

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ ТА ІНФРАСТРУКТУРНОГО
РОЗВИТКУ
КАФЕДРА ГЕОДЕЗІЇ І ГЕОІНФОРМАТИКИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: “ **МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО
ІНТЕРНЕТ-ПОРТАЛУ ДЛЯ ОБ’ЄДНАНОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ
ГРОМАДИ**”

Виконав: студент гр. ЗВ-62

Спеціальності 193 Геодезія та землеустрій

(шифр і назва)

Б.А. Кобленц

(Прізвище та ініціали)

Керівник:

І.З. Колб

(Прізвище та ініціали)

Рецензенти:

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

Методика проектування геоінформаційного інтернет-порталу для об'єднаної територіальної громади. Кобленц Б.А.. Кваліфікаційна робота. Кафедра геодезії і геоінформатики. – Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького, 2025, – 58 с. текстової частини, 2 таблиці, 9 рисунків, 29 літературних джерел.

У кваліфікаційній роботі розглядається процес проектування та архітектурного розроблення геоінформаційного інтернет-порталу (геопорталу), призначеного для оприлюднення геопросторових даних та метаданих об'єднаної територіальної громади (ОТГ). Проєкт ґрунтується на вимогах Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» (НІГД), Постанов Кабінету Міністрів України а також нормативних документів міністерств та відповідних рішень громад щодо розвитку локальних складових НІГД.

Детально описано трирівневу логічну структуру геопорталу, що включає сервер бази геопросторових даних (Geodatabase), програмні сервіси для обробки даних та клієнтське програмне забезпечення, реалізоване на основі веб-технологій та JavaScript-бібліотек з відкритим вихідним кодом. Висвітлено функціональні можливості клієнтської частини, зокрема, реалізацію базового ГІС-інструментарію, гнучку систему відбору наборів даних, інтерактивне відображення об'єктів з можливістю візуального порівняльного аналізу, а також механізми пошуку та експорту даних. Функціонал розробленого геопорталу показано на даних Новояричівської селищної ОТГ Львівської області.

Розглянуті питання охорони довкілля.

Приведено висновки та рекомендації.

Ключові слова: геопортал територіальної громади, геосервіси, відкриті геодані, REST-архітектура, ГІС.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
Розділ 1. Інтернет технології в сучасних геоінформаційних системах (ГІС)...	8
1.1. Вплив клієнт-серверних технологій на еволюцію ГІС.....	8
1.2. Геопортالي як засіб прикладної геоінформатики.....	10
1.3. Роль геопорталів в забезпеченні потреб місцевого самоуправління у світі та в Україні.....	14
Розділ 2. Технологія розробки геопорталів для територіальних громад.....	21
2.1. Типові рішення для розробки інтернет-застосунків на основі інструментальних ГІС.....	21
2.2. Життєвий цикл геопорталу територіальної громади.....	25
2.3. Аналіз вимог до геопорталу місцевого самоврядування.	29
2.4. Кібербезпека та захист геопросторових даних	29
Розділ 3 Проект геопорталу територіальної громади на прикладі Новояричівської селищної об'єднаної територіальної громади.	33
3.1. Методологія та етапи розробки геопорталу Новояричівської ОТГ	33
3.2. Проектування моделі геопросторових даних та структури реєстрів ОТГ.	39
3.3. Розробка клієнтського веб-інтерфейсу та реалізація аналітичного функціоналу.	42
Розділ 4. Охорона довколишнього середовища	49
4.1. Екологічні аспекти ІТ-інфраструктури та її оптимізація	49
4.2. Геопортал як інструмент екологічного моніторингу та планування.....	50
4.3. Вимоги до даних та їхнє оновлення для екологічного сегмента	53
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Розвиток місцевого самоврядування в Україні опирається серед іншого на принципи цифрової трансформації технологій управління та забезпечення прозорості влади. Ефективне управління територією громад з широким залученням громадськості, якісне надання адміністративних послуг, пошук інвестицій та інші дії неможливі без актуальних, структурованих і доступних геопросторових даних. Законодавство України, зокрема діючий Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» (НІГД) покладає на органи місцевого самоврядування (ОМС) прямий обов'язок щодо оприлюднення визначених наборів геопросторових даних та метаданих. Ефективним інструментом для вирішення цього завдання є розроблення ОМС власного геоінформаційного інтернет-порталу. Такий портал дозволяє не тільки акумулювати та систематизувати просторові дані (межі земельних ділянок, комунальну власність, містобудівну документацію), але й забезпечує їх інтерактивне відображення, аналіз та обмін із користувачами та іншими державними реєстрами.

В Україні до геопорталів громад, які інтегруються або використовуються в рамках Національної інфраструктури геопросторових даних висувається низка законодавчих, технічних та інтероперабельних вимог. Геопортал територіальної громади — це офіційна цифрова платформа, що дає доступ до просторових даних, сервісів та електронних послуг. Він має забезпечувати прозорість, планування, управління територією та інформування громадян. Враховуючи ці вимоги а також сучасний рівень розвитку геоінформаційних систем і телекомунікаційних технологій виникає актуальне завдання - розроблення технології створення геопорталів громад. Розроблення такої технології є основним завданням магістерської кваліфікаційної роботи.

Об'єктом роботи є процеси та технології проектування та програмної реалізації типового геоінформаційного інтернет-порталу для Об'єднаних територіальних громад (ОТГ).

Основна мета роботи - розроблення проекту геопорталу ОТГ, який відповідає

сучасній трирівневій логічній структурі інформаційних сервісів, враховує діючі в Україні законодавчі і нормативні вимоги, положення міжнародних стандартів геосервісів (WMS, WMTS, WFS).

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі основні задачі:

- Виконати аналіз існуючого стану розвитку мережевих архітектур геоінформаційних систем, скерованих на публікацію в мережі Інтернет та опрацювання геоданих;
- Сформулювати структурований набір вимог, на основі яких можна створювати технічні завдання (ТЗ) розроблення геопорталів територіальних громад;
- Дати опис наборів геоданих та способів їхньої організації для застосування як інформаційний ресурс геопорталу громади. Визначити та описати обов'язкові набори геопросторових даних ОТГ, які підлягають оприлюдненню (адресний реєстр, містобудівна документація тощо) на прикладі потреб Новояричівської селищної ОТГ;
- Сформулювати рекомендації для вибору технологій розробки геопорталу громади. Обґрунтувати вибір програмно-технічної архітектури порталу, включаючи структуру бази даних та використання REST-архітектури для обміну даними.
- Сформулювати детальні функціональні вимоги до клієнтської частини, включаючи базовий ГІС-інструментарій.

Розділ 1. Інтернет технології в сучасних геоінформаційних системах (ГІС)

1.1. Вплив клієнт-серверних технологій на еволюцію ГІС

Розвиток геоінформаційних систем (ГІС) тісно пов'язаний із еволюцією комп'ютерних інформаційних технологій, зокрема клієнт-серверної архітектури. Мережеві архітектури ГІС забезпечують ефективно інтегрувати великі обсяги просторової інформації з різних джерел, здійснювати обробку, зберігання, поширення та візуалізацію просторових даних. Клієнт-серверна модель стала ключовою парадигмою у створенні сучасних ГІС. Перехід до клієнт-серверної архітектури трансформував ГІС із закритого спеціалізованого інструменту в розподілену універсальну платформу, доступну через стандартні веб-браузери. Цей перехід був зумовлений такими потребами:

- необхідність централізації баз даних та підтримання актуальності самих даних;
- забезпечення масштабованості рішень багатокористувацьких інформаційних систем: можливість одночасного доступу великої кількості користувачів (які виступають в різних ролях – адміністратори ГІС, службовці ОТГ, мешканці) без надмірного навантаження на їхні пристрої;
- забезпечення умов для відкритої взаємодії, виконання вимог щодо публікації даних та метаданих із використанням міжнародних та національних стандартів.

Клієнт-серверна архітектура реалізовує функціональність мережевої геоінформаційної системи на двох основних частинах. Серверна частина відповідає за управління великими базами геоданих, виконання складних просторових обчислень та забезпечення багатокористувацького доступу. Клієнтська частина реалізовує функції візуалізації даних, побудову карт та інтерфейс користувача. Вона дозволяє розподіляти обчислювальні ресурси між сервером, що обробляє дані та керує доступом до баз геоданих, та клієнтською частиною, яка забезпечує користувацький інтерфейс та інтерактивний доступ до

картографічної інформації.

Серверна частина (Backend/Application Tier) відповідає за зберігання, управління геоданих, їхню обробку та виконання складного геопросторового аналізу. Вона генерує карти та надає дані у вигляді стандартизованих сервісів - геопорталів. Сервер публікації просторової інформації має забезпечувати високу швидкість роботи у багатопотоковому середовищі, працювати з даними різних форматів (PostgreSQL, ESRI shape тощо) та забезпечувати якісну візуалізацію.

Клієнтська частина (Frontend/Client Tier) - це інтерфейс користувача, який працює у веб-браузері або мобільному додатку. Він отримує інформацію від сервера і відповідає лише за її візуалізацію та інтерактивну взаємодію з користувачем (навігація, фільтри, вибір об'єктів).

Подальший розвиток веб-технологій у 2000-х роках сприяв трансформації традиційних клієнт-серверних ГІС у веб-ГІС. Використання протоколів HTTP, стандартизованих геосервісів (специфікації Відкритого геопросторового консорціуму (OGC): WMS, WFS, WCS) та технологій Ajax дозволили реалізувати інтерактивні картографічні додатки через стандартний веб-браузер. Немає потреби інсталивати спеціалізоване програмне забезпечення на клієнтській машині. Такий підхід значно спрощує доступ до геопросторових даних, забезпечує масштабованість рішень та інтеграцію з іншими інформаційними ресурсами.

Розвиток клієнт-серверних ГІС пов'язаний з переходом до багаторівневої архітектури та використанням хмарних технологій. Хмарні платформи дозволяють масштабувати обчислювальні потужності під потреби користувачів, забезпечують відмовостійкість і централізоване управління великими масивами геоданих. Крім того, інтеграція з веб-сервісами та мобільними додатками відкриває нові можливості для оперативного моніторингу території, аналізу просторових даних у режимі реального часу та впровадження технологій smart-city.

Таким чином, еволюція клієнт-серверних технологій у ГІС пройшла шлях від локальних настільних додатків до багаторівневих веб- та хмарних систем, що забезпечують високу масштабованість, інтеграцію, багатокористувацький доступ

та ефективну обробку великих обсягів просторових даних (рис.1.1). Цей розвиток безпосередньо вплинув на підвищення ефективності управління територіями, планування та прийняття рішень на основі просторового аналізу.



Рис.1.1. Історичний розвиток клієнт-серверних ГІС

1.2 Геопортали як засіб прикладної геоінформатики

Згідно з п.1 статті 1 Закону України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» геоportal є комплексом «програмно-технічних засобів, мережевих сервісів та сервісів геопросторових даних, що забезпечують

відображення в мережі Інтернет геопросторових даних та метаданих, а також доступ користувачів до таких даних». Головною складовою НІГД є геопортал, який передбачає дворівневу інтеграцію. Перший рівень – інтеграція з Державними інформаційними системами:

- ЄДСБ — Єдина державна система в сфері будівництва;
- Прозоро – Державні закупівлі;
- НКС – Національна кадастрова система;
- ДРРП – Реєстр речових прав;
- ЄДР – Реєстр юридичних осіб;
- Data.gov – Портал відкритих даних;
- Трембіта – національна система електронної взаємодії;
- ДГМ – Державна геодезична мережа;
- Spending – використання публічних коштів.

Другий рівень - інтеграція з територіальними системами, які реалізуються як геопортали міст та ОТГ.

Технологічно геопортал — це веб-сайт, що надає доступ до географічної інформації і пов'язаним з нею сервісам, таким як пошук, візуалізація і аналіз даних. Це програмно-технологічне рішення для роботи з просторовими даними, яке містить сховище геоданих, каталог метаданих і веб-інтерфейси для користувачів. Геопортали є частиною інфраструктури геопросторових даних і застосовуються для виконання управлінських, наукових, проектних та аналітичних задач.

Основна роль геопорталів як засобу прикладної геоінформатики полягає у забезпеченні використання геопросторових даних користувачами - ефективну інтеграцію, аналіз і застосування просторової інформації. У науковій літературі зазвичай виділяють **чотири основні методологічні рівні**, що відображають ступінь абстракції, складність обробки та інтеграції даних. Таке багаторівневе трактування дозволяє структурувати підхід до ГІС, підвищує наукову та практичну цінність просторових даних і забезпечує їх ефективне використання в

адміністративних, економічних та екологічних процесах.

1. Рівень збору та акумуляції даних. Цей рівень передбачає збір, реєстрацію та стандартизацію геопросторової інформації. Геопортал надає віддалений доступ до просторових даних через інтернет. Пошук, створення, редагування даних відбувається з допомогою каталога метаданих. На цьому рівні дані надходять з різноманітних джерел: дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), аерофотозйомки, наземних обстежень, кадастрових та адміністративних реєстрів. Основними завданнями є:

- забезпечення коректності та повноти даних;
- визначення систем координат та картографічних проєкцій;
- формування метаданих відповідно до національних та міжнародних стандартів (ISO 19115, ISO 19117).

Цей рівень закладає основу для всіх наступних етапів обробки та аналізу геоданих.

2. Рівень зберігання та управління даними. Другий рівень методологічного використання геопросторових даних стосується організації їх зберігання та управління у базах даних. Використовуються просторові бази даних (PostGIS, Oracle Spatial, MS SQL Spatial), що забезпечують:

- інтеграцію різноманітних геоданих;
- підтримку структурованих метаданих;
- реалізацію механізмів доступу для багатокористувацьких систем та сервісів.

На цьому рівні формуються сервіси за міжнародними стандартами OGC (WMS, WFS, WCS), що дозволяють ефективно працювати з геоданими і здійснювати обмін ними. Стандарти передбачають реалізацію веб-сервісів для роботи з геоданими на таких рівнях:

- Рівень 1 (Доступ та Візуалізація): Реалізується через сервіси WMS (Web Map Service) та WMTS (Web Map Tile Service) - вони надають зображення електронних карт, забезпечуючи швидкий та забезпечують універсальний перегляд інформації про об'єкти (зокрема, з мінімальним набором метаданих) у веб-інтерфейсі. За

визначенням [6] сервіс WMS - веб-картографічний геоінформаційний сервіс, що надає за запитом користувача геопорталу зображення (здебільшого растрові) електронних карт, які генеруються картографічним сервером. WMTS - веб-сервіс картографічний геоінформаційний сервіс, що надає фрагментовані прямокутні зображення електронних карт (тайли), що їх надають картографічні сервери.

- Рівень 2 (Аналіз): Передбачає накладання карт та елементи тематичного картографування. Для цього використовуються сервіси WPS (Web Processing Service), які дозволяють виконувати геопросторові операції на сервері. Це, наприклад, створення тематичних шарів на основі атрибутів або виконання операцій просторового з'єднання. Метадані цього рівня повинні включати інформацію про якість даних та склад атрибутів (відповідно до ISO 19115).

- Рівень 3 (Моделювання та Прогнозування): Найвищий рівень застосування даних, орієнтований на фахівців. Він вимагає повного доступу до векторних та растрових моделей. Ці дії забезпечуються сервісом WFS (Web Feature Service), що дозволяє завантажувати дані у відкритих форматах (GML, GeoJSON, KML). Такий підхід дає можливість інтегрувати дані ОТГ у настільні ГІС та CAD користувачів для складного моделювання (наприклад, оцінювання розвитку інфраструктури або прогнозування забудови).

3. Рівень аналізу та моделювання. Третій рівень включає просторовий аналіз та моделювання, що забезпечує отримання додаткової інформації на основі існуючих даних. Це включає:

- картографічні обчислення (площа, периметр, буферизація);
- просторовий аналіз (перетин шарів, кластеризація, аналіз мереж);
- моделювання процесів (екологічне моделювання, урбаністичне планування, оцінка ризиків).

Мета цього рівня полягає в тому, що дані перетворюються на інформацію для прийняття рішень.

4. Рівень інтеграції та підтримки прийняття рішень. Четвертий рівень методологічного використання зосереджений на інтеграції геопросторових даних у системи управління та підтримки прийняття рішень. На цьому рівні дані застосовуються у:

- територіальному плануванні та містобудуванні;
- управлінні ресурсами та екологічному моніторингу;
- смарт-сіті технологіях та інтелектуальному аналізі транспортних, енергетичних та соціальних процесів.

Основна мета цього рівня — забезпечення ефективної взаємодії між аналітичною інформацією та організаційними рішеннями, що підвищує якість управління територіями, ресурсами та ризиками.

1.3. Роль геопорталів в забезпеченні потреб місцевого самоуправління у світі та в Україні

Геопортали - це інтегровані інформаційно-аналітичні системи, які є ключовим інструментом у сучасній системі цифрового управління територіями. Вони забезпечують доступ до геопросторових даних та сервісів, необхідних для планування, моніторингу та прийняття управлінських рішень. Для органів місцевого самоврядування вони формують цифрове середовище, яке дозволяє підвищити прозорість управління, ефективність планування та забезпечити якість адміністративних послуг. Світова практика демонструє, що впровадження геопорталів суттєво підвищує ефективність місцевого самоврядування, підсилює прозорість діяльності органів влади та сприяє сталому розвитку громад. У сучасній системі управління територіями геопросторові дані відіграють критичну роль у підтримці прийняття рішень, плануванні розвитку, моніторингу інфраструктури та взаємодії з громадою. Їх роль охоплює кілька ключових функціональних аспектів.

Підтримка управлінських рішень (Decision Support Systems – DSS). У провідних країнах світу геопортали слугують ядром локальних систем підтримки

рішень. Геопортالي забезпечують єдине джерело достовірної геопросторової інформації щодо земельних ділянок, кадастрової інформації, інженерної інфраструктури, зон ризику, природоохоронних територій. На відміну від локальних ГІС, геопортали дозволяють органам влади синхронізувати свої дані та уникати дублювання інформації. Геопортали інтегрують програмні модулі *spatial analytics*, *network analysis*, *predictive modelling* (наприклад, ArcGIS GeoAnalytics), що дозволяє моделювати сценарії розвитку території. Приклади міжнародної практики:

- США – GeoPlatform.gov використовується муніципалітетами для моделювання ризиків стихійних лих, аналізу транспортних потоків, моніторингу ресурсів;
- ЄС – INSPIRE geoportal забезпечує доступ до стандартизованих шарів територіальних даних для регіональних і локальних адміністрацій;
- Канада – Municipal GIS Hub застосовується для управління землями, транспортною інфраструктурою та земельно-податковими операціями.

Інфраструктурне управління та цифрові близнюки. Муніципальні геопортали забезпечують повний цикл управління інженерною інфраструктурою:

- кадастрові дані земель і нерухомості;
- мережі електро-, тепло-, газопостачання;
- транспортні та логістичні мережі;
- системи водовідведення, дренажу, лінійні об'єкти.

Розвинені країни застосовують геопортали для аналізу транспортних потоків, прогнозування розвитку міст, управління природними ресурсами, моделювання надзвичайних ситуацій. Такі рішення інтегруються в більш широкую концепцію **Smart City**, де геопортал виступає ядром цифрових сервісів та міських цифрових двійників (*Digital Twin*). У містах **Сінгапур**, **Гельсінкі**, **Барселона** геопортали інтегровані із системами *Digital Twin City*, що використовують 3D-моделі, LIDAR-дані та BIM-інформацію для прогнозування навантаження на мережі, планування реконструкцій та моніторингу ризиків.

Громадська участь та відкритість влади. Геопортали слугують інструментом електронного врядування (e-Governance), забезпечуючи:

- публікацію відкритих геопросторових даних (Open Data);
- електронні петиції та геоконтекстні звернення громадян;
- інтерактивні карти громадських обговорень;
- візуалізацію бюджетних програм, інвестиційних проєктів.

Практика сімейства порталів **OpenCities, OpenStreetMap Local Authorities** демонструє, що поєднання прозорості та інтерактивних геосервісів підвищує довіру громадян і залученість до планування територій.

Геопортали забезпечують відкритість інформації щодо планувальних рішень, дозволів на будівництво, інвестиційних проєктів, об'єктів інфраструктури. Це сприяє зменшенню корупційних ризиків та підвищує рівень довіри населення.

В Україні значення геоportalів посилюється у зв'язку з цифровізацією кадастрів, містобудівної документації, впровадженням Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД) та проведенням реформи децентралізації і адміністративної реформи. Геопортали забезпечують доступ до просторових даних, сервісів електронного врядування та аналітичних інструментів для органів місцевого самоврядування (ОМС), бізнесу й населення. Отже, геоportal є багатофункціональною платформою, яка є обов'язковим елементом національної інфраструктури геопросторових даних і критично необхідна для реалізації повноважень місцевого самоврядування ОТГ. Вони стають невід'ємною частиною цифрової трансформації громад завдяки вимогам НІГД, необхідності зберігання містобудівної документації у цифровій формі, а також потребам повоєнного відновлення.

- **Публікація та доступ до містобудівної документації.**

Геоportal громади забезпечує офіційний доступ до Генеральних планів, Детальних планів територій, Комплексних планів просторового розвитку, схем інженерних мереж та зон обмежень. Це є необхідною умовою правової визначеності та прозорості процедур забудови.

- **Управління земельними ресурсами та нерухомістю.**

Через геопортал громади можуть здійснювати інвентаризацію земель, контролювати цільове призначення, оперативно аналізувати структуру землекористування, оптимізувати бюджетні надходження та планувати розвиток території.

- **Моніторинг інфраструктури та стану територій.**

Геопортали інтегруються з даними дистанційного зондування, сенсорними мережами та кадастрами інженерних систем. Це дозволяє відстежувати зміни, планувати ремонти та реконструкції, контролювати об'єкти критичної інфраструктури.

- **Підтримка громадської участі.**

Інтерактивні карти, звернення громадян, інструменти громадського контролю та аналітичні панелі підвищують якість комунікації між владою та мешканцями.

- **Інтеграція з державними платформами.**

Українські геопортали інтегруються з:

- Геопорталом НІГД;
- Геопорталом Містобудівного кадастру;
- Державним земельним кадастром;
- реєстрами та сервісами Мінвідновлення, Мінцифри й ДЗК.

Це забезпечує синхронізацію даних і правову відповідність управлінських процесів.

- **Узагальнення ролі геопорталів у розвитку територіальних громад.**

Геопортали виконують роль **багаторівневої цифрової інфраструктури**, яка забезпечує:

- стандартизований доступ до геопросторових даних;
- підвищення ефективності територіального планування;
- прозорість прийняття рішень;
- посилення аналітичних можливостей влади;

- підтримку сталого розвитку та безпеки територій;
- участь громадян у процесах управління;
- взаємодію з державними системами та міжнародними платформами.

Таким чином, геопортали є важливою складовою цифрової трансформації місцевого самоврядування та одним з ключових інструментів розвитку сучасних ефективних громад.

В Україні розроблення і функціонування геопорталів ОМС є прямою законодавчою вимогою, закріпленою Законом України «Про НІГД» [2]. Геопортал для ОТГ повинен забезпечувати:

- Виконання вимог НІГД: Оприлюднення визначених наборів базових та тематичних геопросторових даних та відображення їх за допомогою сервісів доступу на національному геопорталі.
- Публікацію відкритих даних: Оприлюднення даних відповідно до Постанови КМУ № 835 «Про затвердження Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних» (з урахуванням редакції від 2021 року). Більшість цих наборів має просторову прив'язку і вимагає геоінформаційного підходу для ефективного використання. Підлягають оприлюдненню: Адресний реєстр, Реєстр містобудівних умов та обмежень, Схеми планування території та Перелік об'єктів комунальної власності. Ці та інші дані мають бути доступні для експорту у форматах GeoJSON, KML. Неоприлюднення геопросторових даних тягне за собою адміністративну відповідальність для посадових осіб, тому геопортал слугує інструментом правової відповідності.
- Інтеграція з НІГД. Геопортал ОТГ є складовою (елементом) регіонального рівня Національної інфраструктури геопросторових даних, що забезпечує інформаційну взаємодію з Національним геопорталом, геопорталами органів виконавчої влади та інших держателів даних за допомогою стандартизованих сервісів (WMS, WFS).

Проект геопорталу ОТГ деталізує реалізацію наступних ключових функціональних напрямків:

У сфері містобудування та землекористування (формування містобудівного кадастру). Це, по-перше, Адресний реєстр, де геоportal виступає централізованим джерелом достовірної адресної інформації з можливістю точкового відображення об'єктів, пошуку за адресою та отримання атрибутивної інформації про об'єкт нерухомості. По-друге, це Схеми планування, Генеральні та Детальні плани, де ключова функція - візуалізація містобудівної документації як окремих шарів. Використання функції налаштування прозорості дозволяє накладати проектні рішення на актуальні ортофотоплан або базову карту, забезпечуючи контролюючим органам та громадянам можливість порівняльного аналізу. По-третє, це Реєстр містобудівних умов та обмежень (МУО) та Будівельні паспорти. Ці реєстри мають бути прив'язані до конкретних земельних ділянок або об'єктів. Геоportal дозволяє відображати об'єкти згідно з їхнім статусом (наприклад, видано/в процесі/анульовано) різними кольорами, що є важливим елементом візуального моніторингу. По-четверте, це Дані про видані дозволи на порушення об'єктів благоустрою, що надає можливість просторового моніторингу місць проведення робіт (ремонт мереж, прокладання комунікацій) для контролю термінів та відновлення благоустрою.

Щодо управління комунальною власністю та інфраструктурою, то тут передбачаються такі напрямки: Перелік об'єктів комунальної власності, де відображення об'єктів (будівлі, споруди, земельні ділянки) як полігональних або точкових об'єктів. Налаштування прозорості та фільтри дозволяють швидко ідентифікувати об'єкти за цільовим призначенням або статусом оренди. Також це Планові та фактичні показники сплати за оренду комунальної власності. Геоportal інтегрує атрибутивні дані (фінансові показники) з просторовими об'єктами, що дає можливість фільтрувати об'єкти за критеріями заборгованості або терміну дії договору. Дані про розміщення тимчасових споруд та рекламних засобів, де функція побудови теплових карт (Heatmaps) щільності розташування цих об'єктів

критично необхідна для регулювання та запобігання надмірному просторовому навантаженню в окремих зонах громади.

У напрямку прозорості, інвестицій та соціальної сфери реалізуються: дані громадського бюджету, бюджету участі, де геопортал надає візуальну інформацію про реалізовані та проголосовані проекти, що мають просторову прив'язку (наприклад, сквери, дитячі майданчики). Перелік інвестиційних договорів, що полягає у відображенні на карті інвестиційних майданчиків або об'єктів, які є предметом інвестицій. Дані про доступність будівель для осіб з інвалідністю реалізуються через відображення точкових об'єктів піктограмами, що визначає замовник, для позначення пандусів, ліфтів або рівня доступності. Території обслуговування навчальних закладів, де використання інструменту побудови буферів навколо навчальних закладів дозволяє автоматично визначити зони, які вони обслуговують, для цілей обліку та планування шкільної мережі.

Розділ 2. Технологія розробки геопорталів для територіальних громад

2.1. Типові рішення для розробки інтернет-застосунків на основі інструментальних ГІС

Розроблення геоінформаційного інтернет-порталу для об'єднаної територіальної громади вимагає ретельного вибору технологічного стеку, що відповідатиме вимогам щодо дотримання міжнародних стандартів, використання відкритого вихідного коду, забезпечення масштабованості та фінансової ефективності. Проєкт має базуватися на типових клієнт-серверних рішеннях, які є найбільш поширеними у світовій та українській практиці створення муніципальних геопорталів. У контексті існуючих інструментальних ГІС, рішення поділяються на дві основні категорії: пропрієтарні (комерційні) та з відкритим вихідним кодом (Open Source). Для потреб ОТГ, які часто обмежені в бюджетах, перевага надається саме відкритим стандартам та програмному забезпеченню, що відповідає наданим методичним рекомендаціям.

Як було зазначено в розділі 1, сучасні веб-ГІС рішення будуються за принципом застосування мікросервісів (*microservices orchestration*), де кожен сервіс відповідає за свою геопросторову функцію:

- картографічний рендеринг (MapServer, GeoServer);
- геоаналітика (GeoPandas, GRASS GIS backend);
- фрагментація геоданих для пришвидшення їх передачі в компютерних мережах, візуалізації тощо - tile generation (TileServer GL, Tegola);
- маршрутизація (OSRM, GraphHopper);
- робота з 3D (Cesium Terrain Server).

Перевагами такого підходу є гнучкість масштабування, незалежність компонентів, можливість CI/CD (CI/CD — це автоматизація всього циклу розробки та розгортання застосунку, що робить веб-ГІС більш стабільною, безпечною і легкою в оновленні).

Типове рішення для побудови геопорталу ОТГ, що відповідає трирівневій архітектурі, складається з трьох основних компонентів. **Перший - це сервер бази**

даних. На цьому рівні вибір найчастіше зупиняється на системі керування базами даних PostgreSQL із просторовим розширенням PostGIS. Ця комбінація забезпечує надійне зберігання геопросторових даних, високу швидкість запитів та підтримку всіх необхідних геопросторових функцій. PostGIS, як інтегрований інструментальний ГІС-додаток на серверному рівні, дозволяє виконувати складні операції, як-от перетворення координат, просторові з'єднання та аналіз полігонів, безпосередньо в базі даних. Це критично важливо для забезпечення функціоналу третього рівня використання даних (моделювання та прогнозування), а також для швидкого виконання пошукових запитів та фільтрації об'єктів, що є однією з вимог до геопорталу. PostGIS підтримує просторові дані у векторних форматах та може працювати з даними, отриманими з різних джерел, включаючи ESRI shape, як це зазначено у вхідних вимогах.

Другий компонент - це сервер ГІС-додатків та сервісів. Його основна функція - виступати посередником між базою даних та клієнтським інтерфейсом, забезпечуючи перетворення сирих геоданих на стандартизовані OGC-сервіси, які є ключовими для взаємодії в рамках НІГД. Типовим рішенням є використання GeoServer або MapServer. GeoServer є потужним інструментом з відкритим вихідним кодом, який дозволяє легко публікувати дані з PostGIS та автоматично надавати їх у вигляді WMS (Web Map Service) та WMTS (Web Map Tile Service) для растрового відображення та WFS (Web Feature Service) для доступу до векторних даних. Підтримка цих міжнародних стандартів є нормативною вимогою. Доступ до інформаційних ресурсів та обмін даними між компонентами має будуватись, наприклад, за REST архітектурою. GeoServer реалізує RESTful API, що дозволяє клієнтській частині взаємодіяти з даними та сервісами за допомогою простих HTTP-запитів, що відповідає принципам сучасних веб-технологій. Крім того, GeoServer може забезпечувати WPS (Web Processing Service), необхідний для виконання геопросторового аналізу на сервері (Рівень 2 використання), такого як буферні зони чи обчислення площ, якщо ці операції не виконуються безпосередньо у клієнті або PostGIS.

Третій компонент - це клієнтський рівень, або програмне забезпечення клієнтських АРМ, яке реалізується як веб-інтерфейс, що працює у браузері. Для відображення електронних карт повинна використовуватись бібліотека з відкритим вихідним кодом із використанням мови JavaScript, що підтримується поширеними мобільними і стаціонарними програмно-технічними платформами. Найпопулярнішими типовими рішеннями тут є Leaflet або OpenLayers. Ці бібліотеки забезпечують високу швидкість роботи, мають відкритий вихідний код і дозволяють легко інтегрувати всі необхідні функції геопорталу. Зокрема, вони дозволяють реалізувати навігацію по карті з використанням міні-карти, а також базовий ГІС-інструментарій для розрахунку довжини, площі та периметру на геопорталі. Завдяки їхній гнучкості, можна забезпечити відображення об'єктів на карті як точкових, лінійних чи полігональних об'єктів, відображення точкових об'єктів піктограмами, які визначає замовник, а також відображення різними кольорами об'єктів реєстру відповідно до статусу, що є важливими вимогами для візуалізації даних містобудівного кадастру та комунальної власності. Крім того, веб-інтерфейс повинен бути функціонально достатнім.

Для забезпечення вимог щодо аналітичного функціоналу, у клієнтському коді реалізуються: відбір об'єктів на карті за допомогою системи фільтрів, що забезпечує швидкий доступ до інформації з обов'язкових наборів даних, таких як реєстр МУО або об'єкти комунальної власності; побудова буферів навколо об'єктів реєстру в межах карти, що реалізується або клієнтським кодом, або запитом до WPS-сервісу GeoServer; побудову теплових карт щільності розташування об'єктів на карті для візуального аналізу просторового навантаження; налаштування прозорості відображення об'єктів реєстру для використання в візуальному порівняльному аналізі з іншими реєстрами, наприклад, при накладанні детального плану території на ортофотоплан. Інтерактивність є ключовою - вибір об'єкта на карті повинен забезпечувати миттєве отримання про нього інформації (атрибутивних даних). Також необхідно забезпечити збереження в адресному рядку веб-інтерфейсу інформації про обрану область відображення, шару з

об'єктами реєстру та про обрані фільтри, що покращує користувацький досвід та спрощує обмін інформацією.

Важливим елементом типового рішення є можливість експорту даних з геопорталу у відкритих форматах GeoJSON, KML. Це реалізується за допомогою сервісу WFS, який дозволяє користувачу завантажувати векторні дані, або через пряме формування файлу на стороні сервера додатків. Це відповідає вимогам третього рівня використання геопросторових даних.

Таким чином, типове рішення для геопорталу - це стек, заснований на відкритих стандартах (рис. 2.1): PostgreSQL/PostGIS (рівень даних), GeoServer (рівень сервісів) та Leaflet/OpenLayers (клієнтський рівень).

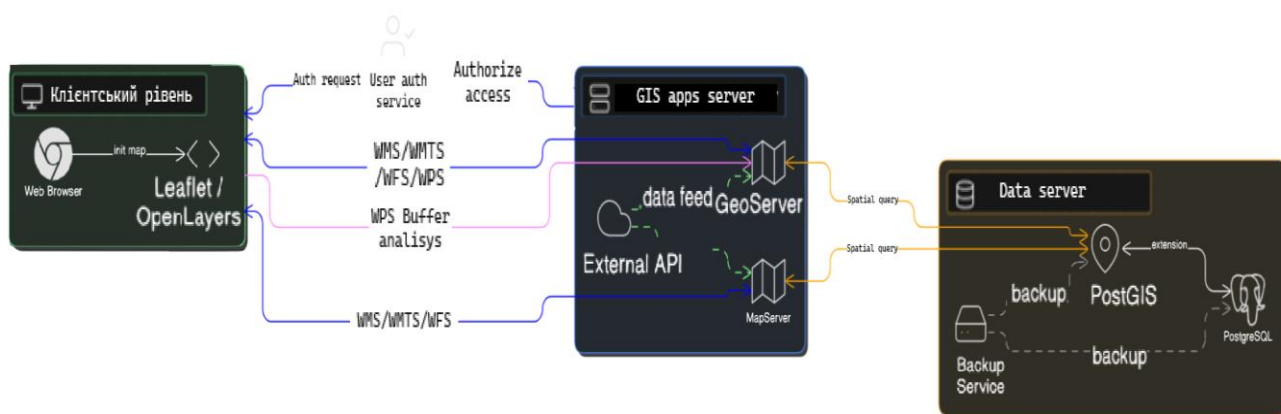


Рис. 2.1 Типова архітектура геопорталу на Open Source

З досвіду розробки геопорталів громад доцільно усі реєстри на геопорталі пов'язувати з адресним реєстром та кодифікатором КОАТУУ. Таке рішення дозволяє виконувати запити до інформаційної системи для пошуку об'єктів поштовими адресами та назвами населених пунктів, формувати звіти та схеми. Приклади візуалізації адресних реєстрів на геопорталах Славутської та Білоцерківської територіальних громад приведено на рис.2.2.

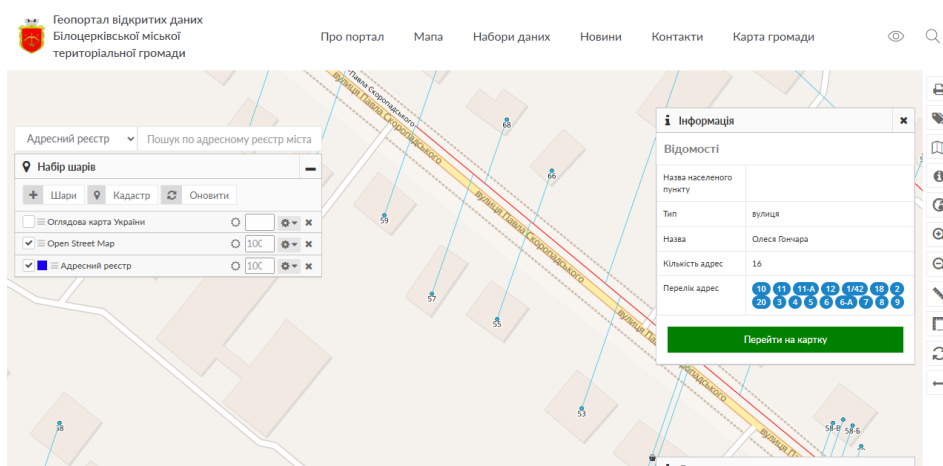
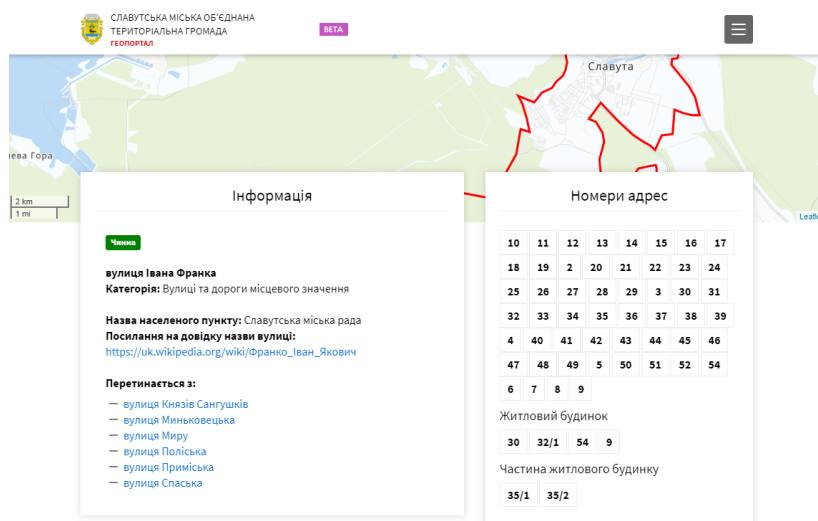


Рис.2.2. Приклади візуалізації адресних реєстрів на геопорталах Славутської (<https://softpro.ua/efektivne-upravlinnja-gromadoju-ogljad-geoportalu-slavutskoi-otg>) та Білоцерківської (<https://mbk.bc-rada.gov.ua/map/main#map=19//49.80859906591736//30.110942423343662&&layer=2805244937438758540-1,100//8950274395397807-1,100&&action=info-8950274395397807,1516526280831405663>) територіальних громад

2.2. Життєвий цикл геопортулу територіальної громади

Життєвий цикл розробки геопортулу територіальної громади подає послідовність етапів створення, впровадження, експлуатацію та супровід інформаційної системи.

Розробка геоінформаційного інтернет-портулу для ОТГ, зважаючи на його функціональну складність та нормативну значимість, повинна відбуватися відповідно до структурованого життєвого циклу розробки програмного

забезпечення. Використання формалізованого підходу забезпечує контроль якості, прозорість процесу, відповідність фінального продукту потребам замовника (ОТГ) та можливість подальшого масштабування. Життєвий цикл проєкту можна поділити на шість основних взаємопов'язаних фаз, кожна з яких має унікальні завдання та результати. Життєвий цикл проєкту геоportалу громади сформовано нами у вигляді блок-схеми на рис.2.3.

Перша фаза - це аналіз вимог та планування. На цьому етапі відбувається деталізація загальної мети проєкту (створення відкритого геоportалу, відповідного НІГД) до конкретних функціональних та нефункціональних вимог. Сюди входить: визначення обов'язкових наборів даних для публікації; визначення специфікацій метаданих (ISO 19115); а також формування вимог до продуктивності, безпеки та масштабованості системи (одночасний доступ, швидкість завантаження карт). Результатом цієї фази є технічне завдання та функціональна специфікація, що є основою для подальшої роботи.

Друга фаза - це архітектурне та системне проєктування. На основі затверджених вимог створюється детальна архітектура системи. Як було зазначено в попередньому розділі, перевага надається трирівневій архітектурі: рівень даних (PostgreSQL/PostGIS), рівень сервісів (GeoServer) та клієнтський рівень (Leaflet/OpenLayers). На цьому етапі розробляється логічна та фізична модель бази геопросторових даних (Geodatabase), визначаються класи об'єктів та їхні атрибути, створюється реєстр користувачів та регламент їхнього доступу. Крім того, відбувається проєктування RESTful API для взаємодії компонентів та розробка макетів користувацького інтерфейсу (UI/UX) для забезпечення зручності використання як фахівцями ОТГ, так і пересічними громадянами. Обов'язковою частиною є проєктування механізмів оприлюднення метаданих відповідно до мінімальних та повних специфікацій, залежно від рівня використання даних.

Третя фаза - це розробка та інтеграція. Це етап безпосереднього кодування та конфігурування. Серверна частина включає встановлення та налаштування GeoServer для публікації шарів з PostGIS та створення стандартизованих OGC-

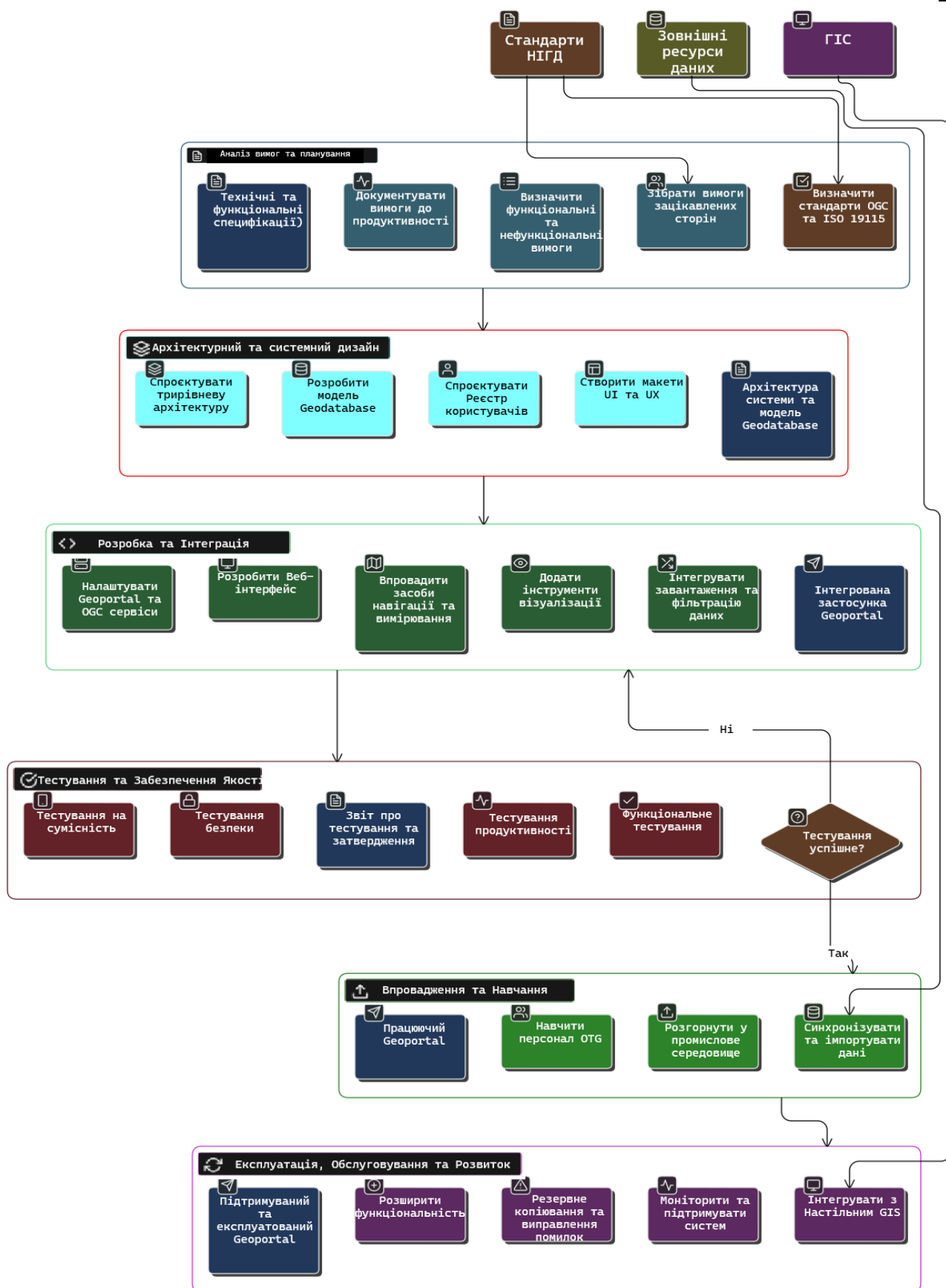


Рис. 2.3 Життєвий цикл розробки геопорталу територіальної громади

сервісів (WMS, WFS).

Розробка клієнтської частини полягає у створенні веб-інтерфейсу на JavaScript (з використанням обраної бібліотеки), реалізації функціоналу навігації, інструментів вимірювання (довжина, площа, периметр), побудови буферних зон, а також складних інструментів візуалізації, таких як теплові карти та налаштування прозорості шарів. На цьому етапі відбувається інтеграція всіх трьох рівнів та перевірка коректності обміну даними, зокрема, перевірка інтерактивності об'єктів на карті та ефективності відбору об'єктів за допомогою системи фільтрів.

Четверта фаза - це тестування та забезпечення якості. Ця фаза включає функціональне тестування (перевірка відповідності всіх розроблених функцій вимогам ТЗ), тестування продуктивності (перевірка швидкості завантаження карт та реакції системи при великій кількості одночасних запитів), а також тестування відповідності стандартам. Обов'язковою частиною є тестування на сумісність з різними стаціонарними та мобільними програмно-технічними платформами, що забезпечує доступність порталу для широкого кола користувачів. Окремо проводиться тестування безпеки та прав доступу, щоб унеможливити несанкціонований доступ до внутрішніх реєстрів ОТГ.

П'ята фаза - це впровадження та навчання. Після успішного завершення тестування система розгортається у виробниче середовище, забезпечуючи перехід від тестової бази даних до актуальної, оновленої бази геопросторових даних ОТГ. Фаза впровадження включає імпорт або синхронізацію всіх необхідних наборів даних (Адресний реєстр, кадастрові межі, містобудівні плани) та метаданих. Ключовим елементом є навчання персоналу ОТГ, які є держателями даних. Вони повинні засвоїти технологію ведення бази даних реєстрів, оновлення геопросторових даних, формування електронних карт та створення метаданих. Це забезпечує підтримку актуальності інформації на порталі.

Шоста фаза - це експлуатація, супровід та розвиток. Життєвий цикл геопорталу не закінчується його запуском, а лише починається. Фаза експлуатації передбачає регулярний технічний супровід, включаючи моніторинг працездатності

серверів, резервне копіювання даних та виправлення помилок. Найважливішим аспектом є постійний розвиток системи. Згідно з вимогами, має бути забезпечена підтримка одночасного розвитку як серверної, так і настільної ПС-системи, що дозволяє фахівцям працювати у звичному середовищі, а ОТГ - розширювати функціонал порталу (наприклад, додавати нові тематичні шари, інтегрувати дані від нових реєстрів або вдосконалювати аналітичні функції, як-от геопросторове моделювання та оцінювання, що відповідає третьому рівню використання даних). Постійний супровід та оновлення гарантують, що геопортал залишається ефективним інструментом для забезпечення потреб місцевого самоврядування та дотримання законодавчих вимог щодо відкритості геопросторових даних.

2.3. Аналіз вимог до геопорталу місцевого самоврядування

Проект розробки геоінформаційного інтернет-порталу для ОТГ передбачає комплексний аналіз вимог, що базується на двох ключових стовпах: нормативно-правовій базі України та необхідному функціоналі для забезпечення ефективного муніципального управління. Аналіз вимог охоплює архітектурну модель, стандарти інтероперабельності, функціональні можливості для користувачів та обов'язковий набір даних для оприлюднення.

З точки зору архітектури, ключовою вимогою є відповідність геопорталу трирівневій логічній структурі, що забезпечує масштабованість та централізацію даних. Перший рівень, сервер бази даних, повинен містити базу геопросторових даних (Geodatabase), яка включає традиційні реєстри, метадані електронного каталогу (за ISO 19115) та реєстр користувачів. Вимога щодо використання платформно-незалежної бібліотеки із високою швидкістю роботи у багатопотоковому середовищі для сервера публікації просторової інформації, що підтримує дані з PostgreSQL та ESRI shape, вказує на необхідність використання відкритого програмного забезпечення, такого як GeoServer та PostGIS. Другий рівень, програмні сервіси, має будуватися на REST архітектурі, а доступ до

інформації та обмін даними повинен ґрунтуватися на відкритих стандартах.

Критичними вимогами до стандартизації є підтримка імplementованих в Україні міжнародних стандартів OGC на геоінформаційні сервіси: WMS та WMTS для відображення растрових карт (Рівень 1 використання) та WFS для доступу до векторних геопросторових даних (Рівень 3 використання). Це єдиний спосіб забезпечити інтеграцію геопорталу Новояричівської ОТГ у Національну інфраструктуру геопросторових даних. Для відображення карт на клієнтському рівні вимагається бібліотека з відкритим вихідним кодом на JavaScript, що підтримується поширеними мобільними та стаціонарними платформами, що вказує на використання Leaflet або OpenLayers.

Функціональні вимоги поділяються на візуалізацію та аналітику. До вимог візуалізації належить: відображення об'єктів на карті як точкових, лінійних чи полігональних об'єктів; можливість відображення точкових об'єктів піктограмами, визначеними замовником; відображення різними кольорами об'єктів реєстру відповідно до їхнього статусу, наприклад, для містобудівного кадастру. Вимоги до аналітики та взаємодії включають: реалізацію навігації по карті, включаючи міні-карту; виконання пошукових запитів до опублікованих наборів геопросторових даних; використання базового ГІС-інструментарію для розрахунку довжини, площі та периметру; відбір об'єктів на карті за допомогою системи фільтрів; побудову буферів навколо об'єктів реєстру; побудову теплових карт щільності розташування об'єктів на карті. Додаткові вимоги для покращення користувацького досвіду включають: налаштування прозорості відображення об'єктів для візуального порівняльного аналізу; забезпечення інтерактивності об'єктів для отримання інформації; можливість здійснювати групування та фільтрування об'єктів в атрибутивних таблицях; збереження в адресному рядку інформації про обрану область відображення, шару та фільтри; а також можливість експорту даних з геопорталу у відкритих форматах GeoJSON та KML.

Найважливішим блоком вимог є обов'язковий контент, визначений Постановою Кабінету Міністрів України № 835. Геопортал ОТГ повинен

оприлюднювати мінімум 18 наборів геопросторових даних. Серед них: Адресний реєстр, Схеми планування території, Генеральні та Детальні плани, Реєстр містобудівних умов та обмежень, Дані про видані будівельні паспорти, Перелік об'єктів комунальної власності, Дані про розміщення тимчасових споруд та рекламних засобів, а також тематичні дані щодо доступності будівель для осіб з інвалідністю та території обслуговування навчальних закладів. Ці дані мають забезпечувати доступ до деталізованих наборів базових геопросторових даних у масштабах 1:2000 та 1:500. Таким чином, аналіз вимог чітко визначає технологічний стек (відкриті стандарти), архітектуру (трирівнева модель), функціональність (аналітика та візуалізація) та контент (18 обов'язкових наборів) для успішної реалізації проєкту.

Узагальнену характеристику законодавчих та нормативних вимог, які регулюють розробку або оновлення геопорталу громади подано в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Характеристика нормативів, які регулюють розробку або оновлення геопорталу громади

Документ	Короткий опис	Значення для геопорталу громади
Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» № 554-IX (13.04.2020) [2]	Основний закон, що встановлює правову основу НІГД.	Визначає принципи створення інфраструктури геоданих, обов'язки “держателів даних”, права користувачів. Геопортал громади, особливо якщо він частина НІГД, має відповідати цим принципам.
Постанова КМУ «Порядок функціонування НІГД» № 532 [6]	Регламентує процеси: вироблення, оновлення, зберігання, публікацію геоданих та метаданих.	Визначає, як саме геопортал громади має взаємодіяти з інфраструктурою НІГД: публікація шарів, оновлення даних, метадані.
Наказ Мінагрополітики № 347. Технічні вимоги [7]	Складається з декількох частин: метадані, специфікації даних, сервіси, інтероперабельність.	Цей наказ є ключовим: він формалізує технічні стандарти , які геопортал громади має підтримувати, щоб бути сумісним з НІГД.

Технічні вимоги до геоінформаційних сервісів [7]	Описані операції WMS, WFS, WCS, WFS-G, вимоги до метаданих сервісів тощо.	Визначає, якими повинні бути сервіси, через які геопортал надає геодані: типи сервісів, які операції підтримуються, які атрибути метаданих мають бути.
Технічні вимоги до специфікацій геопросторових даних [7]	Визначає структуру специфікацій даних: концептуальні моделі, системи координат, якість даних тощо.	Потрібні для опису наборів даних, які публікує громада: як мають бути структуровані дані для повторного використання, для сумісності з іншими ресурсами НІГД.
Звіт НІГД за 2024 рік [16]	Публічний звіт про стан НІГД, виконання технічних вимог, участь “держателів даних” (включно з громадами).	Дає розуміння практичних вимог і реального стану: які саме норми найчастіше використовуються, де є проблеми — корисно для планування ТЗ відповідно до реалій.

2.4. Кібербезпека та захист геопросторових даних

Розроблення та впровадження геопорталів для об’єднаних територіальних громад (ОТГ) вимагає суворого дотримання законодавства України у сфері промислової безпеки, а також інтеграції найвищих стандартів кібербезпеки. Успішне функціонування геопорталу залежить від його стійкості до кібератак та несанкціонованого доступу. Кібербезпека в даному контексті реалізується на трьох рівнях:

- мережева інфраструктура;
- серверний стек (GeoServer, PostGIS);
- та клієнтський додаток (Leaflet).

Усі комунікації між клієнтським рівнем (браузером) та GeoServer/PostGIS повинні здійснюватися виключно через захищений протокол HTTPS. Це запобігає перехопленню даних та маніпуляціям ними під час передачі. Серверна

інфраструктура повинна бути захищена міжмережевими екранами (фаєрволами), які налаштовані на принцип мінімальних привілеїв: дозволено лише необхідний трафік (наприклад, порт 8080 для GeoServer та порт 5432 для PostGIS, доступний лише для GeoServer та APM адміністратора).

Геопортал громади може містити дані, які підпадають під вимоги законодавства про захист персональних даних (наприклад, Адресний реєстр з прив'язкою до приватних домоволодінь або інформація про власність). Тому пропонується використовувати. Рекомендується використовувати внутрішню мережеву сегментацію для ізоляції бази геоданих (PostGIS) від веб-сервісів. Необхідно налаштувати механізм обмеження доступу до шарів геоданих та сервісів (WMS, WFS) залежно від ролі користувача. Слід використовувати надійні протоколи автентифікації користувачів. Необхідно створити окремі облікові записи для GeoServer (з мінімальними правами доступу, тільки на читання публічних шарів) та для адміністраторів (з правами на запис та адміністрування). Слід передбачити строге розмежування прав користувачів: публічні дані (WMS/WMTS) доступні всім; обмежені дані (WFS, детальні атрибути) доступні лише авторизованим фахівцям ОТГ.

Клієнтський веб-інтерфейс, розроблений на JavaScript, повинен бути захищений від поширених веб-уразливостей.

Для забезпечення цілісності даних необхідно використовувати:

1. Механізми транзакцій (ACID) для гарантування, що зміни даних є атомарними та надійними.
2. Обмеження цілісності (Constraints) на рівні СУБД, такі як унікальні ключі, зовнішні ключі та просторові обмеження (наприклад, перевірка коректності геометрії об'єкта перед збереженням).
3. Використання метаданих (ISO 19115) для кожного шару, що чітко описують джерело даних, точність та дату останнього оновлення.

Розділ 3. Проект геоportалу територіальної громади на прикладі Новояричівської селищної об'єднаної територіальної громади

3.1. Методологія та етапи розробки геоportалу Новояричівської ОТГ

Проект геоportалу ОТГ нами буде реалізовуватись відповідно до тривірневої логічної структури, яка максимально ефективно використовує можливості клієнт-серверних технологій (рис.3.1):

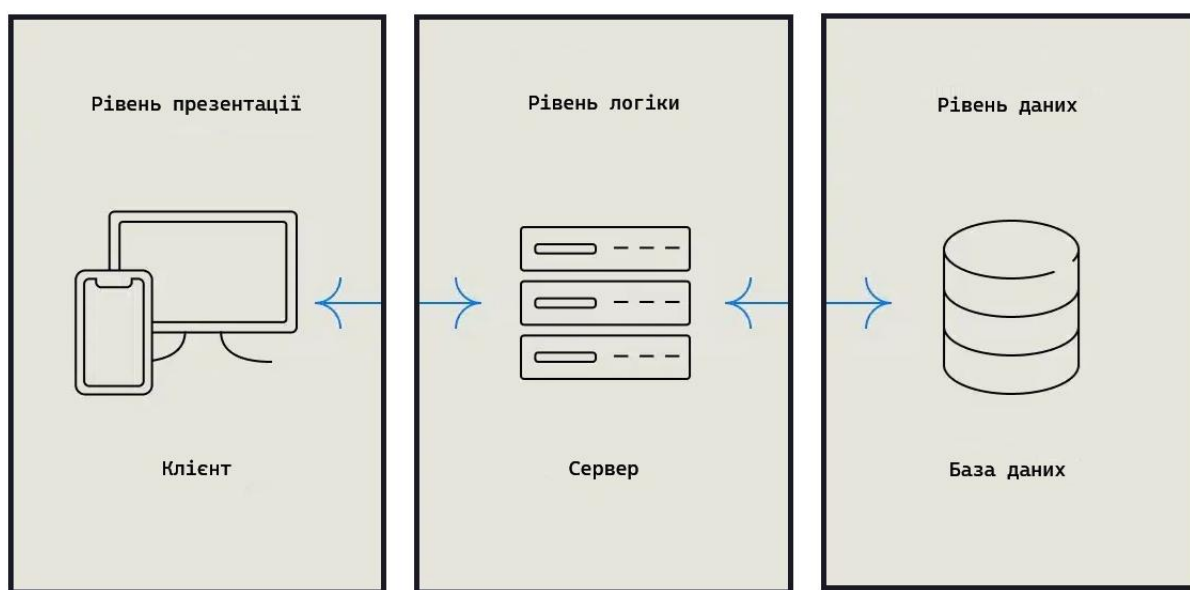


Рис. 3.1 Схема тривірневої логічної структури мережевої ГІС

Рівень сервісів та логіки (Application/Service Tier): Це програмні сервіси, які забезпечують обробку даних. Ключовим моментом є підтримка міжнародних стандартів OGC (Open Geospatial Consortium) для обміну інформацією: WMS та WMTS для надання растрових карт (Рівень 1 використання) та WFS (Web Feature Service) для доступу до векторних даних (Рівень 3 використання). Доступ та обмін даними між компонентами має будуватися на REST-архітектурі, що є стандартом для сучасних веб-додатків.

Рівень даних (Data Tier): Включає базу геопросторових даних (Geodatabase), яка містить базові реєстри (межі, земельні ділянки), метадані електронного каталогу (відповідно до ISO 19115) та реєстр користувачів.

Клієнтський рівень (Client Tier): Клієнтське ПЗ має базуватися на загальних

стандартах веб-технології, а для відображення електронних карт використовувати бібліотеку з відкритим вихідним кодом (наприклад, на мові JavaScript), що підтримується всіма поширеними програмно-технічними платформами, включаючи мобільні пристрої. Клієнт-серверна архітектура дозволяє реалізувати весь необхідний функціонал: від базового перегляду карт і розрахунку довжини/площі (базовий ГІС-інструментарій) до складних функцій, як-от побудова теплових карт, налаштування прозорості та відбір об'єктів за допомогою системи фільтрів. Забезпечення підтримки одночасного розвитку як серверної, так і настільної ГІС-системи є ще однією важливою перевагою цієї архітектури, що підкреслює її гнучкість та довговічність.

Просторова аналітика для фахівців підтримується завдяки підтримці WFS (Web Feature Service, Рівень 3). Фахівці ОТГ (землевпорядники, архітектори) можуть завантажувати векторні моделі (у форматах GeoJSON, KML) для подальшої роботи у професійних комп'ютерних системах CAD та ГІС. Це є критично важливим для складного геопросторового моделювання та прогнозування.

ГІС-інструментарій для громадян та службовців забезпечує базовий ГІС-інструментарій і дозволяє будь-якому користувачу виконувати оперативні завдання без потреби у використанні спеціалізованого програмного забезпечення.

Ефективність та Прозорість. Інтерактивність об'єктів на карті, можливість відбору об'єктів за допомогою системи фільтрів та групування в атрибутивних таблицях прискорює пошук і верифікацію інформації, що є основою прозорості адміністративної роботи.

Розробка геопорталу здійснювалася відповідно до каскадної методології, адаптованої до специфіки геоінформаційних проєктів, що вимагають високої точності, відповідності законодавчим стандартам (НІГД, OGC) та інтеграції з існуючими реєстрами. Цей процес було структуровано у кілька послідовних етапів. Опишемо детально виконання перших двох ключових стадій: Аналіз вимог та планування та Архітектурний та системний дизайн.

Етап 1: Аналіз вимог та планування. Цей етап є важливим для забезпечення того, що геоportal відповідатиме як потребам кінцевих користувачів, так і вимогам національного законодавства у сфері геопросторових даних. Роботи на цій стадії мали забезпечити повноту, несуперечливість та однозначність усіх майбутніх технічних рішень.

Визначення вимог базувалося на трьох основних джерелах: законодавча база, потреби зацікавлених сторін та технічні обмеження платформи. Функціональні вимоги (ФВ) були безпосередньо пов'язані з діяльністю ОТГ. Серед них ключові: забезпечення візуалізації базових геопросторових даних у масштабах 1:2000 та 1:500 (межі ОТГ, кадастрові ділянки, інфраструктура), реалізація пошуку та фільтрації об'єктів за атрибутивними даними (кадастровий номер, адреса) і просторовими критеріями, надання базового ГІС-інструментарію (вимір площ, відстаней), можливість витягування та інтеграції даних з публічних кадастрових реєстрів та інших відкритих джерел, а також можливість експорту/імпорту векторних даних (WFS) у форматах GeoJSON/KML для подальшої роботи у настільних ГІС.

Процес отримання кадастрової інформації з інформаційної системи ДЗК є ключовим технічним аспектом, який ґрунтується на використанні офіційних, санкціонованих програмних інтерфейсів (API), які надаються державним реєстратором для авторизованих користувачів. Це забезпечує правомірність та актуальність отриманої інформації.

Послідовність отримання нами даних з ДЗК наступна:

1. Авторизація та ініціалізація запиту: Для отримання офіційних даних із ДЗК було необхідне використання відповідного ключа доступу або токена, отриманого після верифікації прав доступу. Без такого токена обмін даними є неможливим.
2. Формування запиту: Запит формувався через відповідний сервіс, де як критерій пошуку використовувалася просторова прив'язка - межі території Новояричівської ОТГ, або масив відомих кадастрових номерів. Отримання та

парсинг даних (рис. 3.2): У відповідь на запит, ДЗК надавав дані, як правило, у форматах GeoJSON, XML або PDF. Ці файли містили не лише атрибутивну інформацію, але й геометрію об'єкта у текстовому форматі, відомому як WKT (Well-Known Text).

3. Трансформація та валідація: Отримані дані (рис 3.2) підлягали процесу трансформації (парсингу). Зокрема, текстове представлення геометрії (WKT) конвертувалося у внутрішній просторовий формат, оптимізований для подальшого збереження у PostGIS. Паралельно проводилася валідація на наявність усіх необхідних атрибутів та відповідність формату Кадастрового номера.

Необхідність роботи з даними ДЗК та обробки інших просторових даних визначив ключові технічні специфікації, що лягли в основу Архітектурного дизайну. Було обов'язково визначено використання PostgreSQL з розширенням PostGIS для ефективного зберігання отриманих WKT-геометрій та підтримки просторових індексів. Необхідність обміну даними з реєстрами зумовила розробку окремого Backend-модуля, відповідального виключно за безпечний обмін даними з зовнішніми системами. Отримані векторні дані про межі ділянок мали публікуватися через WFS-сервіс для забезпечення доступу до чистої геометрії.

Таким чином, на етапі Аналізу вимог нами було детально сплановано механізм отримання, обробки та стандартизації офіційних кадастрових даних.

```

{
  "geometry": {
    "type": "Polygon",
    "coordinates": [
      [
        [
          24.303168654441833,
          49.895360094137516
        ],
        [
          24.30346369743347,
          49.89530134752991
        ],
        [
          24.303377866744995,
          49.89512165158027
        ],
        [
          24.303356409072876,
          49.89508018318915
        ],
        [
          24.303066730499268,
          49.89512856297529
        ],
        [
          24.303168654441833,
          49.895360094137516
        ]
      ]
    ]
  },
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "ownership": "Приватна власність",
    "cadnum": "4622155600:01:009:0096",
    "purpose": "01.05 Для індивідуального садівництва",
    "area": 0.0571,
    "category": "Землі сільськогосподарського призначення",
    "address": "Львівська область, Кам'янка-Бузький район, смт.Новий Яричів"
  },
  "id": 9268350,
  "layer": {
    "id": "land_polygones",
    "type": "fill",
    "source": "cadastr",
    "source-layer": "land_polygons",
    "layout": {},
    "paint": {
      "fill-opacity": 0.5,
      "fill-color": {
        "r": 0.24313725490196078,
        "g": 0.7058823529411765,
        "b": 0.5647058823529412,
        "a": 1
      },
      "fill-outline-color": {
        "r": 0.03294117647058823,
        "g": 0.03294117647058823,
        "b": 0.03294117647058823,

```

Рис 3.2. Фрагмент отриманих даних з інформаційної системи ДЗК (формат geoJSON) на територію Новояричівської селищної ОТГ

3.2. Проектування моделі геопросторових даних та структури реєстрів ОТГ

Проектування моделі геопросторових даних (Geodatabase) є основоположним етапом, що визначає ефективність, цілісність та масштабованість всього геопорталу. Цей етап втілює вимоги до Рівня даних (Data Tier), базуючись на системі керування базами даних PostgreSQL з просторовим розширенням PostGIS, як було обґрунтовано в підрозділі. Потрібно створити централізоване, нормалізоване сховище, яке одночасно підтримує як атрибутивну, так і геопросторову інформацію, необхідну для публікації 18 обов'язкових наборів даних, регламентованих Постановою Кабінету Міністрів України № 835.

Ключовим принципом проектування є використання єдиної просторової системи координат UTM (Universal Transverse Mercator) для всіх векторних шарів, що зберігаються у PostGIS. Це забезпечує коректність виконання всіх метричних операцій, таких як розрахунок площі, довжини та побудова буферних зон, що є частиною базового ГІС-інструментарію геопорталу. Дані імпортуються та зберігаються з обов'язковим дотриманням топологічних правил для забезпечення цілісності об'єктів, зокрема, відсутності пропусків або накладень полігонів, де це необхідно (наприклад, для меж землекористування).

Логічна структура бази даних передбачає чітке розділення даних на дві основні групи, що відповідає функціональному поділу реєстрів.

Перша група - Базові геопросторові дані. Ці дані включають: межі адміністративно-територіального устрою ОТГ (полігональна геометрія), які слугують загальною картографічною підкладкою, адресний реєстр (точкова геометрія), який є критично важливим для навігації та пошуку. Атрибутивна модель цього реєстру включає унікальний ідентифікатор об'єкта, повну адресу (назва вулиці, номер будинку, населений пункт), тип об'єкта (житловий, комерційний) та статус (zareєстрований, тимчасовий) та топографічні підкладки та ортофотоплани (растрові дані), які зберігаються не в PostGIS, а на сервері і публікуються через GeoServer як WMS/WMTS сервіси.

Друга група - Тематичні геопросторові дані, що відповідають обов'язковим

наборам даних Постанови № 835. Для кожного набору даних створюється окрема таблиця у PostGIS з відповідним типом геометрії та атрибутивним складом, що забезпечує можливість фільтрації, візуалізації за статусом та інтерактивного отримання інформації.

У сфері містобудування та землекористування проєктується наступна структура. Для Містобудівної документації (Схеми планування, Генеральні та Детальні плани, Плани зонування) використовується полігональна геометрія. Ключовим атрибутом є ідентифікатор документа, дата затвердження, посилання на графічні матеріали та класифікатор функціонального призначення території. Для Реєстру містобудівних умов та обмежень (МУО) та Даних про видані будівельні паспорти також використовується полігональна геометрія, прив'язана до земельних ділянок, а основний атрибут - це статус документа (наприклад, «Діючий», «Анульовано»), що дозволяє GeoServer'у автоматично відображати об'єкти різними кольорами на клієнтському рівні, як того вимагають функціональні вимоги.

Для управління комунальною власністю та інфраструктурою створюються таблиці. Перелік об'єктів комунальної власності може мати змішану геометрію (полігони для будівель, точки для малих об'єктів). Атрибути включають ідентифікатор об'єкта, форму власності, цільове призначення, балансову вартість та ключовий атрибут щодо оренди (наприклад, «Орендовано», «Вільний», «Продаж»), що використовується для фільтрації. Для даних про розміщення тимчасових споруд та рекламних засобів використовується точкова або полігональна геометрія (Рис 3.3), з обов'язковим атрибутом статусу дозволу (наприклад, «Діючий до...», «Прострочений»), що дозволяє візуально контролювати їхнє легальне розміщення. Ця ж геометрія використовується для розрахунку щільності розташування об'єктів та побудови теплових карт на клієнтському рівні.

У сфері соціальної інфраструктури та прозорості даних створюються реєстри.

Території обслуговування загальноосвітніх навчальних закладів зберігаються як полігональна геометрія. Атрибутивний склад включає назву закладу, місткість,

```

{
  "type": "FeatureCollection",
  "features": [
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "name": "Cadastral Zone 1",
        "cadastral_number": "4621355200:01:001",
        "area_hectares": 125.5,
        "land_use": "Agricultural"
      },
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [
            [24.295, 49.955],
            [24.300, 49.955],
            [24.300, 49.950],
            [24.295, 49.950],
            [24.295, 49.955]
          ]
        ]
      }
    },
    {
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "name": "Cadastral Zone 2",
        "cadastral_number": "4621355200:01:002",
        "area_hectares": 87.3,
        "land_use": "Residential"
      },
      "geometry": {
        "type": "Polygon",
        "coordinates": [
          [
            [24.302, 49.952],
            [24.308, 49.952],
            [24.308, 49.948],
            [24.305, 49.946],
            [24.302, 49.948],
            [24.302, 49.952]
          ]
        ]
      }
    }
  ]
}

```

Рис 3.3 Зразок відформатованих даних

посилання на документи, що затверджують територію. Наявність полігональної геометрії дозволяє фахівцям ОТГ виконувати просторовий аналіз та будувати буфери навколо закладів для верифікації території обслуговування.

Дані про доступність будівель для осіб з інвалідністю зберігаються як точкові об'єкти з атрибутами, що деталізують тип доступності (пандус, ліфт, тактильна плитка). Ці атрибути використовуються для відображення відповідними

півтограмами, як вимагається у функціональних вимогах.

Проектування метаданих є невід'ємною частиною моделі Geodatabase. Для кожного опублікованого набору геопросторових даних обов'язково створюється відповідний запис метаданих. Це критично важливо для інтеграції з НІГД та забезпечення Рівнів 2 і 3 використання даних. Використовується міжнародний стандарт **ISO 19115**. Для Рівня 1 (Перегляд) передбачається мінімальний набір метаданих для виявлення та доступу до сервісів, який включає назву, анотацію, ключові слова, опис географічного охоплення та посилання на WMS/WMTS сервіси. Для Рівня 3 (Моделювання) метадані повинні мати повну специфікацію моделі даних, її структури, класифікатори, інформацію про якість даних та часове охоплення, що необхідне фахівцям для використання даних у професійній ГІС через WFS сервіс.

Нарешті, модель даних включає реєстр користувачів системи та регламент їхнього доступу. Це окрема таблиця PostgreSQL, яка визначає користувачів (фахівців ОТГ) та їхні ролі (адміністратор, держатель даних, модератор). Ці ролі прив'язуються до механізмів автентифікації GeoServer та дозволяють регламентувати, які шари (наприклад, чорнові плани) доступні лише внутрішнім користувачам, а які є публічними (WMS, WFS). Таким чином, модель геопросторових даних забезпечує не лише технічну основу для відображення, але й реалізує всі нормативні та функціональні вимоги проєкту, гарантуючи цілісність, актуальність та відкритість інформації.

3.3. Розробка клієнтського веб-інтерфейсу та реалізація аналітичного функціоналу

Розробка клієнтського веб-інтерфейсу (Client Tier) є завершальним етапом проєкту, де забезпечується пряма взаємодія користувачів з геопросторовими даними, опублікованими через GeoServer. Вибір універсального веб-інтерфейсу на основі JavaScript, HTML, CSS (бібліотеки Leaflet або OpenLayers) повністю

відповідає вимогам доступності, сумісності з мобільними та стаціонарними платформами, а також принципам відкритого коду. Клієнтський рівень відповідає за візуалізацію даних, навігацію та реалізацію всього аналітичного функціоналу, необхідного для Рівнів 1, 2 і 3 використання геопросторових даних.

Ядром клієнтського інтерфейсу нами обрано картографічний модуль на базі Leaflet. Leaflet - це JavaScript-бібліотека для побудови веб-карт, яка забезпечує клієнтський доступ до растрових, векторних та гібридних картографічних джерел. Доступ до карт реалізується за рахунок комбінації механізмів завантаження тайлів, запитів до веб-картографічних сервісів та інтеграції зовнішніх геопросторових API постачальників карт. Він конфігурується для підключення до GeoServer для отримання базових (ортофотоплани, топографічні підкладки) та тематичних шарів (18 обов'язкових наборів даних) через стандартизовані сервіси. Базові шари (WMS/WMTS) використовуються як підкладка, забезпечуючи швидкий та ефективний перегляд інформації (Рівень 1 використання). Для навігації реалізується плавна зміна масштабу та панорамування, доповнена міні-картою у куті екрана, що покращує орієнтацію на великих територіях. Важливою вимогою є забезпечення адаптивного дизайну (Responsive Web Design), щоб функціонал та відображення карти залишалися оптимальними як на широкоформатних моніторах фахівців, так і на мобільних пристроях громадян.

Реалізація візуалізації та інтерактивності. Для забезпечення вимоги відображення об'єктів різними кольорами відповідно до статусу, використовується функціонал GeoServer, а саме стилі SLD (Styled Layer Descriptor). GeoServer налаштовується таким чином, щоб WMS-запити повертали зображення, де, наприклад, об'єкти комунальної власності у процесі оренди відображаються зеленим кольором, а вільні об'єкти – синім. У разі точкових об'єктів, як-от Адресний реєстр або Дані про доступність будівель для осіб з інвалідністю, використовуються визначені замовником піктограми, які також стилізуються через SLD. Ключовим елементом є інтерактивність: при натисканні на об'єкт, клієнтський додаток виконує запит GetFeatureInfo до GeoServer (WMS), який

повертає атрибутивну інформацію про обраний об'єкт. Ця інформація відображається у спливаючому вікні (Popup), забезпечуючи миттєвий доступ до деталей (наприклад, площа земельної ділянки, термін дії дозволу на тимчасову споруду).

Розширений пошук та фільтрація даних. Для забезпечення швидкого доступу до інформаційних ресурсів реалізується два типи пошуку. Перший – геокодування, тобто пошук за адресою, який звертається до Адресного реєстру (PostGIS) через спеціально налаштований REST-ендпоінт GeoServer. Другий – атрибутивний пошук та фільтрація. Це потужний інструмент для роботи з 18 обов'язковими наборами даних. На першому етапі розробки було реалізовано інтеграцію 7 ключових наборів даних (таб. 3.1), що забезпечують юридичну відповідність та базовий функціонал. Повна інтеграція 18 наборів планується в рамках подальшого розвитку системи.

Таблиця 3.1 Набори даних для геопорталу (Згідно з ПКМУ № 835)

№	Назва набору даних	Тип об'єкта на карті	Джерело даних	Обґрунтування пріоритету
1	Адресний реєстр	Точка	Внутрішній реєстр ОТГ	Основа для геокодування та пошуку
2	Межі земельних ділянок (частина ДЗК)	Полігон	Публічний ДЗК (WFS-сервіс)	Ключовий функціонал геопорталу та його геодезична основа.
3	Схеми планування, Генеральні та Детальні плани	Полігон	Відділ архітектури ОТГ	Юридична вимога містобудівного кадастру.
4	Реєстр містобудівних умов та обмежень (МУО)	Точка / Прив'язка до Полігону	Відділ архітектури ОТГ	Інструмент для моніторингу будівельної діяльності.
5	Перелік об'єктів	Полігон /	Реєстр	Основа для управлін-

	комунальної власності	Точка	комунального майна	ня майном, орендою та інвентаризації.
6	Інформація про комунальні мережі	Лінія / Точка	Комунальні служби ОТГ	Важливі дані для інвестиційної привабливості та розвитку інфраструктури.
7	Перелік територій та об'єктів природно-заповідного фонду	Полігон	Внутрішній реєстр / Відкриті дані	Відображення охоронних зон та обмежень землекористування.

На клієнтській стороні розробляється інтерфейс для доступу до вибору наборів геоданих для візуалізації у геопорталі – проект показано на рис.3.4.

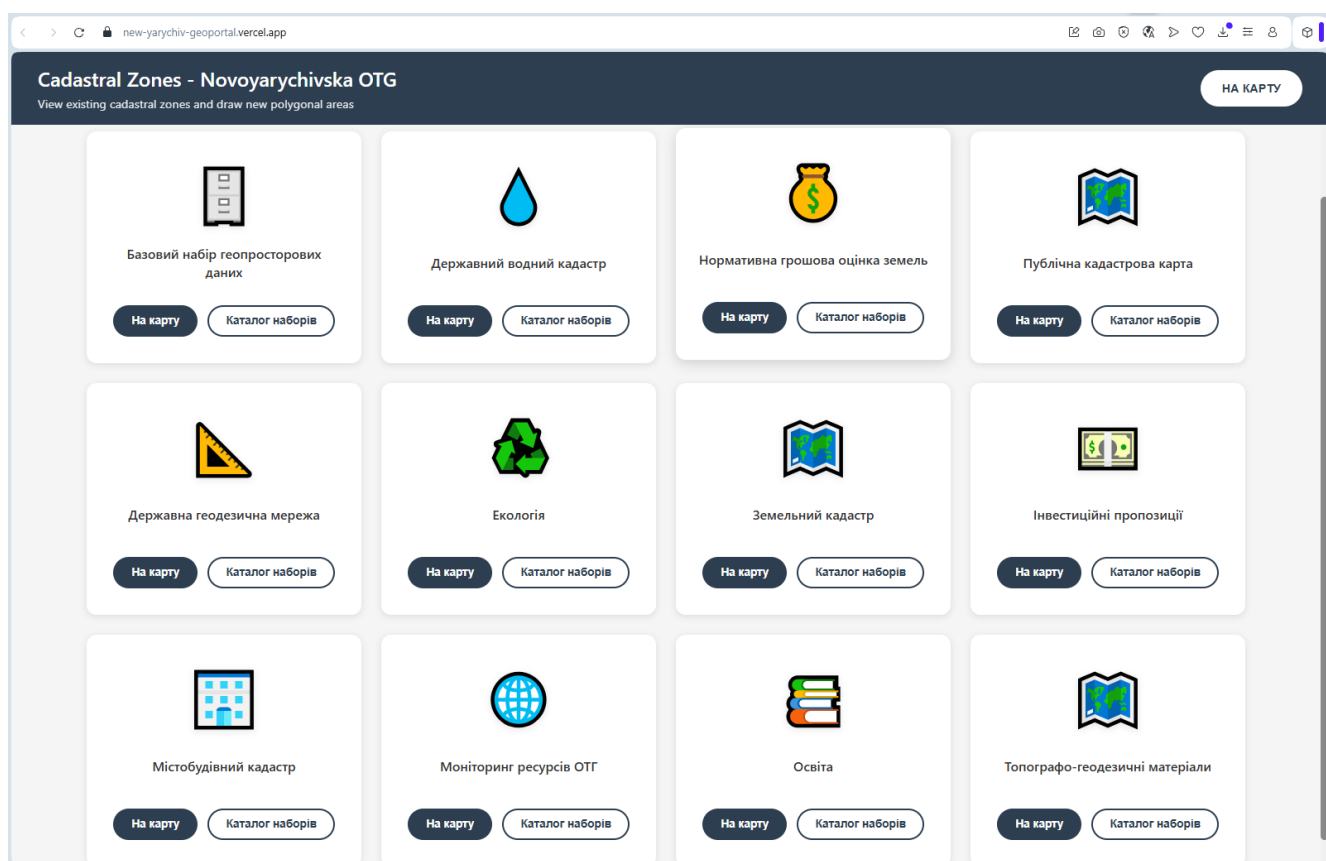


Рис. 3.4. Інтерфейс вибору наборів геоданих для візуалізації у геопорталі

Інтерфейс вікна візуалізації геоданих оснащено меню з системою фільтрів, який дозволяє користувачу комбінувати критерії відбору (наприклад, знайти всі об'єкти комунальної власності, що не здані в оренду, і знаходяться в межах певної території) на рисунку 3.5.

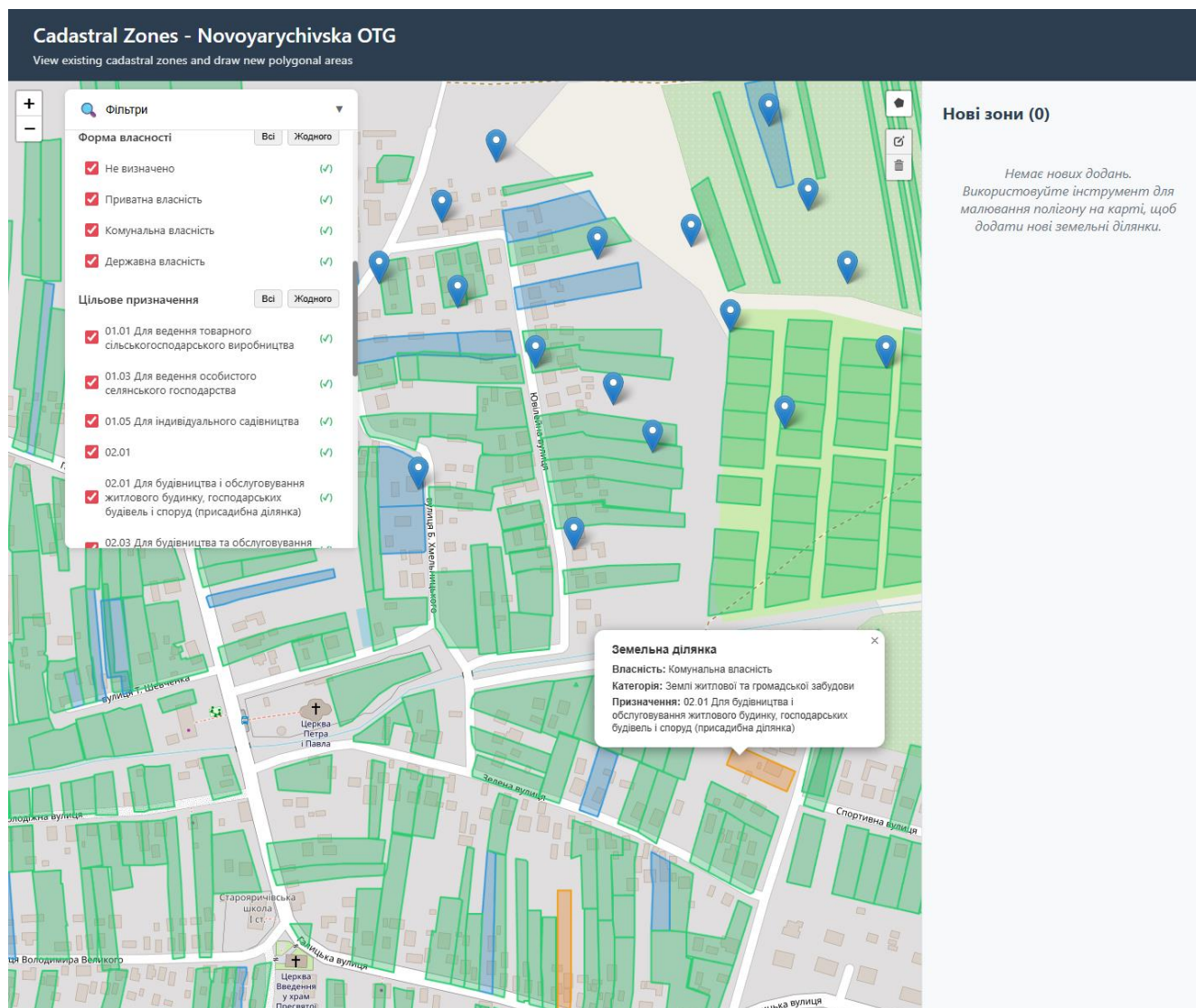


Рис. 3.5. Інтерфейс фільтрів, який дозволяє користувачу комбінувати критерії

Ці фільтри транслуються у параметри запиту до GeoServer, який виконує фільтрацію на стороні СУБД (PostGIS) і повертає лише відповідні об'єкти для відображення на карті та в атрибутивній таблиці, що розміщена поруч із картою. Функція групування та фільтрування в атрибутивних таблицях реалізується через JavaScript-бібліотеку, що дозволяє сортувати та переглядати атрибути знайдених

об'єктів.

Реалізація базового ГІС-інструментарію. Для Рівня 2 використання геопросторових даних (Аналіз) клієнтський інтерфейс оснащується функціями просторового аналізу. 1. Вимірювання: Інструменти для розрахунку довжини, площі та периметру об'єктів реалізуються на клієнтській стороні за допомогою функцій бібліотеки Leaflet, що використовують проекцію UTM. 2. Побудова буферів: Для контролю дотримання охоронних зон (наприклад, навколо навчальних закладів, відповідно до Набору даних №17) реалізується функція побудови буферних зон. Користувач вказує об'єкт та радіус, і клієнтський додаток надсилає запит на сервер GeoServer (WPS-сервіс або прямий REST-запит до PostGIS) для виконання операції буферизації. Результат (новий полігон) повертається та відображається на карті. 3. Тематична візуалізація: Реалізується побудова теплових карт щільності розташування об'єктів (наприклад, тимчасових споруд). Ця функція використовує клієнтську бібліотеку Heatmap.js, яка візуалізує щільність точок, отриманих з GeoServer, допомагаючи ОТГ у візуальному аналізі просторового навантаження.

Прозорість та обмін даними. Для візуального порівняльного аналізу впроваджується налаштування прозорості відображення шарів. Користувач може змінювати прозорість окремих шарів (наприклад, накладання детального плану території на ортофотоплан), що є важливим для контролю та планування. Виконання вимоги щодо можливості експорту даних з геопорталу у форматах GeoJSON, KML реалізується через функціонал GeoServer. При виборі шару та застосуванні фільтрів, користувачеві надається кнопка "Експорт". Клієнтський інтерфейс формує WFS-запит із заданими параметрами та фільтрами, ініціюючи завантаження векторних даних із сервера. Ключовим елементом користувацького досвіду та прозорості є механізм збереження стану відображення. Параметри карти (координати центру, рівень масштабування, активні шари та застосовані фільтри) кодуються в адресному рядку (URL). Це дозволяє користувачам зберігати, ділитися та повторно відкривати той самий вигляд карти, що є критичним для співпраці та

офіційного документообігу.

Таким чином, розроблений клієнтський веб-інтерфейс, заснований на JavaScript/Leaflet, є повноцінним автоматизованим робочим місцем (АРМ), що забезпечує не лише перегляд (Рівень 1), але й потужний аналіз та моделювання (Рівні 2 і 3) геопросторових даних для потреб Новояричівської ОТГ та її громадян.

Розділ 4. Охорона довколишнього середовища

Розроблення та впровадження геоінформаційного інтернет-порталу для Новояричівської селищної об'єднаної територіальної громади (ОТГ) повинно здійснюватися з урахуванням принципів сталого розвитку та охорони довкілля. У контексті інформаційних технологій (ІТ) поняття "охорона довкілля" охоплює два ключові напрямки: мінімізація негативного впливу самої ІТ-інфраструктури на навколишнє середовище та використання функціоналу геопорталу як потужного інструменту для моніторингу, планування та управління екологічними процесами в межах громади.

4.1. Екологічні аспекти ІТ-інфраструктури та її оптимізація

Програмно-технічна платформа геопорталу, що базується на трирівневій клієнт-серверній архітектурі (PostgreSQL/PostGIS, GeoServer, Leaflet), потребує енергетичних ресурсів та створює електронні відходи. Тому критично важливим є застосування підходів «Green IT» для зменшення цифрового сліду проєкту.

Енергоефективність серверного обладнання. Серверний рівень (Service Tier та Data Tier) є основним споживачем енергії. Для мінімізації споживання рекомендується використовувати віртуалізоване середовище, що дозволяє консолідувати кілька функціональних компонентів (СУБД PostGIS, GeoServer) на меншій кількості фізичних серверів. Використання сучасного енергоефективного обладнання (сервери з високим рейтингом енергоефективності, твердотільні накопичувачі SSD замість традиційних HDD) знижує витрати енергії на обчислення та охолодження. Це прямим чином зменшує викиди вуглецю, асоційовані з функціонуванням геопорталу. Оптимізація конфігурації СУБД PostgreSQL/PostGIS також сприяє економії: за рахунок ефективної індексації просторових даних та оптимізації запитів швидкість обробки інформації зростає, а час роботи процесорів на пікових навантаженнях зменшується. Це безпосередньо впливає на зниження енергоспоживання всього серверного комплексу.

Використання Open Source. Вибір Open Source Geospatial Stack є екологічно

виправданим. Відкрите програмне забезпечення, таке як PostGIS, GeoServer та Leaflet, часто є менш вимогливим до ресурсів, ніж їхні комерційні аналоги. Це дозволяє використовувати апаратне забезпечення протягом довшого терміну, відтерміновуючи його моральне старіння та необхідність заміни, що, у свою чергу, знижує обсяги електронних відходів (e-waste). Крім того, GeoServer, як сервер додатків, може бути налаштований на економічні режими роботи, оптимізуючи кешування тайлів (WMTS) та растрових зображень (WMS), що зменшує навантаження на обчислювальні ресурси під час повторних запитів.

Клієнтський веб-інтерфейс, розроблений на JavaScript/Leaflet, повинен бути максимально оптимізований для швидкого завантаження та низького енергоспоживання на пристроях користувачів. Чим менше ресурсів (процесорного часу, пам'яті) споживає браузер для відображення карти та виконання ГІС-функціоналу, тим менше енергії витрачається кінцевим пристроєм, особливо мобільним. Це досягається за рахунок мінімізації кількості HTTP-запитів, використання стилів SLD для рендерингу на сервері (GeoServer), а не складного рендерингу на клієнті, та застосування сучасних, стислих форматів даних для обміну, використання сервісів WMTS для популярних підкладок, що потребує значно менше ресурсів процесора, ніж динамічна генерація WMS-зображень.

Під час життєвого циклу проєкту необхідно планувати відповідального управління електронними відходами і утилізацію старого або заміненого обладнання. ОТГ має дотримуватися законодавчих вимог щодо передачі електронних відходів спеціалізованим ліцензованим підприємствам, що займаються їхньою переробкою. Це включає сервери, накопичувачі, мережеве обладнання та клієнтські АРМ.

4.2. Геопортал як інструмент екологічного моніторингу та планування

Основна цінність геопорталу Новояричівської ОТГ у контексті охорони довкілля полягає у його здатності перетворити розрізнені екологічні дані на

доступну, аналітичну та інтерактивну інформацію. Геопортал виступає як інструмент для реалізації Рівнів 2 (Аналіз) та 3 (Моделювання) використання геопросторових даних для потреб екологічного управління.

Моніторинг та управління природно-заповідним фондом (ПЗФ).

Геопортал дозволяє оприлюднювати та візуалізувати межі всіх об'єктів природно-заповідного фонду, зелених зон, рекреаційних територій та водоохоронних зон у межах громади. Ці дані зберігаються у PostGIS як полігональні об'єкти з атрибутами, що містять інформацію про режим використання та обмеження. На клієнтському рівні (Leaflet) можна реалізувати функцію швидкого пошуку об'єктів ПЗФ та інтерактивного відображення інформації про них. Функція побудови буферних зон (GeoServer/PostGIS) може використовуватися для автоматичного контролю дотримання охоронних зон навколо водних об'єктів або об'єктів ПЗФ. Наприклад, фахівець ОТГ може швидко визначити, чи знаходиться планована земельна ділянка під забудову в межах забороненої санітарно-захисної зони.

Управління відходами та забрудненнями. Хоча у переліку обов'язкових наборів даних немає прямого "Реєстру відходів", геопортал може інтегрувати дані про місця збору твердих побутових відходів (ТПВ), сміттєзвалища, а також потенційні джерела забруднення (промислові об'єкти, тваринницькі комплекси). Ці об'єкти можуть відображатися як точкові або полігональні шари, стилізовані відповідно до їхнього статусу (наприклад, легальне/нелегальне сміттєзвалище). Функція теплових карт (Heatmap.js на клієнті) може застосовуватися для візуалізації щільності скарг громадян на забруднення або місць несанкціонованого викиду сміття. Це дозволяє муніципальній владі оптимізувати маршрути вивезення ТПВ, планувати розміщення нових контейнерних майданчиків та оперативно реагувати на екологічні порушення.

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) та містобудівне планування. Однією з найважливіших прикладних функцій геопорталу є його інтеграція з містобудівним кадастром. Згідно з законодавством, будь-який значний будівельний проект вимагає ОВД. Геопортал, оприлюднюючи дані містобудівної документації (Плани

зонування, Детальні плани території), дозволяє громадськості та експертам проводити попередню оцінку екологічних ризиків. Фахівці ОТГ можуть використовувати інструмент порівняльного аналізу (налаштування прозорості шарів) для накладання проектних меж забудови на шари екологічних обмежень, водоохоронних зон або ПЗФ. Крім того, завдяки підтримці WFS (Рівень 3), експерти можуть завантажувати векторні моделі земельних ділянок, щоб інтегрувати їх у власні ГІС для виконання складних операцій просторового моделювання щодо оцінки шумового забруднення, поширення викидів або впливу на біорізноманіття.

Моніторинг водних ресурсів. Новояричівська ОТГ може використовувати геопортал для моніторингу стану малих річок, озер та якості ґрунтових вод. На карті відображаються пункти гідрологічних спостережень або точки забору проб води. Атрибутивні дані (зберігаються у PostGIS) можуть включати показники хімічного забруднення, дату останнього аналізу та посилання на протоколи досліджень. Це забезпечує прозорість інформації про водні ресурси та дозволяє оперативно виявляти небезпечні тенденції забруднення.

Забезпечення прозорості та участі громадськості. Дотримання вимог НІГД щодо відкритості геопросторових даних є фундаментальним для екологічної демократії. Геопортал забезпечує вільний, безперешкодний доступ громадян до екологічно значущої інформації. Громадяни можуть використовувати функціонал фільтрації та пошуку для перевірки законності розміщення тимчасових споруд у зелених зонах, статусу об'єктів комунальної власності, що можуть бути джерелами забруднення, або наявності необхідних охоронних зон. Наявність механізму збереження стану відображення у адресному рядку дозволяє громадським активістам та екологічним організаціям легко обмінюватися посиланнями на конкретні ділянки, де виявлено екологічне порушення, що значно прискорює процес громадського контролю та звернень до органів влади.

4.3. Вимоги до даних та їхнє оновлення для екологічного сегмента

Для забезпечення високої достовірності екологічної інформації необхідне постійне оновлення геопросторових даних, а також суворе дотримання стандартів метаданих. Екологічні дані, як правило, чутливі до часу.

Обов'язковою вимогою є створення повних метаданих (Рівень 3) для всіх екологічно значущих шарів (ПЗФ, водоохоронні зони, промислові об'єкти). За ISO 19115 метадані повинні містити: інформацію про якість даних (точність меж, метод збору); часове охоплення (дата останнього оновлення); повну специфікацію моделі даних та класифікаторів. Це дозволяє користувачам, які завантажують дані через WFS розуміти їхню достовірність та придатність для використання.

Потрібно забезпечити регулярну синхронізацію екологічно важливих даних з іншими муніципальними реєстрами та зовнішніми джерелами. Наприклад, дані про викиди чи дозволи на спеціальне водокористування (атрибутивна інформація) повинні бути пов'язані з просторовими об'єктами (точки викиду, підприємства), що зберігаються у PostGIS. Внутрішній АРМ ОТГ повинен мати функціонал для швидкого оновлення атрибутів відповідно до зміни статусу (наприклад, закінчення терміну дії дозволу) або результатів екологічних перевірок.

Екологічні дані часто вимагають специфічної візуалізації. Використання SLD-стилів на GeoServer дозволяє забезпечити універсальне відображення об'єктів відповідно до загальноприйнятих екологічних умовних знаків (наприклад, відображення за класом небезпеки). Налаштування прозорості шарів є особливо важливим для екології, оскільки дозволяє оцінювати вплив одного фактора на інший (наприклад, накладання меж санітарно-захисної зони на зону функціонального призначення з Генплану).

Таким чином, геопортал Новояричівської ОТГ не лише дотримується принципів екологічної мінімізації негативного впливу власної ІТ-інфраструктури, але й активно використовується як інтегрована платформа для просторового моніторингу та управління екологічними ризиками, сприяючи прозорості та сталому територіальному розвитку.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Виконаний в кваліфікаційній роботі аналіз законодавчих вимог та прикладів реалізації свідчить, що розробка геопорталу об'єднаної територіальної громади (ОТГ) є стратегічним інструментом цифрової трансформації місцевого самоврядування. Геопортал ОТГ виступає не лише засобом візуалізації геопросторових даних, а й потужною платформою для підвищення прозорості влади та залучення громадян до суспільно важливих управлінських рішень. Використання сучасних ГІС-технологій які розгортаються в інтернет забезпечує інтеграцію різномірних наборів даних, автоматизацію аналітичних процесів, підтримку сталого розвитку, а також розширює можливості моніторингу.

Основну частину кваліфікаційної роботи складає вибір архітектури, технологічного стеку, методології розробки геопорталу. Враховано діюча нормативна база, вимоги стандартів поширення в мережі інтернет відкритих даних та принципи інформаційної безпеки. Підкреслено важливість якісного проектування користувацько орієнтованого дизайну та дотримання інтеграцію з геоданими з державних, громадських та комерційних сервісів. Окремо акцентовано на необхідності забезпечення через геопортал взаємодії громади з владою. Геопортал є базовим елементом цифрової інфраструктури громади, а його розробка повинна базуватися на комплексному технічному плануванні, сучасних інструментах ГІС, відкритих стандартах та орієнтації на потреби користувачів.

В роботі детально описано життєвий цикл розробки геопорталу громади і приведено його часткову реалізацію для Новояричівської селищної ОТГ Львівської області. Розроблений клієнтський веб-інтерфейс, заснований на JavaScript/Leaflet, забезпечує не лише перегляд, але й функції аналізу та моделювання геопросторових даних для потреб органів самоврядування Новояричівської ОТГ та її громадян.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI. // Відомості Верховної Ради України. 2010. № 34. Ст. 481.
2. Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» від 13.04.2020 № 554-IX. // Відомості Верховної Ради України. 2020. № 38. Ст. 280.
3. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII // Відомості Верховної Ради України. 1992. № 49. Ст. 668.
4. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про набори даних, які підлягають оприлюдненню у формі відкритих даних» від 21.10.2015 № 835 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/835-2015-%D0%BF#Text>
5. Постанова Кабінету Міністрів України «Про визначення переліку функціональних типів територій та вимог до показників для віднесення територій до різних функціональних типів» від 19 листопада 2025 р. № 1493. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-vyznachennia-pereliku-funktsionalnykh-typiv-terytorii-ta-vymoh-do-pokaznykiv-dlia-s1493191125>
6. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних» від 26 травня 2021 р. N 532. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF#Text>
7. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Наказ «Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів національної інфраструктури геопросторових даних» від 10.11.2021 № 347. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text>
8. Державний комітет інформаційної політики, телебачення і радіомовлення України. Порядок інформаційного наповнення та технічного забезпечення

Єдиного веб-порталу органів виконавчої влади та Порядок функціонування веб-сайтів органів виконавчої влади, затверджені наказом від 25.11.2002 №327/225

9. ДСТУ ISO 19119:2017 Географічна інформація.Сервіси (ISO 19119:2016);
10. Андрухів І. О., Заболотний В. В. Роль REST-сервісів та OGC-стандартів у побудові розподілених ГІС. // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2021. – № 4(72). – С. 140-145.
11. Барановський В. А., Смірнова О. В. Принципи моделювання геобаз даних на базі PostGIS для кадастрових потреб. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – 2022. – Вип. 85. – С. 101-106.
12. Бондар В. С., Степчук Ю. О. Ергономічні вимоги до робочих місць операторів ГІС. // Охорона праці в Україні. – 2022. – № 6. – С. 58-62.
13. Дехтяренко Ю. В., Буга С. В. Кібербезпека геоінформаційних систем: загрози та методи захисту. // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації. – 2023. – № 1(18). – С. 55-60.
14. Дудченко В. П., Пащенко В. М. Геопортали та ГІС у системі екологічного моніторингу: принципи організації. // Екологічна безпека та природокористування. – 2021. – № 1(37). – С. 98-103.
15. Дяченко М. М., Шамрай Д. Л. Організація роботи із захистом даних та резервним копіюванням у веб-сервісах. – Київ: "Технічна книга", 2020. – 180 с.
16. Звіт (інформація) про стан функціонування та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних у 2024 році. – Київ: Мінрегіонбуд, 2024. – 11 с. URL: https://land.gov.ua/wp-content/uploads/2025/04/zvit-nigd-za-20241.pdf?utm_source=chatgpt.com
17. Карпінський Ю. О., Лященко А. А., Кучер О. В. Національна інфраструктура геопросторових даних: монографія. – Київ: «Картографія», 2021. – 320 с.
18. Коломоєць О. В., Черниш Н. В. Застосування Open Source ГІС-інструментів (Leaflet, GeoServer) для розробки муніципальних геопорталів. // Науковий

- вісник УкрДЛТУ. – 2023. – Вип. 33.5. – С. 115-120.
19. Коновалова Ю. В., Лисенко Д. В. Аналіз вимог до інтерфейсу користувача Web GIS для органів місцевого самоврядування. // Вісник геодезії та картографії. – 2023. – № 2(89). – С. 28-34. (у розд 3.3: С. 58-61).
 20. Лавренъев В. М., Лященко А. А. Веб-орієнтовані геоінформаційні системи: архітектура та реалізація. – Київ: КНУБА, 2019. – 280 с.
 21. Левківський М. Ю., Савчук С. Г. Геоінформаційні системи та технології: Підручник. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2022. – 450 с.
 22. Лозинський В. В., Вовк В. М. Управління земельними ресурсами в умовах децентралізації: ГІС-підхід. – Київ: Аграр Медіа Груп, 2020. – 290 с.
 23. Майстренко С. О., Пилипів Р. М. Методологія Agile у життєвому циклі розробки геопорталу. // Інформаційні технології та системи управління. – 2022. – № 2(15). – С. 44-48.
 24. Методичні рекомендації щодо опублікування у мережі інтернет містобудівної документації. Розроблені проектною групою громадської організації «Офіс ефективного регулювання» (BRDO) спільно з Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України (Мінрегіон) за технічної підтримки проекту «MATRA» посольства Королівства Нідерландів. URL: <http://brdo.com.ua/projects/vidkryte-prostorove-planuvannya/>
 25. Місцевий портал відкритих даних Львівщини. Новояричівська селищна рада (47 наборів даних). URL: <https://data.loda.gov.ua/organization/novoiarychivska-selyshchna-rpomada>
 26. Порядок оприлюднення наборів даних Новояричівської селищної ради у формі відкритих даних. Додаток до рішення виконавчого комітету Новояричівської селищної ради №703 від 31.05.2024р. URL: <https://novoyarychiv-gromada.gov.ua/news/1718368807/>
 27. Стадник С. І., Соколов В. В. Екологічна оцінка впливу ІТ-інфраструктури та шляхи її мінімізації. // Вісник екології та природокористування. – 2022. – №

З(24). – С. 110-114.

28. OGC SFA - Simple feature access - Part 1: Common architecture (Специфікація OGC - Доступ до простих просторових об'єктів - Частина 1: Загальна архітектура, що відома також як ISO 19125-1);
29. OGC SFA-S - Simple feature access - Part 2: SQL option (Специфікація OGC - Доступ до простих просторових об'єктів - Частина 2: Варіант SQL, що відома також як ISO 19125-2).