

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису  
УДК:004.9:[657.371+658.5]

**ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ  
ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ ІНЖЕНЕРНИМИ МЕРЕЖАМИ**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)  
Галузь знань 10 – “Природничі науки”  
Спеціальність 103 – “Науки про Землю”  
Освітньо-наукова програма – «Картографія»

Випускна кваліфікаційна робота магістра  
студентки 2 курсу магістратури  
Миколаєнко Олени Анатоліївни

Науковий керівник –  
кандидат технічних наук, доцент  
Міхно Олексій Григорович

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № \_\_\_\_ від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2021 року

Завідувач кафедри

проф. Даценко Л. М.

Київ – 2021

## РЕФЕРАТ

Мета роботи – картографічне відображення результатів інвентаризації активів інженерних мереж та здійснення їх оцінки.

Об'єкт дослідження дипломної роботи – інженерні мережі.

Предмет дослідження – процес застосування геоінформаційних технологій для інвентаризації та управління інженерними мережами.

В роботі розглянута методологія використання геоінформаційних технологій в сфері комунального господарства, в тому числі для управління активами інженерних мереж підприємств. Для дослідження, було обрано ділянку Лівобережного району міста Маріуполь, де знаходяться будівлі різного рівня значення: навчальні та медичні заклади, житлові будинки тощо.

В ході дослідження в програмному продукті ArcGIS було створено персональну базу геоданих з набором класів просторових об'єктів, виконано налаштування атрибутивної таблиці класів, оцифровано активи, заповнено їх технічні характеристики та оціночні рейтинги для визначення пріоритетності активів для заміни. Для створення даної бази даних використовувались результати інвентаризації активів Маріупольського виробничого управління водопровідно-каналізаційного господарства (ВКГ).

В результаті дослідження було створено модель інженерної мережі системи водопостачання Маріупольського ВКГ з набором атрибутивних даних. Дана модель наочно дає можливість визначити активи, які мають високий рівень пріоритетності для заміни, адже їх технічні характеристики не задовольняють належну якість з надання послуг централізованого водопостачання та ті, що відповідають усім нормам експлуатації.

Випускна кваліфікаційна робота магістра містить 72 сторінки, 15 таблиць, 24 рисунків, список використаних джерел із 10 найменувань, 7 додатків.

**Ключові слова:** система управління активами, проведення інвентаризації, геоінформаційні технології, база геопросторових даних, оцінка стану активів.

## ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ І ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ АКТИВАМИ ПІДПРИЄМСТВА	6
1.1 Визначення активів, їх характеристика	6
1.2 Передумови та запровадження системи управління активами	9
1.3 Концепція управління активами водоканалу	13
РОЗДІЛ 2. ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ	16
2.1 Основи створення муніципальної (комунальної) геоінформаційної системи	16
2.2 Досвід використання ГІС-платформи у сфері управління активами інженерних мереж	19
2.3 Проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів	21
2.3.1. Наземні активи	22
2.3.2. Підземні активи	27
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ АКТИВАМИ НА ПРИКЛАДІ МАРІУПОЛЬСЬКОГО ВУ ВКГ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ ARCGIS	34
3.1. Внесення даних на основі результатів інвентаризації	34
3.2. Визначення пріоритетності для заміни активів	37
3.3. Відображення даних на оцінній карті	40
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43
ДОДАТКИ	45

## ВСТУП

Напружений стан економіки країни має негативний вплив на роботу комунальних підприємств, особливо діяльність яких зосереджена в сфері водопостачання та водовідведення. Активи, які складають систему водопостачання і водовідведення, як правило, з плином часу втрачають цінність через старіння та зношення. Це зношення систем може ускладнювати надання послуг на належному рівні. І відповідно до збільшення віку активів, зростають і витрати на їх амортизацію. Тому підприємства зобов'язані контролювати ефективність використання активів, їх стан, підтримувати якісний рівень надання послуг споживачам та доступну вартість. Держава, в свою чергу, має регулювати діяльність водопровідно-каналізаційних підприємств та забезпечувати баланс інтересів між споживачами та цими підприємствами.

Пошук ефективної моделі управління активами підприємств водопостачання та водовідведення, як важливий елемент управління підприємствами та державного регулювання сфери водопостачання та водовідведення визначає **актуальність даного дослідження**. Геоінформаційні системи є універсальним інструментом для ведення такого управління. Рішення більшості питань можна досягти з використанням переваг програмного засобу ArcGIS.

**Метою роботи** є картографічне відображення результатів інвентаризації активів інженерних мереж та здійснення їх оцінки.

Мета роботи визначає її **завдання**:

- визначення особливостей системи управління активами та умов до її запровадження;
- аналіз досвіду використання ГІС у сфері управління активами;
- визначення алгоритму проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів;
- створення моделі інженерної мережі системи водопостачання Маріупольського виробничого управління водопровідно-каналізаційного господарства (ВУ ВКГ);

- оцінка активів системи водопостачання в програмному комплексі ArcGIS;
- формування звітів та визначення пріоритетності для заміни активів.

**Об'єктом** дослідження даної дипломної роботи є інженерні мережі.

**Предметом** дослідження визначено процес застосування геоінформаційних технологій для інвентаризації та управління інженерними мережами.

# 1. ПОНЯТТЯ І ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ АКТИВАМИ ПІДПРИЄМСТВА

## 1.1. Визначення активів, їх характеристика

*Активи підприємства* — це засоби суб'єкта господарювання, які потрібні для його функціонування у різних формах діяльності з метою одержання прибутку.

За міжнародними стандартами для ведення бухгалтерського обліку та формування фінансової звітності Є. В. Мних та І. Д. Ференц у своїй роботі «Економічний аналіз» активи класифікують за наступними ознаками:

1. *За формою функціонування.* Активи поділяються на фінансові, матеріальні та нематеріальні. Фінансові активи — це грошові активи у національній та іноземній валютах, усі форми дебіторської заборгованості та фінансові інвестиції. Матеріальні активи мають матеріально-речову форму (основні засоби, незавершене виробництво, незакінчене будівництво, запаси готової продукції, інші матеріальні цінності). Нематеріальні активи — це права на використання окремих видів природних ресурсів, патентні права на використання винаходів, права на товарний знак чи товарну марку, права на використання програмних продуктів.

2. *За характером участі у господарському обороті* активи поділяються на довготермінові (необоротні) і короткотермінові (оборотні).

3. *За характером обслуговування* активи поділяють на операційні та інвестиційні. До операційних активів належать основні виробничі засоби, нематеріальні активи операційної діяльності, оборотні операційні активи. Інвестиційними активами є реальні інвестиції та коротко - і довготермінові фінансові вкладення.

4. *За джерелами формування* активи поділяють на валові та чисті. Валові активи — це вартість підприємства, утворена за рахунок власного і залученого капіталу. Чисті активи сформовані лише за рахунок власного капіталу.

5. *За чутливістю до інформаційних процесів* активи поділяються на монетарні та немонетарні. До монетарних належать грошові кошти, депозити, короткотермінові фінансові вкладення і засоби в розрахунках. Немонетарні активи — основні засоби, запаси, готова продукція, незавершене будівництво, товари. Монетарні та немонетарні активи відрізняються за необхідністю їх переоцінки зі зміною цін [5].

Головною складовою комерційної діяльності підприємства є формування оптимальних виробничих матеріальних запасів. Від величини оборотних активів залежить стійкість фінансового положення підприємства. Тобто, завищення розподілу оборотних активів зменшує можливості підприємства здійснювати капітальні вкладення щодо розширення виробництва. В свою чергу, заниження – призводить до перебоїв у виробничому процесі, і, як наслідок, до зниження обсягу виробництва і прибутку [7].

Для здійснення виробничої діяльності підприємства водопостачання та водовідведення потребують засобів праці, натурально-речовим складом яких є система водозабору, водоводи, насосні станції, будинки, очисні споруди, транспортні засоби, устаткування тощо. Господарський інвентар, обчислювальна техніка, засоби автоматизації і зв'язку вартістю більше 1000 грн і термін служби яких перевищує один рік також відносяться до головних засобів.

Основні фонди вирізняються серед решти за рахунок їх багаторазової участі у виробничому процесі. Таким чином, їх вартісна величина зменшується на суму амортизації за рахунок переносу своєї вартості на вироблений товар або послугу, при цьому їх натуральна форма не змінюється.

Основні засоби підприємств водопостачання та водовідведення дуже різноманітні за складом і групуються в залежності від мети за різними ознаками. За приналежністю до інвентарного майна основні засоби поділяються на: будівлі; споруди; передавальні пристрої; машини та устаткування; транспортні основні фонди; інструмент; виробничий інвентар і приладдя; господарський інвентар; багаторічні насадження; капітальні витрати на поліпшення земель; інші основні фонди. Ця ознака дає можливість виконувати

облік та аналіз стану основних фондів, порівнювати зміни їх характеристик і структури складу [1, с. 66].

Також основні фонди водопровідно-каналізаційних підприємств поділяються за приналежністю на власні, що закріплені за підприємством та орендовані, які взяті на договірній основі від інших підприємств [1, с. 69].

Всі системи водопостачання та водовідведення складаються з підземних та наземних активів. Усі активи системи внаслідок експлуатації втрачають рівень технічного стану та цінність, що в свою чергу впливає на якість послуг з водопостачання та водовідведення. Чим старіші активи підприємства, тим більше затрат воно буде витратити на їх технічне обслуговування. Таким чином вартість і якість послуг водопровідно-каналізаційних підприємств залежить від стану їх активів. В свою чергу, держава має регулювати співвідношення між вартістю, якістю та станом активів підприємств водопостачання та водовідведення, цим самим стримувати швидкість росту тарифів.

## 1.2. Передумови та запровадження системи управління активами

Впродовж багатьох років на більшості водопровідно-каналізаційних підприємствах не проводилась інвентаризація активів, оцінка їх стану та оформлення технічної документації на ці активи. Таким чином, через відсутність інформації про колодязі, труби, лічильники, запірну арматуру тощо, та подальшого плану їх амортизації в Україні рівень втрат води при транспортування до споживача в середньому складає 50-60% [4].

Довгий час не вдавалось пов'язати підходи до процесу планування витрат на обслуговування та модернізацію активів зі стратегією розвитку підприємства та планом капітальних інвестицій

Лідерами серед компаній та інститутів, які займаються розробкою і впровадженням концепцій з управління активами є такі: Британський інститут стандартів (BSI, British Standards Institution), Інститут інженерних інфраструктурних проектів Австралії (IPWEA, Institute of Public Works Engineering Australia) та інші.

Під керівництвом Інституту управління активами у 2004 році було розроблено, а згодом спільними зусиллями з боку 10 країн світу доопрацьовано стандарт щодо запровадження системи управління фізичними активами на підприємствах. Британський інститут стандартів його опублікував для широкого застосування як PAS 55:2008.

Значна кількість підприємств з різних галузей промисловості, в тому числі водопостачання та водовідведення, реалізували концепцію системи управління активами в своєму виробництві та отримали значні вигоди, у тому числі такі:

- покращення ефективності діяльності;
- покращення якості та рівня обслуговування своїх споживачів;
- покращення ділової репутації перед засновниками, клієнтами та іншими зацікавленими сторонами;
- самостійна оцінка та аналіз стану активів дала змогу виявляти та усувати недоліки, зменшувати виникнення ризиків.

Через широке використання концепції на підприємствах виникла потреба у використанні єдиної термінології та принципів щодо запровадження системи управління активами. Так у грудні 2014 було прийнято серію міжнародних стандартів ISO 55000:

стандарт ISO 55000 «Управління активами. Огляд, принципи і термінологія»;

стандарт ISO 55001 «Управління активами. Системи управління. Вимоги»;

стандарт ISO 55002 «Управління активами. Системи управління. Керівництво з впровадження системи».

Ці стандарти спонукають підприємства до поліпшення управлінського сектора. Вони не містять порад стосовно фінансової чи бухгалтерської сторони управління активами.

Завдяки досвіду застосування концепції управління активами комунальними підприємствами на практиці з'явилась можливість отримати значні вигоди. Не зважаючи на те, що підприємства водопровідно-каналізаційного господарства в Україні працюють у несприятливому середовищі для розвитку. Серед переваг можна назвати наступні:

проведення інвентаризації та ідентифікації активів (основних засобів) із прив'язкою кожного активу до його місцезнаходження (об'єкта), із зазначенням його технічних параметрів та фактичного використання під час надання послуг водопостачання або водовідведення;

переведення всієї наявної технічної інформації щодо активів підприємства з паперових носіїв (карт, планшетів) у електронний вигляд та збереження її у структурованому та зручному для аналізу вигляді (у «базі даних активів»);

створення в електродному вигляді актуальної карти мереж водопостачання та каналізації із можливістю оперативно виводити на друк окремі їх елементи;

формалізація досвіду та знань інженерно-технічного персоналу, які безпосередньо обслуговують активи, стосовно оцінки реального технічного стану обладнання, потенційних ризиків та наслідків виходу їх із ладу;

забезпечення постійної актуалізації бази даних з можливістю її оновлювати та використовувати для підготовки пропозицій до інвестиційних програм та проектів з модернізації;

Відповідно до законодавства, усі підприємства, що надають послуги з централізованого водопостачання та/або водовідведення, мають отримувати ліцензію на здійснення цієї діяльності або у центральному органі виконавчої влади (національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг – далі НКРЕКП), або у структурному підрозділі житлово-комунального господарства обласної державної адміністрації.

До повноважень національного регулятора належать як встановлення організаційних, кваліфікаційних і технологічних вимог до провадження господарської діяльності цих комунальних підприємств (ліцензійні умови), так і розробка та затвердження порядку формування тарифів та інвестиційних програм.

Технологічний облік води на всіх етапах організації водопостачання та водовідведення вноситься до інвестиційної програми як першочерговий захід, зокрема щодо:

забору води з поверхневих або підземних джерел;

очищення води на всіх етапах, включаючи використання води на господарсько- побутові потреби;

подачі напірними водоводами на усіх водопровідних насосних станціях;

надходження стічних вод до каналізаційних очисних споруд та кількості очищених стічних вод.

Підприємства, які мають ліцензію НКРЕКП з новою національною політикою щодо формування тарифів матимуть інструмент і повноваження для збільшення надходжень від своєї основної діяльності та для залучення

додаткових інвестиційних ресурсів на оновлення, модернізацію та розвиток власних систем для підвищення ефективності функціонування підприємства, а також для забезпечення своїх споживачів якісними та доступними послугами.

Для того, щоб підприємства змогли скористатися цим інструментом та встановити тарифи на умовах стимулюючого регулювання, має бути виконано наступні умови:

1. Проведення одноразової незалежної оцінки активів, які використовуються під час здійснення ліцензованих видів діяльності. Оцінку має бути здійснено згідно із затвердженою Методикою оцінки активів сторонньою організацією, яка відповідно до Закону України «Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні» має відповідний сертифікат суб'єкта оціночної діяльності від Фонду державного майна України;

2. Наявність встановлених тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення;

3. Наявність довгострокової інвестиційної програми, погодженої відповідним органом місцевого самоврядування;

4. Наявність документів, що підтверджують наміри ліцензіата залучити кошти для фінансування довгострокової інвестиційної програми;

5. Наявність погодження відповідного органу місцевого самоврядування щодо застосування ліцензіатом тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення на принципах стимулюючого регулювання [9].

### 1.3. Концепції управління активами водоканалу

Основними елементами системи водопостачання та водовідведення є мережі та обладнання, яке втрачає свою цінність через старіння. При цьому через зношення устаткування ускладнюється процес надання послуг в відповідному рівні, а витрати на експлуатацію та їх технічне обслуговування зростають із збільшенням строку експлуатації. Тому Водоканал має вчасно проводити амортизацію усього обладнання відповідно до його терміну експлуатації.

Управління активами передбачає проведення ідентифікації та оцінки майна, обладнання та устаткування, яке підприємство безпосередньо використовує під час виробництва основної продукції чи наданні послуг, для того щоб приймати виважені та обґрунтовані рішення як з технічної, так і з фінансової точки зору. Завдяки системі управління можна оцінити критичність роботи обладнання та проаналізувати, які наслідки можуть виникнути у разі виходу зі строю цього активу. На основі результатів аналізу можна підготовувати «план управління активами», який є основою проектів із модернізації компанії.

Для запровадження система управління активів на підприємстві, необхідно реалізувати п'ять основних компонентів:

1. *Інвентаризація активів.* Проведення інспектування активів на місцевості з подальшим створення цифрової бази даних і геоінформаційної системи (ГІС). Це дає змогу накопичувати, актуалізувати та зберігати інформацію про активи таким чином, що підприємство розуміє, якими саме активами воно володіє, де вони розміщені та в якому стані.

2. *Рівень обслуговування.* Формується перелік завдань та результативних показників, які має бути досягнуто у короткостроковій та довгостроковій перспективах на основі стратегічних цілей розвитку комунального підприємства, а саме: дотримання вимог національного законодавства, виконання завдань місцевих органів влади щодо якості

обслуговування абонентів, а також забезпечення власної операційної ефективності. Саме цей перелік завдань та результатів є показником належного рівня обслуговування абонентів, яке забезпечується завдяки стану наявних активів підприємства.

3. *Критичні активи.* При інвестиційному плануванні, перш за все, необхідно визначити критичність обладнання (чи ділянку трубопроводу), яке необхідно замінити у коротко- та середньостроковій перспективі, щоб забезпечити надання послуг споживачам на високому рівні з дотриманням вимог законодавства. Це пояснюється тенденцією підприємств сфери водопостачання та водовідведення використовувати в своїй роботі обладнання та трубопроводи, нормативний строк експлуатації яких вже давно закінчився. А отже, потреба у фінансових ресурсах може дорівнювати будівництву нової мережі системи водопостачання та водовідведення, якщо обсяг капітальних інвестицій розраховувати лише на основі амортизаційних строків експлуатації основних засобів підприємства.

4. *Розрахунок витрат на весь строк служби.* Необхідно враховувати різні альтернативні варіанти продовження терміну експлуатації активів упродовж всього їх строку служби, а також витрати, які будуть пов'язані з їх проектуванням/будівництвом, експлуатацією й утилізацією, під час розрахунку потреб у капітальних інвестиціях.

5. *Довгострокова стратегія фінансування.* Потрібно проаналізувати та врахувати потенційний рівень власного доходу та зовнішніх інвестицій, який може бути використано для виконання інвестиційних програм, адже для модернізації мереж водопостачання та водовідведення підприємства мають обмежені фінансові ресурси.

Система управління активами передбачає не лише систематичну роботу з атрибутивною інформацією про фактично-наявне обладнання мережі, але й роботу з подальшим плануванням діяльності підприємства щодо модернізації систем водопостачання та водовідведення для забезпечення своїх споживачів належним рівнем обслуговування. Тому запровадження системи управління

активами на підприємстві має відбуватися постійно із залученням до цього процесу спеціалістів з різних відділів та департаментів – планово-технічного та економічного відділів, бухгалтерії, відділу водопровідних/каналізаційних мереж, диспетчерської служби та аварійно-ремонтних бригад тощо.

Окремий структурний підрозділ на підприємстві має виконувати наступні завдання:

1. Проведення інвентаризації активів та формування бази даних в електронному вигляді, збір даних про активи.
2. Визначення пріоритетів щодо заміни та ремонту активів (обладнання та мереж) у короткостроковій та середньостроковій перспективах на основі оцінки їх технічного стану та експлуатаційних можливостей для підтримки ефективної роботи підприємства та забезпечення надання послуг споживачам належної якості.
3. Визначення обсягів фінансових ресурсів, які необхідні для утримання наявного обладнання та мереж у працездатному стані, розширення зони обслуговування підприємства та модернізації системи надання послуг.

## **РОЗДІЛ 2. ГЕОІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ**

### **2.1. Основи створення муніципальної (комунальної) геоінформаційної системи**

Для активного розвитку регіону необхідно оперувати точними та актуальними даними про об'єкти, процеси і явища на його території. Геоінформаційні системи є передовими технологіями для накопичення, обробки і наочного представлення інформації. ГІС також дозволяють проводити аналіз цих даних, виявляти взаємозв'язки між ними та об'єднувати їх в єдину базу.

Цифрову основу ГІС можуть складати різні тематичні шари: будівлі, земельні ділянки, інженерні споруди та мережі, пам'ятки містобудування і архітектури, відомості про геологію, історію розвитку, рослинність, гідрологію тощо. База даних може зберігати як графічну інформацію, так і різні види документації (технологічна, технічна, довідкова тощо). У сучасних ГІС також реалізована можливість тривимірного представлення території.

Накладання на карту конкретного населеного пункту шарів, які містять просторову та атрибутивну інформацію про об'єкти, дозволяє виконувати їх аналіз та систематизацію з метою продуктивного управління містом. Окрім того, ГІС технології дозволяють формувати оціночні поверхні згідно певного параметру (наприклад, рівню шумового забруднення, рівню сонячної радіації, рівень освіченості населення тощо), а також в подальшому будувати прогнози стану території.

За картографічну основу в ГІС зазвичай використовують топографічні плани масштабу 1:2000 та 1:1000. Проте наявні плани більшості населених пунктів істотно застаріли. Це пов'язано з відсутністю фінансування картографічної сфери на належному рівні. За допомогою новітніх технологій, що базуються на методах дистанційного зондування Землі, можлива актуалізація топографічних карт та планів.

Поєднання фінансової та інформаційної підтримки різних служб міста є одним з методів забезпечення достовірності картографічних матеріалів. Прикладом такої взаємодії є проведення оновлення топографічних планів та створення нових в м. Київ завдяки сумісному фінансуванню кількома управліннями міської адміністрації [10].

При роботі з інженерними мережами геоінформаційні системи є інструментом для виконання інвентаризації, моделювання, проектування тощо. За їх допомогою можна здійснювати експертну оцінку елементів підключення комунальних мереж, а також приймати рішення щодо експлуатації та управління.

Особливостями використання ГІС можна назвати наступні:

- наявність наочної моделі мережі з інформаційно-довідковою бібліотекою об'єктів;
- наявність топологічно-узгодженої мережі в єдиній системі координат з розмірними прив'язками до об'єктів (орієнтирів) і можливістю її використання для інженерних планів;
- наявність атрибутивної інформації до технічних параметрів елементів мережі;
- опис життєвого циклу мережі та її елементів з вказаними змінами за певний часовий проміжок;
- наявність вартісної оцінки та підтвердження на основі документообігу.

Отже, використання ГІС у сфері комунальних послуг дає надзвичайну кількість переваг у своєму використанні.

До таких можна назвати графічне представлення мережі у вигляді електронної моделі зі збереженням усіх топологічних зв'язків. Це дає можливість проводити різного роду розрахунки, наприклад для гідромоделювання.

Також доцільністю використання геоінформаційних систем в роботі з інженерними мережами є географічна прив'язка до реальної місцевості. Тобто,

її відображення на картографічній основі, якою зазвичай слугує топографічний план, в єдиній системі координат з допустимою необхідною точністю. Точність прив'язки та відображення не завжди є важливою умовою, але в більшості випадків залежить від типу мережі. Для водопроводів наявність вигинів задає гідравлічний опір, але його можна врахувати простим заданням параметра.

Наочність є основною перевагою ГІС серед інших систем при виконанні розрахунків і введення певних параметрів до об'єктів, адже дає можливість відображення інформації не лише в таблицях бази даних, але й на карті графічно. Дуже зручно виділяти потрібні ділянки мережі і для всіх відразу вказувати значення параметрів, особливо якщо такі дії вимагають багаторазового повторення.

До переваги наочності також можна віднести графічне відображення помилок, отриманих в результаті розрахунків або при введенні атрибутивної інформації. Це значно полегшує знаходження «проблемного місця» в мережі. Таким чином, геоінформаційні системи можуть бути інтегровані з системами диспетчеризації, адже оператор зможе відразу визначити ділянку, де відбулася аварія.

## **2.2. Досвід використання ГІС-платформи у сфері управління активами інженерних мереж**

Найкраще рішення для ведення даних про інженерні мережі та проведення їх аналізу пропонує компанія Esri, а саме програмне забезпечення ArcGIS. Управління та аналіз мережевих даних виконується в модулі ArcGIS Utility Network Management extension ArcGIS Enterprise.

Даний модуль призначений для моделювання реальної поведінки таких інженерних мереж, як: електрика, газ, водопостачання, каналізація, телекомунікації тощо.

За допомогою програмного комплексу ArcGIS можна:

- створювати і редагувати графічні об'єкти фактичних інженерних мереж (водопровідних, каналізаційних, електричних тощо);
- створювати і редагувати атрибутивні дані об'єктів;
- вивчати топологію мережі;
- виконувати пошук об'єктів за обраними атрибутами;
- відображати внесену детальну інформацію про об'єкт за запитом;
- виконувати визначення розрахункових параметрів мережі та її елементів;
- виконувати оцінку об'єктів (наслідків виходу з ладу активів, функціональності активу, стану тощо);
- визначати переліку активів для проведення робіт з оновлення, заміни та ремонту.

ArcGIS - це потужна платформа з управління активами, яку можна розгорнути у віртуальній хмарі, на локальному сервері підприємства або в гібридному варіанті, налаштувавши додатки відповідно до вимог обраної вами програми впровадження ГІС і політикою забезпечення безпеки. Можливостями даної платформи є забезпечення користувачів програмного продукту інструментами для збору, управління та візуалізації важливих для роботи характеристик активів, дозволяючи максимально продовжувати терміни

служби системи, економити час і гроші. ArcGIS допомагає спеціалістам, які працюють з активами, проводити інвентаризацію і створювати реєстри активів, визначати рівні обслуговування користувачів і вимірювати їх ефективність, призначати їх ролі і зони відповідальності, оцінювати ризики, а також аналізувати і прогнозувати терміни і вартість оновлення та обслуговування активів.

Система управління активами на основі ArcGIS дозволяє перетворити атрибутивну таблицю в карту, яка наочно і точно показує, де знаходяться активи, що вони собою являють, який їх стан. Робота в єдиному інформаційному просторі дозволяє оперативно вносити зміни польовими бригадами в існуючу мережу.

Геоінформаційні системи є базовим ядром інформаційної складової комунальних підприємств, основою багатьох робочих процесів, легко інтегрується з іншими системами і полегшує використання корпоративної інформації. Клієнти компанії Esri постійно використовують інструментарій ArcGIS для прийняття рішень щодо використання та обслуговування своїх матеріальних і нематеріальних активів в різних сферах виробництва, бізнесу, фінансів, охорони здоров'я, міського управління тощо [2].

Програма системного управління активами є рішенням на довготривалу перспективу. Для її впровадження на постійній основі в щоденний життєвий цикл підприємств необхідно змінювати політику керівництва комунальних підприємств, відношення та кваліфікацію працівників, а також налаштовувати взаємодію учасників на усіх рівнях організації роботи.

### 2.3. Проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів

Проведення інвентаризації на підприємствах і організаціях, незалежно від їх організаційно-правових форм та форм власності регулюється Положенням про інвентаризацію активів та зобов'язань. Даний документ регулює порядок здійснення інвентаризації суб'єктами господарювання з метою контролю їх достовірності в обліку бухгалтерії та фінансової звітності [8].

*Актив* – це умовна назва одиниці основних засобів, що має дійсну чи потенційну цінність для компанії. Активами є будівлі, споруди, обладнання (або його окремі частини), мережі тощо [6].

Для підприємств водопровідно-каналізаційного господарства всі основні засоби, які фактично використовуються під час процесу видобутку та постачання води питної якості та відведення й очищення стоків, умовно розділяють на дві групи: «наземні активи» та «підземні активи».

Усі активи, які можливо візуально оглянути, належать до «наземних активів», а ті, які неможливо побачити без використання спеціальної техніки – до «підземних активів». Зазвичай, до «підземних активів» зараховують трубопроводи, які перебувають під землею і їх неможливо візуально побачити та оцінити їх стан без використання спеціальних приладів і техніки, а оглядові колодязі та камери – до «наземних активів», оскільки фізично їх можна оглянути. Такий розподіл пов'язаний з можливістю подальшої оцінки їх технічного стану та припущенні того, скільки ще може експлуатуватися зазначений актив.

Основною метою проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів є наповнення електронної бази даних тією інформацією, яка доступна підприємству на період її проведення. У подальшому, у міру надходження нової інформації, базу даних можна актуалізувати та вносити необхідні зміни. База даних активів – це внутрішній інструмент підприємства, який має допомогти йому упорядкувати свою діяльність як в частині обліку активів, так і в частині оптимізації витрат на їх утримання та модернізацію.

Інвентаризація являє собою дослідження всіх активів, які задіяні у процесі із надання послуг, а саме: визначення фактичного місцезнаходження, технологічного процесу, у якому задіяний актив (водопостачання чи водовідведення), його технічні параметри та інвентарний номер (за наявності) [6].

### **2.3.1. Наземні активи.**

Безпосередню оцінку наземних активів здійснює експерт, ним може бути спеціаліст, який обслуговує активи. Саме він володіє інформацією щодо того, як часто виходить із ладу той чи інший актив, скільки часу витрачається на усунення пошкоджень, і на скільки критичною є поламака активу.

Під час проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів можна використовувати спеціальну форму (див. додаток А) у паперовому вигляді, яка допоможе систематизувати наявну інформацію і спростить її внесення до електронної бази даних.

Процес інвентаризації технічного стану та оцінки складається з наступних кроків:

1. фактична ідентифікація активу (місцеположення та система);
2. фото зовнішнього вигляду активу;
3. збір наявної інформації (інвентарний номер, технічна інформація, що зазначена на металевій інформаційній табличці або у паспорті обладнання);
4. підготовка форми для збору даних та оцінки критичності активу (внесення наявної інформації, уточнення даних бухгалтерського обліку, друк анкети);
5. проведення оцінки працездатності та критичності активу фахівцем, який обслуговує актив (заповнення оціночної частини в анкеті);
6. внесення даних з анкети до бази даних активів із використанням програмного продукту ArcGIS.

У тих випадках, коли обладнання складається з декількох складових (наприклад, засувка з електроприводом, насосний агрегат тощо), то під час

проведення технічної інвентаризації його необхідно розділити на декілька активів, оцінювати та вноситься до бази даних окремими записами. Це пов'язано з певними відмінностями в значеннях параметрів, які необхідно заповнити для кожного активу окремо. Наприклад, термін експлуатації гідранта, засувка чи колодязя відрізняються, також може бути різна критичність виходу з ладу цих активів.

Форма для збору інформації у паперовому вигляді складається з декількох частин:

1. Загальна інформація щодо місцезнаходження активу
2. Детальна інформація щодо використання активу
3. Технічні параметри активу
4. Оцінка працездатності та критичності активу [9]

У першій частині «Загальна інформація» (Рис. 2.3.1.1) вказується номер анкети та «id» активу. Потім зазначається назва та адреса станції (або окремого підрозділу підприємства), назва окремої будівлі/споруди, в якій знаходиться актив.

В пункті місцезнаходження активу вказуються його координати. Також зазначається, яким чином було отримано координати місцезнаходження: стара версія геоінформаційної системи (якщо така раніше використовувалася на підприємстві), геодезичний прилад, портативний GPS-прилад або електронна карта (наприклад, Google Maps).

№ анкети \_\_\_\_\_  
ID активу \_\_\_\_\_

ФОРМА ДЛЯ ЗБОРУ ДАНИХ ТА ОЦІНКИ КРИТИЧНОСТІ НАЗЕМНИХ АКТИВІВ  
1. Загальна інформація

1.1	Сектор:	<input type="checkbox"/> водопостачання <input type="checkbox"/> водовідведення
1.2	Назва станції	
1.3	Адреса станції:	
1.4	Місцезнаходження активу	

Рис. 2.3.1.1. Зображення першої частини «Загальна інформація» картки паспортизації активів.

Важливо пов'язати актив із відповідним йому зображенням, тому необхідно перед початком проведення натурного огляду ввести певну систему нумерування фотокарток. Для зручності використовується однаковий номер «id».

У другій частині «Детальна інформація щодо активу» необхідно зазначити наступні дані:

- *Назва активу* – вказується назва активу, яка зазвичай використовується на підприємстві. Наприклад, засувка шиберна чавунна діаметру 300, затвор дводисковий міжфланцевий сталевий діаметру 150.
- *Інвентарний номер* – зазначається інвентарний номер активу із бухгалтерської відомості (за наявності). Якщо виявлено розбіжності між записами в інвентарній оборотній відомості та фактичними даними, необхідно додати коментар і зробити відповідний запис під час внесення даних до програмного продукту.
- *Рік установки* – параметр є обов'язковим для заповнення. Може бути визначений на основі бухгалтерського обліку, натурного обходу або зі слів спеціаліста, який обслуговував актив. Якщо точні дані щодо року установки відсутні, то можна зазначити рік будівництва станції або будівлі
- *Опис активу* – зазначається додаткова інформація про актив. У цьому текстовому полі можна зазначити інформацію, яка буде корисною для подальшої роботи з базою даних. Наприклад, загальний вигляд, місцезнаходження в конкретній будівлі, характер та періодичність використання, додаткові технічні параметри.
- *Технологічний процес* – зазначається, у якому технологічному процесі задіяний актив. (див. додаток Б)
- *Категорія та тип активу*. Відповідно до запропонованих варіантів в картці натурного обходу необхідно обрати категорію до якої належить актив та тип. Для кожної категорії активу сформований окремий список типів активу

та перелік технічних параметрів (див. додаток В), які необхідно заповнити в третій частині форми.

- *Фото активу* – зазначається номер фотокартки активу. Саме фото зберігається для завантаження в базу як підтвердження здійснення інвентаризації та перевірки якості заповнених параметрів спеціалістом.

У **третій частині** «Технічні параметри» необхідно зазначити *виробника, модель, серійний номер*, а також його *технічні характеристики* (площа, діаметр, потужність тощо). див додаток В).

Джерелом інформації мають бути дані із паспорта обладнання, металевої інформаційної таблички, яка розміщена на активі (Рис. 2.3.1.2), або дані бухгалтерського обліку. Інша інформація може бути додана у розділ «опис активу».



Рис. 2.3.1.2 Приклад металевої бірки з технічним описом активу.

У **четвертій частині** «Оцінка працездатності та критичності активу» необхідно зазначити, чи актив досі використовується, який термін він ще може експлуатуватись, орієнтовна вартість його заміни, та оцінити його стан,

працездатність, ймовірність та наслідки виходу з ладу. Далі детально про кожен параметр.

- *Актив використовується?* Необхідно вказати, чи постійно використовується зазначений актив, чи він є резервним обладнанням. Якщо обирається відповідь «актив не використовується», то це буде означати, що в ньому немає потреби, а програма не буде враховувати його під час розрахунків та моделювання потреб у майбутніх інвестиціях.

- *Термін служби, що залишився, років* – зазначається, скільки років ще може використовуватися актив до того, як його необхідно буде замінити. Попередню оцінку строк служби можна зробити на основі припущень місцевих спеціалістів (майстрів, начальників дільниць), використовуючи власний досвід з обслуговування цього активу або стандартні нормативи термінів експлуатації обладнання чи споруд (Табл. 2.3.1.1.). Якщо поле залишити незаповненим, то програма не зможе розрахувати та змоделювати потреби у майбутніх інвестиціях.

Таблиця 2.3.1.1

**Нормативні терміни служби активів секторів водопостачання та водовідведення**

<b>Водопостачання</b>	<b>Норм строк служби, років</b>	<b>Водовідведення</b>	<b>Норм строк служби, років</b>
Резервуар чистої води(РЧВ)	50-80	Напірна каналізаційні колектори	80-100
Очисні споруди, будівлі	60-70	Колодязі	20-50
Очисні споруди, механічне та інше обладнання	15-25	Насосні станції, споруди	50
Водопровідні труби (чавун, пластикові труби, армовані скловолокном)	50-100	Насосна станція, механічне обладнання	15
Насосні станції, споруди	60-70	Очисні споруди, будівлі	50
Насосна станція, механічне та інше обладнання	25	Очисні споруди, механічне та інше обладнання	15-25

- *Вартість заміни, тис. грн* – орієнтовна вартість заміни активу на аналогічне обладнання з урахуванням монтажно-демонтажних робіт. У тих випадках, коли модель активу морально застаріла, вказується вартість

сучасного обладнання, що підходить по технічним та експлуатаційним характеристикам.

Для визначення працездатності та критичності активів необхідно оцінити їх фізичний стан, ефективність використання, а також вірогідність та наслідки його виходу з ладу для продовження штатного режиму функціонування підприємства. Оцінка здійснюється суб'єктивно, місцевими експертами-спеціалістами (майстрами, начальниками ділянок тощо) шляхом рейтингування кожного активу за чотирма параметрами (див. додаток Г.1-Г.4).

На основі рейтингів можна визначити *індекс працездатності* (див. додаток Г.5) та *індекс критичності активу* (див. додаток Г.6). Пріоритетність активу для заміни буде визначатись як сума індексів працездатності та критичності активу.

Чим ближче значення індексів наближаються до червоної зони (10 балів), тим важливіше його включити до плану капітальних інвестицій (інвестиційного плану).

Варто зазначити, що для отримання більш актуальних даних для прийняття інвестиційних рішень на підприємстві важливо базу даних доповнювати інформацією щодо історії ремонтів, які виконувалися по кожному активу. Після аналізу нових даних значення рейтингів мають бути відкориговані [6].

### **2.3.2. Підземні активи**

Система управління активами для підземних активів запроваджується з метою проведення інвентаризації ділянок трубопроводів, оцінки їх стану та подальшого розрахунку потреб у капітальних інвестиціях на довготерміновий період. Попередній аналіз можна провести на основі двох параметрів: *матеріал стін* трубопроводу та *року укладання трубопроводу*.

Джерелом інформації аналогічно до аналізу наземних активів можуть слугувати результати натурних обходів, під час яких було проведено польові

дослідження трубопроводів, або дані бухгалтерського обліку та креслення (топографічні плани масштабу 1:500), які зберігаються в архівах комунальних підприємств. Технічні спеціалісти, що обслуговують мережі (начальники ділянок, слюсарі, майстри тощо) з певним досвідом роботи також можуть надати достатньо інформації для створення базової моделі, що буде основою для проведення подальшого дослідження та оцінки.

Для попередньої оцінки рівня стану, ефективності, вірогідності виходу з ладу та наслідків виходу з ладу підземних актів (мереж водопостачання та водовідведення) необхідно визначити наступні параметри:

- *Рік укладання.* Дані щодо року будівництва для більшості мереж водопостачання чи водовідведення можуть бути відсутні. Їх значення можна отримати із даних бухгалтерського обліку чи з архівної технічної документації.

У тих випадках, коли фактичний рік укладання трубопроводу не може бути знайдено, можна скористатись деякими припущеннями стосовно періоду забудови місцевості та розвитку її інфраструктури. Допускається, що рік укладання трубопроводу може бути неточним, однак для подальших розрахунків значення показника із зазначенням найближчого десятиліття (+/- 5 років) краще, ніж відсутність будь-яких даних взагалі.

- *Матеріал.* Для внесення даних щодо матеріалів труб у програмному забезпеченні ArcGIS необхідно обов'язково вказати матеріал труби, що складає мережу водопостачання чи водовідведення (див. рис. 2.3.2.1).

- Зазвичай, на водоканалах труби із ПВХ і HDPE класифікуються як «пластик», однак для подальших розрахунків важливо, щоб ці матеріали вносились окремо, оскільки вони мають різний нормативний строк експлуатації. Якщо відомо, що більша частина труб мережі є сталеві (або чавунною, ПВХ тощо), то у програмному продукті даний матеріал можна зробити як «значення за замовчуванням» і саме цим матеріалом будуть маркуватися ділянки мережі, коли фактичні дані невідомі.

- *Діаметр.* В базі даних зазначається умовний діаметр (ДУ/DN), який є внутрішнім діаметром труби. Маркування сталевих та чавунних труб

здійснюється саме за внутрішнім діаметром, однак маркування пластикових труб виконується за зовнішнім діаметром (OD). Різниця у діаметрах буде впливати на незначне збільшення вартості заміни, тому здійснювати конвертацію чи ні буде залежати від рішення підприємства. У таблиці 2.3.2.1 наведено конвертацію діаметрів труб з HDPE/ПВХ матеріалів.

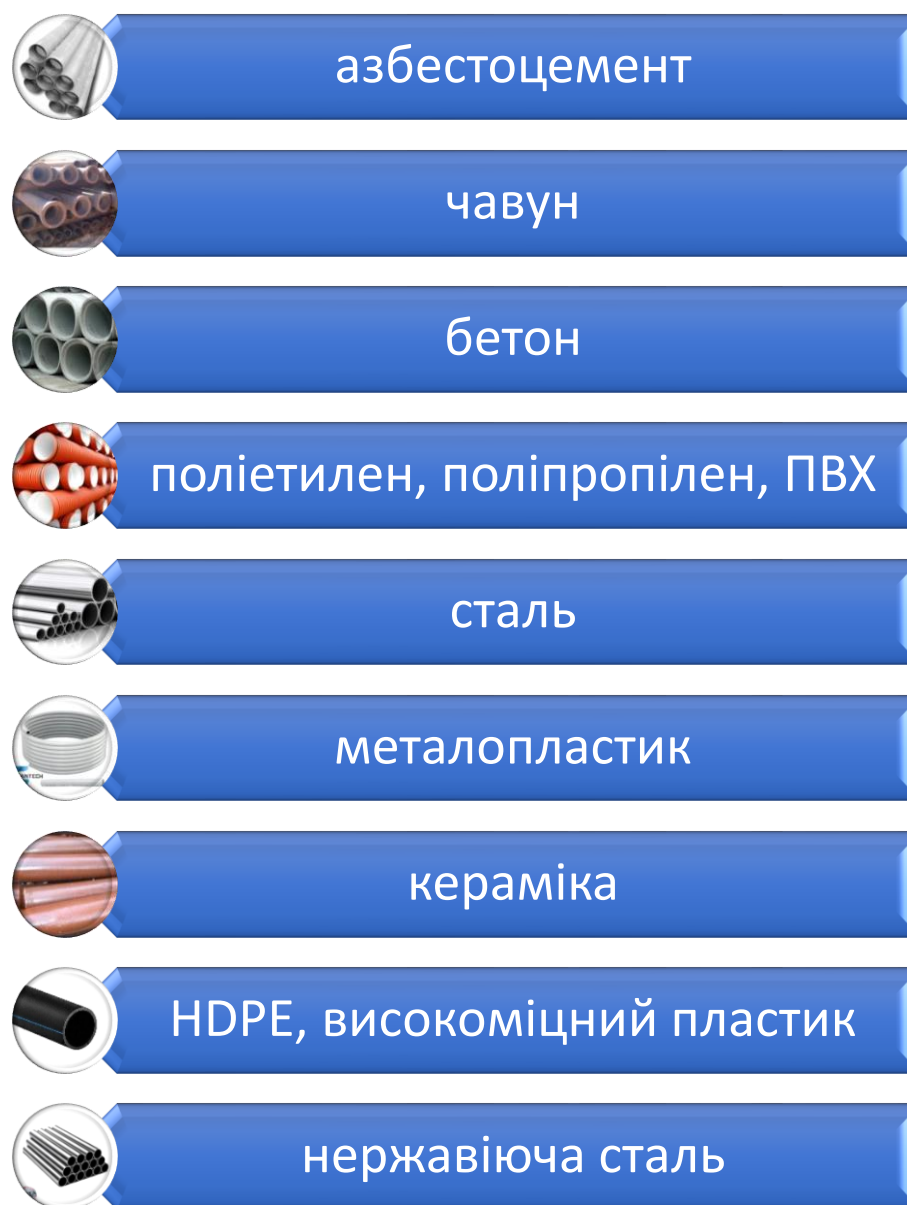


Рис. 2.3.2.1 Повний перелік матеріалів труб, що використовуються в системах водопостачання та водовідведення

- *Тип мережі.* Для того, щоб мати уявлення про функцію трубопроводів, всі підземні активи має бути класифіковано за типом мережі:

– Водогін, колектор (англ. Transmission pipe) – магістральні трубопроводи, які простягаються від виробничих споруд (станцій) до розподільчих мереж. Як правило, ці трубопроводи мають найбільший діаметр у системі.

– Вулична/розподільча мережа (англ. Primary distribution pipe) – основні розподільчі мережі, які простягаються по вулицям.

– Внутрішньоквартальна мережа (англ. Secondary distribution pipe) – трубопроводи, які прокладені всередині кварталу міста, до них під'єднуються мережі кінцевих споживачів.

– Прибудинкова мережа (англ. Service connection) – частина трубопроводу від вуличної або внутрішньоквартальної мережі до будинку (абонентського вводу, лічильнику).

Таблиця 2.3.2.1.  
Конвертація діаметрів трубопроводів з HDPE/ПВХ матеріалів

<i>HDPE/ПВХ</i>		<i>HDPE/ПВХ</i>	
<b>OD</b>	<b>DN/ДУ</b>	<b>OD</b>	<b>DN/ДУ</b>
50	40	250	225
63	50	280	250
90	75	315	275
110	100	355	300
125	110	400	350
140	125	450	400
160	140	500	450
180	150	560	500
200	175	630	550
225	200		

База даних дає змогу робити вибірку/сортування всіх підземних активів за типом мережі, щоб під час підготовки інвестиційних програм мати додаткову інформацію для прийняття рішень.

- *Тип місцевості.* На оцінку вартості заміни мереж також впливають умови її пролягання, позаяк виконання земляних робіт із укладання труб у густонаселеній центральній частині міста буде суттєво відрізнятися від здійснення аналогічних робіт на відкритій, незабудованій місцині.

Для проведення оцінки виділяється три умовні типи місцевості:

– «Місцевість інтенсивної забудови» – густонаселені та щільно забудовані райони, де майже всі трубопроводи та елементи інженерних споруд (понад 95 %) знаходяться під автомобільними дорогами та вулицями із асфальтним покриттям поруч з іншими комунікаціями;

– «Місцевість помірної забудови» – райони із менш інтенсивною забудовою, де трубопроводи та елементи інженерних споруд (до 50 %) прокладено уздовж доріг та пішохідних зон (тротуарів) із асфальтовим покриттям;

– «Відкрита місцевість» – майже всі трубопроводи та елементи інженерних споруд (більше 90 %) пролягають у відкритій місцевості (зелені зони, парки тощо) за наявності невеликої кількості інших інженерних комунікацій.

Параметр «тип місцевості» також можна використовувати при інвентаризації наземних активів, у подальшому ця інформація буде корисною під час розрахунку капітальних інвестицій по здійсненню ремонтних робіт.

- *Наслідки виходу із ладу.* Для того, щоб визначити, які трубопроводи будуть потребувати першочергової заміни, необхідно мати уявлення стосовно того, наскільки вони критичні для експлуатації систем водопостачання та водовідведення та наскільки пориви на тих чи інших ділянках трубопроводів впливатимуть на рівень обслуговування споживачів.

Найбільш достовірним засобом оцінки наслідків виходу із ладу для мереж водопостачання є використання гідравлічної моделі та відслідковування наслідків роботи системи після відключення від неї конкретних ділянок трубопроводів. Якщо на підприємстві не встановлено гідравлічну систему, то для оцінки наслідків можна застосувати інший підхід, що оснований на знаннях та досвіді місцевих фахівців. У цьому випадку до оцінки критичності наслідків мають бути долучені спеціалісти, які безпосередньо займаються обслуговуванням мереж та знають, де знаходяться важливі об'єкти соціальної та медичної інфраструктури громади, чи є можливість застосування резервної схеми водопостачання, на яких ділянках можуть виникнути проблеми із

фізичним доступом до трубопроводів, що значно ускладнить проведення ремонтних робіт, тощо.

Для оцінки наслідків можна застосувати 5-бальну рейтингову систему, де 5 – найбільш важливе, критичне значення (див. додаток Д).

- *Корегування остаточного строку експлуатації.* Після того, як буде зазначено рік укладання трубопроводу та матеріал, може бути розраховано його остаточний (кінцевий) строк експлуатації за наступною формулою:

***Остаточний (кінцевий) строк експлуатації*** = (рік укладання + нормативний строк експлуатації) – поточний рік

Розрахунковий/нормативний строк експлуатації труб за їх матеріалом зазначений у таблиці 2.3.2.2. Варто зауважити, що у програмному продукті розрахунок остаточного строку експлуатації здійснюється автоматично, а при виникненні від'ємного значення (тобто коли мережі продовжують експлуатуватися понад нормативний строк експлуатації), встановлюється строк у 2 роки.

Таблиця 2.3.2.2

Розрахунковий строк експлуатації для трубопроводів з різних матеріалів

№	Матеріал	Розрахунковий/нормативний строк експлуатації (років)
1	Азбестоцемент	70
2	Чавун	90
3	Бетон	60
4	HDPE, високоміцний пластик	100
5	Поліетилен, поліпропілен, ПВХ	50
6	Сталь	60
7	Металопластик	60
8	Кераміка	60
9	Нержавіюча сталь	50

Автоматичний розрахунок може показати, що більшість мереж необхідно замінити упродовж наступних двох років, адже термін експлуатації їх вже вичерпано або добігає кінця. Однак на практиці, якщо на цих ділянках трубопроводу не було зафіксовано суттєвих поривів і були поодинокі випадки

проведення нескладних ремонтних робіт, то це може свідчити про те, що цей трубопровід ще може нормально використовуватися упродовж багатьох років і не потребує термінової заміни.

Тому на основі досвіду та припущень спеціалістів, які відповідають за експлуатацію мереж, необхідно відкоригувати остаточний строк експлуатації трубопроводу самостійно. При чому строк може корегуватись у діапазоні від 5 до 40 років [6].

### **РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНВЕНТАРИЗЦІЇ ТА УПРАВЛІННЯ АКТИВАМИ НА ПРИКЛАДІ МАРІУПОЛЬСЬКОГО ВУ ВКГ В ПРОГРАМНОМУ ПРОДУКТІ ARCGIS**

На замовлення комунального підприємства «Маріупольське виробниче управління водопровідно-каналізаційного господарства» було здійснено інвентаризацію водопровідних мереж міста Маріуполь. Результати натурного обходу стали основою для створення персональної бази даних активів, що знаходяться у володінні Маріупольського ВУ ВКГ. В наступних пунктах даного дослідження продемонстровано використання програмного комплексу ArcGIS для систематизації зібраної інформації, оцінки стану та визначення пріоритетності активів до заміни.

Процес створення єдиної бази даних активів підприємства можна розділити на три етапи, які в свою чергу поділяються на декілька кроків:

#### **A. Внесення даних на основі результатів інвентаризації**

- a) підготовчі роботи;
- b) оцифрування активів та заповнення атрибутивної таблиці

#### **B. Визначення пріоритетності для заміни активів**

- a) проведення оцінних розрахунків;

#### **C. Відображення даних на оцінній карті.**

### **3.1. Внесення даних на основі результатів інвентаризації**

a) Перший етап включає створення персональної бази геоданих в програмному комплексі ArcGIS (див додаток E.1). Відповідно до типу активу створюється два класи просторових даних (див. додаток E.2):

- Наземні активи;
- Підземні активи.

Перш ніж розпочати роботу з об'єктами потрібно виконати налаштування атрибутивних таблиць. Цей процес включає, створення полів з потрібним

типом даних для внесення технічних та оціночних характеристик об'єктів (див. додаток Е.3), а також налаштування підтипів та доменів атрибутивної таблиці. Цей етап є важливим, адже зменшує ймовірність механічної помилки при заповненні параметрів об'єктів.

Налаштування підтипів відбувається через діалогове вікно *Properties* (Властивості). У вкладці *Subtypes* (Підтипи) потрібно натиснути на кнопку *Domains* (Домени). У новому вікні *Workspace domains* (Домени робочої області) додаємо необхідні домени з урахуванням типу даних поля в якому буде налаштований домен, а також тип домену (див. додаток Е.4). В даному дослідженні було використано тип домену – *Coded domains* (Кодоване значення). Коли усі домени додані, переходимо до вкладки *Fields* (Поля). Обираємо поле атрибутивної таблиці, де у властивостях поля вказуємо потрібний домен (див. додаток Е.5).

б) Після виконання підготовчих робіт налаштування проекту можна приступати до наступного кроку - оцифрування результуючих фрагментів карти натурного обходу. Вони слугують підосною для визначення місцезнаходження наземних та підземних активів.

Оскільки процес моделювання мережі усього міста з подальшим процесом її оцінки є досить трудо- та часомістким процесом, який виконується окремий структурний підрозділ на підприємстві, то для проведення дослідження було обрано ділянку міста Маріуполь.

Ця ділянка знаходиться в Лівобережному районі міста. На ній знаходиться території приватної та державної забудови, а також вулиці різного типу за особливостями формування. В секторі державної забудови наявні багатоповерхові будинки, професійний ліцей, музична школа, лікарня, відділення швидкої медичної допомоги та магазини. (див. додаток Е.6).

Для внесення даних про наземний актив необхідно:

1. активувати для редагування шар «Наземні активи» (див. додаток Е.7);

2. у вкладці *Create Features* (Створити об'єкти) обираєм потрібний шар та інструмент побудови. Для наземних активів це точка (див. додаток Е.8);
3. Шукаєм місцеположення активу на робочому фрагменті карти (див. додаток Е.9). Розміщаєм курсор наземного активу на карті відповідно до його положення на фрагменті;
4. В таблиці атрибутів з'явиться новий рядок з пустими полями. Заповнюємо поля у відповідності до карточки активу та технічних параметрів описаних в пункті 2.3.1 даного дослідження (див. додаток Е.10).
5. Додаємо фото внутрішнього простору колодязя з зображенням активу. У разі блокування люка колодязя, фото його зовнішнього вигляду. Процес завантаження растру зображено у додатках Е.11 - Е.15.
6. Повторюємо процес для всіх наземних активів.

Алгоритм внесення даних про «підземні активи» аналогічний до описаного вище. Підземні активи є лінійними об'єктами. Відмінності внесення полягають в тому, що четвертий крок виконується згідно пункту 2.3.2 даного дослідження. А крок п'ятий не здійснюється, адже підземні активи не можна побачити неозброєним оком, а отже і сфотографувати неможливо.

В результаті отримаємо модель інженерної мережі системи водопостачання Маріупольського ВУ ВКГ з набором атрибутивних даних (див додаток Е.16)

### 3.2. Визначення пріоритетності для заміни активів

Під час внесення технічних характеристик підземних та наземних активів, було здійснено оцінку їх *стану, ефективності використання, вірогідності виходу з ладу, наслідків виходу із ладу, а також визначені індекси працездатності активу та критичності активу* (див додаток Г). Поля з вказаними рейтингами за типом даних поділяються на *double* (дійсний) та *float* (плаваючий, десятковий) (див додаток Е.3).

Для розрахунку параметрів індексу працездатності активу з десятковим значенням було проведено наступний алгоритм дій:

1. Відкрити атрибутивну таблицю активів, індекси яких хочемо визначити. У вкладці *Table options* (Опції таблиці) натискаємо на інструмент *Select by attribute* (Вибрати за атрибутом).
2. В діалоговому вікні прописуємо умову вибірки. Відповідно до додатку Г.5 вказуємо умову вибірки. Наприклад: [Стан] = 1 AND [Ефективність] = 2 (див додаток Ж.1) Результат вибірки буде підсвічено в таблиці атрибутів.
3. Додати значення поля індекс працездатності активу можна через *Field Calculator* (Калькулятор поля). Згідно додатку Г.5 вказуємо значення 1,5 (див додаток Ж.2).
4. Поступово вносимо показники індексу працездатності активу відповідно до умови матриці стану та ефективності активу.

Для розрахунку параметрів індексу критичності активу з десятковим значенням алгоритм дій є аналогічний, тільки умовою для вибірки є значення полей вірогідності виходу з ладу та наслідків виходу з ладу відповідно до додатку Г.6.

*Пріоритетність активу для заміни* визначається як сума індексів працездатності та критичності активу. Значення до поля додається через *Field Calculator* (Калькулятор поля) використовуючи наступну формулу:

**Пріоритетність активу для замін** = [індекси працездатності активу] + [індекси критичності активу]

Чим вище його значення, тим більш пріоритетний цей актив для заміни.  
(див табл. 3.2.1.)

Таблиця 3.2.1

Розподіл активів на умовні групи за пріоритетністю для заміни на основі значення показника

<b>Рівень пріоритетності</b>	<b>Параметри (межі показника)</b>
«низький»	від 2,00 до 3,75
«нижче середнього»	від 3,76 до 5,00
«середній»	від 5,01 до 6,75
«вище середнього»	від 6,76 до 8,00
«високий»	від 8,01 до 10,00

Оцінка стану підземних активів відбувається аналогічно до наземних. Якщо з певних причин показники оцінки активів відсутні, то їх можна розрахувати на основі технічних параметрів активу:

– *Стан активу* – всім трубопроводам діаметром менше 300 мм надається оцінка «5» (тобто актив перебуває у дуже поганому, критичному стані: є серйозні несправності, виникають проблеми з експлуатацією та потрібна заміна у найближчий час), а діаметром більше 300 мм – оцінка «1».

– *Ефективність активу* – надається оцінка «1» (тобто актив розроблено відповідно до сучасних стандартів, і не виникає проблем з їхньою експлуатацією);

– *Вірогідність виходу з ладу* – оцінка надається за таким же принципом, що й у «Стані активу»;

– *Наслідки виходу з ладу* – всім трубопроводам діаметром менше 300 мм надається оцінка «1», а діаметром більше 300 мм – оцінка «3» [8].

Для підземних активів додатково потрібно розрахувати остаточний строк експлуатації як наведено в пункті 2.3.2. даного дослідження. Обрахунок здійснюється за допомогою *Field Calculator* (Калькулятор поля) після того як

було заповнено поля рік укладання та нормативний термін експлуатації в атрибутивній таблиці підземного активу (див. додаток Ж.3).

Оцінні розрахунки також можна здійснювати в таблицях MS Excel. Але перевагою застосування ГІС-технологій полягає саме в просторовій складовій, наочному відображенні даних активів та результатів їх оцінки.

### 3.3. Відображення даних на карті

В процесі управління активами спеціаліст з роботи бази даних неодноразово змінює відображення активів на карті відповідно до поставленого завдання. Таким чином, символ наземних активів можна сформувати за типом (гідрант, засувка, кран кульовий), а підземні активи – за матеріалом (сталь, поліетилен, чавун, кераміка) тощо. Програмне забезпечення ArcGIS дозволяє змінювати символи об'єктів керуючись значенням будь-якого параметру, задовольняючи потреби фахівця у вирішенні задачі системи управління активами.

Провівши оціночні розрахунки рівня пріоритетності активів до заміни було виконано оформлення картографічного зображення для їх наочного відображення:

У вкладці *Symbology* (Символ) вікна *Properties* (Властивості) налаштовано відображення символів за градуйованим кольором (*Graduated colors*) групи *Quantities* (Кількості) (див. додаток И.1). Відображення відбуватиметься на основі значень поля Пріоритет\_для\_заміни за 5 класами відповідно до таблиці 3.2.1. Проміжки вказуються вручну у вікні *Classification* (Класифікація) (див. додаток И.2). Кольорову шкалу обрано таким чином, щоб найменший показник був темно зеленим – низький пріоритет до заміни, а найвищий - червоним, тобто високий пріоритет до заміни.

Результат оцінки активів наведено в таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1

Результат проведення оцінки рівня пріоритету активів для заміни

Рівень пріоритетності для заміни	Наземні (%)	Підземні (%)
«низький»	3,1	52,3
«нижче середнього»	41,5	28,5
«середній»	29,2	19,2
«вище середнього»	6,2	0
«високий»	20	0

Візуальний результат проведеного дослідження можна побачити на оцінній карті рівня пріоритетності активів для заміни (див. додаток И.3)

## ВИСНОВКИ

Таким чином, в ході дослідження було:

- визначено особливості системи управління активами та умов до її запровадження. Головною складовою комерційної діяльності підприємства є формування оптимальних виробничих матеріальних запасів. Управління активами передбачає проведення ідентифікації та оцінки майна, обладнання та устаткування, яке підприємство безпосередньо використовує під час виробництва основної продукції чи наданні послуг, для того щоб приймати виважені та обгрунтовані рішення як з технічної, так і з фінансової точки зору.

- проаналізовано досвід використання ГІС у сфері управління активами. Геоінформаційні системи є базовим ядром інформаційної складової комунальних підприємств, основою багатьох робочих процесів, легко інтегрується з іншими системами і полегшує використання корпоративної інформації. Система управління активами на основі ArcGIS дозволяє перетворити атрибутивну таблицю в карту, яка наочно і точно показує, де знаходяться активи, що вони собою являють, який їх стан. Робота в єдиному інформаційному просторі дозволяє оперативно вносити зміни польовими бригадами в існуючу мережу

- визначено алгоритм проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів. Основною метою проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів є наповнення електронної бази даних тією інформацією, яка доступна підприємству на період її проведення. Інвентаризація являє собою дослідження всіх активів, які задіяні у процесі із надання послуг.

- створено модель інженерної мережі системи водопостачання Маріупольського ВУ ВКГ. В ході дослідження на основі результатів інвентаризації мереж було створено персональну базу геоданих активів. Її було налаштовано відповідно до організації процесу управління активами підприємства. Інформацію зібрану при натурних обходах було систематизовано, опрацьовано та представлено у вигляді моделі мережі системи водопостачання.

- виконано оцінку активів системи водопостачання в програмному комплексі ArcGIS. Під час внесення даних про підземні та наземні активи, окрім внесення даних щодо їхніх технічних параметрів, була можливість оцінити їхній стан, ефективність використання, вірогідність виходу із ладу та наслідки виходу із ладу. Оцінка кожного показника здійснювалась за шкалою від 1 до 5, де 5 – найгірше його значення. На основі цих даних розраховується індекс працездатності, а також індекс критичності, що в свою чергу є основою для визначення пріоритетності активів для заміни

- визначено пріоритетність для заміни активів. В результаті оцінки було виявлено, що 20% наземних активів мають високий рівень пріоритетності до заміни, 6,2% вище середнього, 29,2% середній рівень, 41,5% нижче середнього та 3,1 % низький рівень пріоритетності для заміни. Підземні активи в кращому стані, адже немає активів, що мають високий та вище середнього рівня пріоритетності, серед інших 19.2% мають середній рівень, 28,5% нижче середнього і 52,3% низький рівень пріоритетності для заміни.

### Список використаних джерел

1. Агаджанов Г.К. Економіка водопровідно-каналізаційних підприємств. Навч. Посіб. – 2-е вид., перероб. Та доп. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 392 с
2. Аналіз інженерних мереж за допомогою програмних продуктів компанії ESRI [Електронний ресурс] – Режим доступу: (<https://arcreview.esri-cis.ru/2019/12/24/gis-asset-management/>).
3. Керівництво із використання програмного продукту QGIS для проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів комунальних підприємств водопровідно-каналізаційного господарства : практичний посібник / О. О. Козлюк, В. А. Склярів, А. М. Коваленко, О. В. Березовська. – К. : DESPRO, 2020. – 165 с.
4. Кунь Є. П. Місія здійснення: як модернізувати українські міста [Електронний ресурс] / Євген Петрович Кунь // Українська правда. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pravda.com.ua/columns/2018/05/30/7181721/>.
5. Мних. Є.В. Економічний аналіз / Є. В. Мних, І. Д. Ференц. – Л.:Армія України, 2000. – 144 с.
6. Особливості проведення інвентаризації технічного стану та оцінки активів комунальних підприємств водопровідно-каналізаційного господарства із використанням програмного продукту QGIS: практичний посібник / О. О. Козлюк, В. А. Склярів, В. І. Козак ; за заг. Ред. О. О. Козлюк. – К. : DESPRO, 2019. – 72 с
7. Оспіщев В.І. Фінанси: Курс для фінансистів: Навч. Посіб. Рекомендовано МОН / За ред. В.І. Оспіщева. — К., 2008. — 567 с.
8. Про затвердження Положення про інвентаризацію активів та зобов'язань: Наказ Міністерства фінансів України від 02.09.2014 №879 / Офіційний сайт Верховної Ради України. – [Електронний ресурс]. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1365-14#Text>
9. Про затвердження Порядку формування тарифів на централізоване водопостачання та водовідведення на принципах стимулюючого регулювання:

Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 14.09.2017 №1132 / Офіційний сайт Верховної Ради України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1132874-17#Text>

10. Ясінецька І.А. Створення муніципальної інформаційної системи міста за допомогою ГІС-технологій / І. А. Ясінецька, Т. М. Кушнірук, О. П. Лобанова та ін. // Науковий вісник Ужгородського національного університету. – 2018. – С. 158 – 161.

# Додатки

## ФОРМА ДЛЯ ЗБОРУ ДАНИХ ТА ОЦІНКИ КРИТИЧНОСТІ НАЗЕМНИХ АКТИВІВ

№ анкети \_\_\_\_\_

ID активу \_\_\_\_\_

## 1. Загальна інформація

1.1	Сектор:	<input type="checkbox"/> водопостачання <input type="checkbox"/> водовідведення
1.2	Назва станції	
1.3	Адреса станції:	
1.4	Місцезнаходження активу	

## 2. Інформація щодо Активу

2.1	Назва активу:				
2.2	Інвентарний номер:		2.3 Рік установки:		
2.4	Опис Активу				
	2.5 Фото:				
2.6	Технологічний процес				
	2.7 Категорія Активу:				
	<input type="checkbox"/> Споруди	<input type="checkbox"/> Механічне обладнання	<input type="checkbox"/> Електричне обладнання	<input type="checkbox"/> Інструменти і системи контролю	<input type="checkbox"/> Трубопроводи
2.8 Тип активу	<input type="checkbox"/> будівля	<input type="checkbox"/> генератор	<input type="checkbox"/> трансформатор	<input type="checkbox"/> витратомір	<input type="checkbox"/> труба
	<input type="checkbox"/> свердловина, джерело	<input type="checkbox"/> компресор	<input type="checkbox"/> панель контролю	<input type="checkbox"/> датчик рівня води, рівнемір	<input type="checkbox"/> фітинг труби
	<input type="checkbox"/> резервуар чистої води (РЧВ)	<input type="checkbox"/> вентилятор	<input type="checkbox"/> високовольтне обладнання	<input type="checkbox"/> манометр	<input type="checkbox"/> прохідний тунель, колектор
	<input type="checkbox"/> заглиблена споруда	<input type="checkbox"/> насос	<input type="checkbox"/> електродвигун	<input type="checkbox"/> телеметричне обладнання	<input type="checkbox"/> колодязь/ камера
	<input type="checkbox"/> залізобетонна конструкція	<input type="checkbox"/> запірна арматура (засувка, клапан)	<input type="checkbox"/> електропривод (для засувки)	<input type="checkbox"/> лабораторне обладнання	<input type="checkbox"/> люк
	<input type="checkbox"/> радіальна залізобетонна конструкція	<input type="checkbox"/> з'єднувальні труби(для насосів, засувок)	<input type="checkbox"/> електричне обладнання та інше	<input type="checkbox"/> інструменти та інше	<input type="checkbox"/> запірна арматура
	<input type="checkbox"/> ємності для зберігання реагентів	<input type="checkbox"/> дозувальний насос			<input type="checkbox"/> лічильник води
	<input type="checkbox"/> напірний фільтр	<input type="checkbox"/> дозуюче обладнання			
	<input type="checkbox"/> гравітаційний фільтр	<input type="checkbox"/> вантажо-підйомне обладнання			
	<input type="checkbox"/> ТЕЦ та котельні	<input type="checkbox"/> аератор			
		<input type="checkbox"/> мулоскреб			
		<input type="checkbox"/> фільтр			
		<input type="checkbox"/> гідрант			
	<input type="checkbox"/> регулятор тиску				
	<input type="checkbox"/> ємності, цистерни, баки та балони				
	<input type="checkbox"/> механічне обладнання та інше				



## ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

## Додаток Б

Назва українською	Назва англійською
Аерування	Aeration plant
Знезараження	Chemical plant
Коагуляція	Coagulation plant
Фільтрація	Filtration plant
Первинне відстоювання	Primary settlement
Вторинне відстоювання	Final settlement
Опалення	Heating plant
Прийом води на очистку та дезінфекцію	Inlet works
Водозабірний ківш	Lagoons
Насосна станція	Pumping station
Обезводнення	Sludge treatment
Забір води	Water intake or source
Накопичення очищеної води	Treated water storage
Контроль якості	Laboratory
Відведення атмосферних опадів	Drainage
Централізоване водопостачання	Water distribution
Централізоване водовідведення	Sanitary sewer
Інше	Other

## ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ АКТИВІВ

## Додаток В

Категорія та тип активу	Перший параметр	Другий параметр	Третій параметр
-------------------------	-----------------	-----------------	-----------------

**1. Споруди**

будівля	площа, кв.м		
свердловина, джерело	дебіт, куб/год	діаметр, мм	глибина, м
резервуар чистої води	об'єм, куб.м		
заглиблена споруда	глибина, м		
ємність для зберігання реагентів			
радіальна залізобетонна конструкція	діаметр, м		
залізобетонна конструкція	довжина, м	ширина, м	
гравітаційний фільтр	пропускна здатність, куб.м/год	довжина, м	ширина, м
напірний фільтр	пропускна здатність, куб.м/год	діаметр, м	
ТЕЦ та котельні	номінальна потужність, кВтЧ		

**2.Механічне обладнання**

генератор	номінальна потужність, кВтЧ		
компресор	тиск, бар		
вентилятор	номінальна потужність, кВтЧ		
насос	номінальна потужність, кВтЧ	подача, куб.м/год	напір,м
запірна арматура (засувка, клапан)	діаметр, мм		
з'єднувальний насос	діаметр, мм	довжина, м	
дозувальний насос	дозування, л/год		
дозуюче обладнання			
вантажопідйомне обладнання	вантажопідйомність, т		
аератор	номінальна потужність, кВтЧ		
мулоскреб	діаметр, м		
фільтр	пропускна здатність, куб.м/год	ширина, м	
регулятор тиску	діаметр, мм		
гідрант			
ємність, цистерни, баки та балони	об'єм, куб. м		
механічне обладнання та інше			

Категорія та тип активу	Перший параметр	Другий параметр	Третій параметр
-------------------------	-----------------	-----------------	-----------------

### 3. Електричне обладнання

трансформатор	напруга, кВА		
електродвигун	номінальна потужність, кВтЧ		
панель контролю			
електропривід (для засувки)	діаметр, мм	номінальна потужність, кВтЧ	крутний момент, об/хв
високовольтне обладнання	напруга, кВА		
електричне обладнання та інше			

### 4. Інструменти і системи контролю

виратомір	діаметр, мм		
датчик рівня води, рівнемір			
манометр			
телеметричне обладнання			
лабораторне обладнання			
Інструменти та інше			

### 5. Трубопроводи

лічильник води	діаметр, мм		
прохідний тунель, колектор	глибина, м	висота, м	ширина, М
колодязь/камера	глибина, м	глибина входної труби, м	ширина, м
люк	діаметр, мм		
запірна арматура (засувка коверна)	діаметр, мм		
фітинг труби	діаметр, мм		
труба	діаметр, мм	тип мережі	матеріал
		-водогін, колектор -вулична (розподільна) мережа -внутрішньо- квартирна мережа -прибудинкова мережа	-азбестоцемент -чавун -бетон -HDPE, високоміцний пластик -поліетилен, поліпропілен, ПВХ -сталь -металопластик -кераміка -нержавіюча сталь

## ЗНАЧЕННЯ РЕЙТИНГІВ ПРИ ОЦІНЦІ АКТИВУ

Додаток Г

Оцінка стану активу

Таблиця Г.1

Рейтинг	1	Не має несправностей і незначних погіршень
	2	Є незначні несправності та спостерігаються погіршення стану активу, однак на працездатність вони не впливають
	3	Є несправності і спостерігається погіршення стану активу, однак вони несуттєво впливають на працездатність активу на даний момент або у найближчому майбутньому
	4	Є суттєві несправності, які вже проявляються і можуть впливати на працездатність у найближчому майбутньому (потребують ремонт чи заміну)
	5	Критичний стан, який є причиною відсутності необхідної працездатності або непридатності (необхідна термінова заміна)

Оцінка ефективності активу

Таблиця Г.2

Рейтинг	1	Розроблений відповідно до сучасних стандартів, повністю здатний надавати необхідний рівень обслуговування, не має проблем з надійністю
	2	Розроблений відповідно до застарілих стандартів та/або має незначні проблеми із надійністю, але забезпечує необхідний рівень обслуговування
	3	Є проблеми із ефективністю роботи, однак вони не перешкоджають нормальній роботі
	4	Є проблеми із надійністю та ефективністю, які впливають на нормальну роботу
	5	Не відповідає вимогам працездатності або надійності, як наслідок – актив не може забезпечити необхідний рівень обслуговування

Вірогідність виходу з ладу

Таблиця Г.3

Рейтинг	1	Імовірність виникнення несправності низька. Актив новий. Зовнішні фактори ризику відсутні
	2	Існує ймовірність несправності, але не у найближчий час. Є прояви зносу
	3	Несправність може трапитися у короткостроковій перспективі не раніше, ніж через рік. Актив старий, добігає кінцевого терміну експлуатації, однак ще перебуває у робочому стані. Суттєві фактори ризиків відсутні.
	4	Ймовірна поломка у найближчий рік. Спостерігаються регулярні, але не надто часті поломки. Стан поганий.
	5	Висока ймовірність поломки у найближчий час. Часто спостерігаються несправності. Стан дуже поганий, є зовнішні фактори ризику.

## Наслідки виходу з лад

## Таблиця Г.4

Рейтинг	1	Несуттєві. Відсутній вплив на надання послуг, низькі витрати на ремонт при порушенні роботи. Відсутній негативний вплив на здоров'я населення
	2	Низькі
	3	Середні. Вихід із ладу може вплинути на порушення у наданні послуг, вартість ремонту – середня. Наявний деякий вплив на здоров'я населення
	4	Високі
	5	Критичні. Суттєві витрати у наданні послуг та під час виникнення пошкоджень або поломок. Негативний вплив на здоров'я населення

## Матриця визначення індексу працездатності активу

## Таблиця Г.5

Ефективність активу	Стан активу				
	1	2	3	4	5
1	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
3	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
4	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0



## Матриця визначення індексу критичності активу

## Таблиця Г.6

Вірогідність виходу з ладу	Наслідки виходу з ладу				
	1	2	3	4	5
1	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
2	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
3	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
4	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0

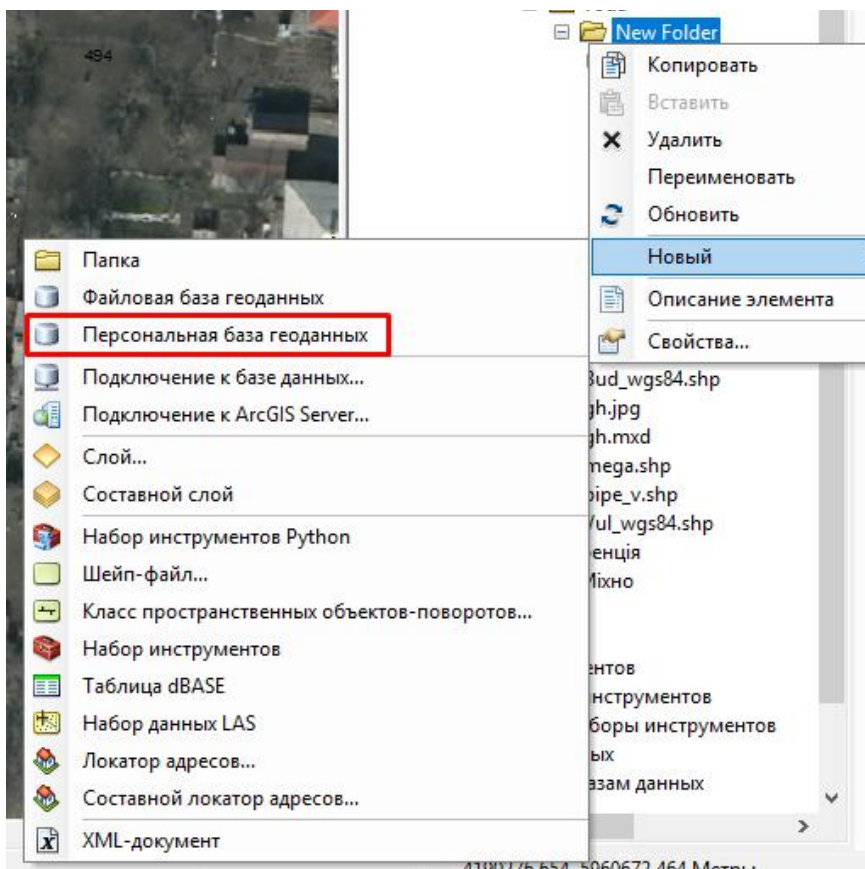
## ЗНАЧЕННЯ РЕЙТИНГІВ

### ДЛЯ ОЦІНКИ НАСЛІДКІВ ВИХОДУ З ЛАДУ Додаток Д

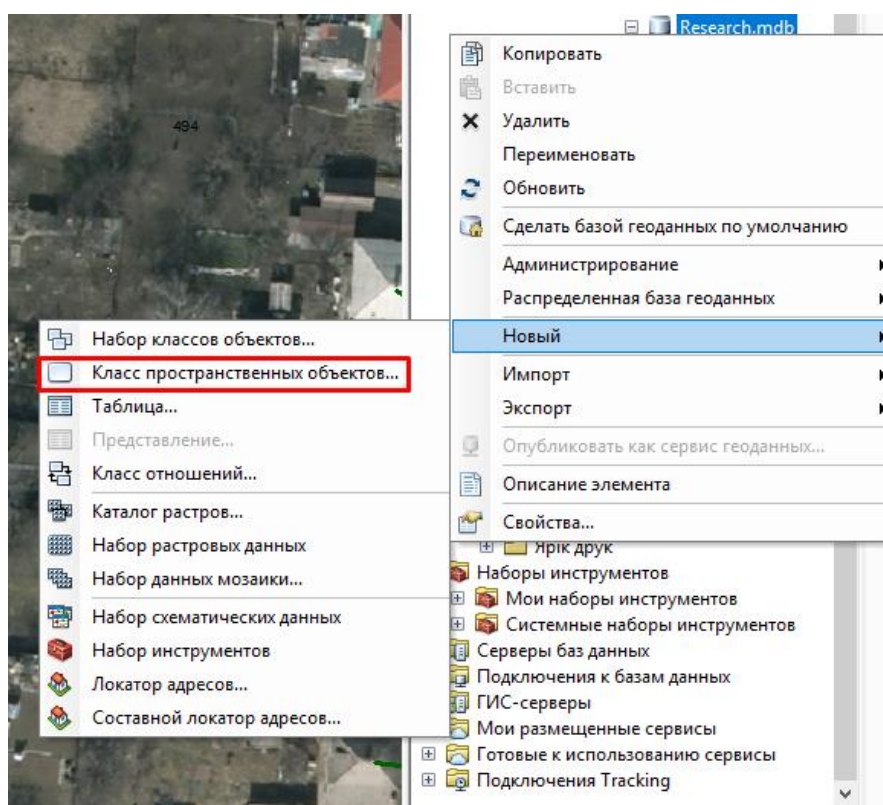
Рейтинг наслідків	Значення	Основні фактори щодо рівня обслуговування, впливу на здоров'я населення та вартості усунення ушкоджень	Специфічні фактори для підземних активів
1	Незначний	Не впливає на рівень надання послуг населенню; низька вартість проведення ремонтних робіт та усунення наслідків; не має негативного впливу на здоров'я населення	Ушкодження на трубопроводі не відобразиться на функціональності критичної інфраструктури громади (лікарень, дитячих навчальних закладів тощо); невелика зона обслуговування населення; наявні резервні схеми забезпечення споживачів
2	Низький		Наслідки більше, ніж «1», але менше, ніж «3»
3	Середній	Тимчасові обмеження у режимі водопостачання, середня вартість проведення ремонтів або усунення наслідків від ушкоджень	У разі виникнення ушкоджень на трубопроводі може бути обмежено надання послуг у деяких критичних споживачів (об'єктах) або у значній кількості населення; наявна часткова можливість використання резервних схем або інших альтернативних засобів надання послуг; наявність потенційного ризику для прилеглої інфраструктури
4	Високий		Наслідки більше, ніж «3», але менше, ніж «5»
5	Критичний	Суттєве обмеження споживачів у наданні послуг, може вплинути на здоров'я населення; висока вартість проведення ремонтних робіт та усунення наслідків	Ушкодження може призвести до обмеження доступу послуг у більшій частині міста/громади та вплинути на діяльність об'єктів життєдіяльності; відсутні альтернативні/резервні схеми надання послуг; наявність ризику впливу наслідків для прилеглої інфраструктури

## СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ АКТИВІВ

## Додаток Е



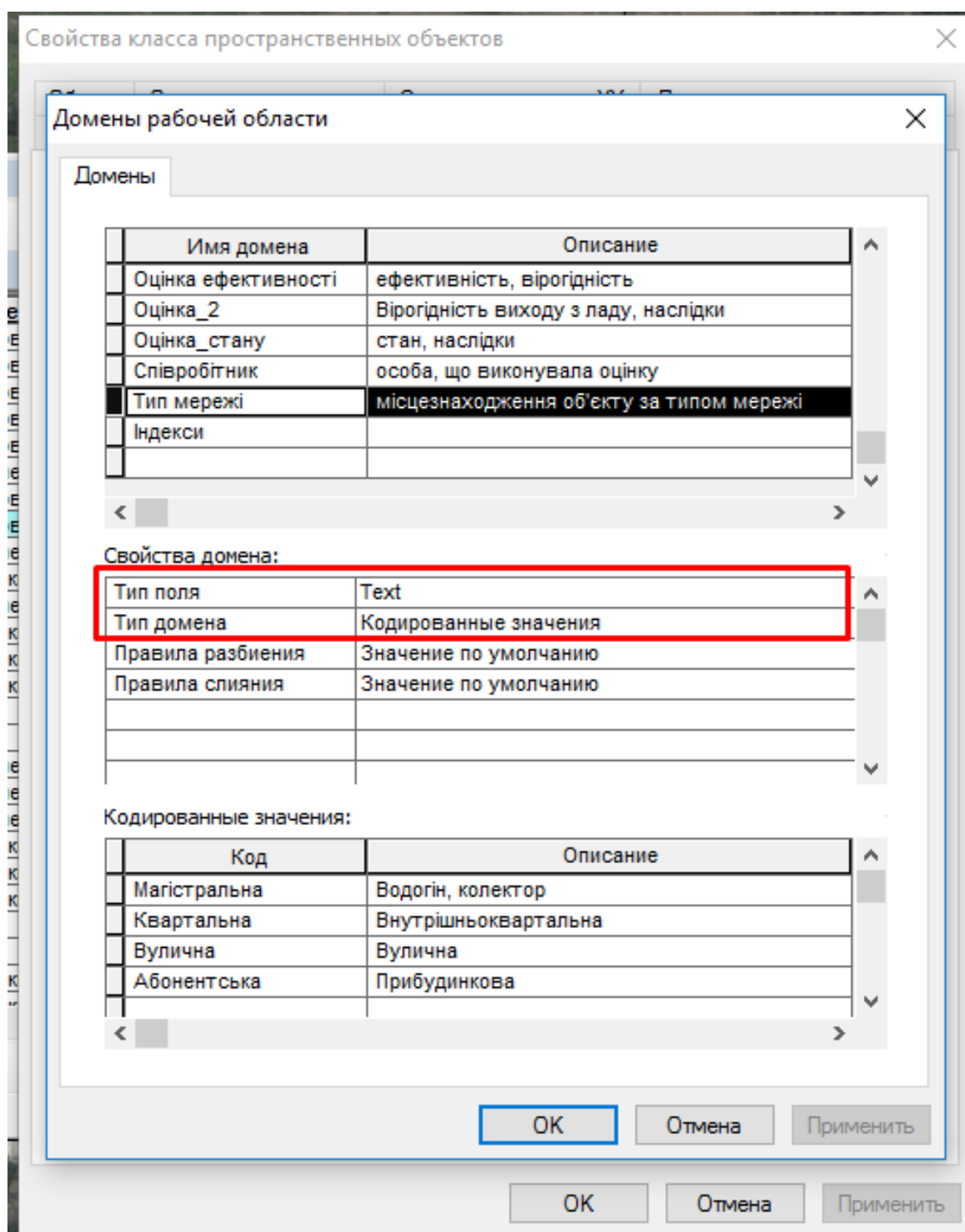
Е.1 – Процес створення персональної бази геоданих через ArcCatalog



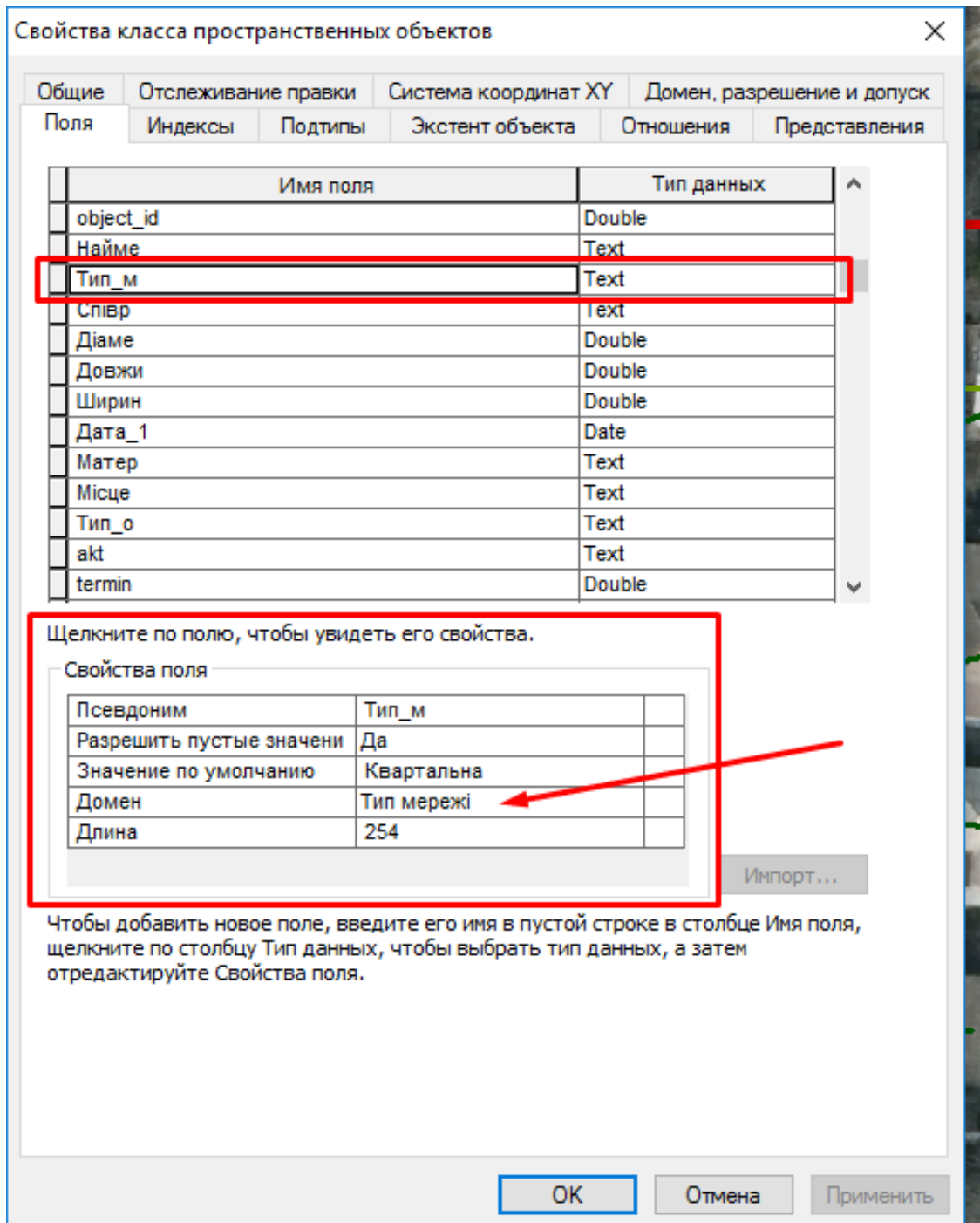
Е.2 – Процес створення нового класу просторових об'єктів бази геоданих

Перелік полів атрибутивної таблиці з вказаним типом даних Таблиця Е.3

<b>Ім'я поля</b>	<b>Тип даних</b>
ObjectID	ObjectID
Інвентарний номер	Double
Назва	Text
Тип_мережі	Text
Діаметр	Double
Довжина	Double
Ширина	Double
Матеріал	Text
Місцерозташування	Text
Тип_активу	Text
Рік установки	Double
Норм_строк	Double
Кінцевий_строк	Double
Використання_активу	Text
Стан_активу	Double
Ефективність_активу	Double
Вірогідність_виходу_з_ладу	Double
Наслідки_виходу_з_ладу	Double
ППП_співробітника	Text
Дата_оцінки	Date
Критичність_активу	Float
Функціональність_активу	Float
Пріоритет_для_заміни	Float
Фото	Raster



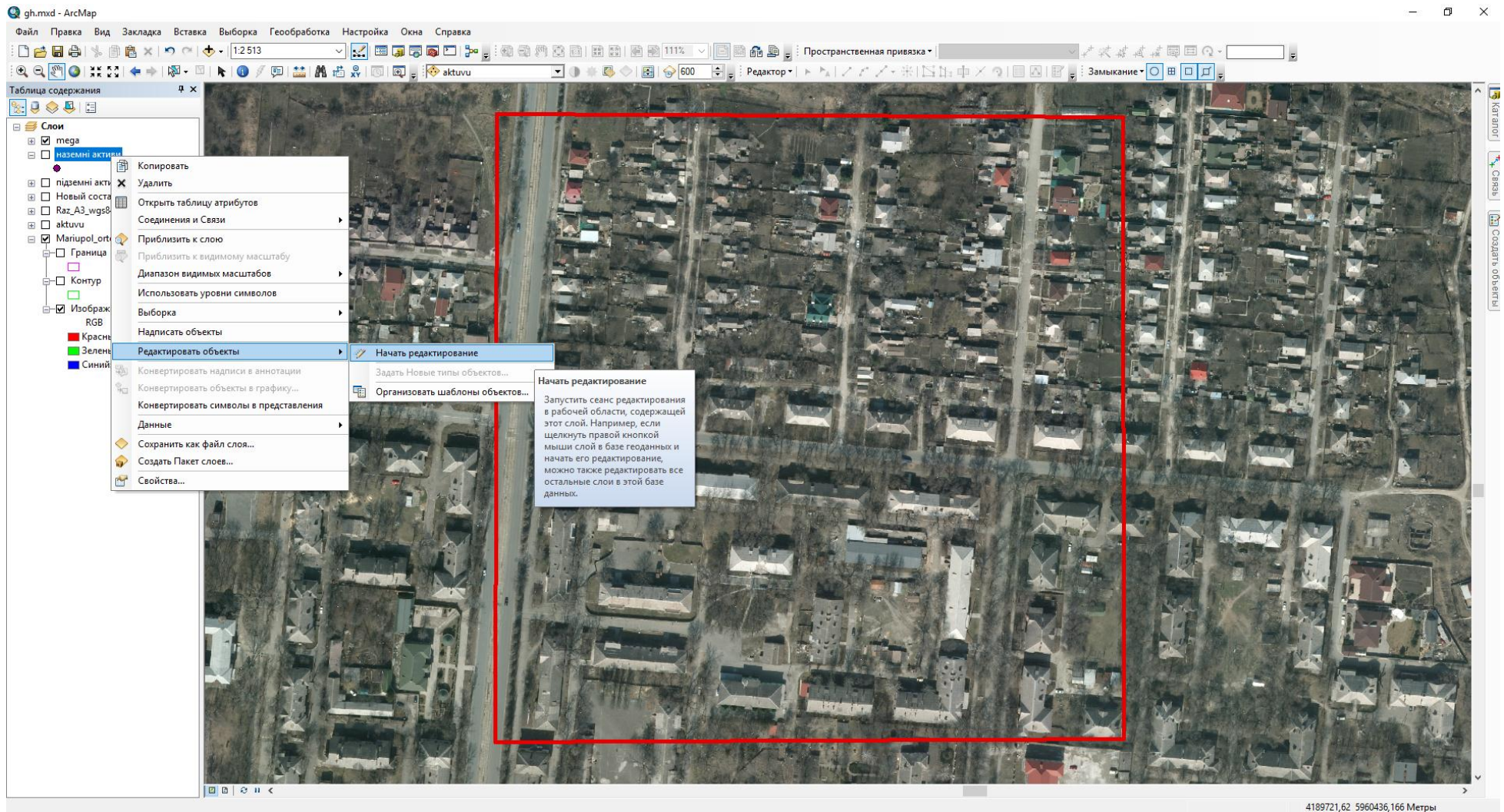
Е.4 – Вікно *Workspace domains* (Домени робочої області) з налаштуваннями



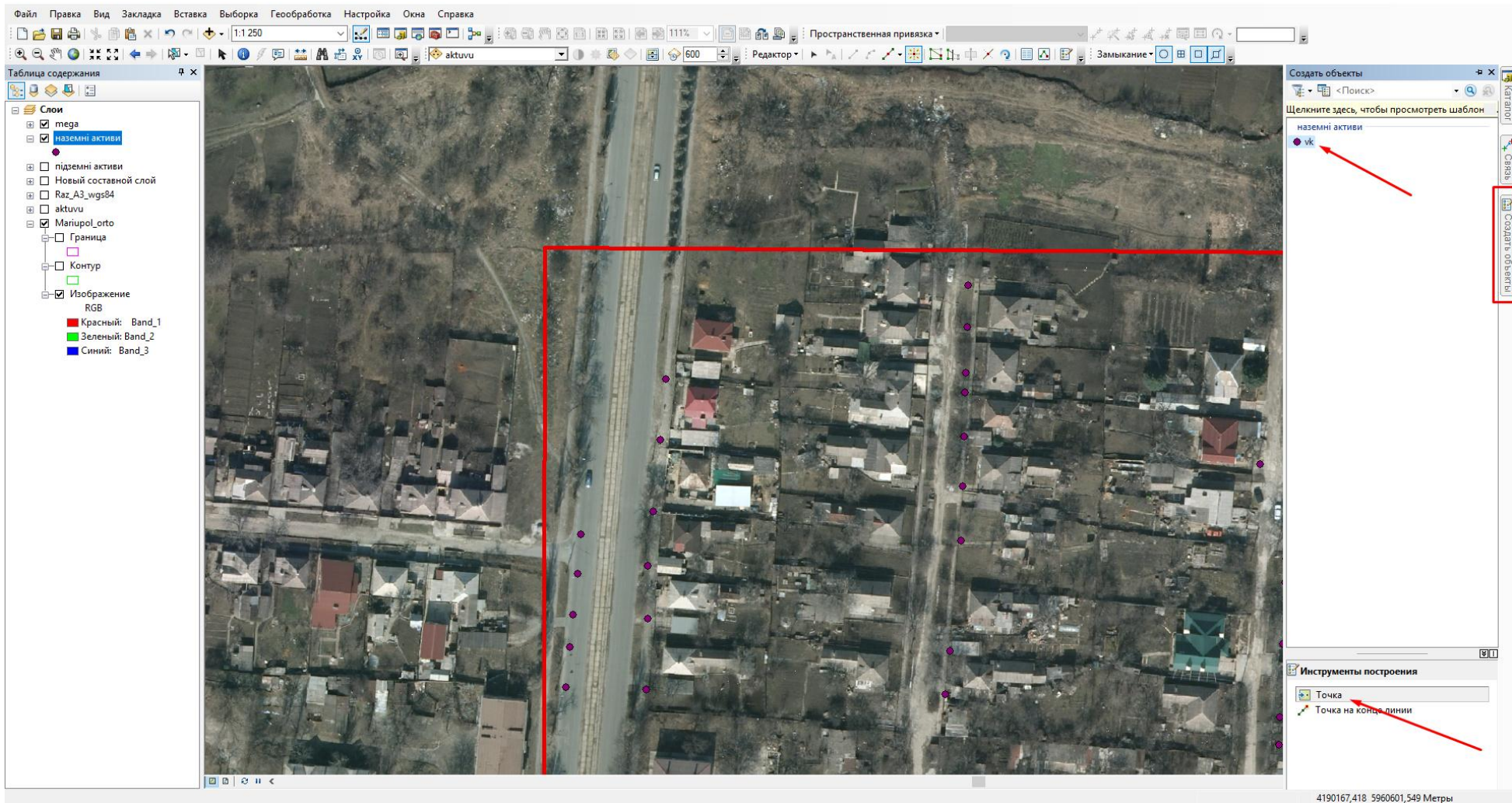
Е.5 – Вікно *Properties* (Властивості) з налаштуваннями через вкладку *Fields* (Поля)



Е.6 – Зображення ділянки виконання моделювання інженерної мережі водопостачання міста Маріуполь



Е.7 – Процес створення об'єктів в шарі «Наземні активи». Активація процесу редагування



Е.8 – Вкладка *Create Features* (Створити об’єкти) з переліком шарів активних для редагування



Е.9 – Зображення об'єктів нанесених на робочий фрагмент карти

The screenshot displays a GIS application window with a menu bar (Файл, Правка, Вид, Закладка, Вставка, Выборка, Геообработка, Настройка, Окна, Справка) and a toolbar. The main view is an aerial photograph with a red vertical line and several purple markers. A 'Слой' (Layer) panel on the left lists layers like 'наземні активи' and 'тема'. A 'Таблиця' (Table) window is open, showing a table with columns for object attributes. A dropdown menu is open for the 'PIP' column of the first row.

OBJEC	Shape *	Інвентарний	Назва	Тип мережі	PIP	Діаметр	Довжина	Ширин	Дата оцінк	Матеріа	Місце	Тип актив	Використання	termin	Стан 1	Ефект	Віпор	Наслі	Працезд	Критичніс	Пріоритет	Photo
103	Точка	108197	В 8221	Вулична	<Null>	<NULL>	<NULL>	<NULL>	<NULL>	Сталь	<NULL>	<NULL>	<NULL>	<NULL>	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	<NULL>	<NULL>	<NULL>	

Dropdown menu options for PIP:

- Манько Ігор Ігор
- Суторміна Ірин
- Перець Олег Ві
- Новосела Андр

At the bottom right of the window, the coordinates 4190065,288 5960455,301 and the unit 'Метры' are displayed.

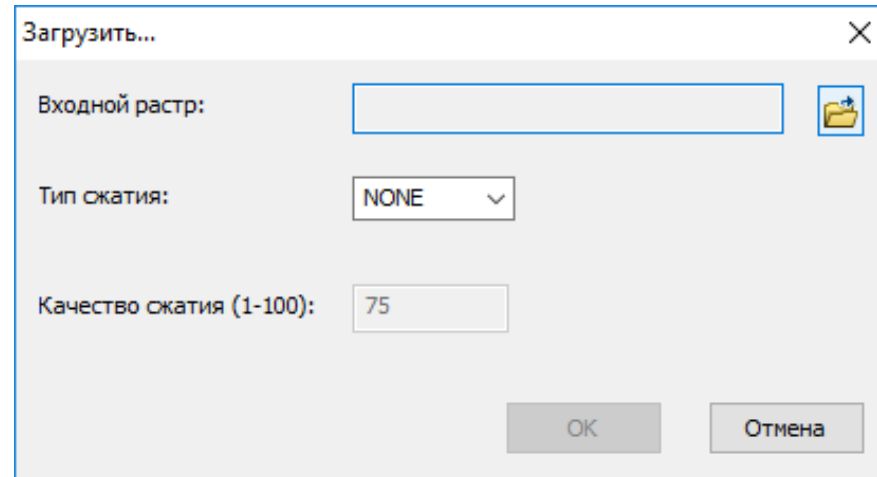
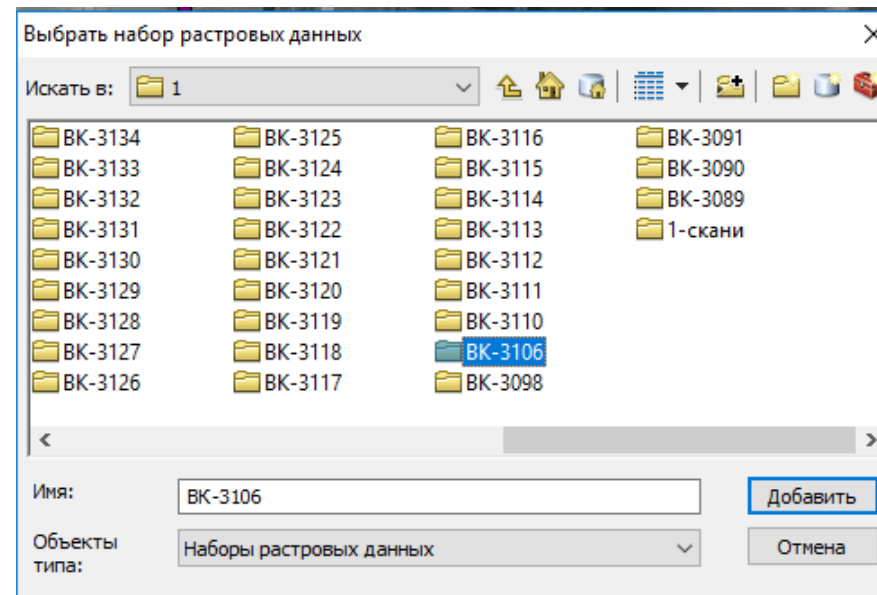
Е.10 – Вигляд рядку в атрибутивній таблиці нового об'єкту з пустими полями параметрів характеристики

The screenshot displays a GIS application window with a menu bar (Файл, Правка, Вид, Закладка, Вставка, Выборка, Геообработка, Настройка, Окна, Справка) and a toolbar. The main workspace shows an aerial photograph with a red vertical line and several purple dots. A 'Слои' (Layers) panel on the left lists various layers, including 'наземні активи' (ground activities) and 'Матрицо\_орто' (ortho matrix). A 'Таблица' (Table) window is open, showing a table with the following data:

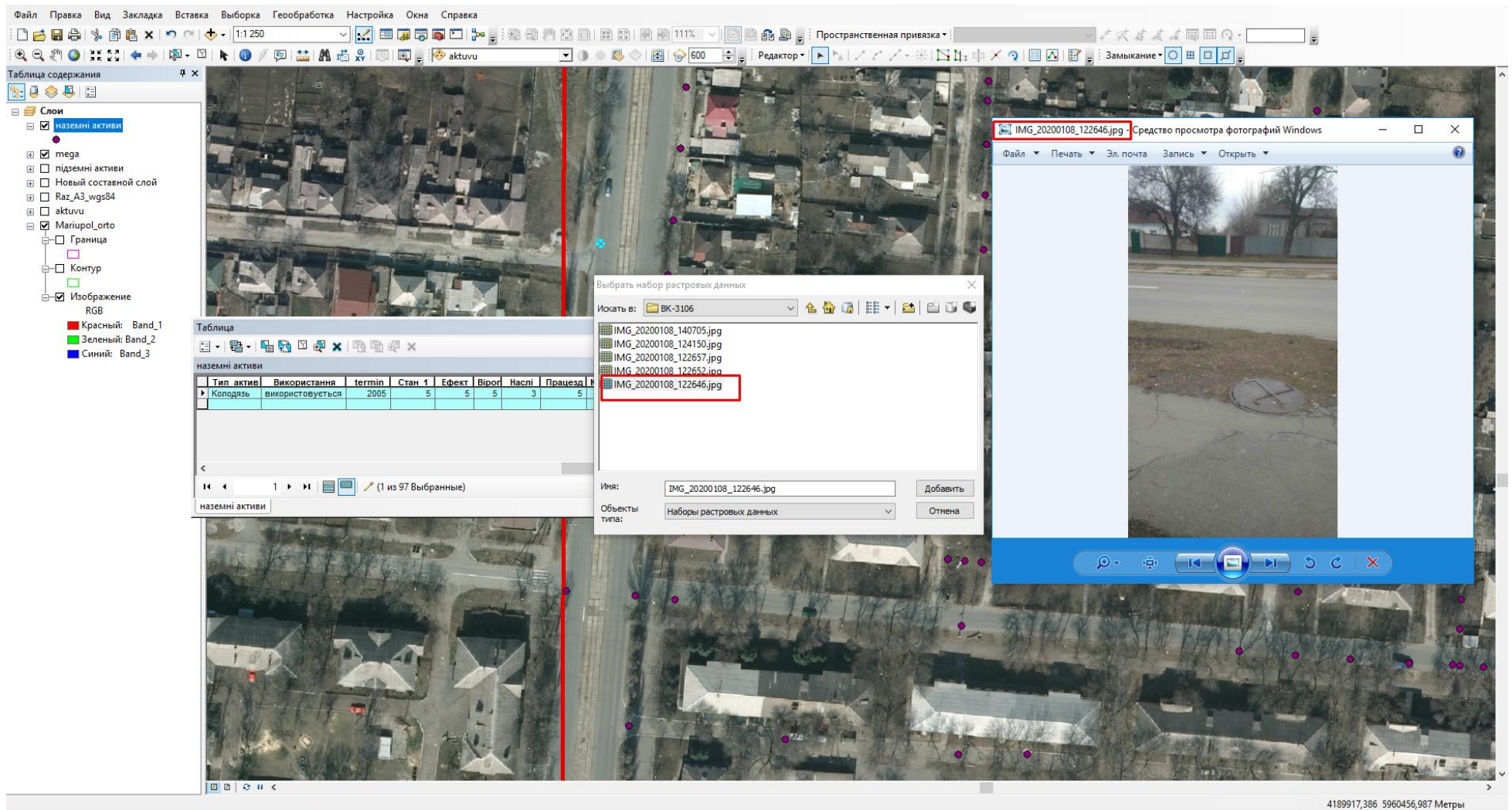
Тип актив	Використання	термін	Стан	1	Эффект	Віпор	Наслі	Працевзд	Критичніс	Пріоритет	Photo
Колодязь	використовується	2005	5	5	5	3	5	4	9		

A context menu is open over the 'Photo' field, with options: Load..., Clear, Save As..., and Properties... A callout box points to the 'Load...' option with the text 'равой кнопкой бор растровых'.

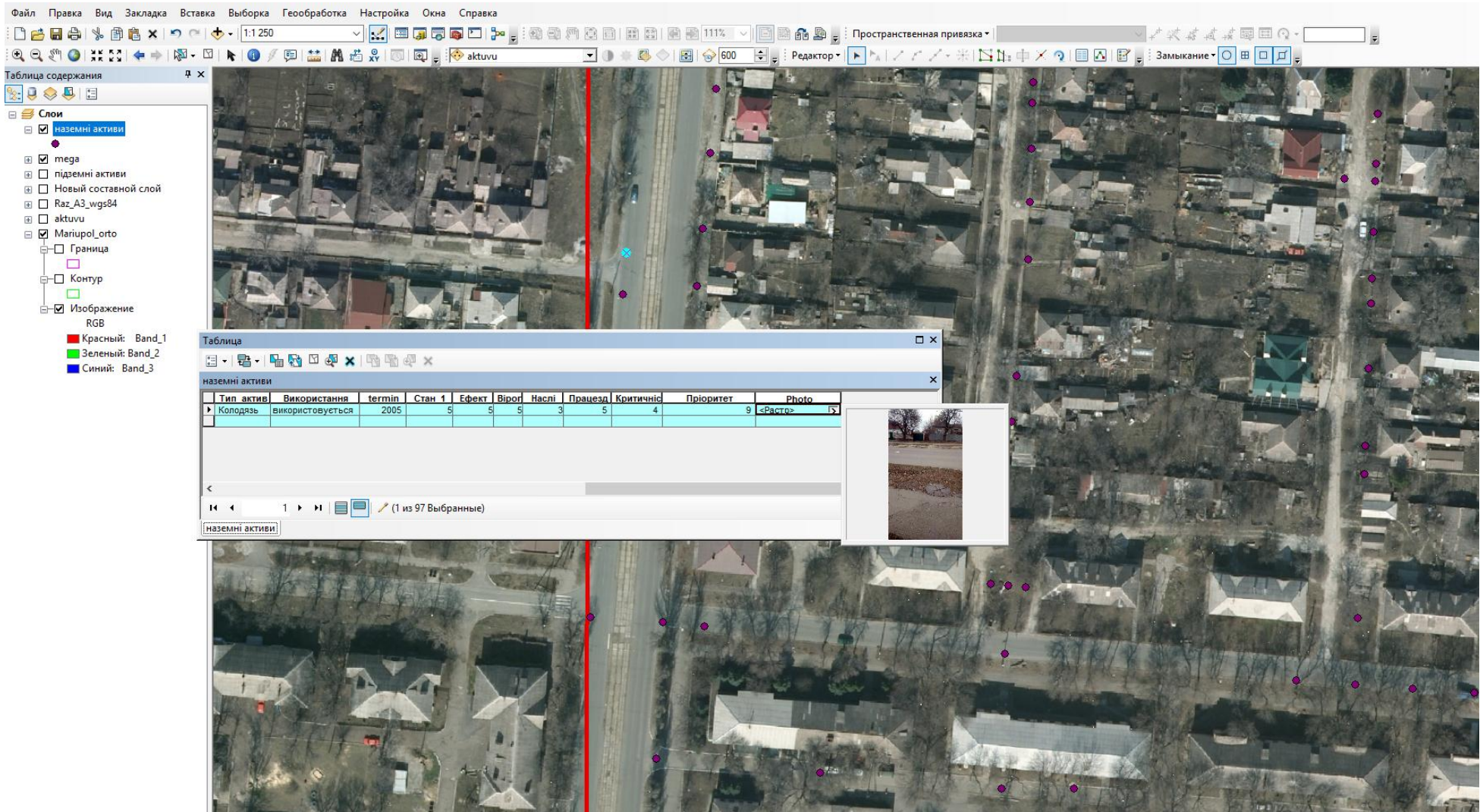
Е.11 – Завантаження растрового файлу в поле «Фото»

Е.12 – Вікно *Load* (Завантажити)

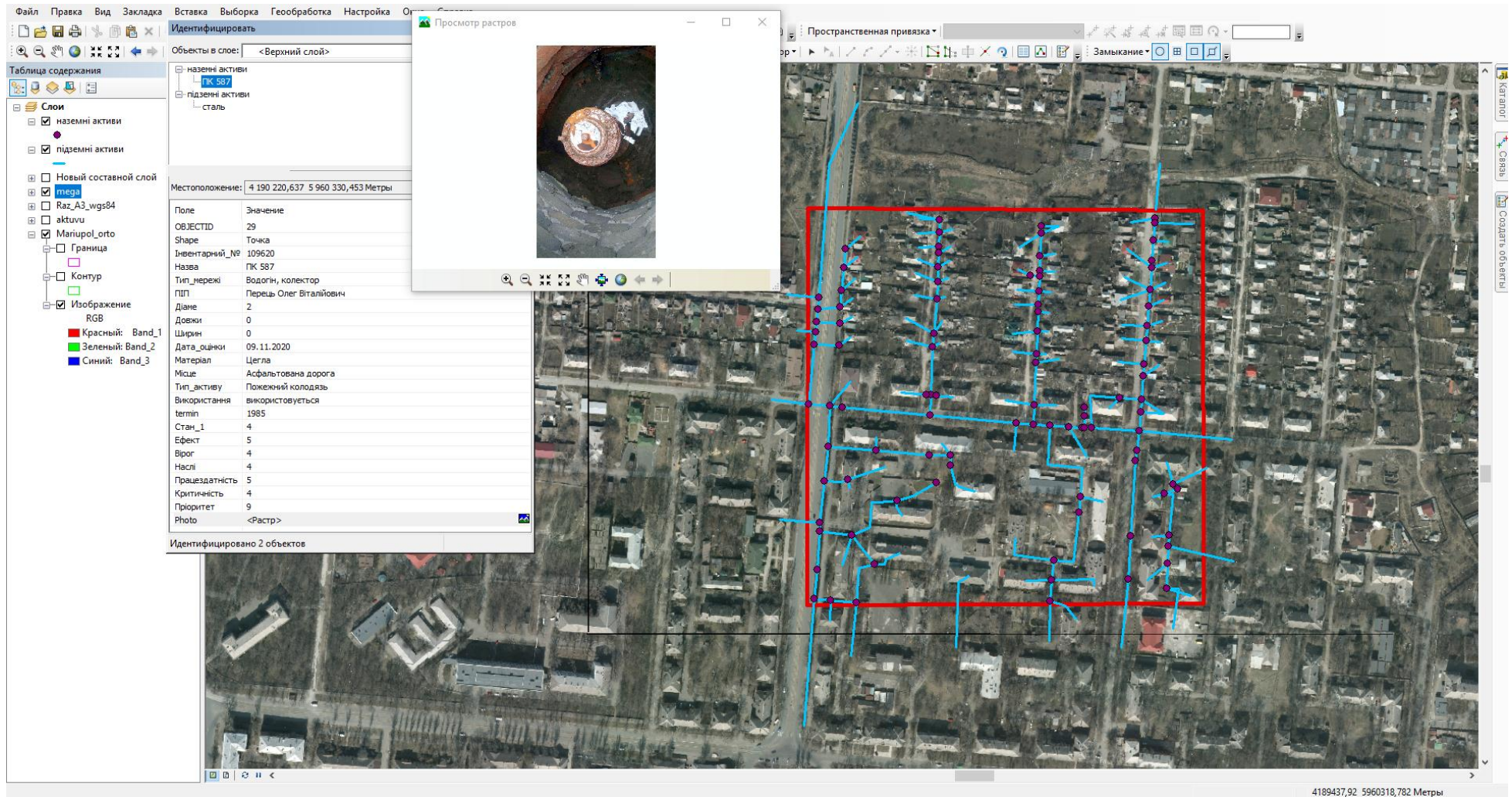
Е.13 – Процес вибору растрового файлу відповідно до назви об'єкта на карті



Е.14 – Завантаження потрібного растру відповідно до його назви і зображення



Е.15 – Відображення завантаженого растру в атрибутивну таблицю



Е.16 – Модель інженерної мережі системи водопостачання Маріупольського ВУ ВКГ з набором атрибутивних даних

## ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНОЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ПРІОРИТЕТНОСТІ ДЛЯ ЗАМІНИ АКТИВІВ

Додаток Ж

The screenshot displays a GIS application window with a table of underground assets and a map view. The table, titled "підземні активи", lists various assets with columns for diameter, location, assessment date, owner, network type, installation year, standard, location, status, effect, and priority. A selection window titled "Выбор по атрибутам" is open, showing a query: `SELECT * FROM pipe WHERE [Стан] = 1 AND [Ефект] = 2`. The map view shows a residential area with a red rectangular selection box and blue lines representing the selected underground pipes.

Діаметр	Місце	Дата оцінк	ПП	Тип мережі	Рік устан	Норм сто	Місцезнах	Стан	Ефект	Вірог	Наслід	Кін
63	Асфальтована дорога	16.12.2020	Новосела Андрій Ві	Внутрішньоква	2010	50	помірна	1	1	1	2	
25	Асфальтована дорога	19.11.2020	Новосела Андрій Ві	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	
63	Асфальтована дорога	16.12.2020	Новосела Андрій Ві	Внутрішньоква	2010	50	помірна	1	1	1	2	
32	Асфальтована дорога	08.12.2020	Перець Олег Віталі	Внутрішньоква	2005	50	помірна	1	1	1	2	
63	Асфальтована дорога	16.12.2020	Новосела Андрій Ві	Внутрішньоква	2010	50	помірна	1	1	1	2	
32	Зелена зона	17.12.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	
53	Асфальтована дорога	29.10.2020	Манько Ігор Ігорови	Внутрішньоква	2010	50	помірна	1	1	1	2	
32	Асфальтована дорога	29.10.2020	Манько Ігор Ігорови	Внутрішньоква	2005	50	помірна	1	1	1	2	
25	Асфальтована дорога	30.10.2020	Манько Ігор Ігорови	Внутрішньоква	2005	50	помірна	1	1	1	2	
20	Асфальтована дорога	17.12.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	
25	Асфальтована дорога	16.12.2020	Новосела Андрій Ві	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	
80	Асфальтована дорога	17.12.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	
92	Асфальтована дорога	16.12.2020	Новосела Андрій Ві	Внутрішньоква	2010	50	помірна	1	1	1	2	
25	Асфальтована дорога	19.11.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	2005	50	помірна	2	1	2	1	

Method: Создать новую выборку

Fields: [OBJECTID], [id\_1], [object\_id], [Матер], [Диаме]

Operators: =, <>, Like, >, >=, And, <, <=, Or, ? \* (), Not, Is

SQL Query: `SELECT * FROM pipe WHERE [Стан] = 1 AND [Ефект] = 2`

Buttons: Очистить, Проверить, Справка, Загрузить..., Сохранить..., Применить, Закрыть

Ж.1 – Вікно *Select by attribute* (Вибрати за атрибутом) з вказаними умовами вибірки та результатом дії

Настройка Окна Справка

Таблица

підземні активи

Дата оцінк	ПП	Тип мережі	Рік устан	Норм стр	Місцезнах	Стан	Ефект	Вірог	Наслід	Кінцеви	Працездатність
19.11.2020	Новосела Андрій Ві	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	2045	
19.11.2020	Новосела Андрій Ві	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	2045	
16.12.2020	Новосела Андрій Ві	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	2045	
17.12.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	2045	
17.12.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	2045	
17.12.2020	Перець Олег Віталі	Прибудинкова	1985	60	помірна	1	2	1	1	2045	
17.12.2020	Перець Олег Віталі	Внутрішньова	1985	60	помірна	1	2	1	2	2045	

Калькулятор поля

Вычислить г

Выключить

Закрепить/С

Удалить пол

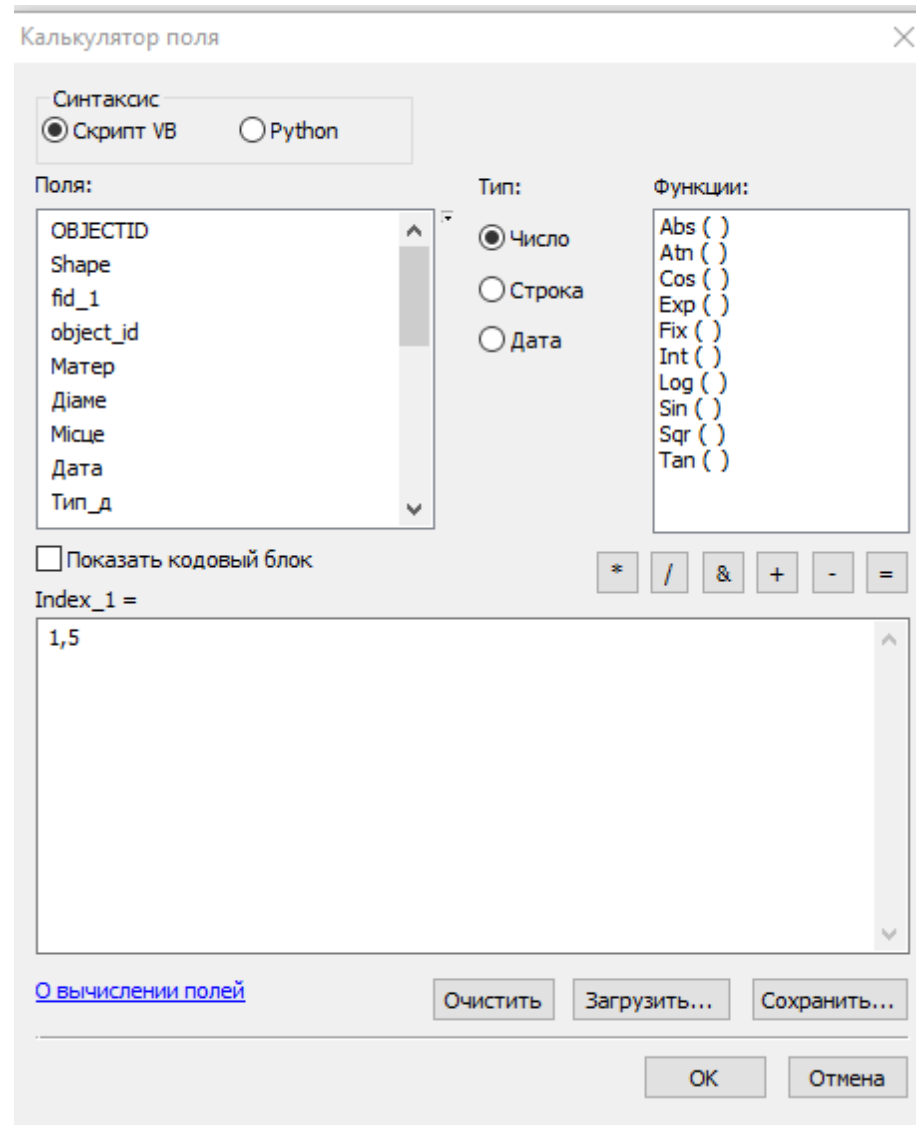
Свойства...

Калькулятор поля

Ввод или обновление значений поля по выражению вычисления. Если в таблице имеются выделенные записи, только эти записи будут обработаны.

0 (7 из 193 Выбранные)

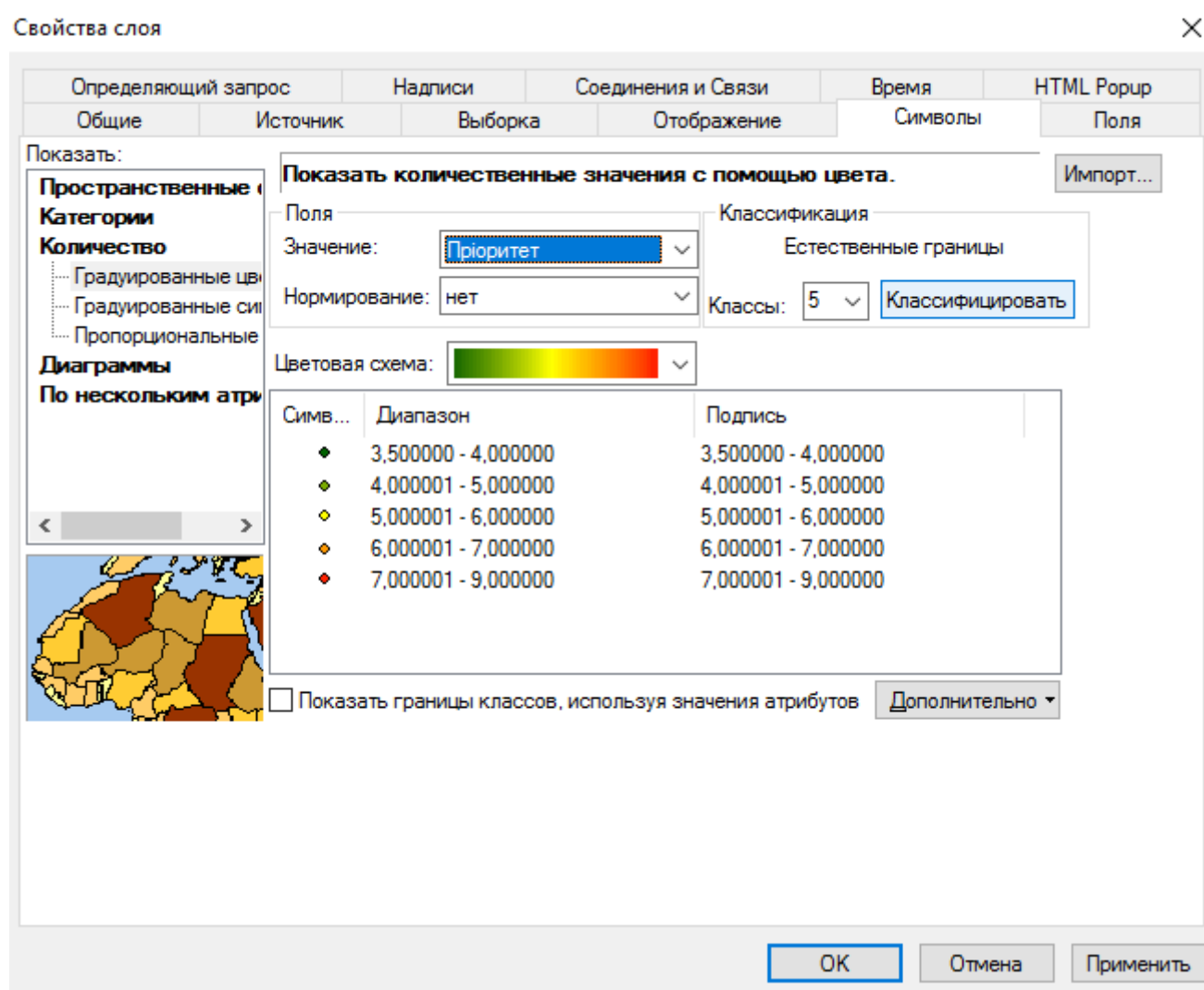
Ж.2 – Внесення значення працездатності активу для результату вибірки

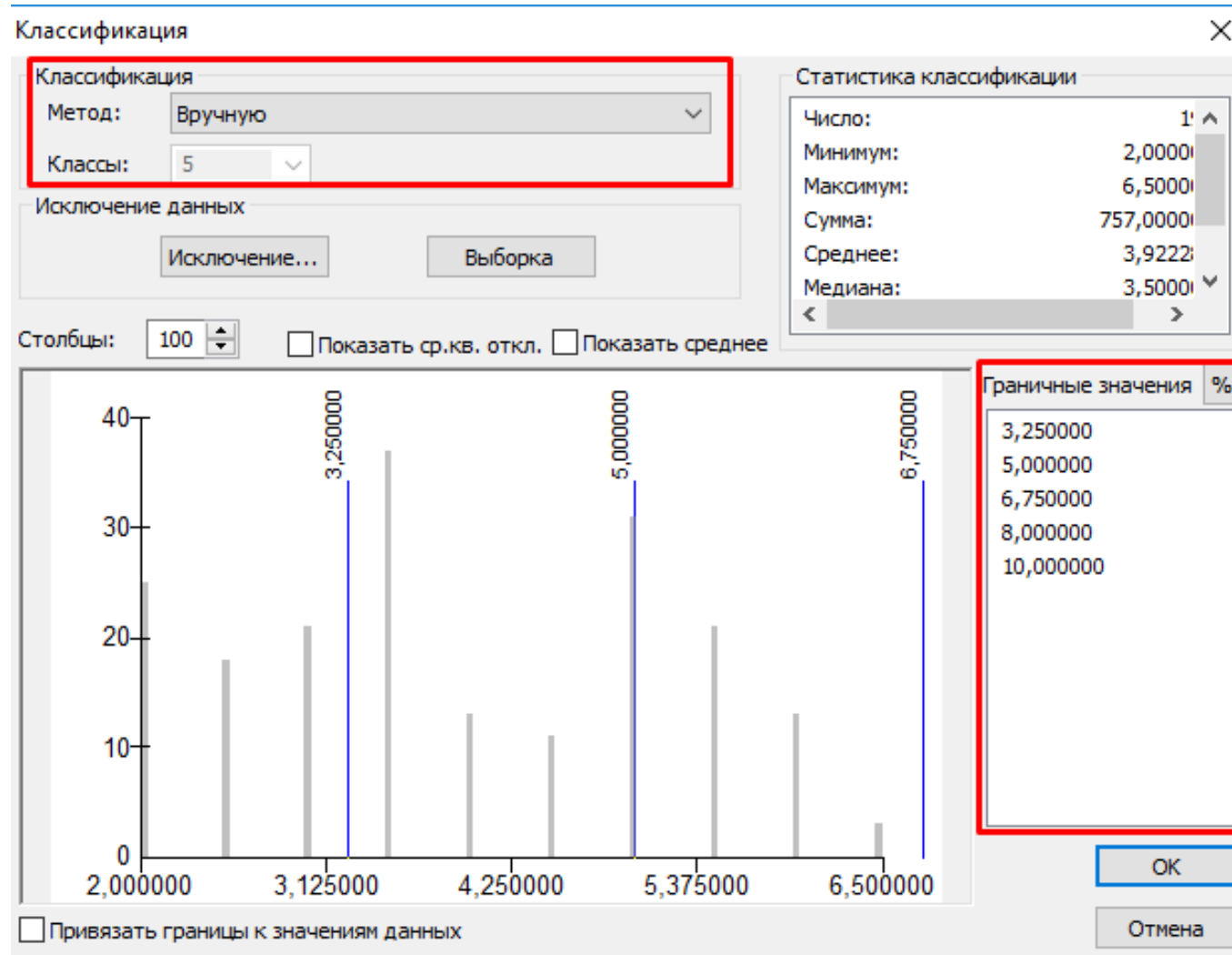


Ж.3 – Вікно *Calculator* (Калькулятор поля)

## ВІДОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ОЦІНКИ НА КАРТІ

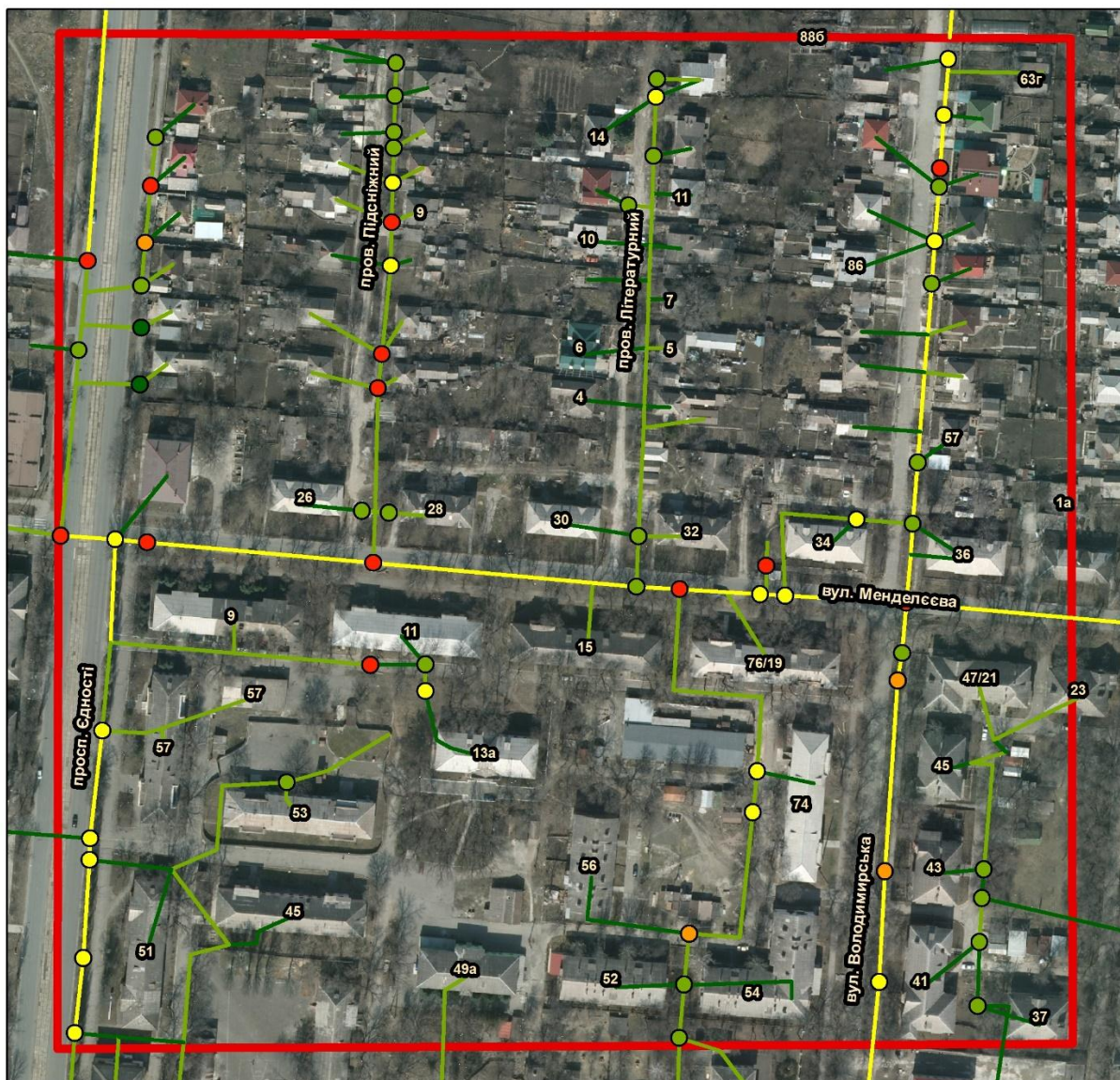
## Додаток И





И.2 – Вікно *Classification* (Класифікація) з налаштуванням проміжків показників

## Оцінна карта рівня пріоритетності активів для заміни



### Підземні активи

- 2,000000 - 3,750000
- 3,750001 - 5,000000
- 5,000001 - 6,750000
- 6,750001 - 8,000000
- 8,000001 - 10,000000

### Наземні активи

- 3,500000 - 3,750000
- 3,750001 - 5,000000
- 5,000001 - 6,750000
- 6,750001 - 8,000000
- 8,000001 - 10,000000

межа оціночної ділянки

И.3 – Результат проведення обрахунків для визначення рівня пріоритетності для заміни активів.