аналізі поверхонь.

3D Analyst дозволяє конвертувати растрові або векторні дані в поверхні або розташовувати векторні об’єкти на поверхні, додаючи їм висоту. При роботі з модулем використовується термін "Сцена". Сцени, звані також "Документами сцен", аналогічні картам – містять інформацію про відображення шарів сцени, і про місцезнаходження початкових даних. Модуль 3D Analyst дозволяє проглянути сцену з різних точок спостереження, використовуючи різні в’юери. Користувач може змінювати властивості 3D шарів, використовуючи той, що відтіняє або прозорість, а також змінювати властивості 3D сцен, встановлюючи розтягування рель-

єфу по вертикалі, систему координат і екстент сцени, а також її освітлення. ArcScene дозволяє використовувати інструменти 3D Analyst для створення і аналізу поверхонь.

ArcCatalog розширяється за рахунок 3D Analyst, дозволяючи працювати з даними 3D і створювати шари з властивостями тривимірного перегляду. Користувач може заздалегідь проглянути 3D сцени і дані в ArcCatalog за допомогою тих же інструментів навігації 3D, які використовуються в ArcScene.

ArcMap розширяється за рахунок 3D Analyst, дозволяючи створювати нові поверхні за даними ГІС, а також аналізувати поверхні, запрошувати атрибути для різних точок поверхні, аналізувати видимість ділянок поверхні з різних точок.

Користувач може визначити площу поверхні, об'єм над або під поверхнею і створювати профілі уздовж тривимірної лінії на поверхні.

Користувач може інтерполювати растрові поверхні, а також створювати або додавати об'єкти до поверхонь триангуляційних нерегулярних мереж (TIN).

На рис. 11.1 наведена ілюстрація експозиції поверхонь, отримана інструментами модуля 3D Analyst.

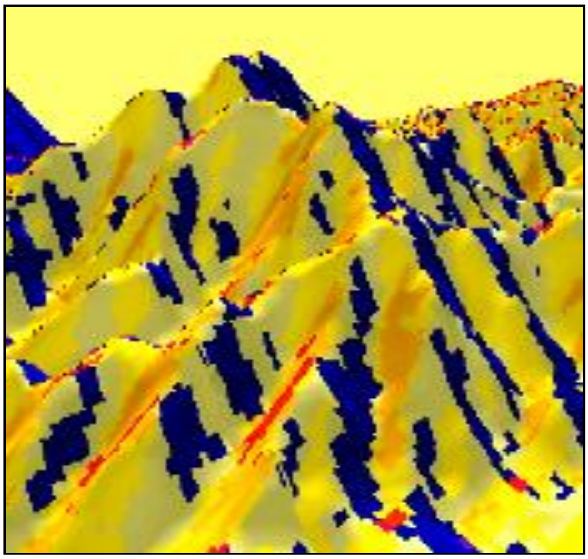


Рис. 11.1. **Ілюстрація експозиції поверхонь, отримана інструментами модуля 3D Analyst**

На рис. 11.2 наведена ілюстрація побудови TIN-поверхні засобами інструментів модуля 3D Analyst.

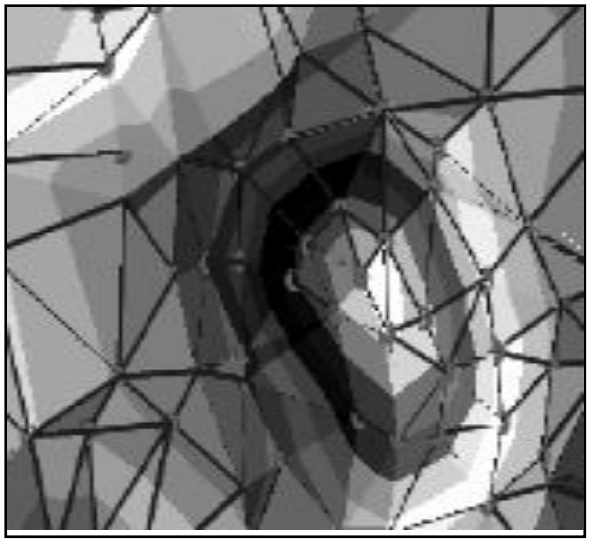


Рис. 11.2. **Ілюстрація побудови TIN-поверхні**

На рис. 11.3 наведена ілюстрація моделювання міської інфраструктури засобами інструментів модуля 3D Analyst.

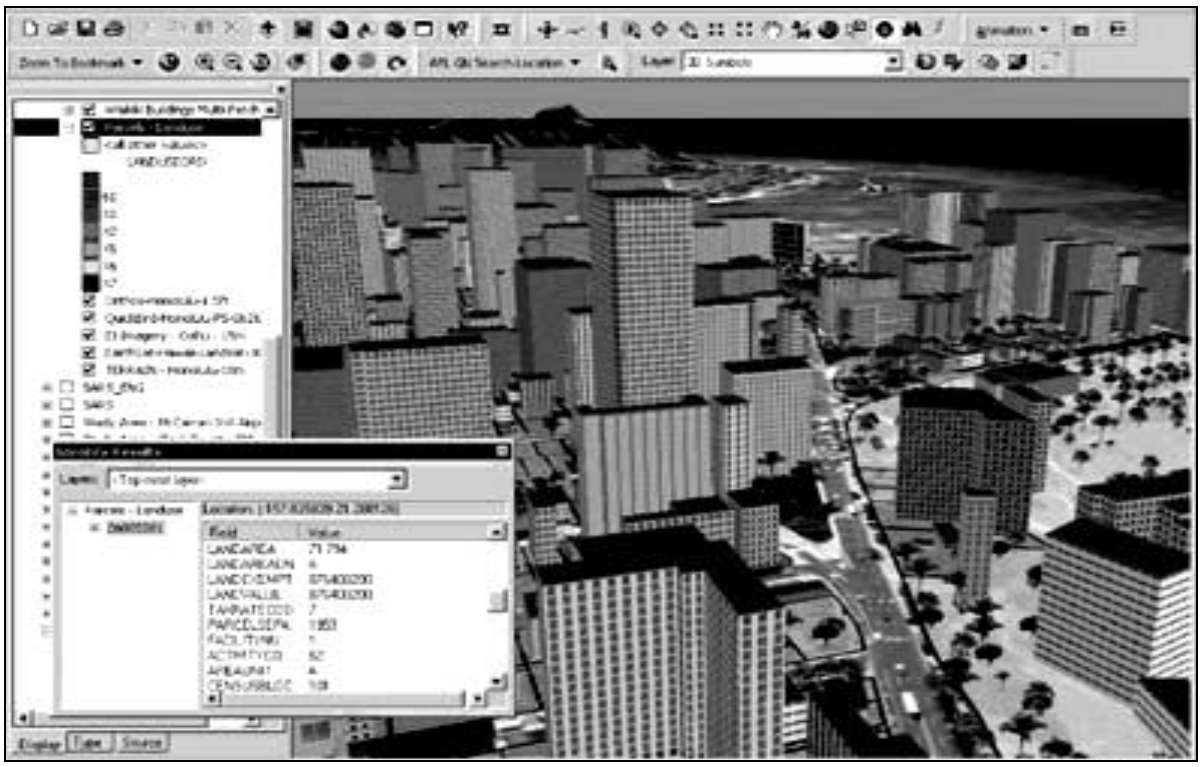


Рис. 11.3. **Ілюстрація моделювання міської інфраструктури засобами інструментів модуля 3D Analyst**

ArcGIS 3D Analyst також надає розвинуті ГІС-інструменти для тривимірного моделювання, такі, як розрахунок виїмок-насипів, лінія горизонту і моделювання місцевості.

11.1.2. Додаток ArcGlobe

Додаток ArcGlobe є складовою частиною модуля ArcGIS 3D Analyst забезпечує безперервний інтерактивний перегляд географічної інформації з різним дозволом. Як і ArcMap, ArcGlobe працює з шарами даних ГІС, відображаючи інформацію з баз геоданих і в будь-яких підтримуваних форматах ГІС-даних. ArcGlobe надає можливості динамічного тривимірного показу географічної інформації. Шари ArcGlobe розміщуються на глобусі, що дозволяє інтегрувати всі джерела геоданих у загальну систему глобального масштабу.

Додаток підтримує дані різного дозволу, візуалізуючи набори даних у відповідних масштабах і рівнях деталізації. Забезпечуючи єдиний інтерактивний показ географічної інформації, ArcGlobe значно розширює можливості ГІС-користувачів по інтеграції і застосуванню всіляких наборів ГІС-даних. Очікується, що ArcGlobe стане широкий поширеною платформою для виконання зазвичайї роботи з ГІС, такий, як редагування даних, просторовий аналіз даних, картографування і візуалізація. На рис. 11.4 наведений приклад демонстрації маршруту сходження на гору Еверест засобами додатка ArcGlobe.

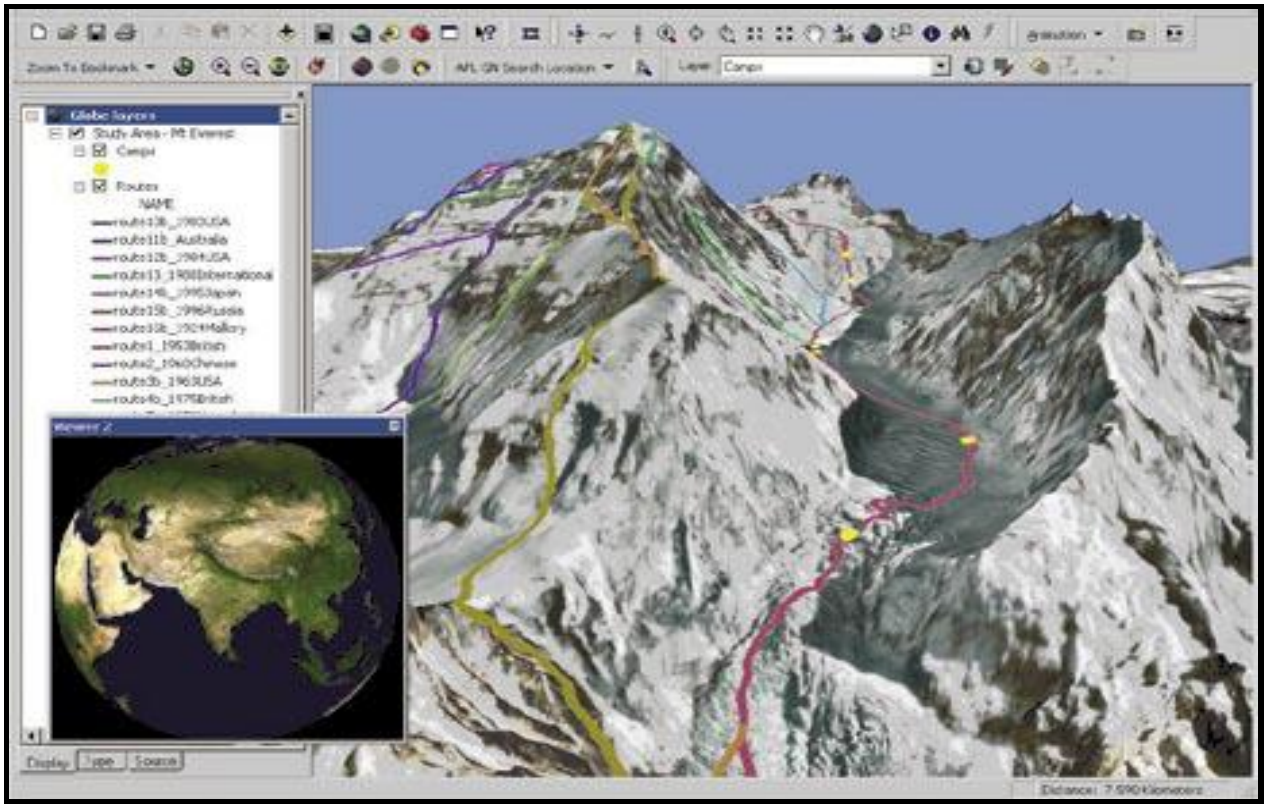


Рис. 11.4. **Демонстрація маршруту сходження на гору Еверест засобами додатка ArcGlobe™**

11.2. Огляд можливостей серверних ГІС ArcGIS 9

Серверні ГІС використовуються для:

1) управління великими базами даних ГІС;

2) надання географічної інформації через Інтернет;

3) створення централізованих ГІС Веб-порталів для пошуку і використовування інформації;

4) централізованої розробки критично важливих ГІС-функцій, до яких можуть звертатися багато користувачів у межах організації;

5) роботи з клієнтських місць з корпоративними базами даних ГІС;

6) розподілених ГІС-обчислень (таких, як розподілене управління даними ГІС і їх аналіз);

7) надання сучасної ГІС-функціональності через Інтернет.

ГІС-сервери сумісні з ІТ стандартами і добре взаємодіють з іншим корпоративним програмним забезпеченням (таким, як Веб-сервери, СУБД, корпоративними середовищами, включаючи Java J2EE Microsoft .NET). Це забезпечує інтеграцію ГІС з іншими технологіями інформаційних систем і стандартами обчислювальних процесів.

Модуль ArcGIS Server 3D option містить набір функцій 3D ГІС для створення і аналізу поверхонь (рис. 11.5).

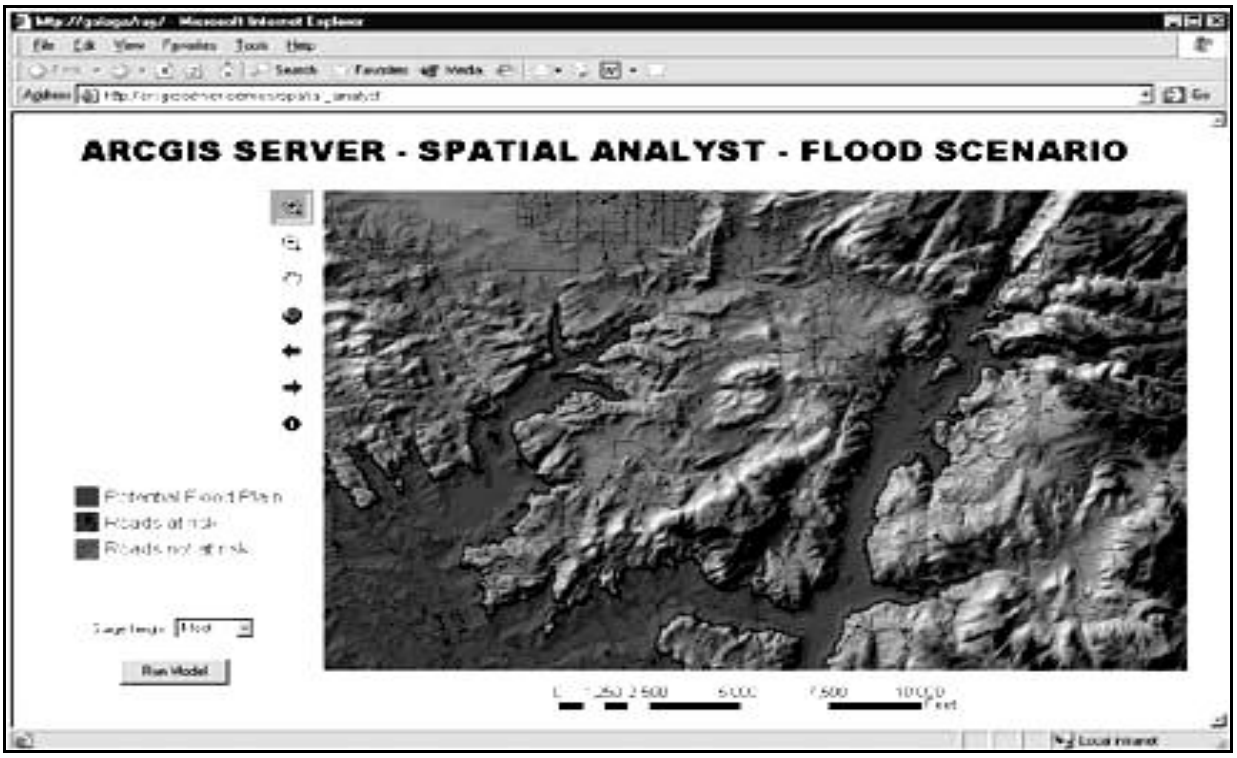


Рис. 11.5. **Приклад моделювання поверхні засобами модуля ArcGIS Server 3D option**

11.3. Інтелектуальні ГІС

На думку розробників компанії ESRI, перспективним напрямом розвитку ГІС-технологій є розробка інтелектуальних ГІС, які дозволяють накопичувати географічні знання в цифровій формі. Інтелектуальні ГІС надають базову основу для вирішення багатьох завдань і проблем (наприклад, підвищення ефективності, логічності й інформованості при ухваленні рішень, плануванні, обліку і оцінці ресурсів, сумісному виконанні робіт і досліджень) [33 – 58].

ArcGIS 9 пропонує механізм для накопичення географічного знання на основі п'яти базових елементів.

1. Карти і глобуси – інтерактивні візуальні представлення географічної інформації, що допомагають знайти відповіді на багато питань, представити отримані результати і є основою для подальшої роботи.

2. Набори географічних даних – файли або бази даних з географічною інформацією – просторові об'єкти, мережі, топології, моделі місцевості, результати геодезичних зйомок і атрибути.

3. Моделі геообробки і робочих процесів – набори процедур обробки геоданих для автоматизації і повторного виконання рішення прикладних завдань.

4. Моделі даних – це схеми, що забезпечують поведінку і правила цілісності для наборів географічних даних.

5. Метадані – каталог документів, що допомагає користувачам організувати, знайти і звернутися до розподіленого географічного знання.

Ці п'ять елементів, а також розвинута логіка програмного забезпечення ГІС, формують будівельні блоки для збірки інтелектуальних географічних інформаційних систем [33 – 58].

Важливим є той факт, що якщо раніше розобка просторово-орієнтованих даних була справою фахівців та базувалася на відповідних нормативних документах, то сьогодні ця діяльність вийшла на терена Інтернет з відсутністю чітких юридичних норм, які замінено процесом самоорганізації користувачів [58].

Завдяки новітнім розробкам у хмарних обчисленнях, на базі продуктів компанії ESRI, ГІС-технології стають доступними все більшому колу користувачів. Це викликало появу користувачів-учасників краудсорсингу з розробки електронних карт.

Краудсо́рсинг (від англ. *crowdsourcing*, *crowd* – "натовп" та *sourcing* – "використання ресурсів") – передача певних виробничих функцій невизначеному колу осіб або вирішення суспільно значущих завдань силами безлічі добровольців, які координують свою діяльність за допомогою інформаційних технологій. Або це частина того, що є "інновацією з розрахунком на користувача", коли компанії-виробники покладаються на користувачів не тільки в питанні формулювання потреб, але і у визначенні виробів і удосконалень, які б задовольнили ці потреби. Цей напрям створений з розрахунку на передбачуване бажання споживачів безкоштовно або за невелику ціну поділитися своїми ідеями виключно з інтересу побачити ці ідеї втіленими [59].

У ГІС-проектах краудсерсингу поєднані карти, фотозйомки, соціальні медіаресурси та багато чого іншого. Користувачі виконують обмін просторовою інформацією через свої комп'ютери, смартфони, планшети [58].

Можливість приєднатися до учасників краудсорсингу надає, наприклад, сервіс ArcGIS Online, який базується на хмарній інфраструктурі. Він дозволяє користувачеві використовувати нескладні інструменти (без встановлення їх в себе на комп'ютері) для розробки, збереження та розповсюдження карторграфічних даних, Веб-додатків та іншої георастрової інформації.

Сервіс є безкоштовним. Для початку роботи, користувачам достатньо активізувати існуючий обліковий запис (Esri Global Account) на сайті ArcGIS Online (або зареєструвати новий акаунт – обидві опції доступні після натискання на посилання "Sign In" у правому верхньому куті сторінки).

Після активації облікового запису, користувач автоматично отримує доступ до всіх ресурсів сайта. Об'єм дискового простору кожного користувача обмежений 2 гігабайтами. Для корпоративних користувачів надається можливість приєднатися до програми бета-тестування платформи "ArcGIS Online для підприємств", яка має розширені можливості та більш великий дисковий простір.

Перспективним у розвитку ГІС-технологій є напрям від територіально-екстенсивного підходу (пов'язаного з акумуляцією інформації про географію об'єктів) до аналітично-інтенсивного (пов'язаного з розширенням набору інструментів обробки просторової інформації), розробка інтелектуальних ГІС, які дозволяють накопичувати географічні знання в цифровій формі та підключення до процесу розробки інтерактивних карт широкого кола користувачів [58].

Питання для самоперевірки

1. Розкрити зміст поняття "3D Analyst".

2. Пояснити роль додатка "ArcScene" при розробці і аналізі зображень.

3. Пояснити призначення і основні можливості додатка ArcGlobe.

4. Пояснити можливість користувачів ArcGIS Online приєднатися до розробки інтерактивних карт.

Резюме за темою

Постійне розширення можливостей ArcGIS дозволяє накопичувати базу знань про географію не тільки природних процесів, явищ, об'єктів різноманітної природи, але і антропогенних об'єктів, необхідних для аналізу і рішення прикладних завдань.

Це дозволяє створювати на базі ArcGIS інтелектуальні прикладні ГІС.

Словник термінів

Модуль 3D Analyst	Набір інструментів для розробки моделей поверхонь за даними ГІС, виконання аналізу і візуалізація 3D даних
Додаток ArcScene	Ядро модуля 3D Analyst, забезпечуюче інтерфейс для роботи з декількома шарами 3D даних при візуалізації даних, створенні й аналізі поверхонь
Додаток ArcGlobe	Складова частина модуля ArcGIS 3D Analyst, забезпечує безперервний інтерактивний перегляд і аналіз географічної інформації з різним дозволом
Інтеллектуальні ГІС	Базова основа для вирішення багатьох завдань: підвищення ефективності, логічності і інформованості при прийнятті рішень, плануванні, обліку й оцінці ресурсів, сумісному виконанні робіт і досліджень

Контрольні запитання

1. Пояснити основні можливості серверних ГІС.

2. Які базові елементи ArcGIS дозволяють розробляти інтелектуальні ГІС?

Використана література

1. Берлянт А. М. Геоиконика / Берлянт А. М. – М. : "Астерия", 2001. – 208 с.

2. Бугаевский Л. М. Картографические проекции / Бугаевский Л. М., Вахрамеева Л. А. – М. : "Недра", 2003. – 293 с.

3. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов / под ред. Королев Ю. К. – М. : ГІС-Ассоциация, 1999. – 204 с.

4. Коновалова Н.В. Введение в ГИС : учебн. пособ. / Коновалова Н. В., Капралов Е. Г. – 2-е изд. испр. и доп. – М. : "Библион", 1997. – 160 с.

5. Королев Ю. К. Общая геоинформатика. Ч.1. Теоретическая геоинформатика / Королев Ю. К. Вып. 1. – М. : СП "Дата+", 1998. – 180 с.

6. Кравченко Ю. А. Организация базы знаний о земной поверхности / Кравченко Ю. А. // Геодезия и картография, 2002. – № 4. – С. 42–54.

7. Павленко Л. А. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Геоінформаційні системи" для студентів спеціальності "Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг" усіх форм навчання / Л. А. Павленко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 48 с.

8. Павленко Л. А. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни "Системи обробки еколого-економічної інформації" для студентів спеціальності 7.080407 усіх форм навчання / Л. А. Павленко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2007. – 64 с.

9. Павленко Л. А. Методичні рекомендації до виконання самостійної роботи з навчальної дисциспліни "Проектування розподілених систем моніторингу" для студентів спеціальності 8.080407 "Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг" денної форми навчання / Л. А. Павленко. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2009. – 60 с.

10. Методи та моделі розроблення комп'ютерних систем і мереж : монографія / В. С.Пономаренко, С. В. Мінухін, С. В. Кавун, та ін. ; заг. ред. докт. екон. наук, професора Пономаренка В. С. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 316 с.

11. Світличний О. О. Основи геоінформатики : навч. посібн. / О. О. Світличний, С. В. Злотницький ; за заг. ред. О. О. Світличного. – Суми : ВТД "Університетська книга", 2006. – 295 с.

12. Тикунов В. С. Моделирование в картографии : учебник / Тикунов В. С. – М. : Изд. МГУ, 1997. – 405 с.

13. Турлапов В. Е. Геоинформационные системы в экономике : учебн.-метод. пособ. / Турлапов В. Е. – Нижний Новгород : НФ ГУ-ВШЭ, 2007. – 118 с.

14. Цветков В. Я. Геоинформационные системы и технологии / Цветков В. Я. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 288 с.

15. Шаши Шекхар. Основы пространственных баз данных / Шекхар Шаши, Чаула Санжей. – М. : КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 336 с.

16. Шипулин В. Д. Введение в использование ArcGIS : учебн.-метод. пособ. (для студентов дневной формы обучения спец. 6.07090 "Геоинформационные системы и технологии") / Шипулин В. Д. – Х. : ХНАГХ, 2005. – 258 с.

17. Введение в геоинформационные системы. Веб-сайт "GIS-Lab и авторы". – Режим доступа : http://gis-lab.info/docs /giscourse.

18. Газета ARCREVIEW [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/WIN/index.htm.

19. Геоинформатика и географические информационные системы. Общие положения. Отраслевой стандарт высшей школы: ОСТ ВШ 02.001-97. Москва [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.informika.ru /text/goscom/dokum/doc98/68-1/html.

20. Кент Ли. Российские геоданные и их вклад в мировую картографию / Кент Ли, Андрей Шум ; пер. с англ. на сайте ЗАО "Совзонд" [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.sovzond.ru.

21. Кравченко Ю. А. История и проблемы "цифрового картографирования", 2004 [Электронный ресурс] / Кравченко Ю. А. – Режим доступа : http://gpsgsm.ru/txt.php?id=200.

22. Миллер С. А. Рынок геоинформатики России в 2006 г. Состояние, проблемы и перспективы развития [Электронный ресурс] / Миллер С. А. – Режим доступа : http://www.gisa.ru/38507.html.

23. Потапычев С. Н. Геоинформационная система как основа поддержки принятия решений. "Инновации" № 8. 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://stra.teg.ru/lenta/innovation/1858.

24. Руководство по ArcGIS (ArcGIS book). Web-сайт СП "Дата+", представляющего на российском рынке семейство ГІС ESRI и др. фирм: ArcView, Arc/Info, Erdas [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

25. Руководство по Autodesk Civil 2008 Web-сайт Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.autodesk.com.

26. Руководство по GeoGraph 2.0. Web-сайт ЦГИ ИГ РАН, разработчика ГІС GeoGraph/GeoConstructor [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://geocnt.geonet.ru.

27. Тикунов В. С. Геоинформатика. Системы поддержки принятия решений (СППР). История систем поддержки принятия решений. [Электронный ресурс] / Тикунов В. С. – Режим доступа : http://geoknigi.com /book_view.php?id=944.

28. ArcGIS. Правила топологии базы геоданных [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

29. ArcGIS 9. ArcCatalog. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

30. ArcGIS 9. ArcMap. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

31. ArcGIS 9. Geostatistical Analyst. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

32. ArcGis 9. Spatial Analyst. Руководство пользователя [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

33. ArcGIS 9. Геообработка в ArcGIS 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

34. ArcGIS 9. Картографические проекции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

35. ArcGIS 9. Начало работы в ArcGIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

36. ArcGIS 9. Построение баз геоданных [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.dataplus.ru/.

37. ArcGIS 9. Что такое ArcGIS. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dataplus.ru/.

38. Web-сайт ГІС-Ассоциации. – Режим доступа : http://www.ru/gisa.

39. Web-сайт корпорации MapInfo. – Режим доступа: http://www.mapinfo.com/.

40. Web-сайт, посвященный программному обеспечению ГІС Panorama. – Режим доступа : http://panorama.demo.ru/.

41. 2010 Methodology Statement: ESRI Data–Retail MarketPlace [PDF] [Electronic resource] – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

42. 2011 Methodology Statement: ESRI Data–Market Potential [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

43. 2011 Methodology Statement: ESRI Data–Business Locations and Bu44siness Summary [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html

44. Esri 2011/2016 Updated Demographics [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

45. Using Location Intelligence to Maximize the Value of BI [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

46. Esri Technology for Homeland Security [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

47. Esri Business Analyst Server System Design Strategies [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

48. Estimating the Cost of a GIS in the Amazon Cloud [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

49. Esri Data and Maps 10 [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

50. Geographic Information Systems and Pandemic Influenza Planning and Response [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

51. ArcGIS for Emergency Management [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

52. GIS for Law Enforcement [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

53. Geographic Information Systems and Environmental Health: Incorporating Esri Technology and Services [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

54. Esri Production Mapping: Meeting the Needs of Water and Wastewater Utilities [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com /library/index.html.

55. Space Utilization Optimization [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

56. Lidar Analysis in ArcGIS 10 for Forestry Applications [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

57. Esri Aeronautical Solution: Implementing eTOD in the AIS Data Model [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com /library/index.html.

58. Esri Trend Analysis: 2009/2014 [PDF] [Electronic resource]. – Access mode : http://www.esri.com/library/index.html.

59. Wikipedia [Electronic resource]. – Access mode : http://ru.wikipedia.org.

Зміст

Вступ 3
Розділ 1. Геоінформаційні системи і технології 5
1. ГІС-технології в умовах глобалізації бізнесу 5
1.1. Роль ГІС-технологій в умовах глобалізації бізнесу 6
1.2. Класифікація ГІС за масштабом або територіальним охопленням, за сферою використання 8
1.3. ГІС-інструменти і ГІС-проекти 10
1.4. Лінійка програмних продуктів ArcGIS 11
1.5. Модулі ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox лінійки продуктів ArcGIS 14
2. Деякі особливості представлення просторової інформації 17
2.1. Земля, сфероїд, геоїд, датум 18
2.2. Географічна система координат 19
2.3. Картографічні проекції 21
2.4. Види проекцій за способом нанесення ліній сітки 22
2.5. Види проекцій по поверхні апроксимації 23
2.5.1. Проекція Гаусса – Крюгера 24
2.6. Міжнародна навігаційна система координат 26
2.7. Топографічні карти 26
3. Моделі географічних даних у ГІС 31
3.1. Представлення просторової інформації у ГІС 31
3.2. Геометрія растрової моделі даних 33
3.3. Геометрія векторної моделі даних 36
3.4. Принципи організації TIN-моделі даних 38
3.5. Принципи формалізації перетворення структур даних 40

Розділ 2. База геоданих в ArcGIS, інструментарій модулей ArcCatalog і ArcMap 44
4. База геоданих в ArcGIS 44
4.1. База геоданих ArcGIS – базова модель географічної інформації 44
4.2. Формати збереження даних у БГД ArcGIS 46
4.3. Варіанти архітектури БГД 49
4.4. Деякі структурні елементи бази геоданих в ArcGIS 50
4.5. Деякі типи файлів у ArcGIS 51
5. Модулі ArcCatalog і ArcMap 55
5.1. Призначення модуля ArcCatalog 56
5.2. Особливості структурних компонент ArcCatalog 57
5.3. Управління даними в модулі ArcCatalog 68
5.4. Панелі інструментів в ArcCatalog 69
5.5. Розробка нової бази геоданих у модулі ArcCatalog 71
5.6. Призначення і особливості структурних компонент модуля ArcMap 74
5.7. Вид географічних даних карти в ArcMap 75
5.8. Шари карти 76
5.9. Фрейм даних 77
5.10. Вид компоновки карти в ArcMap 81
5.11. Настройка відображення об’єктів шару 83
5.12. Стандартні завдання, які виконуються в ArcMap 89
5.13. Основні робочі інструменти інтерактивних операцій з об’єктами карт у ArcMap 90
5.14. Редагування об’єктів на карті 93
5.15. Одиниці вимірювання карт 95

Розділ 3. Геообробка даних в ArcGIS 98
6. Інструменти ГІС-аналізу модуля ArcToolbox 98
6.1. Геообробка даних 100
6.2. Інструменти геообробки модуля ArcToolbox 101
6.3. Основні інструменти геообробки набору "Аналіз" (Analysis Tools) 103
6.3.1. Геометричне з’єднання (Append) 103
6.3.2. Буфер (Buffer) 104
6.3.3. Вирізування (Clip) 104
6.3.4. Злиття (Dissolve) 105
6.3.5. Інтеграція 106
6.3.6. Перетин (Intersect) 106
6.3.7. Об’єднання (Union) 107
6.3.8. Додати поля x, y 107
6.3.9. Стирання (Erase) 108
6.3.10. "Об’єкт в лінію", "Об’єкт в точку" і "Об’єкт в полігон" 108
6.3.11. Ідентичність (Identity) 110
6.3.12. Найближчий об’єкт (Near) 110
6.3.13. Відстань між точками (Point Distance) 111
6.3.14. Розбиття (Split) 112
6.3.15. Симетрична різниця (Symmetrical Difference) 112
6.3.16. Оновлення (Update) 113
6.4. Інструментарій "Spatial Analyst" 113
6.4.1. Типи моделей, що розробляються засобами інструментів набору "Spatial Analyst" 113
6.4.2. Функціональні групи операцій "Spatial Analyst" 117
6.4.3. Приклад використання функцій "Перекласифікація" і "Зважене накладення" 118

7. ГІС-моделювання в середовищі ModelBuilder 124
7.1. Моделювання в ArcGIS 125
7.2. Середовище візуального моделювання ModelBuilder 126
7.3. Особливості побудови моделей в ModelBuilder 128
7.3.1. Елементи блок-схеми моделі 128
7.3.2. Створення нової моделі 132
7.3.3. Запуск моделі 132
7.3.4. Збереження моделі 133
8. Розробка нових об’єктів збереження в базі геоданих 139
8.1. Розробка нових об’єктів збереження в базі геоданих в середовищі ArcCatalog і ArcMap 140
8.2. Розробка шейп-файла 140
8.3. Розробка класу полігональних об’єктів 149
8.4. Створення нової таблиці 156
Розділ 4. ГІС-проект, етапи розробки 165
9. Розробка ГІС-проекту 165
9.1. Етапи розробки ГІС-проекту 165
9.2. Розробка ГІС-проекту інструментами набору "Analysis Tools ArcToolbox" 167
9.2.1. Моделювання прийняття рішення про вибір місця будівництва аеропорту засобами команд набору "Analysis Tools ArcToolbox" в покроковому режимі 167
9.2.2. Моделювання прийняття рішення про вибір населеного пункту України з найбільшим ступенем ризику затоплення річкою Сіверський Донець інструментами "Analysis Tools ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" 190
10. Моделювання засобами інструментів "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" 204
10.1. Моделювання прийняття рішення про місце розміщення нового об’єкта на карті місцевості інструментами "Spatial Analyst ArcToolbox" у середовищі "ModelBuilder" 205

10.2. Опис елементів моделі 212
10.2.1. Моделювання першого локального завдання 212
10.2.2. Моделювання другого локального завдання 223
10.2.3. Моделювання третього локального завдання 226
10.2.4. Моделювання інтегрального завдання 229
10.2.5. Побудова звітів у середовищі модуля ModelBuilder 234
11. Сучасність і перспектива застосування ArcGIS 239
11.1. Додаткові модулі ArcGIS 9 Desktop 240
11.1.1. Модуль розробки і аналізу поверхонь 3D Analyst 241
11.1.2. Додаток ArcGlobe 244
11.2. Огляд можливостей серверних ГІС ArcGIS 9 245
11.3. Інтелектуальні ГІС 246
Використана література 249

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Павленко Лариса Андріївна

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Навчальний посібник
для студентів напряму підготовки 6.050101
"Комп'ютерні науки"

Відповідальний за випуск **Пономаренко В. С.**

Відповідальний редактор **Сєдова Л. М.**

Редактор **Бутенко В. О.**

Коректор **Бутенко В. О.**

План 2013 р. Поз. № 47-П.
Підп. до друку Формат 60 х 90 1/16. Папір MultiCopy. Друк Riso.
Ум.-друк. арк. 16,25. Обл.-вид. арк. 20,31. Тираж прим. Зам. №

Видавець і виготівник – видавництво ХНЕУ, 61166, м. Харків, пр. Леніна, 9а

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
Дк № 481 від 13.06.2001 р.