

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ЗАКЛЮЧНИЙ ЗВІТ**

з результатами наукових досліджень за темою:

**«Розробка автоматизованого робочого місця (АРМ) на базі ГІС  
програмного комплексу по водним та меліоративним об'єктам Одеської  
області»**

ПОГОДЖЕНО:

Заступник начальника облводресурсів

Кічук І.Д.

Проректор з наукової роботи ОДЕКУ

д. геогр. н., проф.

Тучковенко Ю.С.

## СПИСОК АВТОРІВ

Науковий керівник

К.т.н., доцент

---

 2016.12.25

Перелигін Б.В.

(Загальне керівництво,

вступ, розділи 1, 2, 3,

висновок )

Відповідальний

виконавець

К.г.н., доцент

---

 2016.12.25

Кузніченко С.Д.

(Збір та підготовка

матеріалу, розділи 1, 2, 3,

висновок)

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР: 100 с., 37 рис., 9 табл., 6 додатків, 21 джерело.

*Об'єкт дослідження* – автоматизоване робоче місце (АРМ) на базі ГІС програмного комплексу по водним та меліоративним об'єктам Одеської області.

*Предмет дослідження* – методика створення геоінформаційної системи (ГІС) водних ресурсів та меліоративних об'єктів Одеського області.

*Мета роботи* полягає у розробці науково-методичних підходів щодо побудови геоінформаційної системи управління водними ресурсами та меліоративними об'єктами Одеського області та її впровадження в підвідомчих організацій Одеського облводресурсів. Створення програмного комплексу «ГІС «Водні ресурси та меліоративні об'єкти», та розробка практичних рекомендацій щодо моделювання цифрового рельєфу земної поверхні за різними вихідними даним з використанням вбудованого набору інструментів прикладного ГІС пакету.

*Методи дослідження* – традиційні методи математичного моделювання, новітні геоінформаційні і картографічні методи дослідження, в тому числі з використанням матеріалів радарної топографічної зйомки. В процесі роботи було створено 18 карт, що увійшли до складу АРМ.

Результати НДР упроваджені в роботу відповідних спеціалістів відділів та служб Одеського облводресурсів.

ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, ЦИФРОВА МОДЕЛЬ РЕЛЬЄФУ,  
БАЗА ГЕОДАНИХ, ВОДНІ РЕСУРСИ, МЕЛІОРАТИВНІ ОБ'ЄКТИ

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, .....	6
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	6
ВСТУП .....	7
1 ПОБУДОВА ЦМР ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	9
1.1 Дослідження існуючих способів цифрового зображення рельєфу .....	9
1.1.1 Методи розрахунку ЦМР .....	11
1.1.2 Регулярна мережа висот (GRID) .....	14
1.1.3 Нерегулярна триангуляційна мережа (TIN) .....	15
1.1.4 Порівняльний аналіз GRID і TIN моделей .....	16
1.2 Огляд джерел інформації для побудови ЦМР .....	18
1.2.1 Картографічні джерела .....	19
1.2.2 Особливості оцифровування даних про рельєф з топографічних карт .....	21
1.2.3 Дані дистанційного зондування (ДДЗ) .....	23
1.2.4 Дані SRTM.....	24
1.3 Створення ЦМР за картографічними даними .....	26
1.3.1 Просторова прив'язка топографічної карти.....	26
1.3.2 Оцифрування даних топографічної карти.....	29
1.3.3 Побудова регулярної сітки висот (GRID) .....	32
1.3.4 Способи відображення моделі GRID в ArcMap.....	33
1.3.5 Створення 3D моделі в пакеті ArcScene.....	37
1.4 Створення ЦМР за даними SRTM.....	38
2 РОЗРОБКА ГІС УПРАВЛІННЯ ВОДНИМ РЕСУРСАМ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	40
2.1 Опис базових типів просторових об'єктів.....	40
2.2 Структура бази геоданих ГІС .....	44
2.3 Типи баз геоданих .....	46
2.4 Структура ПБГД ГІС «Водні ресурси».....	48
3 РОЗРОБКА ГІС УПРАВЛІННЯ МЕЛІОРАТИВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	56
3.1 Структура ПБГД ГІС «Меліоративні об'єкти».....	56
3.2 Опис ГІС-проектів блоку «Меліоративні об'єкти» .....	57
ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	65

Додаток А ЦМР Одеської області за картометричними даними .....	68
Додаток Б ЦМР Одеської області за даними SRTM.....	69
Додаток В Шар ізоліній рельєфу Одеської області .....	70
Додаток Г Опис тем та атрибутів блоку «Водні ресурси».....	71
Додаток Д Вигляд карт ГІС-проектів блоку «Водні ресурси» .....	80
Додаток Е Опис тем та атрибутів блоку «Меліоративні об'єкти».....	89

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

### Скорочення

БГД	– база геоданіх
ВММ	– віртуальна модель місцевості
ГІС	– географічна інформаційна система
ДДЗ	– дані дистанційного зондування
ПБГД	– персональна база геоданих
ПЗ	– програмне забезпечення
ПЗ-90	– параметри Землі, 1990
СКБД	– система керування базами даних
ЦМР	– цифрова модель рельєфу
DEM	– Digital Elevation Model (цифрова модель рельєфу)
ESRI	– Environmental Systems Research Institute
GRASS	– Geographic Resources Analysis Support System
GRS-80	– Geodetic Reference System, 1980
gvSIG	– Generalitat Valenciana, Sistema d'Informació Geogràfica
ILWIS	– Integrated Land and Water Information System
NASA	– National Aeronautics and Space Administration
OGC	– Open Geospatial Consortium
OSGeo	– Open Source Geospatial Foundation
SAGA	– System for Automated Geoscientific Analyses
SDTS	– Spatial Data Transfer Standard
SRTM	– Shuttle Radar Topography Mission
uDig	– User-friendly Desktop Internet GIS
UTM	– Universal Transverse Mercator
WGS-84	– World Geodetic System, 1984

## ВСТУП

Водні ресурси і водогосподарський комплекс визначають соціально-економічну стійкість і напрям розвитку країни. Від водогосподарської та екологічної безпеки, рівня водозабезпечення населення і соціальної сфери якісною питною водою, безперебійності і достатності водопостачання галузей економіки, стану водних об'єктів і водних ресурсів, достовірності прогнозування надзвичайних водогосподарських ситуацій, їх своєчасного запобігання та мінімізації шкоди залежить національна безпека держави. Сучасні умови потребують якісно нові інформаційні інструменти в оперативному управлінні, використанні і охороні водних ресурсів та меліоративних об'єктів України.

Управління водними ресурсами в Україні здійснюється Державним агентством водних ресурсів. На території Одеської області вирішенням питань у сфері використання, збереження та відтворення водних ресурсів та управління інженерною інфраструктурою меліоративних систем, що перебувають у державній власності здійснює Одеське обласне управління водних ресурсів (Одеське облводресурсів).

Протяжні водні об'єкти розподілені практично по всій території області і для управління ними доцільно використовувати геоінформаційні технології. У зв'язку з цим, для автоматизації вирішення низки завдань з управління водними ресурсами розробляється геоінформаційна система (ГІС), основним завданням якої є забезпечення керівництва і фахівців Одеського облводресурсів повною, актуальною та достовірною просторовою, довідковою та аналітичною інформацією для оцінки стану водних ресурсів та підтримки прийняття оперативних і стратегічних рішень з управління водними ресурсами на території Одеської області.

Метою наукової роботи є створення програмного комплексу «ГІС «Водні ресурси та меліоративні об'єкти» для фахівців Одеського облводресурсів на базі пакету програм ArcGIS для управління водними ресурсами та меліоративними об'єктами Одеської області.

Удосконалення програмного комплексу з управління водними ресурсами та меліоративними об'єктами Одеської області виконується на базі повнофункціонального ГІС-пакету ArcGIS (ESRI Inc.), який має всі функції для створення і експлуатації ГІС, а також дозволяє інтегрувати

обробку та зберігання геоданих з існуючими системами обробки традиційних (атрибутивних) даних (ORACLE, INFORMIX, DB2, MS SQL Server і ін.) [1].

Раніше в Одеського облводресурсів вже була створена ГІС «Водні ресурси» з додатково розробленим програмним інтерфейсом комплексу «2ТП-ВОДГОСП», де середовищем розробки та експлуатації була обрана ArcView GIS v. 3.1 та її внутрішня мова програмування Avenue [2,3].

Вибір ArcGIS 10.2 обумовлюється можливістю комплексного рішення для створення корпоративної інформаційної системи. На теперішній час ГІС «Водні ресурси» для Одеського облводресурсів реалізована на основі програмного продукту ArcGIS Desktop, однак зростаючі інформаційні потреби фахівців потребують у подальшому переходу на централізовану серверну технологію на основі ArcGIS Server.

Удосконалений програмний комплекс з розробленим АРМ забезпечить оперативну роботу відповідних спеціалістів відділів та служб Одеського облводресурсів та підвідомчих організацій в галузі управління водних ресурсів, водокористування, енергетики та експлуатації водогосподарських систем. Вся сукупність інформації буде представлена у двох блоках: водні ресурси та меліоративні об'єкти Одеської області. Кожен з блоків складається з необхідної кількості персональних баз геоданих в форматі ESRI «mdb» згідно з кількістю підвідомчих організацій Одеського облводресурсів, на основі яких будуть підготовлені і оформлені зведені ГІС-проекти в форматі документів карти «mxd» для кожної підвідомчої організації. ГІС-проекти будуть містити цифрові шари бази геоданих, розподілені за тематичними блоками, що забезпечить зручну взаємодію користувача з інтерактивною картою. У ГІС-проектах передбачається налаштування відображення просторових даних з використанням відповідних умовних знаків, передбачених стандартом.

Розроблена структура повинна мати інструментарій для набору даних з передбаченою можливістю доповнення, редагування та встановлення зв'язків між шарами для швидкого пошуку, перегляду (у т.ч. фотографічних матеріалів, актів обстеження тощо) та викопіюванню інформації по водним об'єктам кожного району.

Таким чином, удосконалений програмний комплекс «ГІС «Водні ресурси та меліоративні об'єкти» забезпечить більш гнучке та оперативне управління водними ресурсами за басейновим принципом та на об'єктовому рівні, а також більш оперативну роботу з об'єктами меліоративного фонду.



## 1 ПОБУДОВА ЦМР ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Існують дві основні моделі просторових даних - векторна і растрова, кожна з яких має свої переваги і недоліки [4], причому сучасні програмні ГІС-пакети, а також і настільні інструментальні ГІС сімейства ArcGIS, що використовуються в роботі, мають засоби для взаємної конвертації цих моделей. В рамках розв'язуваної задачі доцільно використовувати обидві моделі: векторну модель – для компактного зберігання та високоякісного картографування, растрову – для просторово-розподіленого моделювання.

Територіальне охоплення геоінформаційної бази даних визначається територіальною протяжністю географічного об'єкта досліджень – Одеській області. Площа області – 33,1 тис. км<sup>2</sup>, максимальна протяжність з півночі на південь складає 336 км, із заходу на схід – 236 км. Таким чином, цифрові растрові карти бази даних можуть мати розмір 340 x 240 км.

Всі шари просторової бази даних (ПБД) можна розділити на *базові*, які створюються на основі первинних даних (паперових топографічних або тематичних карт, даних дистанційного зондування Землі, координованих в просторі даних спостережень або вимірювань) і *похідні*, які створюються на основі базових програмними засобами ГІС-пакету, що використовується. Перш за все, до базового шару вхідних просторово-розподілених даних слід віднести цифрову растрову карту відміток топографічної поверхні (цифрову модель рельєфу, ЦМР).

Розглянемо методику побудови цифрової моделі рельєфу (ЦМР) - дуже важливого і, в той же час, найбільш складного і трудомісткого шару будь-якої природноресурсної цифрової бази даних.

### 1.1 Дослідження існуючих способів цифрового зображення рельєфу

Цифрова модель рельєфу – це засіб цифрового представлення тривимірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфів) у вигляді сукупності висотних відміток (відміток глибин) і іншими значеннями аплікату (координат  $Z$ ) в вузлах регулярної мережі, нерегулярної трикутної мережі або як сукупність записів горизонталей (ізогипс, изобат) або інших ізоліній [4]. ЦМР може бути побудована із застосуванням методів дистанційного зондування або за допомогою картографічних матеріалів.

На основі ЦМР можливе швидке створення серії тематичних карт найважливіших морфометричних показників: гіпсометричної карти, карт крутизни та експозицій схилів, а на їх основі і карт ерозійної небезпеки, напрямків поверхневого стоку, геохімічної міграції елементів, стійкості ландшафтів. ЦМР як один із шарів інформаційного блока ГІС, що містить цифрову інформацію про відмітки топографічної поверхні у вигляді растра або TIN-моделі. У цьому випадку форма представлення вихідних даних про рельєф і спосіб відновлення значень топографічної поверхні по клітинках растра заданого розміру з використанням методів інтерполяції й екстраполяції складають основу її побудови [5].

Одним з лідерів у сфері створення і використання ЦМР є США. В даний час національної топографо-картографічної службою країни – Геологічної зйомкою США (U.S. Geological Survey) – виробляються п'ять наборів даних, що представляють ЦМР в форматі DEM (Digital Elevation Model) і розрізняються за технологією, вирішенню і просторовому охопленню.

DEM-дані розглядаються як складова частина Національної цифрової картографічної бази даних NDCDB. Довідки про наявність ЦМР всіх типів для кожного блоку, організовані у вигляді бази метаданих для штатів США, Пуерто-Ріко і деяких інших територій, можна знайти в Інтернет [6-8]. Для більшої доступності цих даних Геологічною зйомкою США зараз здійснюється їх конвертування в стандартний формат SDTS. Також слід зазначити, що дані DEM лежать в основі цифрових моделей рельєфу, що використана в популярній пошуковій системі Google Earth (рис. 1.1) [9].

Останнім часом для побудови ЦМР в США широко використовуються дані радіолокаційної зйомки з космічних кораблів багаторазового використання Shuttle в рамках проекту Національного агентства з аеронавтики і космічних досліджень (NASA) під назвою SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) [10]. Метою цього проекту є побудова цифрових топографічних карт на всю територію суші між 60 ° пн.ш. і 56 ° пд.ш. (тобто на 80% всієї суші Землі) з просторовим дозволом 1 кутова секунда (25-30 м) і вертикальною точністю 16 м. Дані SRTM отримали велику популярність при створенні віртуальних геообразень.

Як показує досвід створення ЦМР США, мінімальний масштаб карт, використовуваних для найбільш грубої «одноградусної» ЦМР (1-degree DEM), не виходить за межі 1: 250 000, тобто масштаби дрібніше 1: 250 000 як джерела даних для ЦМР не використовуються. Джерелом ЦМР більш низької

роздільної здатності повинні бути не більш мелкомасштабні картографічні джерела, а цифрова модель більш високої роздільної здатності, що генералізується до потрібного рівня детальності [11].

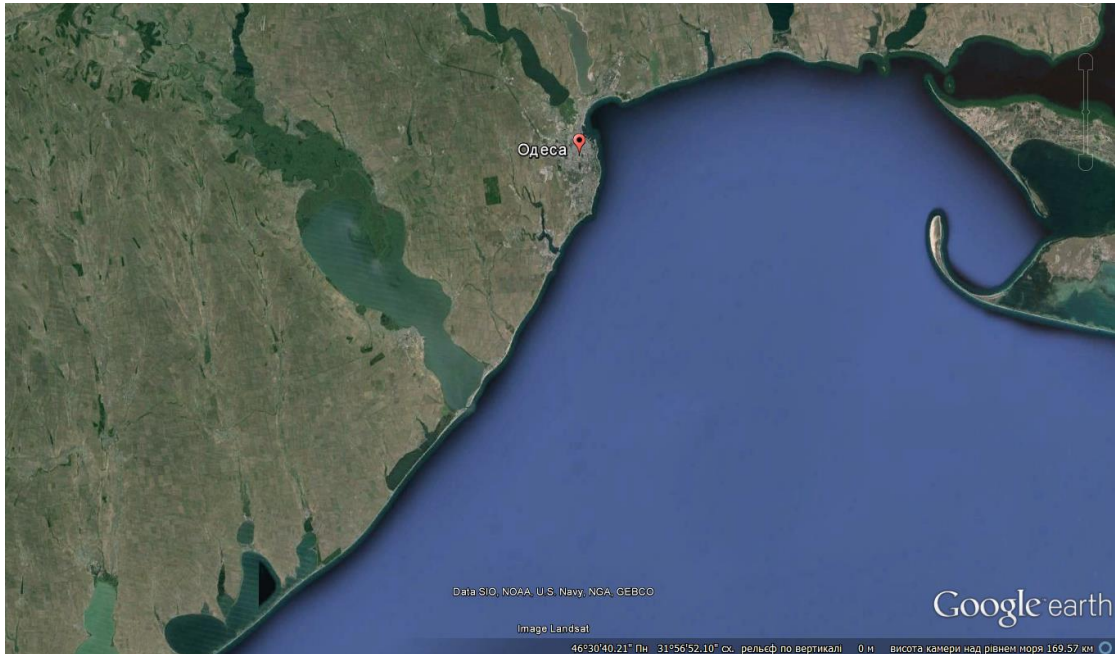


Рисунок 1.1 – Вигляд прибережної частині Одеського регіону в пошуковій системі Google Earth

### 1.1.1 Методи розрахунку ЦМР

Створення ЦМР базується на використанні математичного апарату. Від правильного його застосування залежить не тільки адекватність побудованої моделі, а й оптимальність витрат ресурсів машинної пам'яті і часу обчислення [12].

Спосіб побудови ЦМР по нерегулярній мережі вихідних точок потребує постановки задачі відновлення (інтерполяції) поверхні і перерахунку мережі на регулярну. В даний час існує багато методів, що дозволяють вирішувати цю задачу. Серед них – інтерполяція на основі триангуляції Делоне, середньозважена інтерполяція, крігінг і ін.

Однак в будь-якому випадку при обчисленні позначки точки необхідно користуватися алгоритмами інтерполяції (значення, одержувані у вихідних точках, збігаються зі справжніми абсолютно точно) або апроксимації (значення, одержувані в початкових точках, збігаються з істинними з деяким ступенем точності). Ще однією особливістю вибору методу розрахунку є

ступінь його локалізації. Можна скористатися однією формулою наближення для всієї досліджуваної території (глобальний алгоритм) або змінювати формулу наближення при зміні аргументу (кусочно-локальний алгоритм). Вибір цих параметрів алгоритму залежить від якості вихідних даних (немає необхідності вирішувати більш складне завдання інтерполяції, якщо якість вихідних даних невисока [12]).

Одним з найбільш поширених методів, використовуваних картографами при побудові карт вручну, є спосіб тріангуляції. При цьому спочатку тріангулюється безліч вихідних точок на карті, тобто будується система неперетинаючих трикутників, вершинами яких є вихідні точки [13]. Поверхня представляється як багатогранник з трикутними гранями, де проекція кожної грані на картографуючу площину є відповідний трикутник тріангуляції, а висоти дорівнюють значенням  $Z(i)$  в  $i$ -х точках. Безліч точок на площині може бути тріангульовано багатьма способами, відповідно до цього будуть виходити різні поверхні. Оптимальною для моделювання рельєфу є тріангуляція Делоне [14], в якій щоб уникнути зламів ізоліній на ребрах полігонів для кожної вихідної точки будується локальний поліном першого або другого ступеня, і по тріангуляції ці локальні поліноми «склеюються» в одну гладку поверхню. При цьому повинна виконуватися умова Делоне – всередину кола, описаного навколо будь-якого побудованого трикутника, не повинна потрапляти жодна із заданих точок тріангуляції (рис. 1.2).

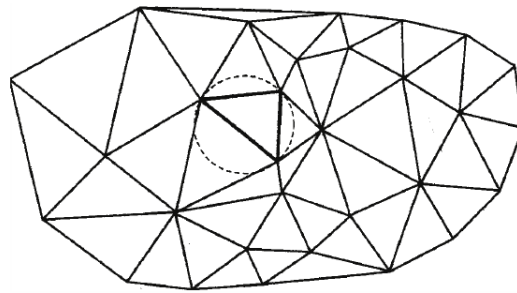


Рисунок 2.1 – Умова тріангуляції Делоне

Широко використовується також метод крігінга, названий за прізвищем південноафриканського геолога D.G. Krige, який застосовував його для визначення запасів золота в розсипах. У цьому методі використовується функція, яка називається полуваріограммой, де важливу роль відіграє  $RO$  радіус впливу. Варіограма є експериментальною кривою, що будується наступним чином: в полі точок на графіку вздовж осі  $X$  відкладається

відстань між кожними двома вихідними точками, а вздовж осі  $Y$  – різниця  $Z$  між ними. Потім будується крива, що відповідає середнім значенням різниці по  $Z$ . Крігінг дозволяє врахувати ефект «самородка», коли в якійсь із точок випадково виникають дуже високі значення [13]. При обліку цього ефекту крігінг перетворюється з інтерполяційної функції в екстраполяційну. Крігінг як інтерполяційна функція незамінний при розташуванні вихідних точок з дуже великою неоднорідністю, наприклад в разі використання вихідних даних, розташованих за профілями.

Метод середньозваженої інтерполяції був розроблений К.Ф. Гауссом на початку XIX ст. для потреб геодезії, проте в західній літературі його зв'язують з ім'ям Шепарда. У цьому методі вагова функція  $W(i) = 1/r(i)$ , де  $r(i)$  - відстань до  $i$ -ї точки або інша функція, що спадає зі зростанням відстані. Цей метод досить простий для реалізації, однак похідні у істинної і модельної поверхні можуть сильно відрізнятись [15]. Дана обставина змушує вдаватися до узагальнення даного методу. При цьому береться зважена сума не показників  $Z(i)$ , а локальних поліномів, коефіцієнти яких визначаються методом найменших квадратів за значеннями  $Z$ , найближчим до  $i$ -й опорної точки. Таким чином, інтерполюються не тільки значення функції, але і її приватні похідні.

У методі кусково-поліноміального згладжування фіксується ступінь полінома  $d$  і вибирається прямокутник (ділянка моделювання), що містить всі опорні точки. Далі цей прямокутник розбивається лініями, паралельними сторонам, на систему більш дрібних прямокутників. У реалізації передбачається інтерактивний вибір розбиття. Для кожного вузла отриманої сітки по найближчих до нього точкам методом найменших квадратів будуються локальні поліноми і функція  $F(x, y)$  конструюється з них за допомогою спеціального виду «склеювання» [15].

Зазвичай первинні дані цифрового моделювання рельєфу з використанням тих чи інших операцій приводяться до одного з двох найбільш широко поширених представлень поверхонь (полів) в ГІС: растровому поданню і моделі TIN [12]. Виходячи з цього, історично виділилися 2 альтернативні моделі ЦМР:

- 1) засновані на чисто регулярних (матричних) представленнях поля рельєфу відмітками висот;
- 2) структурні, однією з найбільш розвинених форм яких є моделі на основі структурно-лінгвістичного представлення.

### 1.1.2 Регулярна мережа висот (GRID)

Растрова модель рельєфу передбачає розбиття простору на далі неподільні елементи (пікселі), утворюючи матрицю висот – регулярну мережу висотних відміток. Подібні цифрові моделі рельєфу створюються національними картографічними службами багатьох країн.

Регулярна мережа висот являє собою решітку з рівними прямокутниками або квадратами, де вершини цих фігур є вузлами сітки. На рис.1.3 приведена модель западини, що представлена у вигляді матриці висотних відміток [16].

5.7	5	4.5	4.1	4	4.1	4.5	5	5.7
5	4.2	3.6	3.1	3	3.1	3.6	4.2	5
4.5	3.6	2.8	2.2	2	2.2	2.8	3.6	4.5
4.1	3.1	2.2	1.4	1	1.4	2.2	3.1	4.1
4	3	2	1	0	1	2	3	4
4.1	3.1	2.2	1.4	1	1.4	2.2	3.1	4.1
4.5	3.6	2.8	2.2	2	2.2	2.8	3.6	4.5
5	4.2	3.6	3.1	3	3.1	3.6	4.2	5
5.7	5	4.5	4.1	4	4.1	4.5	5	5.7

Рисунок 1.3 – Відображення регулярної сітки висот на площині

Одним з перших пакетів програм, в якому була реалізована можливість множинного введення різних шарів растрових комірок, був пакет GRID (переклад з англ. – решітка, сітка, мережа), створений в кінці 1960-х рр. в Гарвардській лабораторії машинної графіки і просторового аналізу (США) [17]. У сучасному широко поширеному ГІС-пакеті ArcGIS (а раніше - ARC/INFO (ESRI Inc.)) растрова модель просторових даних також носить назву GRID.

При створенні регулярної мережі висот (GRID) дуже важливо враховувати щільність сітки (крок сітки), що визначає її просторову роздільну здатність (рис.1.3). Чим менше обраний крок, тим точніше ЦМР вище просторова роздільна здатність моделі, але тим більше кількість вузлів сітки, отже, більше часу потрібно на розрахунок ЦМР і більше місця на диску. Наприклад, при зменшенні кроку сітки в 2 рази обсяг комп'ютерної



пам'яті, необхідної для зберігання моделі, зростає в 4 рази. Звідси випливає, що треба знайти баланс. Наприклад, стандарт на ЦМР Геологічної зйомки США, розроблений для Національного цифрового картографічного банку даних, специфікує цифрову модель рельєфу як регулярний масив висотних відміток в вузлах решітки 30х30 м для карти масштабу 1:24 000.

Шляхом інтерполяції, апроксимації, згладжування і інших трансформацій до растрової моделі можуть бути приведені ЦМР всіх інших типів. Для відновлення поля висот в будь-якій його точці (наприклад, в вузлі регулярної мережі) по заданій множині висотних відміток (наприклад, по цифровим записам горизонталей) зазвичай застосовуються різноманітні методи інтерполяції (крігінга, Шепарда, полиноміального і кусочно-полиноміального згладжування) [12].

### 1.1.3 Нерегулярна триангуляційна мережа (TIN)

Серед нерегулярних сіток найчастіше використовується трикутна мережа неправильної форми – модель TIN. Вона була розроблена на початку 1970-х рр. як простий спосіб побудови поверхонь на основі набору нерівномірно розташованих точок. У 1970-ті рр. було створено кілька варіантів даної системи, комерційні системи на базі TIN стали з'являтися в 1980-х рр., як пакети програм для побудови горизонталей. Модель TIN використовується для цифрового моделювання рельєфу, при цьому вузлам і ребрам трикутної мережі відповідають вихідні і похідні атрибути цифрової моделі. При побудові TIN-моделі дискретно розташовані точки з'єднуються лініями, утворюючи трикутники (рис. 1.4).

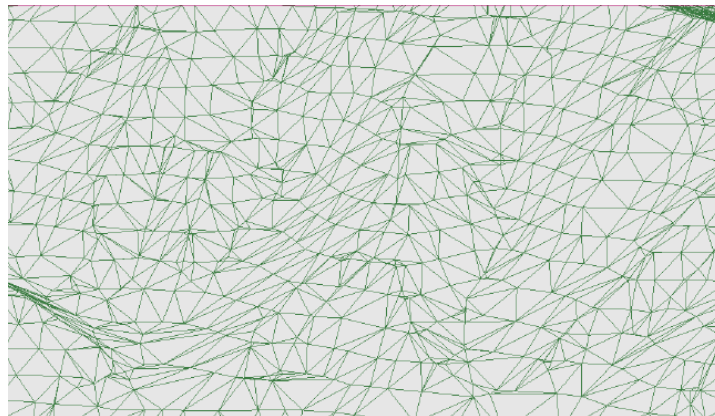


Рисунок 1.4 – Збільшений фрагмент моделі рельєфу, що демонструє трикутну структуру моделі TIN

У межах кожного трикутника моделі TIN поверхня зазвичай представляється площиною. Оскільки поверхня кожного трикутника задається висотами трьох його вершин, застосування трикутників забезпечує кожній ділянці мозаїчної поверхні точне прилягання до суміжних ділянок. Це забезпечує безперервність поверхні при нерегулярному розташуванні точок (рис.13). При цьому кожен трикутник моделі крім інформації про висоту має атрибути кута нахилу та експозиції, що дозволяє швидко побудувати на базі однієї моделі TIN кілька тематичних карт – гіпсометричну, ухилів, експозиції – і дає можливість зробити різні види складного просторового аналізу, наприклад розрахунок шляхів геохімічних міграцій на основі поверхневого стоку.

Основним методом розрахунку TIN є тріангуляція Делоне, тому що в порівнянні з іншими методами вона володіє найбільш підходящими для цифрової моделі рельєфу властивостями: має найменший індекс гармонійності як суму індексів гармонійності кожного з утворюючих трикутників (близькість до рівнокутної тріангуляції), властивості максимальності мінімального кута (найбільша виродженість трикутників) та мінімальності площі утвореною багатогранною поверхнею [14].

#### 1.1.4 Порівняльний аналіз GRID і TIN моделей

Оскільки і модель GRID, і модель TIN набули широкого розповсюдження в географічних інформаційних системах і підтримуються багатьма видами програмного забезпечення ГІС, то необхідно знати достоїнства і недоліки кожної моделі, щоб правильно вибрати формат зберігання даних про рельєф.

До переваг моделі GRID слід віднести простоту і швидкість її комп'ютерної обробки, що пов'язано з самою растровою природою моделі. Пристрої виведення, такі як монітори, принтери, плотери та ін., дають змогу отримувати зображення використовуючи набори крапок, тобто також мають растровий формат. Тому зображення GRID легко і швидко виводяться на такі пристрої, так як на комп'ютерах легко виконати розрахунок для подання окремих квадратів регулярної мережі висот з допомогою точок або відеопікселів пристроїв виведення.

Завдяки своїй растровій структурі модель GRID дозволяє «згладити» модельовану поверхню і уникнути різких граней і виступів. Але в цьому



криється і «мінус» моделі, тому що при моделюванні рельєфу гірських районів (особливо молодих – наприклад, альпійської складчастості) з великою кількістю крутих схилів і гострих вершин можлива втрата і «розмивання» структурних ліній рельєфу та спотворення загальної картини. У подібних випадках потрібне збільшення просторового дозволу моделі (кроку сітки висот), а це загрожує різким зростанням обсягу комп'ютерної пам'яті, необхідної для зберігання ЦМР. Як правило, моделі GRID займають більше місця на диску, ніж моделі TIN. Щоб прискорити відображення великих за обсягом цифрових моделей рельєфу застосовуються різні методи, з яких найбільш популярний – побудова так званих пірамідальних шарів, що дозволяють при різних масштабах використовувати різні рівні детальності зображення. Подібний підхід, зокрема, реалізований в програмному комплексі ArcGIS (ESRI Inc.).

Таким чином, модель GRID ідеально підходить для відображення географічних (геологічних) об'єктів або явищ, характеристики яких плавно змінюються в просторі (рельєф рівнинних територій, температура повітря, атмосферний тиск та ін.).

Таким чином, можна відзначити наступні загальні переваги подання ЦМР за допомогою GRID моделей:

- представляє ЦМР без необхідності її додаткової обробки;
- придатний для аналізу поверхонь;
- простий у зберіганні і маніпулюванні;
- легко об'єднується з растровими даними;
- при візуалізації здатний наочно демонструвати особливості рельєфу.

До недоліків використання «гріда» можна віднести наступні:

- практично неможливо виділити екстремальні глибини;
- нездатність використовувати різні розмірності у єдиному «гріді» для відображення ділянок поверхні з різною розчленованістю рельєфу;
- неефективність зберігання інформації (надмірна кількість вузлових точок у районах низькою розчленованістю рельєфу).

Особливо неблагополучна ситуація з використанням регулярної мережі висотних відміток складається, якщо на території, що моделюється, чергуються великі вирівняні ділянки з ділянками уступів і обривів, є різкі перепади висот, як, наприклад, в широких розроблених долинах великих рівнинних річок. В такому випадку на більшій території буде «надмірність» інформації, тому що вузли сітки GRID на плоских ділянках матимуть одні й ті ж висотні значення. Але на ділянках крутих уступів рельєфу розмір кроку

сітки висот може виявитися занадто великим, а, відповідно, просторова роздільна здатність моделі – недостатньою для передачі «пластики» рельєфу.

Подібних недоліків позбавлена модель TIN. Оскільки використовується нерегулярна мережа трикутників, то плоскі ділянки моделюються невеликим числом величезних трикутників, а на ділянках крутих уступів, там, де необхідно детально показати всі грані рельєфу, поверхня відображається численними маленькими трикутниками. Це дозволяє більш ефективно використовувати ресурси оперативної і постійної пам'яті комп'ютера для зберігання моделі.

До числа «мінусів» TIN слід віднести великі витрати комп'ютерних ресурсів на обробку моделі, що істотно сповільнює відображення ЦМР на екрані монітора і виведення на друк, тому що при цьому потрібно растеризація. Одним з рішень цієї проблеми може бути введення «гібридних» моделей, що поєднують структурні лінії TIN і спосіб відображення у вигляді регулярного набору точок. Як приклад подібних моделей можна вказати формат ArcGIS 10.

Ще один істотний недолік моделі TIN – «ефект терас», виражається в появі так званих «псевдотрикутників» – плоских ділянок у свідомо неможливій геоморфологічній ситуації (наприклад, по лінії днища V-образних долин). Одна з основних причин – малість відстаней між точками цифрового запису горизонталей в порівнянні з відстанями між самими горизонталями, що характерно для більшості типів рельєфу в їх картографічних відображеннях [12]. «Псевдотрикутники» виникають там, де всі три вершини трикутника лежать на одній горизонталі. Поява таких морфологічних артефактів порушує морфографію і морфометрію модельованого рельєфу і знижує точність і якість самої моделі і її похідних. Один із способів значного поліпшення якості і морфологічної правдоподібності ЦМР складається в розширенні моделі TIN шляхом її структурування – введення в неї мережі тальвегів, вододілів і ліній перегинів і розривів (бровок, уступів терас і т.п.).

## 1.2 Огляд джерел інформації для побудови ЦМР

Основними джерелами інформації при цифровому моделюванні рельєфу є великомасштабні топографічні карти, дані дистанційного зондування, а також матеріали польових інструментальних зйомок.

### 1.2.1 Картографічні джерела

Земля куляста і за формою близька до сфероїду. Але через нерівномірно розподілену масу Земля має великі, хоча і досить пологі, опуклості і угнутості. Тому складну фігуру Землі називають геоїдом. Завдяки використанню штучних супутників Землі і наземних вимірювань геоїд досить вивчений. Під час картографування складну фігуру геоїда замінюють математично більш простою – еліпсоїдом обертання (рис. 2.1) [18]. Сплюсненість Землі (flattening) приблизно дорівнює  $\alpha = 1/300$  від її радіуса. Це є одним із факторів, що створює проблеми геодезістам.

Відомі декілька відомих еліпсоїдів обертання, розрахованих у різні роки. Далі більш детально будуть розглянуті еліпсоїд Красовського і WGS 84, як найбільш актуальні при створенні ЦМР нашого регіону.

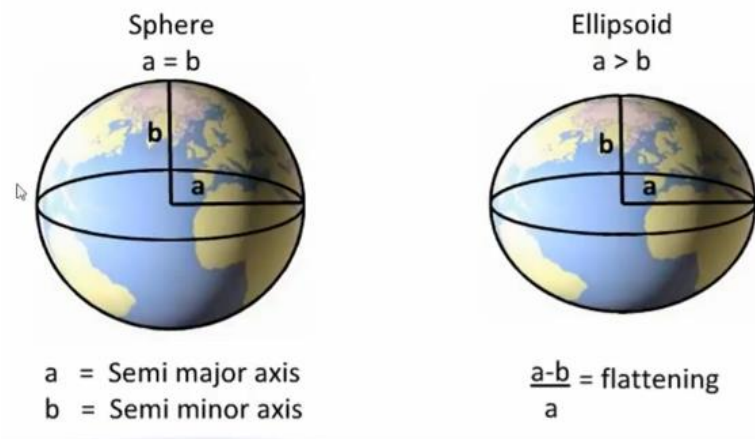


Рисунок 1.5 – Вигляд сфероїду і еліпсоїду обертання

Розрахунок еліпсоїда Красовського був виконаний в 1940 р. видатним вченим Ф.Н. Красовським (1878-1948) і його учнем А.А. Ізотовим (1907-1988). Еліпсоїд Красовського був затверджений в СРСР для геодезичних і картографічних робіт. Параметри сучасної точності мають еліпсоїд системи GRS-80 (Geodetic Reference System, 1980), що становить основу сучасних координатних систем Австралії, Європи, країн Північної і Центральної Америки, WGS-84 (World Geodetic System, 1984), який отримав світове розповсюдження завдяки американської глобальної системи супутникового позиціонування GPS, і російська ПЗ-90 (Параметри Землі, 1990). Найважливіші параметри еліпсоїдів WGS-84 і Красовського наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри основних земних еліпсоїдів [18]

Параметри	Еліпсоїди	
	WGS-84	Красовського
$a$	6 378 137	6 378 245
$b$	6 356 752,314	6 356 863,019
$\alpha$	1/298,257223563	1/298, 3
$e^2$	0,006694379990	0,006693421623
Площа	510 065 622	510 083 059

З метою картографування використовують геодезичні системи координат: загальноземні (глобальні) – для всієї планети і референтні (локальні), які поширюються на окремі регіони чи держави.

Загальноземну координатну систему використовують для картографування і вирішення глобальних завдань, таких як вивчення фігури, зовнішнього гравітаційного поля, їх змін у часі, руху полюсів, нерівномірності обертання Землі і ін. З цією метою створюють модель планети – еліпсоїд, що має розміри, масу, кутову швидкість обертання і інші фундаментальні параметри, вельми близькі реальній Землі [18].

Практично для закріплення геоцентричної грінвічської координатної системи створюється геодезична мережа. Кожен пункт, закріплений на місцевості або на космічному апараті, має координати  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Їх можна перерахувати в широти ( $B$ ), довготи ( $L$ ), що визначають положення пункту на еліпсоїді, і висоту ( $H$ ) над ним. Еліпсоїд можна відобразити в деякій проекції в площині карти і визначити для пунктів плоскі прямокутні координати  $x$ ,  $y$ . Від пунктів мережі засобом вимірювань координати передаються на інші нові пункти, в тому числі і на космічні апарати, а з них – знову на точки на Землі.

Відомо кілька загальноземних координатних систем (Global Datum). Вони спираються на однакові теоретичні положення, а відмінності обумовлені, головним чином, геодинамічними процесами, невеликими розбіжностями фундаментальних параметрів, похибками вимірювань, нерівномірністю розміщення геодезичних пунктів і особливостями їх математичної обробки.

Референтні системи координат (Local Datum) встановлюють в окремих регіонах або державах за допомогою референтц-еліпсоїдів, що найкращим чином відповідають даному регіону.

### 1.2.2 Особливості оцифровування даних про рельєф з топографічних карт

В рамках даного дослідження одним з варіантів побудови цифрової моделі рельєфу Одеської області передбачається використання методу оцифровування горизонталей і структурних ліній рельєфу по топографічній карті М 1:100000 в системі координат Пулково 1942 і картографічній проекції Гаусса-Крюгера. Всі шари геоінформаційної бази даних будуть приведені до єдиної системи координат, в якості якої використана Світова геодезична система WGS-84 з поперечно циліндричної картографічної проекцією Меркатора UTM, тому актуальною є завдання перетворення з однією системи координат в іншу.

Системи координат WGS 84 UTM і Пулково 1942 Гаусса-Крюгера є дуже подібними оскільки побудовані на основі поперечної картографічної проекції Меркатора і є її модифікаціями. В обох системах координат поверхня земної кулі розбита системами ліній на горизонтальні смуги, або ряди і вертикальні смуги, або зони, які в системі Пулково 1942 ще називаються колонами. В результаті маємо прямокутні ділянки ширина яких  $6^\circ$ , а висота  $4^\circ$  (рис.1.6).

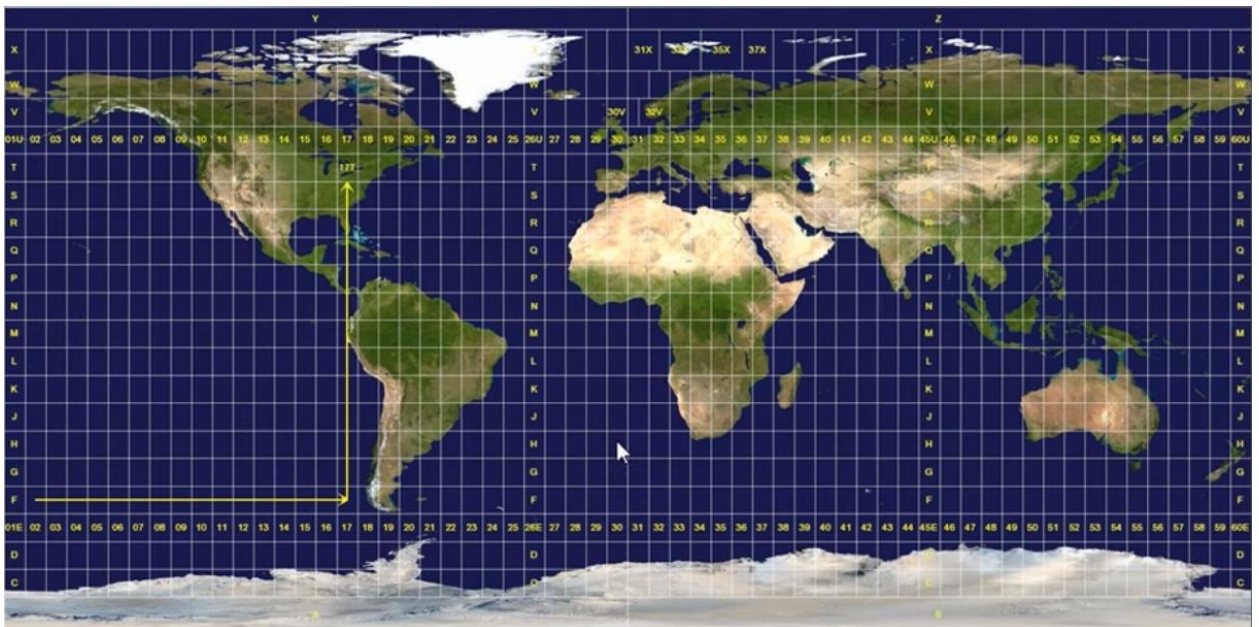


Рисунок 1.6 – Поперечна картографічна проекція Меркатора

Легко підрахувати, що всього 60 шестиградусних вертикальних зон, або колон за класифікацією Пулково 1942. Відмінність між зонами і

колонами полягає в тому, що зони відраховуються починаючи з 180-го меридіану на схід, а колони відраховуються від 0-го меридіану на схід. Тому, наприклад, 32-га зона відповідає 2-гій колоні, а 12-та зона відповідає 42-гій колоні. Кожна із прямокутних ділянок обох систем координат має свою номенклатурну назву. Наприклад, прямокутник, що покриває Південну Україну U-36 (відповідно до WGS 84 UTM ) в системі координат Пулково 1942 буде мати назву М-36, незважаючи на те, що в класифікації даної системи ця колона 6-та.

Лист топографічної карти М-36 можна розділити дванадцятьма вертикальними і дванадцятьма горизонтальними смугами на 144 частини. Кожна з цих частин буде мати свою номенклатурну назву, яка складається з назви самого номенклатурного листа М-36 з доданим номером цієї частини від 1 до 144 (наприклад, М-36-50). Це є актуальним для карт масштабу 1:100000. В свою чергу, отриманий лист можна продовжувати ділити далі. Кожний одержаний таким шляхом новий лист більш крупного масштабу буде мати свою номенклатурну назву відповідно до рис.1.7. Так зафарбований на рис.1.7 лист масштабу 1: 10000 буде мати номенклатурну назву М-35-А-б-3.

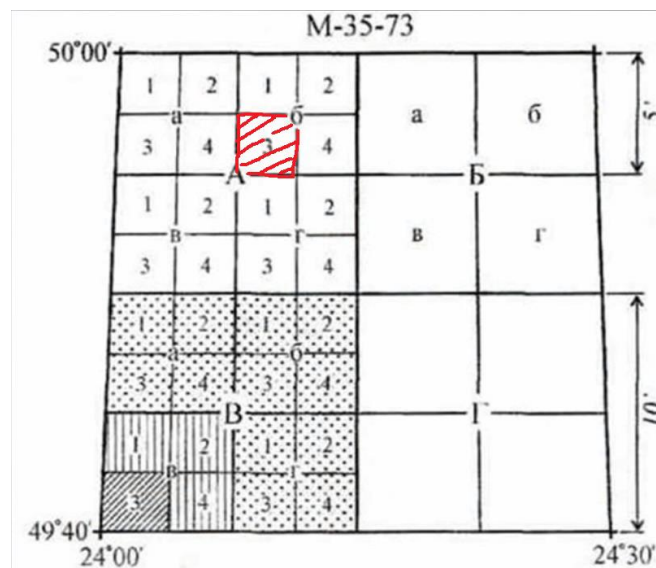


Рисунок 1.7 – Формування номенклатурної назви карт різного масштабу

Рельєф на топографічних картах позначається системою горизонталей і висотних відміток. При цьому висота перетину рельєфу горизонталями залежить від типу території і суттєво різниться на топографічних картах різного масштабу.

Оцифровування даних про рельєф з топографічних карт – дуже відповідальний процес, від якого багато в чому залежить репрезентативність ЦМР. При цьому головне завдання – не скопіювати вміст карти один до одного, а якомога точніше змодельовати рельєф поверхні, намагатися передати його «пластику».

Найбільшу складність зазвичай представляють ділянки обривів і крутих схилів, тому що на топографічних картах традиційно вони показані злиттям горизонталей в одну лінію. У такому випадку важливо точно визначити початкову та кінцеву по висоті горизонталі, що входять в лінію обриву, тобто оцінити його висоту.

Обрив оцифровується двома лініями цих горизонталей, розташованими якомога ближче один до одного (бажано під час оцифровування використовувати збільшення 4:1 або навіть 8:1 щодо масштабу карти). При цьому інші (проміжні) горизонталі досить підвести до обриву, а на самому обриві їх не оцифровувати, тим самим уникнути надмірності даних для цифрової моделі рельєфу.

### 1.2.3 Дані дистанційного зондування (ДДЗ)

Значення даних дистанційного зондування як інформаційного забезпечення ЦМР постійно зростає. Аерофотознімки широко використовуються для контролю якості ЦМР.

Останнім часом для створення великомасштабних стереомоделей все частіше використовуються сканерне і радарні космічні знімки високої роздільної здатності дозволу.

Процедури екстракції висот з ДДЗ мають певні недоліки. В умовах щільної міської забудови або високою наявності лісу (при близькому до стовідсоткової зімкнутості крон) отримана ЦМР буде в основному відображати геометрію будівель і споруд або полога лісу і вимагати втручання оператора в автоматизований процес її побудови. Тому, наприклад, в зарубіжній літературі, присвяченій цифровим фотограмметричним методам створення ЦМР, прийнято розрізняти власне «цифрову модель рельєфу» (Digital Terrain Model, DTM; Digital Elevation Model, DEM) і «цифрову модель поверхні» (Digital Surface Model, DSM), розуміючи під останньою «рельєфоїд» – відкоригований (нерафінований) набір висотних даних, що відображають зовнішню поверхню крон або дахів будівель, а також будь-яких інших рельєфів [11].



Крім фотограмметрії дані дистанційного зондування широко використовуються при створенні систем віртуальної реальності для «Обтягування» (драпірування) тривимірних моделей рельєфу з метою придання «реалістичності» моделі (рис. 1.8). Такі моделі дуже показові при вивченні динаміки геосистем.

#### 1.2.4 Дані SRTM

В даний час для створення ЦМР для досить великих територій практично використовуються два метода: на основі оцифровування топографічних карт або за даними супутникової радіолокаційної зйомки (SRTM), виконаної Національним агентством з авіації і космічних досліджень США (NASA) [10].

SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) – глобальна радіолокаційна багаторазова топографічна зйомка – була проведена для більшої частини території земної кулі, за винятком самих північних (понад  $60^{\circ}$ ) і південних (понад  $54^{\circ}$ ) широт, а також океанів (рис. 2.5).

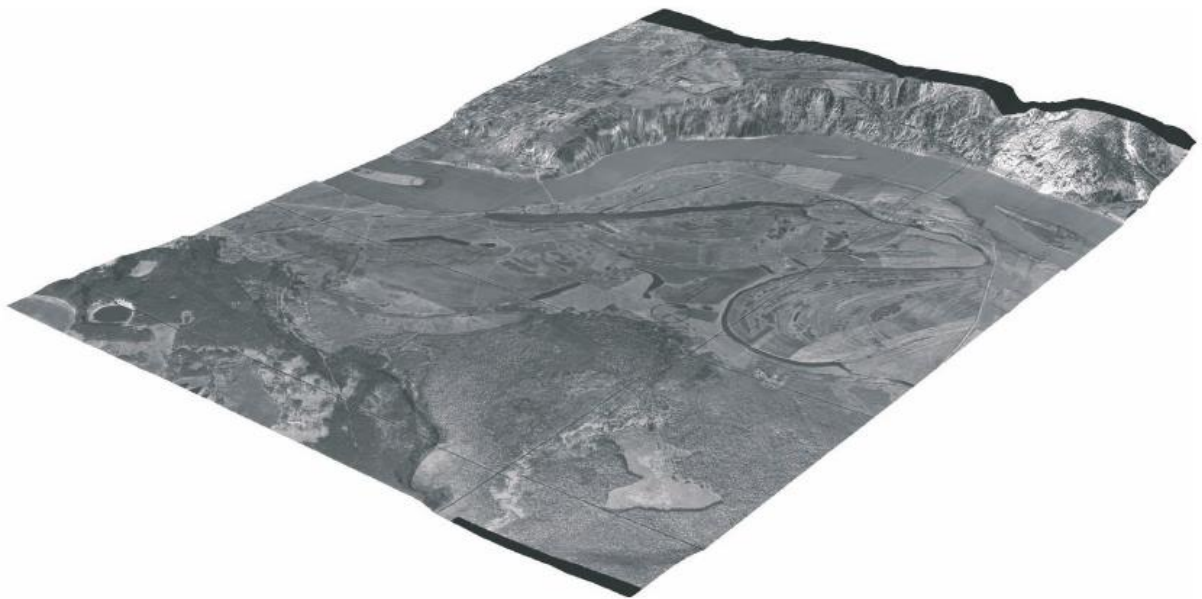


Рисунок 1.8 – Фрагмент тривимірної моделі рельєфу, драпірованої аерофотознімком

Зйомка SRTM виконувалася впродовж 11 днів в лютому 2000 р двома сенсорами SIR-C і X-SAR, змонтованими на космічному кораблі багаторазового використання «Shuttle». Основна база даних перебуває у вільному доступі через глобальну мережу у вигляді растрових файлів,



представлених як квадратні області розміром  $1 \times 1^\circ$  з просторовою роздільною здатністю 1 арксекунди ( $\sim 30$  м) або 3 арксекунди ( $\sim 90$  м). Це є достатнім для оціночних досліджень в масштабі області або адміністративного району.

Квадрат даних SRTM – просте 16-бітове растрове зображення без заголовка. Висота над рівнем моря – значення амплітуди (яскравості) пікселя в цій точці. У разі відсутності даних у відповідному пікселі записується число -32768, яке відповідає значенню «no data» (відсутність даних про висоту).

Проектна точність даних SRTM різна для різних континентів і територій земної поверхні, що пов'язано, перш за все, з кратністю зйомки і характером поведінки рельєфу місцевості. Основним недоліком цих даних є відображення сигналу не тільки від поверхні землі, а й від верхівок рослинності, що створює на підсумковій ЦМР значний «висотний шум».

За час, що минув після проведення вимірювань, топогеодезична база SRTM уточнювалася і коректувалася іншими топогеодезичними дослідженнями, в тому числі наземними, що дозволило істотно поліпшити її характеристики.

Слід зазначити, що територія України знаходиться в одному з найбільш освітлених SRTM-зйомкою поясів планети. Основна частина покрита триразовою зйомкою, а її центральна і північна частини – чотирикратною. Така кратність спостережень дозволяє вважати, що помилки топографічної зйомки SRTM в межах території України, і особливо в її рівнинних ділянках, можуть бути значно меншими, ніж в цілому по Євразії, а точність визначення висот рельєфу – вище.

Точність висот заявлена не нижче 16 м, але тип оцінки цієї величини – середня, максимальна, середня квадратична помилка (СКО) – не пояснений, що й не дивно, оскільки для оцінки точності необхідні або еталонні значення висот приблизно цього ж ступенем охоплення, або строгий теоретичний аналіз процесу отримання і обробки даних. У зв'язку з цим, аналіз точності матриці висот SRTM проводився не одним колективом вчених різних країн світу. За їх оцінками висоти SRTM мають помилку, яка для рівнинній місцевості в середньому становить 2,9 м, а для горбистої – 5,4 м. Причому значна частина цих помилок включає систематичну складову. Відповідно до їхніх висновків, матриця висот SRTM підходить для побудови горизонталей на топографічних картах масштабу 1: 50000. Але на деяких територіях

висоти SRTM за своєю точністю приблизно відповідають висотам, отриманим з топографічної карти масштабу 1: 100000 [10].

Дані SRTM можуть використовуватися в різні прикладні завдання, різного ступеня складності. Цей вид даних є універсальним джерелом для моделювання земної поверхні, головним чином для побудови цифрових моделей рельєфу і цифрових моделей місцевості.

### 1.3 Створення ЦМР за картографічними даними

Виконаємо побудову ЦМР Одеської області на основі топографічної карти Генштабу масштабу 1:100000 в пакеті ArcMap. Методика будується на оцифруванні горизонталей і позначок абсолютних висот топографічної карти. Нижче наведемо докладний опис кроків, які необхідно виконати для створення ЦМР.

#### 1.3.1 Просторова прив'язка топографічної карти

Просторову прив'язку вітчизняних топографічних карт для території України найчастіше виконують двома способами:

1) Шляхом ручного введення значень координат. Цей спосіб дуже зручний коли вихідна топографічна карта виконана в системі координат Пулково 1942.

2) Шляхом встановлення зв'язків з розграфкою. Цей спосіб дозволяє прив'язати топографічну карту в системі координат СК 63. По периметру цих засекречених карт не підписано жодних координат, тому виконати прив'язку стає можливим лише шляхом встановлення зв'язків з розграфкою СК 63.

Вихідна карта, яка буде використовуватися нами виконана в системі координат Пулково 1942, тому прив'язку будемо виконувати першим способом.

Одеська область представлена групою карт с номенклатурними назвами: L-35-011, L-35-012, L-35-024, L-35-036, L-35-059, L-35-082, L-35-083, L-35-084, L-35-093, L-35-094, L-35-095, L-35-096, L-36-001, L-36-014, L-36-025, L-36-026, L-36-037, L-36-038, L-36-049, L-36-050, L-36-051, L-36-061, L-36-062, L-36-073, M-36-113.

Спочатку треба додати растрову карту до бази геоданих. База геоданих (БГД), як и будь-який інший клас або набір класів просторових об'єктів,

створюється в програмі ArcCatalog. Імпортуємо растрове зображення карти до БГД проекту.

Виконаємо ручну координатну прив'язку карти L-36-050 в системі координат Пулково 1942 (рис.1.9). Для цього треба визначити номер колони до якої належить карта. Для цього значення довготи лівого кута карти треба поділити на 6 і додати 1.  $6^{\circ}$  – це ширина однієї колони. Таким чином,  $36^{\circ}30'/6+1=6$ , тобто номер колони 6.

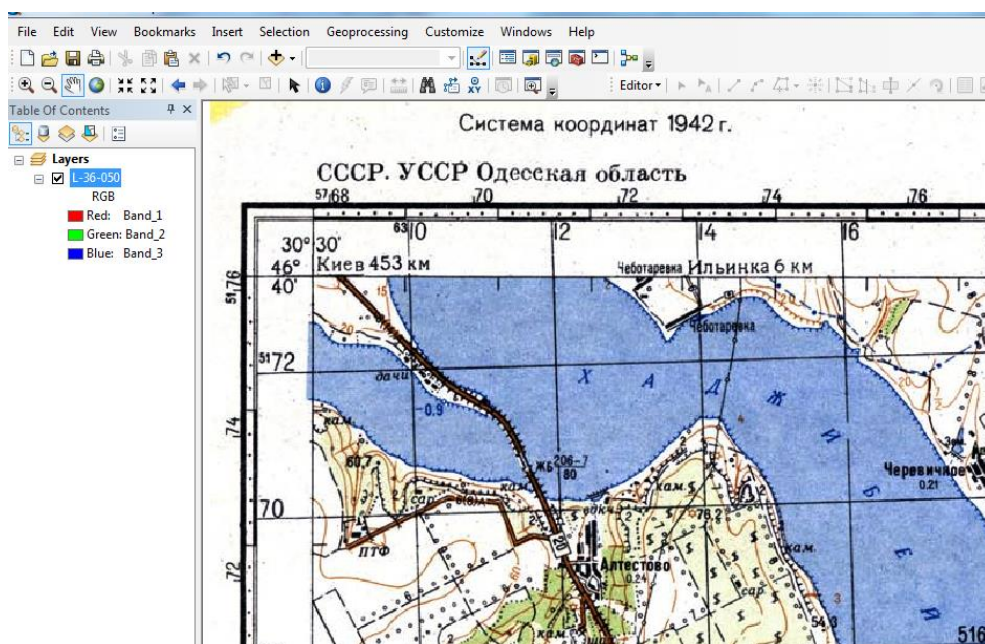


Рисунок 1.9– Растрова карта L-36-050 у вікні ArcMap

Присвоїмо систему координат растру. Для цього треба повернутися в ArcCatalog и обрати Properties у властивостях растру, де в розділі Spatial Reference обрати проєктовану систему координат Гаусса-Крюгера Pulkovo 1942 GK Zone 6N (рис.1.10)

Проекція Pulkovo +1942 GK Zone 6N (для 6-ї зони) використовується в разі, якщо до X-координати не планується додавати номер зони. Це зручно, якщо територія району дослідження не захоплює сусідні зони проєкції. В іншому випадку слід вибрати проєкцію Pulkovo +1942 GK Zone 6.

Таким чином ми присвоїли систему координат растрової карті, але де саме в цій системі координат знаходиться карта ArcGIS не знає. Виконаємо прив'язку топографічної карти в ArcMap. Для того, щоб задати площину потрібно задати мінімум координати трьох точок, а потім ArcGIS визначить сам координати усіх інших точок карти. Краще задавати координати точок,

що знаходяться по різних кутах карти. Для введення координатних значень потрібно використовувати інструментальну панель Georeferencing (рис.1.11).

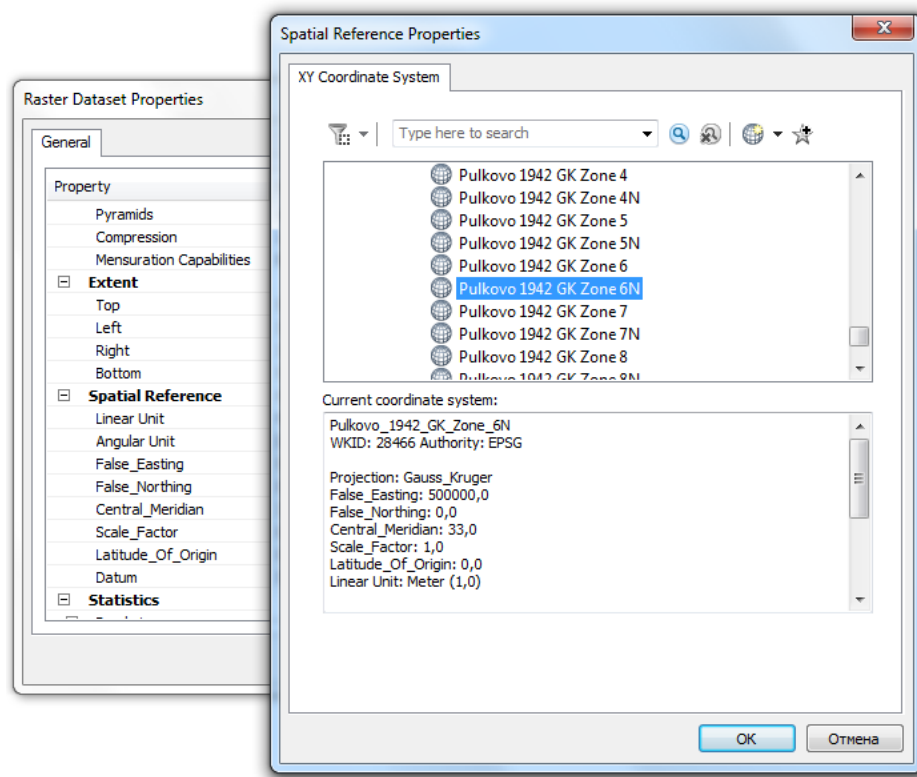


Рисунок 1.10 – Вибір картографічної проекції

Знайдемо зручні точки для введення прямокутних координат. Значення координат вертикальної осі карти є значеннями осі Y, а значення горизонтальної осі – значеннями X. Значення осі X відраховуються зліва направо, значення осі Y – знизу доверху (або з півдня на північ).



Рисунок 1.11 – Інструментальна панель Georeferencing

Щоб правильно записати координати треба по осях знайти маленьке число, до нього дописати число записане великими літерами, тоді ми отримуємо значення координати в кілометрах і дописати трьохзначне число, що буде відображати значення координати в метрах. Перша цифра у координати X – це номер колони, її писати не треба. Приклад додавання

координат до контрольної точки наведений на рис.1.12. У кінці для збереження виконаної прив'язки слід натиснути Update Georeferencing.

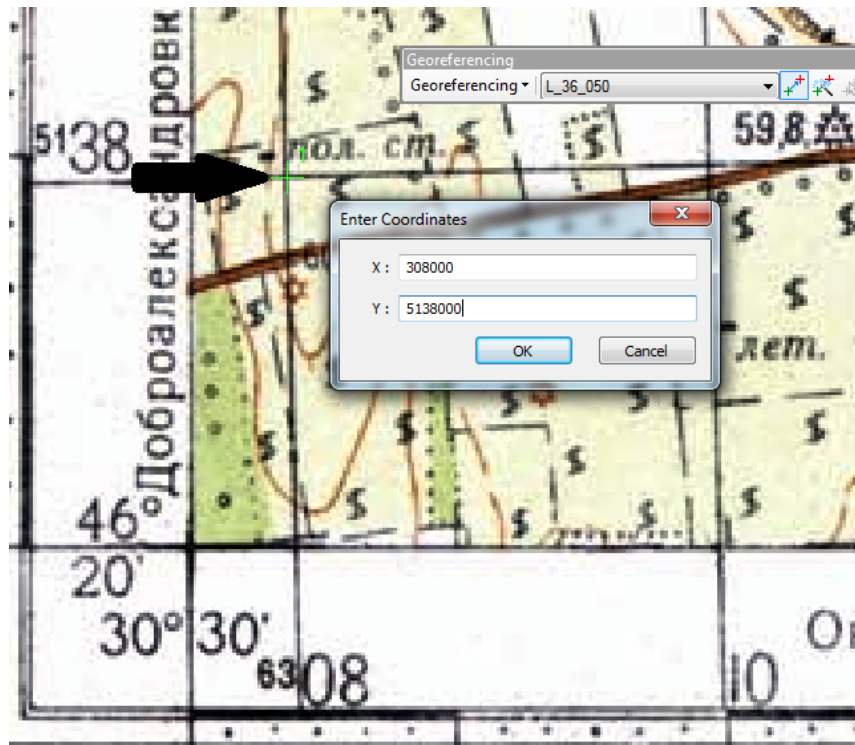


Рисунок 1.12 – Додавання координат контрольної точки растру

Растр був прив'язаний до системи координат Pulkovo 1942, але більшість сучасних геоданих зберігається у системі координат WGS 84. ArcGIS має інструменти для перепроєктування даних в іншу систему координат. Для того, щоб скористатися цим інструментом треба на панелі ArcTools обрати Data Management Tools – Projections and Transformations – Raster – Project Raster. Параметри перетворення наведені на рис. 1.13.

### 1.3.2 Оцифрування даних топографічної карти

За прив'язаною топографічною картою можна отримати інформацію про рельєф території. Це можна зробити двома способами: використати спеціальні програми для автоматичного оцифрування горизонталей (наприклад програму Easy Trace) і оцифрувати горизонталі вручну. Автоматичні інструменти мають ряд недоліків: потрібні кольорові скани топографічних карт хорошої якості (розширення як мінімум 300 точок на дюйм) , також вони потребують витрат часу на освоєння. Хоча програми

цифрувальники виконують цифрування горизонталей значно швидше, але якість таких даних як правило значно гірше, чим тих, що отримуються при оцифруванні вручну. Тому для невеликої території має сенс проводити оцифрування вручну.

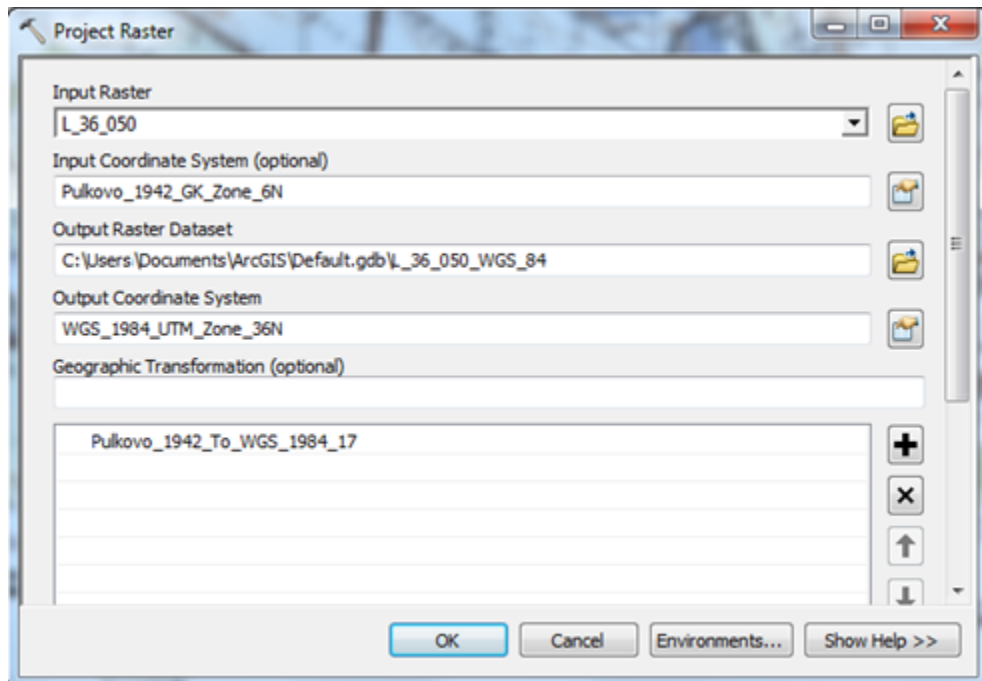


Рисунок 1.13 – Перепроєктування даних в систему координат WGS 84

Спочатку треба створити контейнер у якому будуть зберігатися дані про горизонталі. Для цього в ArcCatalog в БГД треба додати New – Feature Class. У властивостях обираємо Line Features і включаємо Z значення для можливості створення 3D моделі. Далі обираємо для цього шару систему координат WGS 1984 UTM. В атрибутивній таблиці додаємо поле HEIGHTS типу float для абсолютних позначок висот. Додаємо шар з горизонталями в документ ArcMap.

Для редагування слід натиснути на панелі інструментів Editor кнопку Start Editing. Після чого можна оцифровувати горизонталі і вносити зміни в атрибутивну таблицю. На карті суцільні горизонталі проведені через 20 м., відповідно потовщені горизонталі проведені через кожні 100 м., а половинчасті горизонталі – через кожні 10 м.

Процес оцифрування горизонталей наведений на рис.1.14. Таким же чином оцифровуємо позначки абсолютних висот урізу води у водоймі і самі річки і водойми.

Всі оцифровані слої є на рис. 1.15.



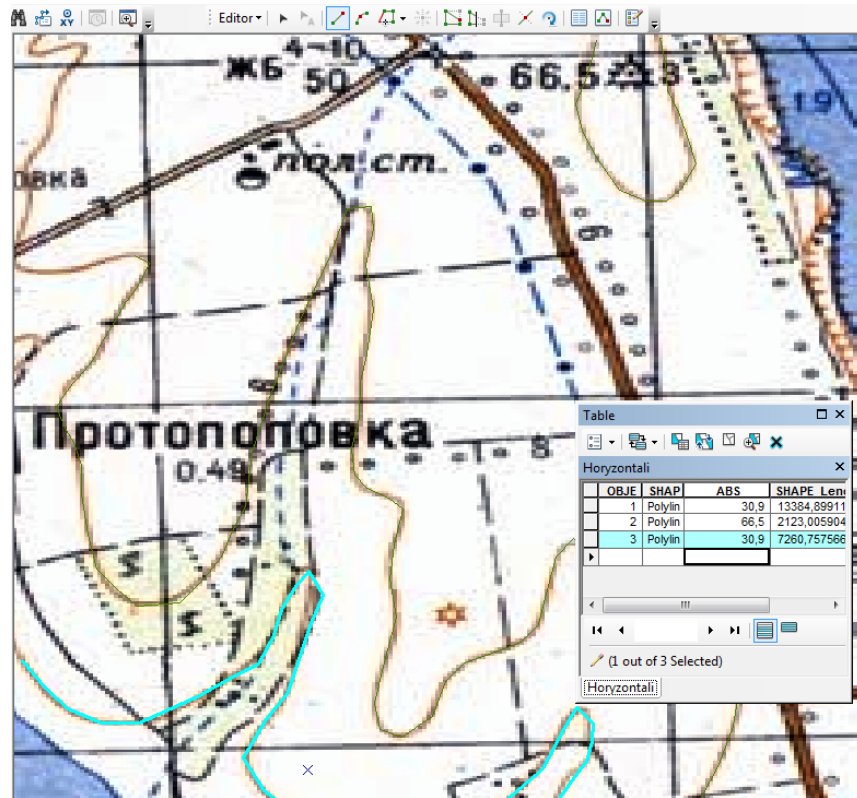


Рисунок 1.14 – Процес оцифрування горизонталей



Рисунок 1.15 – Вигляд оцифрованої карти у вікні ArcMap

### 1.3.3 Побудова регулярної сітки висот (GRID)

ArcGIS пропонує декілька алгоритмів створення растрової моделі рельєфу. Один із них інструмент *Topo to Raster*, який знаходиться в модулі *Spatial Analyst*, що призначений для роботи з растровими просторовими моделями в форматі GRID. Він значно розширює стандартні можливості ArcGIS в області просторового аналізу за рахунок операцій геостатистики і «растрової алгебри» («алгебри карт»). Робота з цим модулем ведеться в основному в програмній оболонці ArcMap. Панель *ArcTools – Spatial Analyst – Interpolation – Topo to Raster*.

Одним з важливих параметрів є розмір комірки вихідних растрових даних у метрах. Чим більше розмір комірки вихідних растрових даних, тим менш детальною буде ЦМР. Але при малому значенні розмір вихідних даних буде дуже великим у байтах. Так, наприклад, при зменшенні розміру комірки у п'ять разів, розмір вихідних даних у байтах збільшується у 25 разів. Тобто спостерігаємо геометричну прогресію. Якщо розмір комірки змінюється у  $x$  разів, то розмір вихідних даних змінюється у  $x^2$  разів. Тому треба знаходити компромісне значення між розміром вихідних даних і якістю ЦМР.

Пропонується використовувати як розмір комірки вихідних растрових даних довжину на місцевості 0.5 мм у масштабі топографічної карти. Тобто для карти масштабу 1:100000, 0.5 мм буде мати довжину 50 м на місцевості. Але це значення є максимальним. Якщо територія для якої будується ЦМР є невеликою, то це значення може бути значно меншим. На рис. 1.16 наведені фрагменти ЦМР, що були побудовані за різними розмірами комірки вихідного растру. Бачимо, що при максимально допустимому значенні вихідного растру 50 м ЦМР вже стає нечіткою, тому оберемо значення 20 м.

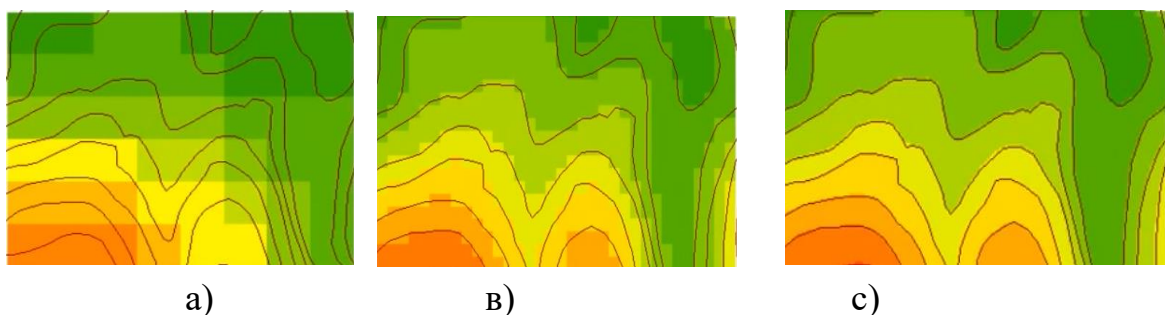


Рисунок 1.16 – ЦМР при різних розмірах вихідного растру:  
10 м (a), 50 м (b), 200 м (c)



1.3.4 Способи відображення моделі GRID в ArcMap

Існують два способи відображення GRID на карті: класифікація (рис. 1.17) і розтяжка (рис. 1.18).

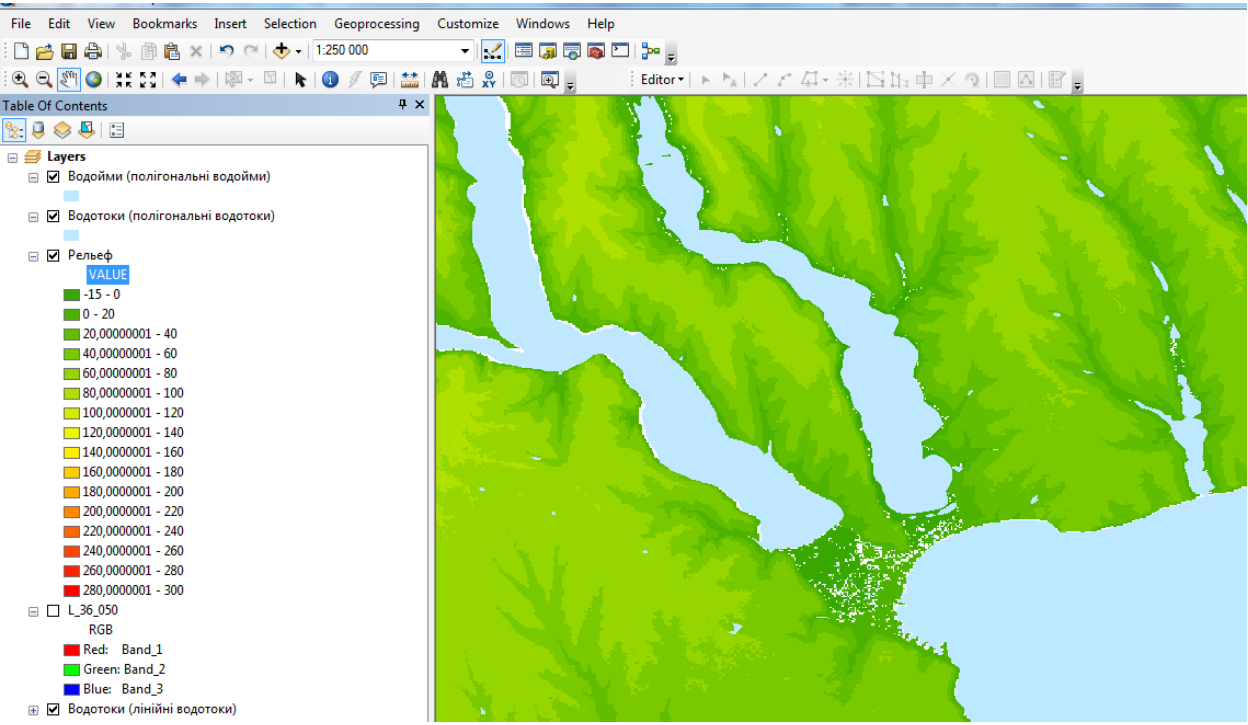


Рисунок 1.17 – Відображення GRID методом класифікації

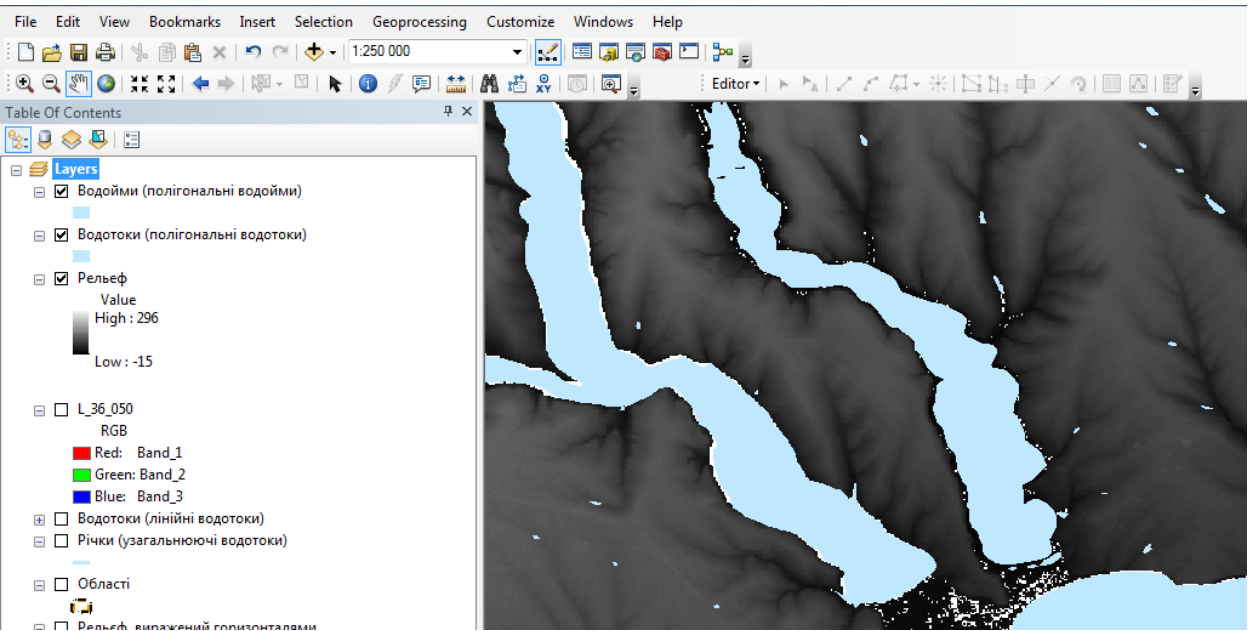


Рисунок 1.18 – Відображення GRID методом розтяжки

Метод класифікації використовується за замовчуванням і дозволяє створити тематичну карту з будь-якою кількістю класів (градацій) умовних знаків. Значення можуть бути розбиті за діапазонами як автоматично, так і вручну. При цьому будь-якого класу значень може бути присвоєно будь-який символ умовного знака.

Метод розтяжки відображає всі значення в одній градації, як би «розтягуючи» їх за кольоровою шкалою. В такому випадку кольори поверхні змінюються плавно, поступово переходячи з одного відтінку в інший в залежності від збільшення або зменшення показника (рис. 1.18).

Встановити метод зображення можна у властивостях шару (рис.1.19). У діалоговому вікні Layer Properties слід перейти на закладку Symbology (рис. 1.20). Вибрати метод відображення Stretched і натиснути OK.

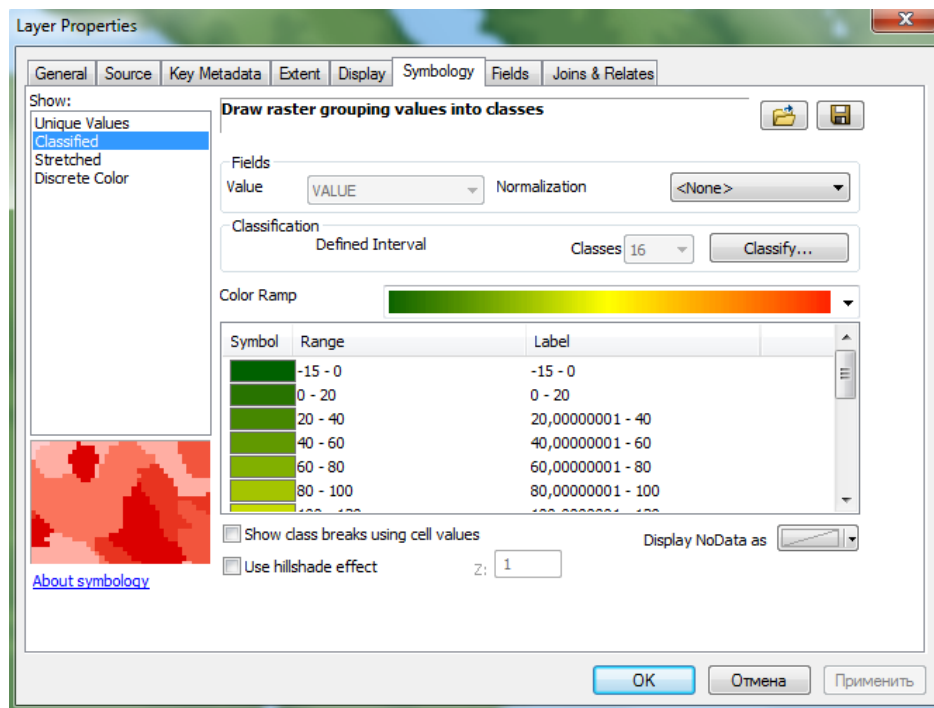


Рисунок 1.19 – Вкладка Symbology діалогового вікна Layer Properties

При відображенні растрових наборів даних програма ArcMap виконує передискретизацію, використовуючи різні методи: найближчого сусіда, білінійної інтерполяції, кубічної згортки, більшості. Від вибору методу істотно залежить вид даних на екрані, особливо при сильному збільшенні (рис. 1.21).

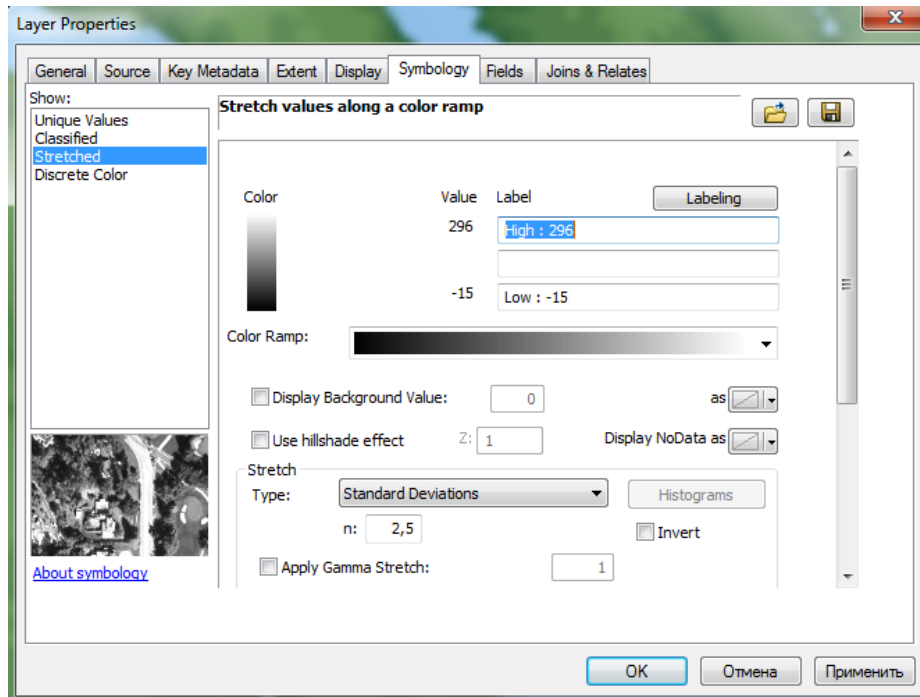


Рисунок 1.20 – Вкладка Symbology вікна Layer Properties (спосіб відображення – Stretched)



a)



b)

Рисунок 1.21 – Сильно збільшений фрагмент GRID при використанні методів:  
найближчого сусіда (a), білінійної інтерполяції (b)

Для безперервних даних (рельєф, атмосферний тиск) краще підходять методи білінійної інтерполяції і кубічної згортки. Решта методів краще підходять для дискретних даних (наприклад, космічні знімки, де важлива точність відображення кожного пікселя).

У діалоговому вікні Layer Properties слід перейти на вкладку Display. По черзі змінюючи метод передискретизації (рис. 1.22) і клацаючи ОК, можна

порівняти різні методи. Побудована за даними топографічної карти ЦМР Одеської області наведена у додатку А.

Таким чином, при роботі з ArcGIS методику побудови ЦМР Одеської області можна представити наступними етапами.

1) Збір паперових і електронних картографічних матеріалів для подальшої інтеграції в ГІС. На даному етапі були відібрані топографічні карти Одеської області.

2) Створення бази геоданих – основи для створення ГІС і подальшого моделювання, на даному етапі розробляється структура бази даних і визначаються всі класи об'єктів, які будуть в подальшому брати участь в моделюванні.

3) Імпорт всіх зібраних картографічних матеріалів в базу геоданих за допомогою файлового менеджера ArcGIS – ArcCatalog.

4) Географічна прив'язка зібраних даних. Вибір системи координат, картографічної проекція, при необхідності трансформація зображень.

5) Оцифрування об'єктів растрового зображення і створення векторних даних. Оцифрування здійснювалося в ручному режимі, але можна використовувати і автоматичний режим за допомогою спеціального модуля ArcGIS – ArcScan.

6) Побудова цифрової моделі рельєфу за допомогою модуля Spatial Analyst.

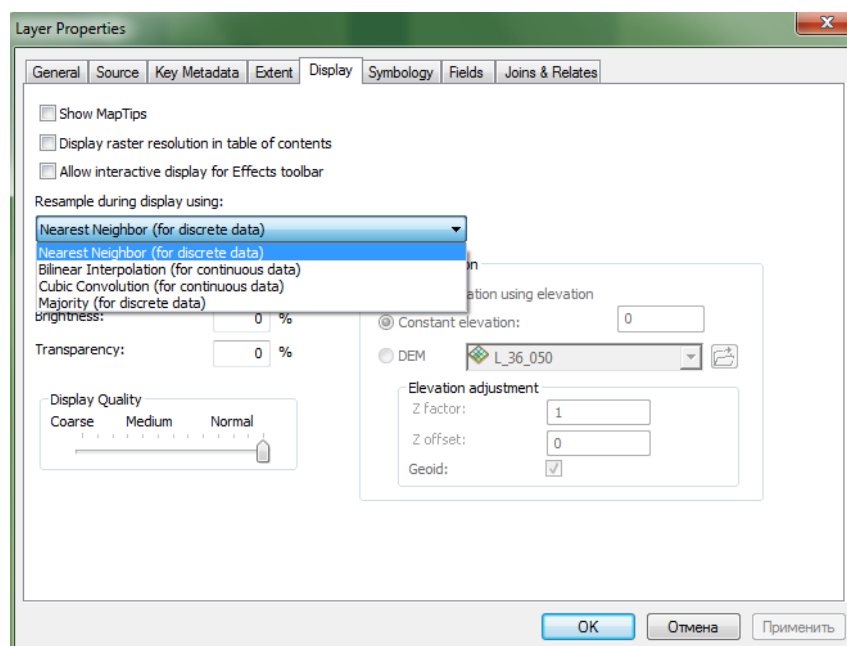


Рисунок 1.22 – Вибір методу передискретизації у вікні Layer Properties

Слід окремо відмітити, що використаний для побудови ЦМР інструмент Торо to Raster може некоректно інтерпретувати окремі ділянки векторних даних, тобто оцифрованих горизонталей, як це показано на рис.1.23. В цьому випадку треба провести оптимізацію і доповнити інформацію для ArcGIS. Один з способів – створення ще одного векторного набору даних в якому будуть вписані допоміжні точки з абсолютними висотами.



Рисунок 1.23 – Ділянка карти з некоректно інтерпретованими векторними даними

### 1.3.5 Створення 3D моделі в пакеті ArcScene

Програма ArcScene, що входить до складу ГІС-пакета ArcGIS, призначена для побудови тривимірних моделей і комп'ютерних анімацій на основі даних ArcGIS. ArcScene дозволяє створювати документи – сцени в форматі SXD і зберігати їх на диску.

Першим кроком до створення тривимірної моделі є загрузка ЦМР (TIN або GRID) за допомогою команди Додати дані. Двічі клацнувши на назві доданого шару ЦМР, слід викликати вікно Layer Properties і підібрати символи відображення моделі. Далі додамо в документ сцени векторні шари: водотоки і річки.

Нові дані в ArcScene завантажуються не на тривимірну модель рельєфу, а як би під неї – на площину з нульовою висотою (рис.1.24). Щоб «обтягнути» модель векторними або растровими даними якогось шару, треба у вікні Властивості шару на закладці Базові висоти вибрати опцію Отримати висоти для шару з поверхні і вказати ту модель, яку планується «драпірувати». Драпірувати можна також любим іншим зображенням,

наприклад, космічним знімком, створюючи при цьому дуже реалістичні тривимірні сцени.

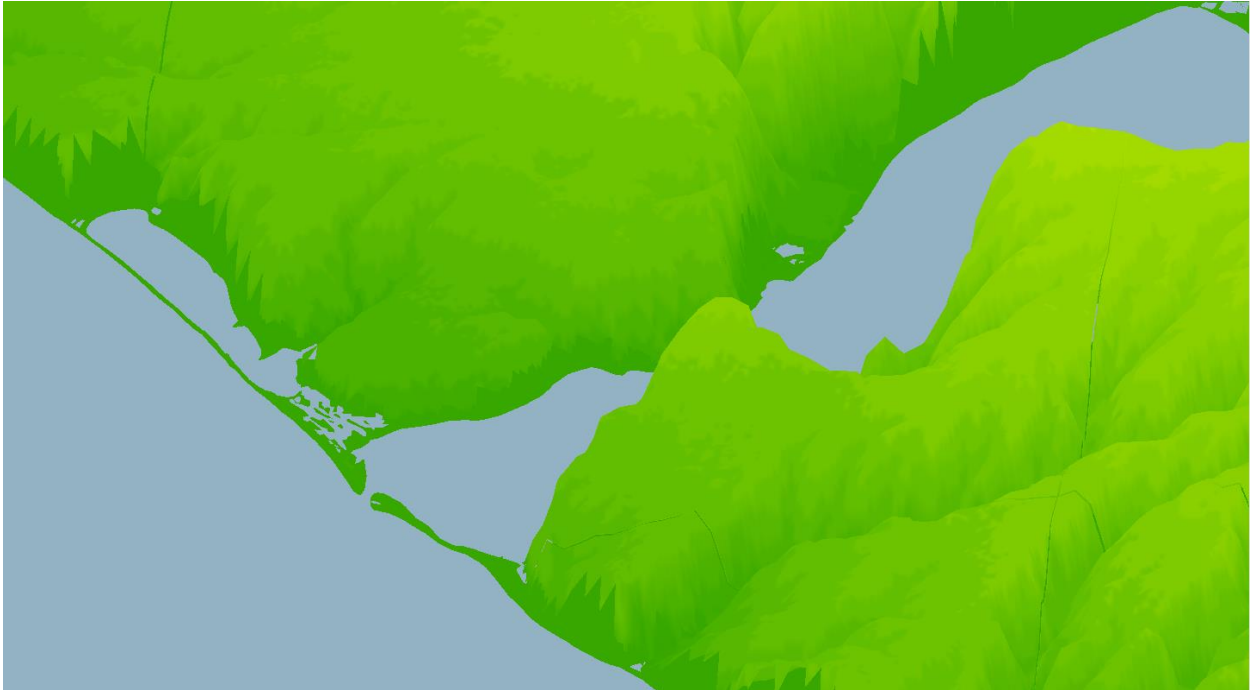


Рисунок 1.24 –3D модель рельєфу в пакеті ArcScene

#### 1.4 Створення ЦМР за даними SRTM

Розглянутий у п. 1.3 спосіб побудови ЦМР шляхом оцифрування топографічної карти потребує багато часу, окрім того не завжди вдається отримати доступ до топографічних карт потрібного масштабу. Ще один спосіб отримання даних для побудови ЦМР – використання готових даних SRTM, що були детально розглянуті у п. 1.2.4.

Дані SRTM можуть бути завантажені з декількох Інтернет джерел. Головним є сайт <http://srtm.csi.cgiar.org/>.

Будується рельєф території з низьким дозволом за даними радарної зйомки SRTM, похибка яких становить 90 метрів по горизонталі і 16 метрів по висоті. Побудована таким чином матриця висот є базовою для ЦМР.

Дані мають формат GeoTIFF, який підтримується пакетом ArcGIS і відображаються в географічній системі координат GCS WGS 84. В географічних системах координат довжини, площі і кути в різних ділянках спотворюються, тому слід перепроєктувати ці дані у проєктовану систему координат, щоб вони краще виглядали.

Оскільки обидві системи координат знаходяться в одному датумі, то не потрібно задавати додаткові параметри перетворення. Далі необхідно змінити кольорову гаму і задати спосіб класифікації.

На рис.1.25 представлена окрема частина ЦМР, що була отримана за даними STRM.

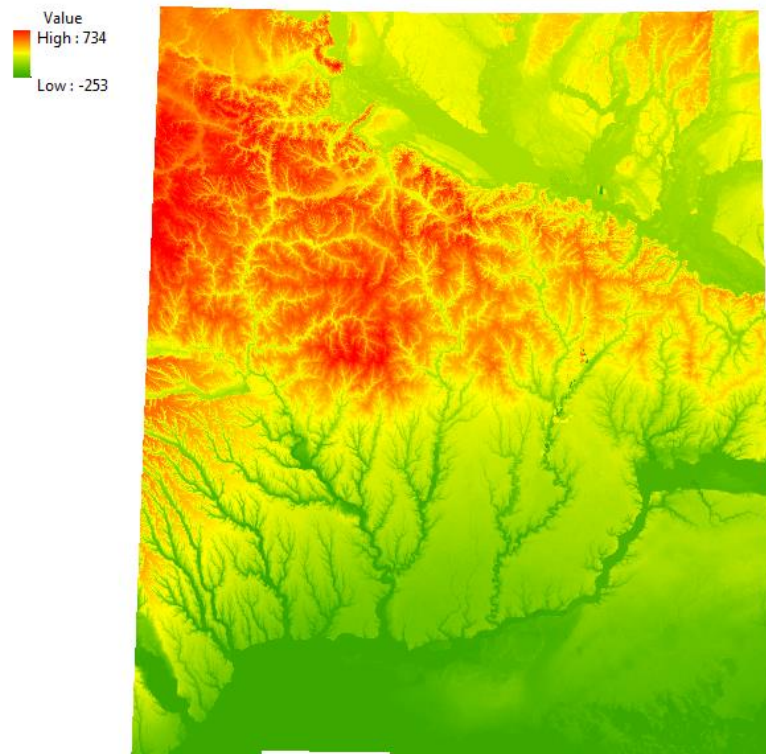


Рисунок 1.25 – ЦМР побудована за даними SRTM

Цифрова модель рельєфу Одеської області надана у додатку Б. Побудований за ЦМР шар ізоліній рельєфу Одеської області, який був використаний у ГІС проекті, представлений у додатку В.



## 2 РОЗРОБКА ГІС УПРАВЛІННЯ ВОДНИМ РЕСУРСАМ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вся сукупність інформації представлена у двох блоках: водні ресурси та меліоративні об'єкти Одеської області. Кожен з блоків складається з необхідної кількості персональних баз геоданих в форматі ESRI «mdb» згідно за кількістю підвідомчих організацій. Одеському облводресурсів підпорядковані дев'ять підвідомчих організацій, вісім з яких – управління водного господарства (УВГ), перелік яких наведений у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Водогосподарські підвідомчі організації

№ п/п	Назва організації	Райони, що обслуговує
1.	Білгород-Дністровське УВГ	Білгород-Дністровський район
2.	Болградське міжрайонне УВГ	Болградський та Ренійський райони
3.	Дністровське міжрайонне УВГ	Біляївський, Іванівський та Балтський райони
4.	Ізмаїльське УВГ	Ізмаїльський район
5.	Кілійське УВГ	Кілійський район
6.	Овідіопольське УВГ	Овідіопольський район
7.	Саратське УВГ	Саратський та Тарутинський райони
8.	Татарбунарське міжрайонне УВГ	Татарбунарський та Арцизький райони
9.	Одеська гідрогеолого-меліоративна експедиція	15 північних та центральних районів Одеської області

В цьому розділі розглянемо загальну структуру побудованої БГД для блоку «Водні ресурси».

### 2.1 Опис базових типів просторових об'єктів

*Просторовий об'єкт* – цифрове уявлення об'єкта реальності (entity), інакше цифрова модель об'єкта місцевості, що містить його місцезнаходження і набір властивостей, характеристик, атрибутів (позиційних і непозиційних просторових даних відповідно) або сам цей об'єкт. Виділяють чотири основних типи: точкові (точки), лінійні (лінії),



майданні або полігональні, контурні (полігони) і поверхні (рельєфи), 0-, 1-, 2- і тривимірні відповідно, а також тіла. Точки, лінії і полігони об'єднує поняття плоских, або планиметричних об'єктів (Planimetric feature), поверхні (а також тіла) відносять до типу тривимірних об'єктів, або об'ємних об'єктів (Volumetric feature). Сукупності простих просторових об'єктів (Simple feature) можуть об'єднуватися в складовий просторовий об'єкт (Complex feature). Повний набір однотипних об'єктів одного класу в межах даної території утворює шар (перераховані елементарні просторові об'єкти іноді називаються примітивами (Primitive), в тому числі геометричними примітивами (geometric primitive) і топологічними примітивами (topologic primitive) за аналогією з графічними примітивами в комп'ютерній (машинній) графіці.

*Просторові дані* – дані про просторові об'єкти, їх місцезнаходження або місцезнаходження та властивості, представлені в аналоговій або цифровій формі.

У ArcGIS класи просторових даних – однотипні сукупності об'єктів із загальним просторовим поданням і набором атрибутів, що зберігаються в таблиці бази даних, наприклад, клас лінійних об'єктів, що представляє осьові лінії доріг.

Як правило, класи просторових об'єктів є тематичними наборами точок, ліній або полігонів, але в дійсності існує сім типів класів просторових об'єктів. Перші три підтримуються в базах даних і базах геоданих. Решта чотири підтримуються тільки в базах геоданих [19, 20]:

- *Точки*: просторові об'єкти, які занадто малі, щоб позначати їх лініями або полігонами, а також точкові розташування (точки GPS).

- *Лінії*: відображають форму і місце розташування географічних об'єктів, занадто вузьких для відображення у вигляді полігонів (центральні лінії вулиць, струмки). Лінії також використовуються для представлення об'єктів, що мають довжину і не мають площі, таких як ізолінії і кордони.

- *Полігони*: набір багатосторонніх майданних об'єктів, що становлять форму і місце розташування однорідних типів просторових об'єктів, таких як адміністративні райони, округи, ділянки землі, типи ґрунту та зони землекористування.

- *Анотації*: підпис на карті, яка містить параметри відображення тексту. Наприклад, крім текстового рядка кожної анотації, там зберігаються і інші властивості – наприклад точки фігури для розміщення тексту, його шрифт і точковий розмір, а також інші властивості відображення.

– *Об'єкти-розміри*: спеціальний тип анотації, що показує специфічні довжини або відстані, наприклад, для вказівки довжини сторони будівлі, ділянки землі або відстані між двома об'єктами. Розміри найчастіше використовуються для дизайнерських і інженерних задач в ГІС.

– *Мультиточка*: просторові об'єкти, що складаються з більш ніж однієї точки. Мультиточка часто використовуються для управління масивами дуже великих сукупностей точок, таких як, наприклад, кластери точок LiDAR, які можуть містити мільярди пунктів.

– *Мультипатчі*: 3D-геометрія, використовувана для подання зовнішньої поверхні, або оболонки, об'єктів, які займають дискретну область або обсяг в тривимірному просторі. Мультипатчі охоплюють плоскі 3D окружності і трикутники, які використовуються в комбінації для моделювання тривимірної оболонки. Мультипатчі можуть використовуватися для подання всього, починаючи від простих об'єктів, наприклад сфер і кубів, до складних об'єктів, наприклад ізо-поверхонь зданий.

Для будь-якого об'єкта в ГІС характерна наявність трьох типів характеристик (рис.2.1), що визначають [20]:

- Самобутність об'єкта – ідентифікатор;
- Місце розташування об'єкта – локатор;
- Властивості об'єкта – атрибути, зв'язки, допустимі операції;
- Атрибутивна інформація.

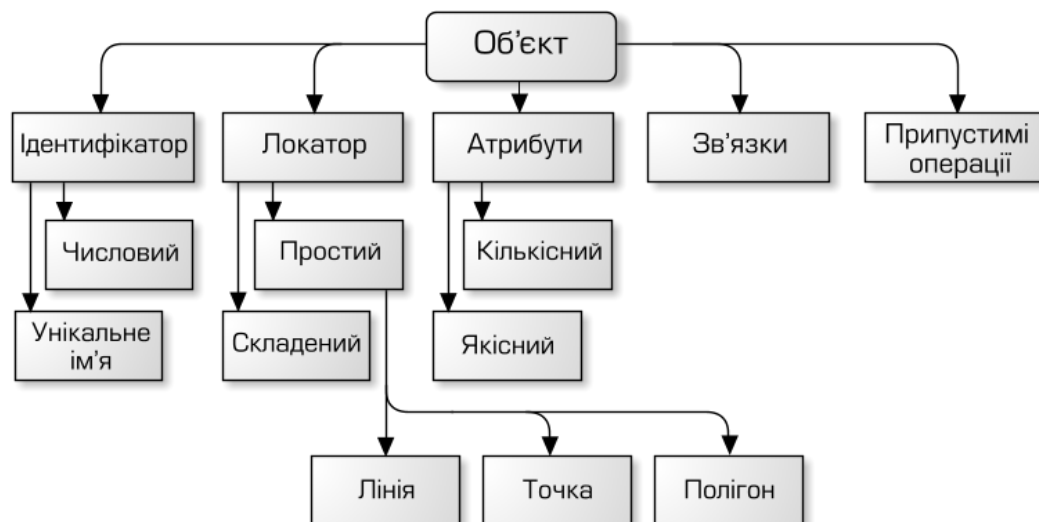


Рисунок 2.1 – Характеристики об'єкта

Атрибутивні дані представляють собою сукупність непозиційних характеристик (атрибутів) просторового об'єкта, визначають смисловий зміст (семантику) об'єкта і можуть містити якісні або кількісні значення. Таким чином, будь-який предмет або явище може бути описано в просторі відповідно до наступної моделі: парою координат (географічна множина), геометрією (схематична множина) і деяким набором характеристик (атрибутів) (рис.2.2). Атрибутивна структура даних може бути представлена у вигляді таблиць і текстів. При цьому атрибутивні дані можуть мати просторову прив'язку, або не мати її. Будь-які атрибутивні дані можуть бути «прив'язані» до конкретного об'єкта, доповнюючи тим самим його просторові характеристики.

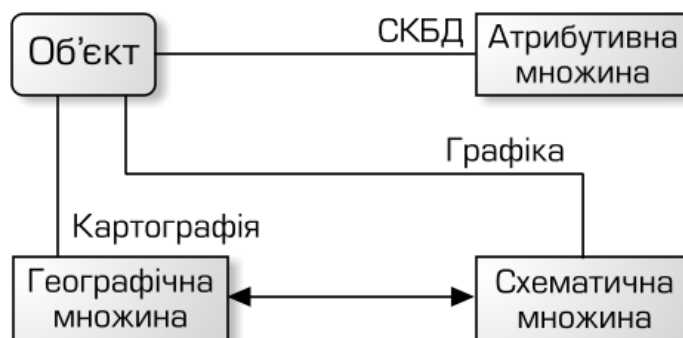


Рисунок 2.2 – Типи «просторів» об'єкта

Географічна (картографічна) множина містить всі образи об'єктів (точкових, лінійних, полігональних) з реальними географічними координатами; її виразом є цифрова модель місцевості (карта, зображення знімка). Схематична (графічна) множина – це схематичний опис образів об'єктів, наприклад, у вигляді картосхем з умовними координатами об'єктів, мережових графіків планування, схем трубопроводів, комунікацій і т.п.

Між схематичним і географічним множинами існує тісний взаємозв'язок, тому що для вирішення завдань аналізу часто потрібно суміщення схем і реальних карт, тому умовні координати переводяться в реальні, і навпаки.

Атрибутивна множина представляється набором характеристик різних властивостей об'єкта. При цьому не має значення вид характеристики. Вона може бути виражена числовим значенням, якістю характеристики і т.п. Кожен клас просторових об'єктів зберігається в окремій таблиці. Стовпець

share в кожному рядку використовується для зберігання геометрії або форми кожного об'єкта.

## 2.2 Структура бази геоданих ГІС

База геоданих є відкритою структурою для зберігання і управління даними ГІС (просторова геометрія, таблиці, зображення), реалізованою в системі керування базами даних (СКБД). База геоданих відповідає фундаментальній реляційній моделі даних, в якій кожен просторовий об'єкт і його атрибути зберігаються у вигляді рядка таблиці. Об'єкт являє собою просторовий об'єкт або елемент реального світу, який моделюється в даній ГІС (наприклад, земельна ділянка, мост, насосна станція, річка).

Набір схожих просторових об'єктів, таких як ділянки або річки, зберігається в таблиці СКБД і називається *класом об'єктів*.

Набори пов'язаних класів об'єктів, що мають однакову просторову прив'язку, можуть бути організовані в більш велику структуру, яка називається *набором класів об'єктів*.

Просторові об'єкти та структурні відносини між ними фіксуються у вигляді цифрових записів в наборі файлів, утворюють *покриття*. Покриття, що розглядається в контексті його змістовної визначеності, утворює *шар*, а композиція шарів – цифрову карту. Змістовні характеристики об'єктів фіксуються у вигляді таблиць, кожна запис в яких співвідноситься з певним просторовим об'єктом цифрової карти через призначений для користувача ідентифікатор, зазначений в запису і в цифровій карті.

У ArcGIS база геоданих – це набір географічних наборів даних різних типів, що зберігаються в загальнодоступному місці файлової системи – базі даних Microsoft Access. Але база геоданих – двадцяти це більше, ніж просто колекція наборів даних; термін «база геоданих» має в ArcGIS кілька значень:

База геоданих – це «рідна» для ArcGIS структура даних; вона є основним форматом даних, що використовується для редагування і управління даними. Хоча ArcGIS працює з географічною інформацією, що знаходиться в різних форматах географічних інформаційних систем (ГІС), все його потужні функціональні можливості використовуються саме в базах геоданих.

Це фізичне сховище географічної інформації – перш за все використовує СКБД або файлову систему. Можна отримувати доступ і

працювати з фізичним екземпляром наборів даних безпосередньо в ArcGIS або в системах керування базами даних за допомогою SQL.

Бази геоданих мають всебічну інформаційну модель для відображення і управління географічною інформацією. Ця всебічна інформаційна модель реалізується серією простих таблиць з даними, що містять класи просторових об'єктів, набори растрів і атрибути. Крім того, розширені об'єкти ГІС-даних додають ГІС-поведінку, правила для управління просторовою цілісністю і інструменти для роботи з численними просторовими відносинами основних просторових об'єктів, растрів і атрибутів.

Для зберігання і управління атрибутами бази геоданих існує ряд підтримуваних типів полів. Доступні типи стовпців включають в себе різні типи: числові, текстові, дати, великі двійкові об'єкти (BLOB) і глобальні унікальні ідентифікатори (GUID).

Підтримувані типи полів атрибутів бази геоданих включають [20]:

- *Числа*: можуть бути одного з чотирьох числових типів даних: short integers (короткі цілі числа), long integers (довгі цілі числа), single-precision floating-point (одинарної точності з плаваючою комою) і double-precision floating-point numbers (подвійний точності з плаваючою комою, які зазвичай називають числами подвійної точності).

- *Текст*: будь-який набір букв і цифр заданої довжини.

- *Дата*: містить дані дати і часу.

- *BLOB*: великі двійкові об'єкти, що використовуються для зберігання і управління двійковою інформацією, наприклад, символи або CAD-об'єкти.

- *Глобальні ідентифікатори*: типи даних GlobalID і GUID зберігають рядки на зразок рядків записів реєстру, що складаються з 36 символів, укладених у фігурні дужки. Ці рядки унікально визначають об'єкт або запис таблиці всередині і поза базою геоданих.

- *Типи стовпців XML* також підтримуються інтерфейсами програмування. Стовпець XML може зберігати будь-який вміст у форматі XML (наприклад, метадані XML).

Кожен клас просторових об'єктів зберігається в окремій таблиці. Стовпець shape в кожному рядку використовується для зберігання геометрії або форми кожного об'єкта.

У таблиці класу просторових об'єктів:

- Кожен клас просторових даних є таблицею.

- Індивідуальні об'єкти представлені у вигляді записів.

- Атрибути просторових об'єктів записуються в стовпці.
- Стовпець *shape* містить геометрію кожного об'єкта (точка, лінія, полігон і т.д.).
- Поле *Object ID* містить унікальний ідентифікатор для кожного об'єкта.

При створенні класу лінійних об'єктів в базі геоданих в клас просторових об'єктів автоматично додається додаткове поле для запису значень довжини лінії. При створенні класу полігональних об'єктів в базі геоданих в клас просторових об'єктів автоматично додається два додаткових поля для запису значень довжини (периметра) і площі всіх полігональних об'єктів. Одиниці виміру для цих значень залежать від просторової прив'язки, визначеної для класу просторових об'єктів. Імена цих полів варіюються в залежності від бази даних і використовується просторового типу. Ці поля є обов'язковими і не можуть бути змінені.

## 2.3 Типи баз геоданих

Існує три типи баз геоданих [20]:

1) *Файлові бази геоданих* – зберігаються як папки в файлової системі. Кожен набір даних зберігається у вигляді файлу, який може збільшуватися аж до 1 ТБ за розміром. Цей тип БГД рекомендується використовувати замість персональних баз геоданих.

2) *Персональні бази геоданих* – все набори даних зберігаються у вигляді файлу бази даних Microsoft Access, який має обмеження за розміром до 2 Гб.

3) *Бази геоданих, що розраховані на багато користувачів* – також відомі як корпоративні, не мають обмежень за розміром і кількістю користувачів. Зберігаються в реляційній базі даних з використанням Oracle, Microsoft SQL Server, IBM DB2, IBM Informix або PostgreSQL.

ГІС, що розробляється, не призначена для клієнт-серверної роботи, тому у проекті будуть створені персональні бази геоданих (ПБГД) для кожної підвідомчої організації. Тобто кожна ПБГД буде зберігатися у єдиному файлі Microsoft Access (.mdb).

ПБГД підтримують бази геоданих, які мають обмеження за розміром 2 Гб. Однак, "ефективний" розмір бази даних менше, деє між 250 і 500 МБ, при перевищенні якого знижується швидкість роботи бази даних. Персональні бази геоданих підтримуються тільки операційною системою Microsoft Windows. Але користувачам дійсно зручніше користуватися

можливостями управління текстом в Microsoft Access для роботи з атрибутивними значеннями. Перелік ПБГД, що створені у проекті наведені у табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Перелік ПБГД проекту

Відносний шлях до ПБГД	Назва файлу ПБГД	Назва організації
Блок «Водні ресурси»		
D:\Блок_ВР\	B_Dnistrovsk_WO.mdb	Білгород-Дністровське УВГ
	Bolgrad_WO.mdb	Болградське міжрайонне УВГ
	Dnistrovsk_WO.mdb	Дністровське міжрайонне УВГ
	Izmail_WO.mdb	Ізмаїльське УВГ
	Kiliy_WO.mdb	Кілійське УВГ
	Ovidiopol_WO.mdb	Овідіопольське УВГ
	Sarata_WO.mdb	Саратське УВГ
	Tatarbunary_WO.mdb	Татарбунарське міжрайонне УВГ
	Odeske_GME.mdb	Одеська гідрогеолого-меліоративна експедиція
Блок «Меліоративні об'єкти»		
D:\Блок_МО\	B_Dnistrovsk_MO.mdb	Білгород-Дністровське УВГ
	Bolgrad_MO.mdb	Болградське міжрайонне УВГ
	Dnistrovsk_MO.mdb	Дністровське міжрайонне УВГ
	Izmail_MO.mdb	Ізмаїльське УВГ
	Kiliy_MO.mdb	Кілійське УВГ
	Ovidiopol_MO.mdb	Овідіопольське УВГ
	Sarata_MO.mdb	Саратське УВГ
	Tatarbunary_MO.mdb	Татарбунарське міжрайонне УВГ
	Odeske_GME_MO.mdb	Одеська гідрогеолого-меліоративна експедиція

Вибір для проекту персональних баз геоданих обумовлений ще тим, що організація має вже заповнені раніше таблиці атрибутивних даних по водним

об'єктам, які мають формат Microsoft Access. Тобто вибір ПБГД дасть змогу використовувати історичні дані без окремої конвертації форматів.

Передбачається, що розмір ПБГД проекту не перевищить 500 МБ інформації.

## 2.4 Структура ПБГД ГІС «Водні ресурси»

Персональна база геоданих складається з двадцяти тематичних шарів, які містять дані про водні об'єкти, гідротехнічні споруди, насосні станції та інш. Більш докладно структура ПБГД проекту наведена в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Структура просторової бази даних ГІС «Водні об'єкти»

№ п/п	Назва шару	Клас просторових об'єктів	Назва об'єктів	Назва таблиці ПБГД
1	2	3	4	5
1.	Водотоки (лін.)	лінійний	річки, струмки, канали	Vodotoki_1
2.	Водотоки (пол.)	полігональний	річки	Vodotoki_p
3.	Водойми	полігональний	озера, водосховища, ставки	Vodoemy
4.	Моніторинг	точковий	точки проведення програм моніторингу	Monitoring
5.	Аварійні водойма	полігональний	аварійні озера, водосховища, ставки	Avarini_vodoemy
6.	Скиди	лінійний	місця розташування скидів	Skidi_1
7.	Водозабір	лінійний	водозабір	Vodozabir
8.	Прибережно-захисні смуги	лінійний	прибережно-захисні смуги	Priberejni_smugi
9.	Водоохоронні зони	лінійний	водоохоронні зони	Vodoohoronni_zoni
10.	Насосні станції	полігональний	місця розташування насосних станцій	Nasosnie_stancii
11.	Суб-басейн	полігональний	суб-басейн	Sub_basin
12.	Басейни	полігональний	басейни водозбору	Basseiny



Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5
13.	Гідротехнічні споруди (точ.)	точковий	водовипуски, водомірні гідрологічні пости, водоскиди, резервуари, рибозахісні споруди, рибопропускні споруди	Gidrotech_sporudy
14.	Гідротехнічні споруди (лін.)	лінійний	водозабірні споруди, водоскид, водоспуски, відвідний канал, відстійники, гребля, дамба, дамби обвалування, осе водовипуск, дюкери, канали, мости, паводковий водоскид, підпірні стіни, труба водовипуск, труби, трубопроводи, шлюзи	Gidrotech_sporudy_1
15.	Населені пункти	полігональний	міста, селища міського типу, селища сільського типу	Sity
16.	Автомобільні шляхи	лінійний	автостради, удосконалені шосе, шосе, удосконалені ґрунтові дороги, ґрунтові дороги (путівці), польові і лісові дороги	Dorogi
17.	Рельєф, виражений горизонталями	лінійний	горизонталі	Relief
18.	Межа адміністративних районів	полігональний	кордони районів області та міст обласного підпорядкування	Region
19.	Сільради	полігональний	кордони міських, селищних та сільських рад	Delenie
20.	Межа УВГ	полігональний	межа управління водного господарства	Kordon_UVG

Для зручності користувача додатково до табл. 2.3 сформований опис тем та атрибутів об'єктів, який наведений у додатку Г.

## 2.5 Опис ГІС-проектів блоку «Водні ресурси»

Всі шари геоінформаційної бази даних приведені до єдиної системи координат, тобто використана Світова геодезична система WGS-84 з поперечно-циліндричною картографічною проекцією Меркатора UTM.

В проекті було створено дев'ять ГІС-проектів блоку «Водні ресурси» формату ArcGIS \*.mxd, додаткова інформація про які наведена у табл.2.4.
























Таблиця 2.4 – Перелік ГІС-проектів блоку «Водні ресурси»

Відносний шлях до проекту	Назва файлу ГІС-проекту	Назва організації
D:\Блок_ВР\	Б_Дністровське_УВГ. mxd	Білгород-Дністровське УВГ
	Болградське_МУВГ. mxd	Болградське міжрайонне УВГ
	Дністровське_МУВГ. mxd	Дністровське міжрайонне УВГ
	Ізмаїльське_УВГ. mxd	Ізмаїльське УВГ
	Кілійське_УВГ. mxd	Кілійське УВГ
	Овідіопольське_УВГ. mxd	Овідіопольське УВГ
	Саратське_УВГ. mxd	Саратське УВГ
	Татарбунарське_МУВГ. mxd	Татарбунарське міжрайонне УВГ
	Одеська_ГМЕ. mxd	Одеська гідрогеолого-меліоративна експедиція

ГІС-проекти містять цифрові шари бази геоданих, розподілені за тематичними блоками, забезпечуючи таким чином зручну взаємодію користувача з інтерактивною картою. У ГІС-проектах налаштоване відображення просторових даних з використанням різних умовних знаків. Перелік умовних знаків для шару «Гідротехнічні споруди» і «Гідротехнічні споруди(лінії)» наведені в табл.2.5.

Користувачу доступні всі базові функції пакету ArcMap 10.2. Розроблена структура має інструментарій для набору даних з передбаченою можливістю доповнення, редагування та встановлення зв'язків між шарами для швидкого пошуку, перегляду (у т.ч. фотографічних матеріалів, актів обстеження тощо) та викопіюванню інформації по водним об'єктам кожного району, який закріплено за підвідомчими організаціями Одеського облводресурсів.

Таблиця 2.5 – Перелік умовних знаків для шару «Гідротехнічні споруди (крапка)» і «Гідротехнічні споруди(лінії)» блоку «Меліоративні об’єкти»

№	Назва шару	Назва категорій	Умове позначення
1	Гідротехнічні споруди (крапка)	Водовипуски	
		Водомірні пости (гідрологічні)	
		Водоскиди	
		Дюкери	
		Канали	
		Резервуари	
		Рибозахисні споруди	
		Рибопропускні споруди	
		Труба водовипуск	
		Шлюзи	
2	Гідротехнічні споруди(лінії)	Водозабірні споруди	
		Водоскиди	
		Водоспуски	
		Відвідний канал	
		Відстійник	
		Гребля	
		Дамба	
		Дамба обвалування	
		Донний водовипуск	
		Паводковий водоскид	
		Підпірні стіни	
		Труби	
		Трубопроводи	

На рис.2.3 представлено головне вікно ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Білгород-Дністровського УВГ. Вигляд головних вікон ГІС-проектів блоку «Водні ресурси» для інших УГВ наведений у додатку Д.

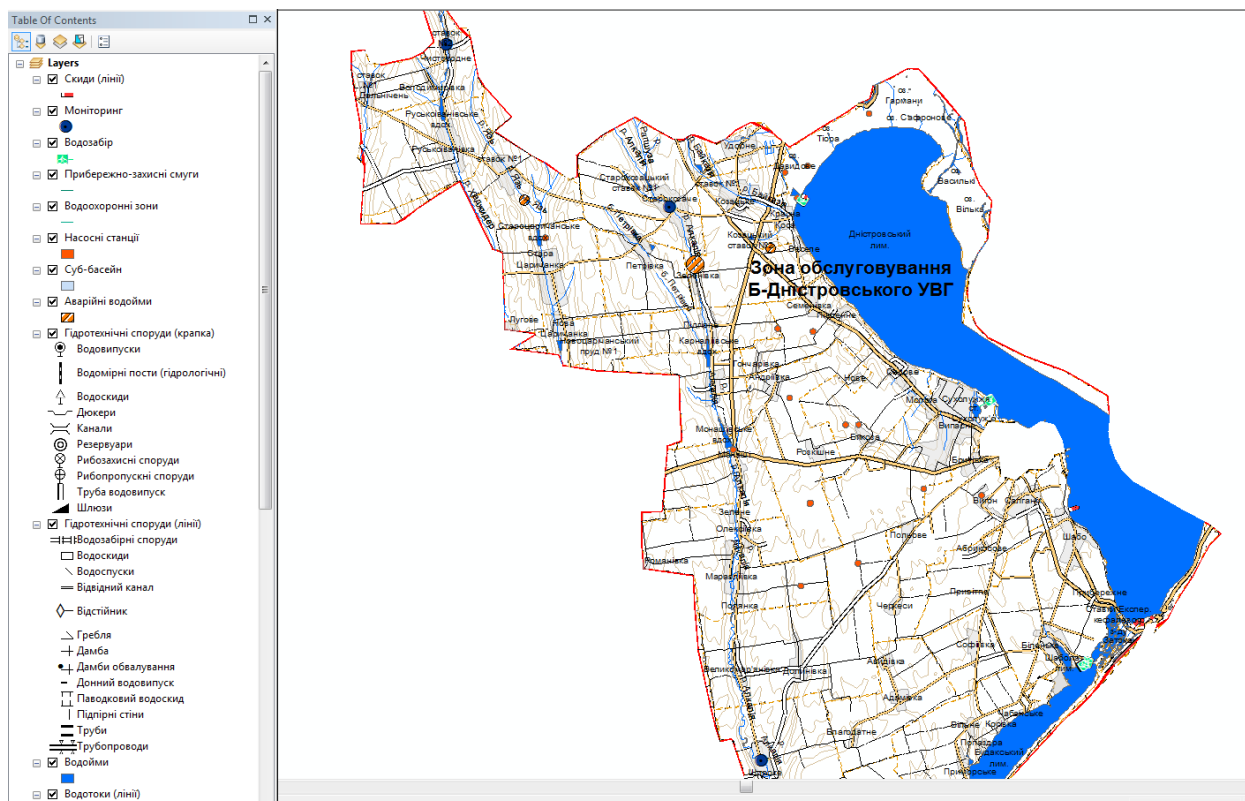


Рисунок 2.3 – Вигляд вікна ГІС-проекту «Б-Дністровське УВГ»

Переглянути атрибути просторового об'єкта можна за допомогою інструмента Identify, який дозволяє вибирати просторові об'єкти на мапі і автоматично переглядати їх атрибути, як показано на рис.2.4.

На рис.2.4 видно що у вікні атрибутів об'єкту є гіперпосилання (атрибут Link), яке дозволяє здійснити доступ до документів і веб-сторінок, пов'язаних з просторовим об'єктом. Подивитися їх для кожного об'єкта можна за допомогою інструменту Гіперпосилання (Hyperlink), що знаходиться на панелі Інструменти (Tools).

Для того,щоб створити або редагувати просторові об'єкти в ArcMap, треба взяти готовий або створити новий клас просторових об'єктів, в якому вони будуть зберігатися. Створити новий клас об'єктів бази геоданих можна у Вікні каталогу (Catalog). На панелі інструментів Редактор (Editor) і у вікні Створити об'єкти (Create Features) розташовуються найбільш часто використовувані інструменти для редагування об'єктів (рис.2.5).

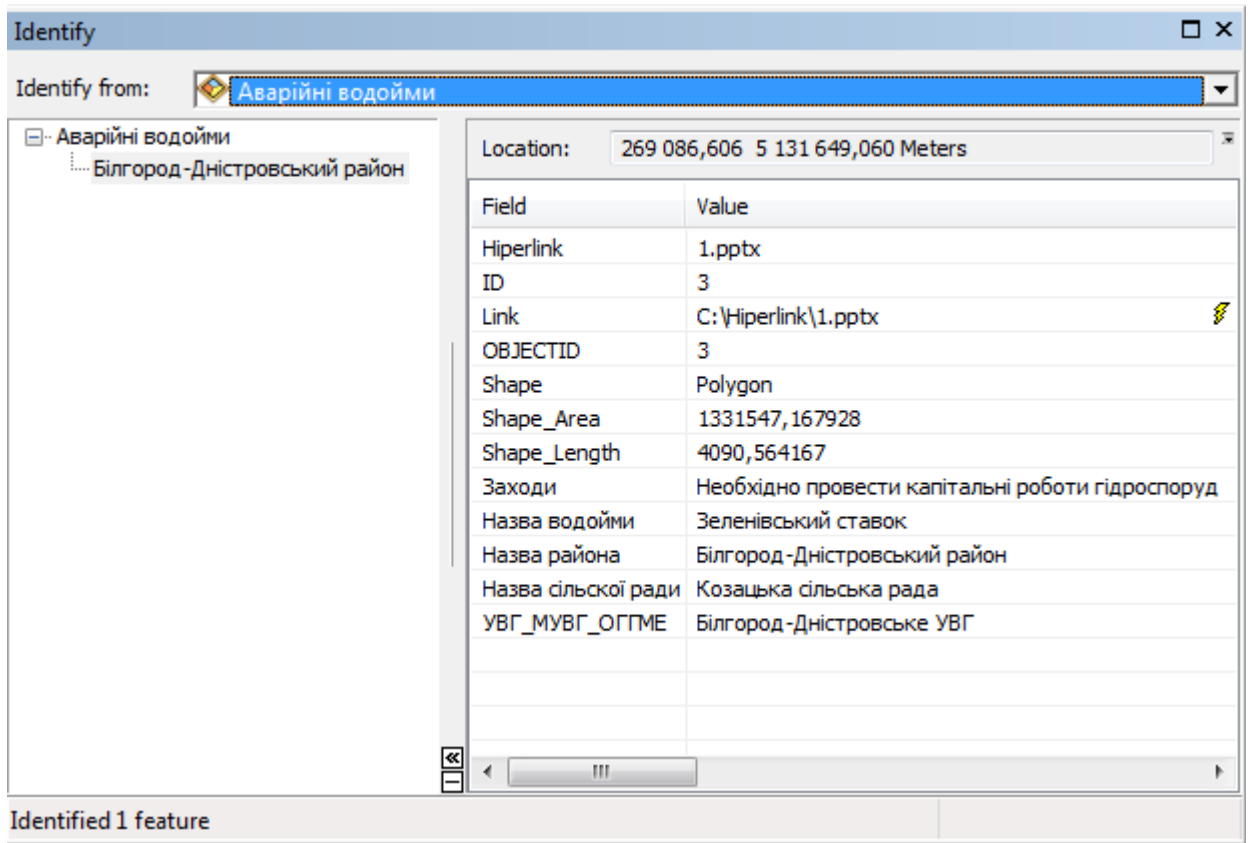


Рисунок 2.4 – Вигляд вікна ідентифікації

Після додавання даних для редагування в ArcMap можна слідувати простому алгоритму редагування:

- 1) Обрати робочу область і шар даних для редагування.
- 2) Запустити сеанс редагування (Почати редагування - Start editing).
- 3) Обрати шаблон об'єкта і інструмент побудов у вікні Створити об'єкти (Create Features).
- 4) Налаштувати додаткові параметри для таких опцій, як замикання у Construction Tools.
- 5) Створити новий об'єкт (наприклад, оцифрувати його на карті).
- 6) Додати або відредагувати атрибути об'єкта.
- 7) Зберегти зміни і завершити редагування.

У сеансі редагування в ArcMap можливо редагувати існуючі об'єкти і їхні атрибути. Для цього після вибору потрібного об'єкту, на панелі інструментів Редактор (Editor) необхідно вибрати інструмент Атрибути (Attributes) і в вікні, що з'явиться, виконати редагування атрибутів. На рис.2.6 обраний режим редагування атрибутів просторового об'єкту з шару «Аварійні водойма».

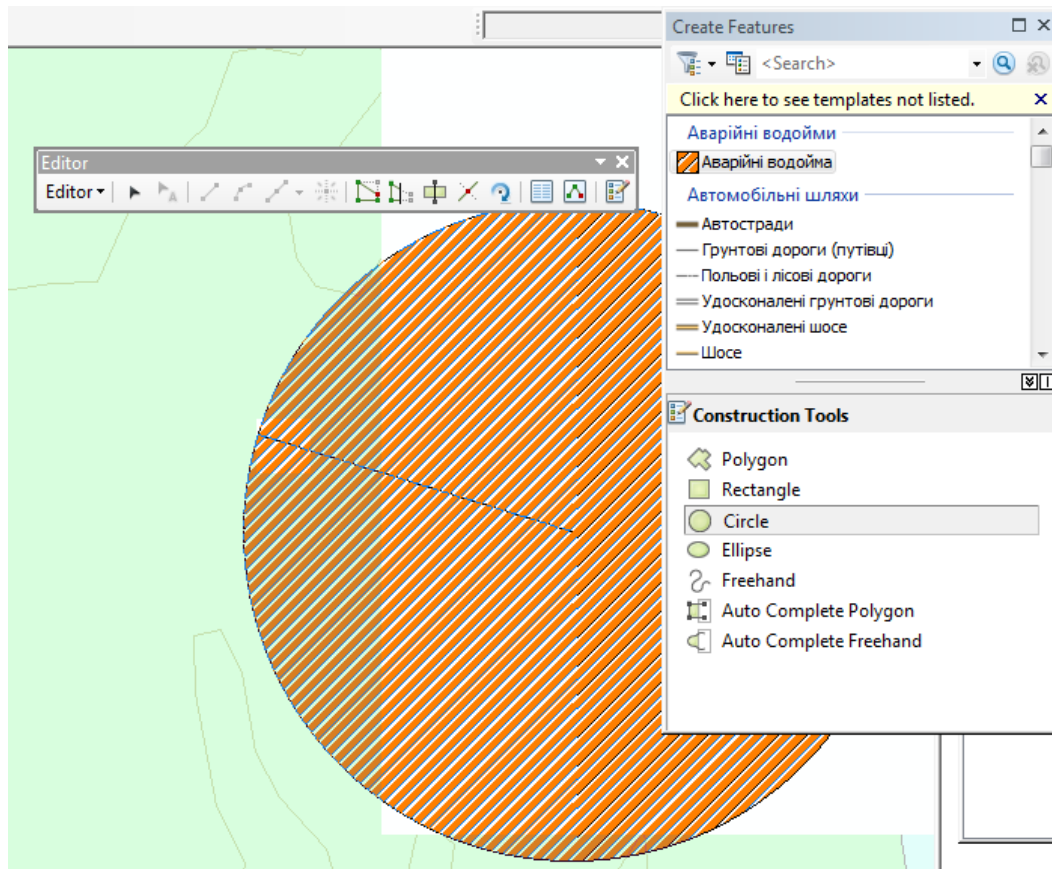


Рисунок 2.5 – Процес редагування просторового об'єкту шару «Аварійні водойма»

В проєкті створені звіти, які дозволяють організовувати і відображати табличні дані, пов'язані з географічними об'єктами. Звіт можна надрукувати, для поширення разом з картою, експортувати його в статичний формат, такий як RDF(файл документа звіту) або PDF, помістити його безпосередньо на карту або зберегти звіт як RLF (файл компонування звіту), який можна виконувати повторно. Приклад звіту для об'єктів шару «Аварійні водойма» показаний на рис.2.7.

Звіт має різні параметри, які налаштовуються при його створенні. Наприклад, можна задати стиль звіту, розмір сторінок, а також використовувати певні шрифти з необхідним кольором і розміром. Також, для зміни способу форматування звіту, можна додавати в нього стовпці.

Є можливість створити звіт на основі виділених об'єктів або SQL запиту.

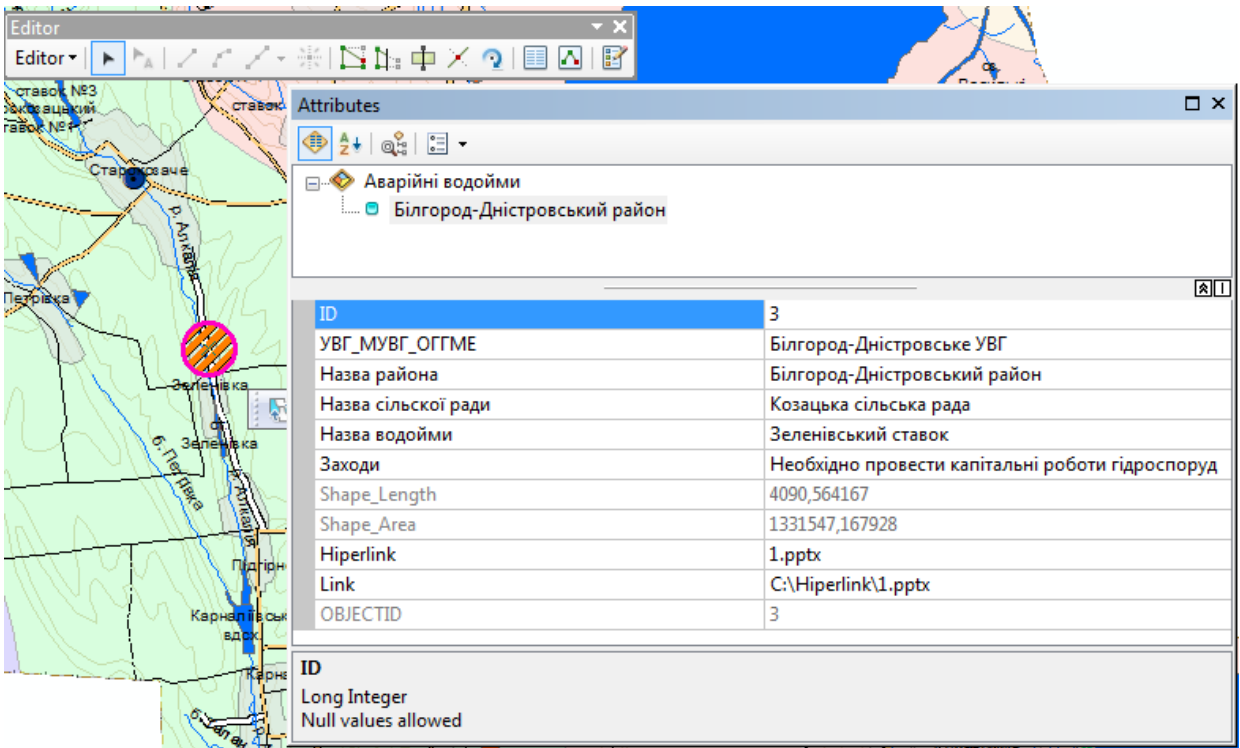


Рисунок 2.6 – Процес редагування атрибутів просторового об’єкту шару «Аварійні водойма»

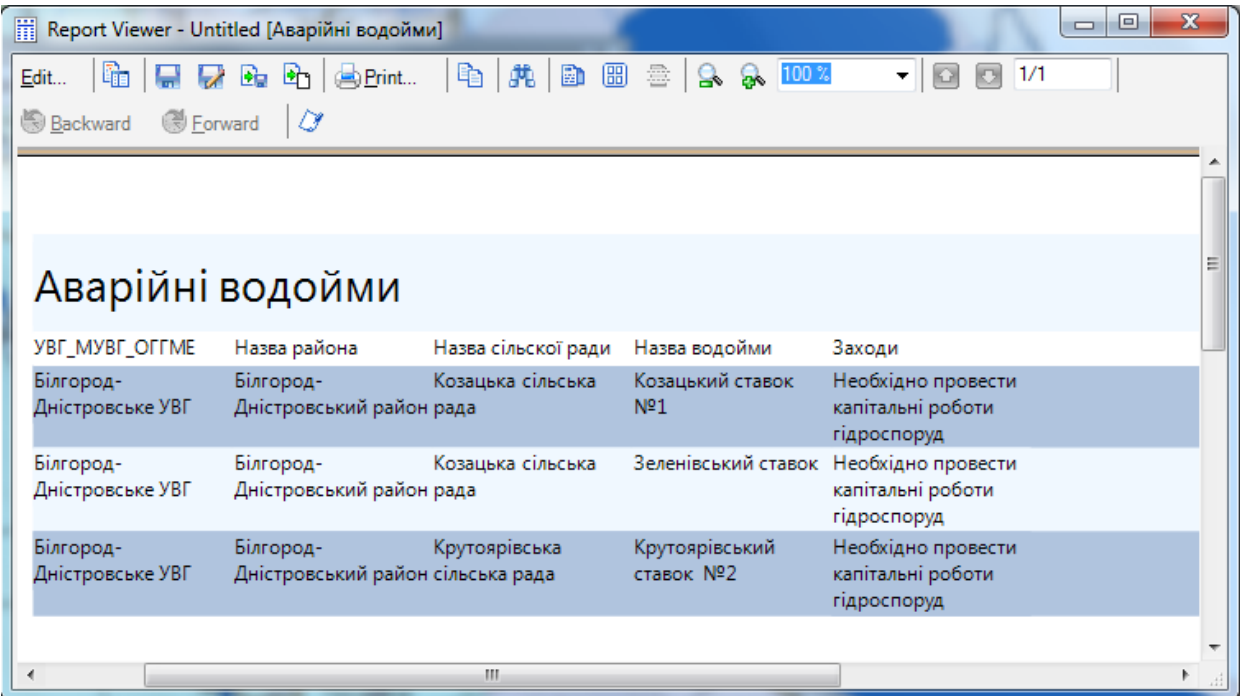


Рисунок 2.7 – Вигляд звіту для об’єктів шару «Аварійні водойма»

### 3 РОЗРОБКА ГІС УПРАВЛІННЯ МЕЛІОРАТИВНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

#### 3.1 Структура ПБГД ГІС «Меліоративні об'єкти»

Персональна база геоданих блоку «Меліоративні об'єкти» складається з двадцяти шести тематичних шарів, які містять дані про магістральні канали, насосні станції промислові бази та ін. Дев'ять тематичних шарів були імпортовані з відповідних ПБГД блоку «Водні ресурси». Більш докладно структура ПБГД (без імпортованих шарів) наведена у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Структура просторової бази даних ГІС «Меліоративні об'єкти»

№ п/п	Назва шару	Клас просторових об'єктів	Назва таблиці ПБГД
1	2	3	4
1.	Будівля експлуатаційних ділень	точковий	Budivlya_ekspluataciinih_dilnic
2.	УВГ,МУВГ,ОГГМЕ	точковий	UVG_MUVG_OGGME
3.	Гідропост	точковий	Gidropost
4.	Точка водовиділу	точковий	Tochka_vodovidilu
5.	НС, ГНС, ОНС	точковий	Nasosni_stanciï
6.	Промислова база	точковий	Promislova_baza
7.	Гідротехнічні споруди	точковий	Gidrotech_sporudy
8.	Експлуатаційні шляхи	лінійний	Ekspluataciini_shlyahi
9.	Режимно-спостережна мережа	точковий	Rejimno_sposterejna_mereja
10.	Колекторно-дренажні системи	лінійний	Kolektorno_drenajni_sys
11.	Водозабірно-скидна мережа	лінійний	Vodozabirna_skidna_mereja
12.	Зрошувальна мережа	лінійний	Zroshuvalna_mereja
13.	Гідротехнічні споруди (лін.)	лінійний	Gidrotech_sporudy_1
14.	Рівень ґрунтових вод	полігональний	RGV



Продовження табл.3.1

1	2	3	4
15.	Підтоплені населені пункти	полігональний	Pidtopleni_naseleni_punkti
16.	Дренажні системи	полігональний	Drenajni_sistemi
17.	Зрошувальні системи	полігональний	Zroshuvalny_sys

Для зручності користувача додатково до табл. 3.1 сформований опис тем та атрибутів об'єктів, який наведений у додатку Е.

### 3.2 Опис ГІС-проектів блоку «Меліоративні об'єкти»

Всі шари геоінформаційної бази даних приведені до єдиної системи координат, тобто використана Світова геодезична система WGS-84 з поперечно-циліндричною картографічною проекцією Меркатора UTM.

В проекті було створено дев'ять ГІС-проектів блоку «Меліоративні об'єкти» формату ArcGIS \*.mxd, додаткова інформація про які наведена у табл.3.2.

Таблиця 3.2 – Перелік ГІС-проектів блоку «Меліоративні об'єкти»

Відносний шлях до проекту	Назва файлу ГІС-проекту	Назва організації
D:\Блок_МО\	Б_Дністровське_УВГ_МО. mxd	Білгород-Дністровське УВГ
	Болградське_МУВГ_МО. mxd	Болградське міжрайонне УВГ
	Дністровське_МУВ_МО Г. mxd	Дністровське міжрайонне УВГ
	Ізмаїльське_УВГ_МО. mxd	Ізмаїльське УВГ
	Кілійське_УВГ_МО. mxd	Кілійське УВГ
	Овідіопольське_УВГ_МО. mxd	Овідіопольське УВГ
	Саратське_УВГ_МО. mxd	Саратське УВГ
	Татарбунарське_МУВГ_МО.mxd	Татарбунарське міжрайонне УВГ
	Одеська_ГМЕ_МО. mxd	Одеська гідрогеолого-меліоративна експедиція

ГІС-проекти містять цифрові шари бази геоданих, розподілені за тематичними блоками, забезпечуючи таким чином зручну взаємодію користувача з інтерактивною картою. У ГІС-проектах налаштоване відображення просторових даних з використанням різних умовних знаків. Перелік умовних знаків для шару «Гідротехнічні споруди» і «Гідротехнічні споруди(лінії)» наведені в табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Перелік умовних знаків для шару «Гідротехнічні споруди (крапка)» і «Гідротехнічні споруди(лінії)» блоку «Меліоративні об'єкти»

№	Назва шару	Назва категорій	Умовне позначення
1	Гідротехнічні споруди (крапка)	Водовипуск	
		Аварійний водоскид	
		Водоскид	
		Вантуз	
		Міст	
		Вхідна споруда	
		Гідрант	
		Засувка	
		Зливоспуск	
		Колодязь	
		Ливне пропуск	
		Перегороджуюча споруда	
		Перехід	
		Підпірна споруда	
		Регулятор відкритий	
		Сміттєзатримна решітка	
		Трубчатий переїзд	
		Упор	
		Щит	
2	Гідротехнічні споруди(лінії)	Дамба	
		Дюкер	

Користувачу доступні всі базові функції пакету ArcMap 10.2. Розроблена структура має інструментарій для набору даних з передбаченою можливістю доповнення, редагування та встановлення зв'язків між шарами для швидкого пошуку, перегляду (у т.ч. фотографічних матеріалів, актів обстеження тощо) та викопіюванню інформації по водним об'єктам кожного району, який закріплено за підвідомчими організаціями Одеського облводресурсів.

На рис.3.1 представлено головне вікно ГІС-проекту блоку «Меліоративні об'єкти» для Білгород-Дністровського УВГ.

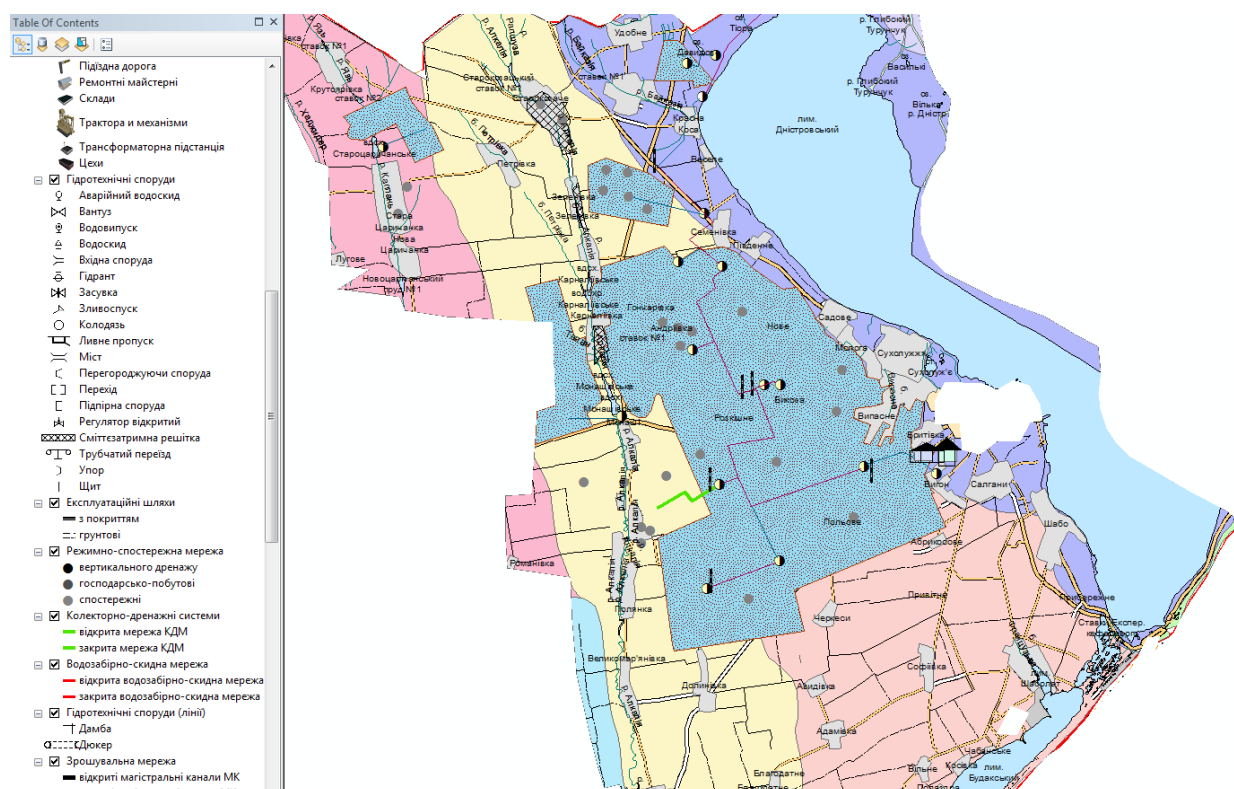


Рисунок 3.1 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Меліоративні об'єкти» для Білгород-Дністровського УВГ

Переглянути атрибути просторового об'єкта користувач може або за допомогою інструмента Identify (рис.3.2), або відкрив таблицю атрибутів, якщо обере пункт Open Attributes Table клацнувши правою кнопкою миши на відповідном шарі в таблиці змісту проекту (рис.3.3).

В проектах блоку «Меліоративні об'єкти» до атрибутів об'єктів додані гіперпосилання (атрибут Link), які дозволяють здійснити доступ до документів і веб-сторінок, пов'язаних з просторовим об'єктом. Подивитися їх

для кожного об'єкта можна за допомогою інструменту Гіперпосилання (Hyperlink), що знаходиться на панелі Інструменти (Tools).

Для того, щоб створити або редагувати просторові об'єкти в ArcMap, треба взяти готовий або створити новий клас просторових об'єктів, в якому вони будуть зберігатися. Створити новий клас об'єктів бази геоданих можна у Вікні каталогу (Catalog). На панелі інструментів Редактор (Editor) і у вікні Створити об'єкти (Create Features) розташовуються найбільш часто використовувані інструменти для редагування об'єктів.

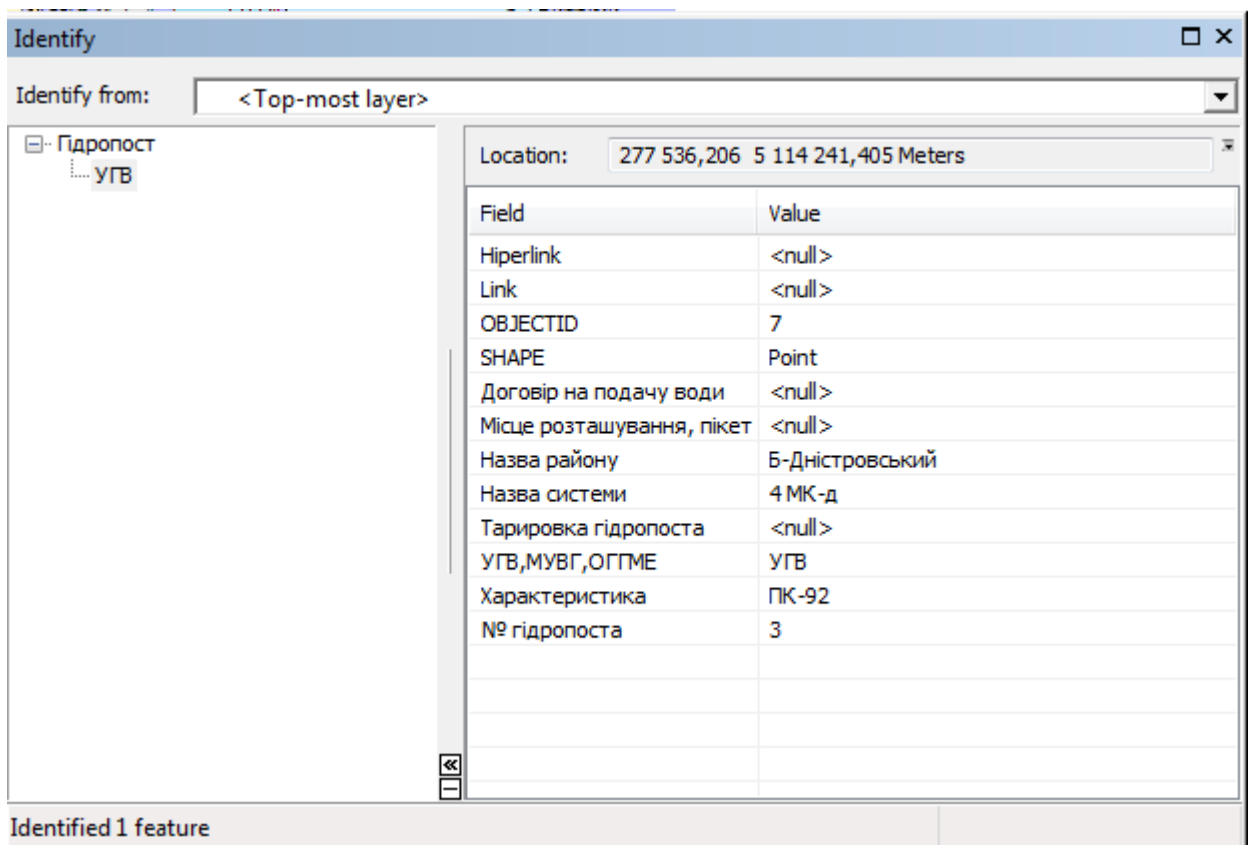


Рисунок 3.2 – Вигляд вікна ідентифікації

В проектах блоку «Меліоративні об'єкти» створені звіти, які дозволяють організовувати і відображати табличні дані, пов'язані з географічними об'єктами. Звіт можна надрукувати, для поширення разом з картою, експортувати його в статичний формат, такий як RDF(файл документа звіту) або PDF, помістити його безпосередньо на карту або зберегти звіт як RLF (файл компоновання звіту), який можна виконувати повторно. Приклад звіту для об'єктів шару «Режимно-спостережна мережа» показаний на рис.3.4.

Table

Гідропост

OBJECTID *	SHAPE *	УГВ,МУВГ,ОГГМЕ	Назва району	№ гідропоста	Назва системи	Характеристика
4	Point	УГВ	Б-Дністровський	1	МК	ПК-0+42
5	Point	УГВ	Б-Дністровський	2	МК	ПК-91
6	Point	УГВ	Б-Дністровський	6	3 МК	ПК-4
7	Point	УГВ	Б-Дністровський	3	4 МК-д	ПК-92
8	Point	УГВ	Б-Дністровський	4	5 МК	ПК-30+20
9	Point	УГВ	Б-Дністровський	5	МК	ПК-314

Рисунок 3.3 – Вигляд вікна Attributs Table

Report Viewer - Untitled [Режимно-спостережна мережа]

1/1 Backward Forward

## Режимно-спостережна мережа

Назва району	Назва зрошувальної сис Н_V	S_V	N_SKV
		0	0
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	15	2,5 827
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	15	2,6 826
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	15,09	2,8 823
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	20,1	2,3 829
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	34,73	2,6 799
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	34,78	2,5 798
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	35,1	2,8 793
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	35,15	2,5 791
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	35,26	2,4 792
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	50	2,9 794
Б-Дністровський	Б-Днестровская О	50,12	2,4 796
Б-Дністровський	Карналеевская ОС	8	2 903

Рисунок 3.4– Вигляд звіту для об'єктів шару «Режимно-спостережна мережа»

Звіт має різні параметри, які налаштовуються при його створенні. Наприклад, можна задати стиль звіту, розмір сторінок, а також

використовувати певні шрифти з необхідним кольором і розміром. Також, для зміни способу форматування звіту, можна додавати в нього стовпці.

Є можливість створити звіт на основі виділених об'єктів або SQL запиту.

У користувача є можливість створення на основі даних таблиць ПБГД підсумкових графіків та діаграм використовуючи групу інструментів Діаграма (Graph), що надає інструменти для створення і збереження діаграм. Можна використовувати інструменти для створення різних діаграм (стовпчастих, лінійних і т.д.) і зберігати їх як файли або зображення діаграм (рис.3.5).

За допомогою діаграм можна візуалізувати вихідні дані або представляти результати аналізу, отриманого в ході роботи моделі або робочого процесу.

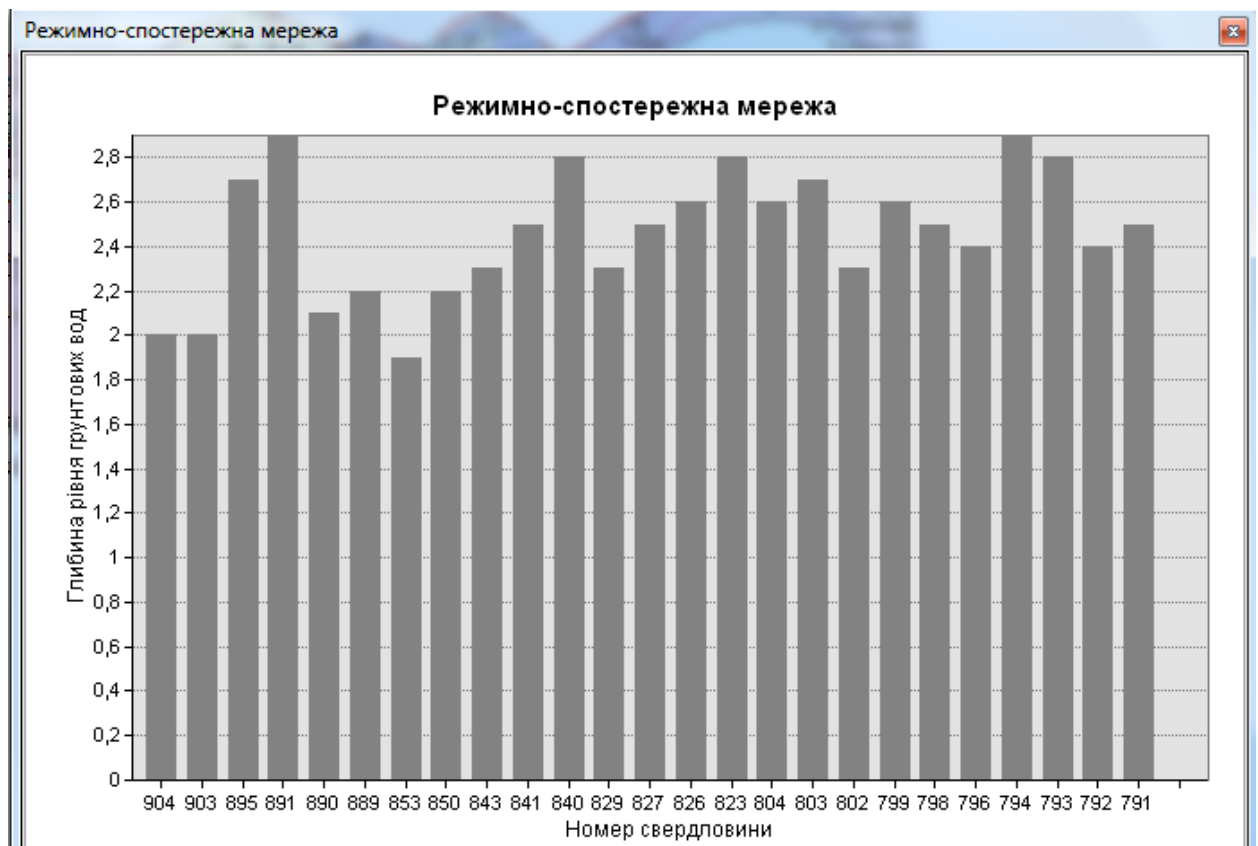


Рисунок 3.5 – Вигляд стовпчастої діаграми по атрибутам шару «Режимно-спостережна мережа»

## ВИСНОВКИ

В роботі надані методичні рекомендації щодо побудови ГІС водних ресурсів та меліоративних об'єктів Одеського області, та етапи розробки програмного комплексу «ГІС «Водні ресурси та меліоративні об'єкти» для фахівців Одеського облводресурсів на базі пакету програм ArcGIS 10.2.

В роботі виконано дослідження методів, пов'язаних з цифровим моделюванням рельєфу за картометричними та фотограмметричними даними. На основі аналізу теоретичних підходів до цифрового моделювання рельєфу розглянуто методики створення ЦМР на базі топографічних карт і радарної топографічної зйомки. На основі дослідження обґрунтовано рекомендації вибору основних параметрів інтерполяції при побудові регулярної сітки GRID. Розглянуті можливі помилки моделювання і ймовірні причини їх виникнення. Всі супутникові дані, що використовуються у роботі знаходяться у вільному доступі на сервері геодезичної служби США [6-10].

При роботі з ArcGIS методику побудови ЦМР Одеської області можна представити наступними етапами.

1) Збір паперових і електронних картографічних матеріалів для подальшої інтеграції в ГІС.

2) Створення бази геоданих – основи для створення ГІС і подальшого моделювання, на даному етапі розробляється структура бази даних і визначаються всі класи об'єктів, які будуть в подальшому брати участь в моделюванні.

3) Імпорт всіх зібраних картографічних матеріалів в базу геоданих за допомогою файлового менеджера ArcGIS – ArcCatalog.

4) Географічна прив'язка зібраних даних. Вибір системи координат, картографічної проекція, при необхідності трансформація зображень.

5) Оцифрування об'єктів растрового зображення і створення векторних даних. Оцифрування здійснювалося в ручному режимі, але можна використовувати і автоматичний режим за допомогою спеціального модуля ArcGIS – ArcScan.

6) Побудова цифрової моделі рельєфу за допомогою модуля Spatial Analyst.

Розроблений програмний комплекс «ГІС «Водні ресурси» забезпечує більш гнучке та оперативне управління водними ресурсами за басейновим принципом та на об'єктовому рівні, також більш оперативну роботу з

об'єктами меліоративного фонду. Надає функції введення, систематизації, зберігання картографічної, атрибутивної і додаткової інформації про водні об'єкти. Сприяє отриманню «історичної» та наявної інформації, швидкого рішення інших операційних та оперативних задач управління. Має можливість проведення просторового і статистичного аналізу засобами ГІС, що дозволяє представити об'єктивну картину стану водоохоронних зон та водних об'єктів з метою забезпечення підтримки прийняття рішень щодо збереження навколишнього середовища на рівні державного та відомчого управління.

Основні результати роботи були представлені в доповіді на II міжнародній науково-технічній конференції «Геопростір – 2016», 27-29 жовтня 2016 року, КНУБА, Київ [21].



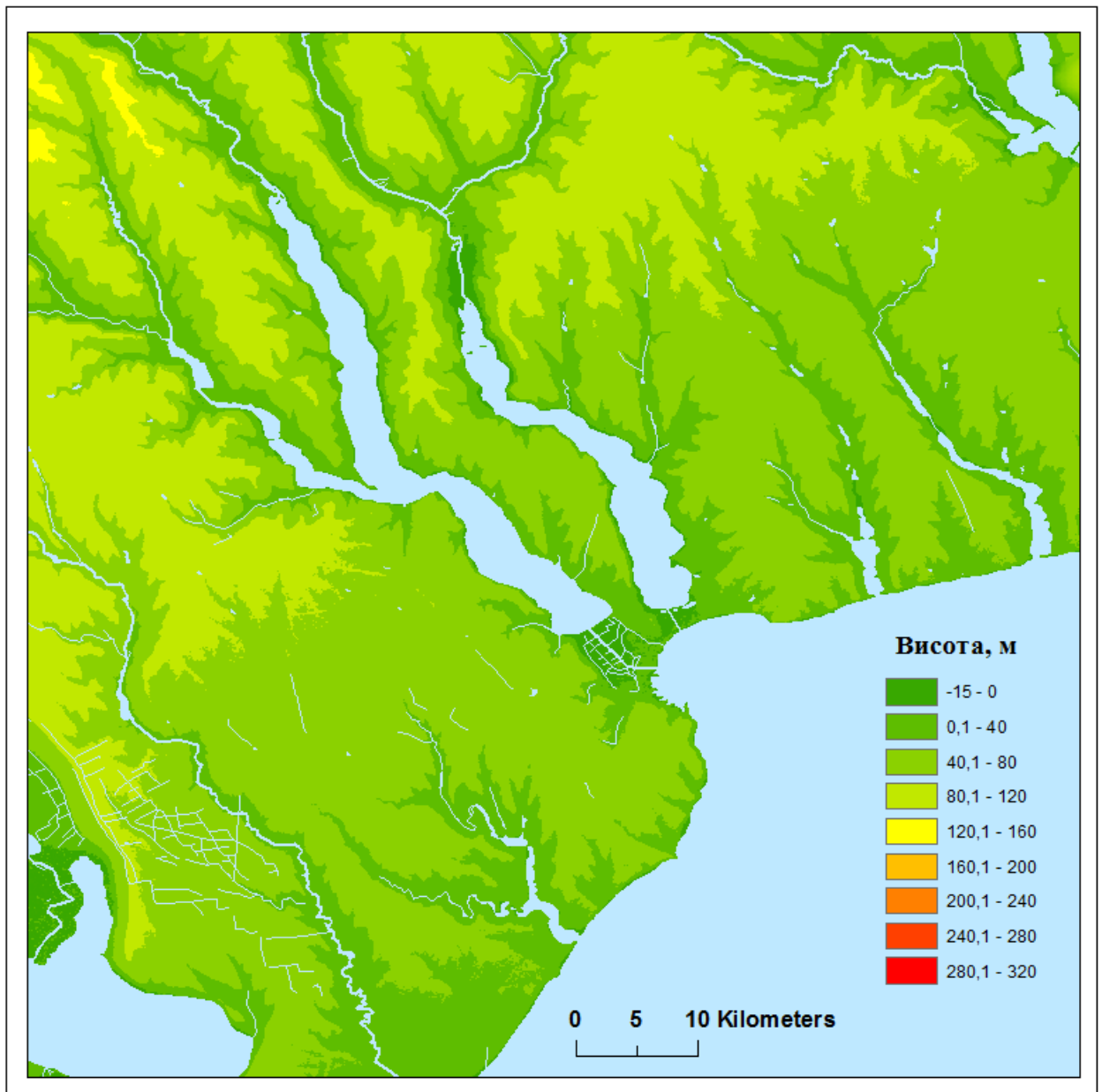
## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ArcGIS Resources [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://resources.arcgis.com/en/home/>
2. Дейнека В.Є. Розробка інформаційного базового забезпечення ГІС "Водні ресурси "Одеської області / В.Є. Дейнека, І.Д. Кичук, М.Г. Сербов // Причорноморський екологічний бюлетень. – 2007. – № 2. – С. 173-180.
3. Сербов М.Г. Методичні підходи в розробці геоінформаційної системи водних ресурсів регіону (на прикладі Одеської області)/ М.Г.Сербов, Т.В.Крижанівська // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2014. – Вип. 18. – С. 229-242.
4. Василюха І. Ю. Особливості цифрового моделювання складних типів рельєфу / Василюха І. Ю. // Геодезія, картографія та аерофотознімання. – 2007. – випуск 68. – С. 269–279. 52
5. Хромых, В. В. Цифровые модели рельефа: Учебное пособие / В. В. Хромых, О. В. Хромых. – Томск : ТМЛ–Пресс, 2007. – 164 с.
6. Офіційний сайт USGS (Геологічної зйомки США). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)
7. Сайт завантаження ЦМР USGS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://edc2.usgs.gov/geodata/index.php>
8. Глобальна ЦМР. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/topo30.html](http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/topo30.html)
9. Сайт Google Earth. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [earth.google.com/download-earth.html](http://earth.google.com/download-earth.html).
10. Сайт проекту SRTM. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://srtm.usgs.gov/>
11. Морфология рельефа / Г.Ф. Уфимцев, Д.А. Тимофеев, Ю.Г. Симонов и др. – М.: Научный мир, 2004. – 184 с.
12. Кошкарев А.В., Тикунов В.С. Геоинформатика. – М.: Геодезиздат, 1993. – 213 с.
13. Новаковский Б.А., Прасолов С.В., Прасолова А.И. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей. – М.: Научный мир, 2003. – 64 с.
14. Скворцов А.В. Триангуляция Делоне и её применение. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.

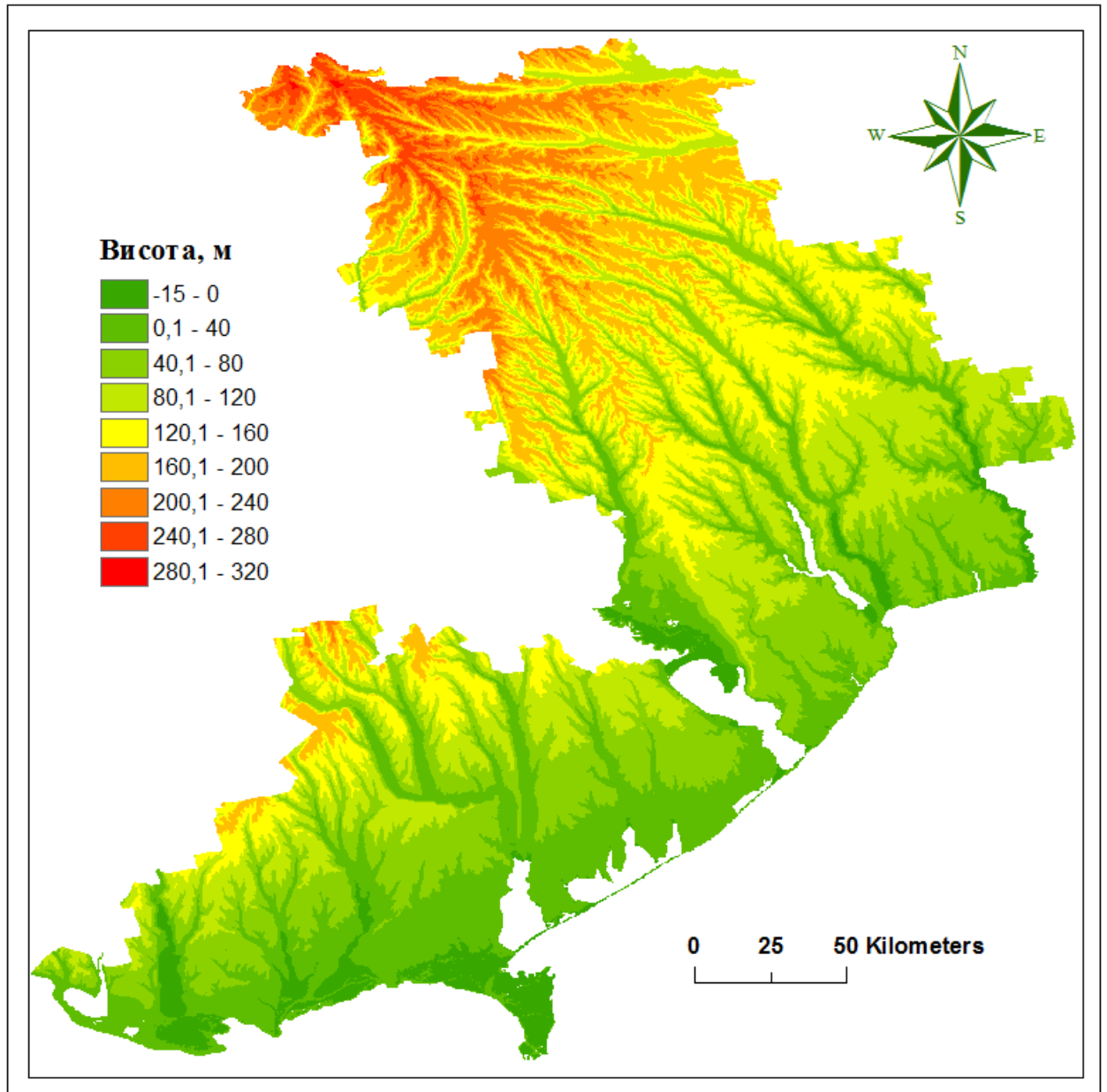
15. Сербенюк С.Н., Кошель С.М., Мусин О.Р. Программы МАГ для создания цифровых моделей геополей // Геодезия и картография. – 1991. – № 4. – С. 44–46.
16. Chrisman N. Exploring Geographic Information Systems. – New York, 1997. – 298 p.
17. Goodchild M., Kemp K. Core Curriculum in GIS. – Santa Barbara, 1991. – 318 p.
18. Берлянт А. М. Картография [Текст] / А. М. Берлянт. – М. : Изд-во МГУ, 2002. – 350 с.
19. Офіційний сайт компанії ESRI Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.esri.com](http://www.esri.com)
20. Сайт справочної системи ArcGIS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [webhelp.esri.com/arcgisdesktop](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop)
21. Кузніченко С.Д., Терещенко Т.М., Кічук І.Д., Бужинська О.М. Використання ГІС технологій для оперативного управління водними ресурсами Одеської області: тези доп. II міжн. наук.-тех. конф. «Геопростір 2016», 27-29 жовтня 2016 р. – Київ: КНУБА, 2016. – С. 65-68

## Д О Д А Т К И

Додаток А  
ЦМР Одеської області за картометричними даними



Додаток Б  
ЦМР Одеської області за даними SRTM





Додаток Г  
Опис тем та атрибутів блоку «Водні ресурси»

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
1	Водотоки (лін.)	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта у базі даних	Vodotoki_l
		УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	Назва УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_сільської_ради	Text	Назва сільської ради	
		Назва_басейну	Text	Назва басейну	
		Назва_водотоку	Text	Назва водотоку	
		Довжина_річки	Double	Довжина річки	
		Площа_водозбору_річки	Double	Площа водозбору річки	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
2	Водотоки (пол.)	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта у базі даних	Vodotoki_p
		УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	Назва УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_сільської_ради	Text	Назва сільської ради	
		Назва_басейну	Text	Назва басейну	
		Назва_водотоку	Text	Назва водотоку	
		Довжина_річки	Double	Довжина річки	
		Площа_водозбору_річки	Double	Площа водозбору річки	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
3	Водойми	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта у базі даних	Vodoemy
		УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	Назва УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_сільської_ради	Text	Назва сільської ради	
		Назва_басейну	Text	Назва басейну	
		Назва_водотоку	Text	Назва водотоку	
		Назва_водойми	Text	Назва водойми	
		Інформація_про_користувача	Text	Інформація про користувача	
		Шифр_паспорту_водного_об'єкту	Text	Шифр паспорту водного об'єкту	
		Тип_водного_об'єкту	Text	Тип водного об'єкту	
		Вид_регулювання_стоку	Text	Вид регулювання стоку	
		Наявність_дозволу_на_спец_водокористування	Text	Наявність дозволу на спец водокористування	
		Сплата_за_оренду_водного_об'єкту	Text	Сплата за оренду водного об'єкту	
		Назва_зарегульованого_водотока	Text	Назва зарегульованого водотока	
		Місцерозташування_створу_греблі	Text	Місцерозташування створу греблі	
		Місцерозташування_водного_об'єкта	Text	Місцерозташування водного об'єкта	
		Відстань_від_устя_річки_до_створу_греблі	Text	Відстань від устя річки до створу греблі	



№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		Збудоване_по_проекту	Text	Збудоване по проекту	
		Призначення_водного_об_екта	Text	Призначення водного об'єкта	
		Дата_оформлення_акту_прийому_до_експлуатації_гідровузла_та_ставка	Text	Дата оформлення акту прийому до експлуатації гідровузла та ставка	
		Правила_експлуатації	Text	Правила експлуатації	
		Експлуатується_в_системі_каскаді_або_ізолювано	Text	Експлуатується водний об'єкт в системі, каскаді або ізолювано	
		В_спільному_користуванні_або_уособленому	Text	Знаходиться ставок в спільному користуванні або уособленому	
		Адміністративно_територіальна_приналежність_водозабірнього_басейн	Text	Адміністративно територіальна приналежність водозабірнього басейн	
		Розпорядник_об_екту	Text	Розпорядник об'єкту	
		Категорія_водних_ресурсів	Text	Категорія водних ресурсів	
		Код_водного_об_екта	Text	Код водного об'єкта	
		Довжина	Text	Довжина	
		Ширина_макс_середн	Text	Ширина макс середн., м	
		Глибина_макс_середн	Text	Глибина макс середн., м	
		Площа_дзеркала_при_НПР	Text	Площа дзеркала при НПР , га	
		Площа_мілководдя	Text	Площа мілководдя	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
				глибиною до 0,5 м при НПР, га	
		Об_єм_повний	Text	Об'єм повний, тис. м <sup>3</sup>	
		Об_єм_корисний	Text	Об'єм корисний, тис. м <sup>3</sup>	
		Довжина_берегової_лінії	Text	Довжина берегової лінії, км	
		Нормальний_підпірний_рівень	Text	Нормальний підпірний рівень НПР, м. умов.	
		Рівень_мертвого_об_єму	Text	Рівень мертвого об'єму РМО, м. умов.	
		Форсований_підпірний_рівень	Text	Форсований підпірний рівень ФРП, м. умов.	
		Вид_водокористування	Text	Вид водокористування	
		Акт_обстеження	Text	Акт обстеження	
		Моніторинг	Text	Моніторинг	
		Водокористування	Text	Водокористування	
		Ширина_ПЗС	Text	Ширина ПЗС	
		Hyperlink	Text	Посилання на документ	
4	Моніторинг	Код_водного_об'єкту	Long Integer	Код водного об'єкту	Monitoring
		Найменування_водного_об'єкту	Text	Найменування водного об'єкту	
		Місце_знаходження_пункту_спостережень	Text	Місце знаходження пункту спостережень	
		Програма_спостережень	Text	Програма спостережень	
		Загальні_відомості	Text	Загальні відомості	
		Підрозділ_що_здійснює	Text	Підрозділ що здійснює	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		спостереження		спостереження	
		Кількість_створів	Text	Кількість створів в пункті спостережень	
		Найменування_та_номер_створу	Text	Найменування та номер створу	
		Рік_встановлення_і_дії	Text	Рік встановлення і дії	
		Спосіб_відбору_проб	Text	Спосіб відбору проб	
		Обладнання	Text	Обладнання що використовується для відбору проб води	
		Перелік_спостережень	Text	Перелік спостережень, що проводяться на даному створі	
		Найменування_водних_об'єктів	Text	Найменування водних об'єктів в які впадає даний об'єкт	
		Найменування_басейну	Text	Найменування басейну річки, моря	
		Hyperlink	Text	Посилання на документ	
5	Аварійні водойма	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта у базі даних	Avarini_vodoemy
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_сільської_ради	Text	Назва сільської ради	
		Назва_водойми	Text	Назва водойми	
		Заходи	Text	Заходи	
		Безгосподарські	Text	Безгосподарські	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
6	Гідротехнічні споруди (крапка)	Інформація_про_користувача	Text	Інформація про користувача	
		Hyperlink	Text	Посилання на документ	
		Назва_району	Text	Назва району	Gidrotech_sporudy
		Назва_сільської_ради	Text	Назва сільської ради	
		Характеристика_гідротехнічної_споруди	Text	Характеристика гідротехнічної споруди	
		Довжина	Text	Довжина	
		Технічний_стан	Text	Технічний стан	
		Перебувають_на_балансі	Text	Перебувають на балансі	
		Інформація_про_балансоутримувача	Text	Інформація про балансоутримувача	
		Тип_гідротехнічної_споруди	Text	Водовипуски Водоскиди Водомірні пости (гідрологічні) Канали Дюкери Мости Резервуари Рибопропускні споруди Рибозахисні споруди Труба водовипуск Шлюзи	
		Спроможність	Text	Спроможність	
		Ширина	Text	Ширина	
		Навантаження	Text	Навантаження	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		Розташування	Text	Розташування	
		Номер	Text	Номер	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
		Angle	Short Integer	Кут повороту об'єкту	
		Size_	Short Integer	Розмір об'єкту на карті	
7	Гідротехнічні споруди (лінії)	Назва району	Text	Назва району	Gidrotech_sporudy_1
		Назва сільської ради	Text	Назва сільської ради	
		Перебувають на балансі	Text	Перебувають на балансі	
		Інформація про балансоутримувача	Text	Інформація про балансоутримувача	
		Тип гідротехнічної споруди	Text	Водозабірні споруди Водоскид Водоспуски Гребля Відстійники Відвідний канал Дамба Паводковий водоскид Донний водовипуск Підпірні стіни Дамби обвалування Труби Трубопроводи	
		Технічний стан	Text	Технічний стан	
		Максимальна висота	Text	Максимальна висота	
		Довжина по гребеню	Text	Довжина по гребеню	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
8	Автомобільні шляхи	Ширина_по_гребеню	Text	Ширина по гребеню	Dorogi
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
		OBJELEMTYPE	Long Integer	1 – Автостради 2 – Удосконалені шосе 3 – Шосе 4 – Удосконалені ґрунтові дороги 5 – Ґрунтові дороги (путівці) 6 – Польові і лісові дороги	
		Довжина	Text	Довжина	
		Відомчі	Text	Відомчі	
		Перебувають_на_балансі_та_інші	Text	Перебувають на балансі та інші	
9	Населені пункти всіх типів	Назва	Text	Назва	Sity
		Назва_рус	Text	Назва (рус.)	
		Назва_англ	Text	Назва (англ.)	
		Тип_нас_пункта	Long Integer	1 – Міста 2 – Селища міського типу 3 – Селища сільського типу	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
10	Басейни	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта у базі даних	Basseiny
		Назва_басейну	Text	Назва басейну	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
11	Межа_УВГ	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер	Kordon_UVG

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
				об'єкта у базі даних	
		Район	Text	Район	
		Назва	Text	Назва	
12	Рельєф, виражений горизонталями	NEIGHABS	Double	Висота, м (позначки висот)	Relief
13	Межа адміністратив- них районів	Назва	Text	Назва	Region
		Назва_рус	Text	Назва (рус.)	
		Назва_англ	Text	Назва (англ.)	

## Додаток Д

### Вигляд карт ГІС-проектів блоку «Водні ресурси»

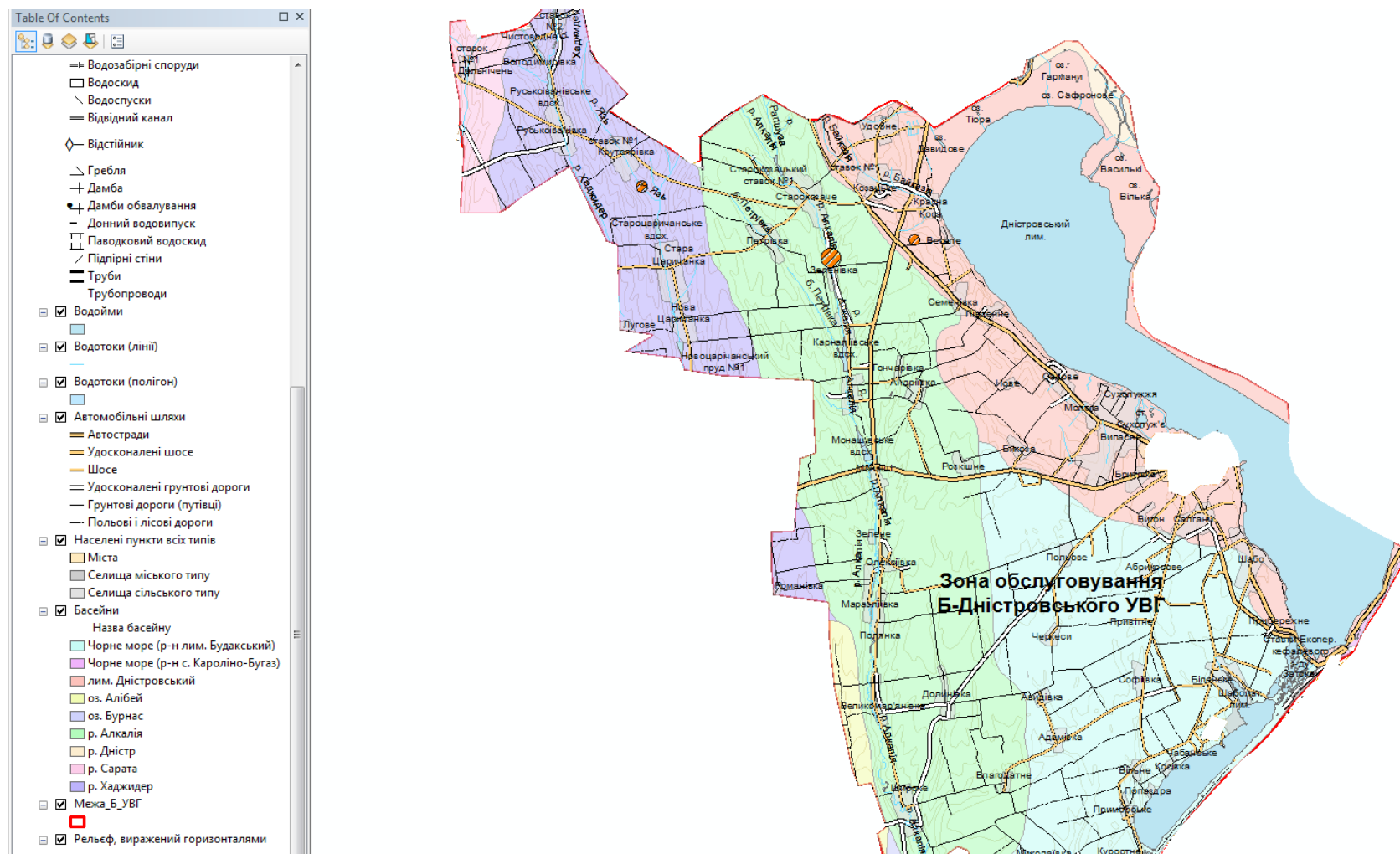


Рисунок Д.1 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Білгород-Дністровського УВГ



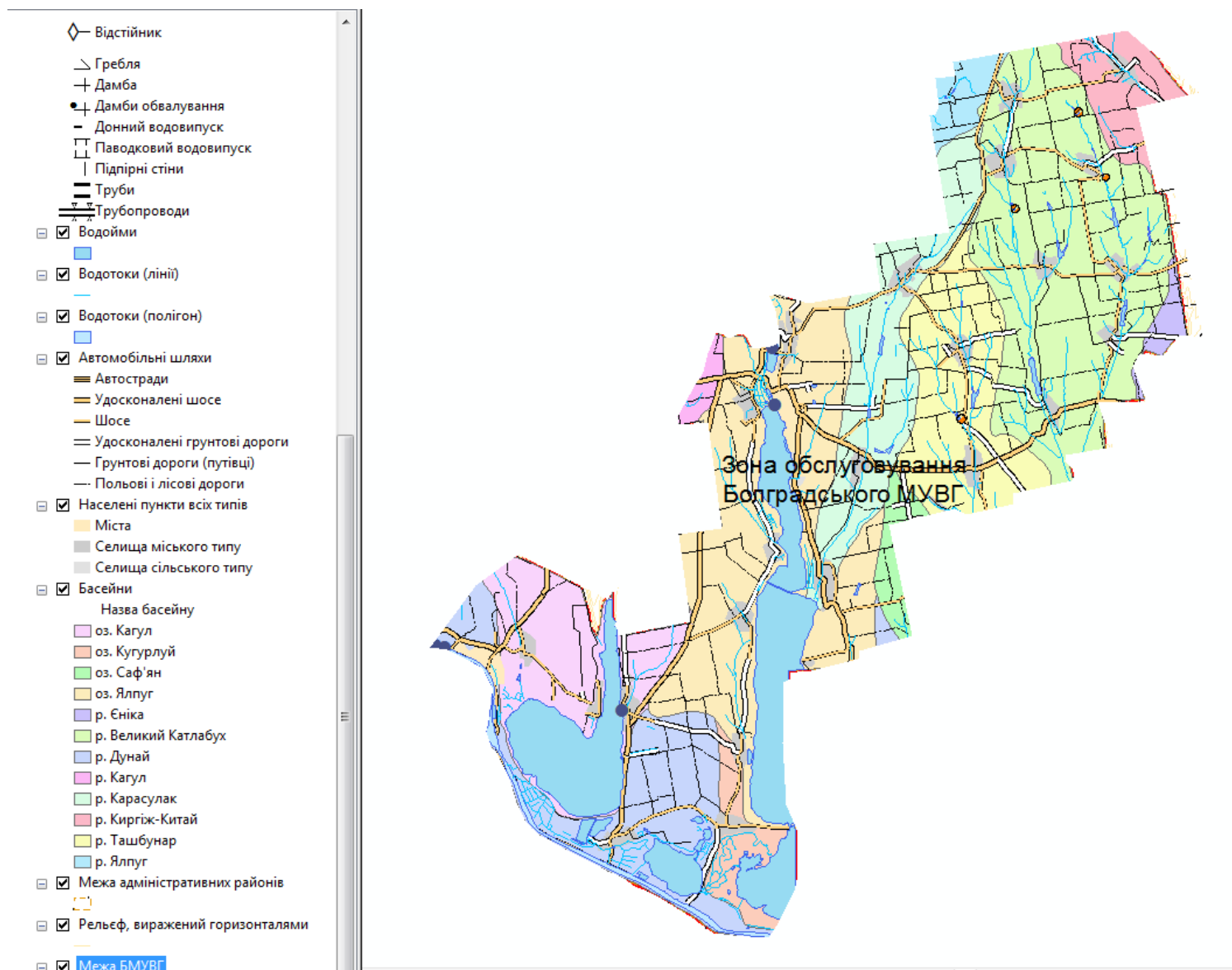


Рисунок Д.2 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Болградського МУВГ

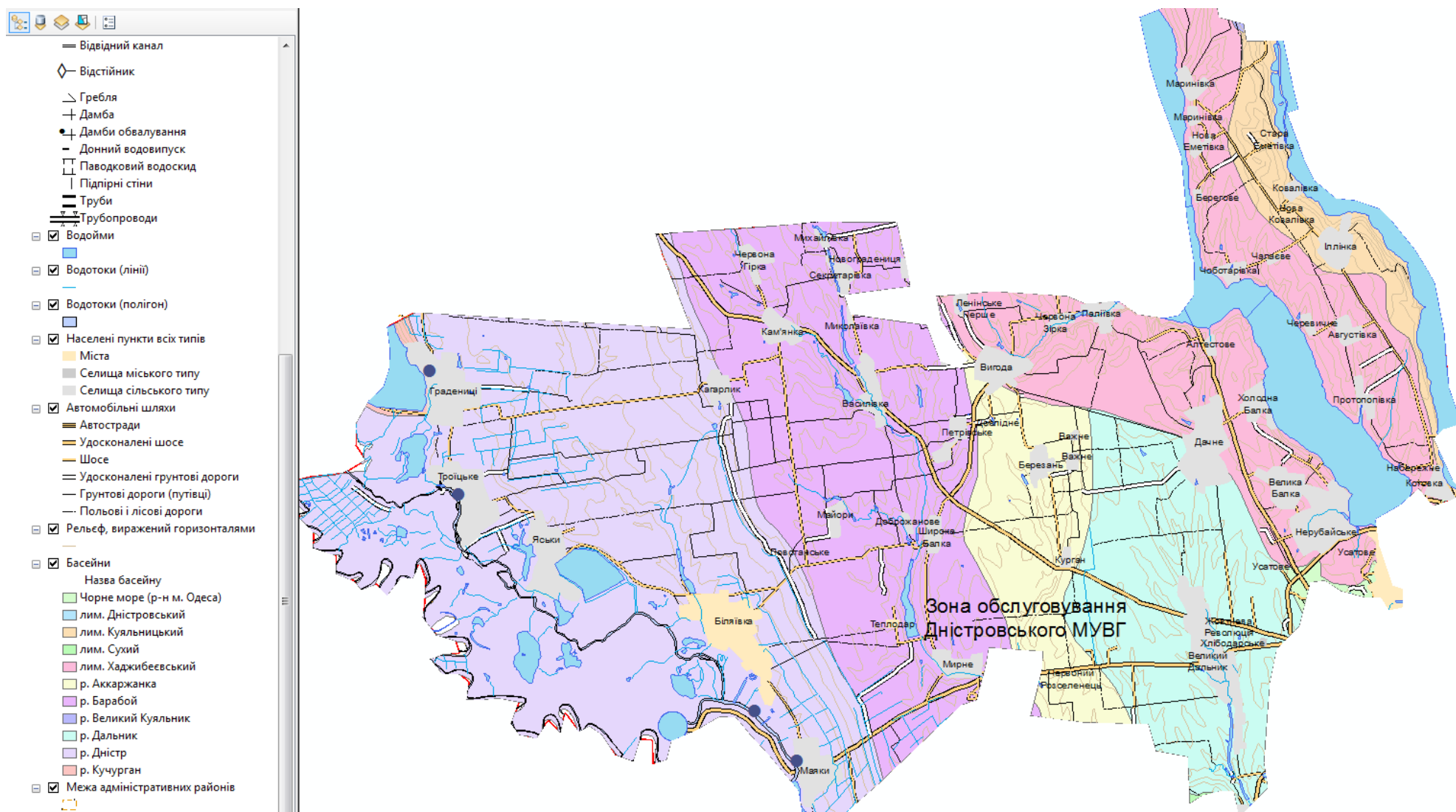


Рисунок Д.3 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Дністровського МУВГ

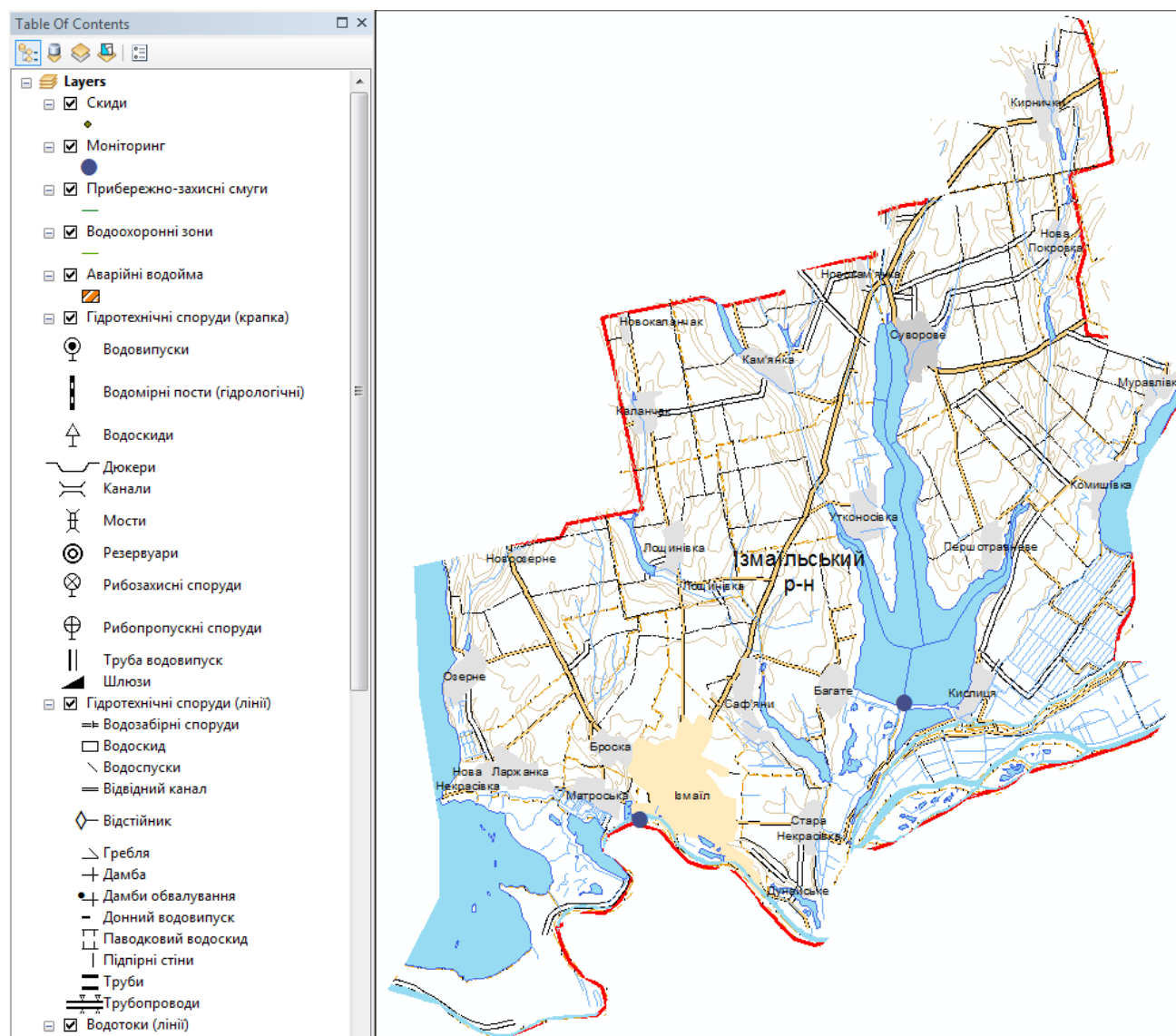


Рисунок Д.4 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Ізмаїльського УВГ



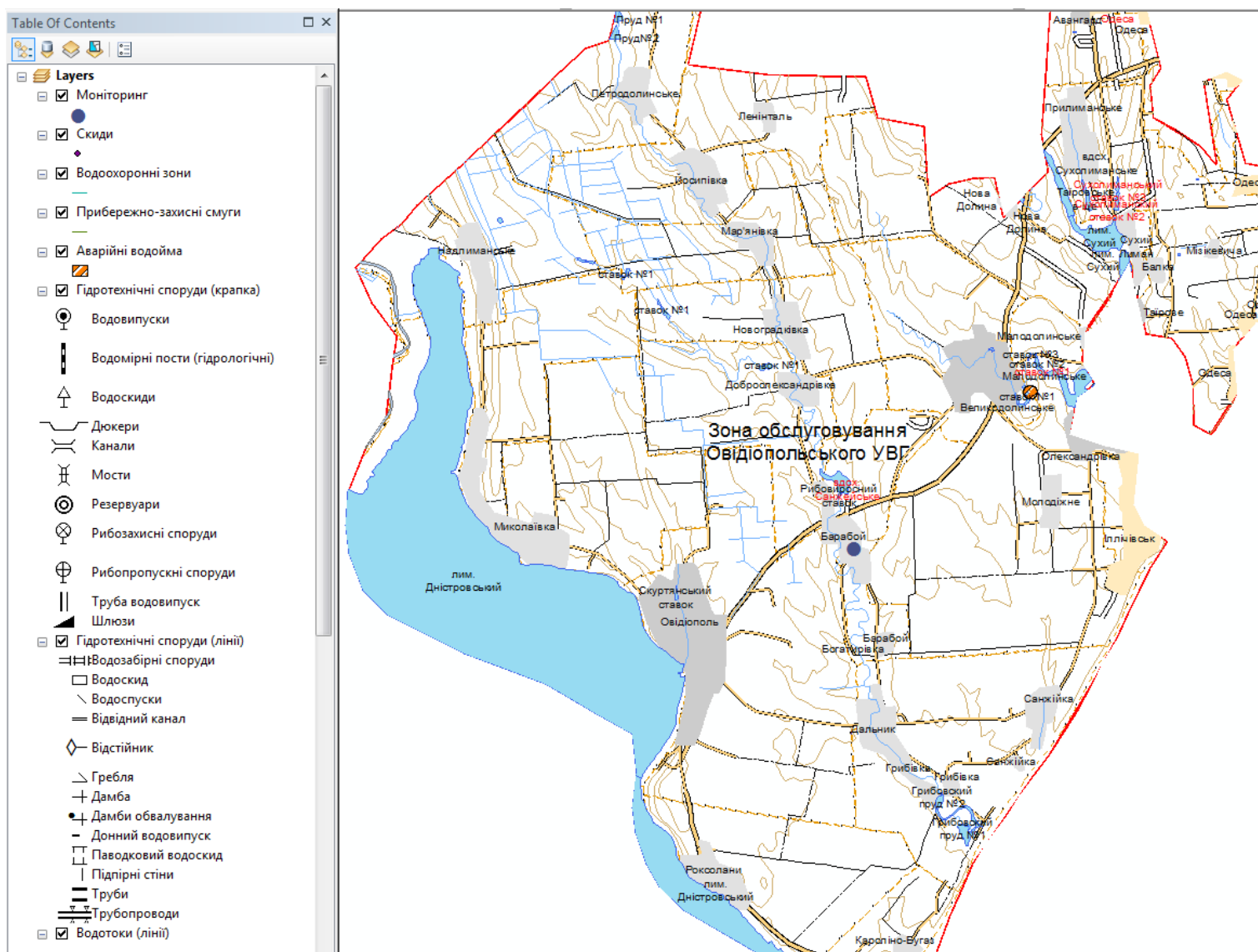


Рисунок Д.6 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Овідіопольського УВГ



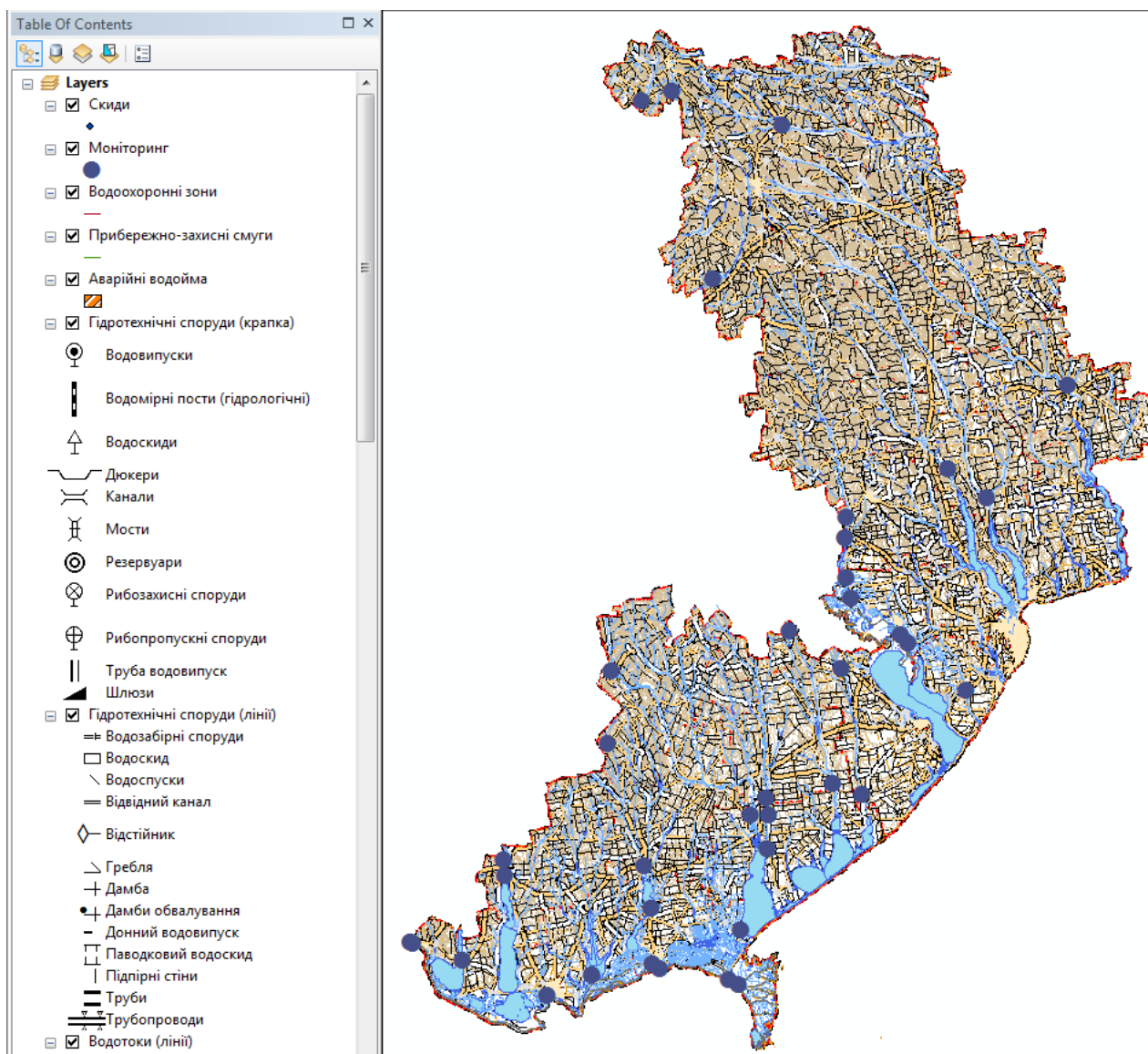


Рисунок Д.7 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Одеської МГМЕ

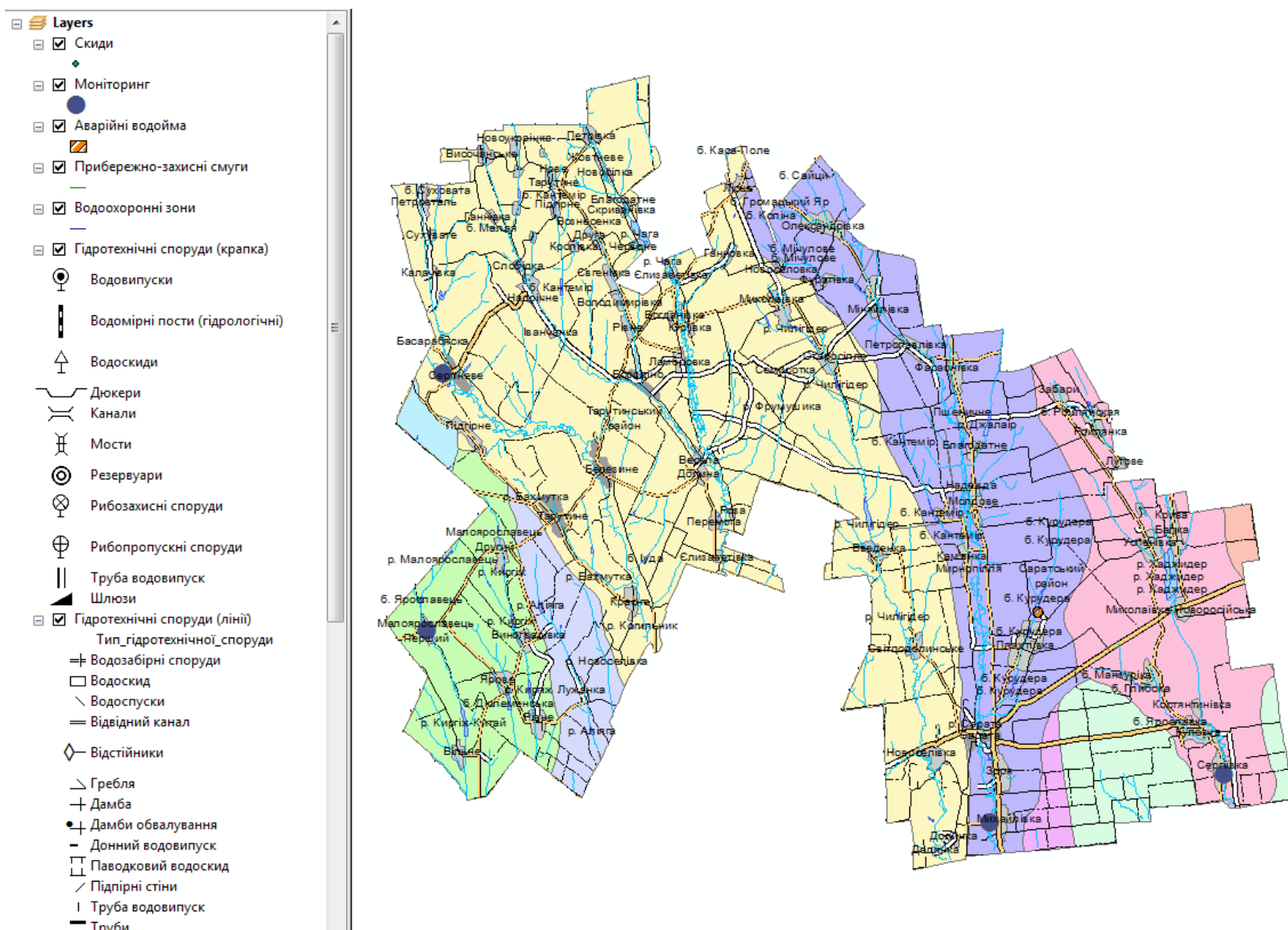


Рисунок Д.8 – Вигляд вікна ГІС-проекту блоку «Водні ресурси» для Саратовської МУВГ





Додаток Е  
Опис тем та атрибутів блоку «Меліоративні об'єкти»

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
1	Будівля експлуатаційних ділянок	Назва району	Text	Назва району	Budivlya_ekspluataciinih_dilnic
		УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ МУВГ ОГГМЕ	
		Технічна_характеристика	Text	Технічна характеристика будівлі, поверховість, матеріал	
		Площа	Text	Площа	
		Рік_вводу_в_експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Балансова_вартість	Text	Балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Найменування_робіт	Text	Найменування робіт дата вартість	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
2	УВГ,МУВГ,ОГГМЕ	Назва району	Text	Назва району	UVG_MUVG_OGGME
		УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Адреса	Text	Адреса	
		П І Б начальника	Text	П. І. Б. начальника	
		Кількість_працівників	Text	Кількість працівників	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
3	Гідропост	УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	Gidropost
		Назва району	Text	Назва району	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		№_гідропоста	Text	№ гідропоста	
		Назва системи	Text	Назва системи	
		Характеристика	Text	Характеристика	
		Тарировка гідропоста	Text	Тарировка гідропоста	
		Місце розташування пікет	Text	Місце розташування пікет	
		Договір на подачу води	Text	Договір на подачу води	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
4	Точка водовиділу	УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	Tochka_vodovidilu
		Назва району	Text	Назва району	
		№ точки водовиділу	Text	№ точки водовиділу	
		Назва системи	Text	Назва системи	
		Тип споруди	Text	Тип споруди	
		Пропускна здатність	Text	Пропускна здатність	
		Тип витрат води	Text	Тип витрат води	
		Паспорт точки водовиділу	Text	Паспорт точки водовиділу	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
5	НС, ГНС, ОНС	УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	Nasosni_stancii
		Назва району	Text	Назва району	
		Назва насосної станції	Text	Назва насосної станції	
		Місцезнаходження	Text	Місцезнаходження	
		Рік вводу	Text	Рік вводу	
		Назва системи	Text	Назва системи	
		Призначення	Text	Призначення	
		Тип	Text	ГНС(головна насосна станція) НСП(насосна станція)	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
				ОНС	
		Засоби зв'язку	Text	Засоби зв'язку	
		Технологічне обладнання	Text	Технологічне обладнання	
		Допоміжне обладнання	Text	Допоміжне обладнання	
		Технічні характеристики	Text	Технічні характеристики	
		Стан	Text	Стан	
		Наявність ліній електропередач	Text	Наявність ліній електропередач	
		Наявність ліній зв'язку	Text	Наявність ліній зв'язку	
		Кількість відпрацьованих мотогодин	Text	Кількість відпрацьованих мотогодин	
		Марка лічильника	Text	Марка лічильника	
		Тип лічильника	Text	Тип лічильника	
		Терміни повірки лічильника	Text	Терміни повірки лічильника	
		Економія коштів за сплату електроенергії	Text	Економія коштів за сплату електроенергії, тис кВт/г	
		Обсяг зекономлених коштів	Text	Обсяг зекономлених коштів, тис. грн.	
		Споживання електроенергії	Text	Споживання електроенергії тис. кВт/г	
		Списання обладнання	Text	Списання обладнання на НС	
		Кількість працюючих у зміну	Text	Кількість працюючих у зміну	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
6	Промислова база	Загальна_кількість_працюючих	Text	Загальна кількість працюючих	Promislova_baza
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
		УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Назва_району	Text	Назва району	
		Технічна_характеристика	Text	Технічна характеристика будівлі поверховість матеріал	
		Площа	Text	Площа	
		Рік вводу в експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Балансова_вартість	Text	Балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Найменування_робіт	Text	Найменування робіт дат вартість	
		Тип	Text	Аварійний запас Автотранспорт Адмінбудівля Бокси Виробнича будівля Гаражі Естакада Котельня Матеріальний склад	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
				Охоронний пост Площадки Підїздна дорога Ремонтні майстерні Склади Трактора и механізми Трансформаторна підстанція Цехи	
		Angle	Short Integer	Кут поворота об'єкта	
		Size_	Short Integer	Розмір об'єкта на карті	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
7	Гідротехнічні споруди	УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	Gidrotech_sporudy
		Назва_району	Text	Назва району	
		Технічна_характеристика	Text	Технічна характеристика будівлі поверховість матеріал	
		Рік_вводу_в_експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Балансова_вартість	Text	Балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Виконані_роботи	Text	Виконані роботи дата пикет найменування робіт вартість	
		Тип	Text	Аварійний водоскид	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
				Водовипуск Ливне пропуск Міст Зливоспуск Регулятор відкритий Гідрант Трубчатий переїзд Колодязь Перехід Вантуз Засувка Водоскид Перегороджуючи споруда Вхідна споруда Підпірна споруда Упор Щит Сміттєзатримна решітка	
		Angle	Short Integer	Кут поворота об'єкта	
		Size_	Short Integer	Розмір об'єкта на карті	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
8	Експлуатаційні шляхи	УВГ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УВГ, МУВГ, ОГГМЕ	Ekspluataciini_ shlyahi
		Назва району	Text	Назва району	
		Загальна протяжність	Text	Загальна протяжність км	
		Матеріал	Text	Матеріал	
		Рік вводу в експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Балансова_вартість	Text	Балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Виконані_роботи_дата_пикет_найменування_робіт_вартість	Text	Виконані роботи дата пикет найменування робіт вартість	
		Тип	Text	З покриттям Грунтового	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
9	Режимно-спостережна мережа	ID	Long Integer	Ідентифікаційний код об'єкта в базі даних	Rejimno_sposterejna_mereja
		Код_району	Text	Код району	
		Код_зрошувальної_системи	Text	Код зрошувальної системи	
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_зрошувальної_системи	Text	Назва зрошувальної системи	
		УГВ МУВГ ОГГМЕ	Text	УГВ МУВГ ОГГМЕ	
		№_свердловини	Text	№ свердловини	
		Технічна_характеристика	Text	Технічна характеристика	
		Рік_вводу_в_експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Первісна_балансова_вартість	Text	Первісна балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Матеріал	Text	Матеріал	
		Глибина_рівня_грунтових_вод	Text	Глибина рівня ґрунтових вод	
		Виконані роботи	Text	Виконані роботи	
		Тип	Text	Вертикального дренажу Господарсько-побутові Спостережні	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
10	Колекторно-дренажні системи	ID	Long Integer	Ідентифікаційний код об'єкта в базі даних	Kolektorno_drenajni_sys
		Код	Text	Код	
		Назва району	Text	Назва району	
		Загальна_протяжність	Text	Загальна протяжність км	
		Зброс	Text	Зброс	
		УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Діаметр	Text	Діаметр	
		Матеріал	Text	Матеріал	
		Рік_вводу_в_експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний номер	Text	Інвентарний номер	
		Первісна_балансова_вартість	Text	Первісна балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	



№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
11	Водозабірно-сکیدна мережа	Виконані роботи	Text		Vodozabirna_skidna_mereja
		Тип	Text	Відкрита мережа КДМ Закрита мережа КДМ	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
		УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Назва району	Text	Назва району	
		Загальна протяжність	Text	Загальна протяжність км	
		Матеріал які плити		Матеріал які плити	
		Рік вводу в експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний номер	Text	Інвентарний номер	
		Первісна балансова вартість	Text	Первісна балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт обстеження технічного стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Виконані роботи	Text	Виконані роботи	
		Тип	Text	Відкрита водозабірно-сکیدна мережа Закрита водозабірно-сکیدна мережа	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
12	Гідротехнічні споруди (лінії)	УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	Gidrotech_sporudy_1
		Назва району	Text	Назва району	
		Технічна характеристика	Text	Технічна характеристика матеріал пікет на якому розташована споруда	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
		Рік_вводу_в_експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Первісна_балансова_вартість	Text	Первісна балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Виконані_роботи	Text	Виконані роботи	
		Тип	Text	Дюкери Дамба	
		Hyperlink	Text	Посилання на документ	
13	Зрошувальна мережа	УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	Zroshuvalna_mereja
		Назва_району	Text	Назва району	
		Загальна_протяжність		Загальна протяжність км	
		Діаметр		Діаметр	
		Матеріал		Матеріал	
		Рік_вводу_в_експлуатацію	Text	Рік вводу в експлуатацію	
		Інвентарний_номер	Text	Інвентарний номер	
		Первісна_балансова_вартість	Text	Первісна балансова вартість	
		Знос	Text	Знос	
		Акт_обстеження_технічного_стану	Text	Акт обстеження технічного стану	
		Виконані_роботи	Text	Виконані роботи	
		Тип	Text	Відкриті магістральні канали МК	

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
				Закриті магістральні канали МК Закриті напірні трубопроводи НТ Відкриті магістральні трубопроводи МТ Облицьовані канали Канали у земляному руслі Лоткові канали	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
14	Рівень ґрунтових вод	УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	RGV
		Назва_району	Text	Назва району	
		Площа_га	Text	Площа, га	
		Рівень_ґрунтових_вод	Text	Рівень ґрунтових вод, м	
		Рівень_ґрунтових_вод _на_дренажних_системах	Text	Рівень ґрунтових вод, м на дренажних системах	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
15	Підтоплені населені пункти	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта в базі даних	Pidtopleni_naseleni_punkti
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_сільського_населеного_пункту	Text	Назва сільського населеного пункту	
		УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Рівень_ґрунтових_вод	Text	Рівень ґрунтових вод	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
16	Дренажні	УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	Drenajni_sistemi

№	Назва шару	Назва атрибута	Тип даних	Значення атрибута	Назва таблиці
	системи	Назва_району	Text	Назва району	
		Площа_га	Text	Площа, га	
		Найменування	Text	Найменування	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	
17	Зрошувальні системи	ID	Long Integer	Ідентифікаційний номер об'єкта в базі даних	Zroshuvalny_sys
		УГВ_МУВГ_ОГГМЕ	Text	УГВ, МУВГ, ОГГМЕ	
		Назва_району	Text	Назва району	
		Назва_зрошувальної_системи	Text	Назва зрошувальної системи	
		Площа	Text	Площа, га	
		Джерело	Text	Джерело	
		Загальна_протяжність_відкритої_та_закритої_мереж	Text	Загальна протяжність відкритої та закритої мереж	
		Кількість_насосних_станцій	Text	Кількість насосних станцій	
		Hiperlink	Text	Посилання на документ	