

**Міністерство освіти і науки України**

**Луцький національний технічний університет  
Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та охоронних систем**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ ТА  
МІНІМІЗАЦІЇ РИЗИКІВ ВИНИКНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ  
СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ**

**INFORMATION SYSTEM FOR FORECASTING AND  
MINIMIZING OF MAN-MADE EMERGENCIES**

спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІСТО-41

**ФЕДОРУК Любомир Миколайович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:

д.г.н., професор

**ПУГАЧ Сергій Олександрович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

**ТЕРЛЕЦЬКИЙ Тарас Володимирович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2026 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: *комп'ютерних та інформаційних технологій*

Кафедра: *комп'ютерної інженерії та безпеки*

Ступінь вищої освіти: *бакалавр*

Галузь знань: *12 Інформаційні технології*

Спеціальність: *126 Інформаційні системи та технології*

Освітня програма: *«Інформаційні системи та технології охорони і безпеки»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КІБ

к.т.н., доцент Терлецький Т. В.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Федоруку Любомиру Миколайовичу*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: *Інформаційна система прогнозування та мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру*

Керівник роботи: *д.г.н., професор Пугач Сергій Олександрович*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16» грудня 2025 р. № 529/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи: *«30» травня 2026 р.*

3. Вихідні дані до роботи: *Космознімки з супутника Sentinel-5P території України.*

*Дані про пожежі на території України за 2025 р. сервісу FIRMS. Космознімки з супутника Sentinel-1 території Керченської протоки.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити): *Анотація. Вступ. Розділ 1. Аналітичний огляд стану предметної області (поняття надзвичайних ситуацій техногенного характеру та їх класифікація; аналіз факторів ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру; методи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій; застосування ГІС для аналізу техногенних ризиків; постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра). Розділ 2. Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації (web-сервіси як основа інформаційної системи моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру; web-сервіси для моніторингу стану повітря; web-сервіси для моніторингу пожеж; web-сервіси для моніторингу забруднення нафтою). Розділ 3. Практична реалізація (створення цифрових карт забруднення повітря у середовищі QGIS; створення цифрових карт пожеж у середовищі QGIS; створення цифрових карт розливів нафти у середовищі QGIS; створення web-карти надзвичайних ситуацій техногенного характеру). Загальні висновки та рекомендації. Список використаних джерел. Додатки.*

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: *Презентація на слайдах*

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1 Аналітичний огляд стану предметної області	<i>Пугач С. О.</i>		
Розділ 2 Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації	<i>Пугач С. О.</i>		
Розділ 3 Практична реалізація	<i>Пугач С. О.</i>		
Загальні висновки та рекомендації	<i>Пугач С. О.</i>		
Нормоконтроль	<i>Кайдик О. Л.</i>		
Гарант ОП	<i>Терлецький Т. В.</i>		
Показник запозичень тексту			
Академічна доброчесність	<i>Кайдик О. Л.</i>		

7. Дата видачі завдання: «16» грудня 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Обґрунтування теми	До 12.12.2025 р.	
2.	Огляд літератури із досліджуваної проблеми	До 12.12.2025 р.	
3.	Розділ 1 Аналітичний огляд стану предметної області	До 28.02.2026 р.	
4.	Розділ 2 Обґрунтування вибору засобів та методів реалізації	До 31.03.2026 р.	
5.	Розділ 3 Практична реалізація	До 30.04.2026 р.	
6.	Загальні висновки та рекомендації	До 16.05.2026 р.	
7.	Формування списку використаних джерел	До 20.05.2026 р.	
8.	Формування додатків.	До 20.05.2026 р.	
9.	Формування презентації за темою кваліфікаційної роботи	До 20.05.2026 р.	
10.	Нормоконтроль	До 21.05.2026 р.	
11.	Інструментальна перевірка на академічний плагіат	До 22.05.2026 р.	
12.	Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту	До 02.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ (Федорук Л. М.)

(підпис)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ (Пугач С. О.)

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

Федорук Л. М. Інформаційна система прогнозування та мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки». Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків та рекомендацій, списку використаних джерел та додатків.

У кваліфікаційній роботі досліджено особливості створення інформаційної системи прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру із використанням геоінформаційних технологій, даних дистанційного зондування Землі та web-сервісів. Проаналізовано сучасні методи моніторингу стану атмосферного повітря, пожеж та нафтових розливів на основі супутникових даних Sentine-5P, Sentinel-1, сервісів FIRMS, SaveEcoBot, Copernicus Browser та MarineTraffic. У середовищі QGIS створено цифрові тематичні карти забруднення повітря, поширення пожеж і нафтових розливів. Розроблено web-карту надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Визначено перспективи використання web-ГІС для моніторингу та підтримки прийняття рішень.

Ключові слова: надзвичайні ситуації техногенного характеру, геоінформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), QGIS, FIRMS, Copernicus Browser, web-карта.

## ANNOTATION

Fedoruk L. Information system for forecasting and minimizing of man-made emergencies. Manuscript.

Bachelor's qualification work EP «Security and safety information system and technologies». Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

This bachelor's thesis comprises an introduction, three sections, general conclusions and recommendations, a list of references, and appendices.

The qualification work investigated the features of creating an information system for predicting man-made emergencies using geographic information systems, remote sensing data and web services. Modern methods of monitoring the state of atmospheric air, fires and oil spills based on satellite data Sentine-5P, Sentinel-1, FIRMS, SaveEcoBot, Copernicus Browser and MarineTraffic were analyzed. Digital thematic maps of air pollution, the spread of fires and oil spills were created in the QGIS environment. A web-map of man-made emergencies was developed. The prospects for using web-GIS for monitoring and decision-making support were determined.

Keywords: man-made emergencies, geographic information systems (GIS), remote sensing (RS), QGIS, FIRMS, Copernicus Browser, web-map.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....	8
1.1 Поняття надзвичайних ситуацій техногенного характеру та їх класифікація.....	8
1.2 Аналіз факторів ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру .....	12
1.3 Методи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій .....	15
1.4 Застосування ГІС для аналізу техногенних ризиків.....	18
1.5 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра .....	21
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ .....	24
2.1 Web-сервіси як основа інформаційної системи моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру .....	24
2.2 Web-сервіси для моніторингу стану повітря.....	27
2.3 Web-сервіси для моніторингу пожеж .....	35
2.4 Web-сервіси для моніторингу забруднення нафтою .....	41
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ .....	46
3.1 Створення цифрових карт забруднення повітря у середовищі QGIS.....	46
3.2 Створення цифрових карт пожеж у середовищі QGIS .....	50
3.3 Створення цифрових карт розливів нафти у середовищі QGIS .....	54
3.4 Створення web-карти надзвичайних ситуацій техногенного характеру ...	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ .....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

## ВСТУП

Сьогодні проблема виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру набуває особливої актуальності. Одним із найбільш ефективних напрямів вирішення зазначених проблем є використання геоінформаційних систем (ГІС), web-технологій та засобів дистанційного зондування Землі. Поєднання супутникових даних, просторового аналізу та інтерактивних web-сервісів дозволяє оперативно отримувати інформацію про стан навколишнього середовища, виявляти потенційно небезпечні території, оцінювати рівень техногенних ризиків і підтримувати процес прийняття управлінських рішень.

Сучасні web-сервіси FIRMS, SaveEcoBot, Copernicus Browser та MarineTraffic забезпечують доступ до актуальних просторових даних про пожежі, забруднення атмосферного повітря та нафтові розливи. Використання цих ресурсів у поєднанні з ГІС створює основу для формування інтегрованих інформаційних систем моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Актуальність теми бакалаврської роботи полягає у необхідності використання сучасних ГІС технологій та супутникових даних для створення ефективних інструментів моніторингу, аналізу та прогнозування техногенних загроз.

Об'єкт дослідження – надзвичайні ситуації техногенного характеру та процеси їх просторового моніторингу.

Предмет дослідження – засоби використання та інструменти геоінформаційних технологій, web-сервісів і супутникових даних для аналізу та прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Метою кваліфікаційної роботи є створення інформаційної системи прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру із використанням геоінформаційних технологій, web-сервісів та даних дистанційного зондування Землі.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

#### 1.1 Поняття надзвичайних ситуацій техногенного характеру та їх класифікація

У сучасних умовах розвитку суспільства значно зростає рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище, що супроводжується збільшенням кількості потенційно небезпечних об'єктів, інтенсивністю виробничих процесів та масштабами використання природних ресурсів. Розвиток промисловості, енергетики, транспортної інфраструктури та процеси урбанізації сприяють виникненню нових ризиків, що можуть призводити до аварій, катастроф і значних екологічних порушень. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання дослідження надзвичайних ситуацій техногенного характеру та створення ефективних систем їх прогнозування.

Надзвичайна ситуація (НС) – це порушення нормальних умов життєдіяльності населення на окремій території чи об'єкті, спричинене аварією, катастрофою, стихійним явищем або іншою небезпечною подією, що призводить або може призвести до людських жертв, матеріальних втрат, погіршення стану довкілля чи порушення умов функціонування господарських об'єктів [32].

Серед усіх видів надзвичайних ситуацій окрему категорію становлять надзвичайні ситуації техногенного характеру. Під ними розуміють події, що виникають унаслідок діяльності людини, порушення технологічних процесів, аварій на виробництві, транспорті, інженерних мережах або інших технічних системах і супроводжуються негативними наслідками для населення, економіки та природного середовища [9].

Особливістю техногенних надзвичайних ситуацій є їх тісний зв'язок із функціонуванням технічних об'єктів та інфраструктури. Такі події часто мають складний характер і можуть супроводжуватися вторинними наслідками, серед

яких пожежі, вибухи, забруднення повітря, водних об'єктів та ґрунтів, руйнування інженерних споруд і погіршення екологічного стану територій.

Є багато класифікацій та типізацій причин виникнення НС [6, 10]. Причинами виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру можуть бути (рис. 1.1):

- порушення правил експлуатації обладнання;
- технологічні відмови виробничих процесів;
- фізичний знос інженерної інфраструктури;
- недостатній контроль технічного стану об'єктів;
- людський фактор;
- порушення вимог екологічної та виробничої безпеки;
- незаконна господарська діяльність;
- зовнішній вплив природних процесів.

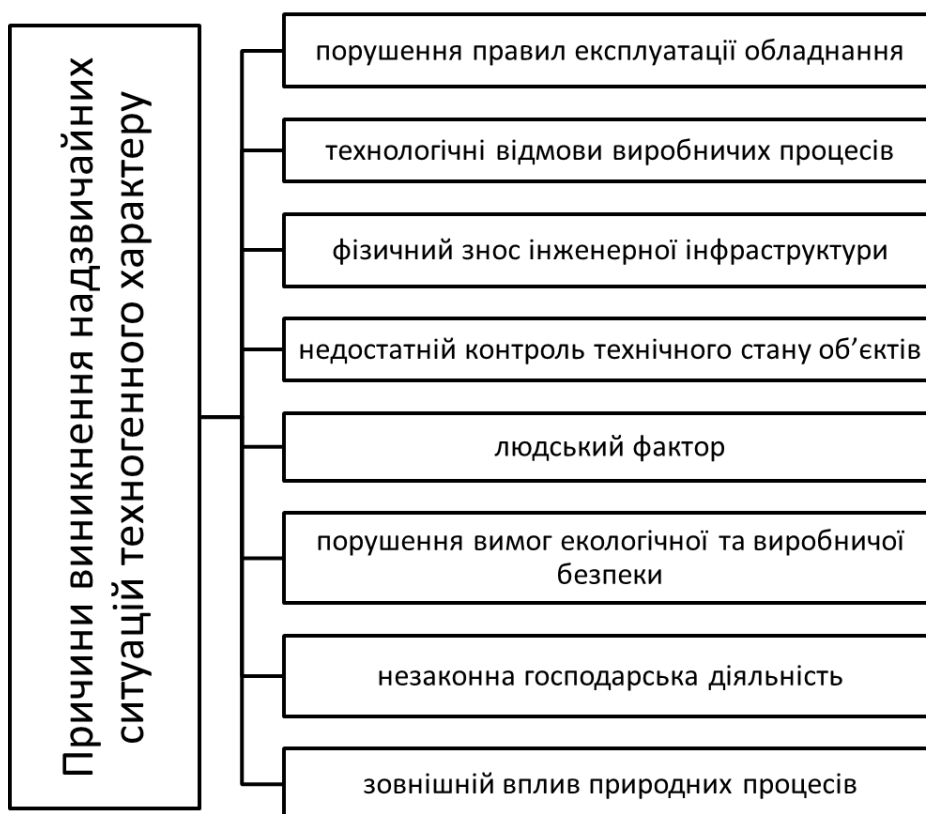


Рисунок 1.1 – Причини виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру [6, 10]

Для ефективного управління ризиками важливе значення має класифікація надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Вона дозволяє систематизувати джерела небезпеки, оцінювати масштаби можливих наслідків та формувати відповідні механізми реагування.

За характером походження техногенні надзвичайні ситуації поділяють на кілька основних груп: аварії та катастрофи на транспорті, пожежі та вибухи, аварії з викидом небезпечних хімічних речовин, радіаційні аварії, аварії на інженерних системах та об'єктах життєзабезпечення, екологічно небезпечні техногенні процеси [9, 11].

1. Аварії та катастрофи на транспорті. До цієї категорії належать події, пов'язані з порушенням роботи автомобільного, залізничного, морського, авіаційного та трубопровідного транспорту. Наслідками таких аварій можуть бути людські жертви, пожежі, вибухи та забруднення навколишнього середовища.

2. Пожежі та вибухи. Ця група охоплює займання та вибухи на промислових підприємствах, складах, транспортних вузлах, у житлових будівлях та природних екосистемах. Пожежі є одними з найпоширеніших видів техногенних надзвичайних ситуацій та можуть супроводжуватися масштабними екологічними наслідками.

3. Аварії з викидом небезпечних хімічних речовин. Такі надзвичайні ситуації виникають унаслідок пошкодження виробничих потужностей або транспортних систем, що здійснюють перевезення небезпечних речовин. Наслідком може бути забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтового покриву.

4. Радіаційні аварії. До цієї категорії належать події, пов'язані з порушенням роботи об'єктів використання джерел іонізуючого випромінювання. Подібні ситуації спричиняють довготривалі екологічні наслідки та необхідність комплексного моніторингу територій.

5. Аварії на інженерних системах та об'єктах життєзабезпечення. Сюди відносять аварії на системах електропостачання, водопостачання,

тепломережах, газопроводах та інших інженерних комунікаціях, які можуть призводити до порушення умов життєдіяльності населення.

б. Екологічно небезпечні техногенні процеси. До цієї групи належать техногенні явища, що викликають тривале порушення природних екосистем, зокрема забруднення атмосферного повітря, нафтове забруднення морських акваторій, деградація земель та незаконний видобуток корисних копалин.

Окрім класифікації за походженням, надзвичайні ситуації також поділяють за масштабами поширення наслідків: об'єктові, місцеві, регіональні, державного рівня, глобальні. Такий підхід дозволяє визначати рівень координації сил реагування та обсяг необхідних ресурсів для ліквідації наслідків.

Схему класифікації надзвичайних ситуацій техногенного характеру представлено на (рис. 1.2)

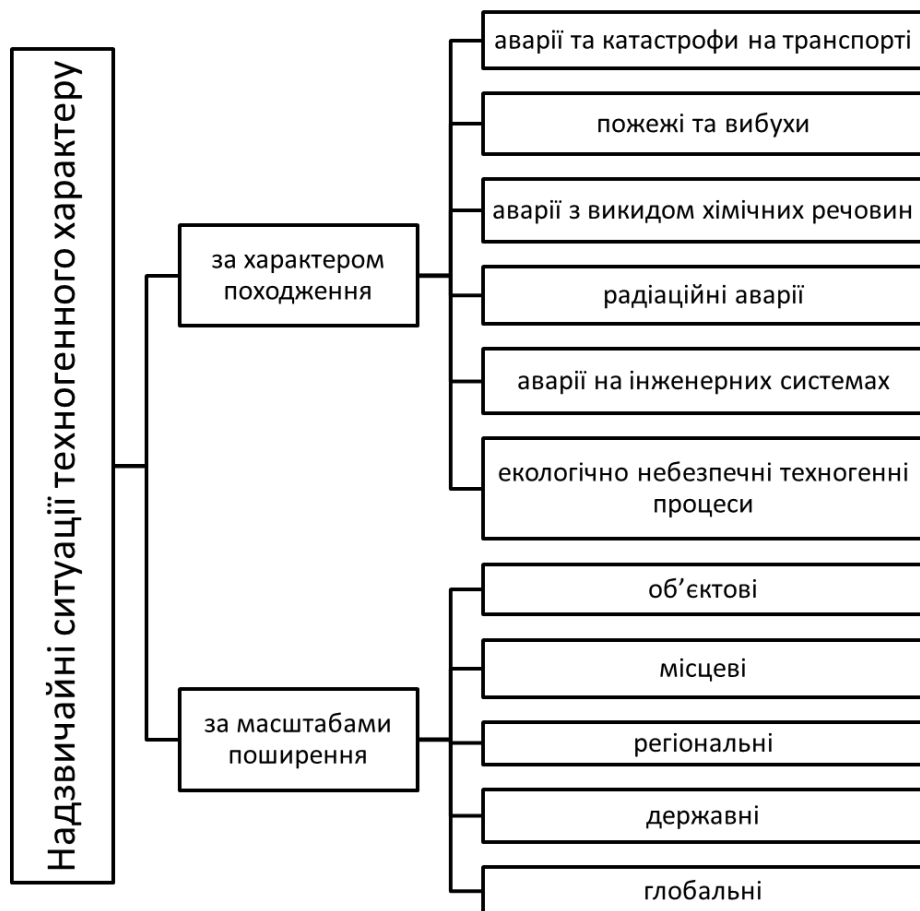


Рисунок 1.2 – Схема класифікації НС техногенного характеру [9, 11]

У сучасних дослідженнях дедалі більшого значення набуває застосування інформаційних систем для аналізу та прогнозування техногенних ризиків. Геоінформаційні системи дозволяють інтегрувати дані різного походження, виконувати просторовий аналіз небезпечних територій, моделювати сценарії розвитку надзвичайних ситуацій та створювати цифрові карти ризиків [9].

Таким чином, надзвичайні ситуації техногенного характеру є складним багатофакторним явищем, що потребує комплексного підходу до моніторингу, аналізу та управління ризиками. Їх класифікація створює основу для побудови сучасних інформаційних систем прогнозування та мінімізації наслідків техногенних загроз.

## **1.2 Аналіз факторів ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру**

Надзвичайні ситуації техногенного характеру є наслідком порушення нормального функціонування технічних систем, виробничих процесів та інженерної інфраструктури, що призводить до загрози життю і здоров'ю населення, матеріальних збитків та негативного впливу на навколишнє середовище. Ефективне прогнозування та мінімізація таких подій потребує ґрунтовного аналізу факторів ризику, які можуть сприяти їх виникненню та розвитку.

Під фактором ризику виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру розуміють сукупність умов, процесів і впливів, що підвищують ймовірність виникнення аварії або збільшують масштаби її наслідків. Аналіз цих факторів дозволяє оцінити рівень небезпеки територій та об'єктів, розробити заходи попередження і забезпечити ефективне управління ризиками [28].

Фактори ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру можна поділити на декілька основних груп: технічні фактори,

організаційно-управлінські фактори, людський фактор, просторові фактори, природно-техногенні фактори, інформаційно-аналітичні фактори [28, 29, 39].

Технічні фактори є одними з найбільш поширених причин виникнення техногенних надзвичайних ситуацій. До них належать фізичний та моральний знос обладнання, порушення правил його експлуатації, відсутність своєчасного технічного обслуговування, низька надійність інженерних систем, а також помилки у проектуванні виробничих об'єктів.

Значна частина виробничих підприємств функціонує на базі обладнання з високим ступенем зношеності, що підвищує ризик відмов окремих елементів технологічного процесу. Водночас складність сучасних технічних систем ускладнює контроль їхнього стану та збільшує ймовірність каскадного розвитку аварій.

До технічних факторів також належать: несправність систем автоматизації та контролю; порушення технологічних регламентів; недостатній рівень резервування критичних елементів систем; відсутність систем раннього виявлення небезпечних відхилень.

Організаційно-управлінські фактори. Важливе місце серед причин виникнення техногенних надзвичайних ситуацій займають організаційні недоліки. Навіть за наявності сучасного обладнання недостатній рівень управління може спричинити виникнення аварійної ситуації.

До цієї групи належать: недосконалість системи управління безпекою; недостатній контроль за дотриманням вимог охорони праці; відсутність планів реагування на надзвичайні ситуації; неефективне управління виробничими процесами; недостатня підготовка персоналу.

Практика свідчить, що значна кількість аварій виникає саме внаслідок поєднання організаційних і технічних причин.

Людський фактор. Людський фактор розглядається як одна з ключових причин виникнення техногенних аварій. Він охоплює сукупність помилок, дій або бездіяльності персоналу, які можуть спричинити відмову систем або порушення технологічного процесу.

Основними проявами людського фактора є: недостатня професійна підготовка працівників; перевтома та психологічне навантаження; порушення інструкцій і регламентів; помилки під час прийняття рішень; недостатній рівень культури безпеки.

Особливо актуальним цей фактор є для складних технічних систем, де оператор здійснює контроль за великою кількістю параметрів одночасно.

Просторові фактори. Ризик виникнення надзвичайних ситуацій значною мірою залежить від просторового розміщення об'єктів господарювання та особливостей території. До просторових факторів належать: концентрація промислових підприємств; близькість небезпечних виробництв до житлової забудови; щільність населення; транспортне навантаження; стан інженерної інфраструктури; особливості землекористування.

У сучасних дослідженнях оцінювання таких факторів дедалі частіше здійснюється із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС), які дозволяють інтегрувати просторові та статистичні дані, моделювати сценарії розвитку аварій і визначати зони потенційного ураження [37].

Природно-техногенні фактори. Окрему групу становлять природно-техногенні фактори, коли природні процеси стають каталізаторами техногенних аварій. Наприклад, повені, сильні опади, зсуви, землетруси або екстремальні температури можуть спричинити пошкодження інженерних споруд і порушення роботи виробничих систем. В умовах зміни клімату зростає актуальність врахування взаємодії природних і техногенних процесів під час прогнозування ризиків.

Інформаційно-аналітичні фактори. Суттєвий вплив на рівень техногенної безпеки має якість інформаційного забезпечення процесів управління. Недостатність даних, відсутність оперативного моніторингу, несвоєчасне виявлення відхилень та слабка аналітична підтримка можуть сприяти розвитку надзвичайної ситуації.

Сучасні інформаційні системи управління ризиками дозволяють здійснювати моніторинг потенційно небезпечних об'єктів у реальному часі;

накопичувати та аналізувати історичні дані; прогнозувати ймовірність виникнення аварій; формувати карти ризику; підтримувати прийняття управлінських рішень [30].

Таким чином, виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру визначається комплексною взаємодією технічних, організаційних, людських, територіальних, природних та інформаційних факторів. Їх системний аналіз є необхідною передумовою для створення сучасних інформаційних систем прогнозування та мінімізації ризиків. Використання інструментів просторового аналізу, моніторингу та моделювання дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози та підвищувати ефективність заходів цивільного захисту.

### **1.3 Методи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій**

Ефективне управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій значною мірою залежить від своєчасного отримання, обробки та аналізу інформації про стан потенційно небезпечних об'єктів і територій. Сучасні підходи до забезпечення техногенної безпеки передбачають не лише реагування на надзвичайні ситуації, але й їх попередження шляхом постійного моніторингу, оцінювання ризиків та прогнозування можливих сценаріїв розвитку подій.

Моніторинг надзвичайних ситуацій являє собою систему безперервного спостереження, збору, обробки та аналізу інформації про фактори, що можуть призвести до виникнення небезпечних процесів або аварій. Прогнозування надзвичайних ситуацій спрямоване на визначення ймовірності їх виникнення, оцінювання масштабів можливих наслідків та формування рекомендацій для прийняття управлінських рішень [33].

У сучасній практиці застосовуються різні методи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій, серед яких особливе значення мають

традиційні методи спостереження, дистанційне зондування Землі та геоінформаційні технології.

Традиційні методи моніторингу є базовими засобами отримання інформації про стан об'єктів і територій. Вони використовуються протягом тривалого часу та залишаються важливим елементом систем цивільного захисту [30].

До основних традиційних методів належать:

- наземні спостереження;
- інструментальний контроль параметрів середовища;
- стаціонарний моніторинг технічних об'єктів;
- візуальне обстеження територій;
- статистичний аналіз історичних даних.

Наземний моніторинг передбачає проведення регулярних спостережень безпосередньо на об'єкті або території дослідження. Він дозволяє отримувати високоточні локальні дані про стан обладнання, інженерних споруд, рівень забруднення чи інші показники. Інструментальний контроль здійснюється за допомогою вимірювальних приладів і автоматизованих систем збору даних. На промислових підприємствах застосовуються датчики температури, тиску, вологості, концентрації шкідливих речовин, рівня радіації та інших параметрів. Статистичний аналіз історичних даних дозволяє виявляти закономірності виникнення надзвичайних ситуацій, визначати повторюваність подій та формувати базові прогностичні моделі.

Разом із тим традиційні методи мають певні обмеження: значні часові витрати, обмежене територіальне охоплення, залежність від людського фактора та складність оперативного отримання інформації в умовах швидкої зміни обстановки.

Розвиток космічних технологій суттєво розширив можливості моніторингу небезпечних процесів шляхом використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Дистанційне зондування Землі – це метод отримання інформації про поверхню та об’єкти без безпосереднього контакту з ними за допомогою супутникових, авіаційних або безпілотних платформ [24].

Основними джерелами даних ДЗЗ є: супутникові знімки; аерофотознімання; безпілотні літальні апарати; радіолокаційні системи; тепловізійні та мультиспектральні сенсори.

Використання ДЗЗ дозволяє здійснювати:

- оперативне виявлення змін стану територій;
- моніторинг промислових об’єктів;
- спостереження за поширенням аварійних процесів;
- оцінювання масштабів ураження;
- контроль змін у навколишньому середовищі [27].

Особливе значення супутникові дані мають для прогнозування техногенних надзвичайних ситуацій у великих за площею районах або в умовах обмеженого доступу до території.

Для аналізу техногенних ризиків широко використовуються мультиспектральні та радіолокаційні знімки, які дозволяють оцінювати стан інфраструктури, виявляти температурні аномалії, зміни земної поверхні та інші ознаки потенційно небезпечних процесів.

Перевагами дистанційного зондування є висока оперативність отримання інформації, широке просторове охоплення та можливість регулярного оновлення даних. Серед недоліків можна виділити залежність окремих методів від погодних умов, необхідність спеціалізованого програмного забезпечення та складність інтерпретації результатів.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку систем прогнозування надзвичайних ситуацій є застосування геоінформаційних технологій (ГІС). Геоінформаційна система являє собою комплекс програмних засобів, методів і даних, призначених для збору, зберігання, аналізу, моделювання та візуалізації просторової інформації [20].

У сфері цивільного захисту ГІС забезпечують інтеграцію різноманітних джерел даних, включаючи: результати наземного моніторингу; супутникові знімки; статистичні дані; інформацію від сенсорних мереж; дані про інженерну інфраструктуру; результати математичного моделювання.

Основними функціями ГІС у прогнозуванні надзвичайних ситуацій є: просторовий аналіз факторів ризику; побудова карт небезпеки; моделювання сценаріїв розвитку аварій; визначення зон можливого ураження; аналіз транспортної доступності; підтримка прийняття управлінських рішень [23].

Важливим напрямом є створення інформаційно-аналітичних систем, які об'єднують ГІС, технології дистанційного зондування та алгоритми прогнозування. Такі системи дозволяють у режимі реального часу оцінювати зміни ситуації та формувати рекомендації щодо мінімізації ризиків.

Сучасні геоінформаційні платформи також підтримують використання математичних моделей, методів машинного навчання та інтелектуального аналізу даних для прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінювання потенційних наслідків [22].

Таким чином, традиційні методи спостереження, дистанційне зондування Землі та геоінформаційні технології формують комплексну систему моніторингу й прогнозування надзвичайних ситуацій. Їх поєднання забезпечує підвищення точності оцінювання ризиків, оперативності реагування та ефективності управлінських рішень у сфері цивільного захисту. Особливо перспективним є інтегрований підхід, за якого дані різних джерел об'єднуються в єдиному інформаційному середовищі для підтримки процесів прогнозування та мінімізації техногенних ризиків.

#### **1.4 Застосування ГІС для аналізу техногенних ризиків**

Сучасний розвиток інформаційних технологій суттєво змінив підходи до оцінювання, моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Одним із найбільш ефективних інструментів

підтримки прийняття рішень у сфері цивільного захисту стали геоінформаційні системи (ГІС), які забезпечують інтеграцію просторових даних, їх аналіз, моделювання та візуалізацію результатів.

ГІС дозволяють поєднувати інформацію з різних джерел – супутникових знімків, результатів наземних спостережень, статистичних баз даних, сенсорних мереж та моделей прогнозування – у єдиному інформаційному середовищі. Це створює умови для комплексного аналізу техногенних ризиків, своєчасного виявлення потенційно небезпечних процесів і підвищення ефективності управлінських рішень [24].

У сфері техногенної безпеки найбільш поширеними напрямками застосування ГІС є аналіз забруднення атмосферного повітря, моніторинг пожеж та аналіз забруднення морських акваторій нафтою.

Забруднення атмосферного повітря належить до найбільш поширених техногенних загроз, що виникають унаслідок діяльності промислових підприємств, транспортних систем, енергетичних об'єктів та аварійних викидів небезпечних речовин. Використання ГІС дозволяє здійснювати просторовий аналіз джерел викидів та оцінювати їх вплив на навколишнє середовище і населення. Просторове моделювання забезпечує визначення територій із підвищеним рівнем забруднення та прогнозування можливого поширення забруднюючих речовин [22].

Основними етапами ГІС-аналізу атмосферного забруднення є:

- збір даних про джерела викидів;
- інтеграція результатів наземного моніторингу;
- обробка супутникових даних;
- побудова цифрових карт концентрацій забруднювачів;
- моделювання сценаріїв поширення забруднення;
- оцінювання впливу на населення та інфраструктуру.

Для таких досліджень використовуються просторові методи інтерполяції, буферного аналізу, геостатистичні підходи та моделі атмосферного перенесення забруднюючих речовин [25].

Особливо важливим є поєднання даних дистанційного зондування та ГІС, що дозволяє отримувати оперативну інформацію про концентрацію аерозолів, оксидів азоту, діоксиду сірки та інших компонентів атмосферного забруднення.

Пожежі належать до категорії надзвичайних ситуацій, які можуть мати як природне, так і техногенне походження. В умовах урбанізації та розвитку промисловості особливого значення набуває своєчасне виявлення осередків займання та прогнозування їх поширення. ГІС-технології у поєднанні з дистанційним зондуванням Землі забезпечують можливість оперативного моніторингу пожеж у реальному масштабі часу. Сучасні системи використовують супутникові дані для виявлення теплових аномалій, оцінювання площі ураження та прогнозування розвитку пожежної ситуації [31].

Основні напрями застосування ГІС у моніторингу пожеж: автоматичне виявлення осередків займання; картографування територій, охоплених пожежею; оцінювання швидкості поширення вогню; аналіз потенційних зон ризику; визначення маршрутів евакуації; підтримка координації аварійно-рятувальних служб [21, 31, 34].

Особливу ефективність демонструє інтеграція супутникових спостережень із метеорологічними параметрами (температура, швидкість вітру, вологість), що дозволяє будувати сценарії розвитку пожежної обстановки та оцінювати ймовірні наслідки. ГІС також використовуються для ретроспективного аналізу пожеж, виявлення закономірностей виникнення та формування карт пожежної небезпеки [3].

Одним із найбільш небезпечних проявів техногенного впливу є забруднення морських акваторій нафтою, яке виникає внаслідок аварій на нафтовидобувних платформах, пошкодження трубопроводів, транспортних інцидентів та незаконних скидів.

ГІС є ключовим інструментом для оцінювання масштабів нафтового забруднення, прогнозування його переміщення та підтримки заходів ліквідації наслідків аварій. Сучасні системи аналізу нафтових розливів базуються на інтеграції супутникових даних, радіолокаційних спостережень, моделей

морських течій та геоінформаційного аналізу. Радіолокаційні супутникові системи (SAR) забезпечують можливість виявлення нафтових плям незалежно від освітленості та погодних умов, а оптичні сенсори дозволяють уточнювати характеристики забруднення [4].

ГІС-засоби дозволяють: визначати межі нафтових розливів; оцінювати площу забруднення; моделювати траєкторію переміщення нафтової плями; визначати найбільш уразливі ділянки узбережжя; оцінювати екологічні ризики; формувати сценарії ліквідації наслідків аварій.

Інтегровані підходи, що поєднують ГІС, дистанційне зондування та алгоритми машинного навчання, демонструють вищу точність виявлення забруднення та дозволяють реалізувати системи раннього попередження про аварійні ситуації [26].

Таким чином, геоінформаційні технології стали одним із ключових інструментів аналізу техногенних ризиків. Їх використання забезпечує просторову інтеграцію даних, підвищує оперативність моніторингу та дозволяє виконувати прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій. Особливо перспективним напрямом є поєднання ГІС із дистанційним зондуванням Землі та інтелектуальними методами аналізу даних, що створює основу для розроблення сучасних інформаційних систем управління техногенною безпекою.

### **1.5 Постановка завдань на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Ефективність забезпечення техногенної та екологічної безпеки у сучасних умовах значною мірою залежить від своєчасного виявлення потенційно небезпечних процесів, оперативного отримання просторової інформації про надзвичайні ситуації та можливості прогнозування ризиків їх виникнення і поширення. Зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище, розвиток промисловості, транспортної інфраструктури та енергетичного комплексу супроводжується підвищенням імовірності

виникнення пожеж, аварійних викидів забруднюючих речовин і розливів нафти. Це обумовлює необхідність використання сучасних інформаційних технологій для моніторингу техногенних загроз та підтримки процесів прийняття управлінських рішень.

Вирішення задач моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру потребує комплексного підходу, заснованого на інтеграції ГІС, технологій ДЗЗ, супутникових сервісів та web-картографування. Використання сучасних ГІС-технологій дозволяє автоматизувати процеси збору, обробки та аналізу просторових даних, підвищити оперативність оцінювання техногенних ризиків та створити інформаційну основу для підтримки систем моніторингу надзвичайних ситуацій.

Для досягнення поставленої мети та розв'язання визначеної інженерно-прикладної задачі необхідно виконати такі завдання:

- 1) провести аналіз предметної області надзвичайних ситуацій техногенного характеру, дослідити понятійний апарат, класифікацію надзвичайних ситуацій та основні фактори ризику їх виникнення;

- 2) дослідити сучасні методи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій, визначити можливості використання ГІС, web-сервісів та технологій дистанційного зондування Землі у задачах просторового аналізу;

- 3) обґрунтувати вибір програмних засобів та джерел просторових даних для реалізації інформаційної системи моніторингу техногенних загроз, проаналізувати функціональні можливості ГІС-платформ, супутникових сервісів та web-технологій;

- 4) здійснити завантаження та обробку супутникових даних Sentinel-5P для аналізу забруднення атмосферного повітря та створити тематичні карти концентрації діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ) у середовищі ГІС;

- 5) виконати аналіз пожежної ситуації на основі даних сервісу FIRMS, створити цифрові карти поширення пожеж та оцінити щільність пожеж у розрізі областей України;

6) здійснити обробку радіолокаційних космознімків Sentinel-1 для виявлення нафтових розливів, створити векторні шари забруднення та визначити площі нафтових плям;

7) зробити просторовий аналіз отриманих результатів у середовищі ГІС та створити тематичні цифрові карти техногенних загроз;

8) розробити інтерактивну web-карту надзвичайних ситуацій техногенного характеру для забезпечення візуалізації результатів дослідження та доступу до просторових даних через web-середовище.

Реалізація поставлених завдань дозволить сформувати комплексний підхід до моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру із використанням сучасних ГІС-технологій, підвищити ефективність просторового аналізу техногенних ризиків та створити основу для розвитку інформаційних систем підтримки прийняття рішень у сфері цивільного захисту та екологічної безпеки.

## РОЗДІЛ 2

### ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ

#### 2.1 Web-сервіси як основа інформаційної системи моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Сучасний розвиток інформаційних технологій сприяв переходу від локальних інформаційних систем до розподілених цифрових платформ, які забезпечують оперативний доступ до даних, їх інтеграцію та підтримку процесів прийняття рішень. У сфері цивільного захисту та управління ризиками надзвичайних ситуацій особливого значення набувають web-сервіси, що дозволяють здійснювати збір, обробку, аналіз і візуалізацію інформації в режимі реального часу.

Для задач прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру web-сервіси виступають технологічною основою створення інтегрованих інформаційних систем, які забезпечують взаємодію між джерелами даних, аналітичними модулями та кінцевими користувачами. Особливу роль у таких системах відіграють геоінформаційні (ГІС) web-сервіси, оскільки більшість техногенних ризиків має виражений просторовий характер [26].

Web-сервіс – це програмний компонент або сукупність програмних засобів, які забезпечують автоматизований обмін даними через мережу Інтернет із використанням стандартизованих протоколів та форматів передавання інформації [25].

На відміну від традиційних програмних рішень, web-сервіси працюють незалежно від операційної системи та місця розташування користувача, забезпечуючи доступ до інформації через веббраузер або спеціалізовані клієнтські застосунки.

Основними перевагами використання web-сервісів у системах прогнозування надзвичайних ситуацій є:

- централізоване зберігання даних;
- можливість роботи в режимі реального часу;

- масштабованість системи;
- інтеграція з різними джерелами інформації;
- підтримка колективної роботи користувачів;
- оперативне оновлення аналітичних результатів [19].

Для інформаційних систем техногенної безпеки це дозволяє створювати єдине середовище збору, аналізу та поширення просторової інформації.

Геоінформаційні web-сервіси відіграють важливу роль у прогнозуванні надзвичайних ситуацій. Це спеціалізований вид мережевих сервісів, призначений для роботи з просторовими даними та картографічною інформацією.

ГІС-сервіси забезпечують: відображення картографічної інформації; зберігання просторових баз даних; аналіз геоданих; моделювання просторових процесів; інтеграцію супутникових даних; підтримку прийняття управлінських рішень [2].

У системах прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру ГІС-сервіси дозволяють поєднувати різноманітні набори даних: розташування потенційно небезпечних об'єктів; транспортну та інженерну інфраструктуру; результати моніторингу стану довкілля; супутникові спостереження; метеорологічну інформацію; історичні дані про аварії та надзвичайні ситуації [6].

Інтеграція таких даних створює основу для побудови просторових моделей ризику та оцінювання територіальної вразливості.

Однією з ключових переваг ГІС є можливість переходу від аналізу окремих показників до комплексного дослідження територій, що враховує взаємозв'язок природних, технічних та соціально-економічних факторів.

Архітектура сучасних геоінформаційних систем базується на використанні спеціалізованих web-сервісів, які забезпечують доступ до просторових даних і виконання аналітичних операцій. До основних типів ГІС web-сервісів належать: картографічні сервіси (Map Services), сервіси просторових даних (Feature Services), сервіси обробки геоданих (Geoprocessing

Services), сервіси візуалізації растрових даних (Image Services), аналітичні сервіси реального часу [19].

Картографічні сервіси (Map Services) – забезпечують відображення електронних карт та тематичних шарів. Сервіси просторових даних (Feature Services) – дозволяють виконувати редагування, фільтрацію та аналіз географічних об'єктів. Сервіси обробки геоданих (Geoprocessing Services) – реалізують автоматизоване виконання просторових розрахунків та моделей. Сервіси візуалізації растрових даних (Image Services) – забезпечують роботу із супутниковими знімками та матеріалами дистанційного зондування Землі. Аналітичні сервіси реального часу — використовуються для інтеграції потокових даних із сенсорних систем і оперативного оновлення інформації.

Такі сервіси можуть працювати як у хмарній інфраструктурі, так і на локальних серверах. Інформаційна система прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру на базі web-технологій зазвичай має багаторівневу структуру [26].

Перший рівень становлять джерела даних: сенсорні мережі; супутникові системи; метеостанції; державні реєстри; статистичні бази даних.

Другий рівень включає серверну інфраструктуру: сервер баз даних; геопросторовий сервіс; модуль обробки даних; аналітичний модуль прогнозування.

Третій рівень представлений користувацьким інтерфейсом: web-порталом; інтерактивною картою; панелями моніторингу; системою формування звітів [6].

Саме така архітектура дозволяє забезпечити безперервний цикл роботи системи: отримання даних → аналіз → прогнозування → візуалізація → підтримка прийняття рішень.

Великі перспективи має інтеграція ГІС web-сервісів із технологіями дистанційного зондування Землі та алгоритмами машинного навчання, що дозволяє автоматизувати процес виявлення небезпечних змін, підвищити

точність оцінювання ризиків та скоротити час реагування на потенційні надзвичайні ситуації.

Таким чином, web-сервіси, зокрема геоінформаційні сервіси, формують технологічну основу сучасних інформаційних систем прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Їх використання забезпечує інтеграцію просторових даних, підвищує ефективність моніторингу та створює умови для реалізації ризик-орієнтованого підходу до управління техногенною безпекою.

## **2.2 Web-сервіси для моніторингу стану повітря**

Моніторинг стану атмосферного повітря є одним із ключових напрямів забезпечення екологічної та техногенної безпеки. Забруднення повітря може бути наслідком функціонування промислових підприємств, транспортної інфраструктури, аварійних викидів небезпечних речовин, пожеж та інших надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Для своєчасного виявлення небезпечних змін та прогнозування можливих наслідків дедалі активніше використовуються web-сервіси, що забезпечують доступ до просторових і часових даних у режимі реального часу.

Сучасні платформи моніторингу повітря забезпечують збір даних із мереж стаціонарних станцій, мобільних сенсорів, супутникових систем та відкритих інформаційних ресурсів. Вони підтримують відображення показників якості повітря у вигляді інтерактивних карт, графіків та аналітичних панелей.

Після накопичення інформації інформація передається через web-інтерфейси або API-сервіси до серверної інфраструктури, де виконується її накопичення та аналітична обробка. Сучасні web-платформи підтримують роботу з такими показниками-характеристиками повітря: PM<sub>2,5</sub>; PM<sub>10</sub>; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>; CO; O<sub>3</sub>; температура; вологість; атмосферний тиск та ін.

Інтелектуальні алгоритми дозволяють прогнозувати концентрації забруднювачів на основі історичних спостережень, погодних умов та

просторових характеристик території. Додатково використовуються архітектури обробки поточкових подій та інтеграція супутникових спостережень для оперативного оцінювання стану повітря.

Використання web-орієнтованих рішень забезпечує низку переваг: оперативне отримання інформації; масштабованість системи; централізоване зберігання даних; підтримку дистанційного доступу; інтеграцію з геоінформаційними платформами; автоматизацію аналітичних процесів; можливість створення систем раннього попередження.

Таким чином, web-сервіси моніторингу стану повітря є важливим компонентом сучасних інформаційних систем прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Поєднання web-технологій, геоінформаційних систем, дистанційного зондування та інтелектуального аналізу даних забезпечує підвищення точності оцінювання ризиків, оперативності реагування та ефективності управління екологічною безпекою.

Одним із найбільш відомих українських web-сервісів моніторингу повітря є платформа SaveEcoBot «Якість повітря в Україні онлайн» [16], яка забезпечує відкритий доступ до даних про стан навколишнього середовища, зокрема показників якості атмосферного повітря, радіаційного фону та інших екологічних параметрів. Система функціонує як інтегрована інформаційна платформа, що об'єднує дані з державних, громадських, приватних і комерційних мереж спостереження (рис. 2.1).

Ключовим елементом сервісу є інтерактивна карта моніторингу, яка відображає поточний стан атмосферного повітря на території України у режимі, наближеному до реального часу. Основним індикатором за замовчуванням є індекс якості повітря AQI (Air Quality Index), розрахований за методикою NowCast (US EPA) на основі концентрації дрібнодисперсних частинок PM<sub>2,5</sub>.

Користувач має можливість переключати відображення різних параметрів повітря: PM<sub>2,5</sub>; PM<sub>10</sub>; NO<sub>2</sub>; SO<sub>2</sub>; CO; O<sub>3</sub> (рис. 2.1). Можна обрати конкретну станцію спостереження на карті, клікнути по ній та отримати детальну інформацію (рис. 2.2).

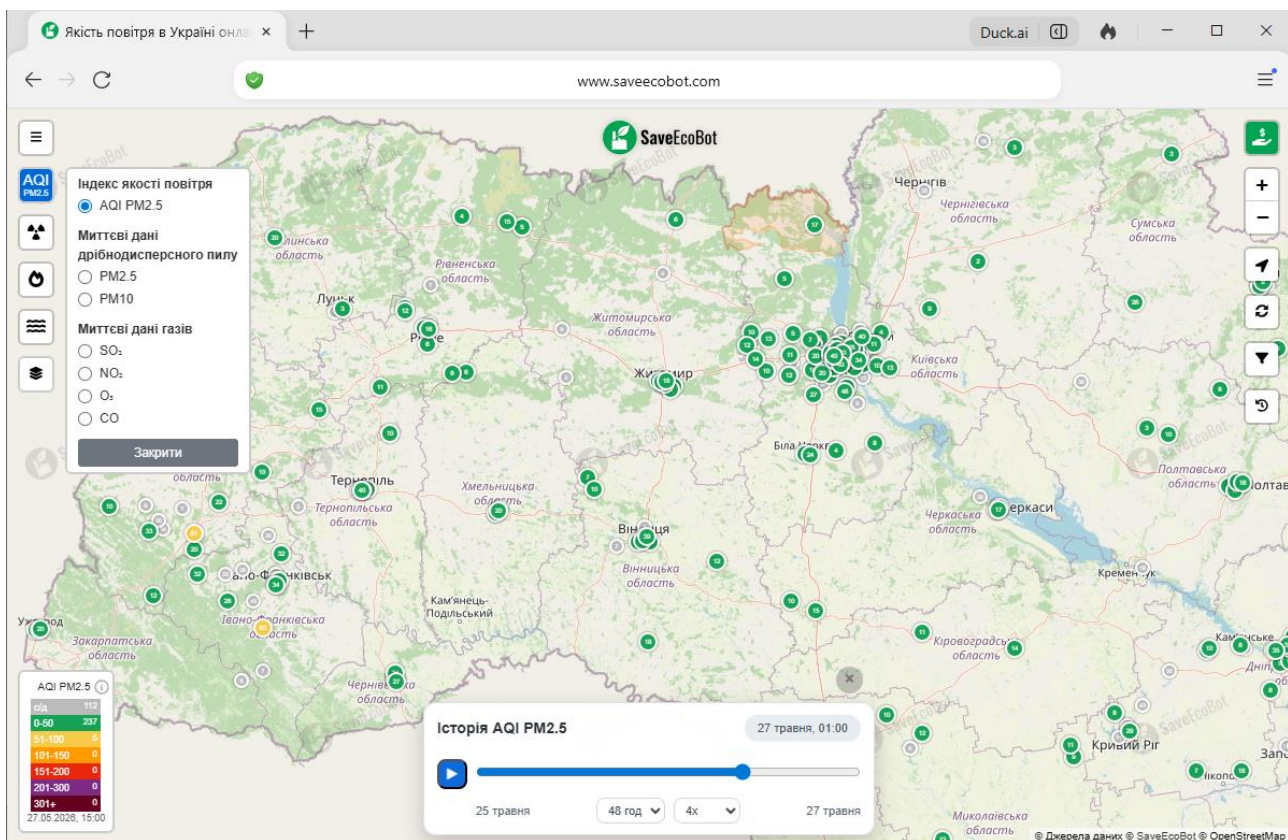


Рисунок 2.1 – Web-сервіс якості повітря SaveEcoBot [16]

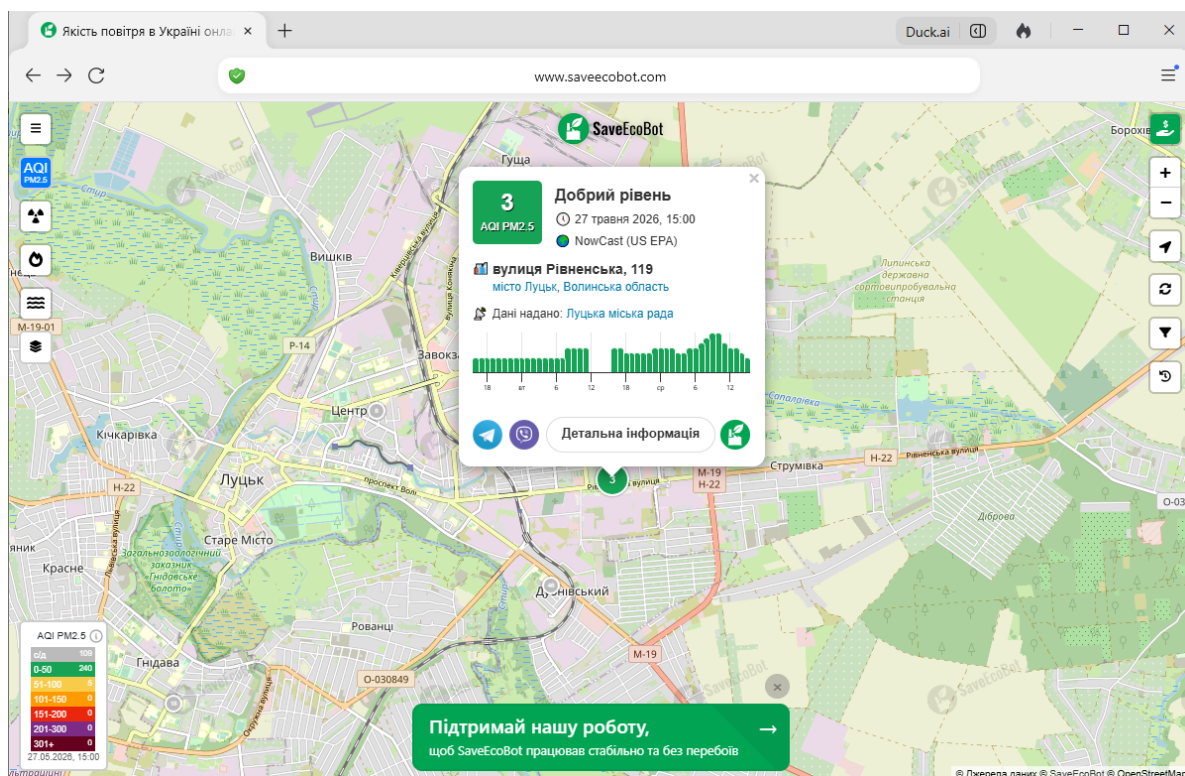


Рисунок 2.2 – Якість повітря у місті Луцьк, web-сервіс SaveEcoBot [16]

Кнопка «Детальна інформація» дозволяє отримати доступ до низки додаткових функцій: «Історія первинних даних», «Завантажити дані в CSV», «Дані станції у форматі JSON», «Слідкувати за рівнем забруднення атмосферного повітря у Telegram або Viber» (рис. 2.3).

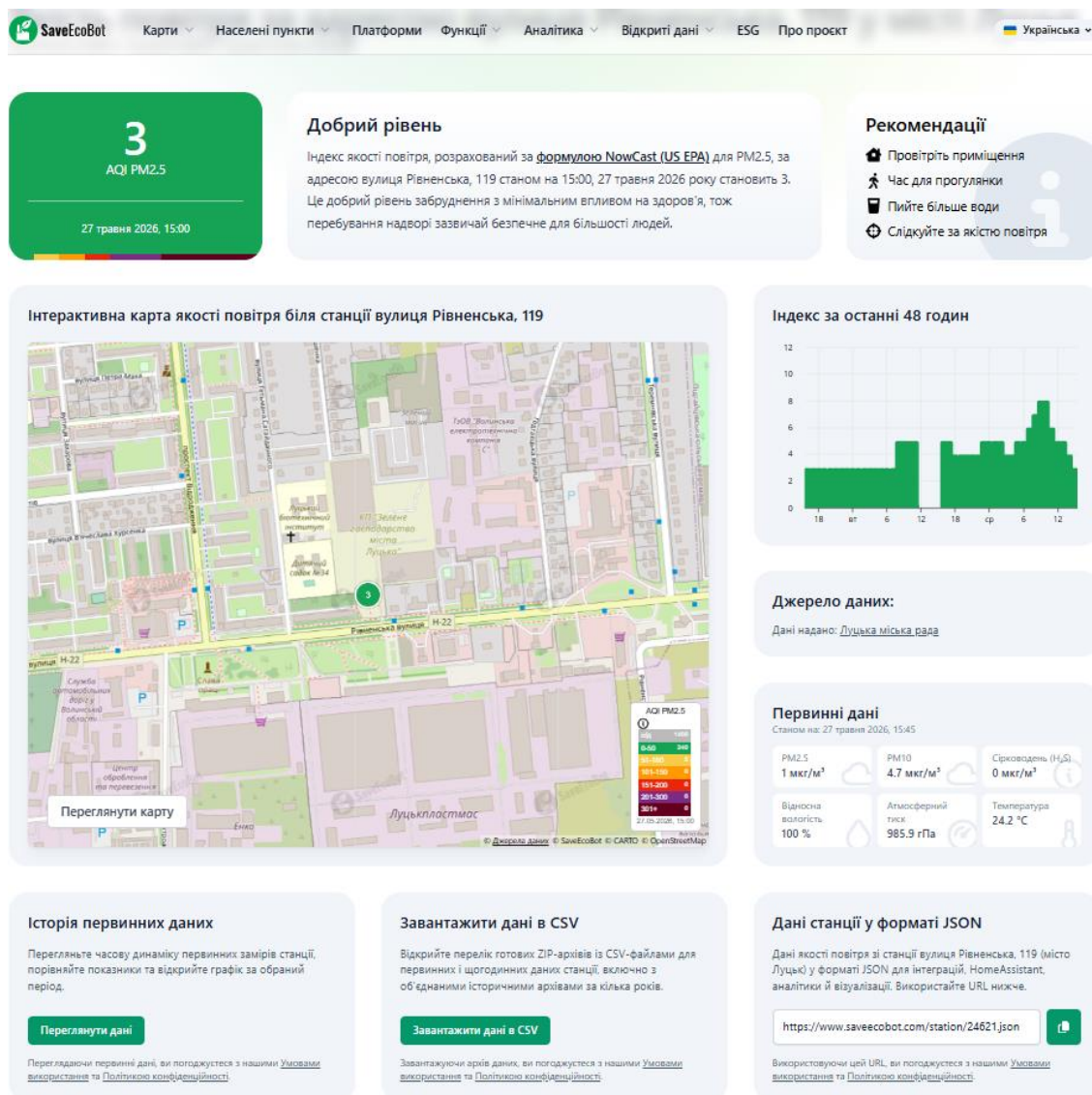


Рисунок 2.3 – Детальна інформація про якість повітря за адресою вул. Рівненська, 119 у м. Луцьк, web-сервіс SaveEcoBot [16]

Особливістю сервісу є підтримка великої кількості джерел даних, серед яких державні системи моніторингу, громадські сенсорні мережі та міжнародні платформи спостереження. Це дозволяє формувати більш повну просторову картину стану атмосферного повітря.

З погляду геоінформаційних технологій SaveEcoBot реалізує принцип Web-GIS, оскільки всі показники відображаються у вигляді просторових шарів на цифровій карті. Користувач може виконувати аналіз територіального розподілу забруднення, переглядати часову динаміку змін та оцінювати потенційні ризики для окремих регіонів.

Для задач прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру використання такого сервісу дозволяє: оперативно виявляти аномальні зміни якості повітря; здійснювати моніторинг аварійних викидів; аналізувати поширення забруднення; оцінювати потенційний вплив на населення; підтримувати прийняття управлінських рішень.

Ще одним сучасним інструментом моніторингу стану атмосферного повітря є платформа Copernicus Browser [5], яка входить до європейської програми спостереження Землі Copernicus. Вона забезпечує доступ до супутникових даних, їх візуалізацію, аналіз та завантаження для подальших досліджень.

Для оцінювання стану атмосферного повітря особливе значення має супутник Sentinel-5P (Sentinel-5 Precursor), призначений спеціально для моніторингу складу атмосфери та забруднення повітря. Основним інструментом супутника є сенсор TROPOMI (TROPOspheric Monitoring Instrument), який виконує глобальні спостереження атмосфери та забезпечує отримання даних про концентрацію основних атмосферних компонентів.

Sentinel-5P дозволяє здійснювати моніторинг таких показників: діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ); діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ); озону ( $\text{O}_3$ ); чадного газу ( $\text{CO}$ ); метану ( $\text{CH}_4$ ); аерозольного навантаження атмосфери та ін. Просторова розрізненість  $7 \times 3,5$  км, тобто дані придатні для аналізу великих територій й малопродатні для просторового аналізу на локальному рівні. Періодичність зйомки – приблизно 1 доба. Дані доступні з квітня 2018 р.

Візьмемо для прикладу такий показник, як діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ) (рис. 2.4).  $\text{NO}_2$  – це токсична сполука газ, яка утворюється переважно під час спалювання вичопного палива та викидів автотранспорту. Це один із головних атмосферних

забруднювачів, що подразнює дихальні шляхи та провокує смог і кислотні дощі. Станом на 6 травня 2026 р. чітко видно наслідки російський ударів по Києву, Вінниці, та півночі Чернігівської області (рис. 2.4).

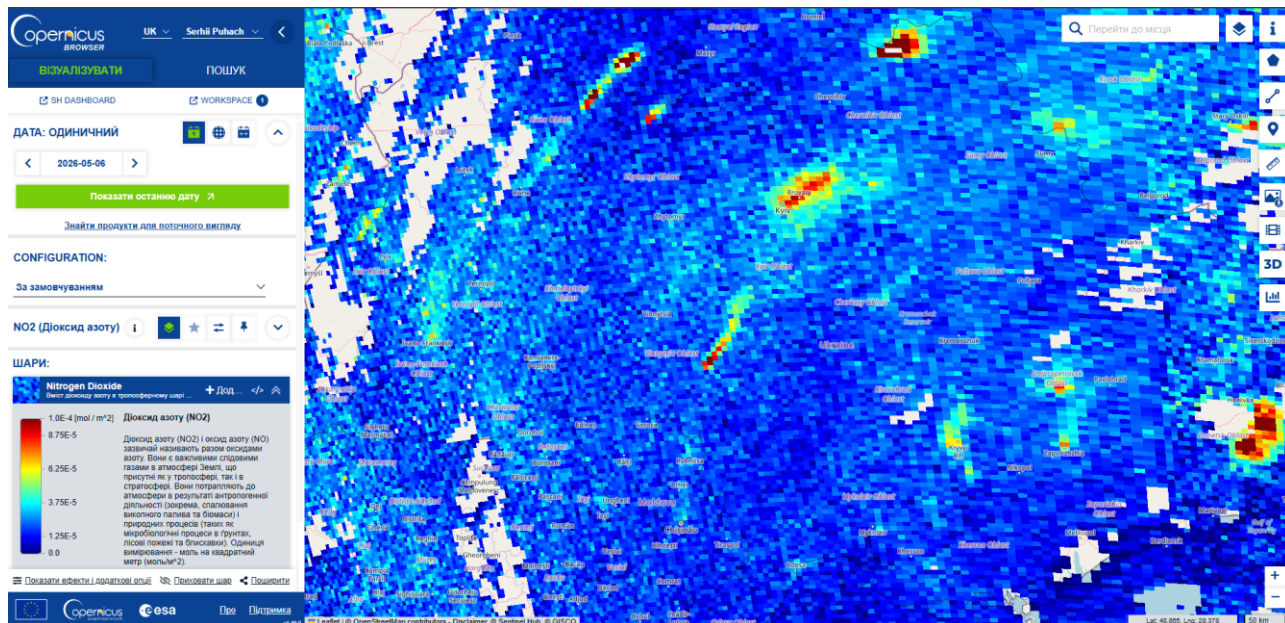


Рисунок 2.4 – Концентрація діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) в повітрі на території України 6 травня 2026 р. (за даними супутника Sentinel-5P) [5]

Дані Sentinel-5P щодо концентрації діоксиду азоту (NO<sub>2</sub>) подаються у вигляді кількості молів на квадратний метр (mol/m<sup>2</sup>). Це значить, що вимірюється не приземна концентрація, а загальне значення по атмосферному стовпу. Щоб обчислити середнє значення за місяць можна використати скрипт «NO<sub>2</sub> Monthly mean» [13]. Скрипт завантажує усі доступні знімки за місяць, виконує їх обробку та обчислює середнє значення NO<sub>2</sub> для кожної точки території (ліст. 2.1).

#### Лістинг 2.1 – Скрипт «NO<sub>2</sub> Monthly mean» для Sentinel-5P

```
//VERSION=3
var minVal = 0.0;
var maxVal = 0.0001;
const map = [
  [0, 0x00007f],
  [1, 0x0000ff],
  [2, 0x00ffff],
```

```

    [3, 0xffff00],
    [4, 0xff0000],
    [5, 0x7f0000]
  ];
  const visualizer = new ColorRampVisualizer(map, minVal, maxVal)
  function setup() {
    return {
      input: ["NO2", "dataMask"],
      output: [
        { id: "default", bands: 4 },
        { id: "index", bands: 1, sampleType: "FLOAT32" },
        { id: "eobrowserStats", bands: 1, sampleType: "FLOAT32"},
        { id: "dataMask", bands: 1 },
      ],
      mosaicking: "ORBIT"
    };
  }
  function isClear(sample) {
    return sample.dataMask == 1;
  }
  function sum(array) {
    let sum = 0;
    for (let i = 0; i < array.length; i++) {
      sum += array[i].NO2;
    }
    return sum;
  }
  function evaluatePixel(samples) {
    const clearTs = samples.filter(isClear)
    const mean = sum(clearTs) / clearTs.length
    const [r, g, b] = visualizer.process(mean);
    const dataMask = clearTs.length > 0;
    return {
      default: [r, g, b, dataMask],
      index: [mean],
      eobrowserStats: [mean],
      dataMask: [dataMask],
    };
  }
}

```

---

кінець лістингу 2.1

Аналіз показує значну мінливість показника концентрації діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>) в повітрі на території України. Так, станом на 4 травня 2026 р. для більшості території України рівень забруднення був у нормі (рис. 2.5).

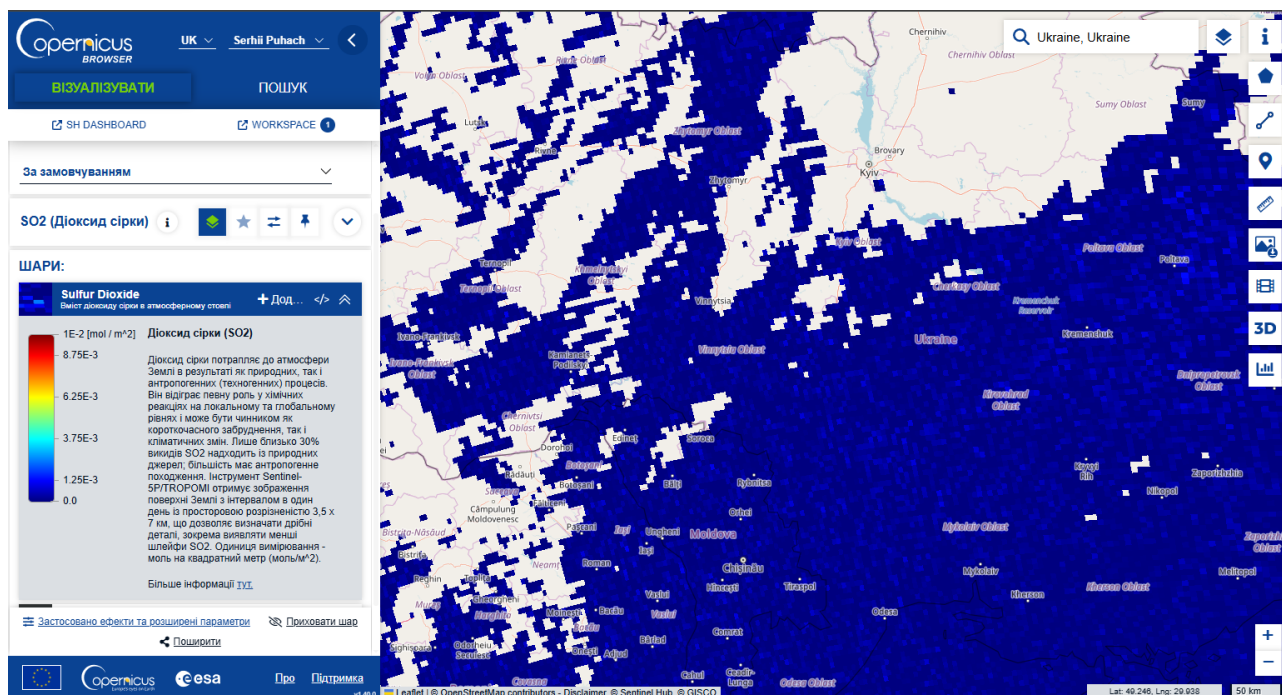


Рисунок 2.5 – Концентрація діоксиду сірки (SO<sub>2</sub>) в повітрі на території України 4 травня 2026 р. (за даними супутника Sentinel-5P) [5]

Загалом, платформа Copernicus Browser надає широкі можливості для первинного аналізу. Вона дозволяє: вибирати територію дослідження; переглядати супутникові спостереження за минулі роки; виконувати часовий аналіз; будувати тематичні карти забруднення; завантажувати геопросторові дані для подальшої обробки у ГІС-середовищі.

Використання Sentinel-5P є особливо ефективним у задачах прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру, оскільки супутникові дані дозволяють оперативно виявляти великомасштабні викиди забруднюючих речовин, оцінювати їх територіальне поширення та інтегрувати результати з наземними системами моніторингу. Дослідження також демонструють, що поєднання супутникових спостережень із наземними вимірюваннями підвищує точність оцінювання стану атмосферного повітря та дозволяє будувати прогностичні моделі для територій із недостатньою мережею спостережень.

Таким чином, сервіси SaveEcoBot та Copernicus Browser демонструють сучасний підхід до організації моніторингу атмосферного повітря на основі

Web-GIS та дистанційного зондування Землі. Їх використання створює інформаційну основу для аналізу техногенних ризиків, раннього виявлення небезпечних змін та прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій.

### **2.3 Web-сервіси для моніторингу пожеж**

Моніторинг пожеж є одним із найважливіших напрямів сучасних систем управління надзвичайними ситуаціями, оскільки своєчасне виявлення осередків займання та прогнозування їх поширення дозволяє мінімізувати матеріальні збитки, зменшити вплив на навколишнє середовище та підвищити ефективність реагування відповідних служб.

У сучасних умовах традиційні методи спостереження дедалі частіше доповнюються використанням web-сервісів, що забезпечують оперативний доступ до просторових даних, супутникових спостережень та аналітичних інструментів. Такі сервіси дозволяють здійснювати моніторинг пожеж у режимі, наближеному до реального часу, виконувати оцінювання масштабів ураження та підтримувати прийняття управлінських рішень.

Особливе значення мають геоінформаційні web-сервіси, які поєднують картографічні засоби, супутникові дані дистанційного зондування Землі та аналітичні модулі прогнозування. У сфері моніторингу пожеж широкого поширення набули сервіси FIRMS (Fire Information for Resource Management System) та Copernicus Browser, які забезпечують доступ до супутникових даних для аналізу пожежної обстановки.

Одним із найбільш відомих міжнародних web-сервісів для моніторингу пожеж є система FIRMS (Fire Information for Resource Management System), розроблена на базі програм спостереження Землі та супутникових даних NASA [8].

Основним призначенням сервісу є забезпечення оперативного доступу до інформації про активні осередки пожеж та теплові аномалії у глобальному масштабі. Система використовує дані дистанційного зондування, отримані із

спутників: Terra; Aqua; Suomi NPP; NOAA-20, Landsat. Для виявлення пожеж застосовуються сенсори: MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) та VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) [7].

Сервіс має простий інтерфейс, який широко використовують, як фахівці в сфері ГІС, так і у суміжних галузях. FIRMS часто використовують OSINT-аналітики для вивчення сучасної російсько-української війни. Візуалізуємо дані про пожежі в Україні та на прилеглих територіях за проміжок часу 1-7 квітня 2026 р. (рис. 2.6). Чітко можна побачити сучасну лінію фронту, де ведуться активні бойові дії. Такою звертає увагу підвищена концентрація пожеж у прилеглих до України територіях рф.

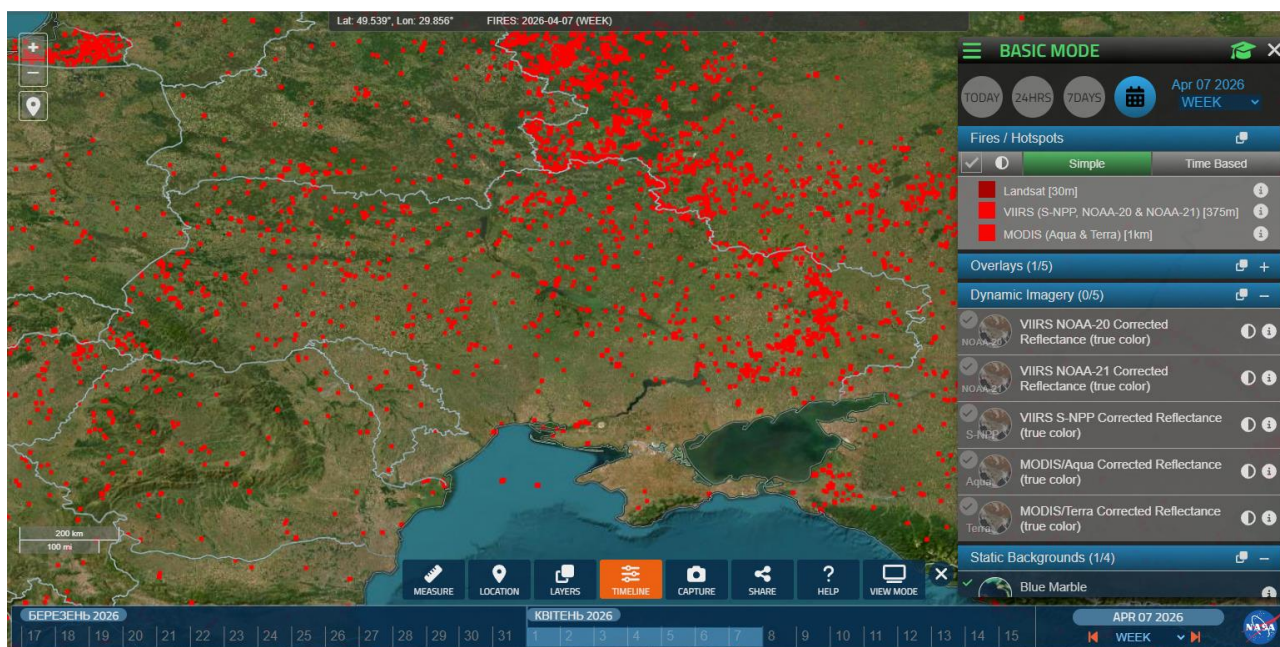


Рисунок 2.6 – Пожежі на території України 1-7 квітня 2026 р. (за даними сервісу FIRMS) [8]

Принцип роботи FIRMS базується на автоматизованому аналізі теплового випромінювання поверхні Землі. Алгоритми сервісу визначають ділянки з аномально високою температурою та відображають їх на інтерактивній карті.

Сервіс дозволяє: виявляти активні пожежі; аналізувати часову динаміку займання; визначати координати осередків; оцінювати інтенсивність пожеж;

отримувати дані у вигляді картографічних шарів; експортувати результати для подальшого аналізу у ГІС.

Особливо важливою для нас функцією є можливість завантаження даних у форматі \*.shp (рис. 2.7). Це дозволяє потім завантажити дані у QGIS для просторової аналітики, створення тематичних карт тощо.

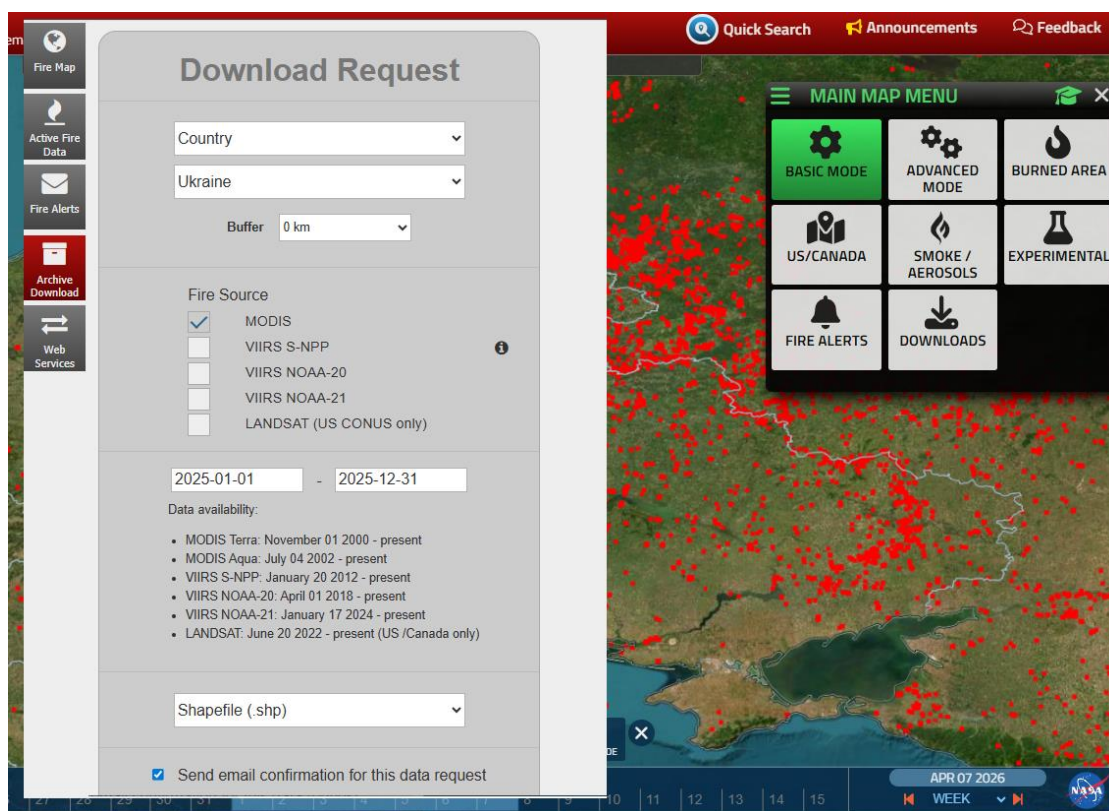


Рисунок 2.7 – Завантаження даних про пожежі із сервісу FIRMS [8]

Важливою перевагою FIRMS є висока оперативність оновлення інформації та можливість інтеграції даних із зовнішніми інформаційними системами через відкриті сервіси доступу.

У контексті прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру використання FIRMS дозволяє здійснювати раннє виявлення пожежних ризиків, оцінювати потенційні зони поширення вогню та підтримувати прийняття рішень щодо реагування.

Важливим інструментом аналізу пожеж є платформа Copernicus Browser від Європейської космічної агенції, яка забезпечує доступ до супутникових

даних програми спостереження Землі Copernicus та дозволяє виконувати візуальний та простий просторовий аналіз змін територій.

Для дослідження пожеж особливо активно використовуються дані супутника Sentinel-2. Sentinel-2 є супутниковою місією високої просторової роздільної здатності, що складається із двох супутників – Sentinel-2A та Sentinel-2B – і призначена для регулярного мультиспектрального спостереження поверхні Землі. Основним інструментом супутника є мультиспектральна камера MSI (MultiSpectral Instrument), яка забезпечує отримання зображень у 13 спектральних каналах .

Для аналізу пожеж особливе значення мають ближній інфрачервоний діапазон (NIR), короткохвильовий інфрачервоний діапазон (SWIR), видимий спектральний діапазон. Застосування цих каналів дозволяє: виявляти території активного горіння; оцінювати площі пошкоджених ділянок; аналізувати ступінь вигорання території; визначати напрям поширення пожеж; здійснювати післяаварійний аналіз наслідків.

Для чіткої візуалізації пожеж у Copernicus Browser за знімками супутника Sentinel-2 використовують композит каналів або B12–B8–B2, або B12–B8A–B4 (SWIR) [3, 34]. Так, на знімку пожежі поблизу с. Бірки (Камінь-Каширський район Волинської області) 2.05.2025 р. (рис. 2.8) оранжевим кольором позначене полум'я, коричневим та темно-сірим – згорілі площі.

Copernicus Browser також дозволяє робити прості аналітичні операції – наприклад вимірювання відстаней та площ. Для цього використовується інструмент «Створити область інтересу». З рис. 2.9 видно, що пожежа біля с. Бірки станом на 1.05.2025 р. охопила площу 20,94 км<sup>2</sup>.

Для оцінювання наслідків пожеж широко використовуються спеціальні спектральні індекси, зокрема NBR (Normalized Burn Ratio) – нормалізований коефіцієнт вигорання та dNBR – різниця нормалізованого коефіцієнту вигорання [3, 34].

Нормалізований коефіцієнт вигорання (Normalized Burn Ratio, NBR) обчислюють за формулою (2.1):

$$NBR = (NIR-SWIR)/(NIR+SWIR), \quad (2.1)$$

де: NBR – нормалізований коефіцієнт вигорання;

NIR – ближній інфрачервоний діапазон;

SWIR – короткохвильовий інфрачервоний діапазон [14].



Рисунок 2.8 – Аналіз за допомогою Copernicus Browser пожежі біля с. Бірки, Камінь-Каширського району Волинської області, 2 травня 2025 р. (супутник Sentinel-2, комбінація каналів: B12–B8–B2) [5]

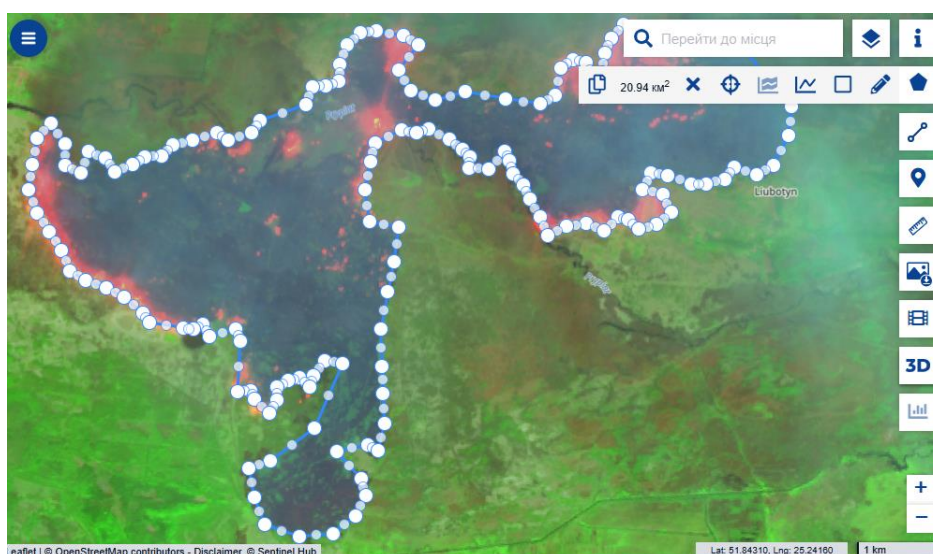


Рисунок 2.9 – Обчислення площі пожежі за допомогою інструменту «Створити область інтересу» у Copernicus Browser [5]

Для оцінки ступеня інтенсивності використовують пожежі індекс dNBR (різниця нормалізованого коефіцієнту вигорання) – показник зміни стану рослинності до та після пожежі. Це індекс обчислюється за формулою (2.2):

$$dNBR = preNBR - postNBR, \quad (2.2)$$

де: dNBR – різниця нормалізованого коефіцієнту вигорання;

preNBR – NBR до пожежі;

postNBR – NBR після пожежі.

Індекс dNBR показує рівень пошкодження рослинності внаслідок пожежі. Чим більше значення dNBR, тим сильніше пошкодження рослинного покриву. Території з від’ємними значеннями dNBR свідчать про відновлення рослинності після пожежі [14].

На відміну від сервісів оперативного виявлення пожеж (наприклад FIRMS), Copernicus Browser більшою мірою орієнтований на детальний просторовий аналіз наслідків та оцінювання змін території.

Платформа Copernicus Browser також дозволяє будувати часові ряди супутникових спостережень, порівнювати стан територій до та після пожежі, та завантажувати результати для подальшої обробки в геоінформаційних системах.

Таким чином, використання web-сервісів FIRMS і Copernicus Browser формує сучасний підхід до моніторингу пожеж на основі дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій. Їх поєднання дозволяє забезпечити як оперативне виявлення осередків займання, так і детальний аналіз просторових наслідків пожеж, що є важливою складовою інформаційних систем прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

## 2.4 Web-сервіси для моніторингу забруднення нафтою

Забруднення водних об'єктів нафтою належить до найбільш небезпечних техногенних загроз, оскільки навіть незначні за масштабами аварійні розливи можуть спричиняти тривалий негативний вплив на морські та прибережні екосистеми, рибне господарство, транспортну інфраструктуру та здоров'я населення. Основними причинами нафтового забруднення акваторій морів та океанів є аварії танкерів, аварійні ситуації на нафтовидобувних платформах, діяльність портів та несанкціоновані скиди.

Своєчасне виявлення нафтових плям і прогнозування їх поширення є одним із ключових завдань систем екологічного моніторингу та цивільного захисту. У сучасних умовах для цього активно застосовуються web-сервіси, які забезпечують доступ до супутникових даних дистанційного зондування Землі, геоінформаційних ресурсів та інструментів просторового аналізу.

Web-сервіси забезпечують: оперативне виявлення нафтових плям; відображення результатів на інтерактивних картах; аналіз часової динаміки забруднення; моделювання напрямку переміщення нафтових мас; оцінювання площі забруднення; підтримку реагування на аварійні ситуації. Основу таких систем становлять геоінформаційні технології та дистанційне зондування Землі. Просторовий аналіз дозволяє оцінювати ризики для прибережних територій, портової інфраструктури та екологічно вразливих зон [24].

Розпочнемо з сервісу MarineTraffic (рис. 2.10). Сервіс MarineTraffic є однією з найбільш відомих світових web-платформ для моніторингу морського транспорту в режимі реального часу. Основою роботи сервісу є технологія AIS (Automatic Identification System) – автоматична ідентифікаційна система суден, яка забезпечує передавання інформації про місцезположення, швидкість, курс та інші параметри руху морських суден [12].

MarineTraffic поєднує дані AIS, супутникові спостереження, картографічні сервіси та геоінформаційні технології, формуючи інтерактивне середовище моніторингу морських перевезень. У контексті аналізу техногенних

ризиків сервіс може використовуватися для дослідження аварійних ситуацій, пов'язаних із транспортуванням нафти та нафтопродуктів.

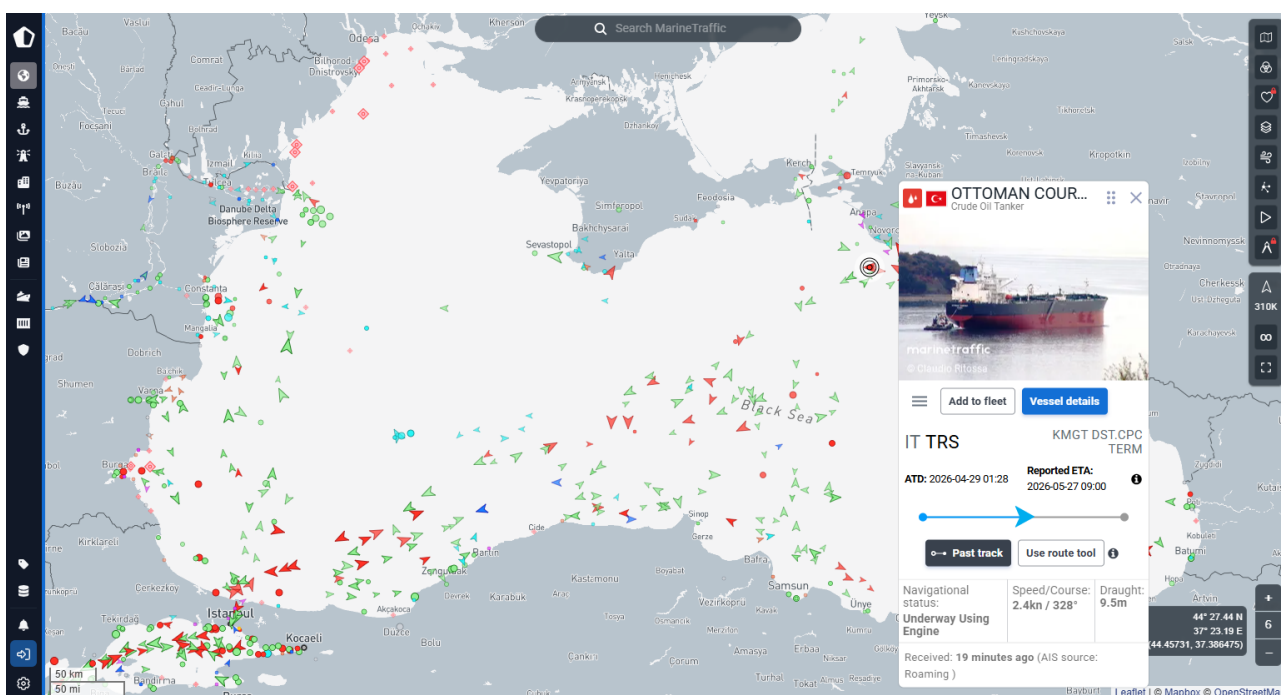


Рисунок 2.10 – Веб-сервіс MarineTraffic [12]

Основні можливості MarineTraffic: відображення суден у режимі реального часу; моніторинг маршрутів морських перевезень; аналіз історії переміщення суден; відстеження танкерів; перегляд портової активності; аналіз інтенсивності морського руху; отримання інформації про типи суден та вантажів [12].

На інтерактивній карті користувач може спостерігати поточне місцеположення суден, їх маршрут, швидкість руху та інші навігаційні характеристики. Особливо важливою функцією для задач моніторингу нафтового забруднення є можливість відстеження нафтових танкерів та аналізу їх переміщення у районах потенційного ризику.

У системах екологічного моніторингу сервіс MarineTraffic може застосовуватися як додаткове джерело інформації для: визначення потенційного джерела нафтового забруднення; аналізу маршрутів танкерів;

виявлення суден у районі аварії; реконструкції подій після інциденту; оцінювання ризиків морських перевезень.

Під час виникнення нафтового розливу одним із перших етапів аналізу є встановлення можливого судна-джерела забруднення. За допомогою MarineTraffic можна переглянути: які танкери перебували в районі аварії; напрям їх руху; час проходження території; швидкість та маршрут судна.

Це дозволяє зіставити супутникові дані про нафтову пляму з інформацією про морський трафік та визначити ймовірне джерело забруднення.

Особливо ефективним є поєднання MarineTraffic із даними ДЗЗ та ГІС. Наприклад: супутники Sentinel-1 або Sentinel-2 дозволяють виявити нафтову пляму; MarineTraffic допомагає визначити судна, які перебували у зоні забруднення; ГІС-системи забезпечують просторовий аналіз та моделювання поширення забруднення.

MarineTraffic є важливим елементом сучасних інформаційних систем моніторингу морських техногенних ризиків. Завдяки використанню web-технологій та геоінформаційного підходу сервіс забезпечує оперативний доступ до просторових даних про морський транспорт та підтримує аналіз потенційно небезпечних ситуацій.

Одним із найбільш ефективних web-сервісів для аналізу забруднення морських акваторій є платформа Copernicus Browser. Платформа забезпечує: перегляд супутникових зображень; аналіз часових змін; створення тематичних карт; візуалізацію супутникових індексів; експорт геопросторових даних.

Для виявлення нафтових розливів особливе значення мають дані супутника Sentinel-1. Супутник Sentinel-1 використовує радіолокаційну технологію SAR (Synthetic Aperture Radar), яка дозволяє отримувати дані незалежно від погодних умов та освітленості [4].

Принцип виявлення нафтових розливів базується на тому, що нафтова плівка зменшує хвилювання поверхні води, внаслідок чого на радіолокаційних знімках такі ділянки виглядають темнішими порівняно з навколишньою акваторією.

Прикладом дослідження нафтових розливів може бути аналіз аварії танкерів російського тіньового флоту «Волгонефть-212» і «Волгонефть-239» у Керченській протоці 15 грудня 2024 р., та, як наслідок, тривале нафтове забруднення акваторії після аварій (рис. 2.11).

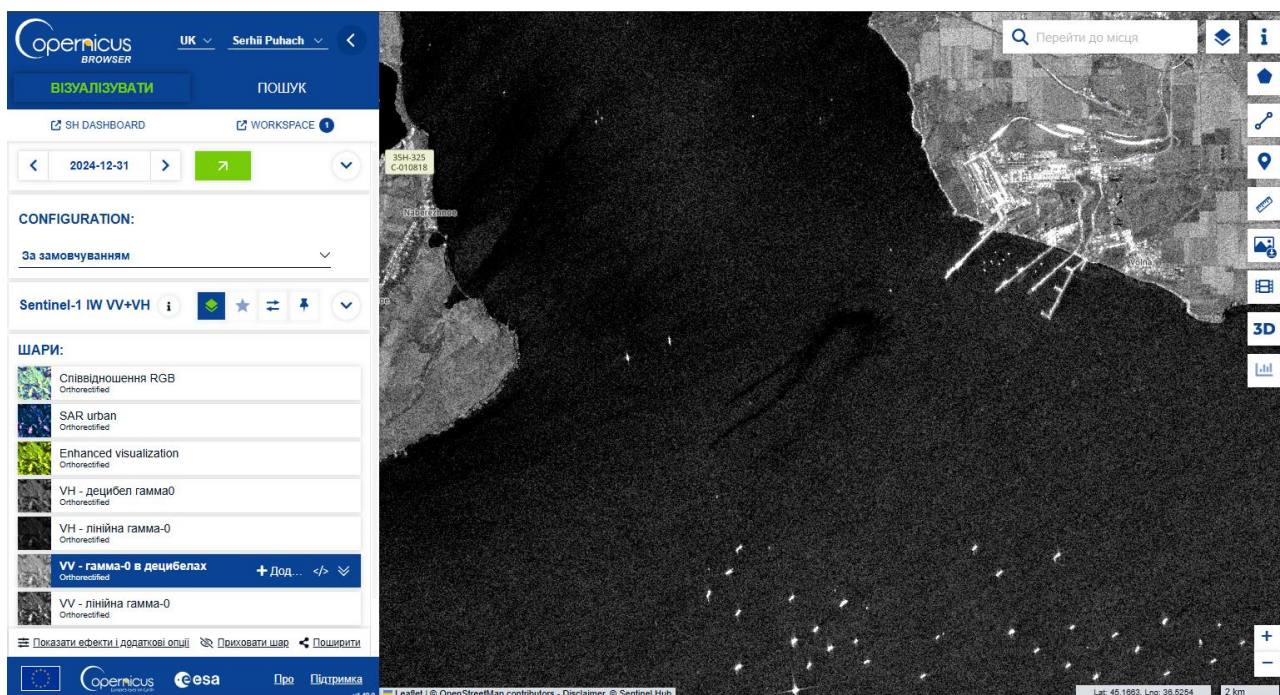


Рисунок 2.11 – Нафтова пляма у Керченській протоці 31 грудня 2024 р.  
(спутник Sentinel-1, VV - децибельна гамма 0) [12]

Використання Sentinel-1 забезпечує: оперативне виявлення нафтових плям; оцінювання площі забруднення; аналіз напрямку поширення; моніторинг у складних погодних умовах (наприклад за умов високої хмарності); отримання даних у нічний час.

Особливо важливою перевагою є можливість регулярного оновлення даних, що дозволяє здійснювати постійний моніторинг акваторій. Платформа Copernicus Browser підтримує побудову часових рядів зображень, що дозволяє порівнювати стан акваторії до та після аварійної події.

Поєднання супутникових спостережень із моделями морських течій та метеорологічними даними дозволяє прогнозувати напрям і швидкість

поширення нафтового забруднення, що є особливо важливим під час ліквідації наслідків аварій.

Таким чином, web-сервіси моніторингу нафтового забруднення є важливою складовою сучасних інформаційних систем прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Використання платформ MarineTraffic та Copernicus Browser, супутників Sentinel-1 а також геоінформаційних технологій забезпечує оперативне виявлення аварійних розливів, просторовий аналіз наслідків та підтримку ефективного управління екологічною безпекою.

## **РОЗДІЛ 3**

### **ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ**

Практична реалізація інформаційної системи моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру передбачає використання сучасних геоінформаційних технологій для збору, аналізу, обробки та візуалізації просторових даних. Одним із ключових етапів роботи є аналіз картографічної інформації у середовищі ГІС, що дозволяє оцінювати просторове розташування потенційно небезпечних об'єктів, виявляти зони ризику та виконувати моделювання можливих сценаріїв розвитку надзвичайних ситуацій.

Важливу роль у реалізації таких задач відіграє геоінформаційна система QGIS, яка забезпечує широкі можливості для створення тематичних карт, виконання просторового аналізу та інтеграції різнорідних джерел геоданих. Використання QGIS дозволяє здійснювати обробку супутникових знімків, аналізувати результати моніторингу стану навколишнього середовища та формувати картографічні моделі техногенних ризиків.

Крім аналітичних можливостей, середовище QGIS підтримує створення web-карт, які можуть використовуватися для візуалізації результатів дослідження, інтерактивного представлення даних та передачі готових картографічних матеріалів замовникам і користувачам через web-сервіси. Це забезпечує оперативний доступ до інформації та підвищує ефективність прийняття управлінських рішень у сфері цивільного захисту та техногенної безпеки.

#### **3.1 Створення цифрових карт забруднення повітря у середовищі QGIS**

Одним із важливих напрямів використання геоінформаційних технологій у системах моніторингу надзвичайних ситуацій є створення цифрових карт забруднення атмосферного повітря. Такі карти дозволяють виконувати

просторовий аналіз екологічного стану територій, виявляти зони підвищеного ризику та оцінювати вплив техногенних факторів на навколишнє середовище і населення.

У межах даного дослідження для створення тематичної карти забруднення атмосферного повітря використовується геоінформаційна система QGIS та супутникові дані місії Copernicus (супутник Sentinel-5P). Використання супутникових даних дозволяє отримувати актуальну інформацію про стан атмосфери на великих територіях та виконувати аналіз просторового розподілу забруднюючих речовин.

Для дослідження було обрано показник концентрації діоксиду азоту ( $\text{NO}_2$ ), оскільки він є одним із основних індикаторів техногенного забруднення атмосферного повітря. Основними джерелами викидів  $\text{NO}_2$  є промислові підприємства, теплоенергетика, транспортна інфраструктура та інші антропогенні об'єкти.

Для виконання практичної частини дослідження було завантажено космічний знімок Sentinel-5P із сервісу Copernicus Browser. Отримані дані містять інформацію про просторовий розподіл концентрації  $\text{NO}_2$  на території України.

Після завантаження супутникового знімка виконувалася його підготовка до подальшого аналізу в середовищі QGIS. Для забезпечення коректного відображення даних виконувалося: налаштування системи координат; обрізка растрового шару по межах території України; перевірка геоприв'язки; оптимізація відображення значень концентрації  $\text{NO}_2$ .

Далі супутникові дані Sentinel-5P були імпортовані до середовища QGIS у вигляді растрового шару. Додатково було підключено векторний шар адміністративного поділу України, що містить межі областей (рис. 3.1). Така карта мало чим відрізняється від тієї, що ми можемо подивитися у Copernicus Browser (рис. 2.4). Спробуємо узагальнити дані та побудувати тематичну карту забруднення у розрізі адміністративних районів (область є надто великою територіальною одиницею для узагальнення).

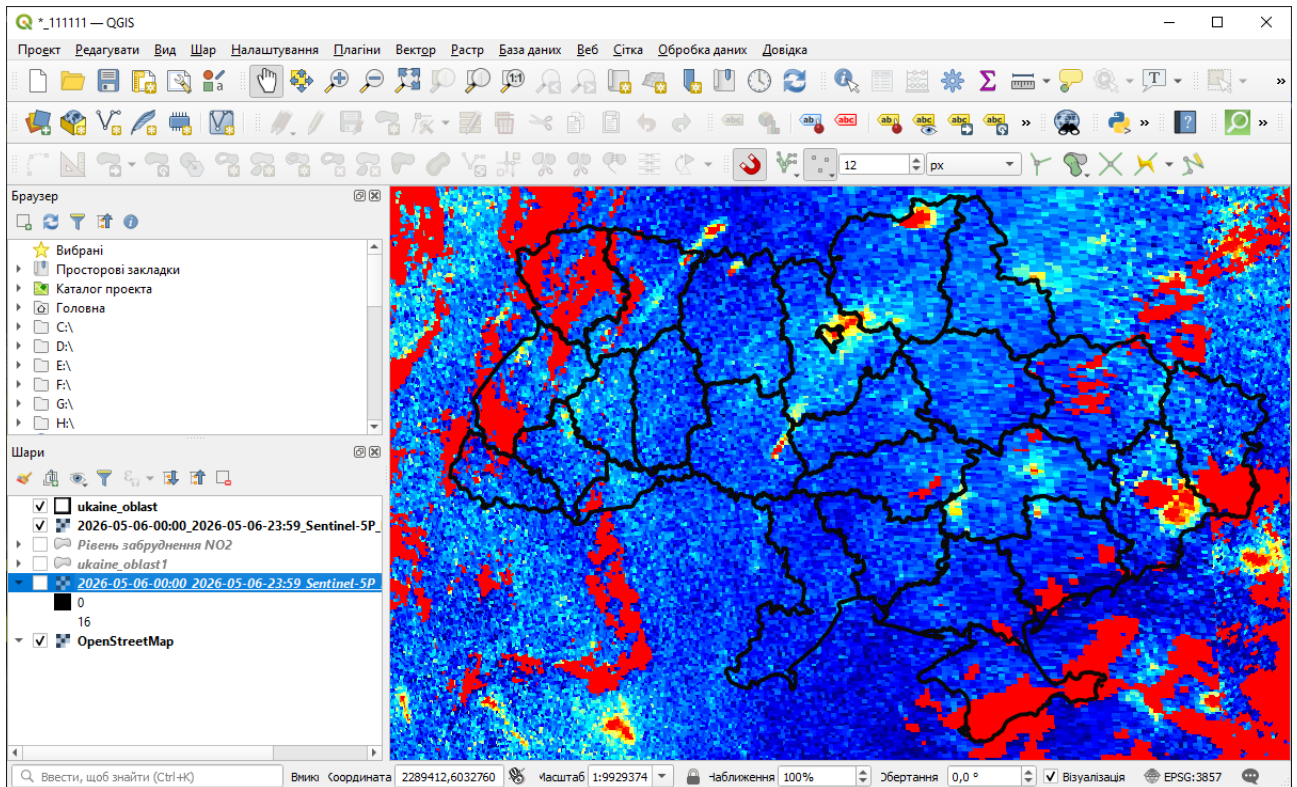


Рисунок 3.1 – Завантаження шарів для створення тематичної карти забруднення повітря у QGIS

Для цього додаємо в проєкт векторний шар адміністративних районів. За допомогою модуля «Зональна статистика» обчислюємо середні значення забруднення повітря  $\text{NO}_2$  у розрізі адміністративних районів (рис. 3.2). У новостворені копії шару адміністративних районів у таблиці атрибутів утворилася колонка «\_mean».

Наступним етапом стало створення тематичної карти забруднення атмосферного повітря. Для цього використовувалися інструменти стилізації векторних даних у QGIS [35]. Візуалізація концентрації  $\text{NO}_2$  здійснювалася способом картограм, шляхом застосування градієнтної кольорової шкали, де холодні кольори відповідають низьким концентраціям забруднення, теплі – високим рівням (рис. 3.3).

Такий підхід дозволяє наочно відображати просторовий розподіл атмосферного забруднення та швидко визначати найбільш проблемні території.

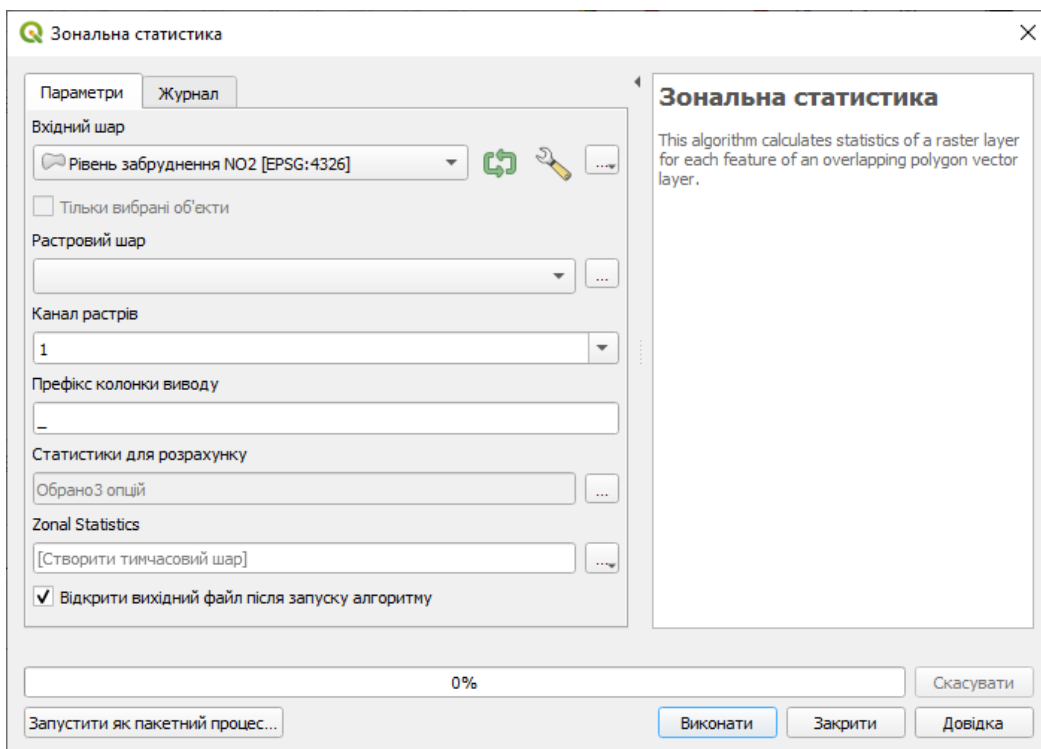


Рисунок 3.2 – Модуль «Зональна статистика» у QGIS

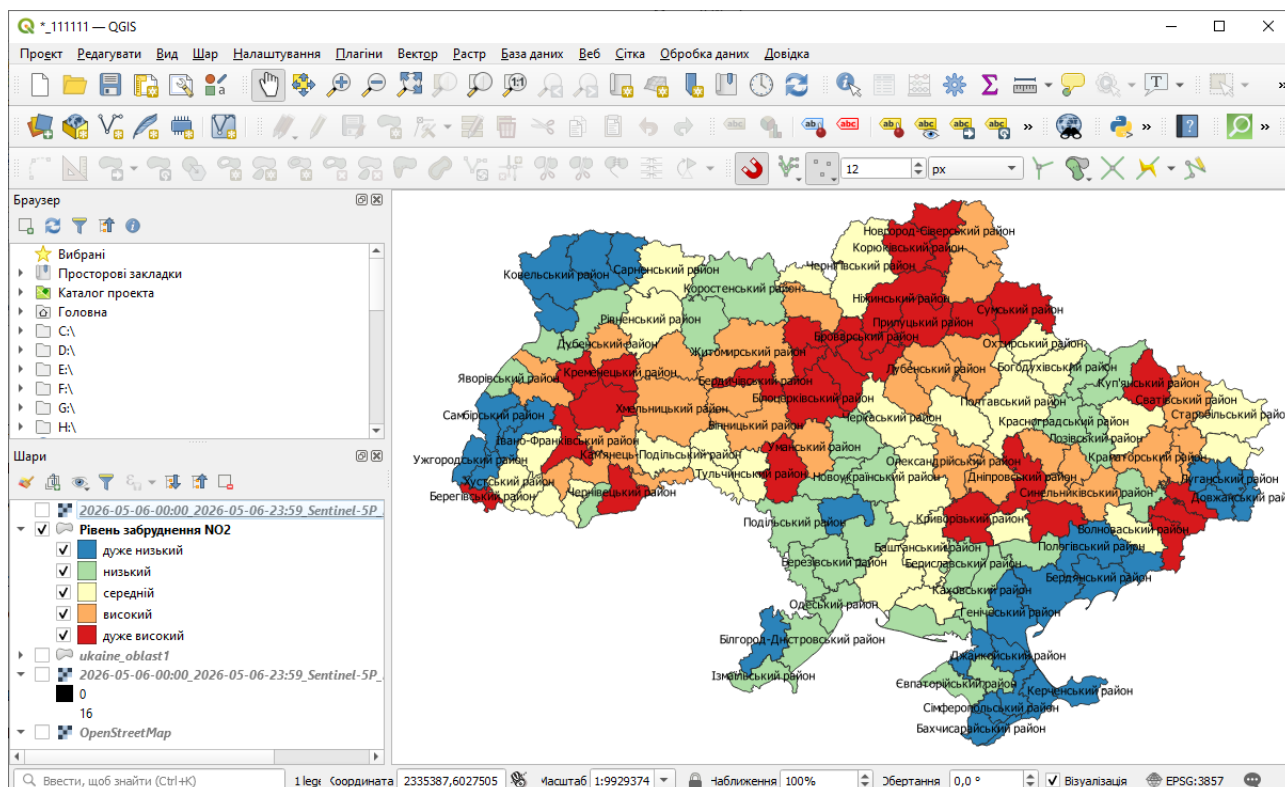


Рисунок 3.3 – Тематична карта рівня забруднення повітря діоксидом азоту (NO<sub>2</sub>) на території України 6 травня 2026 р.

Результати аналізу забруднення у розрізі районів України дозволили виявити території з підвищеним рівнем концентрації діоксиду азоту. Найбільші показники забруднення як правило характерні для регіонів із високим рівнем урбанізації, розвинутою промисловістю та значним транспортним навантаженням. Сьогодні в Україні – це також наслідки пожеж в результаті російських ударів.

Отримані результати можуть бути використані для: оцінювання екологічних ризиків; моніторингу техногенного впливу; підтримки управлінських рішень; прогнозування можливих надзвичайних ситуацій екологічного характеру.

### **3.2 Створення цифрових карт пожеж у середовищі QGIS**

Одним із важливих напрямів застосування ГІС-технологій у сфері моніторингу надзвичайних ситуацій є створення цифрових карт пожеж. Такі карти дозволяють виконувати просторовий аналіз поширення пожеж, оцінювати територіальні особливості їх виникнення та визначати регіони з підвищеним рівнем пожежної небезпеки.

У даному дослідженні для створення тематичної карти пожеж використовується QGIS та дані сервісу FIRMS (Fire Information for Resource Management System). Застосування супутникових даних дистанційного зондування Землі дозволяє отримувати актуальну інформацію про осередки займання та виконувати аналіз пожежної ситуації на території України.

Основою дослідження є дані про активні пожежі, отримані із супутникових сенсорів MODIS, які використовуються системою FIRMS для автоматизованого виявлення теплових аномалій.

На першому етапі роботи із сервісу FIRMS були завантажені дані про пожежі на території України за 2025 р. (пункт 2.3) у форматі \*.shp. Атрибутиви даних містять: географічні координати осередків пожеж; дату та час фіксації;

тип супутникового сенсора; показники інтенсивності теплового випромінювання; рівень достовірності виявлення пожежі.

Після завантаження дані були імпортовані до середовища QGIS у вигляді точкового шару (рис. 3.4). Додатково було підключено векторний шар адміністративного поділу України, що містить межі областей.

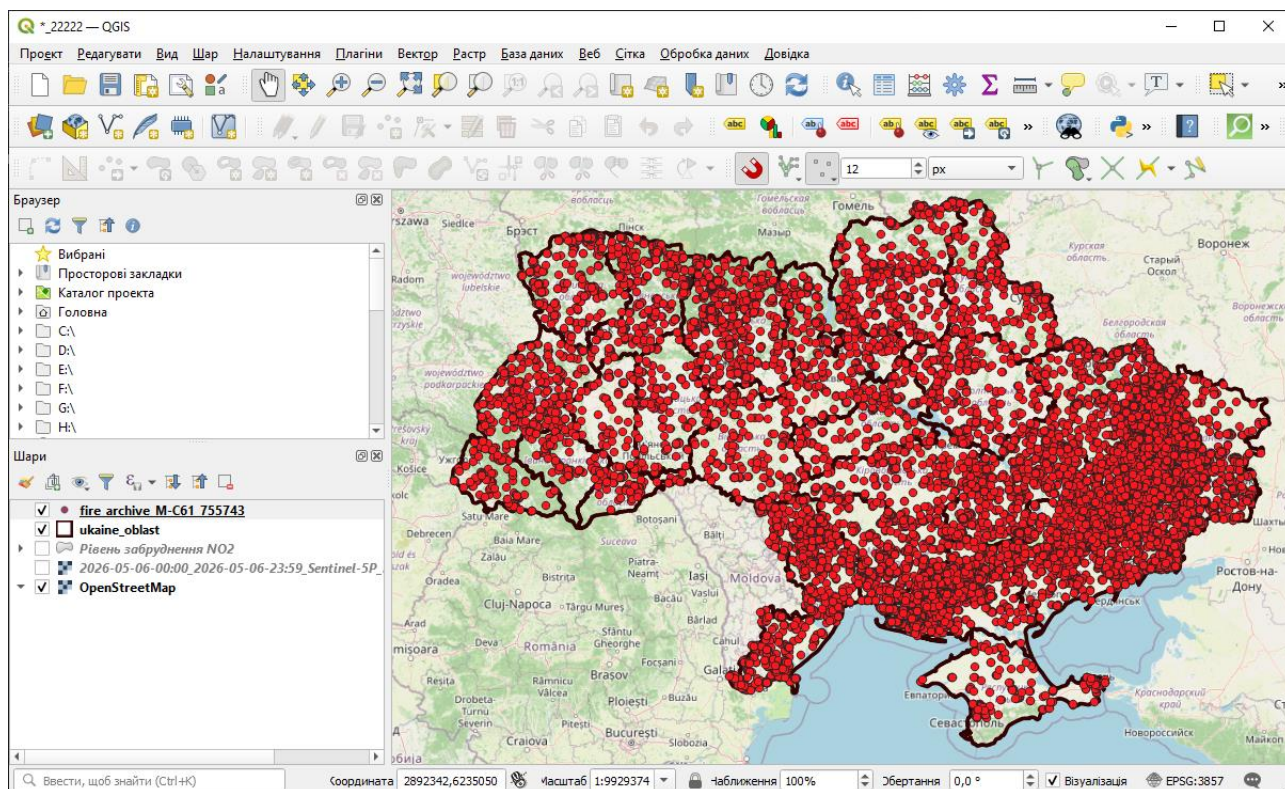


Рисунок 3.4 – Завантаження шарів для створення тематичної карти пожеж у QGIS

Дані за допомогою інструментів просторового аналізу QGIS було виконано просторове приєднання точок пожеж полігонів областей, підрахунок кількості пожеж у кожній області, формування атрибутивної таблиці статистичних показників. Ці операції здійснювалися за допомогою модуля «Підрахунок точок в полігоні» (рис. 3.5).

Для візуалізації кількості пожеж у розрізі областей України використовувався спосіб картодіаграми. Було створено тематичну карту, на якій кількість пожеж відображалася за допомогою кругових діаграм різного

розміру (рис. 3.6). У такому способі візуалізації більший розмір кружка відповідає більшій кількості зафіксованих пожеж, менший розмір – меншій кількості осередків займання.

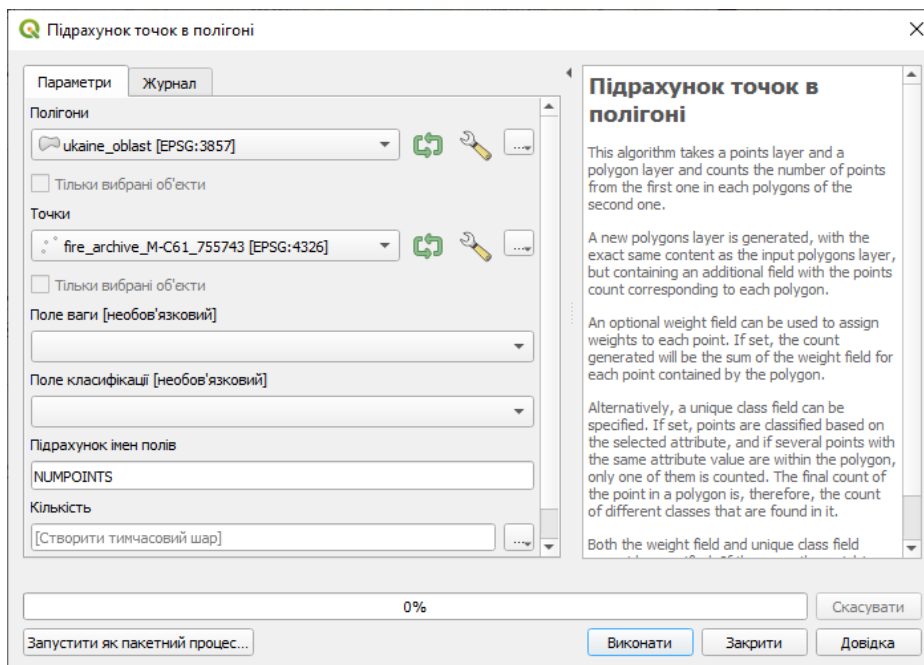


Рисунок 3.5 – Модуль «Підрахунок точок в області» у QGIS

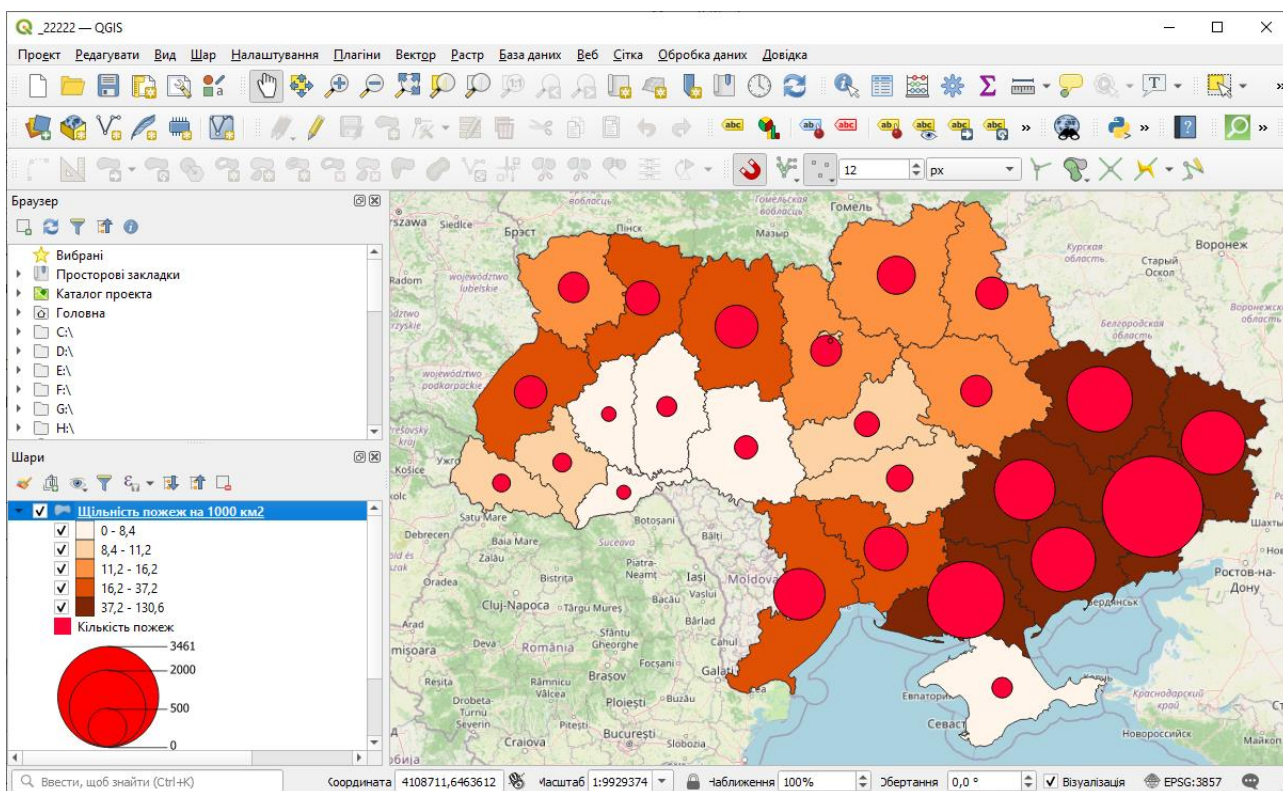


Рисунок 3.6 – Тематична карта поширення пожеж на території України у 2025 р

Використання способу картодіаграми дозволяє швидко оцінити територіальні відмінності у поширенні пожеж та визначити області з найбільшою кількістю випадків займання.

Для більш детального просторового аналізу було нанесено на карту показник щільності пожеж у розрізі областей України способом картограми (рис. 3.6).

Щільність пожеж визначалась як відношення кількості зафіксованих пожеж до площі області за формулою (3.1):

$$D = (S / N) \times 1000, \quad (3.1)$$

де:  $D$  – щільність пожеж (на 1000 км<sup>2</sup>);

$N$  – кількість пожеж;

$S$  – площа області, км<sup>2</sup>.

Для проведення розрахунків у середовищі QGIS використовувався «Калькулятор поля».

Після обчислення значень щільності пожеж було виконано групування областей за рівнем пожежної небезпеки. Для відображення результатів застосовувалась наступна градація кольорів: світлі відтінки – низька щільність пожеж, темні відтінки – висока щільність пожеж (рис. 3.6).

Такий спосіб візуалізації дозволяє оцінити інтенсивність поширення пожеж незалежно від площі адміністративних одиниць та забезпечує більш об'єктивне порівняння регіонів.

Отримані тематичні карти дозволяють виявити просторові закономірності поширення пожеж на території України. У процесі аналізу можуть бути визначені: області з найбільшою кількістю пожеж; регіони з високою щільністю осередків займання; території підвищеного пожежного ризику; взаємозв'язок між пожежами та природними чи антропогенними факторами.

Таким чином, використання середовища QGIS та даних сервісу FIRMS дозволяє ефективно реалізувати процес створення цифрових карт пожеж, виконувати просторовий аналіз їх поширення та формувати тематичні web-карти для підтримки систем моніторингу й прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

### **3.3 Створення цифрових карт розливів нафти у середовищі QGIS**

Одним із важливих напрямів застосування геоінформаційних технологій у сфері моніторингу техногенних надзвичайних ситуацій є аналіз забруднення водних акваторій нафтою. Аварійні розливи нафти становлять значну екологічну небезпеку, оскільки можуть призводити до порушення морських екосистем, забруднення прибережних територій та суттєвих економічних збитків.

Для своєчасного виявлення нафтових плям та оцінювання масштабів забруднення активно використовуються дані ДЗЗ та ГІС. Особливо ефективними для таких задач є радіолокаційні супутникові дані, які дозволяють здійснювати моніторинг незалежно від погодних умов та часу доби. У даному дослідженні для створення цифрових карт нафтових розливів використовується геоінформаційна система QGIS та космічні знімки супутника Sentinel-1, отримані із сервісу Copernicus Browser.

Основною метою роботи є створення серії векторних шарів нафтових розливів із визначенням їх площі та подальшим просторовим аналізом. Для дослідження були використані космічні знімки Sentinel-1, що містять інформацію про акваторії з потенційними нафтовими забрудненнями.

На першому етапі роботи супутникові знімки Sentinel-1 були завантажені та імпортовані до середовища QGIS у вигляді растрових шарів. Підготовка даних включала налаштування системи координат, перевірку геоприв'язки, обрізку знімків по межах досліджуваної акваторії, оптимізацію візуалізації

радіолокаційних даних (рис. 3.7). Після обробки знімків були визначені ділянки, що мають характерні ознаки нафтового забруднення.

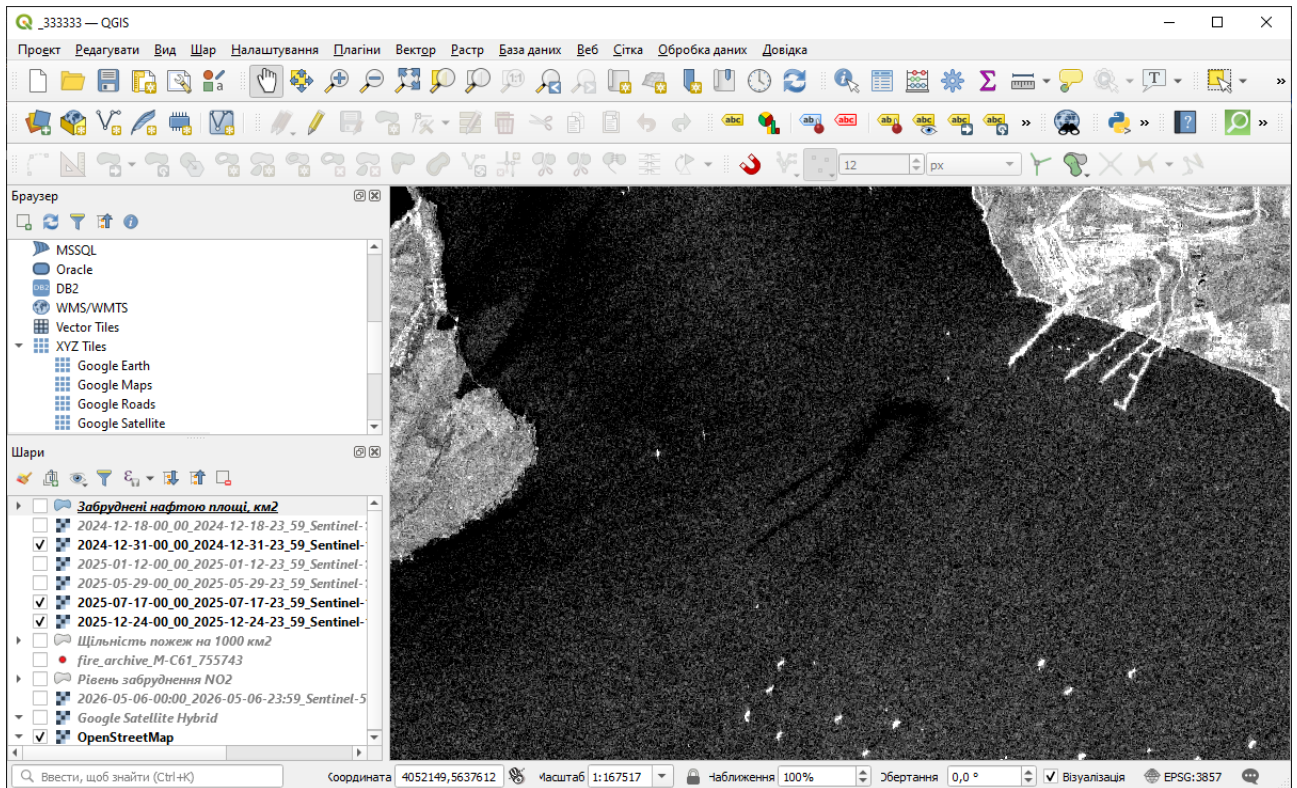


Рисунок 3.7 – Завантаження шарів для створення тематичної карти забруднення нафтою Керченської протоки у QGIS

Наступним етапом роботи стало створення векторних шарів, які відображають межі нафтових плям. У середовищі QGIS виконувалося візуальне дешифрування супутникових знімків; оцифрування контурів нафтових розливів; створення полігональних об'єктів; формування атрибутивної таблиці.

Таким чином була створена серія тематичних векторних шарів, які можуть використовуватися для подальшого просторового аналізу та моніторингу змін у часі (рис. 3.8).

Розрахунок площі нафтових розливів здійснювався за допомогою інструменту «Калькулятор полів», який дозволяє обчислювати площу полігональних об'єктів.

Отримані значення площі дозволяють оцінити масштаби аварійного забруднення, аналізувати динаміку змін, визначати найбільш небезпечні ділянки, прогнозувати потенційний вплив на навколишнє середовище.

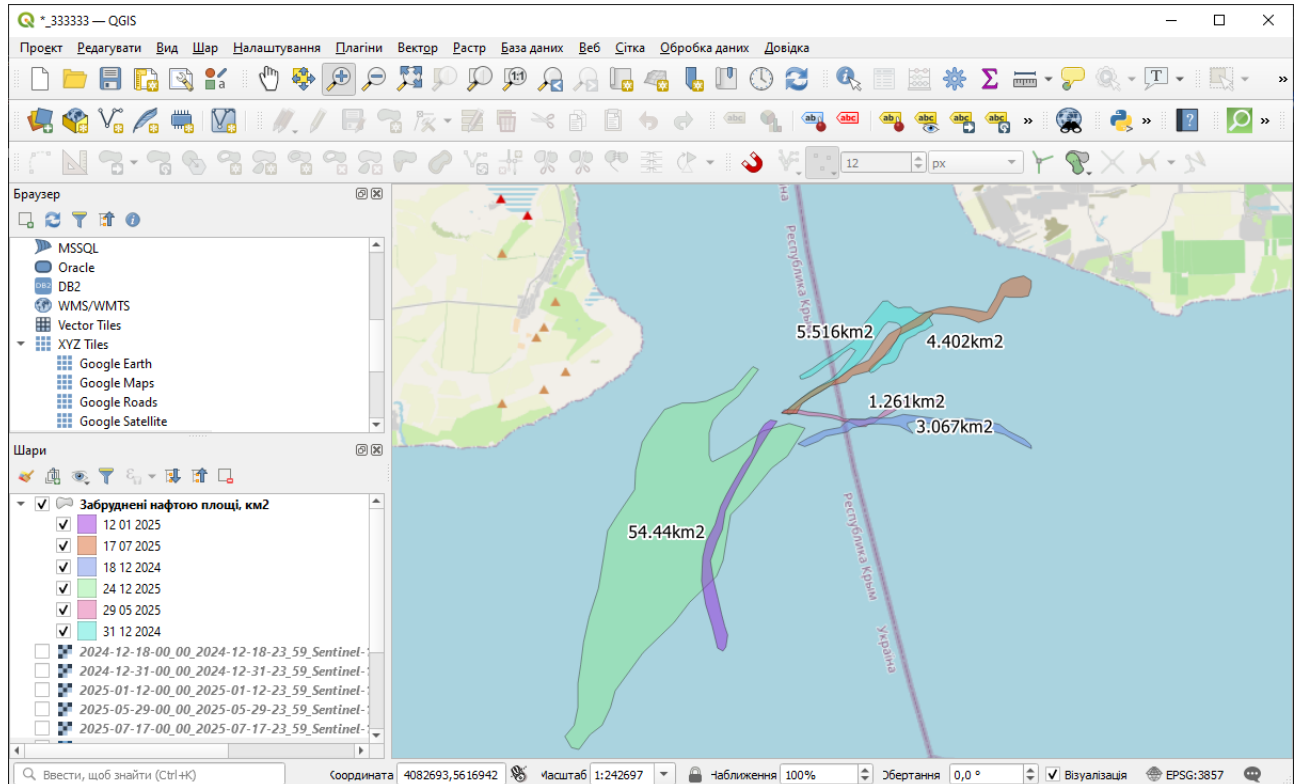


Рисунок 3.8 – Тематична карта рівень забруднення нафтою Керченської протоки

Після створення векторних шарів було виконано просторовий аналіз нафтових розливів. У процесі аналізу можуть визначитися: найбільш забруднені ділянки акваторії; напрям поширення нафтових плям; близькість забруднення до узбережжя; потенційно небезпечні території; взаємозв'язок між судноплавними маршрутами та місцями забруднення.

Таким чином, використання супутникових даних Sentinel-1 та геоінформаційної системи QGIS забезпечує ефективне створення цифрових карт нафтових розливів, виконання просторового аналізу та формування тематичних web-карт для підтримки систем моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

### 3.4 Створення web-карти надзвичайних ситуацій техногенного характеру

Важливим етапом роботи сучасних геоінформаційних систем є створення web-карт, які забезпечують інтерактивну візуалізацію просторових даних та оперативний доступ до результатів моніторингу через мережу Інтернет. Використання web-картографування дозволяє об'єднати результати просторового аналізу, супутникового моніторингу та тематичного картографування в єдине інформаційне середовище підтримки прийняття рішень.

У межах даного дослідження web-карта надзвичайних ситуацій техногенного характеру створюється на основі результатів аналізу забруднення атмосферного повітря, поширення пожеж, розливів нафти.

Основним програмним середовищем для створення web-карти є геоінформаційна система QGIS, яка забезпечує можливість підготовки просторових даних, створення тематичних шарів та подальшої публікації результатів у web-форматі. Для цього використовується плагін «qgis2web» (рис. 3.9)

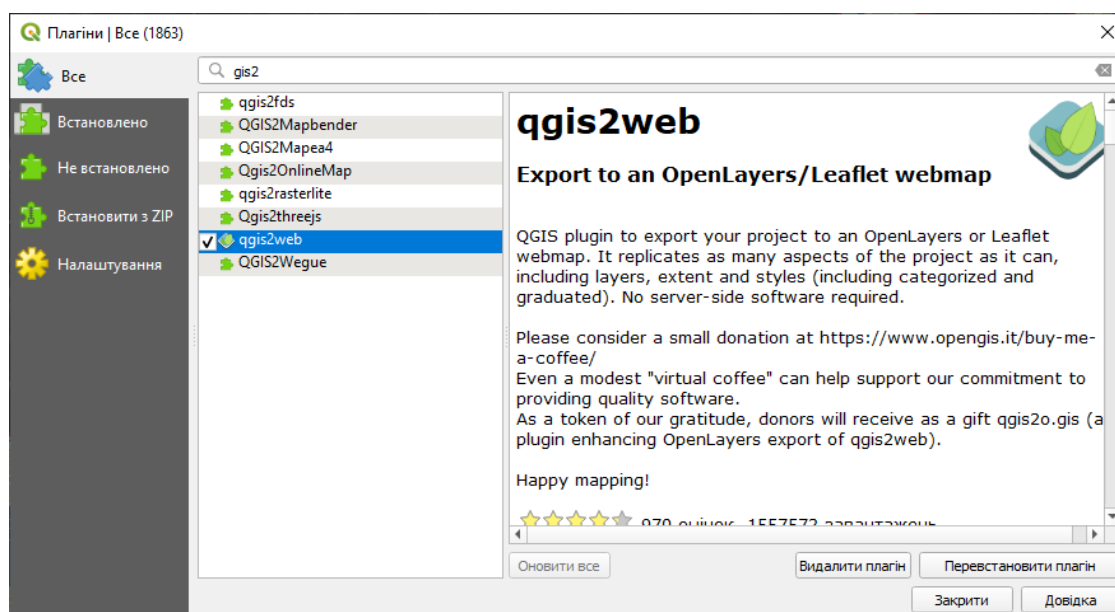


Рисунок 3.9 – Плагін «qgis2web»

На першому етапі створення web-карти виконувалася підготовка тематичних шарів, створених на попередніх етапах дослідження. До web-карти були включені: карта забруднення атмосферного повітря діоксидом азоту ( $\text{NO}_2$ ); тематична карта поширення пожеж; векторні шари нафтових розливів; адміністративні межі областей України; адміністративні районів областей України, базові картографічні шари (OSM та Google Satellite Hybride). Ми вирішили додати у проєкт завантажені космознімки та завантажені дані щодо пожеж. Це та підвищить інформативність web-карти.

На вкладці «Appearance» ми вказуємо назву «Title», відомості про карту «Abstract», легенду карти «Layers list» (ми вибрати функцію розгорнута легенда «Extended»). Серед інших корисних функцій додамо «Measure tool» (інструмент для вимірювання відстаней та площ на карті) та «Address search» (стрічка пошуку за географічними назвати та адресами).

В результаті web-карта була створена у теці «qgis2web\_2026\_04\_28-17\_56\_27\_871319». Запускним файлом є index.html. У результаті маємо інтерактивну веб-карту на якій можна подивитися усі результати нашого дослідження, масштабувати карту, зробити вимірювання довжин та площ, робити пошук об'єктів (рис. 3.10). HTML код web-карти моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру в Україні наведено у додатку А.

Створена інтерактивна web-карта, яка забезпечує можливість перегляду тематичних шарів; керування видимістю даних; отримання атрибутивної інформації; аналізу просторового розподілу надзвичайних ситуацій; навігації територією дослідження.

Одним із ключових завдань web-карти є наочне відображення результатів просторового аналізу. Для цього використовувалися різні способи картографічної візуалізації: картограми, картодіаграми, точкові шари, полігональні об'єкти, кольорове забарвлення територій.

На карті забруднення атмосферного повітря рівень концентрації  $\text{NO}_2$  відображався за допомогою градації кольорів. Для карти пожеж: кількість пожеж відображалася способом картодіаграми; щільність пожеж – способом

картограми. Нафтові розливи були представлені у вигляді полігональних об'єктів із зазначенням площі забруднення. Такий підхід дозволяє поєднати різні типи просторової інформації в єдиному web-середовищі.

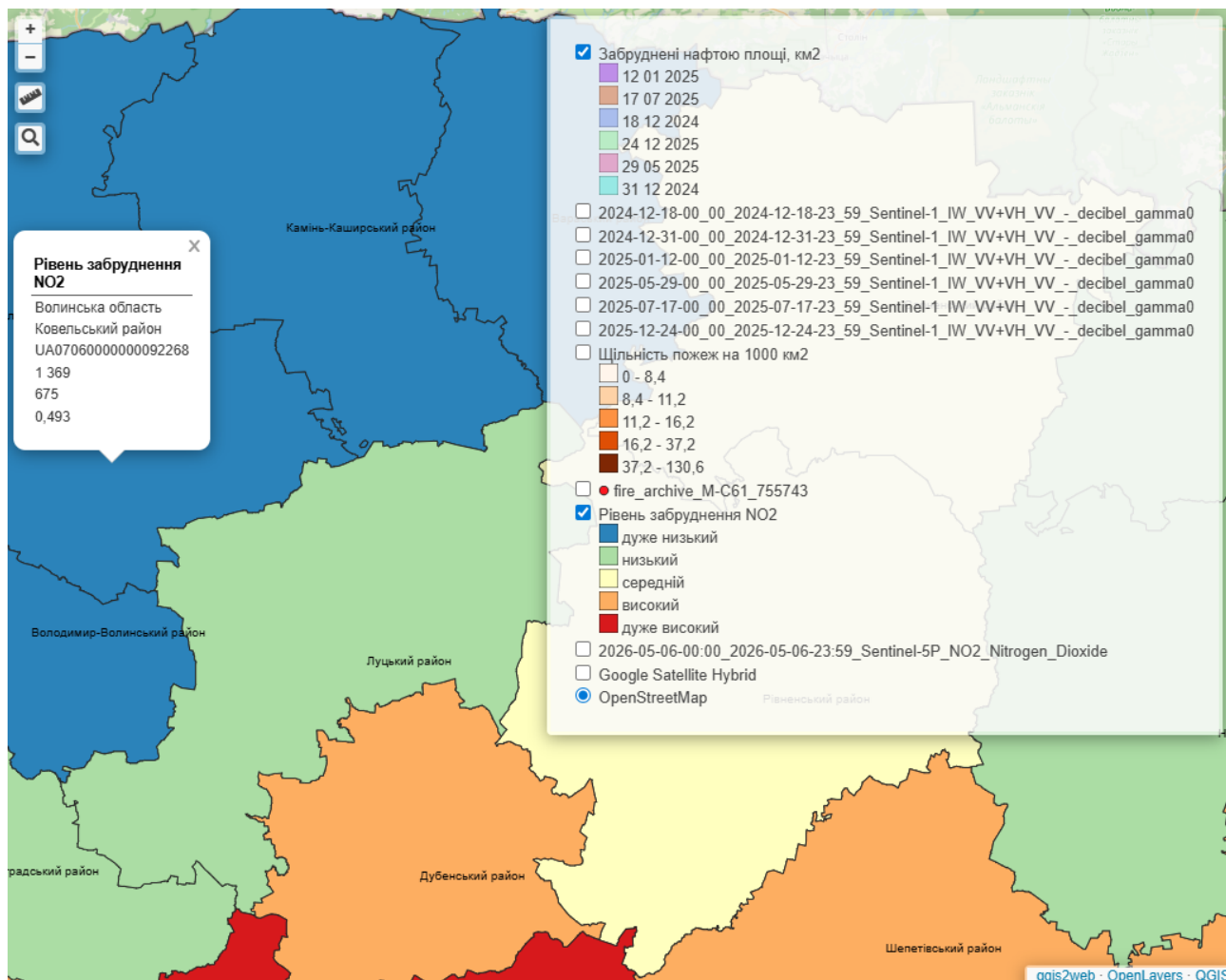


Рисунок 3.10 – Web-карта моніторингу надзвичайних ситуацій техногенного характеру в Україні

Web-карта забезпечує користувачам широкий спектр інтерактивних функцій: масштабування карти; переміщення по території; увімкнення та вимкнення тематичних шарів; перегляд атрибутивної інформації; інтерактивний аналіз об'єктів; доступ до результатів через web-браузер.

При натисканні на об'єкти користувач може отримати додаткову інформацію, зокрема: кількість пожеж; щільність пожеж; концентрацію

забруднення NO<sub>2</sub>; площу нафтового розливу; дату супутникового спостереження.

Розроблена web-карта надзвичайних ситуацій техногенного характеру може використовуватися: органами цивільного захисту, екологічними службами, науковими установами, органами місцевого самоврядування, аналітичними центрами.

Таким чином, створення web-карти надзвичайних ситуацій техногенного характеру у середовищі QGIS є важливим етапом практичної реалізації геоінформаційної системи моніторингу та прогнозування техногенних ризиків. Використання web-технологій забезпечує інтерактивний доступ до результатів аналізу, підвищує ефективність роботи з просторовими даними та створює основу для підтримки прийняття рішень у сфері техногенної та екологічної безпеки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі бакалавра вирішено актуальну прикладну задачу розроблення інформаційної системи прогнозування та мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на основі використання ГІС, супутникових даних та методів просторового аналізу. На основі отриманих результатів сформульовано наступні висновки:

1) у межах аналітичного дослідження розглянуто поняття надзвичайних ситуацій техногенного характеру, їх класифікацію та основні фактори виникнення. Встановлено, що найбільший вплив на формування техногенних ризиків мають антропогенна діяльність, пожежі, забруднення атмосферного повітря, аварійні викиди небезпечних речовин.

2) за результатами аналізу сучасних методів моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій визначено доцільність використання ГІС як базового інструменту для інтеграції, обробки та візуалізації просторових даних. Встановлено, що застосування ГІС дозволяє виконувати просторовий аналіз, створювати тематичні карти ризиків і підтримувати процес прийняття управлінських рішень у сфері техногенної безпеки.

3) проведено дослідження сучасних сервісів та джерел геопросторових даних для аналізу надзвичайних ситуацій. Для моніторингу пожеж використано супутниковий сервіс FIRMS, для роботи з космічними знімками – Copernicus Browser, а для обробки та аналізу даних – середовище QGIS. Визначено, що інтеграція супутникових даних забезпечує оперативність отримання інформації та підвищує ефективність моніторингу небезпечних територій.

4) у практичній частині роботи сформовано геоінформаційну базу даних дослідження та реалізовано просторовий аналіз основних техногенних ризиків. Здійснено аналіз забруднення атмосферного повітря, дослідження осередків пожеж, оцінювання зон нафтового забруднення морських акваторій.

5) у середовищі QGIS створено цифрові тематичні карти техногенних ризиків та виконано візуалізацію результатів дослідження. Побудовані

картографічні матеріали дозволили відобразити просторові закономірності поширення небезпечних процесів і сформувавши основу для подальшого прогнозування надзвичайних ситуацій.

Для підвищення ефективності, функціональності та практичної цінності розробленої інформаційної системи під час її подальшого використання рекомендується:

- розширення джерел геопросторових даних: доповнювати супутникову інформацію даними метеорологічних станцій, сенсорних систем моніторингу, безпілотних літальних апаратів та результатами польових спостережень;

- автоматизація процесів моніторингу: реалізувати механізми автоматичного оновлення просторових даних, класифікації територій та формування карт ризиків у режимі, наближеному до реального часу;

- удосконалення моделей прогнозування: використовувати методи машинного навчання, багатофакторного аналізу та математичного моделювання для підвищення точності прогнозування виникнення надзвичайних ситуацій;

- розвиток web-картографічних рішень: забезпечити створення web-карт для оперативного доступу користувачів до результатів моніторингу та просторового аналізу;

- інтеграція з системами цивільного захисту: забезпечити використання результатів дослідження у діяльності органів управління, екологічних служб та систем реагування на надзвичайні ситуації.

Отримані результати підтверджують доцільність використання ГІС-технологій для прогнозування та мінімізації ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Розроблений підхід демонструє перспективність подальшого розвитку інтегрованих інформаційно-аналітичних систем моніторингу техногенних та екологічних загроз.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adab H., Kanniah K. D., Solaimani K. Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques. URL: DOI 10.1007/s11069-012-0450-8 (access date: 11.03.2026).
2. Alamouri A., Hassan M., Gerke M. Development of a Methodology for Real-Time Retrieving and Viewing of Spatial Data in Emergency Scenarios. *Applied Geomatics*. 2021. Vol. 13. P. 747–761. URL: <https://doi.org/10.1007/s12518-021-00389-w> (access date: 27.04.2026).
3. Artemenko O., Puhach S., Kaidyk O., Terletskyi T., Zdolbitska N. Analysis of wildfires using GIS technologies (case study of Volyn region, Ukraine). In: *Proceedings of the International Scientific Workshop on Applied Information Technologies and Artificial Intelligence Systems 2025 (AIT&AIS 2025)*, Chernivtsi, Ukraine, Dec. 18-19, 2025. Chernivtsi, 2025. Vol-4160. pp. 379-390.
4. Copernicus Browser guide. *European Space Agency*. URL: [https://www.esa.int/Education/Copernicus\\_Browser\\_guide](https://www.esa.int/Education/Copernicus_Browser_guide) (access date: 1.05.2026).
5. Copernicus Browser. URL: <https://browser.dataspace.copernicus.eu/> (access date: 01.05.2026).
6. Daud M., Ugliotti F. M., Osello A. Comprehensive Analysis of the Use of Web-GIS for Natural Hazard Management: A Systematic Review. *Sustainability*. 2024. Vol. 16(10). e4238. URL: <https://doi.org/10.3390/su16104238> (access date: 20.03.2026).
7. Fire Information for Resource Management System. *Wikipedia, the Free Encyclopedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fire\\_Information\\_for\\_Resource\\_Management\\_System](https://en.wikipedia.org/wiki/Fire_Information_for_Resource_Management_System) (access date: 15.05.2026).
8. FIRMS: Global Fire Map. *FIRMS*. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map> (access date: 21.04.2026).
9. Goniewicz K., Magiera M., Rucińska D. et al. Geographic Information System Technology: Review of the Challenges for Its Establishment as a Major Asset for Disaster and Emergency Management in Poland. *Disaster Medicine and Public*

*Health Preparedness*. 2021. Vol. 15(5). P. 573–578. URL: doi:10.1017/dmp.2020.74 (access date: 11.03.2026).

10. Hou L.-X., Mao L.-X., Liu H.-C., Zhang L. et al. Decades on Emergency Decision-Making: A Bibliometric Analysis and Literature Review. *Complex & Intelligent Systems*. 2021. Vol. 7. P. 2819–2832. URL: DOI: 10.1007/s40747-021-00451-5 (access date: 12.03.2026).

11. Iqbal U., Perez P., Barthelemy J. A Process-Driven and Need-Oriented Framework for Review of Technological Contributions to Disaster Management. *Heliyon*. 2021. Vol. 7(11). e08405. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08405> (access date: 11.03.2026).

12. MarineTraffic. URL: <https://www.marinetraffic.com/> (access date: 1.05.2026).

13. NO2 Monthly mean. *Sentinel Hub*. URL: [https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-5p/no2\\_monthly\\_mean/](https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-5p/no2_monthly_mean/) (access date: 1.05.2026).

14. Normalized Burn Ratio (NBR). *Office for Outer Space Affairs. UN-SPIDER Knowledge Portal*. URL: <https://un-spider.org/advisory-support/recommended-practices/recommended-practice-burn-severity/in-detail/normalized-burn-ratio> (access date: 16.04.2026).

15. QGIS. URL: <https://qgis.org/> (access date: 01.12.2025).

16. SaveEcoBot. URL: <https://www.saveecobot.com/maps> (access date: 31.03.2026).

17. Shcheglov O., Biletska M., Babiichuk S., Tomchenko O., Davybida L., Kurach T. Introduction to NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System). *Zenodo*. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15600456> (access date: 01.05.2026).

18. Tutorials & Examples. *FIRMS*. URL: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/tutorials/> (access date: 21.05.2026).

19. Utami I. Q., Ramdani F. GEMAR: Web-based GIS for Emergency Management and Ambulance Routing. *Informatics for Health and Social Care*. 2022.

Vol. 47(2). P. 123–131. URL: <https://doi.org/10.1080/17538157.2021.1948856> (access date: 25.04.2026).

20. Wang L., Zhang X., Wang Y., et al. Spatiotemporal Forecasting in Earth System Science: Methods, Uncertainties, Predictability and Future Directions. *Earth-Science Reviews*. 2021. Vol. 222. e103828. URL: DOI 10.1016/j.earscirev.2021.103828 (access date: 20.04.2026).

21. Борисенко О. І., Мешкова В. Л. Прогнозування поширення пожеж та осередків шкідливих комах у соснових лісах засобами ГІС. Монографія. Харків: Планета-Прінт, 2021. 148 с.

22. Браславська О. ГІС-технології та дистанційне зондування у моніторингу змін землекористування. *Містобудування та територіальне планування*. 2025. № 89. С. 472–487.

23. Бялий М., Андрієвська А., Стахів І., Пастушенко Т. Моніторинг екологічних наслідків війни за допомогою геоінформаційних систем та дистанційного зондування. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2025. №1(112). С. 133-146.

24. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія / В. І. Зацерковний, В. Г. Бурачек, О. О. Железняк, А. О. Терещенко. URL: <https://surli.cc/ullwmo> (дата звернення: 12.03.2026).

25. Донченко М. В., Коваленко І. І. Геоінформаційні системи : навчальний посібник. Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.

26. Зацерковний В. І., Демидов В. К., Цюпа І. В., Малік Т.М. Моделювання в ГІС. Підручник. Київ, 2024. 420 с.

27. Зацерковний В., Савков П., Пампуха І., Васецька К. Застосування технологій ГІС та ДЗЗ в задачах моніторингу лісових пожеж. URL: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2020.44.54-58> (дата звернення: 11.03.2026).

28. Іванець Г. В., Горелішев С. А., Іванець М. Г., Баулін Д. Аналіз факторів небезпеки та ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на території Харківської області. *Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: військові та технічні науки*. 2021.

№ 82(1). С. 87–105. URL: <https://doi.org/10.32453/3.v82i1.532> (дата звернення: 4.04.2026).

29. Іванець Г. В., Іванець М. Г., Богатов О. І., Наконечний О. А., Шарапа І. А. Аналіз та кількісна порівняльна оцінка ризиків надзвичайних ситуацій техногенного характеру на території України. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2021. Вип. 92, Т. 1. С. 206–213. (дата звернення: 18.04.2026).

30. Меншикова О. В., Дзюба Л. Ф., Чмир О. Є., Кусій М. І. Оцінка ризиків виникнення небезпечних подій та надзвичайних ситуацій у територіальній громаді. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2025. № 32. С. 212-220. URL: <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.32.2025.18> (дата звернення: 16.04.2026).

31. Осадчий В., Орещенко А., Савенець М. Супутниковий моніторинг пожеж і забруднення атмосферного повітря : монографія. Київ, 2023. 256 с.

32. Охарев В., Підсадній С. Інформаційна підтримка рішень в сфері техногенно-екологічної безпеки територій на основі технологій обробки геопросторових даних. *Екологічна безпека та природокористування*. 2024. 50(2). С. 115–129. URL: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.2.115-129> (дата звернення: 11.03.2026).

33. Прачик В., Ляшенко О. Розроблення інформаційної технології моніторингу надзвичайних ситуацій із застосуванням методів комп'ютерного зору. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2024. № 1. С. 336–344.

34. Пугач С. О., Кайдик О. Л., Терлецький Т. В., Угрин Д. І., Вісин О. О. ГІС-інструменти для аналізу та моделювання надзвичайних ситуацій (на прикладі пожеж у Волинській області). *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2025. № 60. С. 466-475. URL: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-60-49> (дата звернення: 21.04.2026).

35. Пугач С., Король П., Лажнік В. Просторовий аналіз засобами QGIS: методичні рекомендації до практичних занять. Ч. 1. Луцьк : ПП Іванюк В. П., 2024. 32 с. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/handle/123456789/24657> (дата звернення: 11.05.2026).

36. Робочий зошит з основ дистанційного зондування Землі. Моніторинг наслідків російсько-української війни / С. М. Бабійчук, О. В. Томченко, Л. І. Давибіда та ін. Київ : Національний центр «МАН України», 2026. 192 с.

37. Синєглазов В. М., Кот Ю. А. Оцінювання ризиків у разі надзвичайних ситуацій з використанням Баєсової мережі. *Електроніка та системи управління*. 2025. №1(83). С. 28–34. URL: <https://doi.org/10.18372/1990-5548.83.19871> (дата звернення: 18.04.2026).

38. Терлецький Т. В., Кайдик О. Л. Кваліфікаційна робота: методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Інформаційні системи та технології охорони і безпеки» галузі знань 12 Інформаційні технології спеціальності 126 Інформаційні системи та технології денної та заочної форм навчання. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 53 с.

39. Цопа В. А., Чеберячко С. І., Дерюгін О. В., Шароватова О. П. Аналіз причин та особливості керування ризиками у надзвичайних ситуаціях. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. № 52. С. 174–185. URL: DOI: 10.31498/2225-6733.52.2025.351112 (дата звернення: 27.04.2026).