

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет геоінформаційних систем і управління територіями

Кафедра геоінформатики і фотограмметрії

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

проф., д.т.н. Карпінський Ю.О.

“ _____ ” _____ 2023 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО АТЕСТАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Геоінформаційний моніторинг наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики (ГЕС, АЕС) засобами ДЗЗ

Виконав студент групи ГСТ-51
193 «Геодезія та землеустрій»
Геоінформаційні системи і технології
Карнарук К. А.
Керівник: Лазоренко Н. Ю., доц.
Ідентичність підтверджую

Київ 2023 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Геоінформаційних систем та управління територіями

Кафедра: Геоінформатики і фотограмметрії

Освітній рівень: «магістр за ОПП»

Спеціальність: 193 «Геодезія та землеустрій»

Спеціалізація: Геоінформаційні системи і технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

_____ доцент., к.т.н. Нестеренко О. В.

“__” _____ 2023 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

Карнарук Кирило Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Геоінформаційний моніторинг наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики (ГЕС, АЕС) засобами ДЗЗ затверджена наказом ректора КНУБА № 2487/2 від «19» жовтня 2023 року

2. Керівник роботи доцент, к. т. н., Лазоренко Надія Юріївна
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту: 21 грудня 2023 р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р. 1. Характеристика предметної сфери геоінформаційного моніторингу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики

1.1 Стисла характеристика катастроф на об'єктах енергетики

1.1.1 Стисла характеристика катастрофи на Фукусімській АЕС

1.1.2 Стисла характеристика катастрофи на Каховській ГЕС

1.2 Аналіз нормативно-методичного забезпечення моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

1.3 Аналіз напрямів сучасних досліджень геоінформаційного моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

1.4 Збирання вихідних даних наслідків руйнування каховської ГЕС та наслідків землетрусу і цунамі причиною якою стала аварія на Фукусімській АЕС

1.4.1 Збирання вихідних даних наслідків руйнування Каховської ГЕС

1.4.2 Збирання вихідних даних наслідків землетрусу і цунамі причиною якою стала аварія на Фукусімській АЕС

Р. 2. Розроблення моделей бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики

2.1 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу

2.1.1 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Каховській ГЕС

2.1.2 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Фукусімській АЕС

2.2 Концептуальна модель бази геопросторових даних

2.3 Розроблення каталогу об'єктів і атрибутів наслідків катастроф на об'єктах енергетики

2.4 Логічна модель бази геопросторових даних

Р. 3. Дослідна реалізація бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики

3.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення для моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

3.2 Дослідна реалізація в QGIS та PostgreSQL

3.3 Геопросторовий аналіз та моделювання моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

5. Графічний матеріал за розділами

Р. 1. Схема розташування Фукусімської АЕС та Каховської ГЕС. Карта розподілу максимальної інтенсивності сейсмічного впливу в Японії після землетрусу. Графік рівня води Каховського водосховища з 06.04.2023 по 09.06.2023. Схема циклу моніторингу. Супутникові знімки Каховського водосховища. Розповсюдження хвиль у Тихому океані після землетрусу.

Р. 2. Схема загальна функціональна модель ГИС моніторингу. Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Каховській ГЕС. Концептуальна модель бази геопросторових даних аналізу моніторингу наслідків руйнування Каховської ГЕС. Логічна модель бази геопросторових даних аналізу моніторингу катастрофи на Каховській ГЕС

Р. 3. Супутникові знімки Каховського водосховища. Тематичні карти стану Каховського водосховища.

6. Календарний план виконання роботи:

Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)
Розділ 1. Характеристика предметної сфери геоінформаційного моніторингу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики	10.10.23
Розділ 2. Розроблення моделей бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики	22.10.23
Розділ 3. Дослідна реалізація бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики	12.11.23
Остаточне оформлення роботи	20.11.23

Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	27.11.23
Попередній захист роботи на кафедрі	06.12.23

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			

8. Дата видачі завдання 06.09.2023

Зав. кафедри _____ Карпінський Ю.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Лазоренко Н. Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Студент _____ Карнарук К. А
(підпис) (прізвище та ініціали)

Резюме (summary) <i>до атестаційної випускної роботи студента:</i>		Карнарук Кирило Андрійович	
<i>ЗВО</i>	Київський національний університет будівництва і архітектури		
<i>Тема</i>	Геоінформаційний моніторинг наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики (ГЕС, АЕС) засобами ДЗЗ		
<i>Освітній ступень</i>	Магістр за освітньо-науково програмою навчання		
<i>Факультет</i>	Геоінформаційних систем та управління територіями		
<i>Кафедра</i>	Геоінформатики і фотограмметрії		
<i>Спеціальність</i>	193 Геодезія та землеустрій		
<i>Спеціалізація</i>	Геоінформаційні системи і технології		
<i>Керівник</i>	Лазоренко Надія Юріївна		
<i>Обсяг роботи</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Розділів</i>	<i>Креслень Формату А4</i>
		3	
<i>Розділ 1</i>	Проведено аналіз катастроф на об'єктах енергетики, визначено основні проблеми та ризики. Детально розглянуто нормативно-методичне забезпечення моніторингу наслідків катастроф. В рамках розділу проведений аналіз сучасних досліджень геоінформаційного моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики, що надає контекст для подальших розглядів. Описано збір вихідних даних, включаючи використання супутникових знімків та шейп-		

	файлів з відкритих джерел, які стануть основою для подальших аналізів та досліджень.
<i>Розділ 2</i>	Здійснено розробку Функціональних, Концептуальних та Логічних моделей бази геопросторових даних, що визначає структуру та взаємозв'язки між різними аспектами інформації. Розроблені моделі надають необхідну базу для ефективного зберігання та обробки геопросторових даних, що сприятиме точним та комплексним аналізам.
<i>Розділ 3</i>	Була розроблена база геоданих. За допомогою QGIS та PostgreSQL розроблено функціональні можливості для взаємодії з базою та проведено дослідження геопросторового аналізу та моделювання моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики.
<i>Висновки по роботі</i>	Розглянуті катастрофи на Каховській ГЕС та Фукусімській АЕС надали важливі вхідні дані для розробки та впровадження системи моніторингу. В ході досліджень визначено основні проблеми та ризики, а також розроблено моделі бази геопросторових даних. Проведена дослідна реалізація в QGIS та PostgreSQL.
<p><u>Ключові слова:</u> Геоінформаційний моніторинг, техногенні катастрофи, система моніторингу, супутникові знімки, геопросторовий аналіз, база геопросторових даних, геоінформаційна аналітика.</p> <p><u>Keywords:</u> Geoinformation monitoring, technogenic disasters, monitoring system, satellite imagery, geospatial analysis, geodatabase, geoinformatic analytics.</p>	

Укладач: _____ Карнарук К. А.

Керівник: _____ Лазоренко Н. Ю.

«19» грудня 2023 р.

Зміст

Вступ	9
1. Характеристика предметної сфери геоінформаційного моніторингу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики.....	10
1.1 Стисла характеристика катастроф на об'єктах енергетики.....	10
1.1.1 Стисла характеристика катастрофи на Фукусімській АЕС.....	10
1.1.2 Стисла характеристика катастрофи на Каховській ГЕС.....	12
1.2 Аналіз нормативно-методичного забезпечення моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	14
1.3 Аналіз напрямів сучасних досліджень геоінформаційного моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	16
1.4 Збирання вихідних даних	19
1.4.1 Збирання вихідних даних наслідків руйнування Каховської ГЕС.....	19
1.4.2 Збирання вихідних даних наслідків землетрусу і цунамі причиною якою стала аварія на Фукусімській АЕС.....	21
2. Розроблення геоінформаційних моделей бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	23
2.1 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу.....	23
2.1.1 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Каховській ГЕС.....	24
2.1.2 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Фукусімській АЕС.....	25
2.2 Концептуальна модель бази геопросторових даних	26
2.3 Розроблення каталогу об'єктів і атрибутів наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	28
2.4 Логічна модель бази геопросторових даних.....	29

3. Дослідна реалізація бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	31
3.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення для моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	31
3.2 Дослідна реалізація в QGIS та PostgreSQL.....	32
3.3 Геопросторовий аналіз та моделювання моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики.....	36
Висновки.....	43
Список літератури.....	44
Додатки.....	46

Вступ

Техногенні катастрофи, такі як аварії на гідроелектростанціях (ГЕС) або атомних електростанціях (АЕС), можуть мати серйозні та далекосяжні наслідки для навколишнього середовища, екосистем, а також для життя та здоров'я людей. Сучасні виклики, пов'язані із забезпеченням безпеки та відновленням постраждалих територій, вимагають інноваційних підходів та використання передових технологій.

Геоінформаційний моніторинг виявляється ключовим інструментом для вчасного виявлення та відстеження наслідків техногенних катастроф. Використання геоінформаційних технологій та засобів дистанційного зондування (ДЗЗ) дозволяє не тільки отримати широкий обсяг даних, але і забезпечити їх аналіз на різних етапах виникнення та розвитку подій.

У зв'язку з ростом доступності та ефективності засобів ДЗЗ, виникає можливість детального аналізу територій, пошуку ефективних шляхів реагування на техногенні катастрофи та визначення стратегій відновлення. Особливо важливим є вивчення використання цих технологій у галузі енергетики для прогнозування, моніторингу та аналізу наслідків аварій на об'єктах енергетики.

Метою даної магістерської роботи є розроблення та реалізація бази геопросторових даних, яка дозволить систематизувати та аналізувати наслідки катастроф на прикладі Каховської ГЕС та Фукусімської АЕС. Використання програми QGIS та інструментів ДЗЗ дозволить провести комплексний аналіз впливу катастроф на навколишнє середовище, що є ключовим елементом розробки ефективних стратегій управління та відновлення.

1. Характеристика предметної сфери геоінформаційного моніторингу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики

1.1 Стисла характеристика катастроф на об'єктах енергетики

Основна проблематика катастроф на об'єктах енергетики полягає в високому ризику для безпеки людей, навколишнього середовища та економіки. Це включає в себе можливість техногенних аварій, викиди шкідливих речовин, радіаційні загрози та потенційні негативні наслідки для енергетичної інфраструктури. Забезпечення надійності та безпеки об'єктів енергетики є надзвичайно важливою задачею для захисту життя та довкілля від можливих катастроф.

В цій роботі розглядається два випадки катастроф на об'єктах енергетики, а саме катастрофа на Фукусімській АЕС 11 березня 2011 року, спричиненою землетрусом силою у 9,0—9,1 балів за шкалою Ріхтера у регіоні Тохоку, у Північно-Східній Японії, та руйнування Каховської ГЕС 6 червня 2023 року.

1.1.1 Стисла характеристика катастрофи на Фукусімській АЕС

Катастрофа на Фукусімській атомній електростанції (Фукусіма-1) сталася в результаті масштабного землетрусу та цунамі в Японії. Поштовхи магнітудою 9,0 балів спричинили сильний землетрус в Тихому океані, також відомий як «Великий тохокуський землетрус». Нажаль цей землетрус спричинив числені жертви у Японії, офіційно підтверджена загибель 5178 чоловік та 8606 осіб вважають

зниклими безвісти. Землетрус призвів до зсуву осі Землі на 15 см. Крім того, згідно з попередніми розрахунками, тривалість земної доби скоротилася на 1,6 мікросекунди. Після землетрусу, відразу ж стався потужний цунамі висотою 10 – 12 метрів, що сягнув берегів Японії. Узбережжя від Охотського моря до островів Рюку було спустошене. Цунамі затопив системи охолодження реакторів Фукусімської АЕС, що призвело до перегріву та аварій на реакторах. Внаслідок цього стався викид радіації. Великі кількості радіоактивних матеріалів потрапили в навколишнє середовище через викиди з пошкоджених реакторів. Поблизу АЕС було проведено евакуацію жителів і введено зону відчуження, щоб захистити людей від радіаційних загроз. Ця катастрофа спричинила глибокі зміни в ядерній промисловості та стимулювала додаткові дослідження та розмірковування щодо безпеки атомних електростанцій.

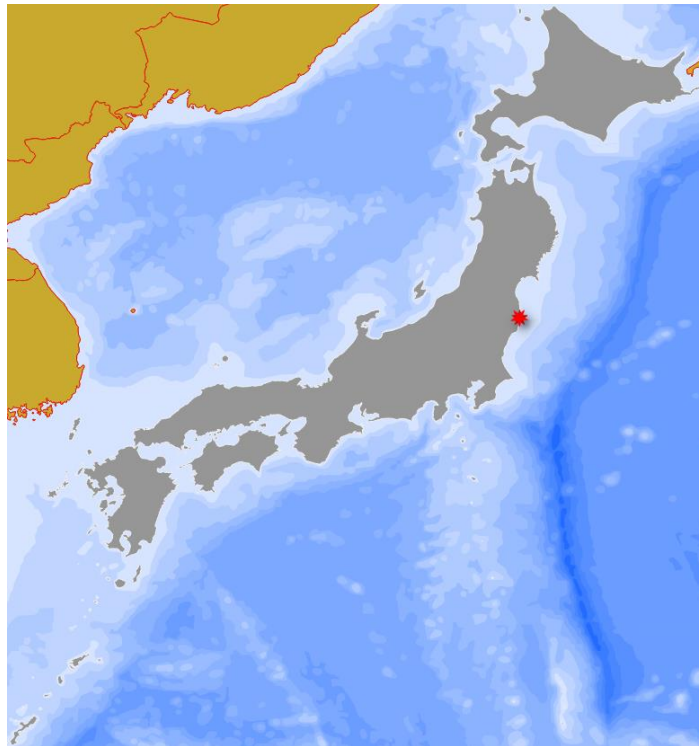


Рис. 1.1 Розташування Фукусімської АЕС

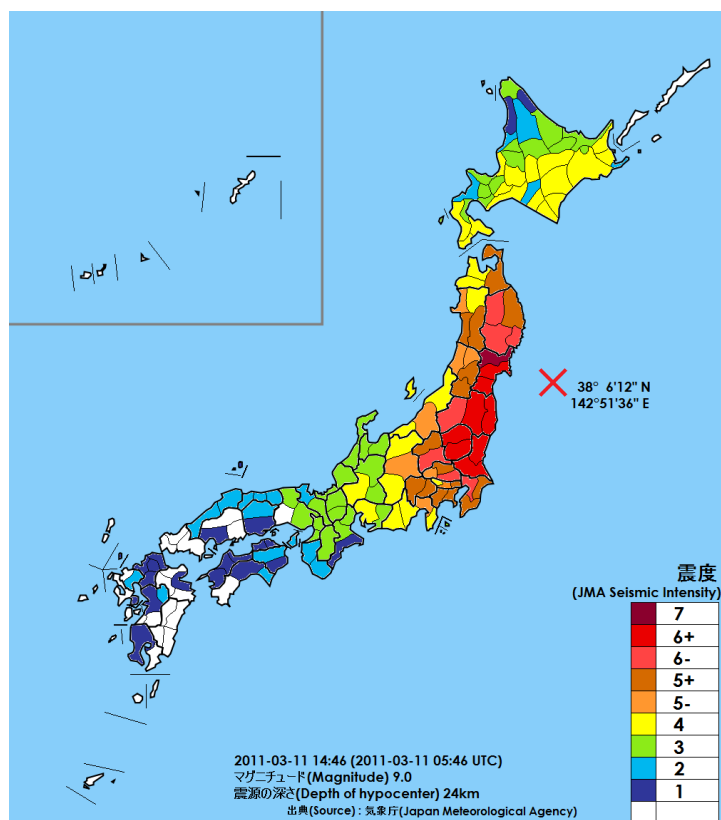


Рис. 1.2 Карта розподілу максимальної інтенсивності сейсмічного впливу

1.1.2 Стисла характеристика катастрофи на Каховській ГЕС

Катастрофа на Каховській ГЕС спричинена в наслідок дій окупаційної російської влади, яка тим часом керувала ГЕС. Однією із основних версій причиною руйнування Каховської ГЕС є цілеспрямоване мінування та підриг конструкції ГЕС із середини, а також неналежне обслуговування ГЕС що також могло призвести до поступового руйнування конструкції. Внаслідок руйнування ГЕС було тимчасово затоплено обидва береги річки Дніпро нижче за течією ГЕС, в більшій мірі лівий берег, та спустошено каховське водосховище. Зникнення одного з найбільших водосховищ призведе також до спустошення багатьох

зрошувальних каналів, з яких найбільшими є Каховський, Дніпро-Кривий Ріг та Північнокримський, що в свою чергу також позбавляє постачання прісної води до півострова Крим. Також однією із серйозних загроз є неможливість набору води для охолоджуваної система Запоріжської атомної станції, що в подальшому може призвести до ще однієї катастрофи більшого масштабу. До війни Херсонщина мала найбільшу кількість орних земель в Україні — до 2 млн га. Прорив дамби зробить неможливим обробіток зрошуваних територій. І не лише на Херсонщині, а й на Криворіжжі, адже Південне водосховище біля Кривого Рогу також наповнювалось з Дніпра через один з каналів.

Також немало важливим наслідком катастрофи є евакуація населених пунктів на берегах ближайчих водойм. Наслідком руйнування Каховської ГЕС, на жаль, також є жертви серед місцевого населення, а саме 76 людей загинуло та 143 поранені. Більшість жертв було у населених пунктах на лівому березі річки Дніпро, так як вони постраждали найбільше від повені, а також тому що на підконтрольних територіях окупаційної російської влади не проводилось централізованої евакуації.

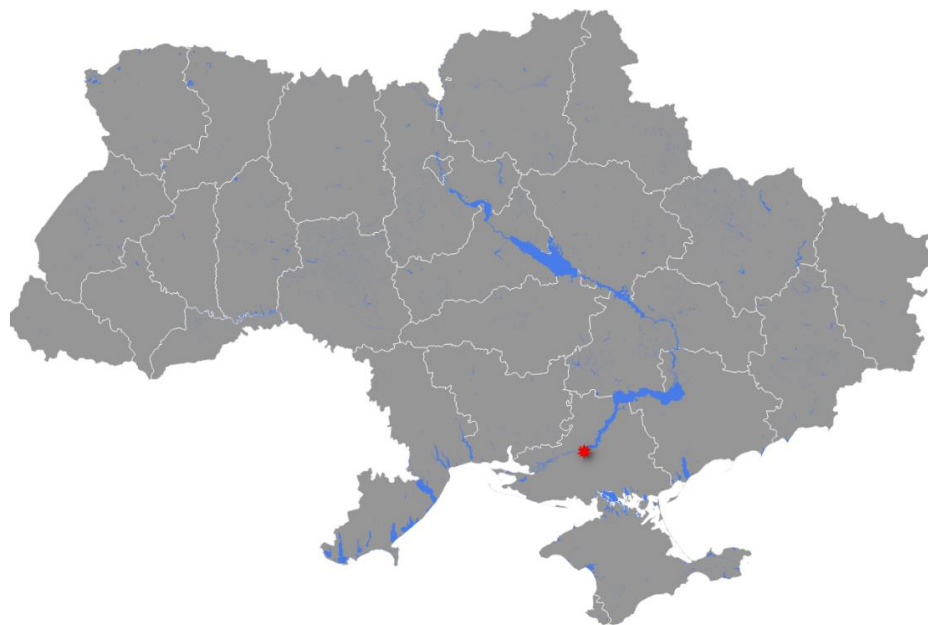


Рис. 1.3 Розташування Каховської ГЕС

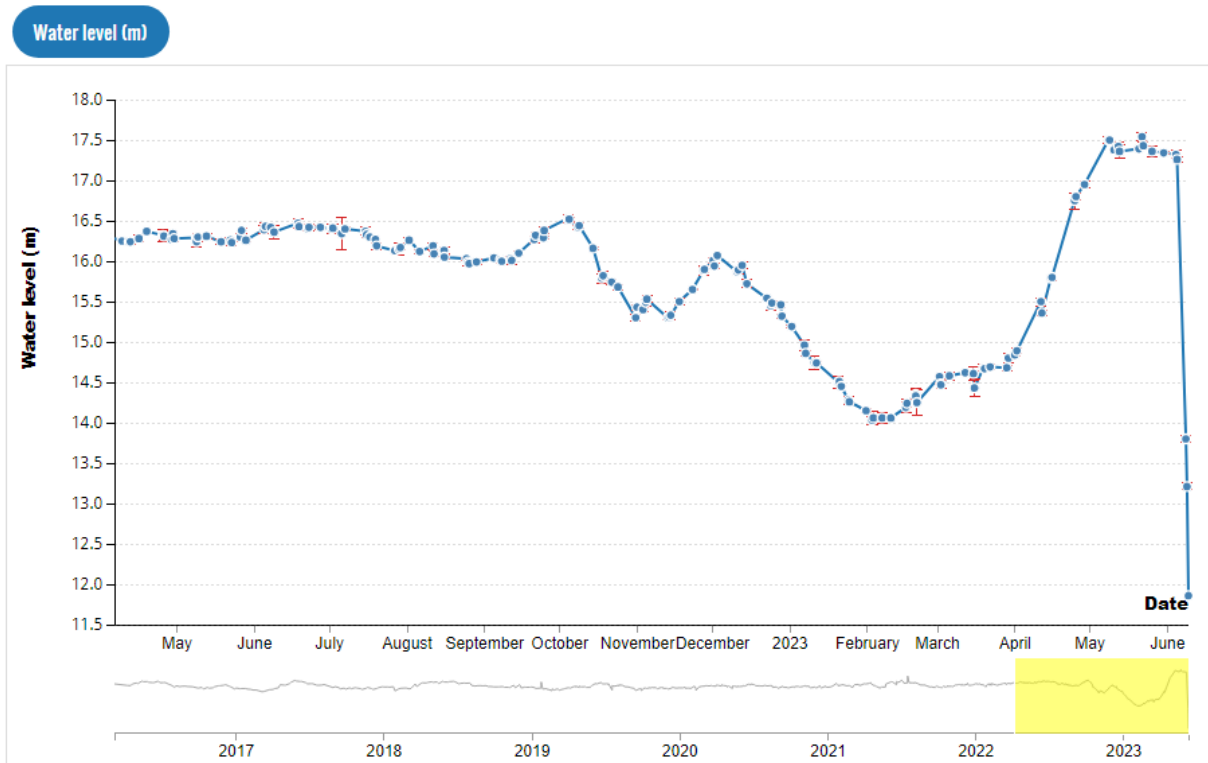


Рис. 1.4 Графік рівня води Каховського водосховища з 06.04.2023 по 09.06.2023

1.2 Аналіз нормативно-методичного забезпечення моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

Для здійснення моніторингу ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій розроблюється регламент взаємодії суб'єктів моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування катастроф, який містить перелік параметрів, що визначають стан джерел надзвичайних ситуацій, і підлягають систематичному спостереженню. Система моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій ґрунтується на використанні існуючих організаційних структур суб'єктів моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування аварій. Суб'єкти моніторингу, спостереження, лабораторного

контролю і прогнозування надзвичайних ситуацій у межах повноважень здійснюють спостереження за небезпечними чинниками, збір та узагальнення інформації про їх розвиток, розробляють профілактичні заходи щодо запобігання їх виникненню і контролюють проведення цих заходів. Об'єктами моніторингу повинні бути: атмосферне повітря, водні ресурси, рослинний світ, тваринний світ, лісовий та сільськогосподарський фонди, геологічне середовище, будівлі та споруди, потенційно небезпечні об'єкти, об'єкти підвищеної небезпеки.

Режими проведення моніторингових досліджень:

- до виникнення надзвичайних ситуацій - у режимі повсякденного функціонування. При цьому головною метою є прогнозування місця, часу, вражаючого фактора безпеки і оцінка ризиків для населення;
- у момент загрози виникнення катастроф - у режимі підвищеної готовності. Головною метою є своєчасне визначення місця, часу, вражаючого фактора безпеки та прогнозування можливих наслідків;
- після виникнення надзвичайних ситуацій головною метою є прогнозування місця, часу, можливості виникнення нових осередків безпеки, оцінка ризику для населення, підготовка управлінських рішень щодо локалізації та ліквідації кризових ситуацій.

1.3 Аналіз напрямів сучасних досліджень геоінформаційного моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

До принципів моніторингу належать: комплексність, систематичність і періодичність, полігонний характер досліджень, автоматизація процесу оброблення даних. Комплексність передбачає використання для моніторингу різних технологічних схем, які б поєднували методи дистанційного зондування, наземні інженерно-геологічні, геодезичні, екологічні, картометричні побудови, математичне і фізичне моделювання тощо.

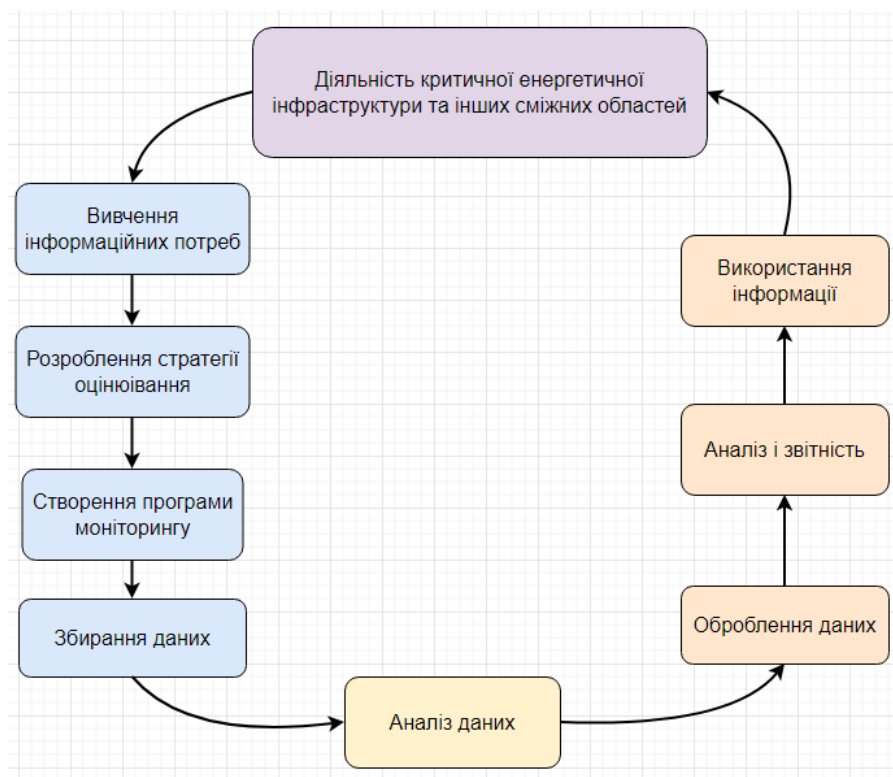


Рис. 1.5 Цикл моніторингу

Системність і періодичність спостережень забезпечують відстеження динаміки стану об'єктів моніторингу, своєчасне виявлення змін та усунення загроз. Полігонний характер досліджень передбачає створення ієрархії опорних ділянок для проведення режимних робіт в залежності від наявних умов і поставлених завдань. Автоматизація процесу оброблення даних передбачає створення геоінформаційних систем, застосування яких дозволяє всебічно аналізувати стан складних систем.

Аналіз напрямів сучасних досліджень геоінформаційного моніторингу включає в себе дослідження і розвиток методів, технологій та застосувань геоінформатики для моніторингу різних процесів та явищ у природному та техногенному середовищі.

Аналіз напрямів сучасних досліджень геоінформаційного моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики включає в себе широкий спектр тем та проблем, пов'язаних із використанням геоінформаційних технологій для моніторингу і управління в енергетичному секторі. Деякі з ключових напрямів досліджень в цій галузі включають:

- *Моніторинг технічного стану об'єктів енергетики:* Дослідження розробки систем, які використовують геоінформаційні технології для постійного моніторингу та оцінки технічного стану енергетичних об'єктів, включаючи електростанції, трансформаторні підстанції та електромережі.
- *Прогнозування та управління природними ризиками:* Вивчення використання геоінформаційних систем для передбачення природних катастроф, таких як повені, землетруси та лісові пожежі, і розробки стратегій управління ризиками та евакуації.

- *Реагування на техногенні аварії:* Дослідження використання геоінформаційних технологій для організації і керування рятувальними операціями під час техногенних аварій на енергетичних об'єктах.
- *Моніторинг забруднення навколишнього середовища:* Розробка методів та технологій для вимірювання та відстеження рівнів забруднення повітря, води та ґрунту, які можуть виникнути внаслідок катастроф на енергетичних об'єктах.
- *Управління кризовими ситуаціями і комунікації:* Дослідження розробки систем комунікації та інформаційного обміну для координації дій під час кризових ситуацій і надзвичайних подій.
- *Використання супутникових даних та дронів:* Розробка та вдосконалення методів використання супутникових знімків та даних, зібраних дронами, для моніторингу та аналізу стану енергетичних об'єктів та їхнього навколишнього середовища.
- *Геоінформаційні системи для прийняття рішень:* Дослідження розробки ГІС-підтриманих систем для прийняття рішень, які допомагають аналізувати дані та виходити з ефективними стратегіями для реагування на кризові ситуації.
- *Аналіз впливу на оточуюче середовище:* Дослідження використання геоінформаційних методів для оцінки впливу катастроф на оточуюче середовище та розробки заходів для зменшення негативного впливу.

Аналіз та дослідження цих напрямів геоінформаційного моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики важливі для покращення безпеки та управління ризиками в енергетичній галузі та захисту життя людей та довкілля.

1.4 Збирання вихідних даних наслідків руйнування каховської ГЕС та наслідків землетрусу і цунамі причиною якою стала аварія на Фукусімській АЕС

Вихідні дані необхідні для створення бази геопросторових даних аналізу моніторингу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики, а саме це: супутникові знімки території до та після катастрофи, топографічні дані у вигляді карт та планів місцевості.

1.4.1 Збирання вихідних даних наслідків руйнування Каховської ГЕС

Збір вихідних даних для дослідження наслідків руйнування Каховської Гідроелектростанції (ГЕС) включає в себе аналіз супутникових знімків, зроблених з регулярною періодичністю для досліджуваної території. Ці дані служать ключовими елементами для визначення обсягу водосховища. Особлива увага приділяється визначенню розмірів обмілення водосховища та впливу на затоплення прилеглих територій за течією ріки. Вибрані супутникові знімки зазначені у таблиці 1.1.

Дата	01.06.2023	02.06.2023	09.06.2023	18.06.2023	18.06.2023	05.09.2023	06.09.2023
Знімок							
Назва	LC08_L1TP_17902 8_20230601_20230 607_02_T1	LC09_L2SP_17802 7_20230602_20230 604_02_T1	LC09_L1TP_17902 7_20230609_20230 610_02_T1	LC09_L1TP_17802 8_20230618_20230 618_02_T1	LC09_L1TP_17802 7_20230618_20230 618_02_T1	LC08_L1TP_17902 8_20230905_20230 912_02_T1	LC09_L1TP_17802 7_20230906_20230 906_02_T1
Джерело	USGS	USGS	USGS	USGS	USGS	USGS	USGS
Система координат	UTM, Zone 36N	UTM, Zone 36N	UTM, Zone 36N	UTM, Zone 36N	UTM, Zone 36N	UTM, Zone 36N	UTM, Zone 36N
Формат	TIF	TIF	TIF	TIF	TIF	TIF	TIF
Розмір на землі	196,4 км	196,4 км	196,4 км	196,4 км	196,4 км	196,4 км	196,4 км
Розмір пікселя отрефікованого зображення	30 м	30 м	30 м	30 м	30 м	30 м	30 м
Глибина кольору	16-bit	16-bit	16-bit	16-bit	16-bit	16-bit	16-bit

Таб. 1.1 Супутникові знімки Каховського водосховища

1.4.2 Збирання вихідних даних наслідків землетрусу і цунамі причиною якою стала аварія на Фукусімській АЕС

Для аналізу моніторингу наслідків великого тохокуського землетрусу який відбувся в п'ятницю 11 березня 2011 року, о 14:46 за японським часом у регіоні Тохоку, у Північно-Східній Японії. Епіцентром землетрусу була точка в морі поблизу Санріку на глибині 24,4 км, складовій Тихого океану на відстані 130 км від півострова Ошикава, регіон Тохоку. На території Японського архіпелагу зафіксовано поштовхи силою 8,4 балів.

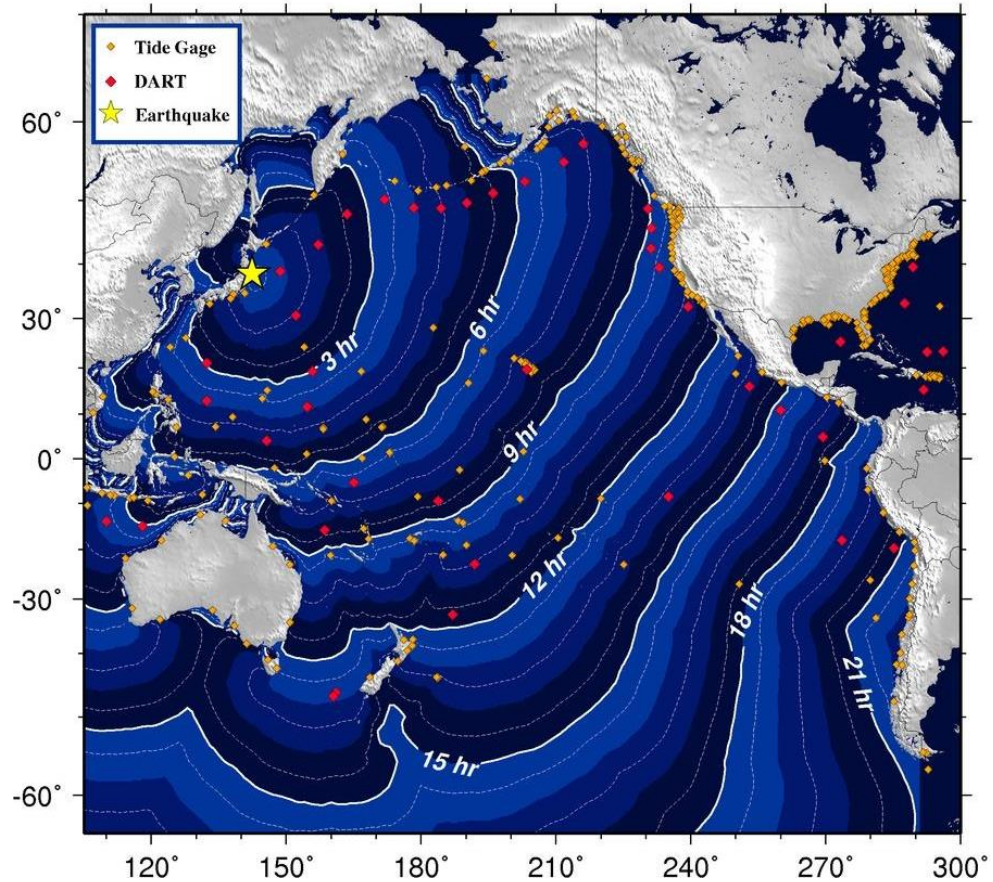


Рис. 1.9 Розповсюдження хвиль у Тихому океані після землетрусу

Векторні шари державних кордонів Японії та даних пов'язаних із аналізом наслідків аварії на Фукусімській АЕС

- Назва: ne_10m_admin_0_countries
Система координат: EPSG:4326 - WGS 84
Формат: Шейп-файл
Просторове подання: Полігон
Призначення: обозначення сухопутних кордонів країн
- Назва: ne_10m_populated_places
Система координат: EPSG:4326 - WGS 84
Формат: Шейп-файл
Просторове подання: Point
Призначення: місце знаходження найбільших міст, столиць регіонів та столиць країн
- Назва: ne_10m_urban_areas
Система координат: EPSG:4326 - WGS 84
Формат: Шейп-файл
Просторове подання: Полігон
Призначення: райони найбільшої густини населення
- Назва: ne_10m_bathymetry_L_0 - ne_10m_bathymetry_B_9000
Система координат: EPSG:4326 - WGS 84
Формат: Шейп-файл
Просторове подання: Полігон
Призначення: зображення морських глибин

2. Розроблення моделей бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики

2.1 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу

Основна мета створення функціональної моделі моніторингу полягає в розробці концептуального інструменту, який дозволяє визначити ключові функції та процеси системи моніторингу і візуалізувати їхню взаємодію та зв'язки. Функціональна модель допомагає розкрити структуру системи моніторингу та ідентифікувати ключові функції, завдання та процеси, які необхідні для забезпечення ефективного моніторингу, також служить як основа для планування та дизайну системи моніторингу. Вона дозволяє розробникам і інженерам визначити, які компоненти і підсистеми необхідні для виконання функцій системи. Функціональна модель моніторингу є важливим інструментом для управління та оптимізації системи моніторингу, а також для забезпечення ефективного використання геоінформаційних технологій в цілях спостереження, аналізу та прийняття рішень.

Функціональна модель має на меті описати, які функції виконує система моніторингу наслідків руйнування Каховської ГЕС та великий тохокуський землетрус, а саме інцидентна Фукусімській АЕС.



Рис. 2.1 Загальна функціональна модель ГИС моніторингу

2.1.1 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Каховській ГЕС

Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Каховській Гідроелектростанції (ГЕС) створена для систематизації та оптимізації процесів вивчення наслідків техногенної катастрофи. Ця функціональна модель геоінформаційного моніторингу представляє собою інтегрований підхід до вивчення та аналізу наслідків катастрофи. Її метою є не лише ефективний збір та обробка даних, але і забезпечення цілісного уявлення про вплив техногенної події на природні та антропогенні системи.

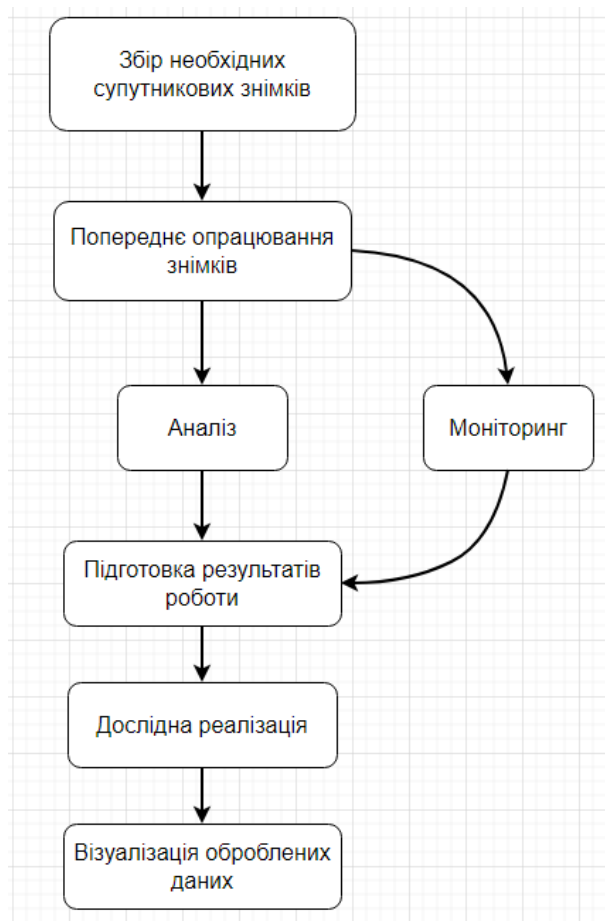


Рис. 2.2 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Каховській ГЕС

2.1.2 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Фукусімській АЕС

Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Фукусімській Атомній Електростанції (АЕС) спрямована на комплексний аналіз та моніторинг наслідків техногенної події.



Рис. 2.3 Функціональна модель геоінформаційного моніторингу наслідків катастрофи на Фукусімській АЕС

2.2 Концептуальна модель бази геопросторових даних

Під час логічного етапу створення бази даних, концептуальна модель даних реалізується в Системах керування базами даних (СКБД), які можуть використовувати різні моделі реалізації, такі як ієрархічна, мережна і реляційна. Реляційна модель є однією з найбільш популярних і широко використовуваних у сучасних базах даних, оскільки вона моделює типи

даних, зв'язки та обмеження як відношення. Використання мови структурованих запитів SQL (Structured Query Language) забезпечує високорівневий інтерфейс доступу до баз даних та незалежність прикладного програмного забезпечення від конкретної СКБД. Як спеціалісту ГІС, важливо знати, що хоча реляційні бази даних досі залишаються популярними, все більше уваги приділяється об'єктно-орієнтованим базам даних, які використовують принципи об'єктно-орієнтованого програмування для зберігання та обробки даних. Також, з'являються нові інтегровані інформаційні системи, які поєднують об'єктно-орієнтовані бази даних з серверними технологіями та мережею Інтернет для обробки, обміну та подання геопросторових даних між різними користувачами. Обмін інформацією між цими системами та серверами відбувається за допомогою мови електронних документів - розширеної мови розмітки XML (eXtensible Markup Language).

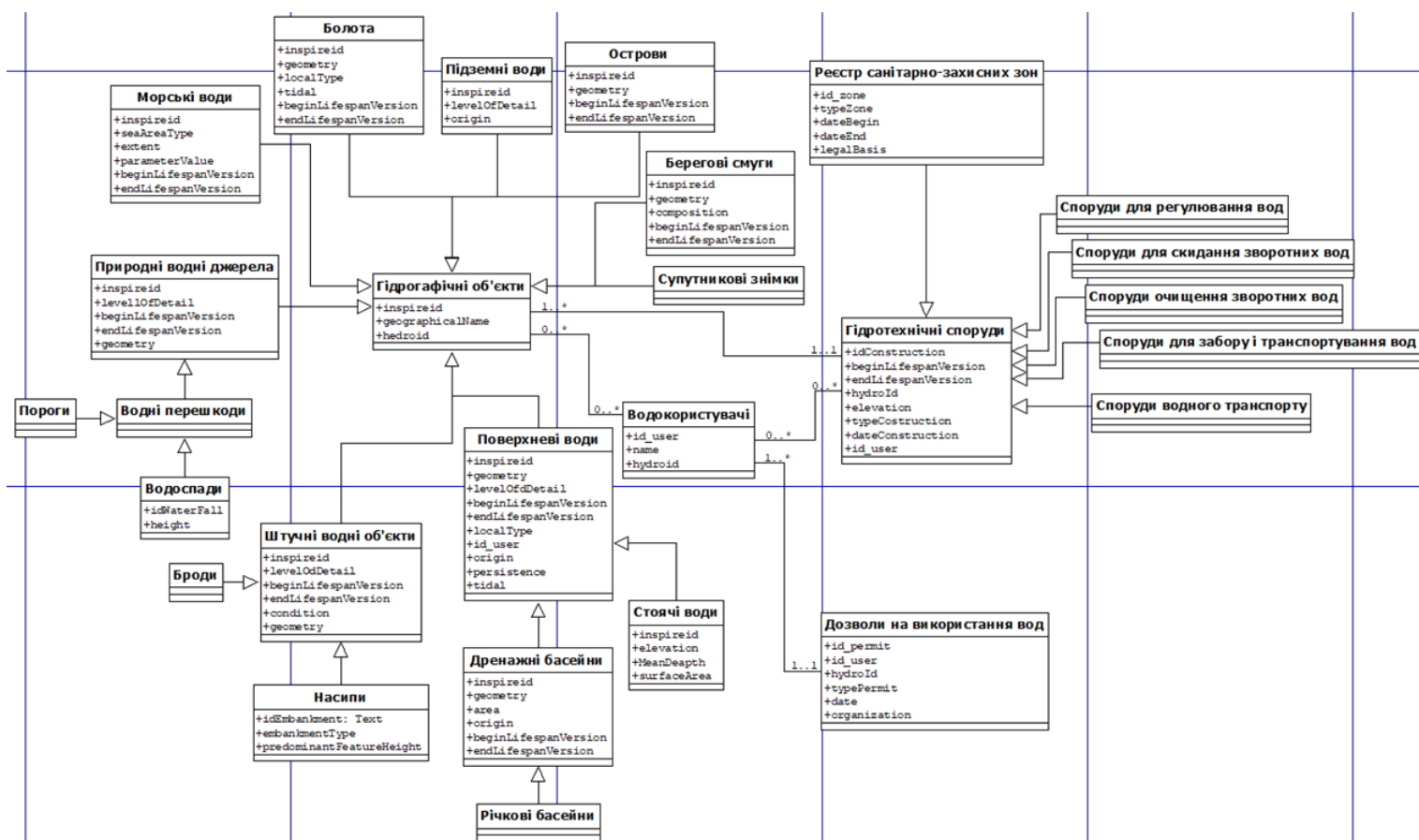


Рис. 2.4 Концептуальна модель бази геопросторових даних аналізу моніторингу наслідків руйнування Каховської ГЕС

2.3 Розроблення каталогу об'єктів і атрибутів наслідків катастроф на об'єктах енергетики

Каталог об'єктів моніторингу наслідків катастроф техногенних катастроф на об'єктах енергетики та їх атрибутів було розроблено у відповідності до діючого стандарту СОУ 742-337395400011:2010 “Комплекс стандартів База

топографічних даних Каталог об'єктів і атрибутів”, зміст якого відповідає вимогам ДСТУ ISO19110:2017 “Географічна інформація – Методологія для каталогізації об'єктів”. Зазначений вище каталог є наскрізними, бо не пов'язаний зі ступенем деталізації, який встановлюється до цифрового картографічного матеріалу конкретного масштабу. У каталозі об'єктів природного приросту згруповано об'єкти та встановлено типи, які можуть бути ідентифіковані незалежно від джерела інформації про них. Атрибути об'єктів, їх домени та характеристики, що описують метадані цільових об'єктів, можуть включатися до складу. Для детальнішої ідентифікації об'єкта використовується приєднання до опису об'єкта його атрибутів та доменів. Розроблений каталог призначений для формування класифікаторів та правил цифрового опису об'єктів природного приросту населення, що включаються до баз моніторингових даних, форматів обміну цифровими статистичними даними та програмних засобів їх інтерпретації. Класифікуються групи та типи цільових об'єктів, атрибути об'єктів, їх домени, а також асоціації об'єктів відповідно до загальної принципової схеми каталогу ISO 19110.

2.4 Логічна модель бази геопросторових даних

Логічний рівень є моделлю, що відображає інформаційні особливості об'єкту управління без зайвих деталей і зосереджується на потребах людини, яка проектує або використовує базу даних. Ціль логічного проектування полягає у створенні структурованої інформаційної моделі для програмного забезпечення, що базуватиметься на базі даних. Процес моделювання включає виділення сутностей, які зберігаються в БД, визначення атрибутів об'єктів і взаємозв'язків між ними, тим самим допомагаючи управляти даними більш ефективно.

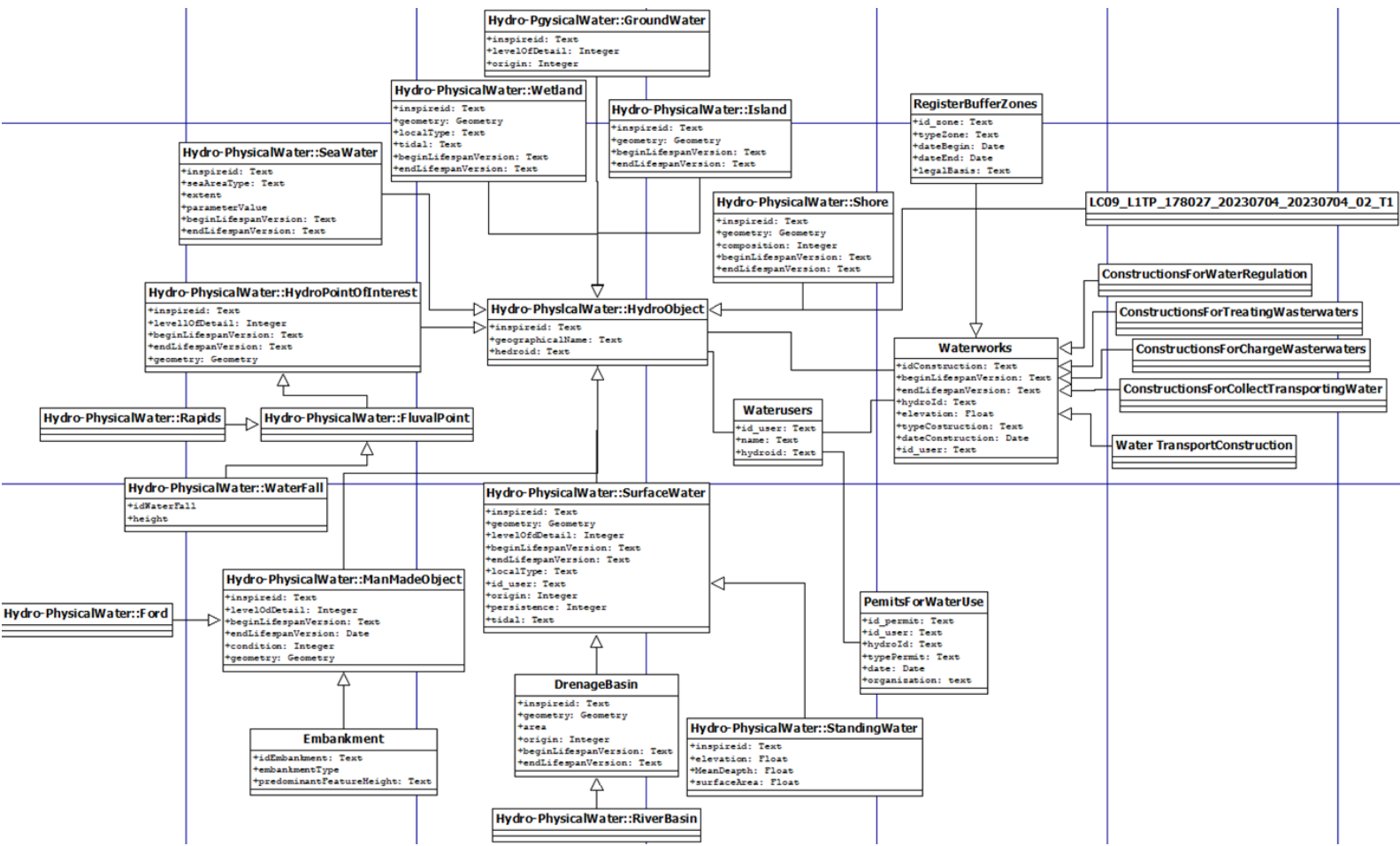


Рис. 2.5 Логічна модель бази геопросторових даних аналізу моніторингу катастрофи на Каховській ГЕС

3. Дослідна реалізація бази геопросторових даних наслідків катастроф на об'єктах енергетики

3.1 Обґрунтування та вибір програмного забезпечення для моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

Вибір програмного забезпечення для моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики є важливим завданням, оскільки воно визначає ефективність та точність процесу моніторингу. Обґрунтування та вибір програмного забезпечення повинні враховувати ряд ключових аспектів:

- Програмне забезпечення повинно мати необхідні функції для здійснення моніторингу наслідків катастроф. Це може включати в себе обробку геоінформації, аналіз супутникових знімків, візуалізацію даних, моделювання та інші функції, спрямовані на оцінку і реагування на наслідки.
- Програмне забезпечення повинно бути сумісним з існуючими системами та джерелами даних. Це важливо для ефективної інтеграції з іншими інформаційними системами, які використовуються в енергетичній галузі.
- Програмне забезпечення повинно бути гнучким і здатним до розширення для врахування змін у вимогах моніторингу та нових технологій.

У рамках магістерської роботи було обрано програму QGIS (Quantum GIS) як основний інструмент для оцифровки супутникових знімків та аналізу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики.

QGIS відзначається широким спектром функціональностей та легкою доступністю, що робить його привабливим вибором для вчених та дослідників у галузі геоінформаційних систем. Програма забезпечує ефективну обробку

геопросторових даних, включаючи супутникові знімки, а також дозволяє проводити ретельний аналіз наслідків катастроф на об'єктах енергетики завдяки розширеним інструментам геопросторового моделювання та аналізу.

Зокрема, QGIS дозволяє ефективно оцифровувати геопросторові об'єкти, проводити растровий та векторний аналіз, а також використовувати різноманітні плагіни для розширення можливостей програми. Його спрощений інтерфейс робить його доступним для використання не тільки для геоінформаційних експертів, але й для науковців, які фокусуються на інших галузях. Такий вибір дозволяє забезпечити точність та достовірність результатів дослідження, а також ефективно виконати завдання, пов'язані із зондуванням та моніторингом техногенних наслідків на об'єктах енергетики.

3.2 Дослідна реалізація в QGIS та PostgreSQL

Дослідна реалізація аналізу наслідків руйнування Каховської Гідроелектростанції (ГЕС) у програмі QGIS включала в себе детальний аналіз супутникових знімків, які охоплювали досліджувану територію на різних етапах після події. Були використані кілька супутникових знімків, відповідних різним датам, щоб отримати часовий ряд даних та відтворити динаміку змін водного об'єкту.

Використовуючи інструменти QGIS для обробки растрових зображень та аналізу геопросторових даних, було виконано оцифровку ділянок води на кожному знімку для подальшого вивчення їхнього розміру та меж. Отримані дані були використані для обчислення площі та об'єму водних мас на визначених часових інтервалах.

Аналіз стану водосховища включав в себе вивчення змін площі водоймища та ідентифікацію потенційних аномалій у структурі водного об'єкту. Використання QGIS дозволило врахувати просторові та часові аспекти дослідження, що надавало більш повну картину динаміки змін наслідків руйнування ГЕС. Такий підхід сприяє глибшому розумінню впливу катастрофічних подій на природне середовище та допомагає в розробці стратегій відновлення та попередження подібних ситуацій у майбутньому.

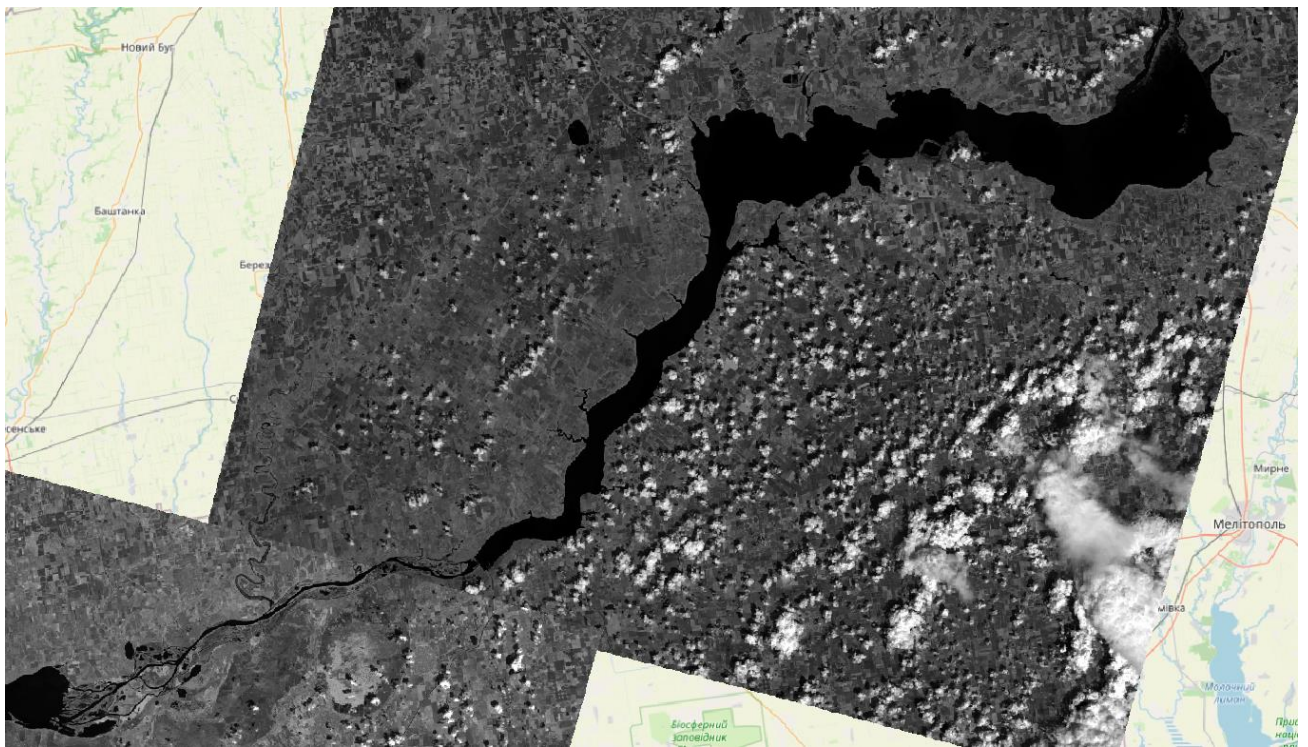


Рис. 3.1 Стан Каховського водосховища до катастрофи



Рис. 3.2 Наслідки руйнування Каховської ГЕС 09.06.2023

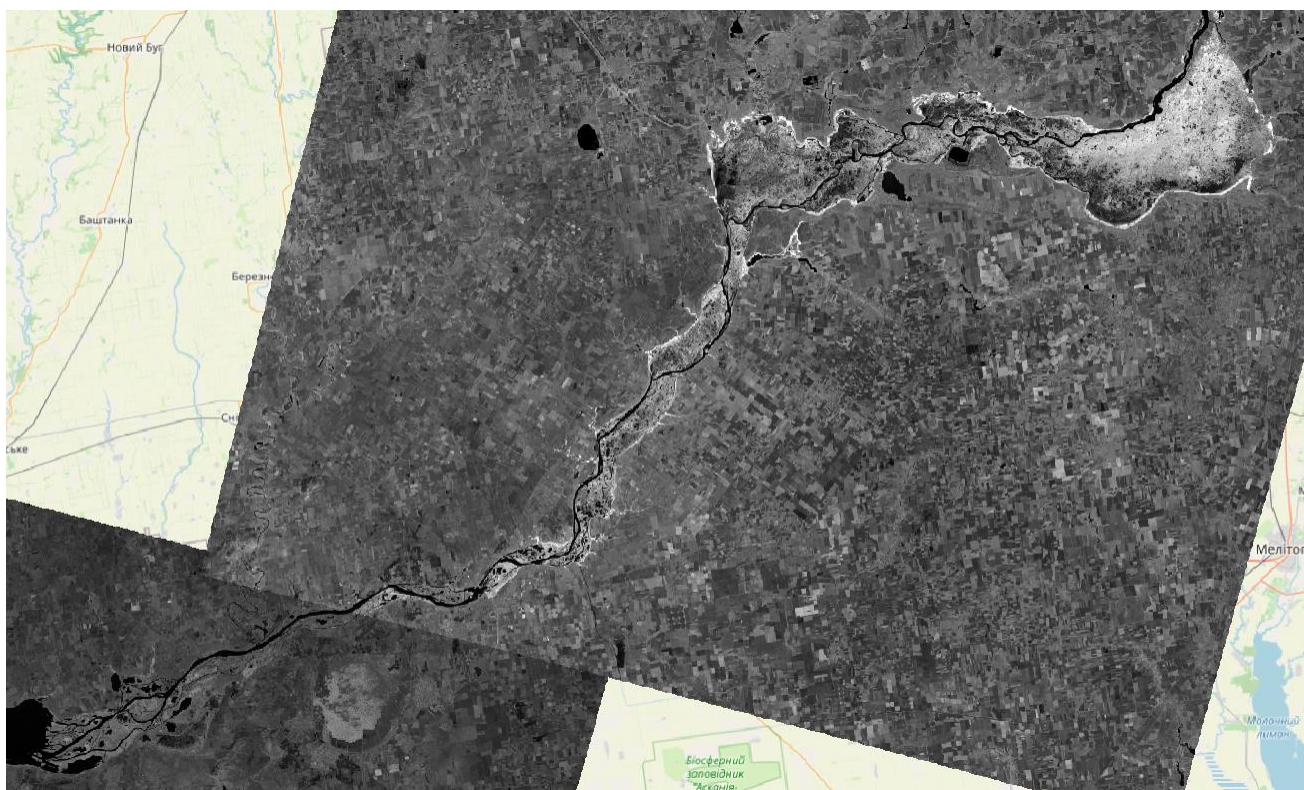


Рис. 3.3 Стан Каховського водосховища після катастрофи, а саме станом на 06.09.2023

3.3 Геопросторовий аналіз та моделювання моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

Для обрахунку площі та об'єму води у Каховському водосховищі було оцифровано водні ділянки на супутникових знімках водосховища до руйнування ГЕС, а саме 01.06.2023, та після руйнування ГЕС, було взято знімки 18.06.2023 та 06.09.2023 для об'єктивного аналізу. Площа водосховища разом із гирлом річки Дніпро до руйнування Каховської ГЕС складає 2 269 369 м².

Одразу після руйнування Каховської ГЕС було вивільнено велику кількість води що миттєво затопило прибережні території.

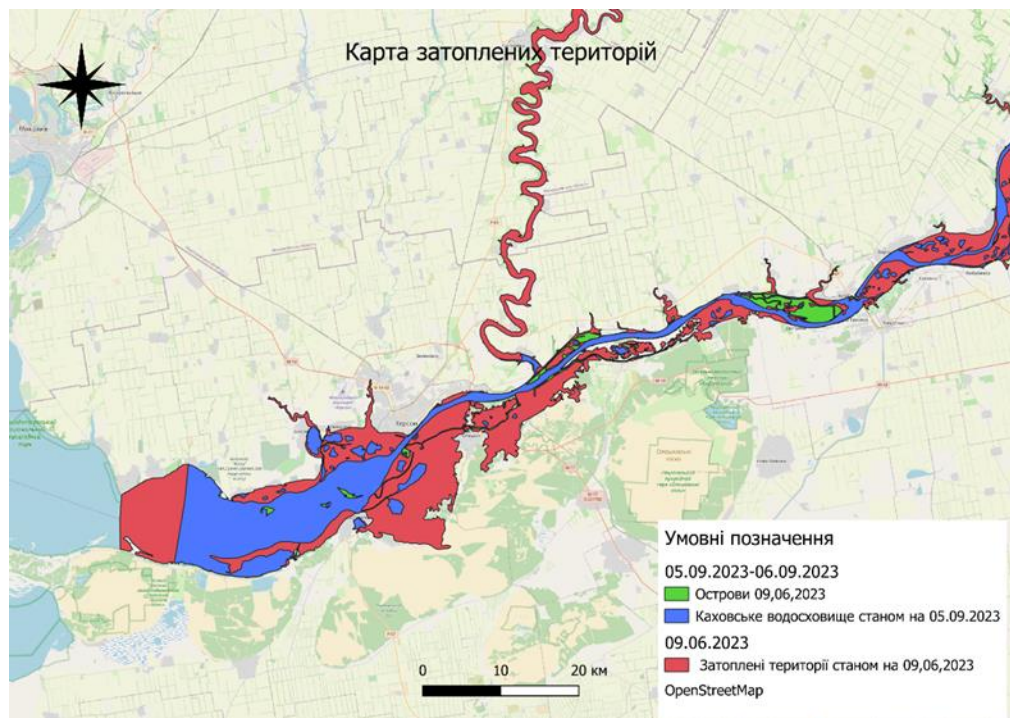


Рис. 3.5 Затоплені території порівняно із станом водосховища до руйнування ГЕС



Рис. 3.6 Стан Каховського водосховища через 12 днів після руйнування ГЕС



Рис. 3.7 Стан Каховського водосховища через 3 місяці після руйнування ГЕС

Перед руйнуванням ГЕС, площа Каховського водосховища становила 2,269,369 м². Проте, протягом перших 12 днів після події, площа водойми вражаюче зменшилась на 1,209,255 м², до розміру 1,060,114 м². Це означає, що в середньому за цей період площа водосховища скорочувалась на приблизно 100,771 м² щодня. З цим темпом зменшення площі, через 3 місяці площа водосховища знизилась до значення 51,165 м². Це вказує на те, що темп зменшення площі почав сповільнюватись з часом.

В рамках геопросторового аналізу та моделювання моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики, розглядаємо динаміку зміни об'ємів водосховища після руйнування Каховської Гідроелектростанції (ГЕС). Враховуючи темп падіння рівня води, що становить 15 см в годину відразу після катастрофи, ми можемо детальніше проаналізувати цей процес.

Перші 12 днів після руйнування, при цьому темп падіння рівня води становив 15 см/год, призвели до загального зменшення об'єму водосховища на понад 1,209,255 м². Цей швидкий та значний втрати об'єму води вказують на високу інтенсивність наслідків катастрофи.

Протягом наступних 3 місяців темп падіння рівня води, і відповідно, об'єму водосховища, зменшився. За цей період об'єм втрат склав близько 1,008,949 м³, або в середньому 11,700 м³ щодня. Це вказує на послаблення інтенсивності процесу та можливий перехід до більш стабільного стану системи. Аналіз геопросторових даних в контексті таких показників дозволяє глибше розуміти динаміку та тенденції подій, що важливо для подальшого прогнозування та управління наслідками катастроф.



Рис. 3.8 Найбільш постраждала берегова лінія Японії від цунамі спричиненим землетрусом

Геопросторовий аналіз та моделювання моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики включає в себе глибоке дослідження наслідків техногенних подій для розуміння їхнього впливу на природні та людські системи. Однією з найбільш трагічних катастроф стала аварія на Фукусімській Атомній Електростанції (АЕС) у 2011 році, яка призвела до серйозного пошкодження японського узбережжя та величезних людських втрат.

Після сильного землетрусу та цунамі, які обрушилися на Японію 11 березня 2011 року, берегова лінія стала однією з найбільш постраждалих. Розглядаючи геопросторові дані, можна визначити розмір пошкоджень та визначити зони особливого ризику. За офіційними даними, понад 15,000 людей загинули,

більше 6,000 осіб вважаються зниклими безвісти, а понад 2,500 осіб отримали поранення. Це була одна з найбільших та найсмертоносніших природних катастроф в історії Японії.

З геопросторового аналізу видно, що зона ризику охопила велику кількість населених пунктів, особливо тих, які знаходяться на берегах морів та океанів. Розташування людських поселень уздовж узбережжя зробило багато місцевостей вразливими перед природними катастрофами, а також визначило велику кількість жертв та втрат властивості.

Для подальшого вивчення наслідків катастрофи на Фукусімській АЕС, геоінформаційний моніторинг дозволяє не лише визначити масштаб збитків у зазначеній зоні, а й аналізувати довгострокові наслідки для оточуючого середовища та людського здоров'я. Усе це стає основою для розроблення та впровадження ефективних стратегій управління та відновлення після катастроф.

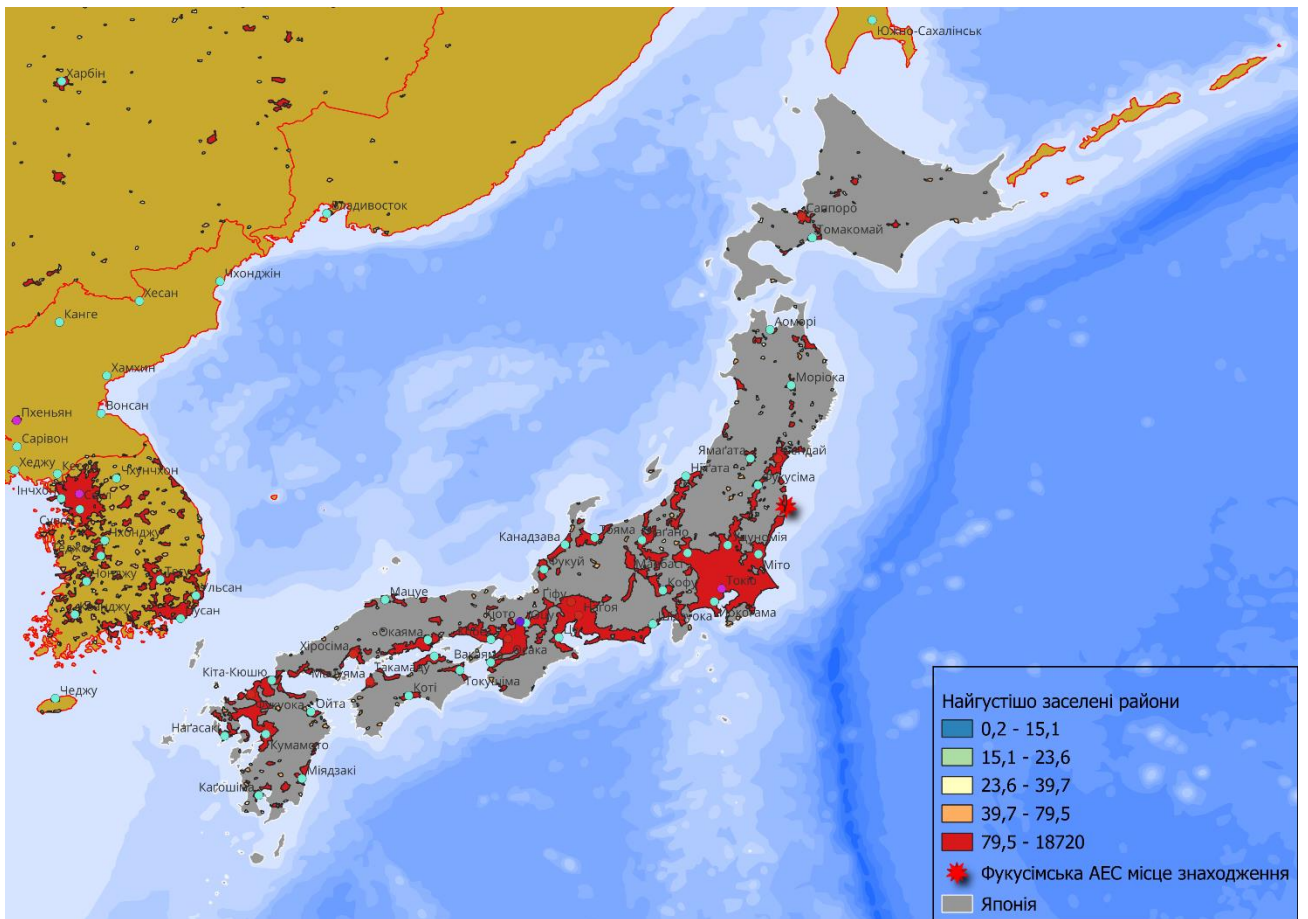


Рис. 3.9 Найбільш густо заселені райони Японії

Аварія на Фукусімській АЕС стала великою техногенною катастрофою, що мала серйозні наслідки для мешканців Японії та вплинула на значну територію. З використанням геоінформаційних даних про густину населення в Японії можна детально проаналізувати кількість людей, які потрапили в зону ризику внаслідок аварії на АЕС.

Згідно з офіційними даними та статистикою густини населення в Японії, регіони, що опинились в найбільшій зоні ризику внаслідок аварії на Фукусімській АЕС, мали середню густину населення більшу, ніж у віддалених

областях. Такі райони, зазвичай, мають велику кількість промислових та житлових об'єктів, що ставить під загрозу безпеку значної кількості людей.

Подальший геоінформаційний аналіз дозволяє врахувати рух населення в період після аварії та визначити кількість осіб, які евакуювались або опинилися в зоні ризику через небезпеку радіації. Враховуючи ці дані, можна розрахувати не лише кількість людей, які постраждали внаслідок аварії, але й оцінити соціальні та економічні втрати для країни в цілому.

Висновки

У ході магістерської роботи здійснено глибокий аналіз техногенних катастроф, пов'язаних із об'єктами енергетики, та визначено їхні наслідки для навколишнього середовища та суспільства. Обрана тема зосереджена на геоінформаційному моніторингу наслідків техногенних катастроф, зокрема на об'єктах гідро- та атомної енергетики.

У результаті дослідження встановлено, що однією з ключових причин катастроф на об'єктах енергетики є неконтрольоване вплив водних мас. В разі руйнування Каховської Гідроелектростанції, головною загрозою стала повінь та подальше обміління Каховського водосховища. Це призвело до серйозних втрат для суспільства та господарства, зокрема до затоплення значної площі земель та порушення екологічного балансу у регіоні.

У випадку катастрофи на Фукусімській Атомній Електростанції, основною причиною стала дія сильного цунамі. Необхідно визначити, що це призвело до великої кількості жертв, руйнування інфраструктури та серйозних проблем управління ядерною енергетикою.

Геоінформаційний моніторинг, заснований на аналізі супутникових знімків та інших геопросторових даних, виявився ефективним інструментом для вивчення та передбачення наслідків катастроф. Використання засобів дистанційного зондування дозволило отримати об'єктивні дані та візуалізувати просторовий розподіл змін.

Робота також висвітлила необхідність розвитку та вдосконалення систем геоінформаційного моніторингу для попередження та ефективного управління можливими наслідками подібних катастроф в майбутньому. Здобуті в ході роботи знання можуть послужити основою для розробки стратегій безпеки та реагування на техногенні кризи в галузі енергетики.

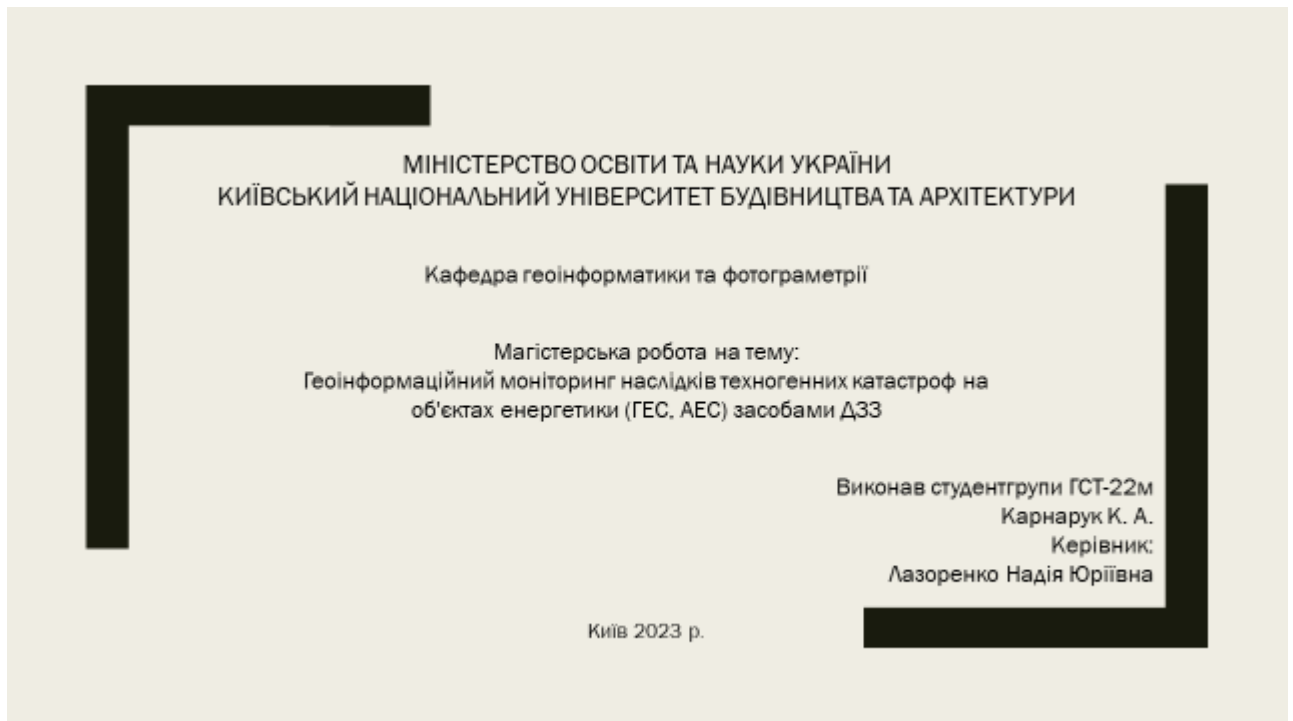
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Wikipedia. Підрив Каховської ГЕС – Режим доступу: uk.wikipedia.org/wiki/Підрив_Каховської_ГЕС (Дата звернення: 02.10.2023)
2. <https://nubip.edu.ua/node/129547> (Дата звернення 05.10.2023)
3. <https://www.washingtonpost.com/world/2023/06/08/ukraine-kakhovka-satellite> (Дата звернення: 05.11.2023)
4. <https://www.planet.com/pulse/navigating-the-kakhovka-dam-collapse-nasa> (Дата звернення: 05.11.2023)
5. <https://www.planet.com/pulse/navigating-the-kakhovka-dam-collapse-nasa-harvest-consortium-assesses-agriculture-impacts-with-satellite-imagery/> (Дата звернення: 05.11.2023)
6. <https://dynamicworld.app/explore/> (Дата звернення: 05.11.2023)
7. https://hydroweb.theia-land.fr/collections/hydroweb/L_kakhovka (Дата звернення: 05.10.2023)
8. <https://eprints.kname.edu.ua> (Дата звернення: 10.10.2023)
9. <https://www.natureearthdata.com/features/> (Дата звернення: 12.10.2023)
10. Wikipedia. Великий тохокуський землетрус – Режим доступу: [uk.wikipedia.org/wiki/ Великий_тохокуський_землетрус](http://uk.wikipedia.org/wiki/Великий_тохокуський_землетрус) (Дата звернення: 02.10.2023)
11. Wikipedia. Аварія на Першій Фукусімській АЕС – Режим доступу: [uk.wikipedia.org/wiki/ Аварія_на_Першій_Фукусімській_АЕС](http://uk.wikipedia.org/wiki/Аварія_на_Першій_Фукусімській_АЕС) (Дата звернення: 02.10.2023)
12. <https://earthexplorer.usgs.gov/> (Дата звернення: 20.10.2023)
13. <https://www.reuters.com/article/us-japan-disaster-fukushima> (Дата звернення: 15.10.2023)

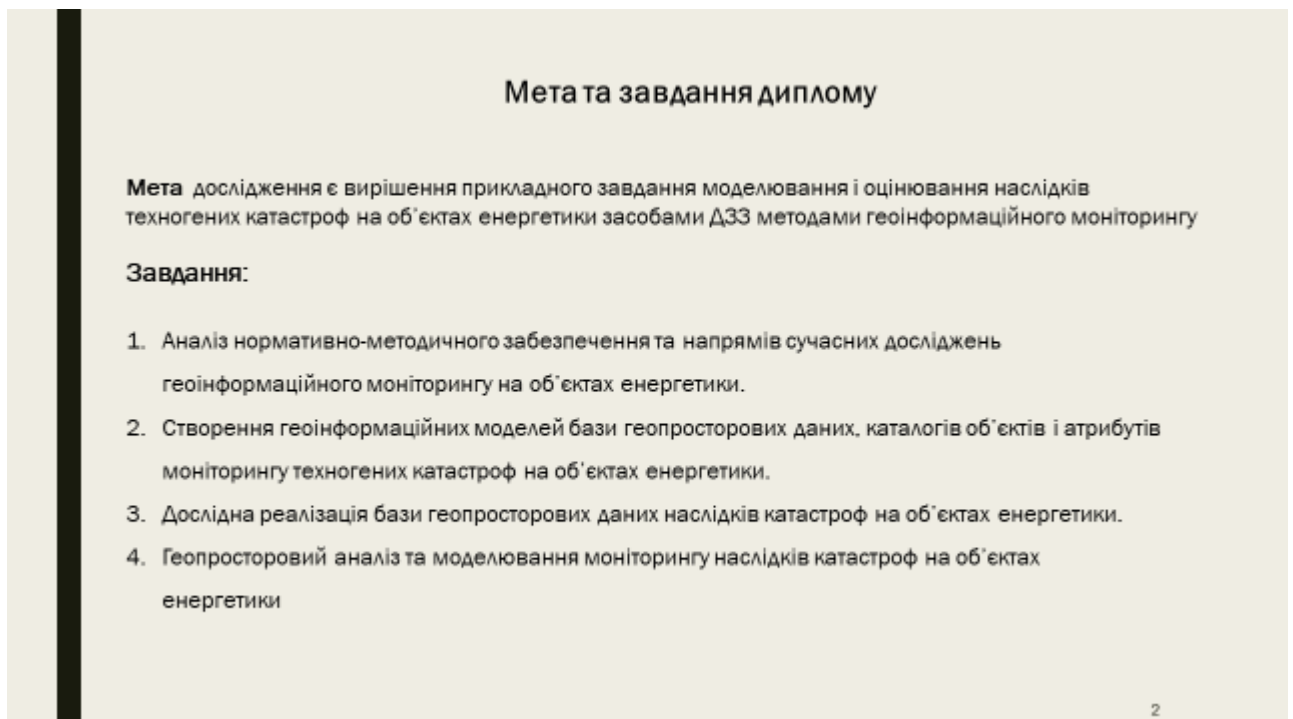
14. <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx> (Дата звернення: 16.10.2023)
15. <https://www.theguardian.com/world/japan-earthquake-and-tsunami> (Дата звернення: 16.10.2023)

Додаток

Додаток 1

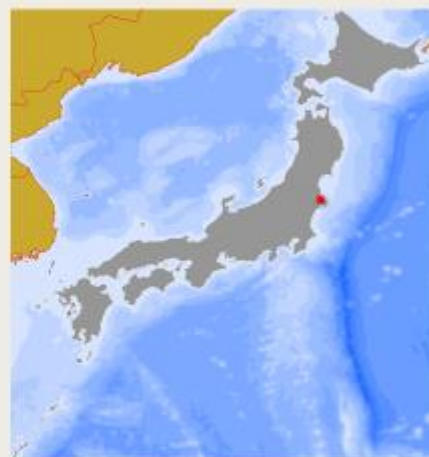


Додаток 2



Стисла характеристика катастрофи на Фукусімській АЕС

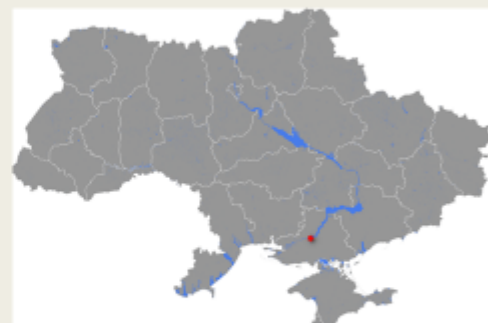
Катастрофа на Фукусімській атомній електростанції (Фукусіма-1) сталася в результаті масштабного землетрусу та цунамі в Японії. Поштовхи магнітудою 9,0 балів спричинили сильний землетрус в Тихому океані. Після землетрусу, відразу ж стався потужний цунамі висотою 10 – 12 метрів, що сягнув берегів Японії. Цунамі затопив системи охолодження реакторів Фукусімської АЕС, що призвело до перегріву та аварій на реакторах. Внаслідок цього стався викид радіації.



3

Стисла характеристика катастрофи на Каховській ГЕС

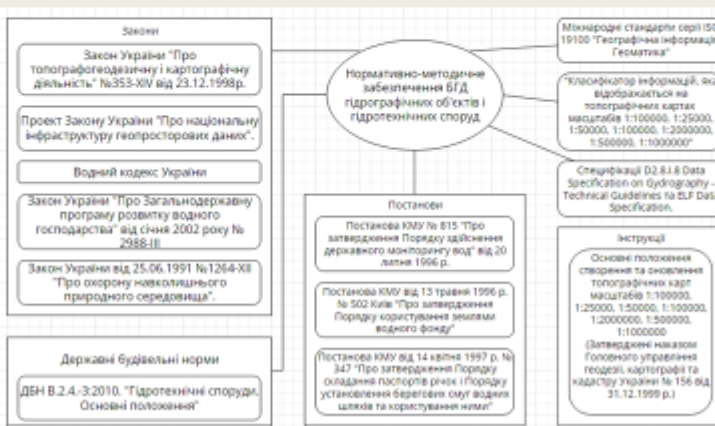
Катастрофа на Каховській ГЕС спричинена в наслідок дій окупаційної російської влади, яка тим часом керувала ГЕС. Внаслідок руйнування ГЕС було тимчасово затоплено обидва береги річки Дніпро нижче за течією ГЕС, в більшій мірі лівий берег, та спустошено каховське водосховище. Зникнення одного з найбільших водосховищ призведе також до спустошення багатьох зрошувальних каналів, з яких найбільшими є Каховський, Дніпро-Кривий Ріг та Північнокримський, що в свою чергу також позбавляє постачання прісної води до півострова Крим.



4

Нормативно-методичного забезпечення моніторингу наслідків катастроф на об'єктах енергетики

Для здійснення моніторингу ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій розробляється регламент взаємодії суб'єктів моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування катастроф, який містить перелік параметрів, що визначають стан джерел надзвичайних ситуацій, і підлягають систематичному спостереженню. Суб'єкти моніторингу, прогнозування надзвичайних ситуацій у межах повноважень здійснюють спостереження за небезпечними чинниками розробляють профілактичні заходи щодо запобігання їх виникненню і контролюють проведення цих заходів.



5

Є декілька режимів проведення моніторингових досліджень:

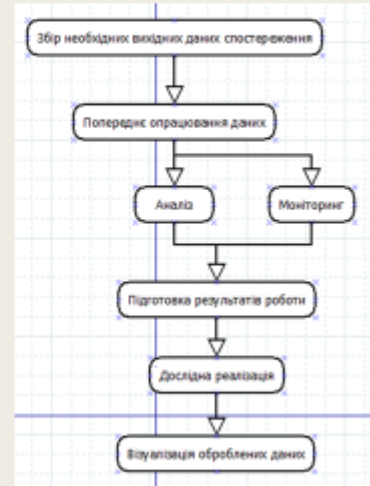
- до виникнення надзвичайних ситуацій - у режимі повсякденного функціонування.
- у момент загрози виникнення катастроф - у режимі підвищеної готовності.
- після виникнення надзвичайних ситуацій головною метою є прогнозування місця, часу, можливості виникнення нових осередків небезпеки



6

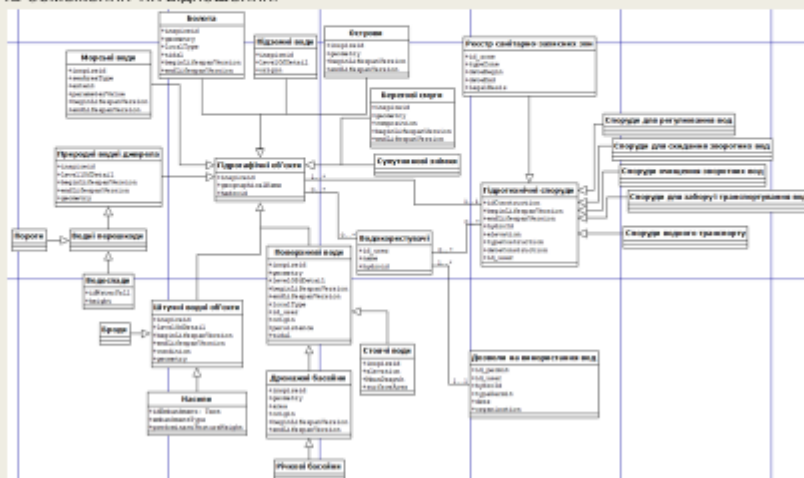
Функціональна модель геоінформаційного моніторингу

Основна мета створення функціональної моделі моніторингу полягає в розробці концептуального інструменту, який дозволяє визначити ключові функції та процеси системи моніторингу і візуалізувати їхню взаємодію та зв'язки. Функціональна модель моніторингу є важливим інструментом для управління та оптимізації системи моніторингу, а також для забезпечення ефективного використання геоінформаційних технологій в цілях спостереження, аналізу та прийняття рішень.



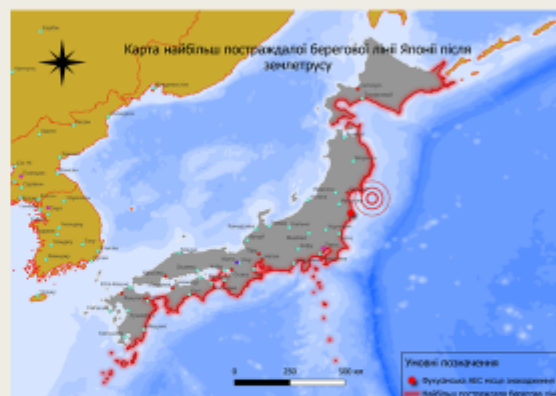
Концептуальна модель бази геопросторових даних

Під час логічного етапу створення бази даних, концептуальна модель даних реалізується в Системах керування базами даних (СКБД), які можуть використовувати різні моделі реалізації, такі як ієрархічна, мережна і реляційна. Реляційна модель є однією з найбільш популярних і широко використовуваних у сучасних базах даних, оскільки вона моделює типи даних, зв'язки та обмеження як відношення.





Після сильного землетрусу та цунамі, які обрушилися на Японію 11 березня 2011 року, берегова лінія стала однією з найбільш постраждалих. Розглядаючи геопросторові дані, можна визначити розмір пошкоджень та визначити зони особливого ризику. За офіційними даними, понад 15,000 людей загинули, більше 6,000 осіб вважаються зниклими безвісти



Найбільш постраждала берегова лінія Японії від цунамі спричиненим землетрусом

13

Висновки

- Магістерська робота розкриває актуальність геоінформаційного моніторингу наслідків техногенних катастроф на об'єктах енергетики, сприяючи підвищенню рівня безпеки та управління кризовими ситуаціями.
- Робота використовує ефективні методи аналізу геопросторових даних, засновані на дистанційному зондуванні, для отримання об'єктивної та детальної інформації про наслідки катастроф.
- Робота розкриває соціальний вимір вирішення проблем безпеки, заохочуючи розуміння та підтримку з боку громадськості в справах енергетичної безпеки.

14