

Міністерство освіти і науки України
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

**ОСОБЛИВОСТІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ПРИРОДНОГО
ГАЗУ (НА ПРИКЛАДІ ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ
ОБЛАСТІ)**

Дипломна робота

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконав:

студент VI курсу, групи 628
спеціальності

193 «Геодезія та землеустрій»
(назва спеціальності)

Лодба Іван Андрійович

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник: к.г.н., доц. Мельник А.А.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

До захисту допущено:

протокол засідання кафедри № _____

від «__» _____ 2021 р.

зав. кафедри _____ проф. Сухий П.О.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	7
1.1. Поняття про системи транспортування та розподілу природного газу, їх складові та принципи функціонування.....	7
1.2. Геодезичне забезпечення інфраструктури розподілу природного газу.....	12
1.3. Зарубіжний досвід організації та використання геоінформаційних систем інженерних комунікацій	17
Висновки до розділу 1.....	19
РОЗДІЛ 2. ВИХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЇХ ОБРОБКИ	21
2.1. Відомості про програмно-апаратне забезпечення	21
2.2. Джерела даних.....	25
2.2.1. Топографо-геодезичні роботи	26
2.2.2. Таблична інформація та бази даних	29
2.2.3. Серверні рішення та геопортали	34
2.3. Загальні вимоги до даних та етапності здійснюваних робіт	36
2.3.1. Векторизація та перевірка топологічної коректності	38
2.3.2. Прийоми наповнення атрибутивних даних.....	40
2.3.3. Розміщення та публікація даних.....	43
Висновки до розділу 2.....	46
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ	48
3.1. Особливості організації довідково-інформаційної системи розподілу природного газу	48
3.2. Аналітичні можливості	53

3.3. Інтерактивне веб-картографування мережі розподілу природного газу ..	54
3.4. Проблемні моменти та перспективи подальшої оптимізації ГІС-рішень .	58
Висновки до розділу 3.....	59
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63
ДОДАТКИ.....	66

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ESRIShapefile (*.shp) – популярний векторний формат географічних даних.

GeoServer – вільне програмне забезпечення, що надає можливість адміністрування і публікації геоданих на сервер.

GNSS(англ. GlobalNavigationSatelliteSystems) –глобальна навігаційна супутникова система.

PostGIS – вільне програмне забезпечення, що додає підтримку географічних об'єктів до баз даних СКБДPostgreSQL.

PostgreSQL – вільна об'єктно-реляційна система керування базами даних.

QGIS – вільна крос-платформова геоінформаційна система.

SQL(англ. structuredquerylanguage)–мова структурованих запитів.

SRID(англ. Spatial Reference System Identifier) –ідентифікатор системи координат.

WMS(англ. WebMapService) –картографічна веб-служба.

БД – база даних.

БГД – база геоданих.

ГІС – географічна інформаційна система.

ГРП – газорегулюючий пункт.

ГРС – газорозподільна станція.

ЕХЗ – електрохімзахист.

КС – компресорна станція.

МГ – магістральний газопровід.

РГ – розподільний газопровід.

СКБД – система керування базами даних.

ШГРП – шафовий газорегулюючий пункт.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Сфера розподілу природного газу відіграє одну з ключових ролей у енергетичній галузі держави. Її розвинена система є передумовою стабільного функціонування промислових, комунально-побутових та інших стратегічних об'єктів, задоволення потреб побутових споживачівв енергоносії.

Сучасний стан газопровідної інфраструктури України, окрім традиційних, потребує новітніх методів та засобів для здійснення ефективної експлуатаційної діяльності, моніторингу та впровадження систем підтримки прийняття рішень. Геоінформаційні технології є одним із найоптимальніших засобів для опрацювання даних, забезпечення їх систематизації, повноти та регулярної актуалізації, створення передумов для проектування та оптимізації мереж.

Для виконання поставленого завдання було обрано геоінформаційну систему QGIS (аналіз, обробка, представлення даних), систему керування базами даних PostgreSQL (організація бази геоданих), веб-сервер GeoServer (адміністрування та публікація геоданих).

Мета дослідження полягає в аналізі технології геоінформаційного забезпечення системи розподілу природного газу.

Об'єктом дослідження є газотранспортна та газорозподільна мережі Чернівецької області.

Предметом дослідження є особливості моделювання забезпечення ефективної експлуатації газорозподільної мережі з застосуванням технологій ГІС та баз геоданих.

Завданнями дослідження є:

- узагальнити теоретичні відомості про системи транспортування і розподілу природного газу, їх топографо-геодезичне забезпечення;
- проаналізувати вихідні дані для картографування та розробки бази геоданих і рішень візуалізації геопросторових даних;

- проаналізувати технології геоінформаційного забезпечення системи розподілу природного газу.

Методи дослідження: при виконанні роботи були використані загальнонаукові методи – аналізу, синтезу, аналогії, моделювання, порівняння, прогнозування; конкретно-наукові – розрахунково-конструктивний, порівняльно-географічний; спеціальні – геодезичний, картографічний, ін.

Прикладне значення одержаних результатів: результати дослідження використовуються для розробки геоінформаційної системи об'єктів газопостачання АТ «Чернівцігаз».

Структура та обсяг роботи: робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг складає 71 сторінок машинописного тексту. Робота містить 3 таблиці, 26 рисунків, 5 додатків. Список використаних джерел включає 27 найменувань.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ ПРО ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

1.1. Поняття про системи транспортування та розподілу природного газу, їх складові та принципи функціонування

Згідно з законом України "Про трубопровідний транспорт» система трубопровідного транспорту України включає магістральний трубопровідний транспорт і промисловий трубопровідний транспорт. Газопровідні мережі систем газопостачання населених пунктів належать до об'єктів промислового трубопровідного транспорту.

Діяльність, яка пов'язана з проектуванням, будівництвом, ремонтом та експлуатацією об'єктів трубопровідного транспорту здійснюється на підставі дозволу (ліцензії) і підлягає обов'язковій сертифікації. Ліцензії видаються уповноваженими на те центральними органами виконавчої влади у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

У системах газопостачання населених пунктів можуть використовуватись такі енергоносії:

- природний газ;
- скраплені вуглеводневі гази (СВГ);
- суміш парів пропану і бутану з повітрям.

Основним паливом у системах газопостачання України є природний газ. Трубопровідний транспорт газу відіграє вирішальну роль у газопостачанні комунальних і промислових споживачів України.

Основні елементи традиційної системи газопостачання на базі природного газу у масштабі країни складаються з послідовних частин. Природний газ із газового родовища надходить на установку підготовки газу до транспорту (ПГТ). Очищений газ, в свою чергу, подається у газотранспортну систему (ГТС), основним елементом якої є магістральні газопроводи. Сучасні магістральні газопроводи характеризуються значною протяжністю, великим діаметром (700-1400 мм),

складною геометричною структурою (наявність кількох ниток, з'єднаних перемичками, лупінгів, простих і складних за структурою відгалужень до споживачів газу тощо). По газопроводах газ транспортується за рахунок енергії стисненого газу. Необхідний тиск газу (до 7,5 МПа) створюють головна (що знаходиться в голові газопроводу) і проміжні компресорні станції (КС). У кінці магістрального газопроводу, а також у кінці відводів, там, де газ необхідно передати споживачу, передбачаються газорозподільні станції (ГРС). ГРС зазвичай споруджуються поблизу міст або інших населених пунктів. Основна їх функція – зниження тиску газу і автоматичне його підтримання на заданому рівні (0,3-1,2 МПа) залежно від схеми газопостачання.

Після ГРС природний газ надходить у систему газопостачання населеного пункту.

Система газопостачання населених пунктів складається із джерела газопостачання (магістральний газопровід або газонаповнювальна станція СВГ), складної за структурою газової розподільної мережі і внутрішнього газового устаткування для використання газу.

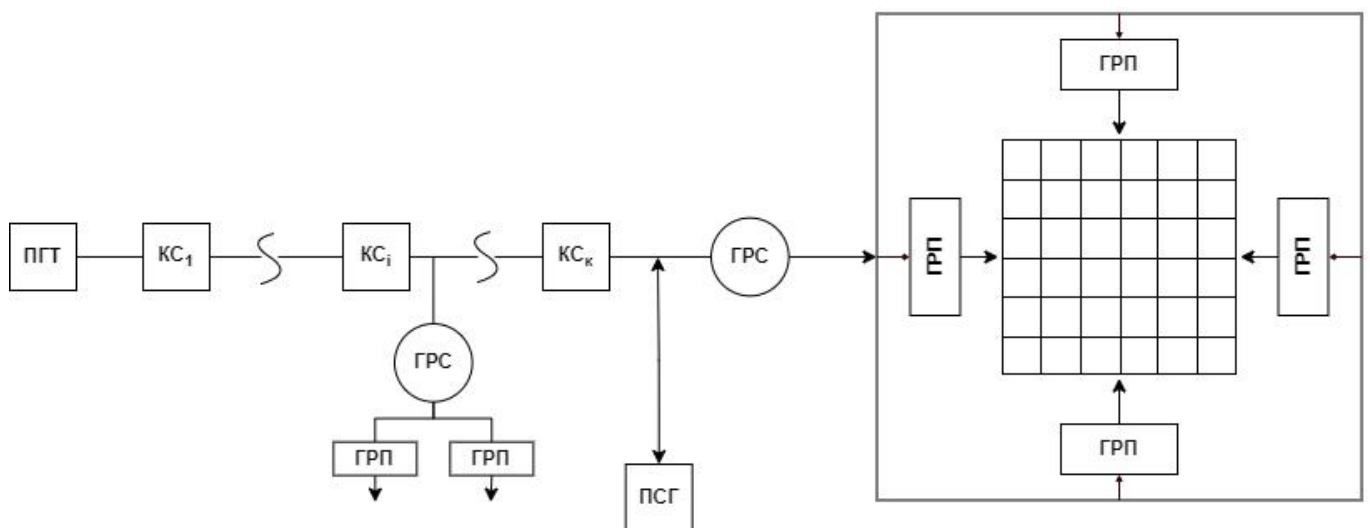


Рисунок 1.1. Принципова схема транспортування

Мережі газопостачання населених пунктів залежно від величини максимального робочого тиску підрозділяються на газопроводи високого, середнього і низького тисків. Газопроводи різного тиску пов'язуються між собою системою газорегуляторних пунктів (ГРП).

Фактичне споживання газу є різко нерівномірне протягом доби, місяця і року. Найскладнішою проблемою у масштабі країни є сезонна нерівномірність споживання газу. Найбільш ефективним та економічним способом регулювання цієї нерівномірності є включення в систему газопостачання підземного сховища газу (далі ПСГ). Найширшого використання в Україні набули пластові підземні сховища газу, які створені у виснажених газових і нафтових родовищах або водоносних горизонтах.

Пластове ПСГ складається із пласта-колектора, розміщеного на глибині кількох сотень метрів, парку нагнітально - експлуатаційних свердловин для закачування і відбору газу із пласта, установок для очищення, осушення, охолодження та компримування газу. Відбирання газу із сховища і подавання споживачам ведеться через ГРС.

Всі елементи загальної системи газопостачання гідравлічно пов'язані між собою. Зміна режиму роботи одного з них (наприклад, зміна обсягів видобутку газу, зміна продуктивності газопроводу, тиску газу у ньому тощо) викликає відповідні зміни режиму роботи всіх інших елементів, в тому числі системи газопостачання населених пунктів.

До складу систем газопостачання населених пунктів згідно з ДБН В.2.5-20:2018 входять:

- газопроводи і споруди систем газопостачання населених пунктів (включаючи міжселищні газопроводи, розподільні газопроводи, внутрішньоквартальні газопроводи і вводи), газопроводи до підприємств, теплових електростанцій (далі ТЕС), котельних, автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (далі АГНКС);
- газопроводи та газове обладнання промислових і сільськогосподарських підприємств, ТЕС, котельних, підприємств комунального та побутового обслуговування населення, житлових і громадських будівель;
- газорегуляторні пункти (ГРП), газорегуляторні пункти блочні (ГРПБ), шафові газорегуляторні пункти (ШРП), газорегуляторні установки (ГРУ),

комбіновані будинкові регулятори тиску (КБРТ), установки для отримання газоповітряних сумішей тощо;

- газонаповнювальні станції (ГНС) і пункти (ГНП), проміжні склади балонів (ПСБ), стаціонарні автомобільні газозаправні станції (АГЗС) і пункти (АГЗП), резервуарні установки, групові та індивідуальні газобалонні установки (ГБУ та ІГБУ), випарні та змішувальні установки зріджених вуглеводневих газів (СВГ).

Проектування систем газопостачання слід виконувати згідно із затвердженими схемами газопостачання областей, районів, міст, селищ і сіл, які повинні розроблятися на основі генеральних планів населених пунктів з урахуванням розвитку їх на перспективу та згідно з вимогами ДБН.

Системи та об'єкти газопостачання належить проектувати з урахуванням максимальної індустріалізації будівельно-монтажних робіт за рахунок застосування збірно-блочних, стандартних і типових елементів, виготовлених у заводських умовах.

У проектах систем та об'єктів газопостачання необхідно передбачати заходи щодо безпеки газопостачання згідно з ДБН В.2.5-20:2018, ДНАОП 0.00-1.20-98, пожежної безпеки згідно з НАПБ А.01.001-95, СНиП 2.01.02-85*, ГОСТ 12.1.004-91, охорони праці згідно з Законом України «Про охорону праці», оцінки впливів на навколишнє середовище згідно з ДБН А.2.2-1-95 як на період будівництва, так і на період експлуатації.

Згідно з ДБН В.2.5-20:2018 газопроводи систем газопостачання населених пунктів залежно від тиску газу, що транспортується ними, діляться на:

- *газопроводи високого тиску I категорії* - при робочому тиску газу від 0,6 до 1,2 МПа для природного газу та газоповітряних сумішей і до 1,6 МПа для СВГ;
- *газопроводи високого тиску II категорії* – при робочому тиску газу від 0,3 до 0,6 МПа;
- *газопроводи середнього тиску* - при робочому тиску газу від 0,005 до 0,3 МПа;

- *газопроводи низького тиску* - при робочому тиску газу до 0,005 МПа (5000 Па).

Всі зазначені вище значення тиску газу - це надлишковий тиск, тобто тиск газу без урахування атмосферного тиску.

Аналітичні залежності, за якими здійснюються проектні та експлуатаційні розрахунки газопроводів, підбір технологічного обладнання ГРС і ГРП тощо, передбачають використання значень абсолютного тиску газу.

Вибір системи газопостачання за тиском, кількістю ступенів редукування, кількістю ГРС, ГРП та геометричною структурою розподільних газопроводів (кільцеві, тупикові, змішані) слід виконувати на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням обсягу, структури і щільності газоспоживання, надійності та безпеки газопостачання, а також місцевих умов будівництва та експлуатації.

Системи газопостачання населених пунктів можуть бути:

- *одноступеневі*, з подачею газу тільки по газопроводах одного тиску (низького чи середнього);
- *двоступеневі*, з подачею газу споживачам по газопроводах двох тисків - середнього і низького, високого II категорії і низького; високого I категорії і середнього тощо;
- *треступеневі*, з подачею газу споживачам по газопроводах трьох тисків - високого I або II категорії, середнього та низького;
- *багатоступеневі*, при яких розподіл газу здійснюється по газопроводах чотирьох тисків: високого I та II категорії, середнього та низького.

Зв'язок між газопроводами різних тисків, що входять до системи газопостачання, здійснюється через пристрої для редукування газу (ГРП, ГРПБ, ШРП, КБРТ).

За геометричною структурою розрізняють дві схеми мереж газопостачання: кільцеві і тупикові (розгалужені).

Кільцеві мережі газопостачання - це система замкнутих газопроводів, які утворюють кільця (контури). Основна перевага таких газорозподільних мереж –

підвищена надійність газопостачання. Аварія на будь-якій ділянці мереж не спричинює припинення газопостачання інших споживачів. Недоліком таких систем газопостачання є більші капітальні вкладення в їх будівництво.

Тупикові (розгалужені) газорозподільні мережі складаються з основної магістралі, від якої відходять відводи і відгалуження для газопостачання споживачів. Надійність розгалуженої схеми газопостачання значно нижча. При аварії на будь-якій ділянці газопроводу припиняється подача газу до всіх споживачів, розміщених після аварійної ділянки (за рухом газу).

Питання про доцільність використання кільцевих і розгалужених газопроводів є одним із найбільш важливих при проектуванні мереж газопостачання населених пунктів. У більшості випадків система газопостачання міських і сільських населених пунктів складається з сукупності кільцевих газових магістралей і тупикових мереж, що відходять від магістралей. Така схема газопостачання населених пунктів достатньо гнучка в керуванні, достатньо надійна, дає можливість при виникненні нештатних ситуацій здійснювати частковий перерозподіл потоків газу на окремих ділянках газорозподільних мереж з урахуванням реальних потреб споживачів природного газу. Чим більша частка кільцевих мереж у загальній протяжності мереж, тим більша технологічна надійність системи газопостачання населеного пункту.

1.2. Геодезичне забезпечення інфраструктури розподілу природного газу

Геодезичне забезпечення – це комплекс організаційних, технологічних, технічних та інших заходів, що спрямовані на забезпечення відповідності геометричних параметрів об'єктів будівництва вимогам проектної та нормативної документації. Роботи, які виконані геодезичними методами, геодезичними приладами та інструментами з визначення просторового положення споруд та лінійних об'єктів; визначення форм та розмірів об'єктів; одержання геометричних, аналітичних та цифрових моделей просторових об'єктів; вимірювання, визначення, контроль та моделювання просторового положення об'єктів складають комплекс геодезичних робіт.

Етапами геодезичних робіт при будівництві об'єктів газопостачання є:

- створення зовнішньої та внутрішньої геодезичної розмічувальної мережі будівництва;
- розмічування лінійних споруд або їх частин, тимчасових будівель (споруд) та території будівельного майданчика, крім магістральних;
- створення розмічувальної мережі для монтажу технологічного устаткування;
- геодезичний контроль точності геометричних параметрів будівель (споруд), їх елементів та фундаментів технологічного устаткування і виконавче знімання із складанням виконавчої геодезичної документації;
- геодезичні вимірювання деформацій (моніторинг) основ, фундаментів, конструкцій будівель (споруд) їх частин.

Для проведення робіт з газифікації необхідні високої якості картографо-геодезичні матеріали, які давали б можливість достатньо повно і детально відобразити ситуацію місцевості. Для цієї мети необхідні заданого масштабу карти і плани, каталоги координат і інші матеріали, які задовольнили б відповідну точність визначення елементів та характеристик об'єктів системи розподілу природного газу. Наявність великої кількості територіальних одиниць з великою густотою забудови обумовлює підвищені вимоги до точності відображення трас лінійних споруд, визначення їх елементів і характеристик будівель та споруд на них.

Картографо-геодезичні матеріали включають топографічні карти і плани, схеми, креслення та набір текстових документів у вигляді проектів, таблиць, списків, реєстрів тощо. Зміст картографо-геодезичних матеріалів визначається сукупністю елементів документації, креслень, схем, які є відображенням властивостей об'єктів газопостачання.

Картографо-геодезичні матеріали в сфері розподілу природного газу використовують при вирішенні наступних завдань:

- прийняття управлінських рішень на рівні міських органів влади і комунальних служб;

- виконання графоаналітичних розрахунків для складання проектів газифікації приватного житлового фонду, комунально-побутових об'єктів, промисловості та ін.;
- виконання проектних розробок обґрунтувань й удосконалення технічних рішень розвитку і редизайну мережі розподілу природного газу;
- визначення об'ємів робіт, зокрема земельних, при будівництві і реконструкції об'єктів газопостачання;
- визначення протяжностей проєктованих лінійних споруд;
- складання графічних додатків до правових та управлінських документів.

Планово-картографічні матеріали є просторовим базисом, який забезпечує планово-висотний зв'язок даних про об'єкти у відповідних системах координат і висот на всіх рівнях представлення. Зміст інформації відображається на планах, або в базах даних електронних засобів (базах геоданих), масштаби яких встановлюються залежно від співвідношення елементів ситуації, рівня представлення даних і необхідної точності визначень. На друкованих планах інформація зображується умовними знаками, в електронних засобах відповідними кодами і графічними засобами.

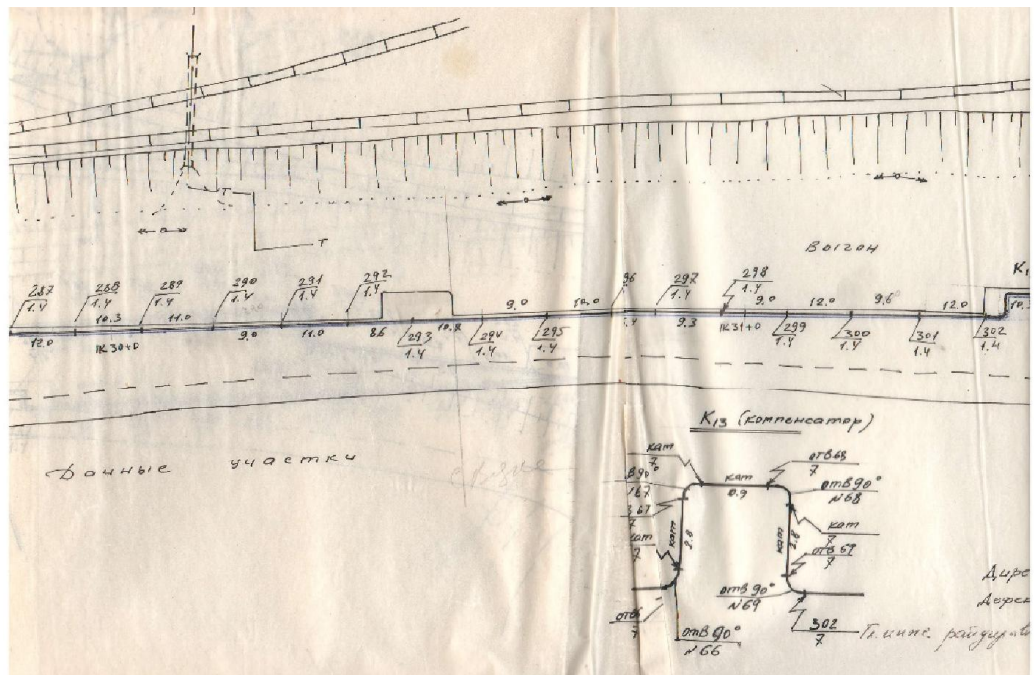


Рисунок 1.2. Зразок виконавчої схеми прокладання газопроводу

Картографо-геодезичні матеріали, що використовуються для створення систем інженерних комунікацій, повинні відповідати певним вимогам, основними з яких є: точність, достовірність інформації, зручність і наочність сприйняття, доступність. Точність, достовірність і насиченість інформацією визначаються масштабом і предметною специфікою топографічних планів; зручність і наочність - системою умовних знаків і наповнюваністю інформацією про елементи і характеристики інженерних об'єктів; наочність та зручність сприйняття залежать від насиченості деталями й елементами, можливістю і легкістю читання планів та інших графічних документів.

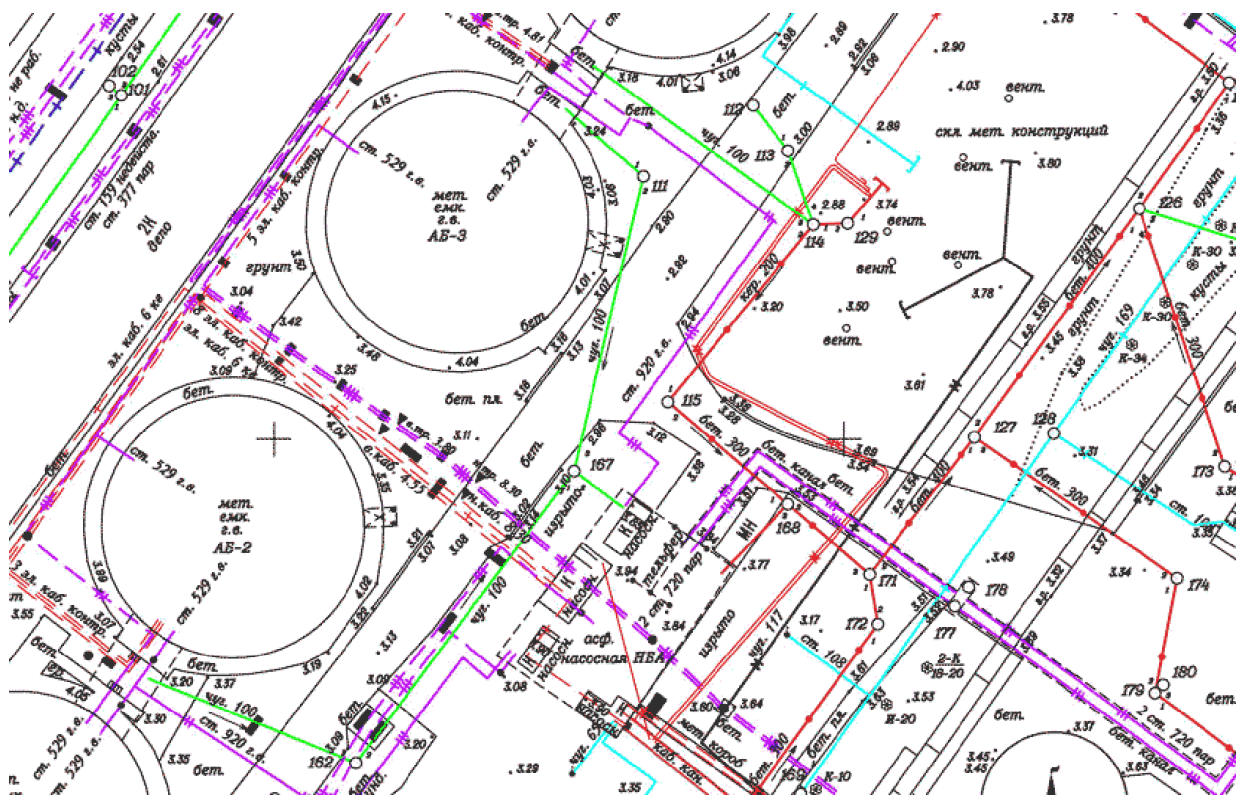


Рисунок 1.3. Фрагмент топографічного плану інженерних мереж

Одним з найважливіших параметрів просторової інформації є точність матеріалів і документів, яка залежить від середніх квадратичних помилок при виконавчих зніманнях, від помилок, які допускаються під час обробки результатів польових вимірювань чи дигіталізації існуючих топографічних планів і карт, або при обробці аерофотознімків.

Масштаб картографо-геодезичних матеріалів визначає не тільки точність та наочність інформації, але і трудомісткість, тривалість і вартість робіт з кадастрового знімання. Вибір масштабу знімальних робіт визначається необхідністю картографічного забезпечення геодезичних робіт у певному населеному пункті, насиченістю території інженерно-технічною та промисловою інфраструктурою, площею його території, станом топографо-геодезичного забезпечення тощо.

Просторовою особливістю системи газопостачання є лінійно-мережевий та вузловий характер розміщення її об'єктів у географічному просторі. Територіальна розосередженість газових мереж, їх основні характеристики є важливою складовою інфраструктури просторових даних. Разом з тим, вони мають специфічні

особливості та властивості, що створюють певні вимоги до представлення просторової інформації у базах даних.

Газорозподільна мережа складається із транспортних ліній (газопроводів), які сполучають точки виходу газу, пункти редукування, вузли обліку та кінцевих споживачів. Газопроводи (лінії) розрізняються за тисками, діаметрами, матеріалами, прокладанням.

Конфігурації газорозподільної мережі властиві топологічні (взаємне розміщення частин), геометричні (форма) та метричні властивості. Основними топологічними властивостями газових мереж є просторова зв'язність і ізолюваність, взаємне впорядкування елементів (їх взаємне розміщення), відношення сусідства, циклічність і розгалуження лінійних елементів мережі.

В основі даних про мережу газопостачання лежить модель просторових даних, заснована на основі теорії графів.

1.3. Зарубіжний досвід організації та використання геоінформаційних систем інженерних комунікацій

Одним з перших прикладів світового досвіду у цій галузі може слугувати система FiberOptic Works. Це передова телекомунікаційна ГІС, яка дозволяє операторам підтримувати робочий стан мереж, отримувати оперативну та достовірну інформацію про місцезнаходження комунікацій з їх мережевою інфраструктурою і можливостями підключення, які можуть використовуватися користувачами та іншими програмами в своїх організаціях. Вона забезпечує більш точні, послідовні записи, застосовуючи інтелектуальні, керовані правилами інструменти, які оптимізують і покращують процеси проектування і документування мережі. Геоінформаційна система може оцінювати, контролювати і відслідковувати стан проектів, обладнання (включаючи альтернативні проекти) і з'єднань, використовуючи свою багатогалузеву модель даних, корисну для моделювання повного життєвого циклу інженерного обладнання. Комунікаційна модель ГІС готова до використання з готових продуктів, підтримуючи велику атрибуцію кожного пристрою і провідника для відстеження їх підключення по всій

мережі і ведення записів стримування і сплайсингу - інформації, яка підтримує інтеграцію з OSS/NRM для оптимізації роботи процесів і розширеного відстеження та аналізу.

Рішення базується на надійній основі Intergraph G/Technology і Oracle, що надає гнучку і відкриту платформу, яка, як виявилось, масштабується від регіональних мереж до найбільших національних багатогалузевих операцій. Німецька компанія StadtwerkeBayreuth обрала HexagonSafety&Infrastructure для реалізації свого програмного забезпечення Intergraph G/Technology з додатковими модулями G!NIUS для перенесення даних про газ і воду. Hexagon налаштував це рішення ПС на індивідуальні вимоги, необхідні для підтримки газового, водного, кадастрового і топографічного секторів. За допомогою програмного забезпечення HexagonStadtwerkeBayreuth вдалося стандартизувати збір інформації, управляти великими потоками даних і скоротити неузгодженість звітності, гарантуючи, що компанія зможе аналізувати точні дані в режимі реального часу.

Грунтуючись на платформі G/Technology, в StadtwerkeBayreuth розробили програми для кожної своєї комунальної служби. Ці додатки надають інтегровані дані, що дозволяють представляти активи; наприклад, відображення кабельних мереж StadtwerkeBayreuth дозволило показати поточні багатолінійні системи в різних штатах, даючи більш швидкий і точний розрахунок довжини кабелів. Крім того, здатність G!NIUS збирати статистику дозволила StadtwerkeBayreuth швидко відправити точну звітність в Федеральне мережеве агентство.

Використовуючи для цього G/Technology з G!NIUS в якості комплексного рішення для управління даними, StadtwerkeBayreuth зміг візуалізувати свої різні ресурси і активи в усіх областях обслуговування – відобразити надійні джерела енергії через звіти та інформацію в режимі реального часу.

За кордоном подібні системи практикуються давно і впровадженні у використання, для різноманітних потреб. Наприклад компанія ESRI, розробники всім відомого програмного продукту ArcGIS, розробила веб-переглядач у якому здійснюється можливість перегляду місцевості і будівель у 3D моделі та читати деяку атрибутивну інформацію про об'єкти. Це дає можливість наочно більш точно

оцінити стан місцевості та с CityEngineWebViewer дозволяє працювати з 3D міськими ландшафтами та комунікаціями за допомогою веб-браузера.

Користувачі в змозі виконувати навігацію по карті за допомогою масштабування, пересування та повороту; вибирати закладку; вибирати для відображення певних шарів; виконати пошук об'єктів, атрибутів та іншого; змінити освітлення і тіні; надавати доступ через різні соціальні мережі та переглядати додаткову інформацію про карту споруди, і отримати більш повну дані необхідні користувачеві. За допомогою CityEngineWebViewer можна взаємодіяти з міськими 3D-сценами та іншими 3D-сценами при використанні веб-браузера для таких цілей:

- Переміщуватися по сцені за допомогою панорами, масштабування та зміни перспектив;
- Вибрати певні шари для перегляду;
- Ховати сцену, щоб розкрити різні представлення та сценарії;
- Виконати пошук в області вмісту об'єктів, атрибутів та метаданих.

Висновки до розділу 1

Проаналізовано основні засади функціонування мереж транспортування та розподілу природного газу, їх геодезичне забезпечення.

З'ясовано, що система газопостачання являє собою велику складну інженерну систему, безперебійне функціонування якої має стратегічне значення в енергетичній сфері держави. Ключовим етапом при здійсненні робіт з проектування та створення газових мереж є геодезичні роботи. Експлуатація системи неможлива без належного геодезичного забезпечення.

Окрім цього, якісний результат експлуатування досягається впровадженням інноваційних технологій, уніфікацією баз даних згідно міжнародних стандартів, створенням єдиного інформаційного простору для всіх структурних підрозділів організації.

Виявлено, що системи геоінформаційних технологій за рубежом впроваджуються давно. Окрім типового функціоналу впроваджені системи підтримки прийняття рішень, що дозволяють здійснювати оперативний моніторинг,

планування, виявлення та усунення аварійних ситуацій на об'єктах. Обробка величезних масивів даних відбувається швидко, за рахунок розроблених алгоритмів. Стандартизація в плані організації даних забезпечує взаємодію спеціалізованих геоінформаційних систем з іншими технологіями, в тому числі з державними інфраструктурами геопросторових даних.

РОЗДІЛ 2. ВИХІДНІ ДАНІ ТА МЕТОДИКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЇХ ОБРОБКИ

2.1. Відомості про програмно-апаратне забезпечення

Геоінформаційні системи базуються на певному наборі технічного обладнання, основними функціями якого є забезпечення роботи геоінформаційних систем і допоміжних програм, збереження масивів цифрових даних, забезпечення збору і введення даних, представлення готової інформації. Комплекс електронних і електронно-механічних пристроїв, призначений для технічної підтримки працездатності ГІС, називається апаратним забезпеченням ГІС. Під апаратним забезпеченням мається на увазі технічне устаткування геоінформаційної системи, що містить власне комп'ютер і інші механічні, магнітні, електричні, електронні й оптичні периферійні пристрої чи аналогічні прилади, що працюють у складі апаратного комплексу або автономно, а також будь-які пристрої, необхідні для функціонування геоінформаційної системи (наприклад, GNSS-апаратура, електронні картографічні прилади і геодезичні прилади). Загальна організація взаємозв'язку елементів апаратного забезпечення геоінформаційної системи називається архітектурою, сукупність функціональних частин – конфігурацією системи.

Залежно від призначення і масштабу ГІС апаратне забезпечення може мати різні функціональні групи пристроїв. Для простих настільних ГІС кінцевого користувача досить звичайного офісного комп'ютера з принтером, багатфункціональні корпоративні ГІС можуть налічувати десятки робочих місць з різними периферійними пристроями, об'єднаних у єдину обчислювальну мережу з керованим доступом. Для виконання деяких технологічних операцій введення чи представлення даних у середовищі ГІС розробляються унікальні апаратні пристрої, які є досить дорогі.

Від організації взаємодії і технічних характеристик різних пристроїв залежить ефективність роботи геоінформаційної системи в цілому. Взагалі ГІС характеризуються підвищеними вимогами до технічних характеристик

комплектуючих вузлів комп'ютерів і периферійних пристроїв. Зокрема, спеціальні вимоги висувають до апаратної підсистеми збору і введення просторових даних, у якій використовуються спеціалізовані прилади. Особливі вимоги також висуваються до підсистеми виведення даних – необхідність друку великоформатних повнокольорових карт зумовила необхідність створення спеціального класу друкувальних периферійних пристроїв.

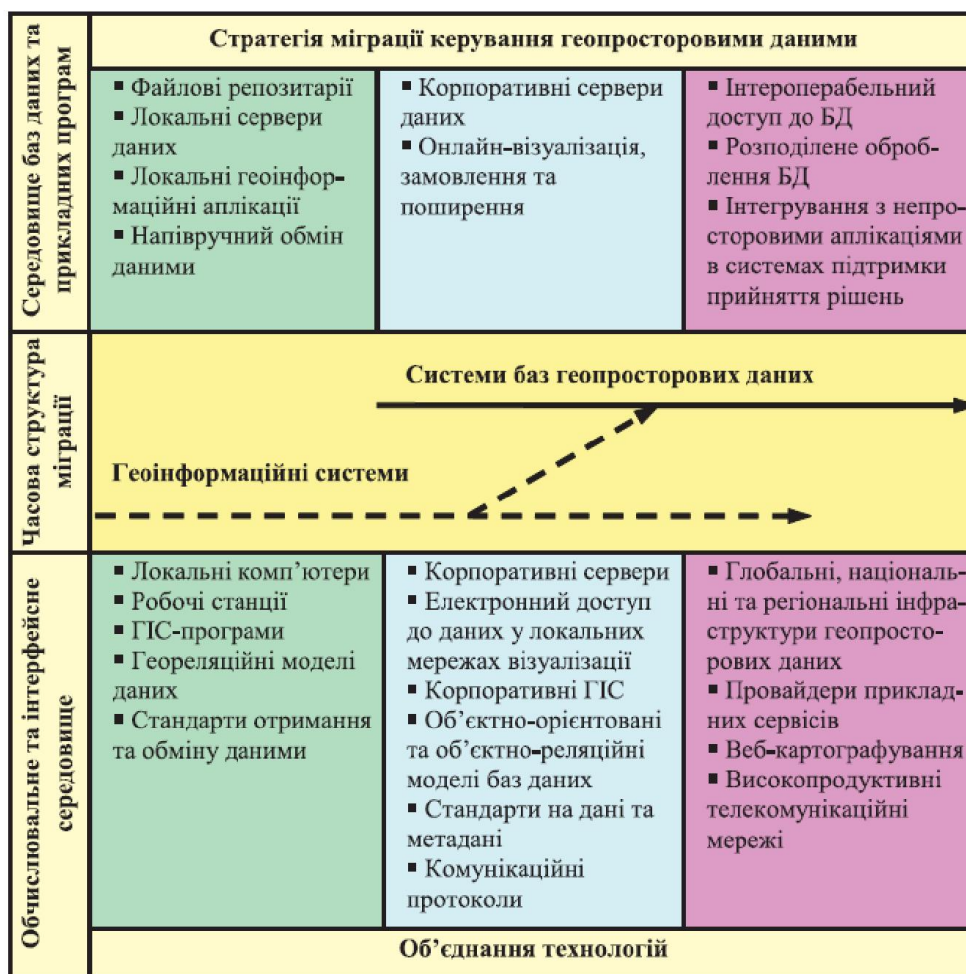


Рисунок 2.1. Міграція засобів оброблення геопросторових даних від ГІС до систем баз геоданих

Програмне забезпечення геоінформаційних систем слід розглядати як сукупність підсистем, кожна з яких здатна забезпечити поставлене їй завдання. Залежно від функціональних можливостей програмного забезпечення, які дозволяють ефективно вирішувати різні завдання, можна умовно виділити кілька систем:

1. *Системи введення.* Це програмні засоби введення даних, що дозволяють грамотно і ефективно здійснити створення бази даних геоінформаційної системи. Для введення інформації часто використовуються спеціальні програми, які носять назву векторизатор або векторних редакторів, в залежності від способу векторизації, закладеного в них.

2. *Системи аналізу даних.* Ці системи забезпечують функції пошуку і аналізу - від простих відповідей на запити до складного статистичного аналізу великих масивів даних. Підсистема аналізу є «серцем» ГІС. ГІС-аналіз використовує можливості сучасних технічних засобів для вимірювання, порівняння та опису інформації, що зберігається в базі даних. Потужні можливості сучасних комп'ютерів забезпечують швидкий доступ до вихідних даних і дозволяють агрегувати і класифікувати дані для подальшого аналізу. При цьому користувач практично не обмежений в видах використовуваної інформації і способами аналізу.

3. *Системи компонування і виведення даних.* Завдання цих систем – створення геоінформаційних пакетів типу інформаційно-довідкових і компоновка вихідних карт на паперові носії. Загальною метою картографії є виробництво карт, зазвичай деяким тиражем, для багатьох користувачів. Підсистеми цієї групи володіють можливостями грамотного і зручного оформлення карт будь-якого призначення, а також можливістю їх тиражування на паперових носіях або в цифровому вигляді.

Велика частина програмного забезпечення не є однією з підсистем в чистому вигляді. Як правило, в кожній з програм сильною є одна з функцій. Повнофункціональні програми, в яких сильними є всі підсистеми, відрізняються високою ціною. Проте, хорошою повнофункціональністю виділяються також і вільні ГІС, з яких можна виділити QGIS.

QGIS – це вільна безкоштовна desktop ГІС з відкритим кодом. З її допомогою можна створювати, редагувати, візуалізувати, аналізувати та публікувати геопросторову інформацію в Windows, Mac, Linux (а також вже з'явилася beta-версія, яка дозволяє працювати на платформі Android). Система добре документована на українській мові.

Функціональність QGIS визначається великою кількістю вбудованих та встановлюваних розширень, які завантажуються через меню «Управління модулями».

Є можливість знайти модуль під найрізноманітніші задачі – від геокодування до спрощення геометрії.

Інтерфейс додатку дружній та зрозумілий, особливо якщо мати уявлення про загальні принципи роботи.

QGIS пропонує багато загальних функцій пов'язаних з ГІС, які надаються основними функціями та додатками.

Середовище QGIS пропонує такі можливості, як перегляд комбінацій векторних і растрових даних (в 2D або 3D) в різних форматах і проекціях без перетворення на внутрішній або загальний формат. Підтримувані форматовключають:

- просторово підтримувані таблиці та перегляди з використанням PostGIS, SpatiaLite та MS SQL Spatial, Oracle Spatial, векторні формати, що підтримуються встановленою бібліотекою OGR, включаючи GeoPackage, ESRI Shapefile, MapInfo, SDTS, GML та багато інших;

- формати растру та зображень, що підтримуються бібліотекою GDAL (бібліотека абстракцій геопросторових даних), таку як GeoTIFF, ERDAS IMG, ArcInfo ASCII GRID, JPEG, PNG та багато інших;

- растрові та векторні дані GRASS з БД GRASS (location / mapset);

- онлайніві просторові дані послужили OGC Web Services, включаючи WMS, WMTS, WCS, WFS і WFS-T.

Аналіз просторових даних можна виконувати на просторових БД та інших OGR-форматах, які підтримуються. В даний час QGIS пропонує інструменти векторного аналізу, геопроеції, геометрії та управління БД.

Також можна використовувати вбудовані інструменти GRASS, які включають в себе повний функціонал GRASS більш ніж 400 модулів, або

можна працювати з процесором Plugin, який надає потужну структуру геопросторового аналізу для виклику власних і сторонніх алгоритмів з QGIS, таких як GDAL, SAGA, GRASS та багато іншого.

QGIS може бути адаптований до особливих потреб за допомогою розширюваної архітектури модулів. QGIS надає бібліотеки, які можуть використовуватися для створення модулів.

Просторові БД надають поліпшені можливості контролю над геоданих, розподіленого доступу до них, геообробки великих обсягів даних. QGIS

підтримує роботу з наступними БД і їх просторовими розширеннями:

- PostgreSQL / PostGIS;
- SQLite / SpatiaLite;
- MSSQL 2008 Spatial;
- SQL Anywhere;
- Oracle Spatial.

Взаємодія з серверними і файловими просторовими БД в QGIS істотно спрощується завдяки наявності спеціальних модулів, об'єднаних меню БД - DB Manager, SPIT, офлайнового редагування.

2.2. Джерела даних

Основними джерелами даних для ГІС виступають текстові, графічні дані, документи, звіти, книги тощо.

В геоінформатиці, за способом отримання дані поділяють на первинні та вторинні. Первинні дані отримують шляхом вимірювань або спостережень безпосередньо на досліджуваних об'єктах (шляхом аерокосмічних зйомок, вибіркового дослідження в польових умовах, дистанційного зондування за допомогою GNSS). Вторинні дані отримують як результат обробки первинних даних, або з уже наявних моделей даних (сканування планів, карт, знімків).

Сукупність упорядкованої інформації, що використовується під час функціонування ГІС, створює її інформаційну базу, або, так звану, базу геоданих. Джерела просторових даних для ГІС є основою їх інформаційного забезпечення. Це

сукупність методів, засобів і процесів, спрямованих на збір, систематизацію та класифікацію інформації для створення баз даних.

Топографічні карти рекомендовано використовувати для створення базових шарів, уточнення розміщення основних об'єктів місцевості, а також створення цифрової моделі рельєфу для подальшої тривимірної візуалізації та аналізу комунікацій. Топографічні плани інженерних мереж добре використовувати як підкладинки для цифрування існуючих мереж, а також узгодження взаєморозташування різних типів інженерних комунікацій.

Доцільним є використання відкритих веб-геопорталів, як до прикладу OpenStreetMap. Оскільки сервіс є вільним, відкривається можливість як актуалізації необхідних масивів території, так і завантаження векторних шарів з усією атрибутикою та подальшого їх використання в будь-яких цілях.

Дані дистанційного зондування Землі можуть стати основою для дешифрування, візуалізації та моніторингу просторово-часових змін, а також для подальшого аналізу перспектив розвитку мережі.

Власні картографічні твори слугують основою для тематичного наповнення бази геоданих, оскільки виражають найбільш повну і точну картину ситуацій.

В сфері газопостачання, для нових приєднань проводиться виконавче знімання, що дає змогу використовувати готові точні матеріали для подальшого внесення в ГІС. Для вже існуючих мереж найкращим методом є GNSS-знімання

2.2.1. Топографо-геодезичні роботи

Повний комплекс інженерних досліджень, як по трасі лінійної частини газопроводу, так і на територіях розміщення газорегулюючого, газообліковуючого, ЕХЗ та ін. обладнання є необхідним елементом для збору вихідних даних про систему газопостачання.

Основним способом отримання координат об'єктів є зйомка засобами GNSS-технологій. Оптимальним для проведення такого різновиду робіт є приймач SouthGalaxy G1.GNSS приймач здатний відстежувати супутники GPS, ГЛОНАСС, SBAS, Galileo, Beidou. Серед додаткових функцій виділяються автоматичне

регулювання за допомогою електронного рівня, що дозволяє робити виміри набагато швидше і точніше.



Рисунок 2.2. GNSS-приймач SouthGalaxy G1 з контролером South H3 Plus

Приймач перевершує інші приймачі-конкуренти, в першу чергу, завдяки вбудованому датчику нахилу, що дозволяє усувати помилки центрування на точку та вести вимірювання в автоматичному режимі по шляху прямування. Користувачу достатньо стати прямо з приймачем у вертикальному положенні і тримати його певний період часу, а пристрій в свою чергу автоматично збереже точку, при цьому не потрібно користуватися кнопкою «Зберегти».

У GNSS приймач SouthGalaxy G1 встановлена надійна, перевірена часом 220-канальна плата Trimble BD970 з технологією PacificCrestMaxwell 6 для ефективного відстеження супутників GPS, ГЛОНАСС, Galileo, Beidou, а також з вбудованою технологією придушення багатопроменевості TrimbleEverest.

Компактні параметри розміру, легка вага, захищений корпус за стандартом IP67 робить цей приймач найбільш оптимальним вибором у співвідношення ціна/функціональність. У цьому корпусі встановлений двоканальний Bluetooth V2.1 та Bluetooth V4.0, який дає змогу під'єднуватися до контролера, планшета, КПК або смартфона. Підтримка технології NFC дозволяє спарувати контролер та приймач за

лічені секунди. Оновлений Galaxy G1 на новій Linux платформі A5-II оснащений модулем Wi-Fi для підключення до веб-інтерфейсу приймача в режимі точки доступу, або роздачі поправок на інші пристрої в конфігурації Wi-Fi-клієнт.

Приймач оснащений сучасним стільниковим 4G LTE/3.5G/EDGE/GPRS модулем, що дозволяє на швидкій швидкості приймати та відправляти поправки в стільникових мережах через мережу інтернет (протокол NTRIP, TCP/IP). Також приймач оснащений модулем ультракоротких хвиль, для роботи в районах з поганим або відсутнім стільниковим покриттям.

Операційна система приймача –Linux із вбудованим веб-інтерфейсом та 8 Гб SSD пам'яті. Підключення до веб-інтерфейсу здійснюється за допомогою кабелю Lemo7/USB (Ethernet) або Wi-Fi. За допомогою кабелю Lemo7/USB(OTG) до приймача можна підключити зовнішні пристрої (flash-накопичувачі, жорсткі диски) для запису на них сирих даних. Приймач Galaxy G1 оснащений динаміком для звукового повідомлення користувача про зміни, що відбуваються з приймачем під час налаштування та роботи, про його стан.

Приймач може працювати з пристроями на різних операційних системах та підтримує різне програмне забезпечення: Android (SouthEgstar, SurvX), WIN7/WIN8 (CarlsonSurvPC, MicrosurveyFieldGenius) та Windows Mobile (South EGSTAR, CarlsonSurvCE, MicroSurveyField). Таким чином ви не обмежені у виборі пристрою та програмного забезпечення для збору даних у польових умовах з приймача в режимі реального часу.

Контролер South H3 Plus працює під операційною системою Android 6.0 та оснащений потужним процесором 1,3 ГГц. Виконаний з легкого та міцного магнієвого сплаву, витримує падіння на бетон з висоти 1,5 метрів, захист від пилу та вологи контролера відповідає стандарту IP68, крім того, вбудована Li-ion акумуляторна батарея ємністю 6500 мА/год забезпечує тривалий час роботи у полі (до 10 годин).

South H3 Plus має слот для двох SIM карт та обладнаний вбудованим ГНСС модулем, здатним приймати сигнали від супутників GPS, ГЛОНАСС, SBAS у діапазоні L1. Підтримує карти пам'яті microSD до 64 Гб, обладнаний різними

датчиками, такими як барометр, NFC, гіроскоп, електронний компас, G-сенсор. Нове покоління Bluetooth V4.0, а також модуль Wi-Fi дозволяють працювати на відстані до 10 метрів та 8 годин безперервного з'єднання. Контролер оснащений 8 Мп камерою із автофокусом.

Для забезпечення точного нанесення існуючих газорозподільних мереж (особливо підземного прокладання) відбувається трасування газопроводів. Отримані треки підвантажуються в ГІС як окремий векторний шар по якому здійснюється нанесення.

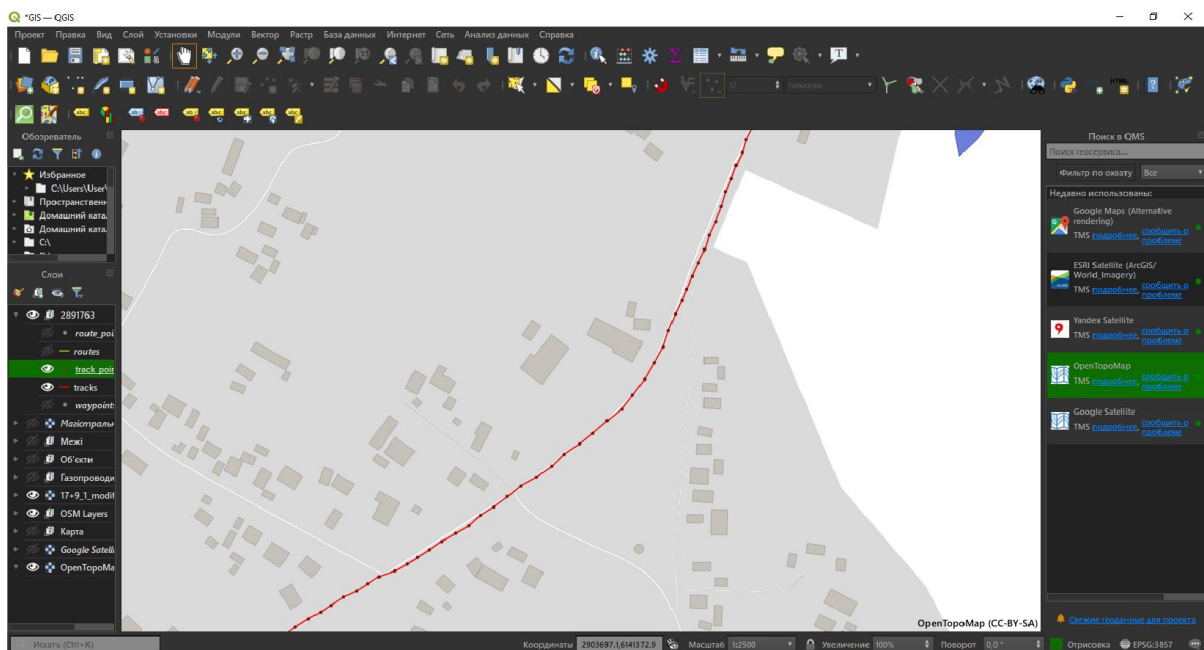


Рисунок 2.3. Фрагмент треку газопроводу в середовищі QGIS

2.2.2. Таблична інформація та бази даних

База даних, як сукупність даних, організованих відповідно до концепції опису характеристик цих даних і взаємозв'язків між їх елементами, містить схеми, таблиці, подання, збережені процедури та інші об'єкти. Дані у базі організують відповідно до моделі організації даних. Таким чином, сучасна база даних, крім саме даних, містить їх опис та може містити засоби для їх обробки.

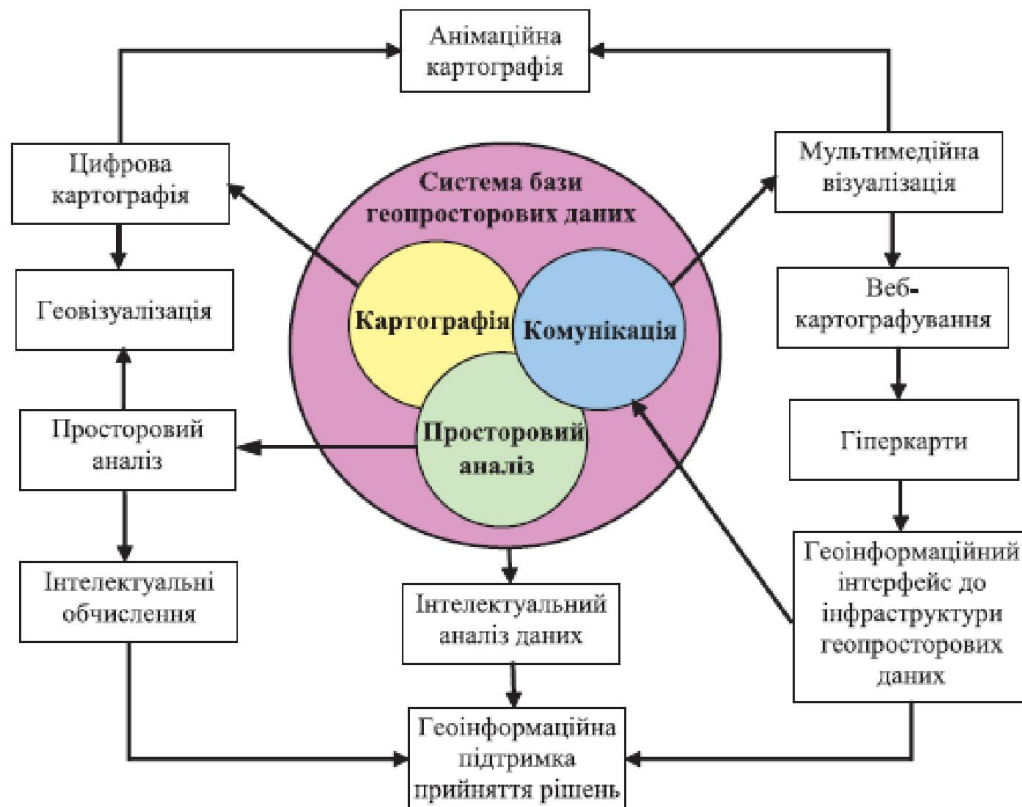


Рисунок 2.4. Схема системи бази геоданих (за А.А. Лященком)

PostgreSQL – це об'єктно-реляційна система керування базами даних (ОРСКБД, ORDBMS), заснована на POSTGRES Version 4.2 – програмі, розробленій на факультеті комп'ютерних наук Каліфорнійського університету в Берклі. У POSTGRES з'явилося багато нововведень, які були реалізовані в деяких комерційних СКБД набагато пізніше.

PostgreSQL – СКБД з відкритим вихідним кодом, основою якого був код, написаний Берклі. Вона підтримує більшу частину стандарту SQL і пропонує безліч сучасних функцій, таких як складні запити, зовнішні ключі, тригери, змінні уявлення, транзакційна цілісність, багатOVERсійність.

PostgreSQL реалізований в архітектурі клієнт-сервер. Робочий сеанс PostgreSQL включає такі взаємодіючі процеси (програми):

Головний серверний процес, управляючий файлами баз даних, приймає підключення клієнтських додатків і виконує різні запити клієнтів до баз даних. Ця програма сервера БД називається postgres.

Клієнтська програма користувача, яка бажає виконувати операції в базі даних. Клієнтські програми можуть бути дуже різноманітними: це може бути текстова утиліта, графічна програма, веб-сервер, що використовує базу даних для відображення веб-сторінок, або спеціалізований інструмент для обслуговування БД. Деякі клієнтські програми поставляються у складі дистрибутива PostgreSQL , проте більшість створюють сторонні розробники.

Як і в інших типових клієнт-серверних програмах, клієнт і сервер можуть розташовуватися на різних комп'ютерах. У цьому випадку вони взаємодіють через мережу TCP/IP. Важливо не забувати і розуміти, що файли, доступні на клієнтському комп'ютері, можуть бути недоступні (або доступні лише під іншим ім'ям) на комп'ютері-сервері.

Сервер PostgreSQL може одночасно обслуговувати кілька підключень клієнтів. І тому він запускає окремий процес кожного підключення. Можна сказати, що клієнт і серверний процес спілкуються, не торкаючись головного процесу postgres. Таким чином, головний серверний процес завжди працює і чекає на підключення клієнтів, приймаючи які, він організує взаємодію клієнта та окремого серверного процесу.

Ефективним інструментом для інтеграції та обробки геопросторових даних в PostgreSQL є розширення PostGIS. Використання зв'язки PostgreSQL/PostGIS надає досить широкі можливості по роботі з просторовими даними.

При створенні просторової бази даних автоматично створюються дві таблиці метаданих – SPATIAL_REF_SYS та GEOMETRY_COLUMNS. Вони створюються відповідно до специфікації «OpenGeospatialConsortiumSimpleFeaturesfor SQL specification», випущеної OGC і описує стандартні типи об'єктів ГІС, функції для маніпуляції ними та набір метаданих.

Таблиця GEOMETRY_COLUMNS зберігає інформацію про таблиці бази даних, що містять просторову інформацію. Її заповнення здійснюється вручну, або як виконання спеціальної процедури OGC AddGeometryColumn().

Таблиця SPATIAL_REF_SYS містить числові ідентифікатори та текстові описи систем координат, що використовуються у просторовій базі даних. Одним із

полів цієї таблиці є поле SRID – унікальний ідентифікатор, який однозначно визначає систему координат. SRID є числовий код, якому відповідає деяка система координат. Наприклад, поширений код EPSG: 4326 відповідає географічній системі координат WGS84.

Запити SQL є одним із основних інструментів роботи з СКБД. Один із базових прикладів – створення таблиці, що містить просторові дані і застосування до неї функцій PostGIS за запитом:

```
CREATE TABLE points ( ptgeometry, NAMEvarchar);

INSERT INTO pointsVALUES ( 'POINT(0 0)', 'Origin' );
INSERT INTO pointsVALUES ( 'POINT(4 0)', 'X Axis' );
INSERT INTO pointsVALUES ( 'POINT(0 3)', 'Y Axis' );

SELECT NAME, ST_AsText(pt), ST_Distance(pt, 'POINT(4 3)')
FROM points;
```

Рисунок 2.5. Приклад запиту створення таблиці

Результатом запиту є створення таблиці points, яка містить два поля: поле pt типу geometry і поле name типу varchar, після чого додали (insert) до неї три записи, що містять інформацію про точки. Потім здійснили вибірку з використанням функцій PostGIS: ST_Distance() та ST_AsText(). Як параметр обидві функції використовують об'єкт типу geometry. Функція ST_Distance() розраховує відстань між двома вказаними точками площини, а ST_AsText() повертає геометрію об'єкта у текстовому форматі WKT (Well-KnownText). Формат WKT включає інформацію про тип об'єкта та координати, що становлять об'єкт.

Для завантаження існуючих шейп-файлів в базу даних необхідно їх перетворити в формат, який є зрозумілим для PostgreSQL, утилітою shp2pgsql, а потім завантажити їх в базу. Обов'язковою умовою для конвертації є задання параметру вихідної системи координат значенням SRID.

Велике значення при роботі з таблицями мають індекси, які зберігають просторову інформацію. Їх використання дозволяє значно збільшити швидкість виконання різного роду запитів. Індекси в PostGIS представлені у вигляді R-дерева, реалізованого узагальненим пошуковим деревом (GiST).

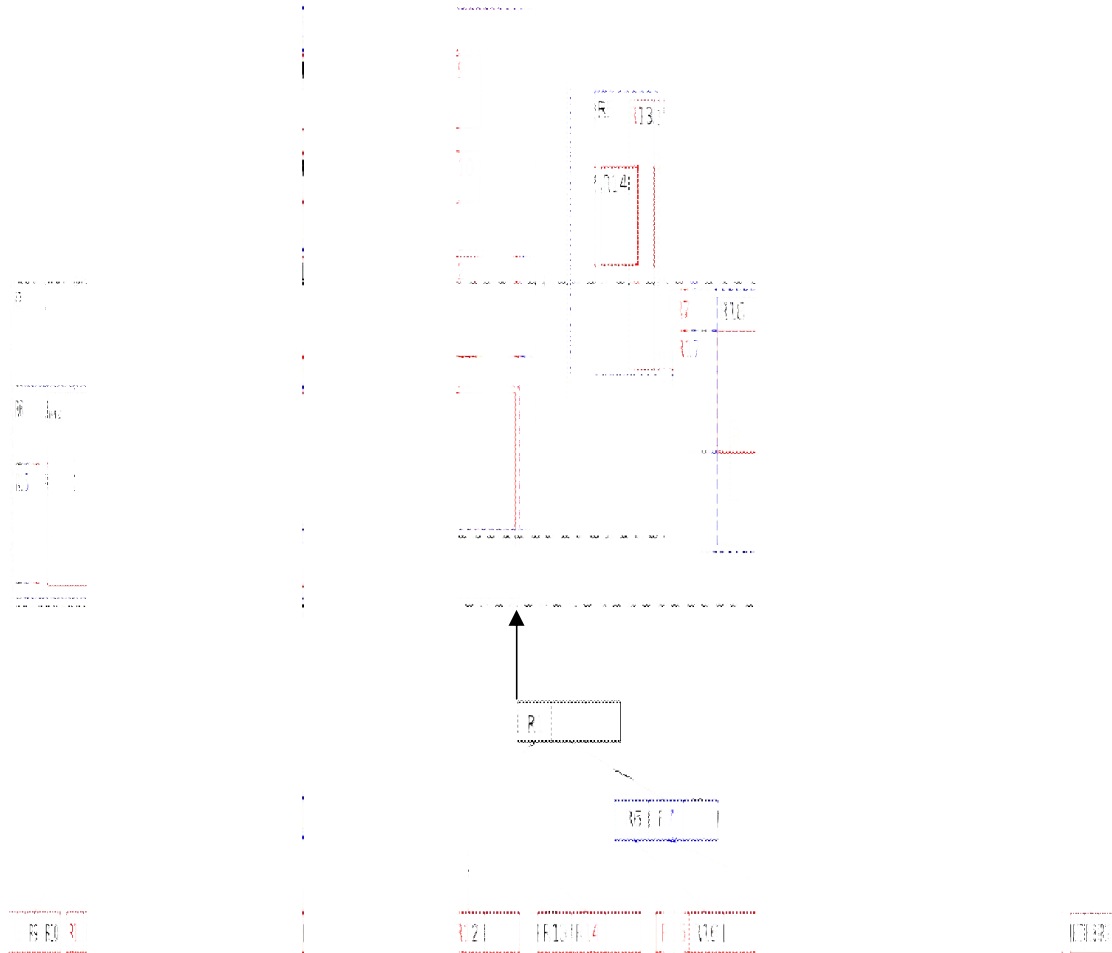


Рисунок 2.6. Приклад R-дерева

Необхідно пам'ятати, що просторові індекси автоматично не використовуються при довільних просторових запитах, вони найбільш ефективні щодо перетинів областей. Зупинимося на цьому моменті детальніше. Системи керування просторовими базами даних (СКПБД), у тому числі PostgreSQL, обробляють запити діапазонів на основі парадигми фільтрації та очищення. Цей процес складається із двох етапів. На першому етапі об'єкти, що запитуються, представляються своїми мінімальними обмежуючими прямокутниками (MBR, *minimal bounding rectangles*). Сенс цього полягає в тому, що знайти перетин області запиту і прямокутника легше (менш накладно з обчислювальної точки зору), ніж

перетин області запиту і довільного просторового об'єкта неправильної форми. Якщо область запиту – прямокутник, то для з'ясування того, чи перетинаються два прямокутники, потрібно не більше трьох обчислень. Цей етап називається фільтрацією, оскільки саме тоді усувається багато потенційних варіантів. Другий етап полягає у обробці результату, отриманого під час фільтрації, з використанням точних геометричних побудов. Процес очищення вимагає значних обчислювальних ресурсів, проте завдяки етапу фільтрації вхідна множина на цьому кроці має невисоку потужність.

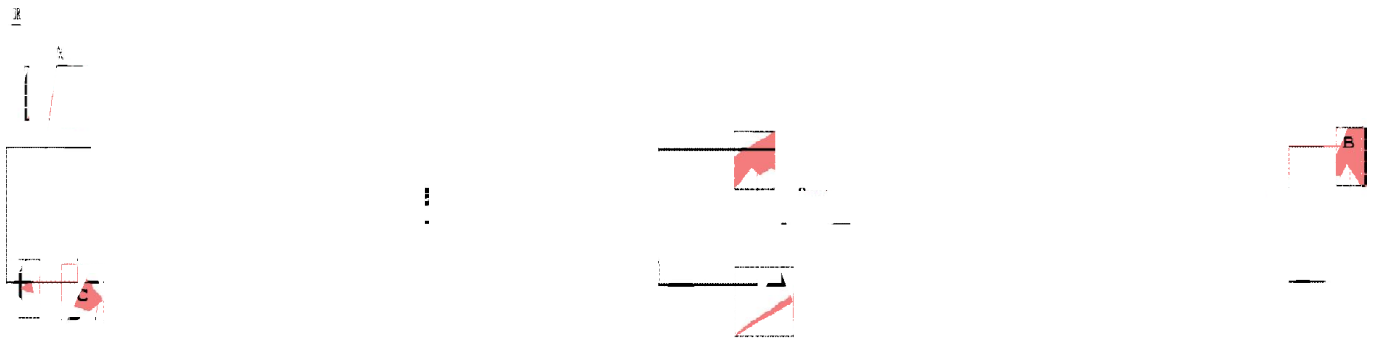


Рисунок 2.7. Стратегія фільтрації

2.2.3. Серверні рішення та геопортали

На сьогоднішній день GeoServer є одним із найпопулярніших серед створення картографічних web-сервісів з відкритим вихідним кодом, підтримується як один із проектів асоціації OSGeo. Можливість роботи GeoServer практично на будь-яких платформах (в т.ч. Windows, Linux, Mac OS, Solaris), найширші функціональні можливості, легкість інтеграції з різними СКБД та відкритість вихідних кодів, визначила популярність цього програмного продукту.

Строго кажучи, GeoServer позиціонується не як кінцева програма, а як середовище розробки (developmentenvironment/platform). Наприклад, для платформи Windows, GeoServer поставляється налаштованим серверним комплектом, що включає безліч компонентів: Apache HTTP Server, PHP, MapScript, GDAL/OGR, PROJ та ін. GeoServer є потужним інструментом створення картографічних web-сервісів.

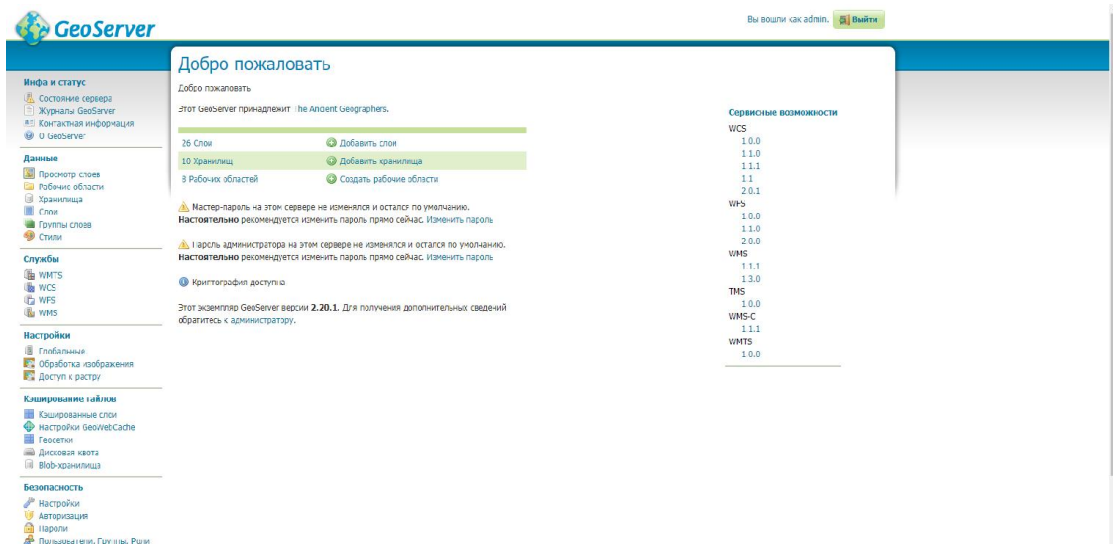


Рисунок 2.8. Домашняя сторінка GeoServer

За своєю функціональністю не поступається платному програмному забезпеченню, а в частині легкості налаштування та інтеграції з СКБД, перевершує багато хто з них. До основних переваг програми можна віднести такі:

- можливість роботи на більшості популярних платформ;
- підтримка великої кількості растрових та векторних форматів;
- повна відповідність стандартам, розробленим OpenGIS Consortium щодо webmappingservices (підтримка WMS, WFS, WCS);
- можливість переконфігурування та програмування з використанням Perl, PHP, Java, C, Python та ін;
- можливість інтеграції з Oracle, Sybase, MySQL, PostgreSQL та іншими СКБД;
- створення високоякісного картографічного результату (підтримка TrueType шрифтів, масштабованих підписів, розмальовок, експорт у PNG, TIFF, GIF, JPEG формати);
- повністю відкритий безкоштовний код, що компілюється, на C і потужна користувацька підтримка.

GeoServer, на відміну від подібної програми MapServer, реалізує специфікацію WFS-T (WFS-Transaction). Це означає, що, використовуючи GeoServer, можливо не лише отримувати дані для побудови на їх основі власних карток, але також редагувати отримані дані з наступним автоматичним оновленням вихідної

інформації на сервері. Серед форматів, що підтримуються, значаться: JPEG, PNG, SVG, KML/KMZ, GML, PDF, ESRI Shapefile та ін.

Іншою цікавою особливістю, що відрізняє GeoServer від MapServer, є візуальна система управління файлами налаштувань і опису даних, що поставляється з GeoServer. Ця система реалізована у вигляді web-інтерфейсу і надає користувачеві можливість інтерактивного створення та зміни картографічного сервісу, що розробляється. GeoServer створено на основі Geotools – набору інструментів, розроблених Java. Для його роботи необхідно мати встановлений у системі JavaDevelopmentKit (JDK).

2.3. Загальні вимоги до даних та етапності здійснюваних робіт

Набір геопросторових даних – стандартизована сукупність даних (як загальногеографічних, так і тематичних), покладених в основу інтегрування і спільного використання геопросторових даних різного походження. Типовий тематичний набір геопросторових даних системи газопостачання визначається у складі цифрових моделей таких об'єктів: базової картографічної основи, газопроводів, відключаючих пристроїв, пунктів (об'єктів) редукування газу, вузлів обліку газу, об'єктів електрозахисту газопроводів, банку даних сканованої документації, а також іншої атрибутивної інформації.

Один з головних чинників, що відносить дані до бази геопросторових даних є загальна потреба в них з метою оптимального, періодичного і сумісного використання геопросторових даних в різного роду прикладних ГІС. До бази геоданих включають геопросторові дані, які відповідають наступним критеріям:

- придатні для використання в процесах інтеграції інформаційних ресурсів;
- забезпечують точну (просторову та атрибутивну) прив'язку тематичних даних або інших просторових об'єктів;
- мають стійкість до змін у просторі та часі;
- забезпечують зростання обсягів атрибутивних даних різного роду, скорочують витрати на їх введення і актуалізацію.

До основних принципів створення бази геопросторових даних можна віднести:

- повноту та уніфікованість даних;
- обґрунтованість, цілісність та достовірність даних;
- узгодження з існуючими галузевими та загальнодержавними системами класифікації та кодифікації об'єктів;
- пріоритети і послідовність створення;
- оперативна актуалізація, синхронізована зі змінами чи нововведеннями;
- регулярна підтримка створення і актуалізації;
- суворя відповідність стандартам та технічним регламентам;
- універсальність для використання та синхронізації з іншими тематичними базами даних для спільної ефективної взаємодії.

Однією з міжнародних організацій, що здійснює діяльність стандартизації в сфері геопросторових даних і сервісів є OpenGeospatialConsortium (OGC). Більшість стандартів OGC засновані на принципах, викладених у базовій моделі даних для представлення географічних характеристик під назвою AbstractSpecification. На основі базової моделі учасники консорціуму розробили і продовжують розробляти велику кількість специфікацій або стандартів для обслуговування конкретних потреб організацій-учасників в області геопросторових технологій і сервісів, включаючи ГІС. Базовий набір OGC містить понад 30 стандартів. Дизайн стандартів спочатку був заснований на парадигмі веб-сервісів на протоколі HTTP, але згодом був розширений для протоколу SOAP і WSDL-документів. Значний прогрес був досягнутий у використанні веб-сервісів REST.

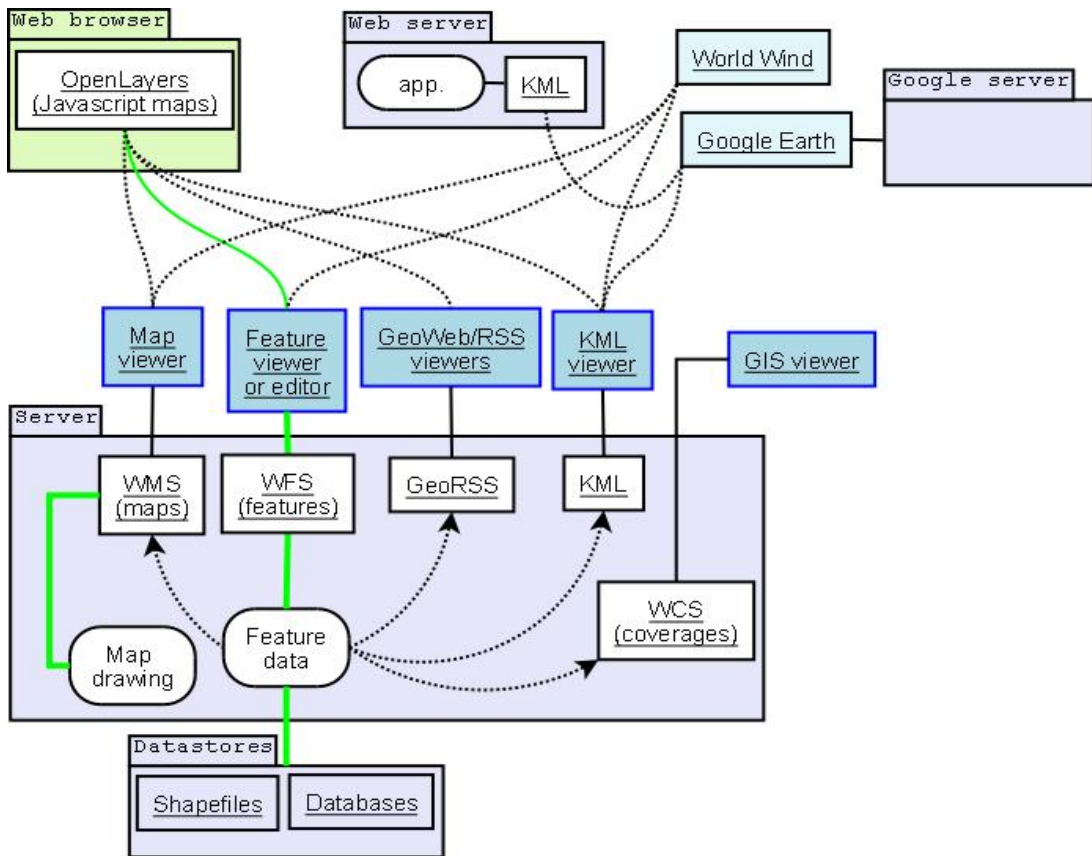


Рисунок 2.9. Відносини між клієнтами/серверами і протоколами OGC

2.3.1. Векторизація та перевірка топологічної коректності

Векторизація є процесом перетворення растрової графіки на векторну. Для векторизації слід використовувати дані топографо-геодезичних робіт (каталоги координат об'єктів, треки трас лінійних споруд, ін.), аерофото- та космічні знімки високої роздільної здатності.

В процесі векторизації можуть виникати типові помилки топології векторних об'єктів.

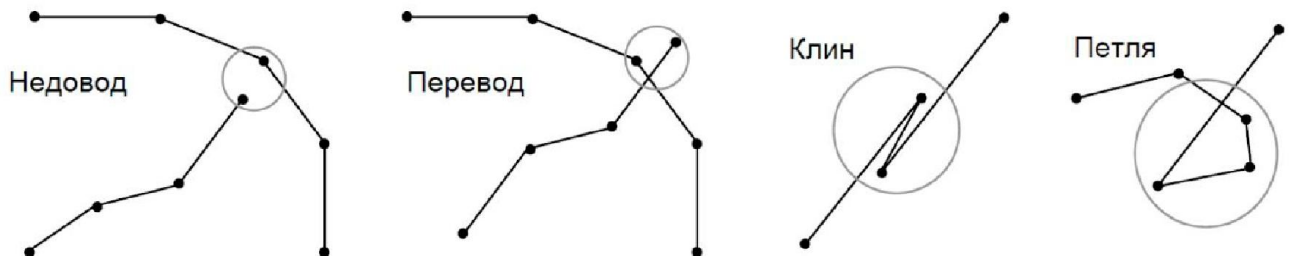


Рисунок 2.10. Типові помилки при цифруванні

Топологія – це опис взаємного положення геометричних об'єктів та їх частин у векторно-топологічному поданні даних. Топологія, що встановлює просторові відносини між географічними об'єктами, є основоположною властивістю для гарантії якості даних. Топологія робить можливим проведення розширеного просторового аналізу і відіграє фундаментальну роль у забезпеченні якості бази даних ГІС.

Топологічні правила можуть бути задані для об'єктів усередині об'єктного класу чи для об'єктів, що належать декільком об'єктним класам. Прикладами правил можуть служити наступні умови: полігони не можуть перекриватися, лінії не повинні мати висячих вузлів, точки повинні лежати в межах кордонів полігона, між полігонами не повинно бути проміжків, лінії не повинні перетинатися, точки повинні бути розташовані на кінцевих точках ліній. Топологічні правила також можуть бути задані для підтипів об'єктного класу.

Перевірка коректності цифрування – важливий етап при векторизації растру. Окрім чисто зовнішньої неприглядності, існують і вагоміші причини, через які неточне цифрування є неприйнятним.

Недоведені лінії при побудові полігональних покриттів не дозволяють виділити два незалежних полігони. Переведені лінії просто розрізуться в місці перетину і утворять додатковий короткий відрізок. Велика кількість таких відрізків засмічують базу даних.

Лінії, що неправильно розрізані на декілька частин (псевдовузли), значно збільшують розмір векторних файлів і ускладнюють аналіз. Відсутність мітки полігону при побудові топології дозволить ГІС присвоїти йому випадкові атрибути.

Серед помилок оцифровки виділяються найбільш часті, такі як висячі вузли (незамкнутий полігон, недоведені лінії до пересічення), псевдовузли, помилки полігонів (невірні мітки полігона, «уламкові» полігони, полігони, що перекриваються), помилки векторизації (розриви ліній, утворення петель і пересічень, утворення висячих вузлів, неспівпадіння позиційної точності).

Для ефективного автоматизованого аналізу топологічної коректності в QGIS існують вбудовані інструменти перевірки топології.

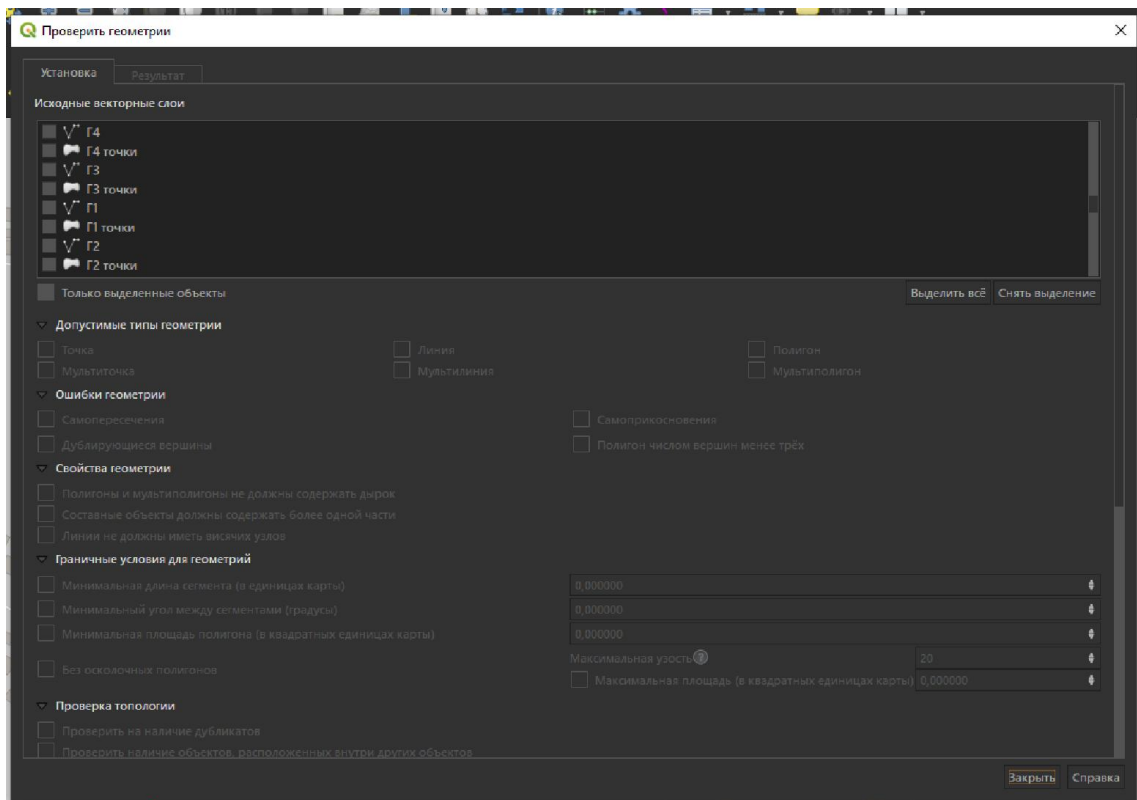


Рисунок 2.11. Вбудовані інструменти перевірки топології QGIS

Обравши шари та тип геометрії, можна здійснити аналіз помилок геометрії, властивостей геометрії, граничних умов для геометрії, перевірки топології. Результат аналізу може бути записаним у вихідні шари чи у новостворений шар.

2.3.2. Прийоми наповнення атрибутивних даних

Залежно від типу джерел вхідних даних застосовуються різні технології введення даних. У першу чергу розділяються методи введення просторових і атрибутивних даних, для чого розроблені різні види графічних і табличних редакторів. Залежно від виду і якості вхідних матеріалів можуть використовуватися методи ручного або автоматизованого введення.

Основний вплив на вибір джерел даних і технологію їхнього введення чинить сфера застосування оброблюваної в ГІС інформації. Залежно від цілей роботи розрізняються вимоги до просторової і семантичної точності вхідних даних, часу їх збирання (створення), методів попередньої підготовки і формалізації даних. Наприклад, вхідні дані, придатні для створення електронного або паперового атласу

адміністративногорегіону, не можуть бути використані для створення системи газових мереж, де вимоги до точності вимірювання довжин і площ об'єктів вищі. На технологію збору і введення даних також впливають методи подальшого аналізу і подання підсумкової інформації.

Атрибутивні дані без труднощів можна внести як у геоінформаційну систему (при створенні чи редагуванні об'єктів), так і безпосередньо до таблиці бази даних.

QGIS надає декілька варіантів введення атрибутивних даних: безпосередньо при створенні об'єкта, редагуванням таблиці атрибутів традиційним способом та в режимі форми, де представлена так звана картка об'єкту.

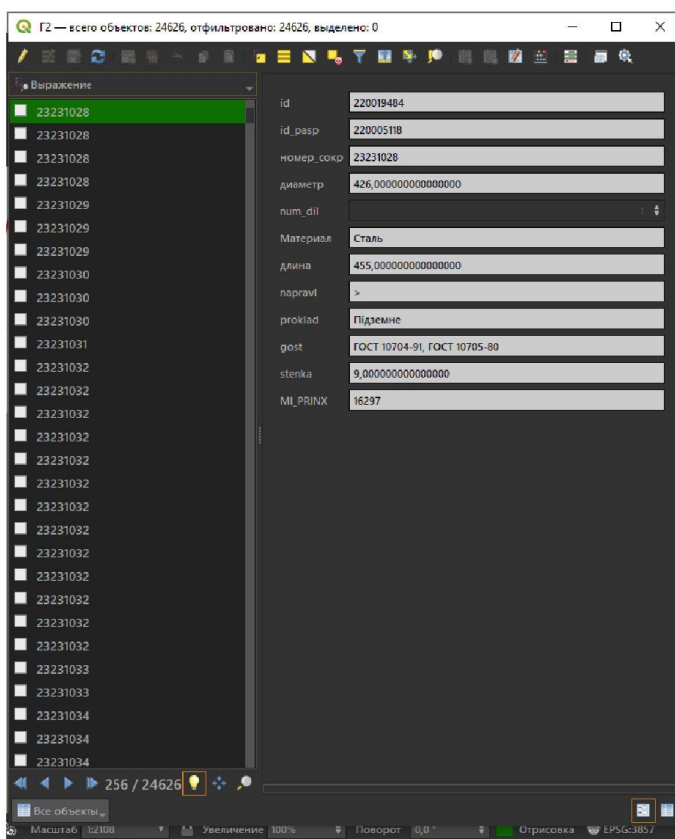


Рисунок 2.12. Вікно заповнення атрибутивних даних QGIS

Наповнення таблиці бази даних PostgreSQL можливе засобами SQL запитів. Одразу після створення таблиця не містить ніяких даних. По суті дані додаються до таблиці по одному рядку. Для його створення використовується команда INSERT. До прикладу розглянемо таблицю «Абоненти»:

```

CREATE TABLE public.abonent (
  account_code bigint,
  eic text,
  category integer,
  name text,
  adres text,
  city text,
  consumption real
)

TABLESPACE pg_default;

```

Рисунок 2.13. Приклад запиту на створення таблиці

Додати рядок до неї можна наступним запитом:

```

INSERT INTO abonent VALUES (1100158963,
'21X000000001397P', 'Побутовий споживач',
'Іванов Іван Іванович', 'вул. Головна, 1',
'місто Чернівці', 3.50);

```

Рисунок 2.14. Приклад запиту на додавання рядку до таблиці

Значення перераховуються в порядку розміщення стовпців в таблиці. Зазвичай в якості значень вказуються константи, але це можуть бути також і скалярні вирази.

Модифікувати у вже збереженій базі даних доступно всі рядки таблиці, чи підмножини всіх рядків, або ж лише вибрані рядки.

Для зміни даних використовується команда UPDATE. Їй необхідна наступна інформація: ім'я таблиці і стовпця, що змінюється; нове значення стовпця; критерій відбору рядків, що змінюються. Оскільки в SQL в принципі відсутній унікальний ідентифікатор рядків, котрі потрібно змінити, виникає необхідність вказувати умови, яким має відповідати потрібний рядок. Тільки якщо в таблиці є первинний ключ, можна однозначно адресувати окремі рядки, визначивши умову по первинному ключу. Цим користуються графічні інструменти для роботи з базами даних, які дають можливість редагувати по рядках.

Наприклад, наступна команда збільшує значення діаметру всіх газопроводів високого тиску, що мали до цього помилково внесені діаметри 53 мм, до 530 мм:

```
UPDATE g4 SET diametr = 530 WHERE diametr = 53;
```

Рисунок 2.15. Приклад команди коригування значень рядків

Командою UPDATE доступно змінити значення одразу декількох стовпців, перерахувавши їх в функції SET.

2.3.3. Розміщення та публікація даних

GeoServer організовує дані (шари) в робочі області та сховища даних. Шар є індивідуальним набором даних. Робоча область забезпечує логічне групування даних для конкретного проекту або географічного регіону. Робоча область може містити одне або кілька сховищ даних, що визначають фізичне місце розташування даних (наприклад, каталог або файл на диску або таблиця бази даних PostGIS).

Після підготовки даних обираються відповідні варіанти в меню Data, щоб додати їх в GeoServer. Для більшості опцій можна залишити значення за замовчуванням. Для робочих областей простір імен повинно мати унікальне значення наступного вигляду: *http://імясервера/імяробочоїобласті*. Додавання шарів називається публікацією шарів. Щоб виконати публікацію, необхідно вибрати потрібну систему координат (SRS - система просторової прив'язки) і натиснути Compute під кожним з двох обмежуючих прямокутників. Далі слід повторити цю процедуру для всіх вихідних робочих областей, сховищ даних і шарів.

Якщо використовується PostGIS, для досягнення найкращих результатів слід імпортувати хоча б один шейп-об'єкт в кожную таблицю бази даних, перш ніж розмістити її на GeoServer. Після настройки шарів необхідно переглянути їх в GeoServer.

За допомогою GeoServer можна налаштувати ролі користувачів для управління доступом до певних робочих областях і сервісів. Якщо використовується екземпляр GeoServer є загальнодоступним, можна

поекспериментувати з меню Security, щоб зрозуміти, як працюють ролі. У багатьох випадках можна розмістити сервер за мережевим екраном або в закритій мережі і використовувати єдиний вхід з повним доступом. Можна також виконувати всі операції на GeoServer через власне ПО і PHP-проксі.

GeoServer має API, який дозволяє виконувати більшість операцій програмним способом. Цей API робить GeoServer корисним інструментом управління даними і основою для комплексних Web-додатків, що автоматично додає і видаляє шари у міру необхідності. GeoServer API можна використовувати безпосередньо, але краще створити інтерфейсний PHP-клас, який спрощує операції і інкапсулює необхідні взаємодії.

Всі операції API виконуються за допомогою запитів GET, POST, PUT або DELETE по URL-адресою `http://вашсервер:8080/geoserver/rest/`. Необхідно додати потрібний об'єкт (наприклад, робочі області) в URL після роздільника і вказати формат повернення (зазвичай це XML, JSON або HTML). Таким чином, запит GET за адресою `http://вашсервер:8080/geoserver/rest/workspaces.xml` повертає всі робочі області в форматі XML. У загальному випадку запит GET повертає результати в тому ж форматі, який використовувався при створенні екземпляра об'єкта за допомогою запиту POST або при його оновленні за допомогою запиту PUT. Лише в рідкісних випадках доведеться вказувати всі деталі, які повертаються запитом GET.

Отримання, створення і видалення даних

Приклад PHP-обгортки містить прості функції отримання, видалення і створення об'єктів основних типів. При створенні сховища даних PostGIS база даних вже повинна існувати. При використанні `createLayer` для таблиці PostGIS ім'ям шару є ім'я таблиці. Перш ніж додати шар в GeoServer, потрібно переконатися, що в таблицю завантажений хоча б один шейп-об'єкт. При використанні сховища даних `ShapefileDirectory` ім'ям шару є ім'я файлу (без шляху), при цьому файл повинен знаходитися в каталозі сховища даних.

Перегляд шарів

За допомогою функції `viewLayer` надається змога надсилання запитів набору даних в форматі GML або в KML (формат GoogleEarth). Якщо є потреба

увикористанні вихідних KML-даних безпосередньо в GoogleEarth, потрібно переконатися, що набір даних містить координати широти і довготи. Використання функції `viewLayerLegend` дозволяє отримати піктограму легенди для створення власної легенди.

Найпростішим і гнучким способом відображення даних сервера GeoServer є використання OpenLayers. Оскільки OpenLayers є браузерні інструментом, всі запити з Web-сторінки повинні мати одні й ті ж доменне ім'я і порт. Це обмеження, обумовлене вимогами безпеки, також перешкоджає взаємодії з GeoServer через порт і сервер, відмінні від основного сайту. У зв'язку з цим наша PHP-обгортка також надає функцію `wfsPost`, яка передає запити на GeoServer.

Використання WFS-T для зміни даних

Одним з переваг WFS перед WMS є те, що транзакції поновлення набору даних можна виконувати безпосередньо на сервері. Якщо використовується OpenLayers, необхідно додати до коду рядок, що створює стратегію `Save`. Елементи управління `OpenLayersDeleteFeature`, `DrawFeature` і `ModifyFeature`, дозволяють швидко і просто редагувати шейп-об'єкти в Web-додатку.

Можна також виконувати операції редагування безпосередньо з PHP-коду, а не намагатися безпосередньо змінювати шейп-файли на диску або таблицю PostGIS. Інтерфейсна обгортка надає функцію `executeWFSTransaction`, яка в якості аргументу приймає XML-транзакції. У транзакції вказуються простір імен і шар.

Для WFS-шарів стилі, як правило, визначаються в JavaScript-кодi, створюваному с допомогою OpenLayers на стороні клієнта. Для відображення шарів WMS, що представляють собою зображення, створені на сервері, використовуються визначення стилів. Визначення стилів створюються за допомогою SLD-нотації (`StyledLayerDescriptor`). SLD – це XML-схема для настройки відображення шарів, що надає безліч параметрів, таких як різні значення і діапазони атрибутів. GeoServer дозволяє зберігати і іменувати стилі, щоб використовувати їх в подальшому.

Скорочена назва	Повна назва	Функції	Адреса
-----------------	-------------	---------	--------

сервісу	сервісу		специфікації сервісу
WFS	Web Feature Service	Векторний картографічний сервіс	http://www.opengeo.org/standards/wms
WMS	Web Map Service	Растровий картографічний сервіс	http://www.opengeo.org/standards/wms
WCS	Web Coverage Service	Картографічний сервіс покриттів	http://www.opengeo.org/standards/wms
CS	Catalogue Service	Сервіс каталогу	http://www.opengeo.org/standards/wms
GCS	Geocoding Service	Геокодувальний сервіс	http://www.opengeo.org/standards/wms
WPS	Web Processing Service	Сервіс керування процесами	http://www.opengeo.org/standards/wms

Таблиця 2.1. Специфікації сервісів GeoServer

Інтерфейсна обгортка надає функції отримання, створення і видалення стилів, а також призначення стилю шару. Один шар може мати кілька стилів. При наявності декількох стилів можна задати використовуваний стиль в WMS-запиті.

Висновки до розділу 2

Виконавши аналіз геоінформаційного забезпечення було викладено алгоритм обробки вихідних даних, відображена послідовність організації та систематизації бази геопросторових даних, вимоги до самої бази, графічних та атрибутивних даних.

Визначено, що найоптимальнішою системою керування базами даних для організації в ній бази геопросторових даних є PostgreSQL. Інструменти застосунку PostGIS надають можливість класифікувати базу даних як таку, що містить географічні дані. Для графічної та атрибутивної обробки векторних шарів доцільне використання ГІС QGIS, з допомогою якої можна отримати необхідні результати засобами вбудованих та запозичених з репозиторіюпланів.

З'ясовано, що серверний застосунок GeoServer найбільш широко представляє функціонал з публікації шарів для веб-користування, оскільки відповідає всім необхідним стандартам, розробленим OpenGeospatialConsortium. Окрім цього, GeoServer дозволяє підключатися іншим геоінформаційним системам до шарів через сервіси WMS/TMS

Обґрунтовуючи інноваційну доцільність функціонування ГІС, а також взаємодію з іншими розробками, виникає потреба в уніфікації та стандартизації даних згідно тематичних наборів INSPIRE для подальшої інтеграції даних в національну інфраструктуру геопросторових даних України.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

3.1. Особливості організації довідково-інформаційної системи розподілу природного газу

Для повноцінного функціонування геоінформаційної системи необхідно організувати ефективну взаємодію всіх компонентів системи. Першочерговим етапом є інсталяція СКБД та створення в її середовищі бази геоданих засобами утиліти PostGIS для ідентифікації її як такої, що містить геопросторові дані. Цією ж утилітою відбувається подальше завантаження векторних шарів до бази даних. Шари представлені як таблиці в схемі public.

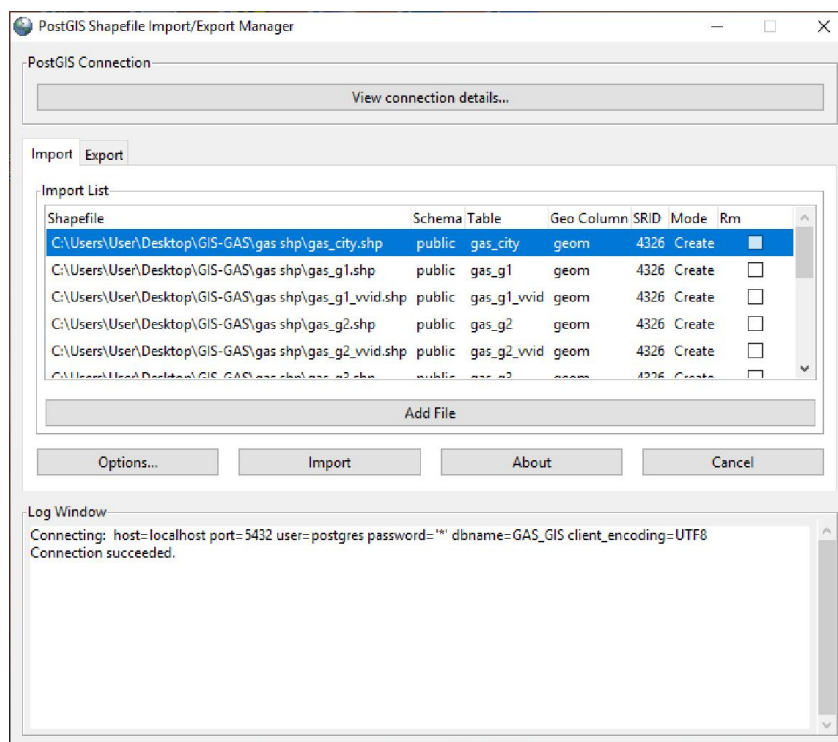


Рисунок 3.1. Імпорт геопросторових даних в СКБД PostgreSQL утилітою PostGIS

У випадку відсутності раніше створених шарів, засобами ГІС QGIS створюються шари у форматі шейп-файлів, задається система координат, тип геометрії, створюються поля з заданням змінних.

Далі слідує розгортання в мережі сервера GeoServer, в якому відбуватиметься подальша робота з організації забезпечення картографічних сервісів порталу. Першим етапом є створення нової робочої області для набору векторних шейп-файлів. По суті, робоча область – це контейнер, який використовується для групування подібних шарів.

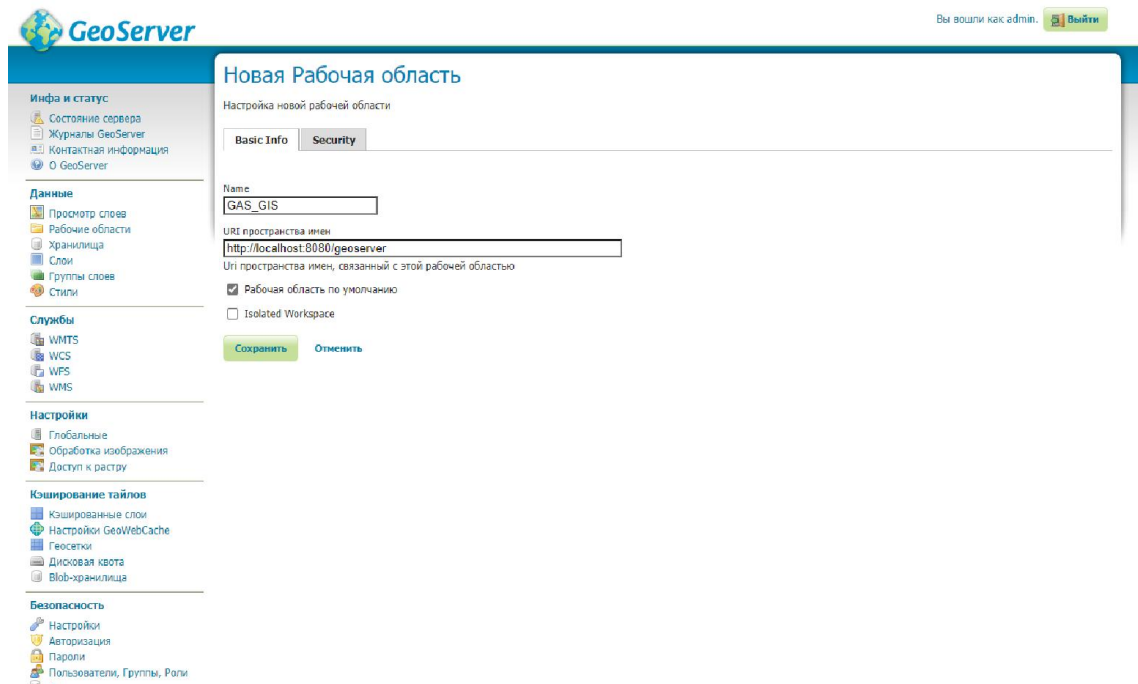


Рисунок 3.2. Вікно створення нової робочої області

У вікні створення нової робочої області вказується її ім'я та ідентифікатор URI. Уніфікований ідентифікатор ресурсу (URI) зазвичай може бути як URL-адресою, пов'язаною з проектом, так і звичайним текстовим ідентифікатором, що вказує на робочу область. Ідентифікатор ресурсу не обов'язково вказує на фактичну дійсну веб-адресу.

На основі робочої області створюється сховище даних, яке буде представляти собою набір шарів. Для нового сховища необхідно обрати джерело даних, чи то векторні/растрові файли, чи підключення до баз даних, або картографічні сервіси WMS/WMTS. При виборі підключення до бази даних вказуються основні відомості про сховище, параметри підключення до бази геоданих та інші мережеві опції.

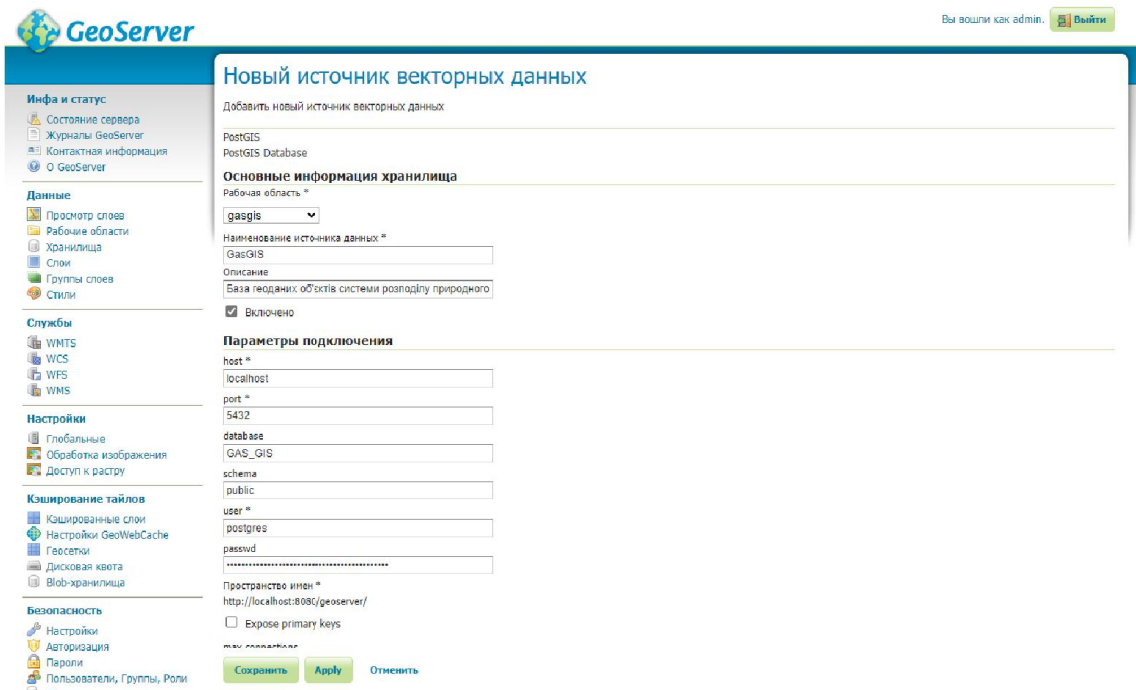


Рисунок 3.3. Вікно створення нового сховища

Наступним етапом є створення нового шару в середовищі серверу. Завдання полегшується тим, що є можливість обрати шар для публікації вказавши необхідну робочу область і сховище, тобто відсутня необхідність прописувати шлях до розташування об'єктів чи вручну їх підвантажувати.

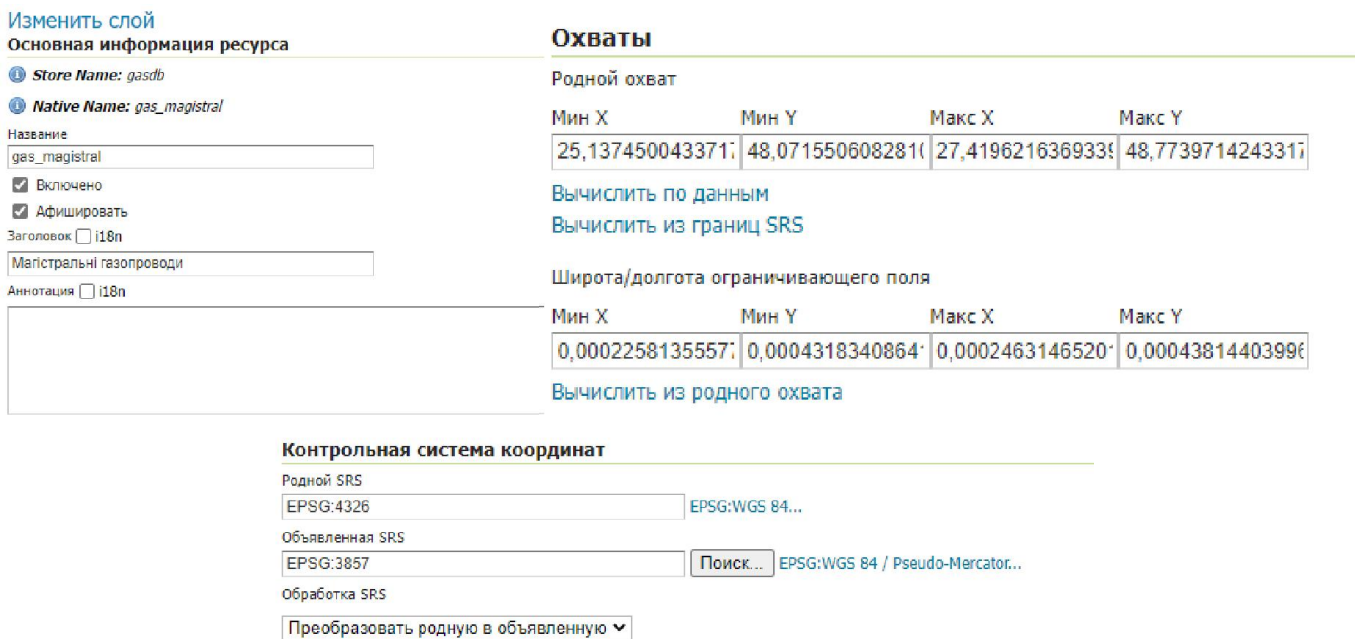


Рисунок 3.4. Ключові параметри налаштування шару

Оскільки шари при публікації приймають вигляд стандартних вбудованих стилів відображення свого типу векторних об'єктів, їх необхідно стилізувати. Стили створюються написанням коду у вікні редактора стилів. Проте, якщо навіть відсутні навички у програмуванні, є можливість оформити той чи інший шар в програмі QGIS, експортувати стиль у форматі .sldта завантажити його до серверу.

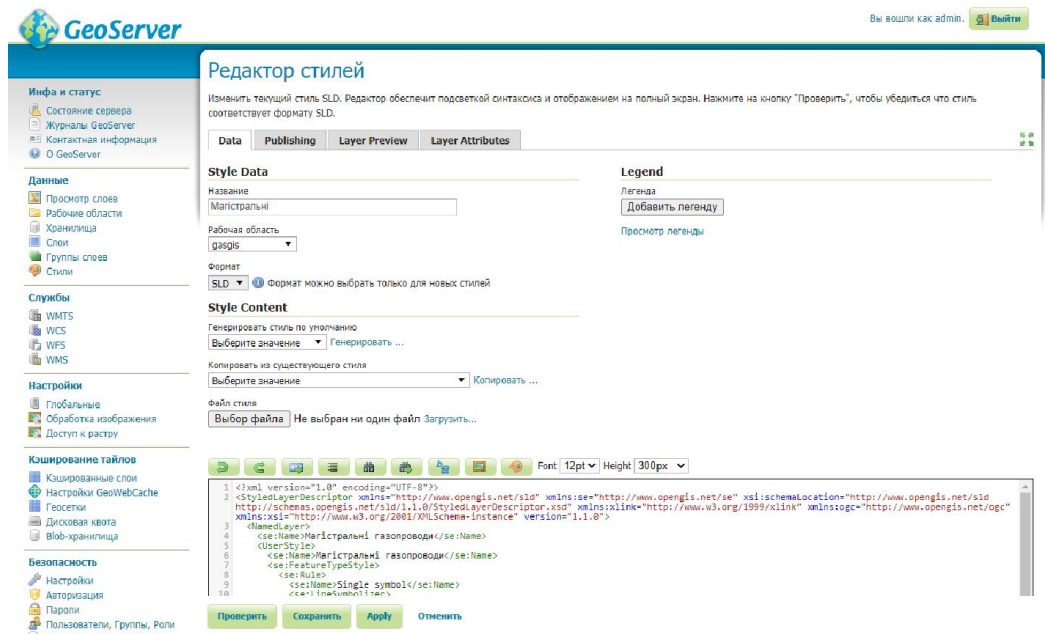


Рисунок 3.5. Вікно стилізації шару

Корисним інструментом є групування шарів, яке дозволяє складати однотипні шари в одну групу з їх упорядкуванням прорисовки.

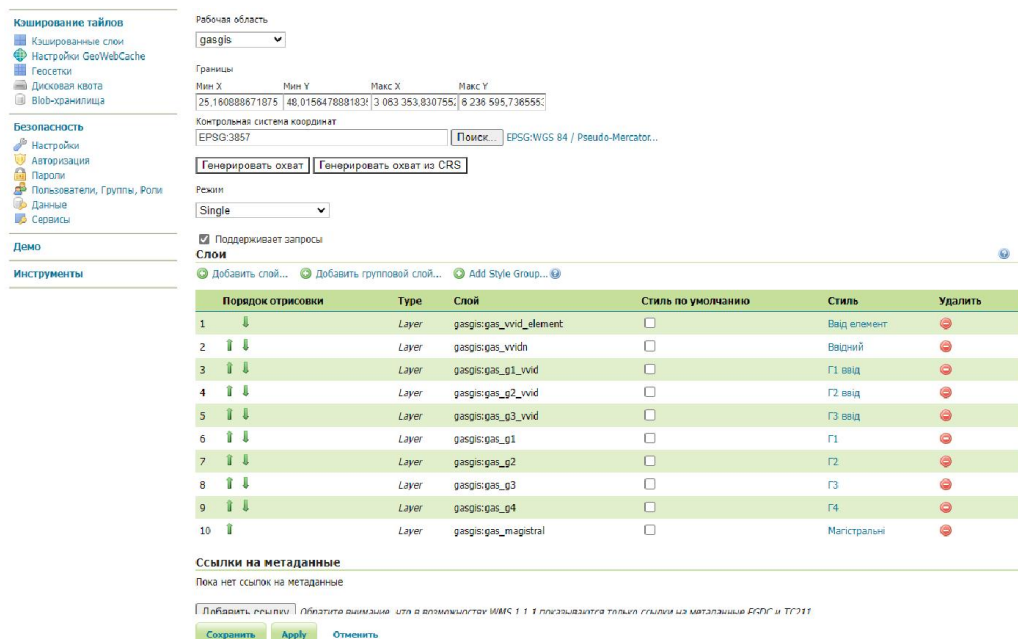


Рисунок 3.6. Вікно створення групи шарів

Для розробки клієнтського застосунку використовується сервіс-орієнтована архітектура, тобто модульний підхід при розробці програмного забезпечення, заснований на використанні стандартизованих сервісів.

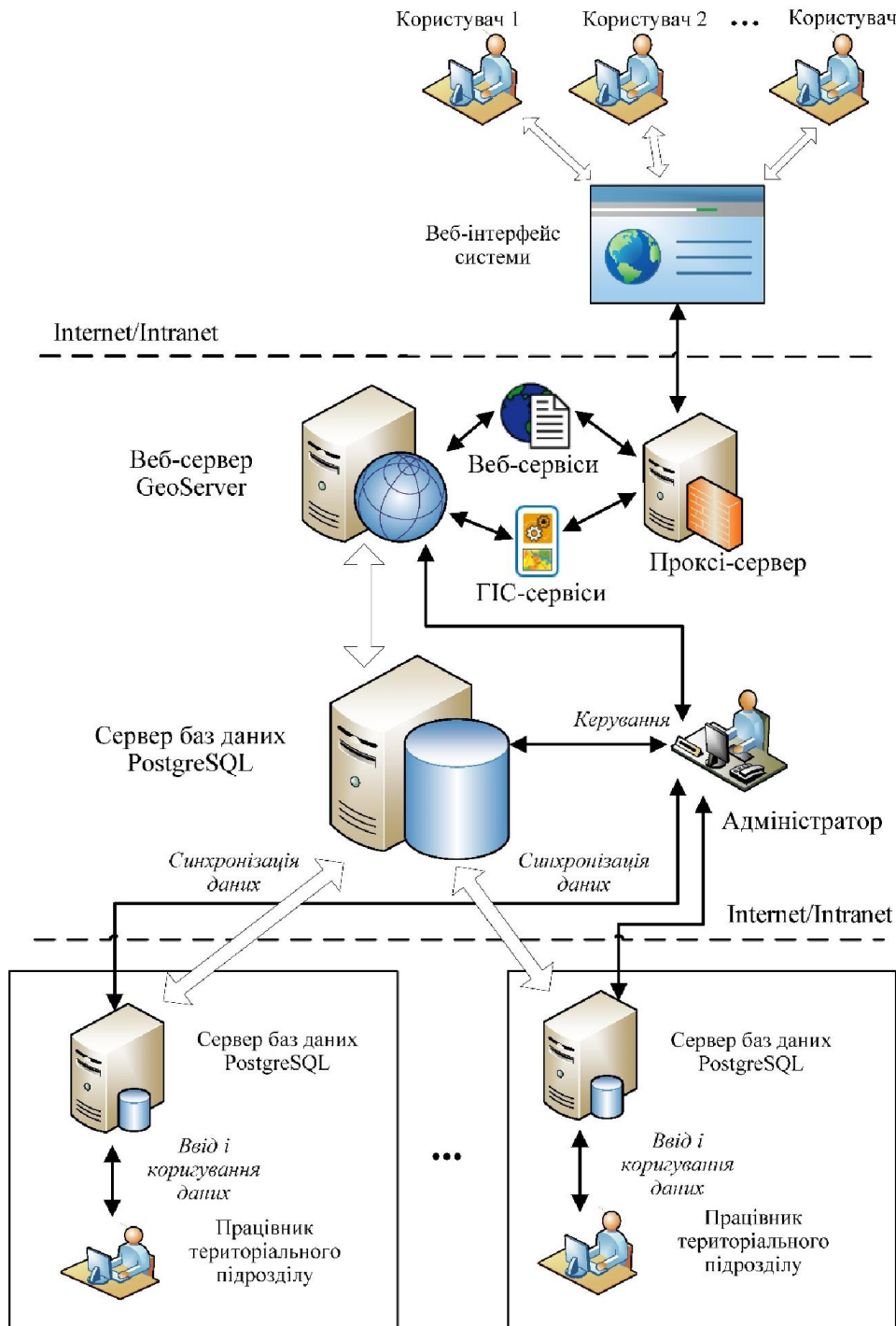


Рисунок 3.7. Склад програмного комплексу геоінформаційної системи

3.2. Аналітичні можливості

Для повноцінного функціонування геоінформаційної системи інженерних мереж необхідний широкий спектр аналітичних можливостей.

Система дозволяє отримати гнучку платформу для зручного ведення картографічної бази даних та інвентаризації об'єктів системи газопостачання, автоматизоване ведення технічної документації.

Отримання оперативного доступу до інформації про газові комунікації та їх детальні технічні характеристики, а також синхронізація баз даних інших типів інженерних комунікацій для ефективною взаємодії між організаціями та оперативного прийняття рішень.

Синхронізація баз даних програмних продуктів інших структурних підрозділів з базою геоданих ГІС забезпечує максимальну повноту відображуваних даних по конкретному об'єкту чи абоненту.

Засоби геоінформаційної системи дають змогу підвищити ефективність роботи диспетчерських служб (максимально чітка локалізація на місцевості газопроводів, відключаючих пристроїв, газових колодязів та інших необхідних об'єктів газопостачання).

Прогноз напрямків розвитку інженерної інфраструктури дозволяє ефективно керувати комунальним господарством міста в цілому.

Алгоритми системи дозволяють оперативно реагувати на аварії та надзвичайні ситуації (в тому числі зовнішні, стосовно конкретного виду комунікації), просторово їх локалізувати.

Принципово важливим є забезпечення інформаційної підтримки для потреб профілактичних та аварійно-відновлювальних робіт через внесення в базу даних відомостей про дату, об'єкт та вид проведеної роботи.

Геоінформаційна система здатна забезпечити проведення оперативних аудитів інженерних мереж з можливістю внесення змін у базу даних в реальному часі, створення польових журналів обстежень мереж та об'єктів.

Структура геоінформаційної системи здатна забезпечити взаємодію з територіальними службами й органами управління (земельний та містобудівний кадастр, захист навколишнього середовища тощо).

3.3. Інтерактивне веб-картографування мережі розподілу природного газу

Інтерактивна карта є веб-ресурсом, користувачі якого можуть переглядати, редагувати та аналізувати просторові дані за допомогою будь-якого веб-браузера. Для роботи з інтерактивною картою користувачу не потрібні спеціалізовані програмні засоби та професійна кваліфікація ГІС-фахівця, досить всього лише наявності браузера та підключення до мережі Інтернет.

В інтерактивній карті представляється картографічна інформація, зміст якої викладений пошарово з можливістю підключення до відображення різноманітних додаткових шарів тематичної інформації та редагування змісту. Ефективність використання інтерактивних карт досягається внаслідок гнучкої бази даних. Вона може містити довідкову інформацію у вигляді текстових описів об'єктів, числових даних, фотографій, графіків, діаграм, документів тощо.

Карти містять максимально повний набір функцій, доступних у настільних ГІС: навігація по карті, редагування даних, маніпуляція векторними шарами карти, просторовий аналіз, адресний пошук, геокодування та багато іншого.

Базовим інструментом для розгортання веб-карт слугує бібліотека Leaflet.js з відкритим вихідним кодом. Підтримує більшість мобільних і стаціонарних платформ із числа тих, що підтримують HTML5 та CSS3.

Стандарт	Підтримка
GeoJSON	Хороша, ядро містить функцію geoJson
KML, CSV, WKT, TopoJSON, GPX	Модуль Leaflet-Omnivore
WMS	Ядро підтримує підтип TileLayer.WMS
WFS	Не підтримується ядром, існує сторонній модуль
GML	Не підтримується

Таблиця 3.1. Підтримка форматів ГІС

Можлива взаємодія з картами Leaflet перетягуючи карту, масштабуючи (подвійним клацанням або прокручуванням колеса миші), використовуючи клавіатуру, обробку подій і перетягування маркерів.

Для початку необхідно створити базову html-сторінку з тегами head та body, активувати css-скрипт Leaflet та Leaflet API. Для утримання карти створюється контейнер, та визначаються параметри його розміру.

```
<head>
  <link rel = "stylesheet" href = "http://cdn.leafletjs.com/leaflet-0.7.3/leaflet.css" />
</head>
```

Рисунок 3.8. Код скрипту Leaflet

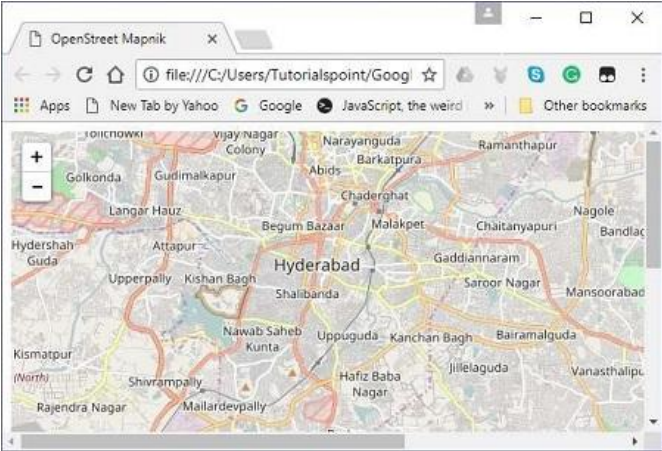
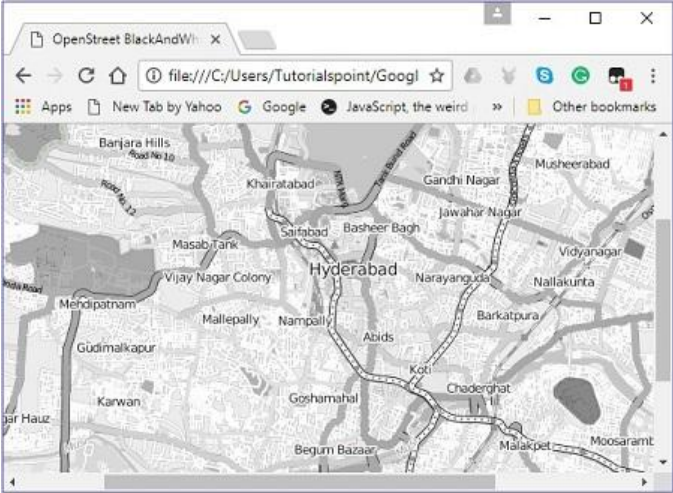
Leaflet передбачає кілька параметрів, таких як «Типи управління», «Параметри взаємодії», «Параметри стану карти», «Параметри анімації», тд. Задаючи їх значення можна персоналізувати карту на власний розсуд.

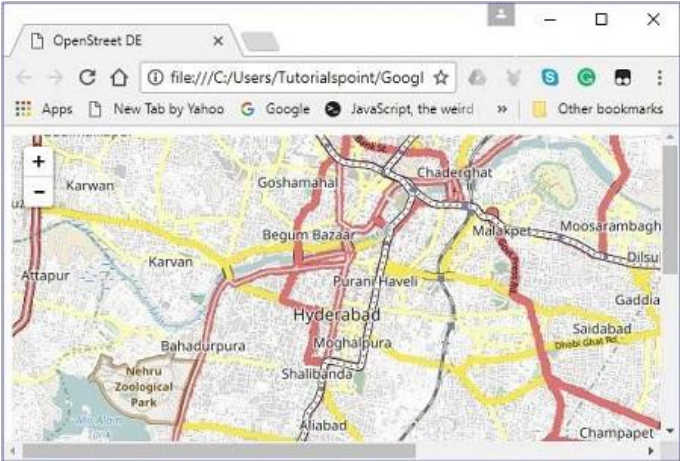
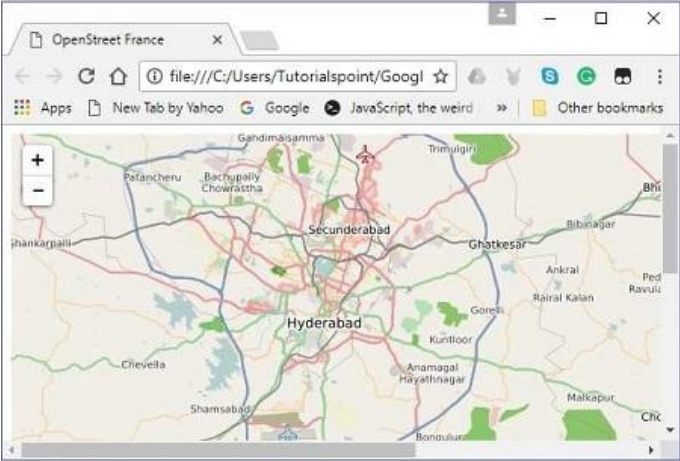
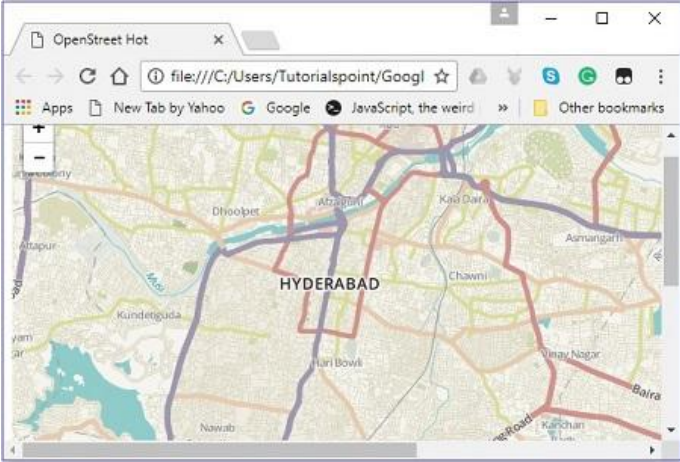
Ключовим у візуалізації є об'єкт mapOptions (створюється як літерал). Для нього слід встановити значення для центру параметрів та масштабування, де:

- center – як значення цієї опції необхідно передати об'єкт LatLng, який вказує на місце, де потрібно відцентрувати карту. Значення широти і довготи вказуються в коді в квадратних дужках;
- zoom – як значення цієї опції потрібно передати ціле число, яке становить рівень масштабування карти.

Використовуючи API-інтерфейс Leaflet класу Map відбувається створення карти на сторінці. Для завантаження і відображення різних типів карт використовується екземпляр класу TileLayer. Безпосередньо додати шар, який був раніше створений, можна методом addlayer ().

Як у випадку з OpenStreetMap доступно завантажувати шари різних постачальників послуг, таких як OpenTopo, ThunderForest, Hydda, ESRI, OpenWeather, NASA GIBS, та ін.

Тип карти	URL та результат виведення
<p>Mapnik</p>	<p>HTTP: // {s} .tile.openstreetmap.org / {r} / {x} / {y} .png</p> 
<p>Чорно-біла</p>	<p>HTTP: // {s} .tiles.wmflabs.org / mt-Mapnik / {r} / {x} / {y} .png</p> 
<p>OSM.de</p>	<p>http: // {s} .tile.openstreetmap.de /iles / osmde / {z} / {x} / {y} .png</p>

	
OSM.fr	<p>HTTP: // {s} .tile.openstreetmap.fr / osmfr / {r} / {x} / {y} .png</p> 
Humanitarian OSM	<p>HTTP: // {s} .tile.openstreetmap.fr / hot / {r} / {x} / {y} .png</p> 

Таблиця 3.2. Приклади відображення карт відкритих карт, що використались у Leaflet

3.4. Проблемні моменти та перспективи подальшої оптимізації ГІС-рішень

Проблемним моментом у використанні сучасних геоінформаційних систем на практиці є необхідність формування нового світогляду на ведення діяльності у сфері розподілу природного газу, підготовки фахівців, проведення семінарів, тренінгів для управлінців, знайомлення їх із цією технологією в сфері. Активне вивчення шляхів використання ГІС технологій дозволить підприємствам поряд із збільшенням прибутків, зберігати і покращувати якість мережі, формувати актуальну звітну інформацію та покращувати ефективність управління мережею та системою в цілому.

Розглядаючи процес векторизації спостерігається, що велика частина існуючих паперових карт створювалась без урахування їх цифрування в майбутньому, тому при оцифруванні карт неминуче виникають проблеми. На вихідних паперових картах часто присутні плями, потертості, друкарський брак і інші дефекти, які утруднюють автоматичне розпізнавання об'єктів і перетворення їх у вектори. Часто на картах в цілях більш наочного зображення географічних об'єктів жертвують їх позиційною точністю. Наприклад, по вузькій береговій смужі проходять газопровід, автомобільна і залізниця дороги. Якщо винести ці об'єкти на карту точно по тим координатами там, де вони розташовані, три лінії можуть злитися в одну. У цьому випадку ці лінії малюють на невеликій відстані один від одного, нехтуючи позиційної точністю і зберігаючи топологію об'єктів. Якщо межа територій проходить по природним об'єктам (по річці, не вираженій в масштабі карти по ширині), лінію кордону зображують по черзі на різних берегах цієї річки.

При роботі в автоматичному режимі векторизації до цих пір існує багато проблем: придушення шумів, знаходження і усунення розривів ліній, облік зміни товщини ліній, збереження топологічних ознак, розпізнавання та відновлення написів, аналіз ситуацій з великою кількістю об'єктів та ін.

Процес введення карт в ГІС досить трудомісткий. Підсумкова цифрова карта містить десятки тисяч об'єктів, кожен з яких може складатися з декількох сотень

сегментів. Так, при ручній векторизації навіть середньої по розмірами карти оператор вводить сотні тисяч і навіть мільйони точок.

При скануванні з низькою роздільною здатністю, сенсори сканера захоплюють не тільки лінію, але і навколишній її фон. І навіть якщо ця лінія ідеально червона, на зеленому тлі сканер видасть усереднений, коричневий колір. При збереженні растрів у форматах з втратою якості (таких як JPEG) істинний колір пікселів підміняється схожим. На растрі, особливо низької роздільної здатності, немає вихідних кольорів, якими друкувалася карта. Є набори відтінків, які в тій чи іншим мірі можна віднести до того чи іншого кольору.

Говорячи про ГІСв цілому, видно дифереціацію функціонування різних геоінформаційних систем, яка виражається в особливостях архітектури самого програмного забезпечення та алгоритмів обробки геопросторових даних. Доцільно прямувати до уніфікації, як самих ГІС, так і створюваних геопросторових даних.

Шляхами усунення проблем можуть бути складання та застосування високоякісних точних картографічних продуктів, інтеграція результатів геодезичних знімань з базою геоданих, що забезпечить якісну і своєчасну актуалізацію даних, ефективний контроль за виробництвом та мінімізацію затрат часу на вирішення покладених завдань.

Висновки до розділу 3

Проаналізовано технологічні аспекти геоінформаційного забезпечення системи розподілу природного газу. Викладено основні особливості організації ГІС системи розподілу природного газу. Зручний інструментарій по обробці, публікації та розміщенню геопросторових даних надає програма GeoServer. Для різних ролей доступу користувачів існує різне представлення даних. За потреби оперативного використання даних розробляється веб-портал, що функціонує засобами відкритих бібліотек Leaflet.js.

Викладені аналітичні можливості системи. Оскільки дані є стратегічними, виникає потреба в ефективному аналізі даних. Геоінформаційна система є потужним інструментом для вирішення аналітичних завдань.

Оцінені проблемні моменти та запропоновані перспективи їх вирішення. В основному, ключові проблеми можливо вирішити шляхом уніфікації даних, технічної документації та алгоритмів розробки.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі здійснене теоретичне узагальнення та викладені практичні результати вирішення задачі з забезпечення геоінформаційними ресурсами системи розподілу природного газу.

Ознайомлення з теоретичними відомостями дало можливість сформувавши уявлення про складові та принципи функціонування системи газопостачання, а також про роль геодезичного забезпечення, як ключового при проектуванні, побудові та експлуатації газових мереж.

Широкий спектр сучасних програмних засобів дозволяє застосовувати їх при роботі з різного роду завданнями. Для опрацювання геопросторових даних інженерних комунікацій добре підходить ГІС QGIS. Робота з векторними та растровими даними, аналіз топологічних властивостей, наявність низки вбудованих і запозичених плагінів, а також поширення програми ліцензією GNU GPL 2 роблять QGIS одним з передових програмних комплексів геоінформаційного спрямування. Основу функціонування всіх систем складає база геопросторових даних. Системою керування базами даних, що найкраще організовує геодані є PostgreSQL, яка, разом з QGIS є вільною.

Аналіз вихідних даних дав можливість сформувавши алгоритм розробки системи із урахуванням специфіки сфери газопостачання. Створено базу геоданих об'єктів розподілу природного газу з урахуванням повноти необхідної атрибутивної інформації. Розроблено прототип веб-геопорталу із застосуванням серверного програмного забезпечення та вільних бібліотек веб-візуалізації геоданих Leaflet.

Обґрунтовано інноваційну доцільність впровадження геоінформаційних систем, що забезпечує здійснення ефективної експлуатаційної діяльності системи газопостачання. Кроссплатформенність системи надає доступ до безперебійного використання системи різними структурними підрозділами організації на різних пристроях та платформах у будь-який час для будь-яких цілей.

Подальші дослідження слід розвивати у напрямі стандартизації розробки геоінформаційних систем та геопросторових даних. Підвищення точності

геодезичних робіт, наявність всієї повноти виконавчої документації, інтеграція з іншими сервісами газорозподільної організації роблять геоінформаційну систему одним з ключових інструментів для успішного функціонування, розвитку та планування мереж розподілу природного газу, та, в загальному всієї мережі інженерних комунікацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

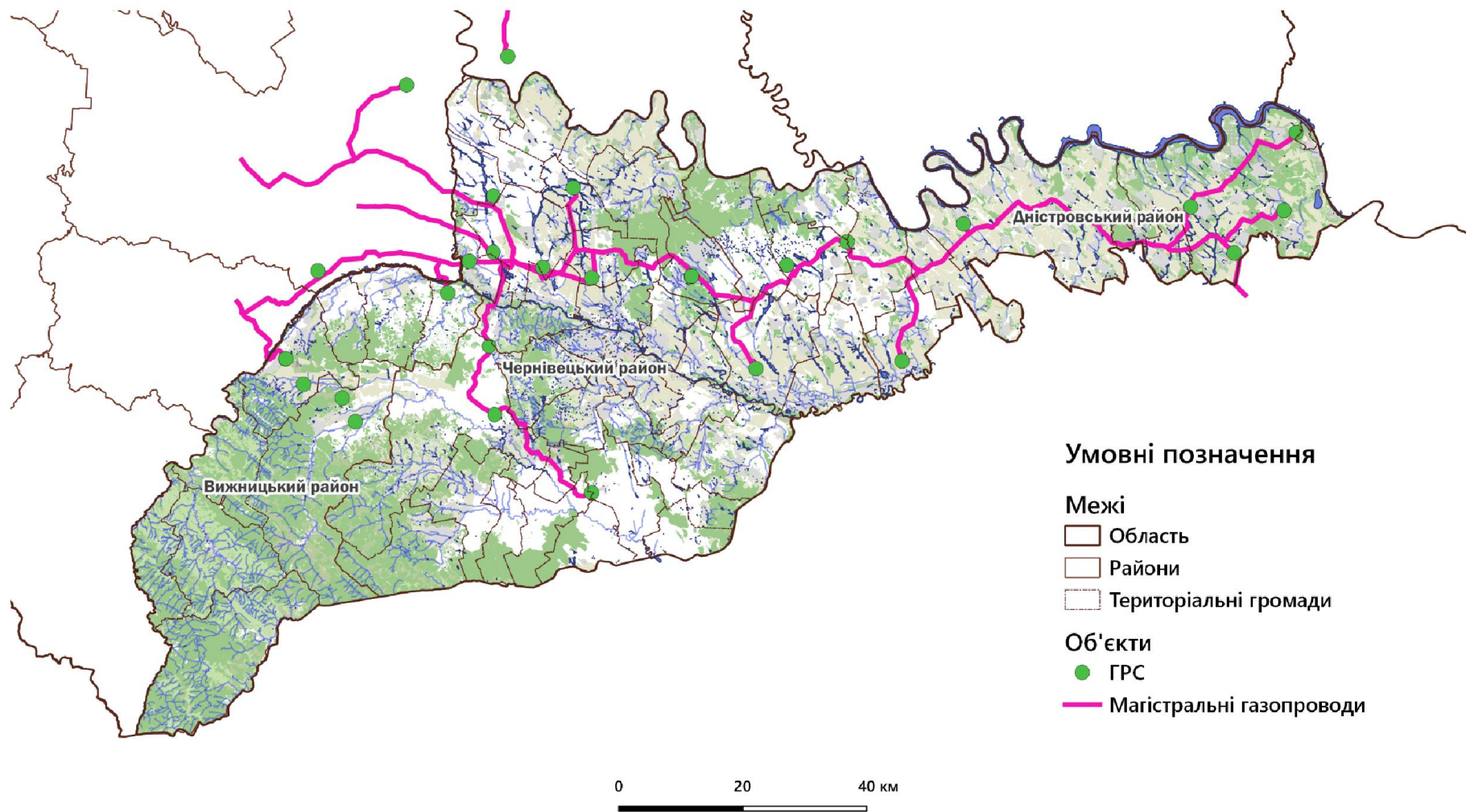
1. Аковецкий В. И. Дешифрирование снимков / В. И. Аковецкий. – М.: Недра, 1985.
2. Балінський І. С. Проектування систем газопостачання : навч. посіб. / І. С. Балінський, Г. І. Шпак, О. О. Савченко ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 136 с.
3. Берлянт А. М. Картография: Учебник для вузов / Берлянт А. М. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 336 с.
4. Берлянт А. М. Теория геоизображений / А. М. Берлянт. – Москва, 2006. – 262 с. – (ГЕОС).
5. Білокриницький С. М. Геодезія : навч. посіб. / С. М. Білокриницький. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 576 с.
6. Бондаренко Е. Л. Геоінформаційна схема картографування / Е. Л. Бондаренко // Часопис картографії / Е. Л. Бондаренко. – Київ: «Обрії», 2011. – С. 58–63.
7. Бородавкин П. П., Березин В. Л. Сооружение магистральных трубопроводов. М.: НЕДРА, 1977. 401 с.
8. Гончарук М. І. Довідник з газопостачання населених пунктів України / М. І. Гончарук, М. Д. Середюк, В. І. Шелудченко. – Івано-Франківськ: Сімик, 2006. – 1313 с.
9. Гребенюк Т. М. Військова топографія : навч. посіб. / Т. М. Гребенюк, П. І. Волчко, В. Ю. Жидков, В. Д. Макаревич, В. М. Корольов; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 2008. - 384 с.
10. ДБН В.2.5-20-2018 Газопостачання [Електронний ресурс] // ДП "Укрархбудінформ". – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2019/04/V2520-20181.pdf>.
11. Карпінський Ю. О. Техніко-економічна доповідь з формування Національної інфраструктури геопросторових даних (УкрНІГД) / роль та проблеми геоінформатики в сучасному суспільстві. – 2005. – 111 с.

12. Кязимов К.Г. Справочник газовика: Справ.посobie.-3 -е изд.,спер. - М.:Высш.шк.;Изд.центр "Академия", 2000. -272с.:ил
13. Основи геоінформаційних систем та баз даних : конспект лекцій. – Київ, 2010.
14. Основні положення створення та оновлення топографічних карт масштабів 1:10000, 1:25000, 1:50000, 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000. – К. : Головне управління геодезії, картографії та кадастру України, 1998. – 18 с.
15. Про затвердження Кодексу газорозподільних систем [Електронний ресурс] // Офіційний вісник України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1379-15#Text>.
16. Про затвердження Правил безпеки систем газопостачання [Електронний ресурс] // Офіційний вісник України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0674-15#Text>.
17. Світличний О. О., Плотницький С. В. Основи геоінформатики : навч. посібник / О. О. Світличний, С. В. Плотницький ; за заг. ред. О. О. Світличного. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 296 с.
18. Современные подходы использования геоинформационных систем при производстве топографо-геодезических работ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://blog.kai.ua/ru/2014/09/sovremennye-podhody-ispolzovaniya-geoinformacionnyx-sistem-pri-proizvodstve-topografo-geodezicheskix-rabot/>
19. Сонько С. П. Геоінформаційні системи в охороні довкілля, сільському та лісовому господарстві / С. П. Сонько, Ю. Ю. Косенко. – 2013
20. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем : навч. посібник / В. Д. Шипулін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 313 с.
21. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 272 с.
22. GeoServer Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.geoserver.org>.
23. Meehan Bill. Empowering Electric and Gas Utilities with GIS/Bill Meehan. – Esri Press . – 2007. – 225 p.

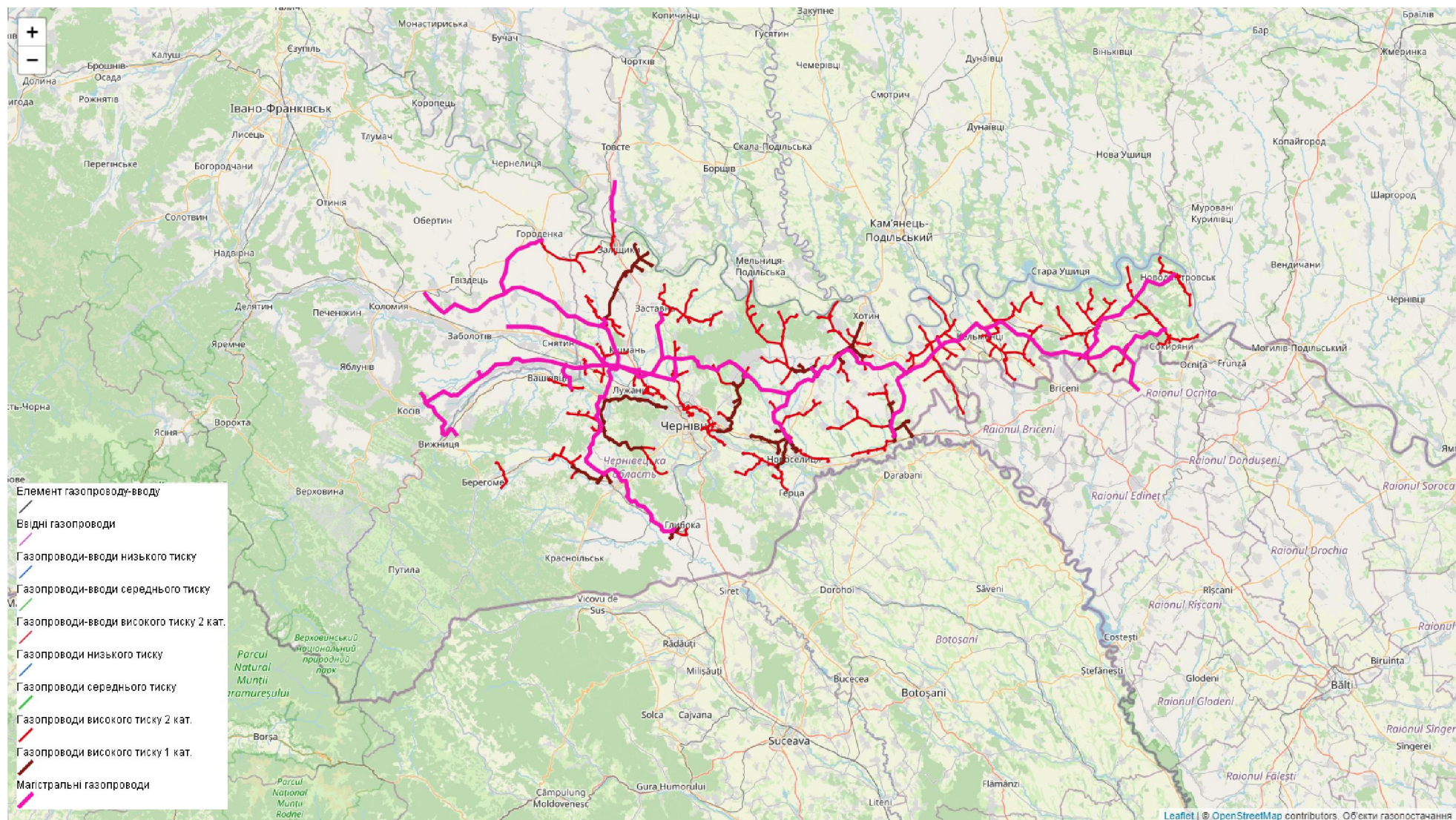
24. MeehanBill. Enerprise GIS andtheSmartElectricGrid. [Електронний ресурс] / BillMeehan. – 2008. – Режим доступу: <http://www.esri.com/industries/electric/business/~media/Files/Pdfs/library/articles/enterprise-seg.pdf>
25. OpenStreetMap [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://openstreetmap.org>.
26. OpenStreetMap – Вікіпедія [Електронний ресурс] // Вікіпедія – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/OpenStreetMap>.
27. PostgreSQL 14.1 Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.postgresql.org/docs/14/index.html>.

ДОДАТКИ

Газотранспортна система Чернівецької області



Початкова сторінка веб-порталу ГІС розподілу природного газу



HTML-код веб-порталу ГІС розподілу природного газу

```

<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
<meta charset="UTF-8"/>
<meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge"/>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0"/>

<!-- leafletcsslink -->
<link
rel="stylesheet"
href="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.css"
/>

<title>ГІС системи розподілу природного газу</title>

<style>
body {
margin: 0;
padding: 0;
}
#map {
width: 100%;
height: 100vh;
}
</style>
</head>
<body>
<div id="map"></div>
</body>
</html>

<!-- leafletjslink -->
<script src="https://unpkg.com/leaflet@1.7.1/dist/leaflet.js"></script>

<!-- jquerylink -->
<script src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/jquery/3.5.1/jquery.min.js"></script>

<!-- leafletgeoserverrequestlink -->
<script src="lib/L.Geoserver.js"></script>

<script>
var map=L.map("map").setView([48.2174,26.2216],9);

var osm= L.tileLayer("https://{s}.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png",{
maxZoom:19,
attribution:
'&copy; <a
href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a> contributors',
});

osm.addTo(map);

// wmsrequest
var wmsLayer=L.Geoserver.wms("http://localhost:8080/geoserver/wms",{
layers:"gasgis:pipelines",
transparent:true,
attribution:"Об'єкти газопостачання",
});
wmsLayer.addTo(map);

```

```
var wfsLayer=L.Geoserver.wfs("http://localhost:8080/geoserver/wfs",{
layers:"gasgis:pipelines",
style:{
color:"black",
fillOpacity:"0.3",
fillColor:"red",
},
});
// wfsLayer.addTo(map);

var layerLegend=L.Geoserver.legend("http://localhost:8080/geoserver/wms",{
layers:"gasgis:pipelines",
// style: `stylefile`,
});

layerLegend.addTo(map);
</script>
```

Перелік таблиць бази даних

gas_magistral 123 id geom	pointcloud_formats 123 pcid 123 srid ABC schema	gas_vog 123 gid 123 id 123 mi_prinx geom	gas_grs_zone 123 gid 123 id ABC name_zone 123 mi_prinx geom	gas_kran 123 gid geom ABC номер ABC home_1 123 mi_prinx	gas_vvid_element 123 gid 123 id 123 id_pasp 123 mi_prinx geom	spatial_ref_sys 123 srid ABC auth_name 123 auth_srid ABC srs_text ABC proj4text	gas_grp 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер ABC home_1 123 mi_prinx	gas_shrp 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер ABC home_1 123 mi_prinx	osm_landuse 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_natural 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_pofw 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_pois 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom
osm_pois_point 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_traffic 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_traffic_point 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_transport 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_transport_point 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	osm_water 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name geom	pointcloud_columns ABC schema ABC table ABC column 123 pcid 123 srid ABC type	sbonent 123 account_code 123 eic 123 category ABC name ABC address ABC city 123 consumption	atu 123 id geom ABC admin_1 ABC admin_2 ABC admin_3 ABC type ABC koatuu_old	gas_city 123 gid 123 id geom ABC label_ukr ABC name_ukr ABC home_1 ABC tele1 ABC nazva 123 mi_prinx geom	gas_grs 123 gid geom ABC номер ABC home_1 ABC tele1 ABC nazva 123 mi_prinx	geography_columns ABC f_table_catalog ABC f_table_schema ABC f_table_name ABC f_geography_column 123 coord_dimension 123 srid ABC type	geometry_columns ABC f_table_catalog ABC f_table_schema ABC f_table_name ABC f_geometry_column 123 coord_dimension 123 srid ABC type
osm_buildings 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name ABC type geom	osm_places 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name 123 population ABC name geom	osm_places_point 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name 123 population ABC name geom	osm_rivers 123 gid geom ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name	gas_kbrt 123 gid 123 id ABC num_kbrt ABC street ABC owner_name ABC owner 123 mi_prinx geom	osm_railways 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name 123 layer ABC bridge ABC tunnel geom	raster_overviews ABC o_table_catalog ABC o_table_schema ABC o_table_name ABC o_raster_column ABC r_table_catalog ABC r_table_schema ABC r_table_name ABC r_raster_column 123 overview_factor	osm_roads 123 gid ABC osm_id 123 code ABC fclass ABC name ABC ref ABC oneway 123 maxspeed 123 layer ABC bridge ABC tunnel geom	gas_g1 123 gid geom 123 id_pasp ABC osm_id 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	gas_g1_vvid 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	gas_g2 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	gas_g2_vvid 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	gas_g3 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx
gas_g3_vvid 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	gas_g4 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	gas_vvidn 123 gid geom 123 id_pasp ABC номер 123 диаметр 123 num_dil ABC матер 123 длина ABC napravl ABC proklad ABC gost 123 stenka 123 mi_prinx	raster_columns ABC r_table_catalog ABC r_table_schema ABC r_table_name ABC r_raster_column 123 srid 123 scale_x 123 scale_y 123 blocksize_x 123 blocksize_y <input checked="" type="checkbox"/> same_alignment <input checked="" type="checkbox"/> regular_blocking 123 num_bands pixel_types nodata_values out_db <input checked="" type="checkbox"/> extent <input checked="" type="checkbox"/> spatial_index									

Діаграма UML-класів стандарту INSPIRE

