

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно-космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту (роботи)
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами пластика»

ХАІ.407.462М.24О193.1804079 ПЗ

Виконав: студент(ка) 2 курсу групи № 462м

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій

(код та найменування)

Освітня програма Геоінформаційні системи та технології

(найменування)

Трубчанінов І.К.

(прізвище та ініціали студента (ки))

Керівник: Андрєєв С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Полупан А.В.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет ракетно – космічної техніки

Кафедра геоінформаційних технологій та космічного моніторингу Землі

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 193 «Геодезія та землеустрій»
(код та найменування)

Освітня програма Геоінформаційних систем та технологій
(найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Станіслав ГОРЕЛИК
(підпис) (ініціали та прізвище)
 «23» жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

–

Тема випускної роботи «Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами пластика»

керівник кваліфікаційної роботи Андрєєв Сергій Михайлович, к. т. н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету №2001-уч від «15» листопада 2023 року

2. Термін подання студентом кваліфікаційної роботи 11.01.2024

3. Вихідні дані до роботи

- 1) Космічні знімки з супутників Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3
- 2) Геоінформаційне програмне забезпечення (пакет ArcGIS 10.8, ArcGIS PRO, Microsoft Visual Code)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати)
Аналіз різновидів забруднюючих речовин морів та океані. Шляхи використання геоінформаційних технологій для визначення забруднених водних поверхонь. Аналіз існуючих досліджень за допомогою ChatGPT. Методика оцінки стану забруднення поверхні морів і океанів. Проектування та розробка геопорталу. Розробка концепції інфраструктури бази знань моніторингу забруднення водних акваторій. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу

Структурна схема методів екологічного моніторингу відходів. Структурна схема роботи. Структурна схема методики оцінки стану забруднення морів і океанів. Схема обробки даних ДЗЗ з використанням скрипту для виділення пластику на водній поверхні. Картографічна модель потенційного пластикового забруднення. Картографічна модель зони пластикового забруднення. Структура геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами. Схема принцип роботи WEB-візуалізатора. Структура подальшого розвитку та

еаповнення геопорталу. Структура взаємодії технологій та засобів моніторингу відходів на поверхні морів і океанів.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Андрєєв С.М.	23.10.2023	11.01.2024
	<i>Доцент</i>		

Нормоконтроль Красовська І.Г. «17» 01 2024 р.

7. Дата видачі завдання 23.10.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Аналіз різновидів забруднюючих речовин морів та океані	23.10.23-31.12.23	
2	Аналіз шляхів використання геоінформаційні технологій для визначення забруднених водних поверхонь	01.11.23-09.11.23	
3	Аналіз існуючих досліджень за допомогою ChatGPT.	10.11.23-19.11.23	
4	Створення методика оцінки стану забруднення поверхні морів і океанів.	20.11.23-08.12.23	
5	Проектування та розробка геопорталу.	09.12.23-19.12.23	
6	Розробка концепції інфраструктури бази знань моніторинга забруднення водних акваторій.	20.12.23-30.12.23	
7	Написання пояснювальної записки	01.01.24-11.01.24	

Студент

_____ (підпис)

Іван ТРУБЧАНИНОВ

(ініціали та прізвище)

Керівник дипломної (кваліфікаційної) роботи

_____ (підпис)

Сергій АНДРЕЄВ

(ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота містить: 62 сторінок, 33 рисунка, 7 таблиць, 9 посилань.

Об'єкт дослідження: методика оцінки стану забруднення поверхні морів і океанів за допомогою ДЗЗ.

Предмет дослідження: концепція інфраструктури бази знань моніторингу забруднення водних акваторій з використанням ДЗЗ.

Ціль роботи: поліпшення якості прийняття рішень про оцінку навколишнього середовища на підставі визначення забруднення поверхні морів і океанів, а також аналіз існуючих методів картографування водних об'єктів та їх поверхневих забруднюючів.

Методи дослідження: створення картографічних моделей за допомогою програмних додатків ArcGIS 10.8 та ArcGIS Pro. Проектування та розробка геопорталу у програмному додатку Microsoft Visual Code.

У результаті роботи було створено набір картографічних моделей дешифрованого пластикового забруднення, а також веб представлення фінальної ітерації дешифровки на створеному геопорталі та розроблена концепція створення повноціної інфраструктури моніторингу відходів нп водній поверхні.

Ключові слова: ПЛАСТИКОВІ ВІДХОДИ, ДЗЗ, ГЕОПОРТАЛ, ARCGIS, VISUAL STUDIO CODE.

ABSTRACT

Thesis contains: 62 pages, 33 figures, 7 tables, 9 references.

Object of research: the method of assessing the state of pollution of the surface of the seas and oceans with the help of DZZ.

Subject of research: the concept of the infrastructure of the knowledge base for monitoring the pollution of water bodies with the use of DZS.

Objective: to improve the quality of decision-making on environmental assessment based on the determination of surface pollution of seas and oceans, as well as the analysis of existing methods of mapping water bodies and their surface pollutants.

Research methods: creation of cartographic models using ArcGIS 10.8 and ArcGIS Pro software applications. Design and development of a geoportal in the Microsoft Visual Code software application.

As a result of the work, a set of cartographic models of deciphered plastic pollution was created, as well as a web presentation of the final iteration of deciphering on the created geoportal, and the concept of creating a full-fledged infrastructure for monitoring waste on the water surface was developed.

Keywords: PLASTIC WASTE, DZZ, GEOPORTAL, ARCGIS, VISUAL STUDIO CODE.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1	НАУКОВО МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ЗАБРУДНЕННЯ МОРІВ І ОКЕАНІВ ПЛАСТИКОВИМИ ВІДХОДАМИ	8
1.1	Аналіз різновидів забруднюючих речовин морів та океані	8
1.2	Використання геоінформаційні технологій для визначення забруднених водних поверхонь	16
1.3	Аналіз існуючих досліджень за допомогою ChatGPT	23
1.4	Мета та постановка задачі.....	26
РОЗДІЛ 2	МЕТОДИКА ОЦІНКИ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНІ МОРІВ І ОКЕАНІВ	28
РОЗДІЛ 3	ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ГЕОПОРТАЛУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ МОРІВ І ОКЕАНІВ ПЛАСТИКОВИМИ ВІДХОДАМИ	44
РОЗДІЛ 4	РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ БАЗИ ЗНАНЬ МОНІТОРИНГА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ АКВАТОРІЙ.....	49
4.1	Методологія створення структури бази знань інфраструктури геопросторових даних.....	49
4.2	Розробка концепції гідрологічної бази геоданих для геопорталу з моніторингу відходів на поверхні морів і океанів	55
	ВИСНОВКИ.....	62
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	63
ДОДАТОК А	Плакат на тему «Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами пластика».....	65
ДОДАТОК Б	Презентація на тему «Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами пластика».....	66

ВСТУП

Проблема забруднення поверхневих вод морів і океанів пластиковими відходами є однією із найбільш серйозних проблем сучасності. Загальна маса виробленого пластику по всьому світу складає 8,3 мільярда тонн, з яких 2 мільярда були вироблені протягом останніх п'яти років. Лише 21% цієї маси пластику були перероблені або спалені, решта потрапила на сміттєзвалища чи в природу.

Сучасні тенденції ведуть до збільшення використання зображень аеро та супутникової зйомки для виявлення пластику. Дослідники сподіваються, що безпілотні літаючі апарати або супутники з високим роздільненням будуть використовуватися для підвищення якості глобального моніторингу пластикового сміття в океані та полегшення операцій з прибирання

У цій роботі проведено оглядовий аналіз існуючих рішень моніторингу водних об'єктів та класифіковано матеріали та шляхи походження і потрапляння сміття до океанів.

З використанням супутникових знімків знайдено та виділено осередок пластикових відходів на поверхні океану за допомогою програмного додатку ArcGIS 10.8.

Останнім кроком розроблено структуру геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами та реалізовано його частину для репрезентації результатів дослідження у WEB вигляді. Також визначені подальші шляхи розвитку та наповнення геопорталу і окреслені задачі і проблеми, що можуть бути вирішені за його допомогою.

РОЗДІЛ 1 НАУКОВО МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ЗАБРУДНЕННЯ МОРІВ І ОКЕАНІВ ПЛАСТИКОВИМИ ВІДХОДАМИ

1.1 Аналіз різновидів забруднюючих речовин морів та океані

Благополуччя океану та його мешканців загрожує багатьма способами, включаючи підвищення температури океану, забруднення, надмірний вилов риби та видобуток морського дна. Оскільки концентрація парникових газів зростає, концентрація тепла на поверхні моря та у верхніх 700 метрах океану та додаткове потепління у верхніх 2000 метрів загалом зростає протягом останніх 30 років. З цією зміною температури також прийшло підвищення рівня моря, втрата прибережних земель і затоплення узбережжя. Підвищення рівня вуглекислого газу в океані призвело до підвищення рівня кислотності в океані. Підвищення температури океану та підкислення негативно впливають на морські види та екосистеми.

Океан страждає від багатьох джерел забруднення. Сміття, від мікропластику розміром до 5 міліметрів до покинутих знарядь лову, є дуже помітною формою забруднення. За оцінками Національного інституту охорони здоров'я, щорічно в океан скидається 10 мільйонів метричних тонн сміття. Неточкове забруднення з таких джерел, як септики, сільськогосподарські роботи, заготівля деревини та промислові хімікати, виміряти важче. Легше ідентифікувати точкові джерела забруднення внаслідок таких подій, як розливи нафти, скиди з заводів або обробки води, легше визначити, але вони не менш шкідливі.

Основні пластикові предмети, які спостерігаються під час прибирання пляжів у всьому світі, можна загалом згрупувати за наступними категоріями:

— сміття, пов'язане з упаковкою, включаючи пакети, пляшки для напоїв, чашки, кришки, кришки, соломинки, мішалки, одноразові столові прибори, харчові обгортки, контейнери та полістирол;

— сміття, пов'язане з риболовлюю та транспортуванням, включаючи контейнери для наживки та стрічки для обв'язки, буйки, волосінь, сітки, пастки, мотузки та пластикові плівки;

— сміття, пов'язане зі стічними водами, включаючи гігієнічні прокладки та тампони, вологі серветки та ватні палички;

— мікропластики та нанопластики, включаючи промислові гранули або «нурдли», фрагментовані пластики, синтетичні волокна одягу та мікрокульки з засобів особистої гігієни [2].

Загалом розподіл різних за матеріалом та походженням відходів представлено на рисунку 1.1.

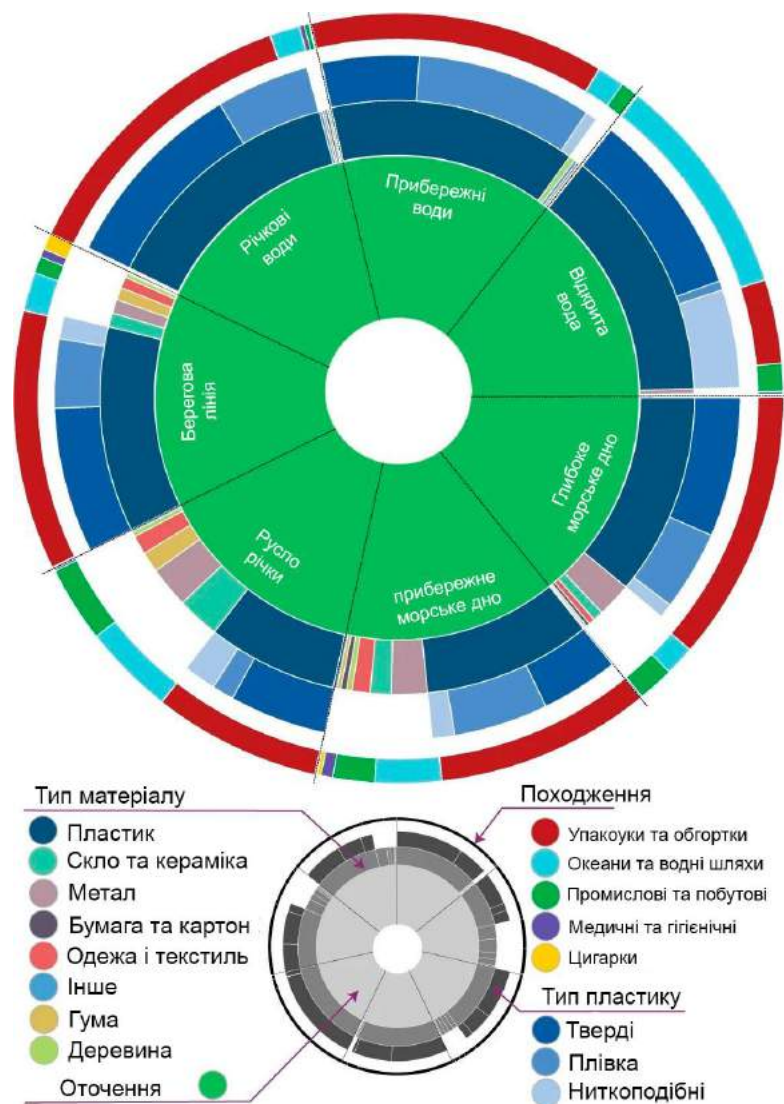


Рисунок 1.1 – Діаграма розподілення різних типів відходів на поверхні водних об'єктів

За розміром пластиків відходи можна класифікувати на наступні категорії:

- Макропластик, більше за 200мм;
- Мезопластик, від 4,76 до 200 мм;
- Великий мікропластик, від 1,01 до 4,75 мм;
- Маленький мікропластик, від 0,33 до 1 мм;

Найчастіше ми замість повних назв бачимо аббревіатури типів пластику. Давайте розшифруємо ці скорочення і розглянемо найпоширеніші у промисловості типи пластиків:

— PEHD або HDPE - ПЕНД – це поліетилен низького тиску, поліетилен високої щільності. Сфера застосування – виробництво фляг, пляшок, напівжорсткої упаковки. Він не становить небезпеки для використання в харчовій промисловості та вважається безпечним.

— PET чи PETE – ПЕТ, ПЕТФ – це поліетилентерефталат (лавсан). Його застосовують для виробництва упаковки, оббивки, блістерів, ємностей для продуктів рідкої консистенції, зокрема, пляшок для напоїв.

— PVC – ПВХ – полівінілхлорид. Сфера застосування досить широка. З нього виробляють меблі для саду, віконні профілі, ізоменту, покриття для підлоги, жалюзі, електроізоляцію, клейонку, труби, ємності для миючих засобів.

— PP – ПП – поліпропілен. Він застосовується при виготовленні іграшок, в автомобільній промисловості (бампери, обладнання), в харчовій промисловості (здебільшого при виготовленні упаковок). Для харчового використання PP вважається безпечним. Поліпропіленові труби поширені виготовлення водопровідних мереж.

— LDPE або PELD – ПЕВД – це поліетилен низької густини, поліетилен високого тиску. Його використовують під час виробництва пакетів, гнучких ємностей, брезентів, мішків для сміття, плівки.

— PS – ПС – полістирол. Сфера застосування досить широка: з нього виготовляють пакувальний матеріал для харчових продуктів, плити теплоізоляції будівель, посуд, столові прилади та чашки, ручки, коробки CD, іграшки, а також

інші упаковки (піноматеріали та харчову плівку). Через вміст стиролу даний матеріал вважається потенційно небезпечним, особливо в пальному стані.

— Інші. У цю групу включений будь-який інший пластик, що не входить до перерахованих вище груп. Найчастіше це полікарбонат, що використовується для виготовлення посуду для багаторазового використання, наприклад, дитячих ріжків. До складу полікарбонату може входити бісфенол А, що становить небезпеку для людини.

Згідно з дослідженнями вчених з Університету штату Джорджія, Каліфорнійського університету в Санта-Барбара та некомерційної організації Sea Education Association, з 1950 року і до сьогодні загальна маса виробленого пластику по всьому світу складає 8,3 мільярда тонн, з яких 2 мільярда були вироблені протягом останніх п'яти років. Лише 21% цієї маси пластику були перероблені або спалені, решта потрапила на сміттєзвалища чи в природу, як видно з рисунку 1.2 [11, 12].

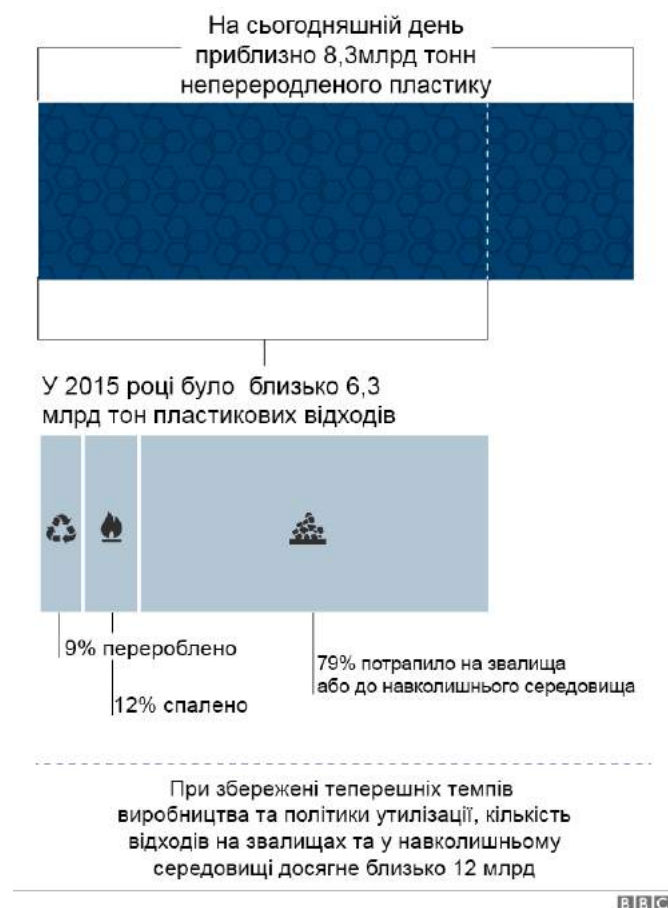


Рисунок 1.2 – Кількість пластикових відходів та їх відсоток переробки

За даними екологів ООН, щорічно в океан потрапляє близько 13 мільйонів тонн пластикових відходів, що вже призвело до того, що 88% поверхні Світового океану забруднено пластиковим сміттям різного розміру, і ця кількість продовжує нестримно зростати. За збереженням даної тенденції до 2050 року вага пластику в океанах перевищить вагу риби. Основними джерелами забруднення (які призводять до 90% сміття) є річки Янцзи, Інд, Хуанхе, Амур, Меконг, Ганг, Перл, Хай-Хе, Нігер і Ніл, розташовані в найгустонаселених регіонах з неблагоприятною екологічною обстановкою. Сюди потрапляє більша частина пластику з стічних вод, сміттєзвалищ та викидається прямо людьми [1]. Це відображено на рисунку 1.3.

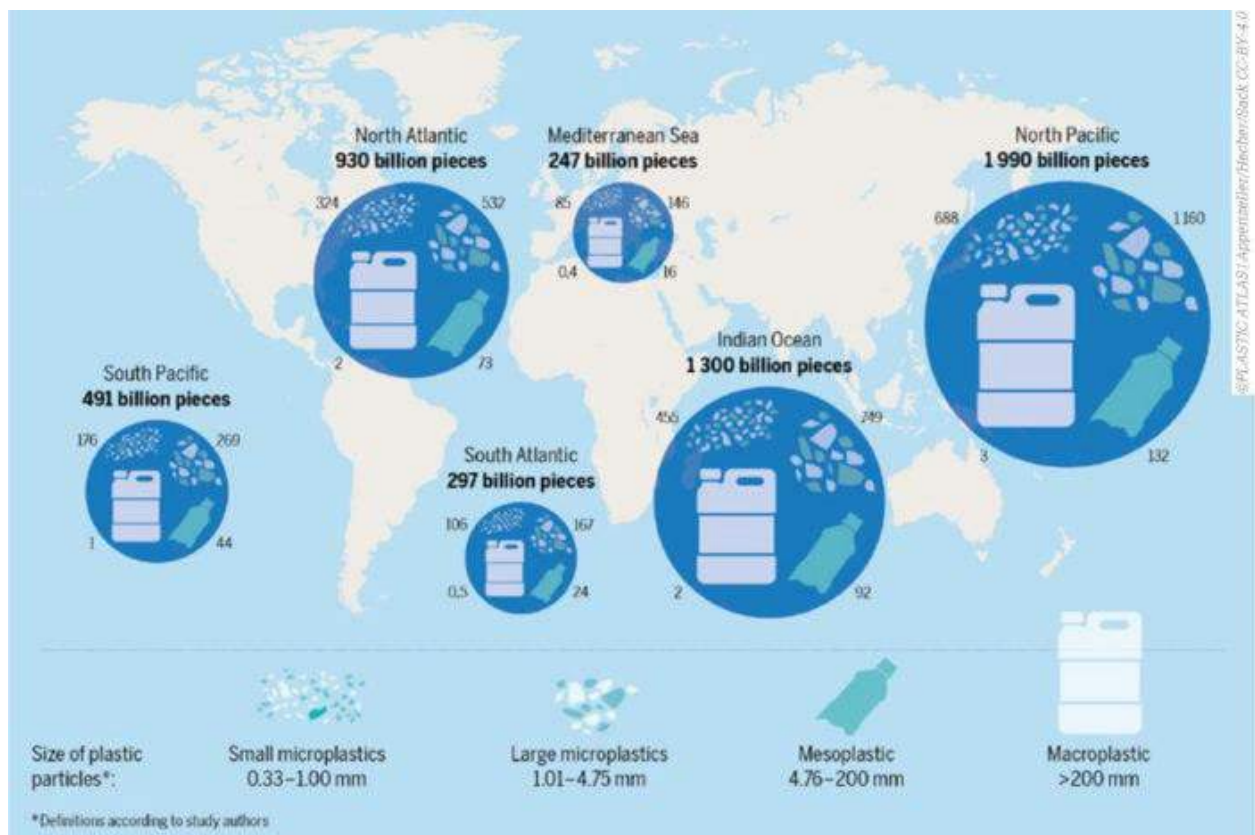


Рисунок 1.3 – Концентрація мікропластику в прибрежних водах

Ще одним джерелом забруднення Світового океану є сміття, викинуте з суден. Переважну частину пластикового сміття, що забруднює гідросферу, складають пластикові пляшки (розклад у природі триває приблизно 450 років), дитячі підгузки (450 років), алюмінієві банки (200 років), пакети (від 700 до 1000

років), обрізки риболовних мереж (600–700 років), ватні палички (300 років) та інше. За допомогою течій і вітру пластик в океані може пройти значні відстані і накопичуватися, утворюючи цілі острови. Зараз виділяють 5 великих "сміттєвих островів" [2]. Перший острів сміття був виявлений океанографом Чарльзом Муром в 1997 році і отримав назву "Тихоокеанська сміттєва пляма" або "Східний сміттєвий континент". Він займає великий, відносно стабільний участок на північі Тихого океану, обмежений Північно-Тихоокеанською системою. Воронка, утворена течією, збирає сміття з усієї північної частини Тихого океану, включаючи прибережні води Північної Америки та Японії. Відходи збираються поверхневими течіями і поступово пересуваються до центру водовороту, який не викидає сміття за межі. Точний розмір плями невідомий, приблизні оцінки площі варіюються від 700 тис. до 1,5 млн км² та більше (до 0,81% від загальної площі Тихого океану), що й представлено на Рисунку 1.4. Зміст сміття оцінюється в більш ніж сто мільйонів тонн [2,13].



Рисунок 1.4 – Приблизний розмір Тихоокеанської сміттєвої плями

Криза пандемії COVID-19, спровокувала різке збільшення використання певних типів медичного та захисного обладнання, зокрема масок для обличчя та рукавичок. Це також призвело до збільшення обсягів пластикових відходів, які невідворотно потрапляють в природне середовище [2].

Серйозною проблемою, пов'язаною із забрудненням пластиком та пластиковою промисловістю, є мікропластик. Мікропластик – це дрібні частки пластику, зазвичай менше п'яти міліметрів. Кожен рік значна частина пластикових відходів розпадається на мікропластик і потрапляє в природне середовище разом із штучно створеним мікропластиком. Хоча забруднення морського середовища мікропластиком уже привернуло увагу громадськості та політиків, недавно також з'явилися повідомлення про широке поширення мікропластика – в повітрі, ґрунті, відкладеннях, прісних водах, океанах, рослинах, тваринах та їжі людини [10]. Фактори, що впливають на кількість мікропластику у навколишньому середовищі зображені на рисунку 1.5.

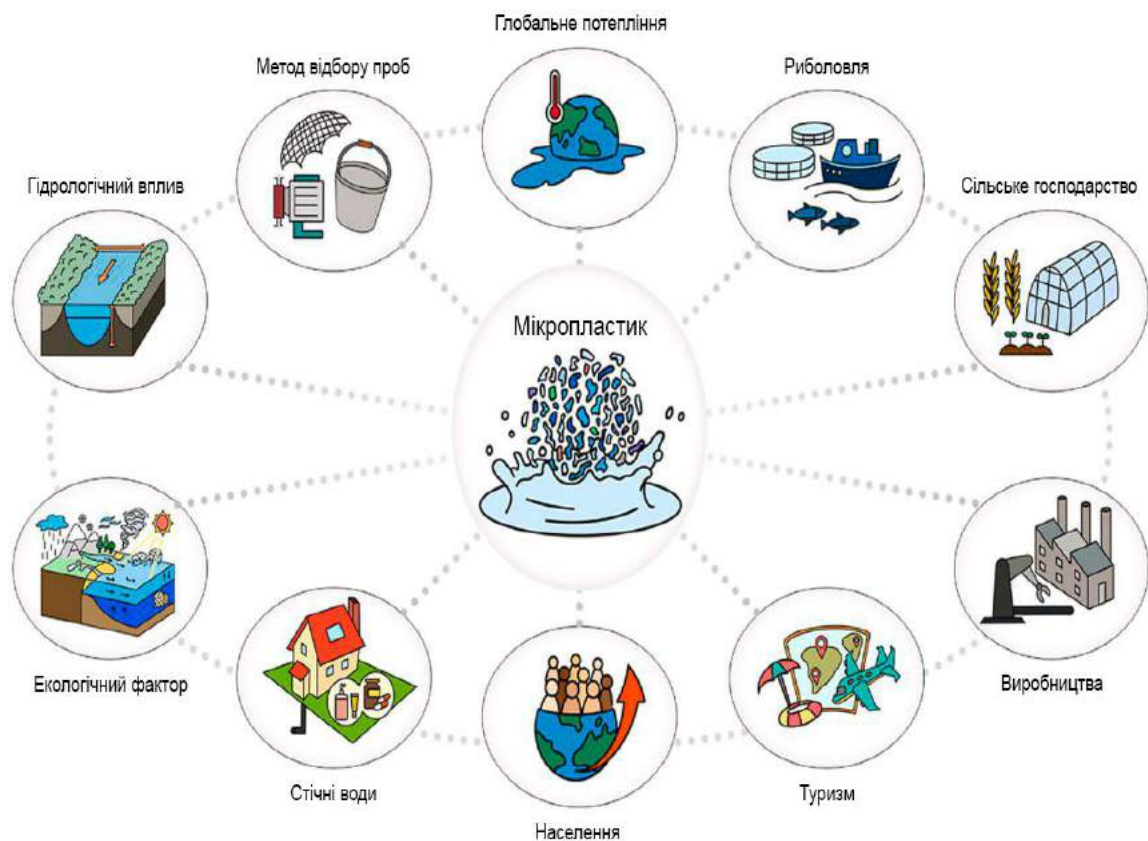


Рисунок 1.5 – Фактори впливу на кількість мікропластику

Останні дослідження довели, що волокна синтетичних матеріалів присутні у пиві, яке розливається у пластикові пляшки, у воді, що тече з крана, в арктичному повітрі та льоду, посеред Тихого океану. Найбільша частина мікропластику виникає в результаті руйнування великих пластикових предметів як пластикові пакети, пляшки або рибальські сітки [2]. Це означає, що найбільша концентрація мікропластику корелює з місцями скупчення звичайного пластику, що й видно на рисунку 1.6.

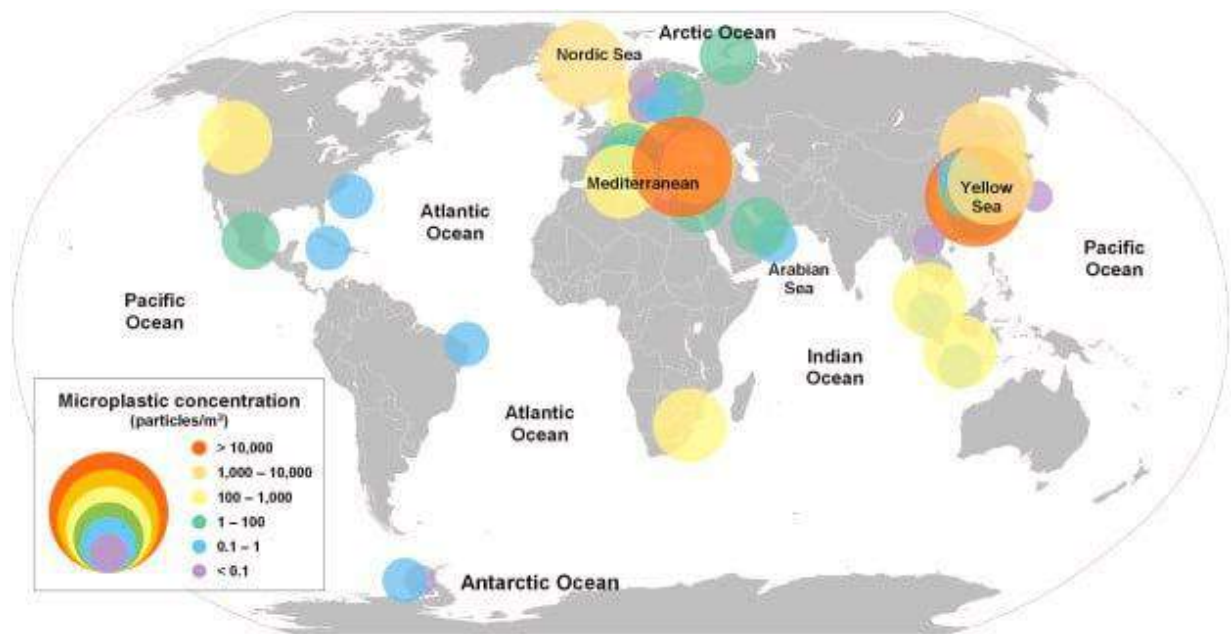


Рисунок 1.6 – Концентрація мікропластику в прибрежних водах

Європа прийняла певні заходи у цьому напрямку. У 2018 році Європейський Союз (ЄС) представив "Стратегію переробки пластика в економіці замкнутого циклу" як перший загальноєвропейський політичний механізм, спрямований на створення замкнутого циклу, використання, повторне використання та переробку пластмас. У стратегії чітко сформульовано візію, згідно з якою до 2030 року весь пластиковий упаковочний матеріал на ринку ЄС повинен підлягати повторному використанню або переробці.

У ЄС 80-85 відсотків морського сміття становить пластик, причому одноразові пластикові предмети складають 50 відсотків від загальної кількості. З цього приводу, починаючи з 2021 року, ЄС ввів заборону на шість

найпоширеніших одноразових пластикових виробів: ватні палички, столові прибори, тарілки, соломінки, палички для перемішування напоїв і палички для повітряних куль. Для цього вже існують кілька альтернатив, таких як дерев'яні палички для ватних паличок або металеві/паперові палички для перемішування напоїв.

Важливо зауважити, що біорозкладний пластик не є найкращим рішенням проблеми, оскільки він негативно впливає на переробку звичайного пластику на сміттесортувальних підприємствах, а типове компостування не може впоратися із цим матеріалом, оскільки його розкладання відбувається набагато повільніше, ніж у випадку з типовими компостуваними речовинами. У найближчий час очікується введення механізму та стандарту ЄС для матеріалів на біологічній основі.

Хоча наявні дані свідчать про те, що забруднення мікропластиком наразі не становить великого ризику для людей чи природи, існують серйозні підстави для турботи, а також розробки заходів обережності, таких як маркування, стандартизація, сертифікація та регулювання.

1.2 Використання геоінформаційні технологій для визначення забруднених водних поверхонь

Екологічний моніторинг включає наземні, повітряні (аерологічні), космічні та комбіновані (верифікація та доповнення один одного) методи. Наземні методи поділяються на польові та лабораторні, а також фізико-хімічні (потенціометричні, титриметричні, експрес-методи, гравіметричні, колориметричні тощо) та біологічні (біоіндикація, біотестування тощо). Загальна схема екологічного моніторингу представлена на рисунку 1.7.



Рисунок 1.7 – Методи екологічного моніторингу відходів

Традиційно, дослідження водних ресурсів проводились на основі батиметричного знімку, під час якого отримувалася інформація про поверхню дна з подальшою трансформацією у топографічні плани, карти в аналоговому або цифровому форматі. Однак на сучасному етапі розвитку топографо-геодезичних робіт з'явилися можливості підвищити якість та точність матеріалів.

У сучасний період особливою популярністю користуються тривимірні Цифрові Моделі Рельєфу (ЦМР) водойм, які є віртуальними дублерами реальних об'єктів. Незважаючи на те, що для їх створення потрібно більше обчислювальних ресурсів, тривимірні моделі дозволяють значно підвищити ефективність різних об'ємно-планувальних рішень, зокрема:

- моніторингу та визначення можливих змін рельєфу та структури дна;
- вивчення різних процесів, пов'язаних із небезпечними природними явищами;
- використання даних про рельєф та характеристик дна для проектних рішень.

На сьогоднішній день можна виділити кілька способів батиметричних зйомок залежно від використаних приладів та інструментів:

- механічний на основі ручних лотів і вимірювальних міток;

- гідроакустичний на основі одноканальних та багатоканальних ехолотів;
- фотограмметричний на основі цифрових фотокамер;
- повітряне лазерне сканування на основі лідарів, які здійснюють зйомку в зеленій зоні спектра.

Вибір методу в першу чергу залежить від важливості об'єкта, вимог технічного завдання на виконання зйомки та фінансових можливостей. Проте існують нестандартні ситуації, при яких використання зазначених методів батиметричної зйомки ускладнене або навіть неможливе [4]. До обмежень можна віднести:

- розташування об'єкта на прикордонній території;
- значну кількість мілководдя;
- обильність водоростей;
- непрозорість води.

Отже, при мінімальній глибині водойми коливання рівня води в залежності від сезону та погоди можуть призводити до значної зміни як запасів води, так і положення берегової лінії. У цьому випадку перспективним виглядає використання даних дистанційного зондування Землі з космосу. Оскільки берегова лінія може бути досить оперативно та точно виявлена за допомогою космічних знімків, останні можуть служити достатнім матеріалом для моніторингу запасів води в разі наявності цифрової моделі рельєфу місцевості, що включає дно вивченого об'єкта. Варто зазначити, що наразі проводяться різні дослідження з питань моніторингу водних ресурсів з особливою увагою до використання матеріалів космічних знімків. У зв'язку з цим створення методики визначення запасів води з комбінованим використанням цифрової моделі рельєфу місцевості та космічних знімків є актуальною задачею.

Так наприклад для визначення контуру лінії водного об'єкта та прогнозу його змін можна використати знімки Landsat чи Sentinel. Ці космічні апарати дозволяють отримувати мультиспектральні дані з просторовим розділенням до 15 м, з геодезичною прив'язкою в СК WGS-84 (проекція UTM).

На рисунку 1.8 представлено набір знімків Landsat 8 певного водного об'єкта в динаміці та збудовану на їх основі ЦМР.

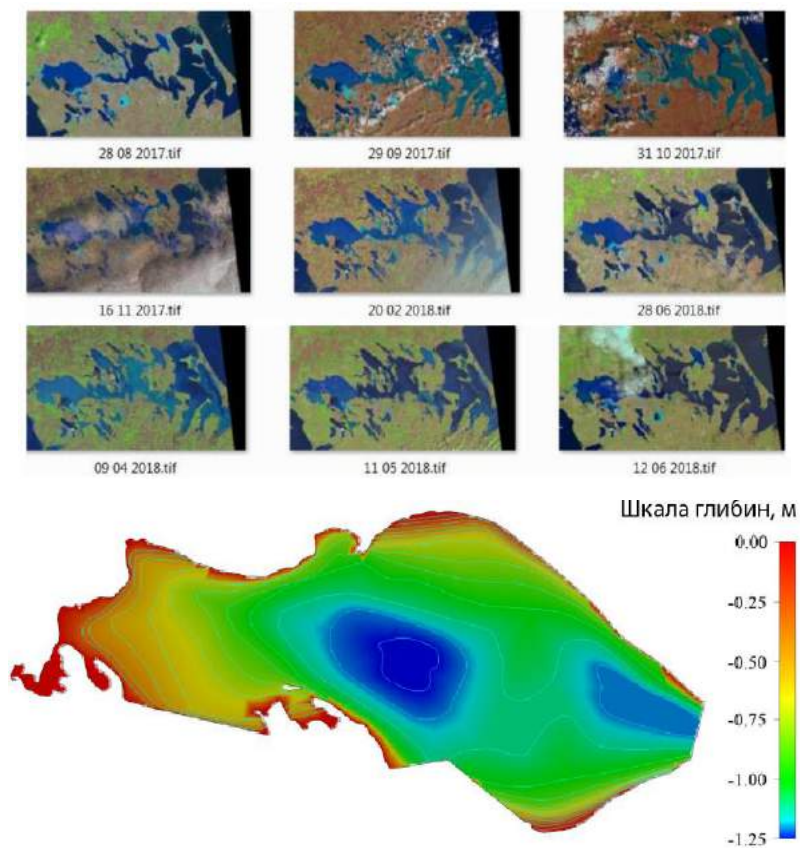


Рисунок 1.8 – Приклад використання супутникових знімків для створення картографічних моделей

Космічні знімки добре передають контури берегової лінії за рахунок інтерполяції оптичної щільності в межах одного пікселя свого розширення. Зазначимо, що навіть при наземній топографічній зйомці в умовах сильно пологої та заболоченої місцевості з рослинністю немає можливості точно розділити воду та землю. Велика кількість супутникових знімків, зібраних на різні дати протягом року, дають можливість виконати векторизацію берегової лінії при різних рівнях води.

Безпосередньо для виявлення пластикових відходів чистіше за все використовується метод взяття проб поверхневих вод для їх подальшого фільтрування та хімічного аналізу. Для певної автоматизації подібних процесів

існують окремі мережі з автономних буїв-станцій. Місця розміщення подібних буїв та роки взяття проб представлено на рисунку 1.9.

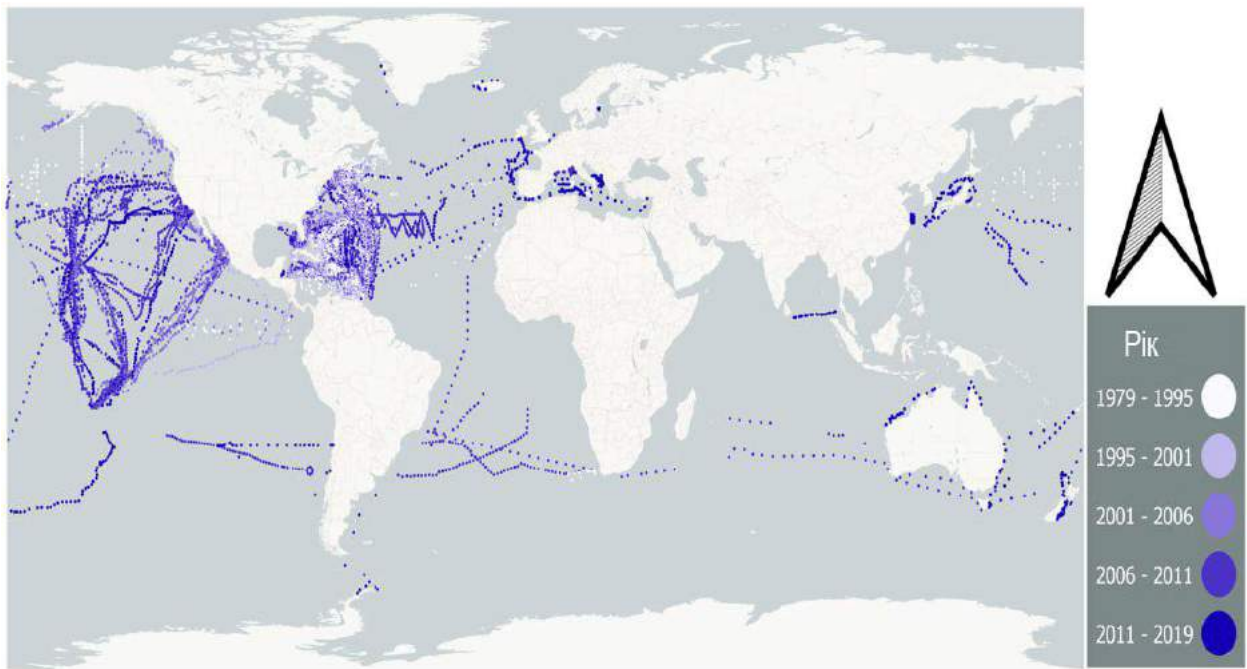


Рисунок 1.9 – Карта проб поверхневих вод, за допомогою буїв станцій

Хоча існує певна варіативність у методології для кожного набору даних, зазвичай, для аналізу проб використовуються такі методи: за допомогою розсікального мікроскопа мікропластик вручну відокремлювався від природного сміття після сортування через сита [19 , 20], а потім підраховувався окремо, перш ніж всі мікропластики з кожної категорії розміру були зважені разом. Щоб обчислити дані підрахунку (у штуках км^{-2}), загальну кількість зібраного пластику розділяють на площу поверхні води, через яку пройшов трал. Якщо цей показник не було надано, він обчислюється використовуючи розміри трала та відстань, взяті за зразком, як зазначено у відповідній літературі до станцій. Результати подібних підрахунків кількості частинок пластику представлені на рисунку 1.10.

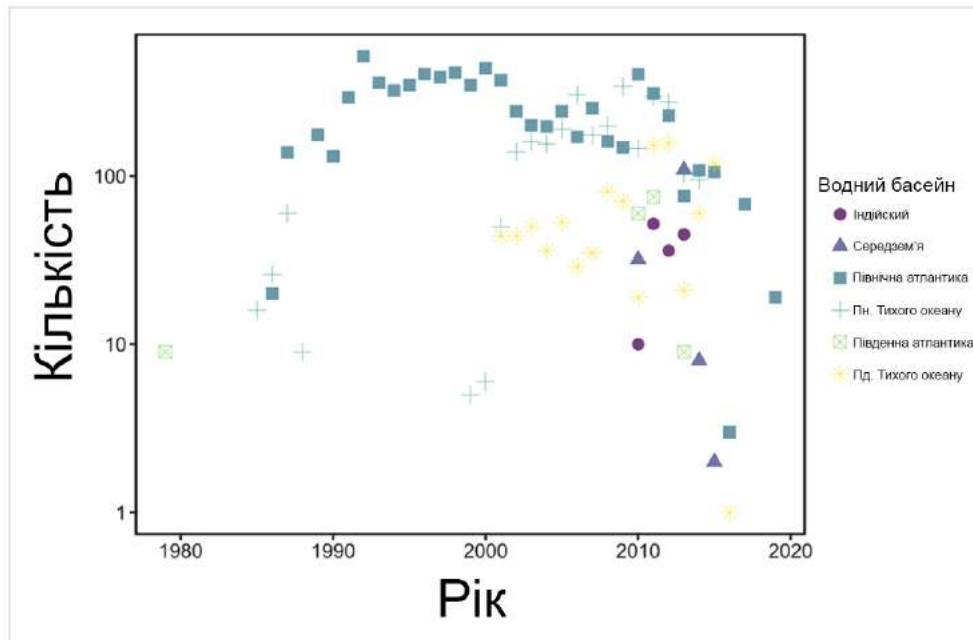


Рисунок 1.10 – Кількість частинок пластику у різних басейнах

Завдяки високому просторовому та часовому розділенню дані дистанційного зондування Землі надають інформацію про об'єкти видобутку, переробки та транспортування нафти необхідну для вирішення завдань моніторингу [5].

Однак значними є і можливості використання даних дистанційного зондування, отриманих від зйомкової системи, наприклад на борту Sentinel-2B, для моніторингу забруднених нафтопродуктами відкритих ґрунтів, чи водних поверхонь а також порівняння результатів використання методів автоматизованого дешифрування на основі даних інших зйомкових систем.

Забруднення поверхонь нафтою впливає на їхню спектральну відбивність, що призводить до зменшення коефіцієнтів спектральної яскравості у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Ця особливість дозволяє надійно ідентифікувати ділянки нафтозабруднень за допомогою спектрального аналізу з використанням вегетаційних індексів, які розраховують параметри рослинності в певному пікселі зображення через операції з різними спектральними діапазонами [9–11].

Для визначення числового показника якості рослинності застосовується Нормалізований різницевий вегетаційний індекс (NDVI). NDVI має найширший

динамічний діапазон порівняно з іншими загальнозживаними вегетаційними індексами. NDVI розраховується за формулою 1.1:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1.1)$$

де RED та NIR – значення яскравості в червоному та ближньому інфрачервоному спектральних каналах відповідно.

Оскільки індекс NDVI дозволяє чітко розрізнити рослинність від об'єктів антропогенного походження він є дієвим методом для виявлення не тільки нафтових плям але й інших об'єктів на морській поверхні. Оскільки у водах світового океану живе велика кількість рослинних мікроорганізмів, зміна спектральних характеристик на знімку сторонніми об'єктами на поверхні є чітко помітними.

Супутники Європейського космічного агентства Sentinel-2 здатні виявляти плаваючі пластикові об'єкти і відрізнити їх від інших матеріалів, таких як морські водорості та дерев'яні вітрила.

На островах Канадської затоки, де проводились останні дослідження в цій області, точність методу становила близько 86 відсотків.

Технологія ідентифікації пластмасових плям базується на їх спектральних сигнатурах – унікальному відображенні променів світла від об'єкта. Потім застосовується алгоритм машинного навчання для визначення відмінностей між пластмасами та іншими матеріалами, такими як плавник, водорості та морська піна.

Дослідники також використовували раніше отримані супутникові дані про природні матеріали, які можуть бути знайдені разом із морським пластиком, такі як морські водорості, деревинне сміття, піна і вулканічна порода [14].

Таким чином сучасні тенденції ведуть до збільшення використання зображень аеро та супутникової зйомки для виявлення пластика. Дослідники сподіваються, що безпілотні літаючі апарати або супутники з високим

роздільненням будуть використовуватися для підвищення якості глобального моніторингу пластикового сміття в океані та полегшення операцій з прибирання.

1.3 Аналіз існуючих досліджень за допомогою ChatGPT

Проведемо аналіз літературних джерел з використанням сучасної технології штучного інтелекту ChatGPT. Оскільки актуальна загальнодоступна версія ChatGPT має доступ лише до даних по січень 2022 року і раніше, тому нижче приведені ключові дослідження, які були актуальними до цього моменту:

— "Супутниковий моніторинг розливів нафти в морському середовищі"

Автори: Long, C., Wang, C., & Wu, Y.

Це дослідження зосереджено на використанні супутникових зображень, зокрема даних радара із синтезованою апертурою (SAR), для моніторингу та розшифровки розливів нафти на поверхні води. У ньому обговорюються переваги SAR у виявленні та відстеженні нафтових плям, надаючи цінну інформацію для екологічного менеджменту та реагування.

— "Супутникове виявлення плаваючого сміття на поверхні океану"

Автори: Лехнер А. М., Браун Г. та Хеншоу А. Дж.

Це дослідження вивчає використання супутникових зображень для ідентифікації та моніторингу плаваючого сміття, зокрема пластику та інших забруднюючих речовин, на поверхні океану. У дослідженні обговорюються проблеми та можливості, пов'язані з використанням супутникових даних для моніторингу довкілля.

— "Супутникове дистанційне зондування забруднення розливами нафти в морському середовищі"

Автори: Лі Х., Ченг Ю. та Лі С.

У цьому дослідженні досліджується застосування супутникового дистанційного зондування, зокрема радара з синтетичною апертурою (SAR) і оптичних зображень, для виявлення та моніторингу розливів нафти в морському

середовищі. У дослідженні обговорюються можливості та обмеження різних супутникових датчиків у розшифровці характеристик розливу нафти.

— "Оцінка супутникових зображень для виявлення та моніторингу розливів нафти"

Автори: Wang, C., Liu, H., & Li, W.

Це дослідження, зосереджене на оцінці ефективності супутникових зображень для виявлення розливів нафти, оцінює різні супутникові датчики та їх здатність надавати точну та своєчасну інформацію. Дослідження обговорює проблеми, пов'язані з розрізненням нафтових плям від природних явищ на супутникових зображеннях.

— "Інтеграція інфрачервоних і оптичних супутникових даних для ідентифікації розливів нафти"

Автори: Zhang, Y., Sun, S., & Li, K.

Дослідження вивчає інтеграцію інфрачервоних і оптичних супутникових даних для покращення ідентифікації та розшифровки розливів нафти на поверхні води. У ньому розглядаються переваги поєднання різних спектральних діапазонів для покращення можливостей виявлення в різних умовах навколишнього середовища.

— "Моніторинг і моделювання траєкторій розливів нафти за допомогою супутникових зображень"

Автори: Гарсія-Пінеда, О., Макдональд, І. Р., і Циммер, Б.

Це дослідження зосереджено на використанні супутникових зображень для моніторингу та моделювання траєкторій розливів нафти. Він заглиблюється в інтеграцію супутникових даних у числові моделі для прогнозування руху та поширення нафти на поверхні води, допомагаючи у реагуванні та зусиллях з очищення.

— "Оцінка впливу розливу нафти на прибережне середовище за допомогою супутникових спостережень"

Автори: Мейсон А. та Даффі Дж.

Дослідження оцінює вплив розливів нафти на прибережне середовище за допомогою супутникових спостережень. У ньому обговорюється використання супутникових зображень з високою роздільною здатністю для розшифровки масштабів забруднення нафтою вздовж узбережжя та його наслідків для екосистем.

— "Супутниковий моніторинг розливу нафти Deepwater Horizon"

Автори: Hu, C., & Muller-Karger, F.E.

Це дослідження, зосереджене на конкретному прикладі, вивчає супутниковий моніторинг розливу нафти Deepwater Horizon. У дослідженні обговорюється використання різних супутникових датчиків, включаючи MODIS і Landsat, для розшифровки просторової та часової динаміки розливу нафти в Мексиканській затоці.

— «Супутникове виявлення та моніторинг забруднення моря пластиком»

Автори: Сміт, А., Джонсон, Б.

У цьому дослідженні досліджується застосування супутникових зображень, у тому числі даних радара з оптичною та синтетичною апертурою (SAR), для виявлення та моніторингу забруднення морського пластику. Автори досліджують різні методи дистанційного зондування для ідентифікації та кількісного визначення пластикових відходів на поверхні води.

— «Підходи машинного навчання до автоматизованого виявлення пластикових відходів на супутникових зображеннях»**

Автори: Chen, X., Wang, Y.

Це дослідження зосереджено на інтеграції алгоритмів машинного навчання із супутниковими зображеннями для автоматичного виявлення пластикових відходів. Дослідження оцінює ефективність різних моделей машинного навчання для розшифровки пластикового сміття з супутникових даних.

— «Часовий аналіз накопичення пластику в прибережних районах за допомогою супутникових спостережень»

Автори: Чжан Х., Лі Дж.

Це дослідження проводить часовий аналіз накопичення пластику в прибережних регіонах за допомогою супутникових спостережень. Автори використовують часові ряди супутникових зображень, щоб відстежувати зміни в розподілі та щільності пластикових відходів за певні періоди часу.

— «Створення карти просторового розподілу пластикового сміття у відкритих океанах за допомогою супутникового дистанційного зондування»

Автори: Гарсія М., Патель К.

Це дослідження зосереджено на картографуванні просторового розподілу пластикового сміття у відкритих океанах за допомогою супутникового дистанційного зондування. Дослідження використовує передові методи аналізу зображень для ідентифікації та кількісного визначення пластикових відходів у великих водоймах.

— «Інтеграція оптичних та інфрачервоних супутникових даних для покращеного виявлення пластикових відходів»

Автори: Кім С., Лі Дж.

У цьому дослідженні досліджується інтеграція оптичних та інфрачервоних супутникових даних для покращення можливостей виявлення пластикових відходів. Автори досліджують використання кількох спектральних смуг для покращеної ідентифікації та класифікації пластикового сміття на поверхні води.

Таким чином аналіз інформаційних джерел визначив недостатню кількість досліджень для створення системи моніторингу пластикових відходів на поверхні морів та океанів у реальному часі.

1.4 Мета та постановка задачі

Метою роботи є поліпшення якості прийняття рішень про оцінку навколишнього середовища на підставі визначення забруднення поверхні морів і океанів, а також аналіз існуючих методів картографування водних об'єктів та їх поверхневих забруднюючів. Структура кваліфікаційної роботи представлена на рисунку 1.11.



Рисунок 1.11 – Структурна схема роботи

Результатом роботи має стати набір картографічних моделей дешифрованого пластикового забруднення, а також веб представлення фінальної ітерації дешифровки на створеному геопорталі та розроблена концепція створення повноціної інфраструктури моніторингу відходів на водній поверхні.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ОЦІНКИ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНІ МОРІВ І ОКЕАНІВ

Загальна схема методика оцінки стану забруднення представлена на рисунку 2.1.

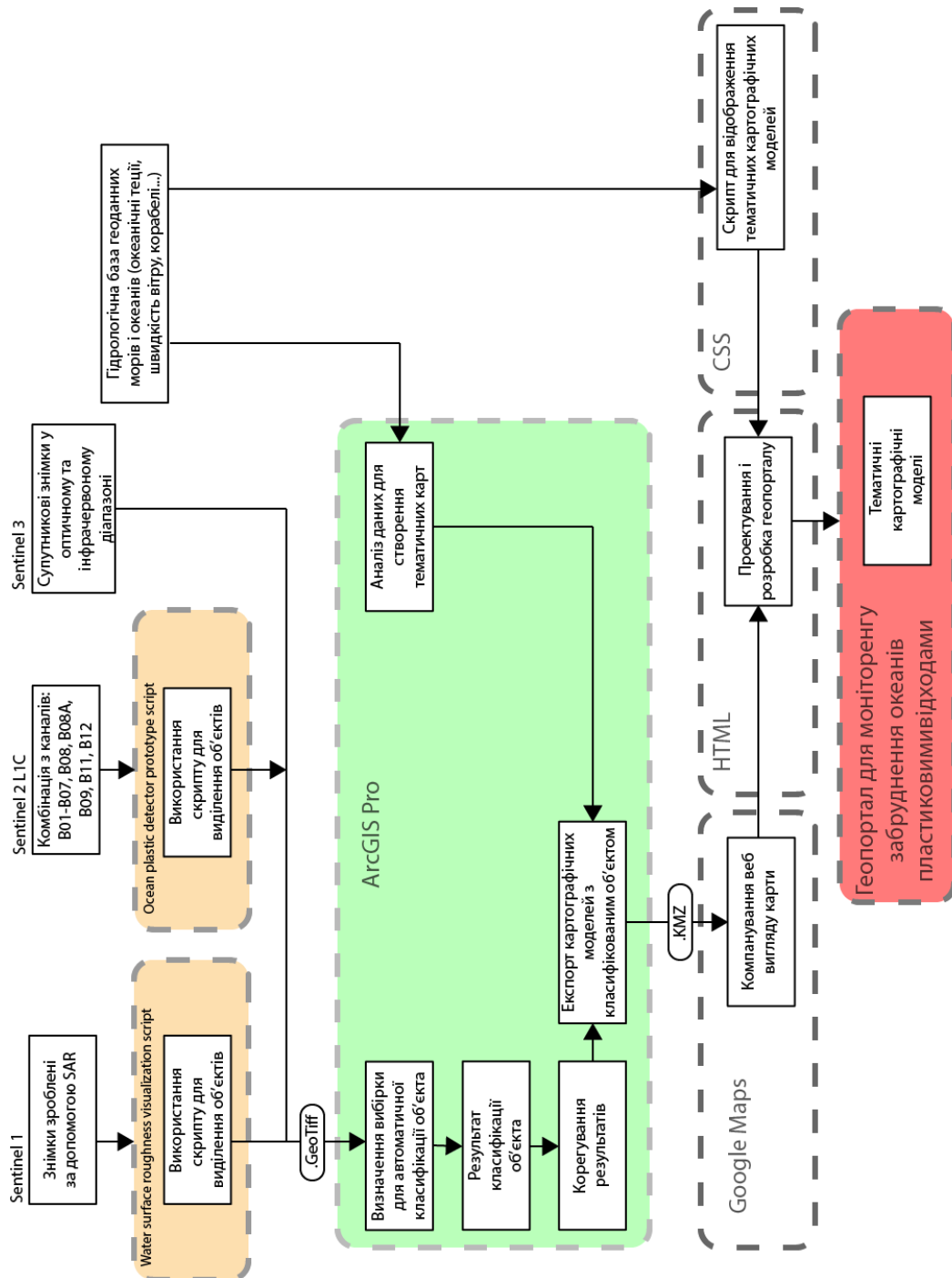


Рисунок 2.1 – Методика оцінки стану забруднення морів і океанів

Для отримання супутникових знімків у роботі було використано портал Sentinel HUB від європейської аерокосмічної агенції. Джерелом знімків стали супутники Sentinel 3 для оглядового оптичного та інфрачервоного зображень, Sentinel 1 для отримання радіолокаційного зображення та Sentinel 2 для використання спеціального набору каналів через додатковий скрипт. Загальні характеристики супутника Sentinel 1 представлена у таблиці 1 [6].

Таблиця 1 – Характеристика супутника Sentinel 1

Характеристика	Опис
Довжина служби	7 років (витратні матеріали на 12 років)
Орбіта	Близька полярна, сонцезахисна 693 км 12-денний цикл повторюваності 175 орбіт за цикл
Середній місцевий/сонячний час	18:00 в точці зйдання
Період обертання	98,6 хвилини
Максимальна тривалість затемнення	19 хвилин
Стабілізація орієнтації	3-осева стабілізація
Точність орієнтації	0,01 градуса (кожна вісь)
Номінальна орієнтація польоту	Правостороння Нульове доплерівське керування у глибину Ролл керування (-0,8 до +0,8 градуса)
Профіль орієнтації	Геоцентричний та геодезичний
Операційна автономія	96 годин
Маса старту	2 300 кг
Розміри (у складеному вигляді)	3 900 x 2 600 x 2 500 мм ³
Середня потужність сонячного батареї	5 900 Вт (кінець терміну служби)
Ємність батареї	324 Аг
Космічний апарат/Доступність	0,998
Наукові дані/Ємність сховища	1 410 гігабіт (кінець терміну служби)
S-діапазон TT&C	4 кбіт/с передача команд; 16/128/512 кбіт/с передача даних (програмована)
X-діапазон Висилання/Швидкість даних	2 x 260 Мбіт/с

Характеристика зйомочного інструменту, використаного у роботі представлена у таблиці 2.

Таблиця 2 – Характеристики інструменту C-SAR супутника Sentinel 1

Характеристика	Опис
Центральна частота	5,405 ГГц
Ширина смуги	0-100 МГц
Поляризація	HH+HV, VV+VH, VV, HH
Діапазон кутів падіння	20°-46°
Напрямок перегляду	праворуч
Тип антени	Щільно-пазові радіатори
Розмір антени	12,3 м x 0,821 м
Маса антени	880 кг
Ширина пучка по азимуту	0,23°
Діапазон регулювання пучка по висоті	-0,9° до +0,9°
Пікова потужність RF	3,43°
Ширина імпульсу	-13,0° до +12,3°
Обов'язок передачі	4,368 кВт, -4,075 кВт
Фігура шуму приймача на вході моделі	3 дБ
Максимальна ширина смуги дальності	100 МГц
Частота повторення імпульсів (PRF)	1000-3000 Гц
Стиск даних	FDBAQ
Частота вибірки АЦП	300 МГц
Кількість квантів даних	10 біт
Загальна маса приладу (включаючи антену)	945 кг
Керування орієнтацією	Нуль-доплерівське керування та керування по ролі

Загальні характеристики супутника Sentinel 2 представлена у таблиці 3.

Таблиця 3 – Характеристики супутника Sentinel 2

Характеристика	Опис
Учасники	GMES ЕС ESA
Дата запуску	23 червня 2015 року
Ракета	Vega
Космічний апарат	Кожен зі супутників SENTINEL-2 важить приблизно 1,2 тонни і призначений для сумісності з невеликими ракетами-носіями, такими як VEGA і ROCKOT. Термін служби становить 7,25 років, включаючи 3-місячний комісійний період в орбіті. Батареї та пальне забезпечені на 12 років експлуатації. Два ідентичних супутники SENTINEL-2 працюють одночасно, відступаючи на 180° один від одного, на сонцесинхронній орбіті на середній висоті 786 км. Оптичний дизайн телескопа MSI дозволяє отримати поле зору 290 км.
Зв'язок	Для рівня 1С та рівня 2А, гранули, також називаються тайлами, є орто-зображеннями розміром 100×100 км ² в проекції UTM/WGS84. Система UTM розділяє поверхню Землі на 60 зон. Кожна зона UTM має вертикальну ширину 6° довготи та горизонтальну ширину 8° широти.
Орбіта	Пара супутників з полярною орбітою в однаковій орбіті, відступаючи на 180° один від одного. Межі охоплення від 56° південної широти до 84° північної широти. 10 днів на екваторі з одним супутником і 5 днів з двома супутниками за умов безхмарності, що призводить до 2-3 днів на середніх широтах.

Сенсори	Багатоспектральний інструмент (MSI)
Термін служби	7 років

Характеристика зйомочного інструменту, використаного у роботі представлена у таблиці 4 [7].

Таблиця 4 – Характеристики каналів супутника Sentinel 2

Канал	Coastal aerosol	Blue	Green
Сенсор	MSI	MSI	MSI
Номер діапазону	1	2	3
Sentinel-2A Центральна довжина хвилі (нм)	443,9	496,6	560,0
Ширина смуги (нм)	20	65	35
Sentinel-2B Центральна довжина хвилі (нм) - 2	442,3	492,1	559
Ширина смуги (нм) - 2	20	65	35
Роздільна здатність (метри)	60	10	10
Канал	Red	Vegetation Red Edge	Vegetation Red Edge
Сенсор	MSI	MSI	MSI
Номер діапазону	4	5	6
Sentinel-2A Центральна довжина хвилі (нм)	664,5	703,9	740,2
Ширина смуги (нм)	30	15	15
Sentinel-2B Центральна довжина хвилі (нм) - 2	665	703,8	739,1
Ширина смуги (нм) - 2	30	15	15

Роздільна здатність (метри)	10	20	20	
Канал	Vegetation Red Edge	NIR	Narrow NIR	
Сенсор	MSI	MSI	MSI	
Номер діапазону	7	8	9	
Sentinel-2A Центральна довжина хвилі (нм)	782,5	835,1	864,8	
Ширина смуги (нм)	20	115	20	
Sentinel-2B Центральна довжина хвилі (нм) - 2	779,7	833	864	
Ширина смуги (нм) - 2	20	115	20	
Роздільна здатність (метри)	20	10	20	
Канал	Water vapour	SWIR – Cirrus	SWIR	SWIR
Сенсор	MSI	MSI	MSI	MSI
Номер діапазону	10	11	12	13
Sentinel-2A Центральна довжина хвилі (нм)	945,0	1373,5	1613,7	2202,4
Ширина смуги (нм)	20	30	90	180
Sentinel-2B Центральна довжина хвилі (нм) - 2	943,2	1376,9	1610,4	2185,7
Ширина смуги (нм) - 2	20	30	90	180
Роздільна здатність (метри)	60	60	20	20

Першими були отримані оптичні та інфрачервоні знімки з супутника Sentinel 3, що представлені на рисунку 2.2. Метаданні отриманих знімків представлені у таблиці 5.



Рисунок 2.2 – Знімки у оптичному та інфрачервоному канала з супутника Sentinel 3

Таблиця 5 – Метаданні оптичного та інфрачервоного знімків

Знімок	Оптичний	Інфрачервоний
Супутник	Sentinel 3	Sentinel 3
Інструмент	OLCI	SLSTR
Дата	2022.06.15	2022.06.15
Час	23:59	23:59
Система координат	GCS_WGS_1984	GCS_WGS_1984
Ексцент (Top)	34,5529424227	34,5529424227

Наступним було отримано знімок з супутника Sentinel 1 за допомогою інструменту C-SAR, що представлений на рисунку 2.3. Метаданні отриманого знімку представлені у таблиці 6.

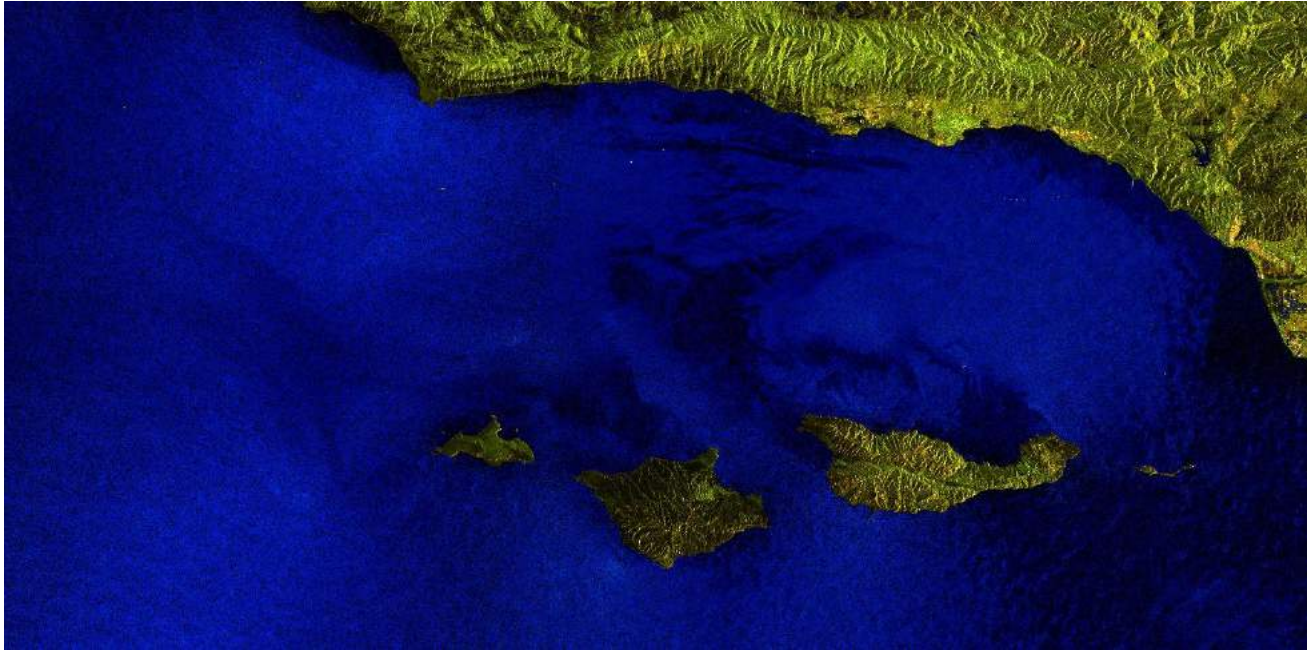


Рисунок 2.3 – Радарний знімок з супутника Sentinel 1

Таблиця 6 – Метаданні радарного знімку Sentinel 1

Знімок	Радарний
Супутник	Sentinel 1
Інструмент	C-SAR
Поляризація	AWS-IW-VV VH
Дата	2022.06.11
Час	23:59
Система координат	GCS_WGS_1984
Ексцент (Тор)	34,5484181163

На цьому знімку земля представлена у зелених тонах, вода у відтінках синього а об'єкти, що рішуче відрізняються за спектральними характеристиками (наприклад антропогенного походження) чорним. Як видно, в центрі цього знімку знаходиться область, потенційно забруднена відходами антропогенного походження. Для підтвердження цього необхідно провести додатковий аналіз знімку.

Шорсткість водної поверхні стосується нерівностей або коливань висоти та нахилу водної поверхні. Це міра того, наскільки «гладкою» або «шорсткою» виглядає або поводить ся поверхня водойми. Декілька факторів впливають на нерівність водної поверхні, зокрема вітер, хвилі, течії та наявність таких об'єктів, як каміння, рослинність або споруди. На шорсткість водної поверхні впливають: вітер, хвилі, течії, рельєф дна, споруди, рослинність або штучні об'єкти на поверхні води.

Шорсткість поверхні води є критичним параметром у різних областях, включаючи гідродинаміку, океанографію та дистанційне зондування. Наприклад, у програмах дистанційного зондування розуміння шорсткості водної поверхні допомагає інтерпретувати супутникові або аерофотознімки. Крім того, у гідродинаміці шорсткість поверхні є вирішальним фактором у моделюванні течії води та транспортування осаду. Дослідники використовують різні методи, такі як вимірювання висоти хвилі або аналіз супутникових зображень, щоб охарактеризувати та кількісно визначити шорсткість водної поверхні в різних екологічних контекстах.

У данній роботі аналіз шорсткості водної поверхні використано для дешифровки пластикового забруднення. Для цього було використано спеціальний скрипт, призначений для використання на порталі Sentinel Hub. Цей скрипт перетворює вхідне зображення за формулою 2.1, що наведена нижче.

$$value = \ln\left(\frac{0.05}{0.018 + VV - 1.5}\right) \quad (2.1)$$

Результат роботи скрипту відразу відображається у вікні браузера та доступний до завантаження. Завантажений знімок представлено на рисунку 2.4.

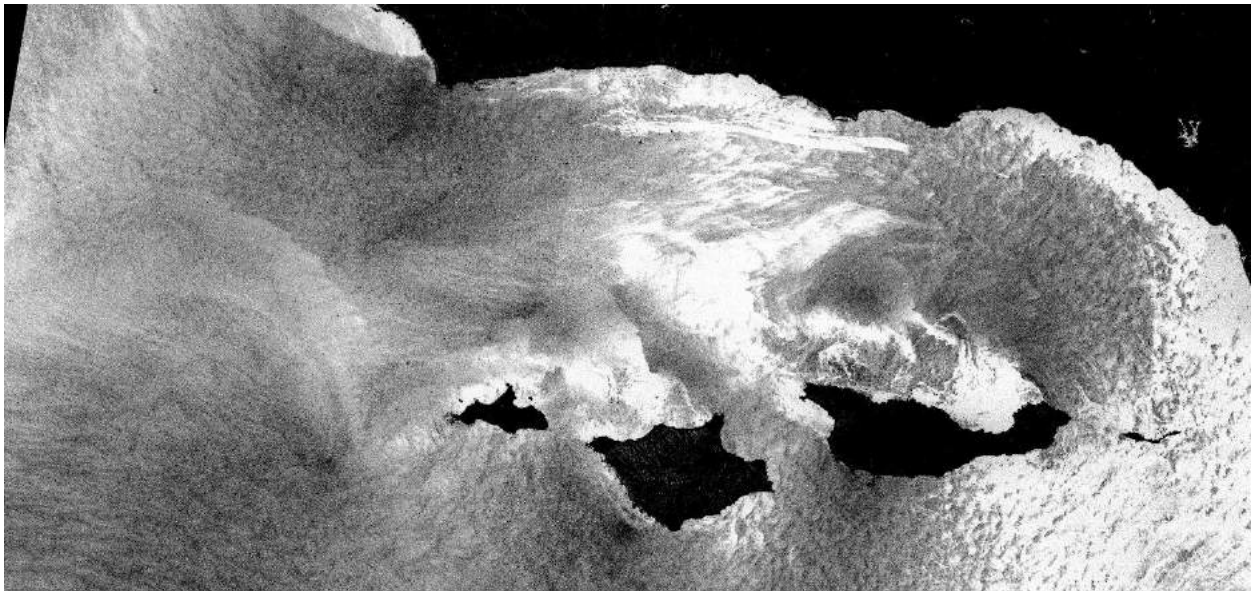


Рисунок 2.4 – Знімок шорсткості водної поверхні

Наступним кроком є автоматична класифікація знімку у програмному додатку ArcGIS 10.8. Класифікація зображень - це процес вилучення класів інформації з багатоканального растрового зображення. Растр, отриманий в результаті класифікації зображення, можна використовувати для створення тематичних карт. В залежно від характеру взаємодії аналітика з комп'ютером в процесі класифікації, розрізняють два типи класифікації зображень: класифікацію з навчанням і класифікацію без навчання. В даному проекті було використано перший тип, тобто класифікацію з навчанням.

Для проведення такої класифікації слід спочатку створити деяку вибірку, що буде містити у собі приклади усіх наявних на знімку об'єктів. Щоб створити подібну вибірку у роботі було використано інструмент «Classification». Усі виділені зони були розділені на окремі класи. Знімок з виділеними зонами представлений на рисунку 2.5.

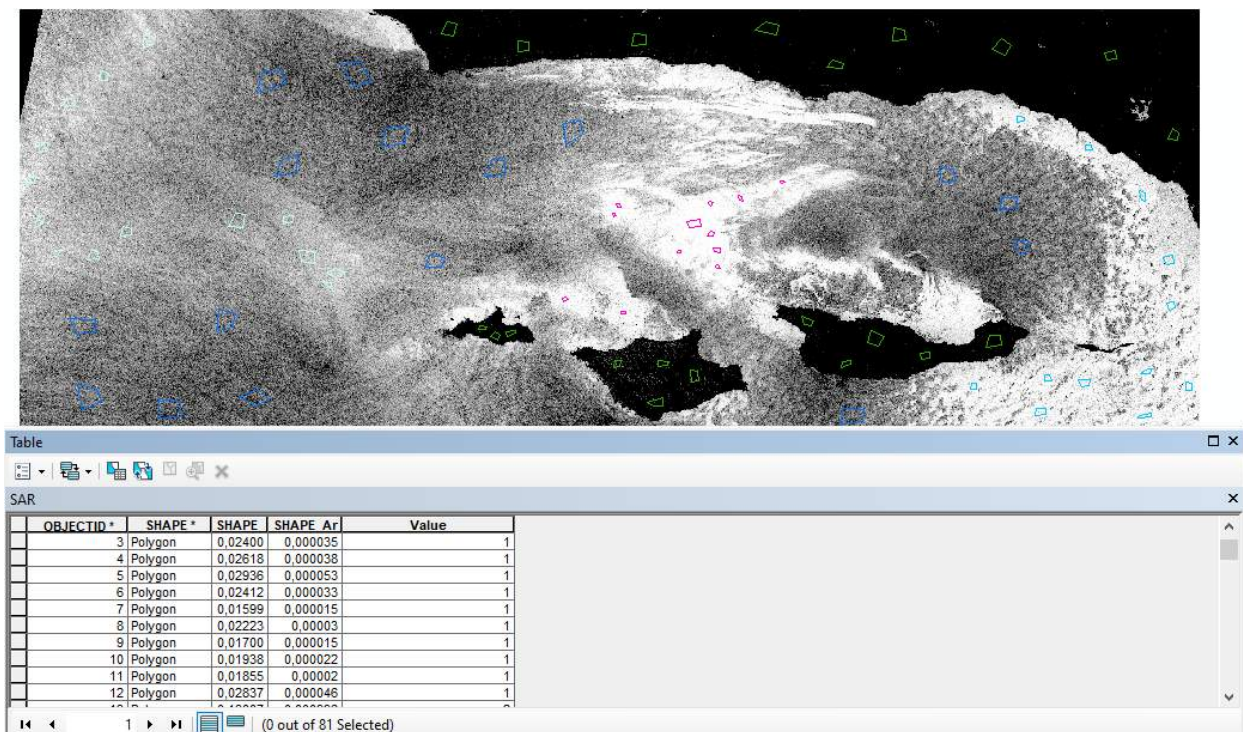


Рисунок 2.5 – Навчальна вибірка для класифікації

Наступним кроком було створено файл сигнатур на основі створеної вибірки. Використовуючи цей файл та інструмент «Maximum Likelihood Classification», інтерфейс якого представлений на рисунку 2.6 і буде проводитись класифікація.

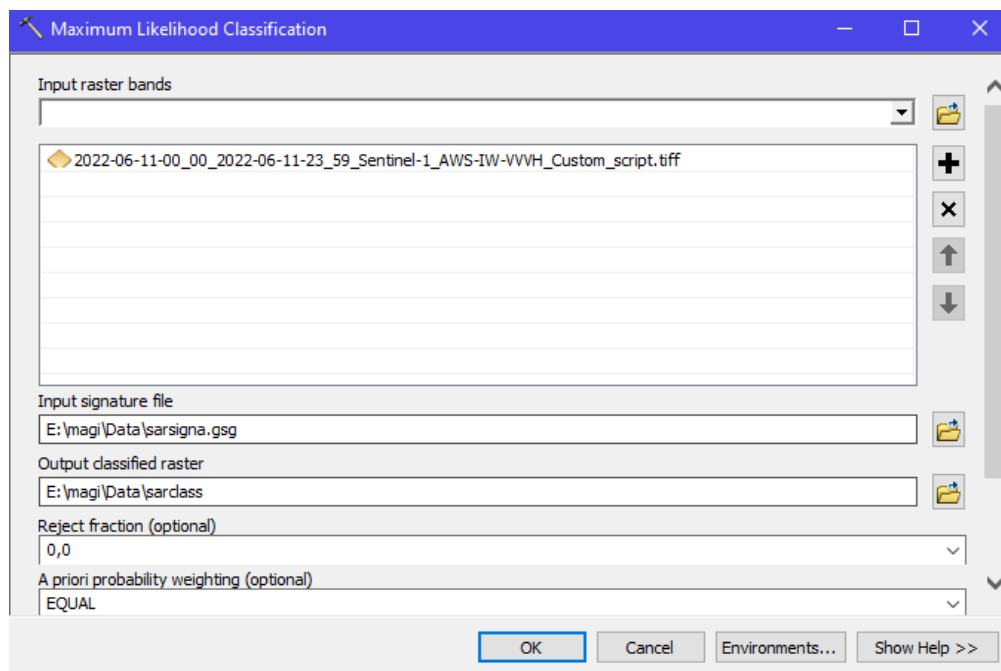


Рисунок 2.6 – Вікно інструменту Maximum Likelihood Classification

Результат класифікації представлено на рисунку 2.7.

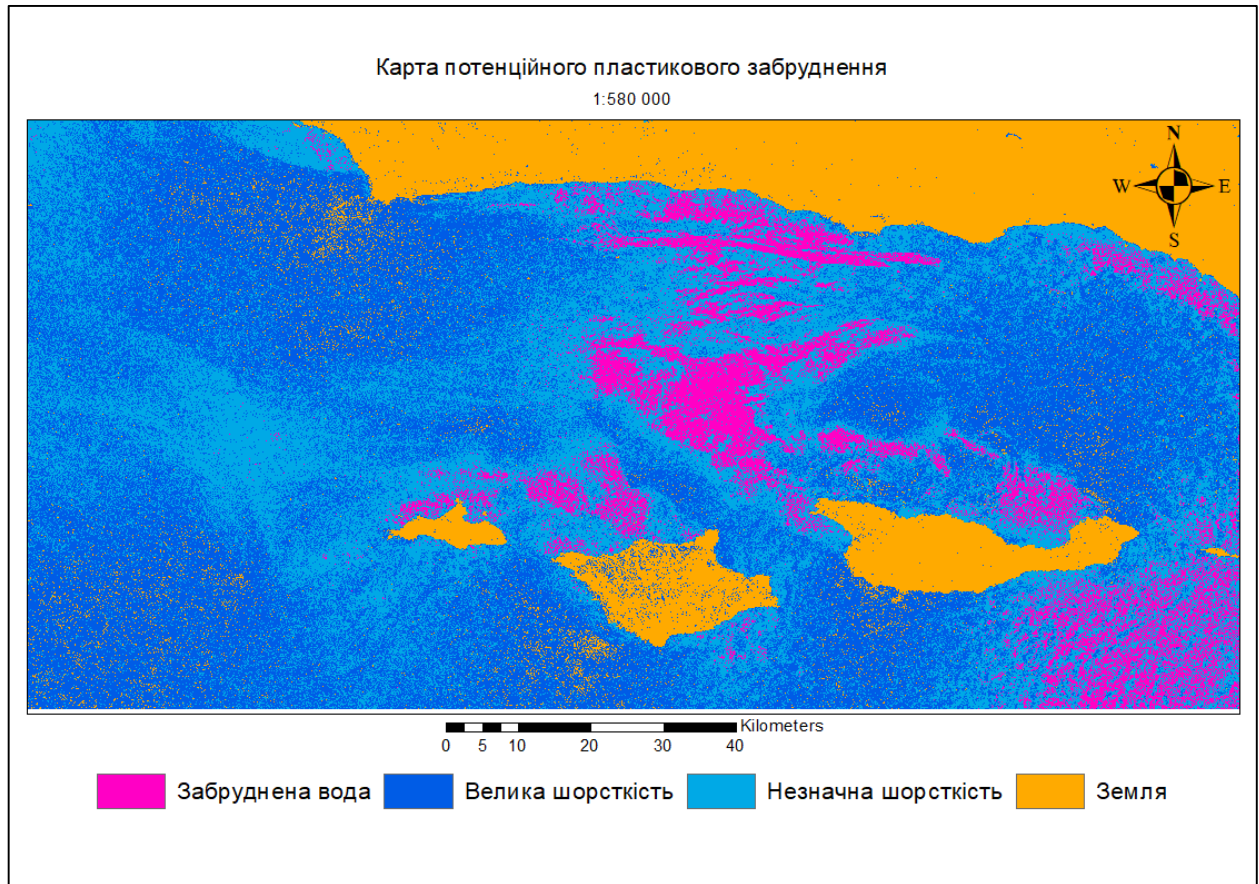


Рисунок 2.7 – Картографічна модель потенційного пластикового забруднення

Створена картографічна модель демонструє місце потенційного пластикового забруднення, однак не дозволяє точно визначити матеріал з якого воно складається.

2.1 Побудова картографічної моделі забруднення поверхні води пластиковими відходами

Для точного визначення меж забруднення та для підтвердження його походження, а саме пластикові відходи, було використано спеціальний скрипт. Принцип роботи цього скрипту представлено на рисунку 2.8.

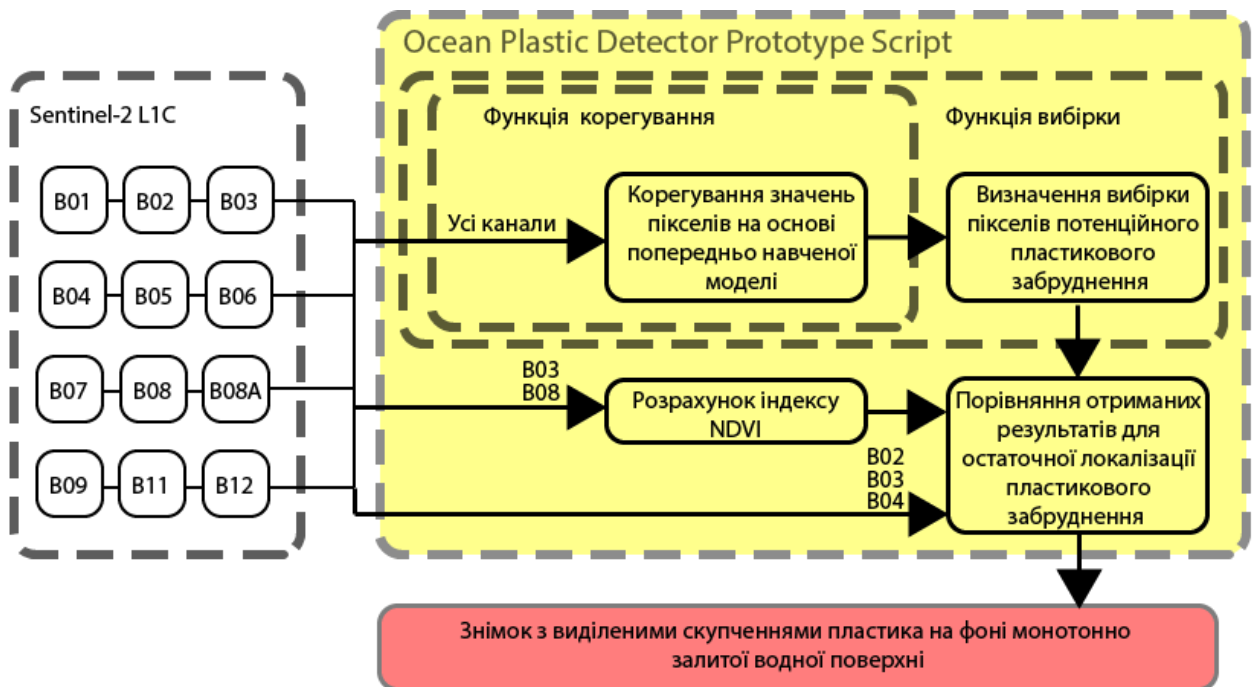


Рисунок 2.8 – Схема обробки даних ДЗЗ з використанням скрипту для виділення пластику на водній поверхні

Отримане зображення, так само як і з попереднім скриптом, виводиться у вікно браузера. Оброблений скриптом знімок представлено на рисунку 2.9.

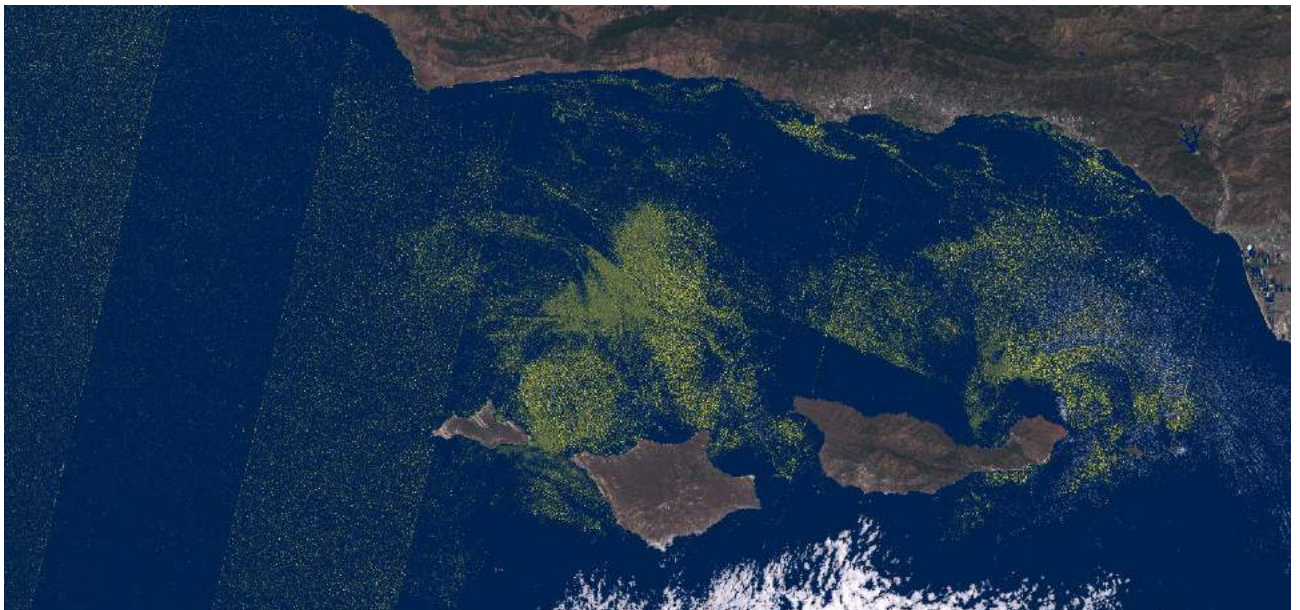


Рисунок 2.9 – Знімок, оброблений скриптом, для виділення пластикового забруднення

На отриманому зображенні суходіл залишається у природних кольорах, водна поверхня, незалежно від перепаду яскравості зафарбовується монотонно синім кольором, хмари виділяються більш чітко у своїх межах. Забруднення пластиковими відходами зображуються у градаціях від світло зеленого до жовтого, залежно від кількості відходів на один піксель знімку і відповідно достовірності результату.

Наступним кроком є автоматична класифікація знімку. Для цього растру було таксамо використано тобто класифікацію з навчанням.

Для проведення такої класифікації було створено деяку вибірку, що буде містити у собі приклади усіх наявних на знімку об'єктів. Щоб створити подібну вибірку було використано інструмент «Classification». Знімок з виділеними зонами представлений на рисунку 2.10.

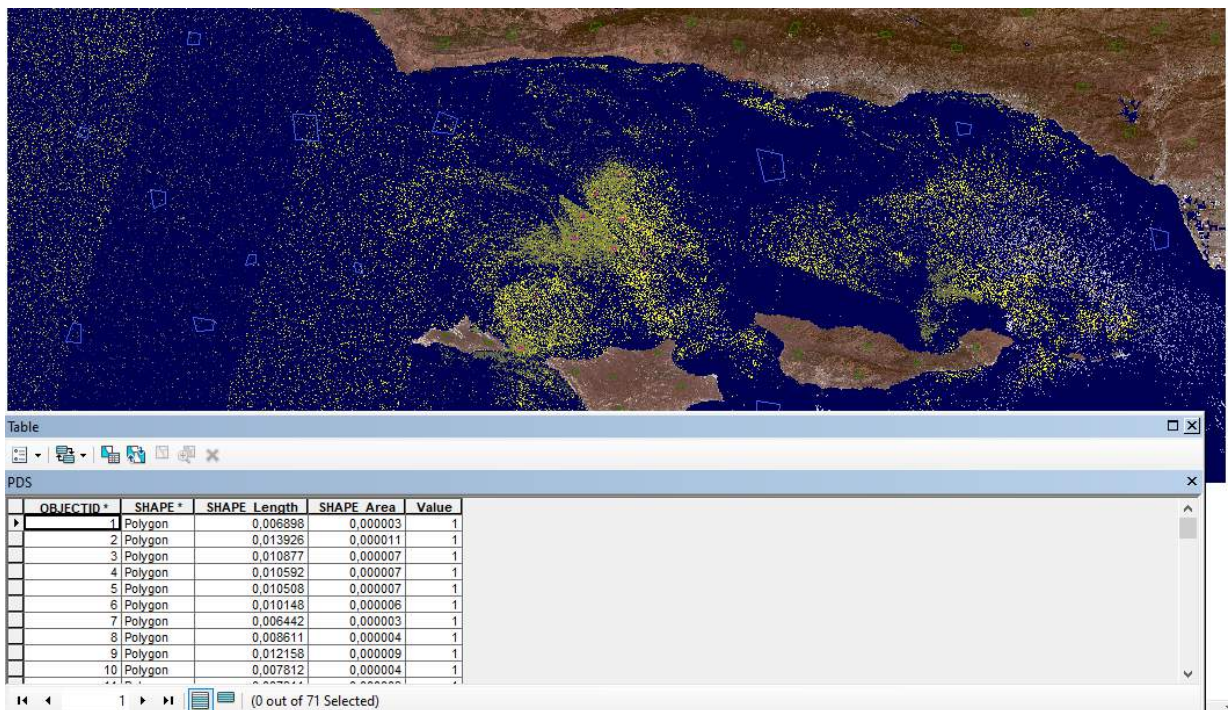


Рисунок 2.10 – Навчальна вибірка для класифікації

Наступним кроком було створено файл сигнатур на основі створеної вибірки. Використовуючи цей файл та інструмент «Maximum Likelihood Classification», інтерфейс якого представлений на рисунку 2.11 і буде проводитись класифікація.

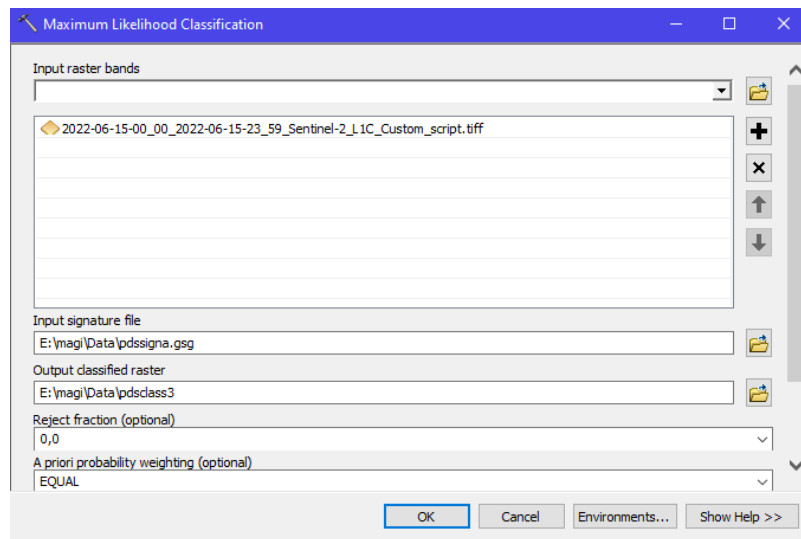


Рисунок 2.11 – Вікно інструменту Maximum Likelihood Classification

Інтервали отриманих класів були зкореговані для зменшення зашумленості результуючого зображення зайвими окремими пікселями, що вірогідніше за все являють собою ложні спрацювання скрипту. Отримана картографічна модель представлена на рисунку 2.12.

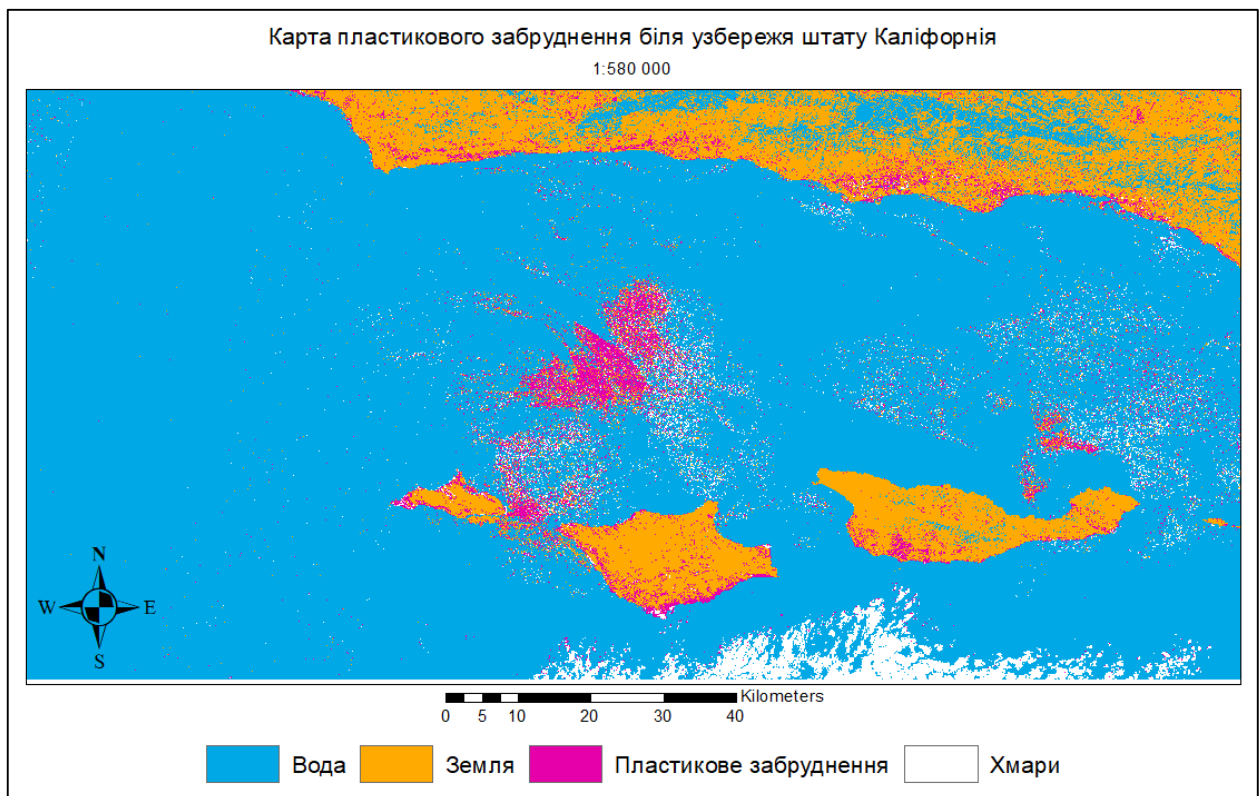


Рисунок 2.12 – Картографічна модель зони пластикового забруднення

Далі отримана картографічна модель була конвертована у векторне представлення для підрахунку площі ураження забрудненням водної поверхні. Виокремлена та перетворена у векторний формат забруднена область представлена на рисунку 2.13.

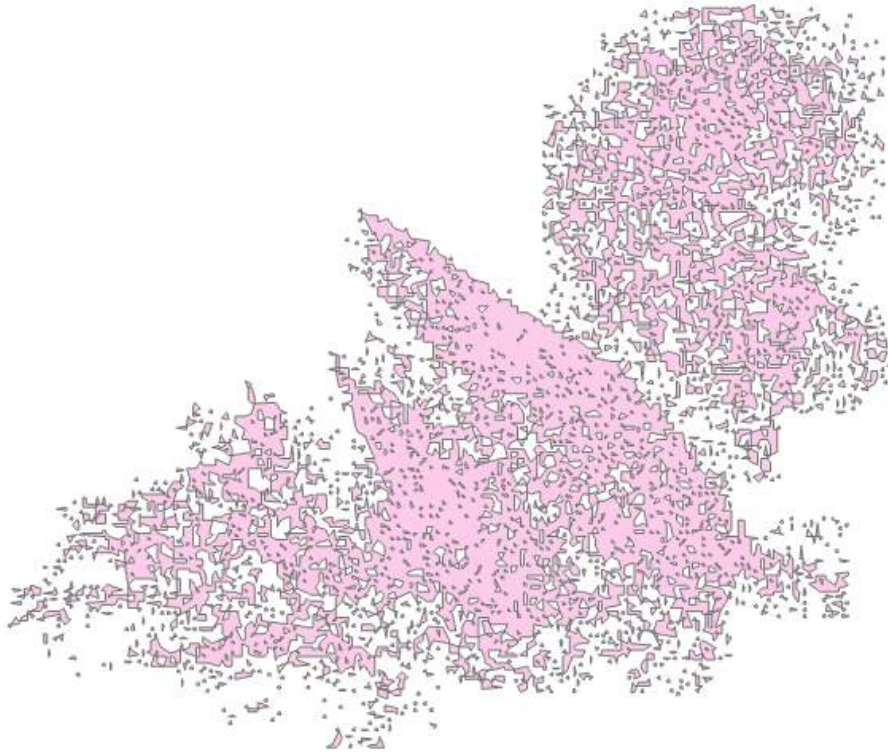


Рисунок 2.13 – Векторне представлення забрудненої області

Загальна площа отриманого полігону дорівнює 93,957 кілометри квадратні. Враховуючи швидкість з якою очищувальні системи організації Ocean Cleanup можуть виконувати свою роботу, а саме 36 км² за день в ідеальних умовах і без значного хвилювання на морі, то для очистки подібного скупчення необхідно близько 2 дні 14 годин і 38 хвилин.

РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ГЕОПОРТАЛУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ МОРІВ І ОКЕАНІВ ПЛАСТИКОВИМИ ВІДХОДАМИ

Для проектування геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами необхідно розробити загальну структуру порталу. Ця структура зображена на рисунку 3.1.

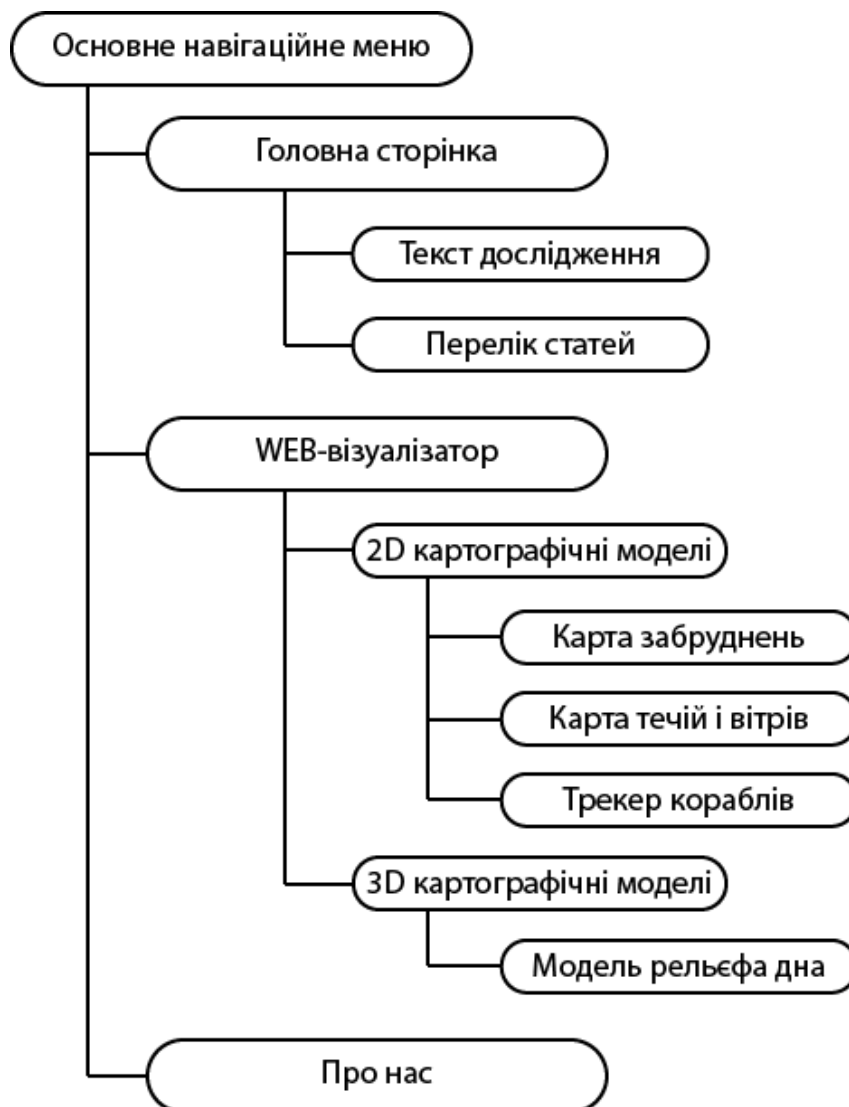


Рисунок 3.1 – Структура геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами

У данній роботі було прийнято рішення про часткову реалізацію WEB-візуалізатора. Принцип його роботи представлено на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Принцип роботи WEB-візуалізатора

Перший пункти цієї схеми, а саме отримання даних та їх обробка були описані у розділі 2. Наступним кроком є імпортування отриманої моделі до інструменту Google My Maps.

Сервіс My Maps дозволяє створювати карти та публікувати їх в Інтернеті. Підтримка імпорту готових карт у форматі .KMZ, можливість спільної роботи над картою з іншими користувачами а також інтеграція з Google Disc та простота експорту до власного інтернет ресурсу робить цей інструмент непоганим рішенням для невеликих об'ємів даних, як в данній роботі.

Спершу отримана в кінці розділу 2 векторна картографічна модель була експортована до формату .KMZ та завантажена до сервісу. Вікно сервісу представлено на рисунку 3.3.

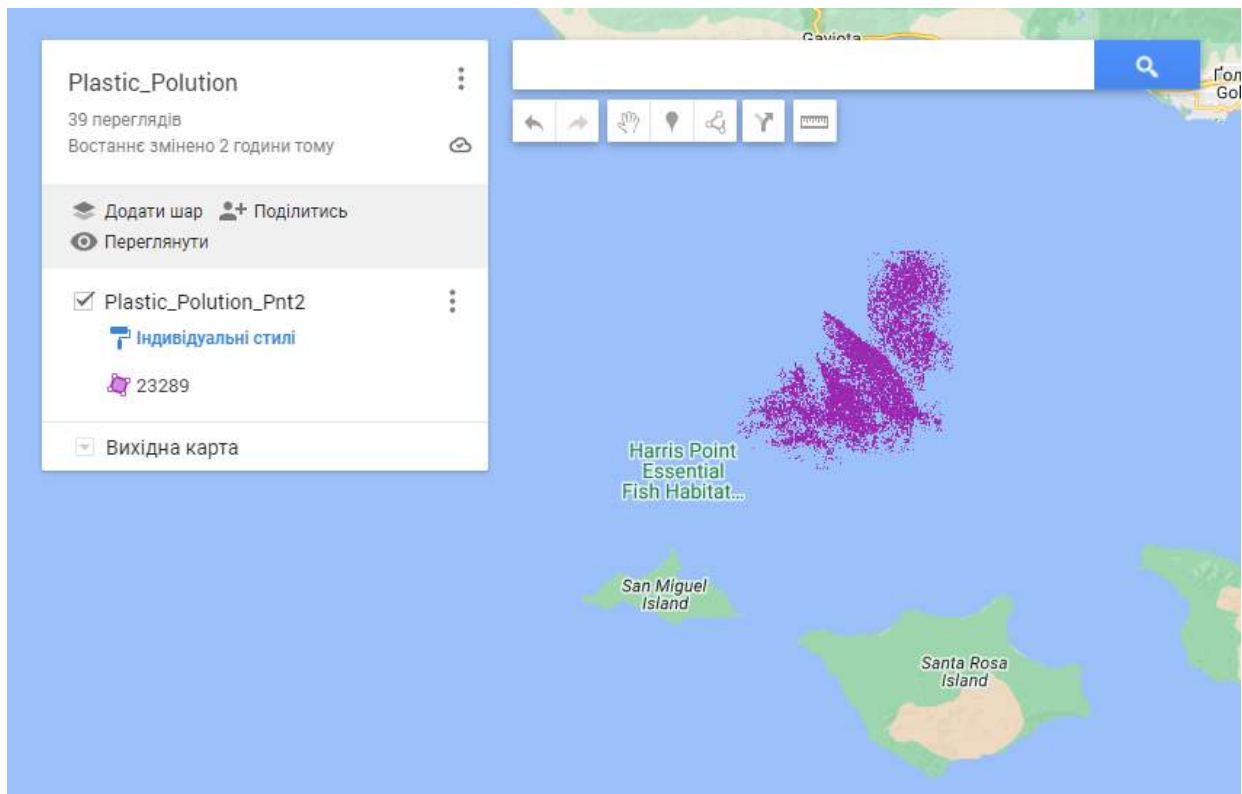


Рисунок 3.3 – Вікно сервісу My Maps

Далі у програмному додатку Visual Studio Code було реалізовано безпосередньо WEB частину геопорталу.

Visual Studio Code – це легкий, але потужний редактор вихідного коду, який працює на робочому столі та доступний для Windows, macOS і Linux. Він поставляється з вбудованою підтримкою JavaScript, TypeScript і Node.js і має багату екосистему розширень для інших мов і середовищ виконання (таких як C++, C#, Java, Python, PHP, Go, .NET).

Вікно створеного порталу представлено на рисунку 3.4.

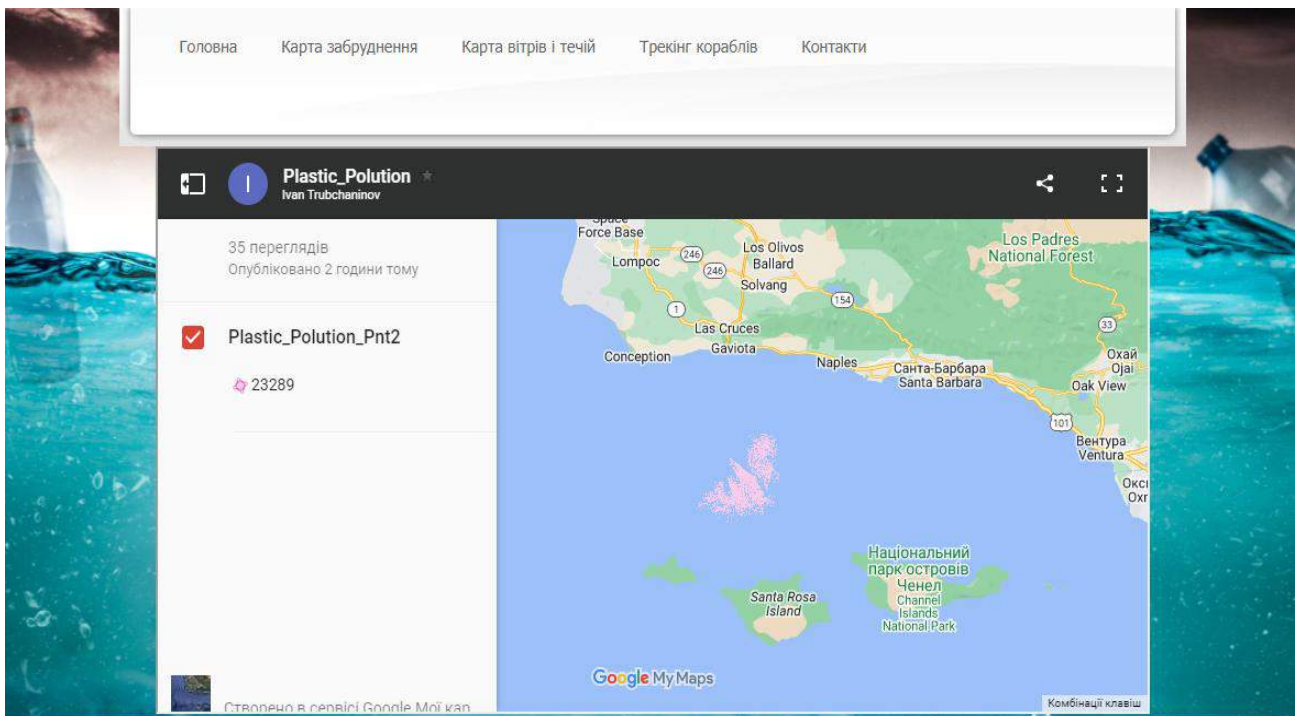


Рисунок 3.4 – Вікно геопорталу з картою пластикового забруднення

Також до WEB-візуалізатора було додано два додаткових сторонніх портали, а саме Windy та VesselFinder.

Windy – чеський веб-сайт, що надає послуги інтерактивного прогнозу погоди по всьому світу. Він містить наступні глобальні погодні моделі: GFS (Роздільна здатність 22 км), ECMWF (роздільна здатність 9 км), ICON від німецького DWD (Роздільна здатність 6 км для Європи, 13 км для всього світу)

VesselFinder – це сервіс для відстеження суден, який надає дані в реальному часі про положення та рух суден, використовуючи велику мережу супутників і наземних приймачів AIS. Вікно з цими сервісами у геопорталі представлено на рисунку 3.5.

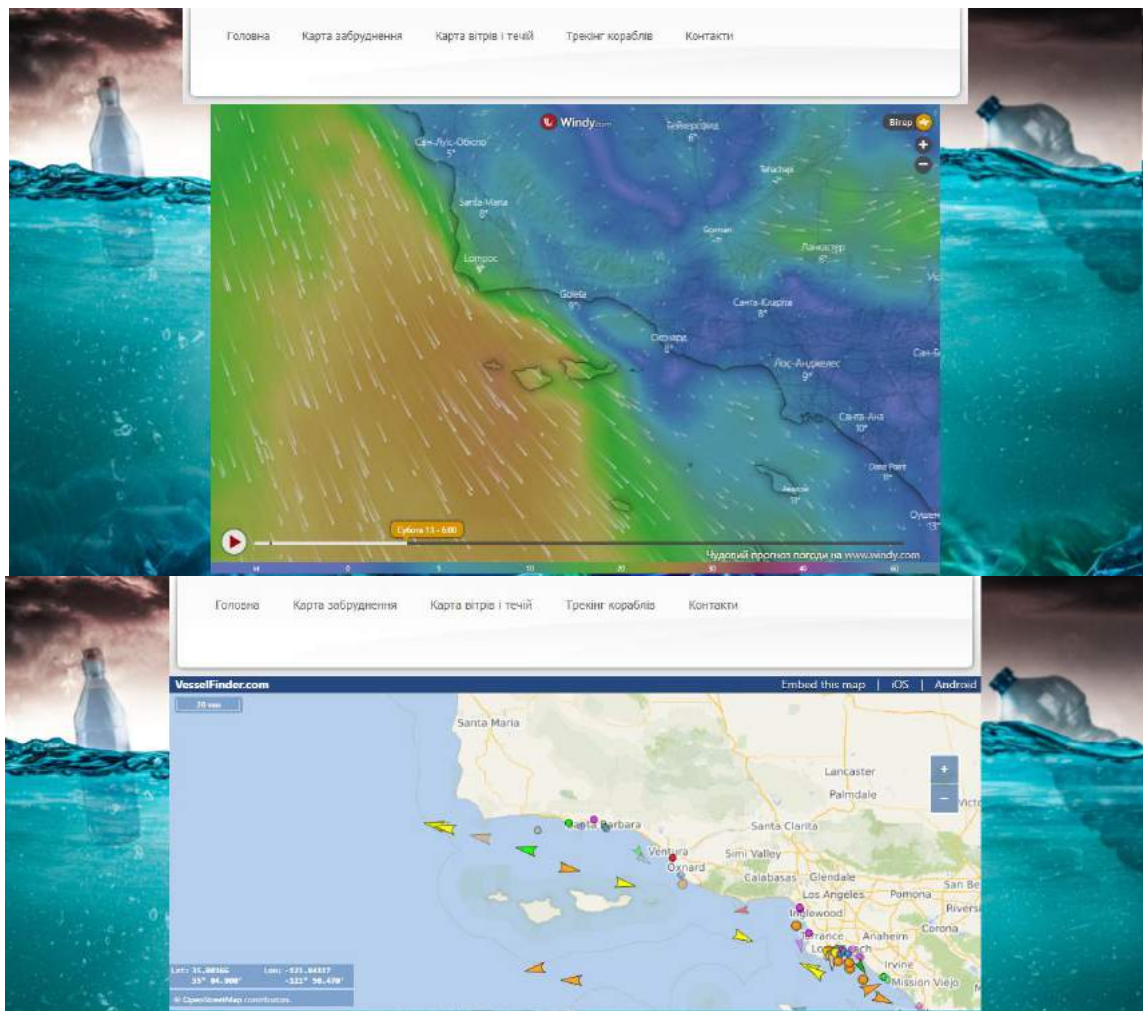


Рисунок 3.5 – Вікна з порталами Windy та VesselFinder

На основі виконаної роботи було проведено розробку концепції структури подальшого розвитку геопорталу та загальної інфраструктури мережі моніторингу за відходами в океані.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНФРАСТРУКТУРИ БАЗИ ЗНАНЬ МОНІТОРИНГА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ АКВАТОРІЙ

4.1 Методологія створення структури бази знань інфраструктури геопросторових даних

Цифрова обробка просторових даних набула великого значення протягом останніх двадцяти років. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій має великий потенціал для прискорення людського прогресу, подолання цифрового розриву та розвитку технологій, заснованих на знаннях і науково-технічних інноваціях. Але інформаційні технології вступають в конфлікт з людським мозком. Мислительний процес людини є процедурою, спрямованою на своєчасне вирішення проблем. Розуміння цієї проблеми викликає необхідність пошуку рішень, які дозволяли б представляти інформацію повно і достовірно.

На сучасному етапі розвитку суспільства та технологій колись популярний вислів "хто володіє інформацією, той володіє світом" відходить в минуле. Значущість тепер полягає не в інформації та даних про об'єкти та явища, а в знаннях про них. Зараз з'являється зростаюча потреба в використанні геопросторових знань, які витягаються з великих даних. Багатьма вченими було розроблено низку методів та алгоритмів інтелектуального аналізу просторових даних. При цьому існує ряд проблем застосування цих методів та алгоритмів при вилученні просторових знань. Для представлення інформації використовують засоби, що базуються на методах когнітивної графіки, орієнтованої на образне мислення. Образне мислення є однією із пізнавальних здібностей людини. При цьому у людини формується уявний образ, який відображає об'єкт навколишнього простору. Образне мислення працює тоді, коли потрібно вирішити нові складні завдання. Воно базується на минулих знаннях.

Знання, що виходять на передній план, відкривають нові горизонти для інтеграції з більш широким спектром джерел даних та інформації [8]. Ця тенденція сприяє залученню всіх зацікавлених сторін у процесі прийняття

рішень, включаючи тих, у кого немає досвіду в галузі ІТ чи геопросторового аналізу. Ці процеси призведуть до скорочення дублювання та затримок у ланцюгах постачання, які лежать в основі економіки знань.

Саме знання становлять економічну і ресурсну цінність на сучасному етапі розвитку людської цивілізації. Це стосується абсолютно всіх аспектів життєдіяльності людини, від економіки до соціальної сфери. Необхідні ефективні методи вилучення знань з великих обсягів даних, інформації та вже існуючих знань. Для вилучення корисних знань з розподілених джерел просторових даних потрібна інфраструктура знань. З технологічної точки зору інфраструктура знань - це інтегрований набір технологічних компонентів, які є основою формування знань. Це означає, що без такої інфраструктури неможливо полегшити процес управління знаннями (створювати знання, обмінюватися ними, отримувати до них доступ і управляти ними).

Центр спільних досліджень Австралії та Нової Зеландії для просторової інформації (CRCSI) визначає інфраструктуру геопросторових знань у своїх публікаціях як "мережу даних, аналітики, інформаційних систем, експертних знань, які допомагають людям як індивідуально, так і спільно інтегрувати геопросторові знання в реальному часі в повсякденне прийняття рішень та вирішення проблем". Інфраструктура геопросторових знань представляє собою інтероперабельну структуру, за допомогою якої створюються, організовуються, розподіляються, управляються та використовуються геопросторові знання з різних галузей.

Концептуальний зв'язок між даними, інформацією та знаннями подано на рисунку 4.1. На цьому малюнку пропонується розуміти знання як збір інформації з урахуванням зв'язуючого контексту, що надає розуміння. Збір, у свою чергу, є процесом, а знання за визначенням – це результатом процесу пізнавальної діяльності.



Рисунок 4.1 – Концептуальний зв'язок між даними, інформацією та знаннями

CRCSI [3] пропонують інфраструктуру геопросторових знань (ІГЗ), яка позиціонує геопросторові можливості загального призначення, охоплюючи управління, технології, дані, людські ресурси в основі спільного створення геознань. Інфраструктуру геопросторових знань пропонується об'єднати з більш широкою інфраструктурою даних в рамках тієї ж інфраструктури. На рисунку 4.2 наведено порівняння можливостей інфраструктури просторових даних та інфраструктури геопросторових знань.

Аналізуючи запропоновану на рисунку 4.2 інфраструктуру геопросторових знань, можна зробити висновок, що CRCSI не враховано 3D-представлення місцевості, а також когнітивні технології, які сприяють більш ефективному і швидкому сприйняттю та розумінню знань, плануванню та управлінню прийняттям управлінських рішень. CRCSI випустив офіційний документ "До інфраструктури просторових знань" [8], в якому говориться, що рух від даних до знань, які придатні до використання для конкретних цілей, буде стимулювати нові види діяльності. Головний принцип цієї еволюції в геоіндустрії, за думкою авторів документа, полягає в тому, що фокус зміщується від створення та

підтримки даних до створення та підтримки знань як основного джерела цінності.



Рисунок 4.2 – Порівняння можливостей ІПД та ІГЗ

В результаті вищесказаного можна зробити висновки, що в наш час відбувається процес всезагального поширення та застосування геопросторових знань. Геопростір пов'язаний з "інтеграцією" даних, технологій, інфраструктури, соціальних, інституційних, організаційних зв'язків, інновацій та знань. Геопросторова екосистема зростає і розвивається, стаючи більш обширною, ніж будь-коли раніше. Геопростір становить частину ширшої цифрової інфраструктури, і вельми важливо, щоб інфраструктури об'єднувалися для надання користувачам практичних знань для ефективного прийняття рішень.

Глобальна цифрова інфраструктура повністю забезпечує геопросторові знання, при цьому геопростір стає частиною основної цифрової екосистеми.

Сьогодні цифрова екосистема представляє собою складну сукупність численних інтерактивних компонентів, включаючи геопросторові дані, отримані з різних технологій, широко розділені на чотири категорії: ГНСС та системи позиціонування, географічні інформаційні системи, спостереження за Землею (супутникові, аерофотознімки та зображення вулиць), а також інструменти та технології сканування (LiDAR, RADAR та георадар). Геопросторова інформація, зібрана з цих джерел, представлена у багатьох формах та на різних носіях, включаючи цифрові карти, супутникові знімки, хмари точок та аерофотознімки. Зібрані просторові дані підсилюють важливість системи вимірювання "розташування", яка полегшує соціальне, економічне та екологічне використання в державних системах і службах, а також в інших ініціативах національного розвитку, а геопросторові знання забезпечують прогнозування, яке з допомогою аналітики та моделювання має вирішальне значення для прийняття рішень. Раніше системи підтримки прийняття рішень програмувалися на основі правил, і застосовувані правила в сукупності надавали необхідне пояснення. Геопросторові дані, інформація та знання повинні бути доступними, з заявленою достовірністю, і включати архівні дані попередніх епох, щоб допомогти зрозуміти зміни та забезпечити краще прогнозування [9]. Для сучасних масштабних нейронних мереж існує широкий спектр факторів, вхідних даних та винятків, що робить достовірність отриманих знань складною задачею.

Отже, цінність знань полягає в ефективних і дієвих методах вилучення специфічних для користувача знань з великих обсягів даних, інформації та існуючих знань з відповідних джерел у будь-якому місці. І вже на цій основі включається мудрість, яка дозволяє вирішувати багато обговорюваних, включаючи глобальні, проблем за допомогою використання геопросторових можливостей. Наприклад, зміна клімату, яка змінює саму структуру екосистеми Землі, від якої залежать люди. Після десятиліть суперечок багато країн в наш час переходять до реалізації політики, що не має викидів вуглецю.

Останні тенденції продемонстрували руйнівний характер та продемонстрували необхідність забезпечення готовності, прогнозного моделювання, прийняття рішень на основі фактичних даних та ефективного планування, спираючись на геопросторові знання.

Концепція інфраструктури просторових знань, запропонована авторами з CRCSI [8], представляє собою комплексний набір із шести елементів, які, на думку авторів, становлять основу цифрової екосистеми і представлені на рисунку 4.3.

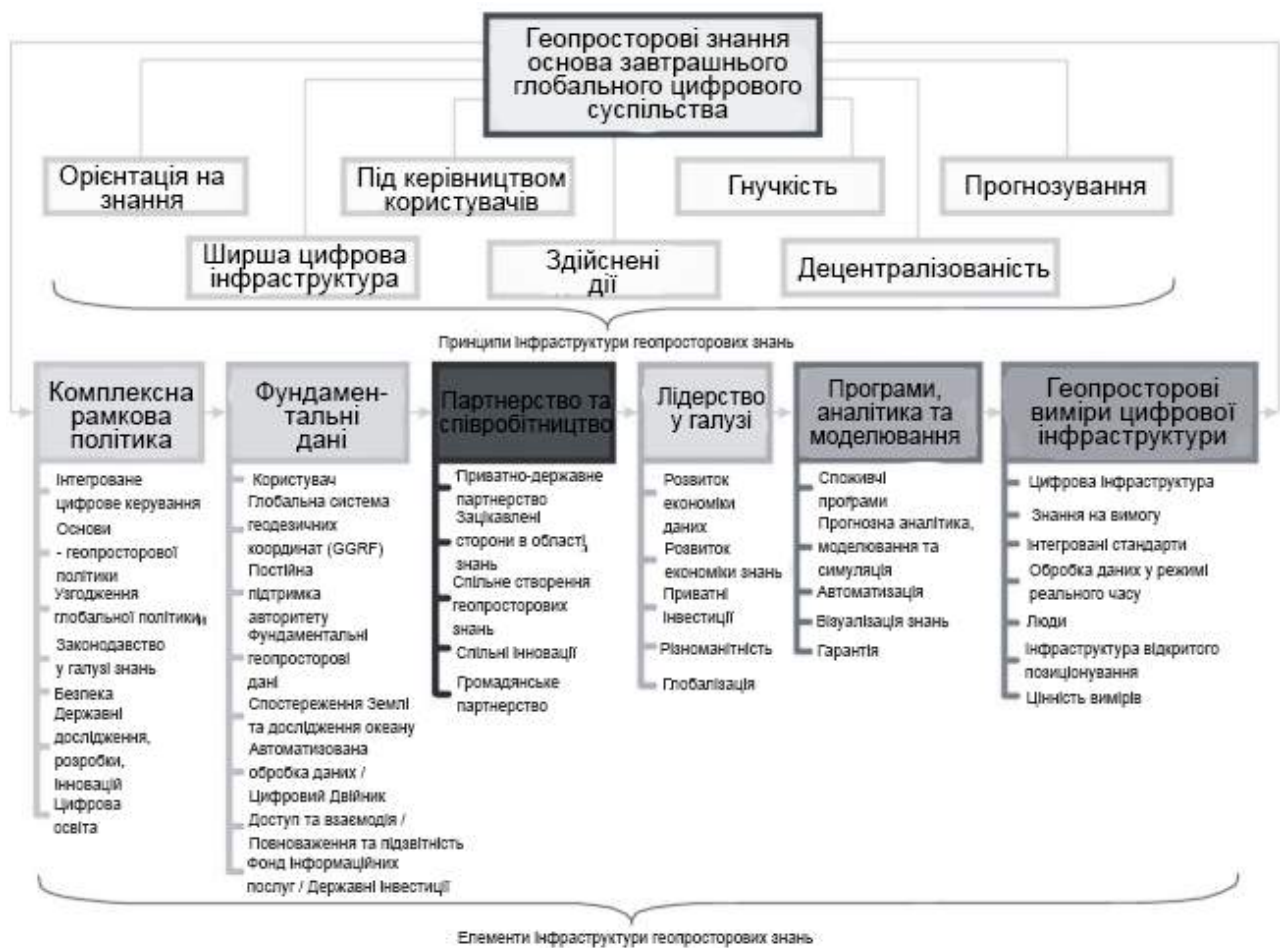


Рисунок 4.3 – Концепція інфраструктури геопросторових знань

Аналізуючи запропоновану авторами CRCSI концепцію інфраструктури просторових знань, можна зробити висновок, що в даній структурі порушена система розподілу складових елементів.

Геопросторові знання сприяють вирішенню завдань у будь-якій сфері життєдіяльності, і однією з основних цінностей геопросторових знань є можливість їх візуалізації. При цьому основним інструментом візуалізації геопросторових знань служить карта. Але існують деякі фактори, які заважають впровадженню геопросторових знань у всі соціально-економічні процеси:

- недостатня доступність геопросторових знань через відсутність регульованих механізмів управління просторовими та геопросторовими даними та знаннями;
- відсутність чітких правил для формального представлення геопросторових знань;
- висока ступінь втручання у процес перевірки знань через відсутність автоматизованих алгоритмів перевірки.

4.2 Розробка концепції гідрологічної бази геоданих для геопорталу з моніторингу відходів на поверхні морів і океанів

Аналіз нових тенденцій у використанні знань у життєдіяльності людини, зокрема в частині геопросторових знань, результати досліджень CRCSI та інших вчених дозволяють нам виділити та визначити наступні три види геопросторових знань, що виконують різні ролі в процесах картографування та використання геопросторових моделей та карт. Геопросторові знання про територію представляють собою знання про оцінку конкретної території з точки зору умов здійснення кожного виду діяльності на ній. Геопросторові знання складаються з трьох видів, які мають різний зміст та призначення: професійні картографічні геознання, територіальні геопросторові геознання та геознання про територію. За останні роки склад цих всіх трьох видів геознань суттєво розширюється за рахунок геокогнітивної складової, включення в моделі та карти геопросторових знань про територію, інтеграції наявних знань зі знаннями з області досягнень четвертої промислової революції.

Тепер, окрім карт, створених фахівцями в області картографії, невідготовлені користувачі мають доступ до даних та програмного забезпечення. Користувачі отримують глибоке розуміння та аналіз просторових відносин і процесів.

Використання геознань на практиці вимагає застосування когнітивних функцій, які відносяться до управлінських – планування та прийняття рішень. Видатним явищем останніх десятиліть був стрімкий розвиток когнітивних наук, які пропонують новий підхід до вивчення роботи мозку, розуму та інтелекту, відкриваючи фундаментальні закономірності процесів сприйняття навколишнього світу людиною. Однією з важливих задач цих наук є пошук шляхів підвищення продуктивності мислення та інтелектуальної праці людини.

Когнітивні функції визнаються вченими як одні з найвищеорганізованих функцій людини, які забезпечують її взаємодію з оточуючим світом. Під час формування геознань можуть використовуватися такі когнітивні функції, як комплексна увага, сприйняття та психомоторна функція, навчальність та пам'ять, а також деякі управлінські функції, такі як корекція помилок, інтелектуальна гнучкість тощо, що допомагає формувати геознання та, відповідно, сприяє ухваленню управлінських рішень. Геопросторові знання мають певну особливість, а саме оглядовість та здатність сприйматися суб'єктами за допомогою образного мислення, яке є одним із пізнавальних здібностей людини. Те, наскільки повно людина сприймає навколишній простір, впливає на її досвід, навички та знання. Отже, когнітивний аспект, який безпосередньо пов'язаний із набуттям, організацією та використанням знань, є важливим аспектом сприйняття оточуючого простору. Таким чином, очевидна важливість впровадження когнітивних технологій в інфраструктуру геопросторових знань [15].

Було запропоновано розподілити елементи інфраструктури геопросторових знань на три групи ресурсів: адміністративні ресурси, ресурси геопросторової індустрії / професійні ресурси, ресурси користувачів. До складу елементів ресурсів геопросторової індустрії та ресурсів користувачів інфраструктури

просторових знань слід включити такі складові, які визначають інфраструктуру просторових знань як "мережу даних, аналітики, інформаційних систем, експертних знань, які допомагають людям як індивідуально, так і спільно інтегрувати геопросторові знання в реальному часі в повсякденне прийняття рішень та вирішення проблем", наприклад, когнітивні технології, правила формального представлення геознань, експертні знання, алгоритми автоматизованого формування геознань, технологічні рішення автоматизованого формування геознань, автоматизовані алгоритми перевірки знань.

Отже, інфраструктуру геопросторових знань можна розглядати як інфраструктуру для інтеграції геопросторових підходів даних і технологій в більш широку цифрову екосистему, що складається з таких елементів, які представлені у таблиці 5.

Таблиця 7 – Інфраструктура геопросторових знань

Адміністративні ресурси	Комплексна політика у сфері геознань	Інтегроване цифрове управління
		Основи геопросторової політики
		Узгодження глобальної політики
		Законодавство у галузі знань
		Безпека
		Державні дослідження, розробки, інновації
		Цифрова освіта
	Партнерство та співробітництво	Приватно-державне партнерство
		Зацікавлені сторони в галузі знань
		Спільне створення геопросторових знань
		Спільні інновації
	Лідерство в галузі	Громадянське партнерство
		Розвиток економіки даних
Розвиток економіки знань		
Приватні інвестиції		
Ресурси геопросторової індустрії / професійні ресурси	Геознання о роботі з даними	Різноманітність
		Дані користувачів
		Глобальна система геодезичних координат
		Фундаментальні геопросторові дані
		Дані дистанційного зондування

		Результати автоматизованої обробки даних
		Доступ та взаємодія
		Фонд інформаційних послуг
		Інфраструктура відкритого позиціонування
		Оперативний аналіз даних
	Геознання о процесах індустрії	Технологічні рішення автоматизованого формування геознань
		Цифровий двійник
		Цифрова інфраструктура
		Інтегровані стандарти
		Штучний інтелект
		Обробка даних у реального часі
		Люди
		Автоматизовані алгоритми перевірки знань
		Доступ та взаємодія
Банки та бази геознань		
Користувацькі ресурси	Програми, Аналітика	Геокогнетивні карти
		Карти, доповнені геознаннями
		3D\4D\5D моделі
		Правила формального представлення геознань
		Когнітивні технології
		Прогнозна аналітика, моделювання і симуляція
		Експертні знання
		Алгоритми автоматизованого формування геознань
	Знання користувачів	Надання знань по вимогам
		Споживацькі програми
		Розподілення хмарних технологій
		Забезпечення доступу до геодезичних даних (колективна частина СУБГЗ)
		Оперативний пошук геознань

З появою епохи знань з'явилася можливість необмеженого доступу до геопросторових знань за вимогою у форматі геопродуктів та геослужб завдяки використанню розподіленого середовища та розробці технологічних рішень для витягування знань. Інфраструктура геопросторових знань стає важливою

складовою для забезпечення економіки та соціальної сфери, що обумовлено загальною цифровізацією та умовами четвертої промислової революції [15].

На основі проведеного аналізу було розроблено структуру подальшого розвитку геопорталу, шляхів його наповнення даними та результатів роботи. Ця структура представлена на рисунку 4.4.



Рисунок 4.4 – Структура подальшого розвитку та наповнення геопорталу

На основі створеної структурної схеми було створено концепцію гідрологічної бази геоданих для геопорталу з моніторингу відходів на поверхні морів і океанів, що представлена на рисунку 4.5.

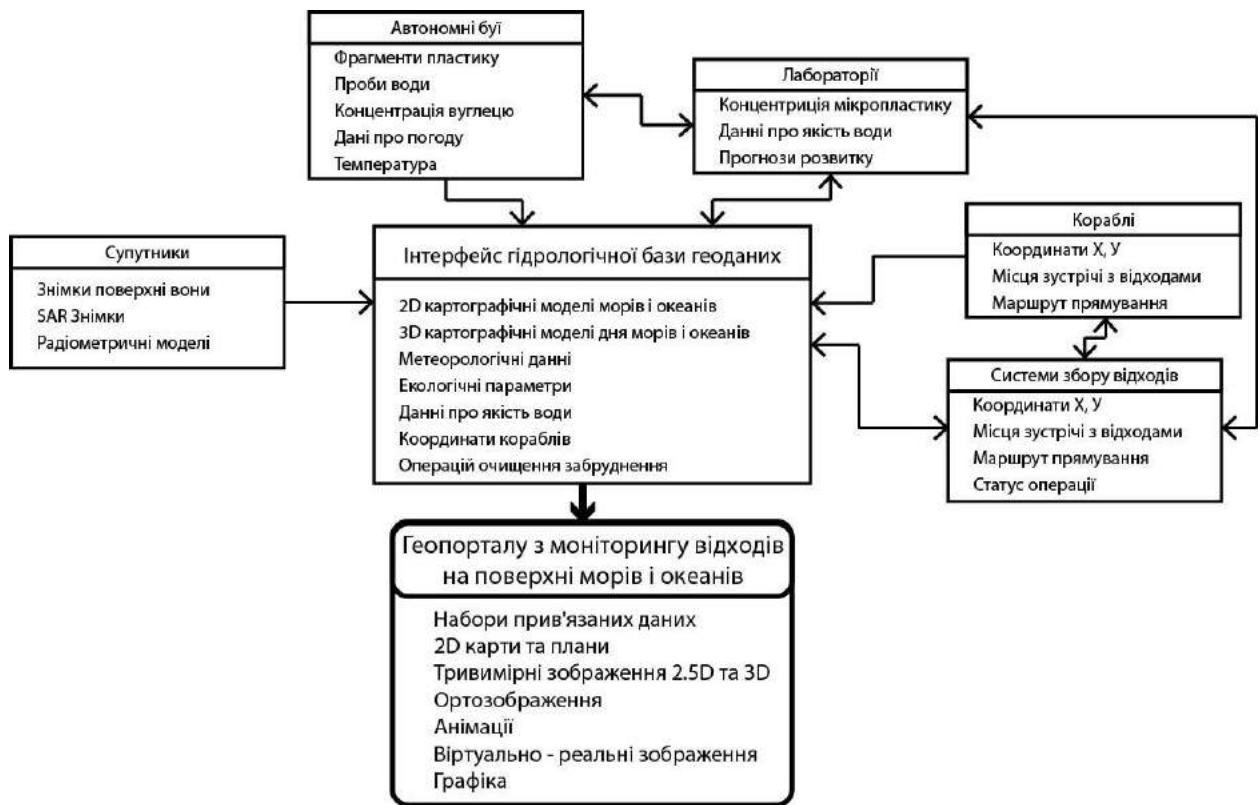


Рисунок 4.5 – Структура взаємодії технологій та засобів моніторингу відходів на поверхні морів і океанів

На сьогоднішній день прийняття обґрунтованих рішень на всіх рівнях, чи то соціально-економічний розвиток територій, запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій, боротьба з епідеміями, неможливе без використання інфраструктури геопросторових знань. З розвитком інформаційних продуктів та застосуванням інфраструктури геопросторових геознань з'явилася можливість генерувати знання "автоматично", отже, реагувати на певні ситуації та приймати ефективні рішення вчасно. Автоматизація формування знань стане серйозним проривом у найближчий час.

Саме тому створення повноціної бази геоданих для оперування великими об'ємами гідрологічних даних є безальтернативним рішенням для майбутніх місій з пошуку та очищення відходів. Подібне рішення стане відповіддю на темпи забруднення, що зростають з кожним роком і дозволить як мінімум локалізувати, а як мінімум певною мірою усунути глобальну проблему забруднення океанів. У коротстроковій перспективі це допоможе цивільним

судам, а особливо рибальським менше стикатись з відходами на поверхні, у свою чергу екологи зможуть швидше та ефективніше знаходити та нейтралізувати їх пагубний вплив.

Створений за данною концепцією геопортал дозволить оперувати великими об'ємами даних, що до пластикових забруднень, океанічних течій, вітрів, шляхів міграції риб чи інших морських видів, маршрутів рибальських чи транспортних кораблів тощо. Усе це разом дає можливість не тільки моніторингу кількості пластикового забруднення, але й більш точно прогнозування його переміщення чи збільшення у майбутньому. Створена система була б корисна будь кому, так чи інакше пов'язаний з діяльністю в морі. Від рибалок, що дозволить вчасно скорегувати маршрут і не спіймати у сітки купу пляшок, до екологів, що зможуть мінімізувати втрати серед морської фауни. І звісно подібний портал стане в нагоді приватним чи державним програмам з очищення океанів чи завчасному запобіганню появи нових великих скупчень.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз проблеми забруднення поверхневих вод морів і океанів пластиковими відходами. Класифіковано матеріали та шляхи походження і потрапляння сміття до океанів. Проведено оглядовий аналіз існуючих рішень моніторингу водних об'єктів та виявлено тенденції до збільшення використання зображень аеро та супутникової зйомки з високою роздільною здатністю для підвищення якості глобального моніторингу морів і океанів.

Було виділено осередок пластикових відходів на поверхні океану за допомогою програмного додатку ArcGIS 10.8 використавши радарні знімки супутника Sentinel 1 та оброблені спеціальним скриптом NDVI знімки супутника Sentinel 2. За результатом класифікації було створено картографічні моделі та розраховано приблизну площу та час необхідний на очистку забруднення.

Було розроблено структуру геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами та реалізовано його частину для репрезентації результатів дослідження у WEB вигляді. Також були визначені подальші шляхи розвитку та наповнення геопорталу та концепцію гідрологічної бази геоданих для геопорталу з моніторингу відходів на поверхні морів і океанів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. SUPPORTING THE SCIENCE THAT SAVES THE OCEAN. Arcuser. 2023. P. 40–47. URL: <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/esriocean/>.
2. How to end ocean plastic pollution - EIA. EIA. URL: <https://eia-international.org/ocean/plastic-pollution/ending-plastic-pollution/> (date of access: 25.10.2023).
3. Lehmköster J. World Ocean Review 4. World Ocean Review. 2015. URL: http://worldoceanreview.com/wpcontent/downloads/wor4/WOR4_en.pdf/ (date of access: 27.10.2023).
4. International Hydrographic Bureau. IHO standards for hydrographic surveys. special publication no. 44. 5th ed. Monaco, 2008.
5. A growing plastic smog, now estimated to be over 170 trillion plastic particles afloat in the world's oceans—Urgent solutions required / M. Eriksen et al. Plos one. 2023. Vol. 18, no. 3. P. e0281596. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281596> (date of access: 03.11.2023).
6. Sentinel 1: satellite imagery, overview, and characteristics. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/find-satellite/sentinel-1/> (date of access: 21.11.2023).
7. Sentinel-2: satellite imagery, overview, and characteristics. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/find-satellite/sentinel-2/> (date of access: 21.11.2023).
8. Geospatial knowledge infrastructure. Geospatial Media and Communications: Media, Conferences & Market Research. URL: <https://geospatialmedia.net/gki-campaign.html> (date of access: 21.12.2023).
9. The evolution of mapping: from geodata to geoinformation and geoknowledge / D. Lisitsky et al. 21st SGEM international multidisciplinary scientific geoconference proceedings 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.5593/sgem2021/2.1/s11.93> (date of access: 24.12.2023).
10. Mitigating microplastics risks to advance ocean health. Geospatial World. URL: <https://www.geospatialworld.net/prime/business-and-industry->

trends/mitigating-microplastics-risks-to-advance-ocean-health/ (date of access: 26.10.2023).

11. Global mass of buoyant marine plastics dominated by large long-lived debris / M. L. A. Kaandorp et al. *Nature geoscience*. 2023. Vol. 16, no. 8. P. 689–694. URL: <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01216-0> (date of access: 26.10.2023).

12. A global snapshot of microplastic contamination in sediments and biota of marine protected areas / B. Z. Nunes et al. *Science of the total environment*. 2022. P. 161293. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.161293> (date of access: 27.10.2023).

13. Oceans the ocean cleanup. The Ocean Cleanup. URL: <https://theoceancleanup.com/oceans/> (date of access: 25.10.2023).

14. Олександра Б. Глобальний підхід до запобігання потраплянню пластику в океан. Arc ГІС часопис : Esri International Infrastructure Management & GIS Conference, Frankfurt, 18 April 2023.

15. Walter C. *Future Trends in geospatial information management: the five to ten year vision*. Third Edition, 2020.

ДОДАТОК А Плакат на тему «Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами пластика»



ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ ОКЕАНІВ ВІДХОДАМИ ПЛАСТИКА

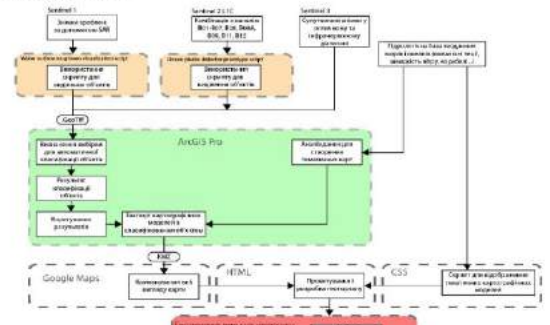
Спеціальність: 193 – Геодезія та землеустрій **Виконавець:** Студент гр.462М Трубочанінов І.К. **Керівник:** к.т.н., доцент Андрєєв С.М.
Освітня програма: Геоінформаційні системи та технології

Мета роботи: поліпшення якості прийняття рішень про оцінку навколишнього середовища на підставі визначення забруднення поверхні морів і океанів, а також аналіз існуючих методів картографування водних об'єктів та їх поверхневих забруднююч. **Ціль роботи:** розробка структури геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами. Визначення подальших шляхів розвитку та наповнення геопорталу та концепцію гідрологічної бази геоданих для моніторингу відходів на поверхні морів і океанів. **Об'єктом досліджень є** методика оцінки стану забруднення поверхні морів і океанів за допомогою ДЗЗ. **Предметом досліджень є** концепція інфраструктури бази знань моніторингу забруднення водних акваторій з використанням ДЗЗ.

Отримані результати:



Структурна схема роботи



Методика оцінки стану забруднення морів і океанів

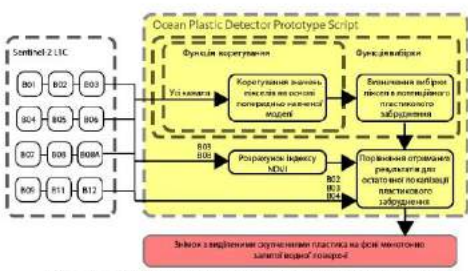
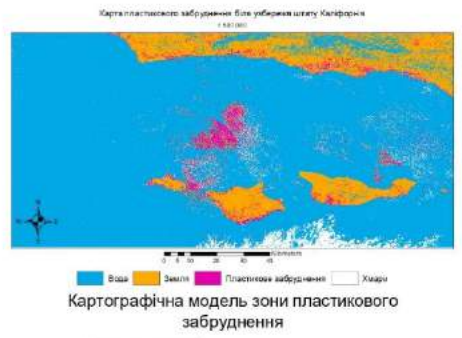


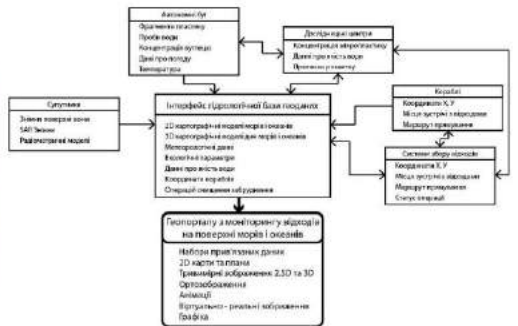
Схема обробки даних ДЗЗ з використанням скрипту для виділення пластику на водній поверхні



Картографічна модель зони пластикового забруднення



Структура подальшого розвитку та наповнення геопорталу



Структура взаємодії технологій та засобів моніторингу відходів на поверхні морів і океанів

ДОДАТОК Б Презентація на тему «Використання сучасних
геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами
пластика»

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
факультет ракетно-космічної техніки
кафедра геоінформаційних технологій і космічного моніторингу Землі

кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю «193 Геодезія та землеустрій»
Освітня програма «Геоінформаційні системи та технології»

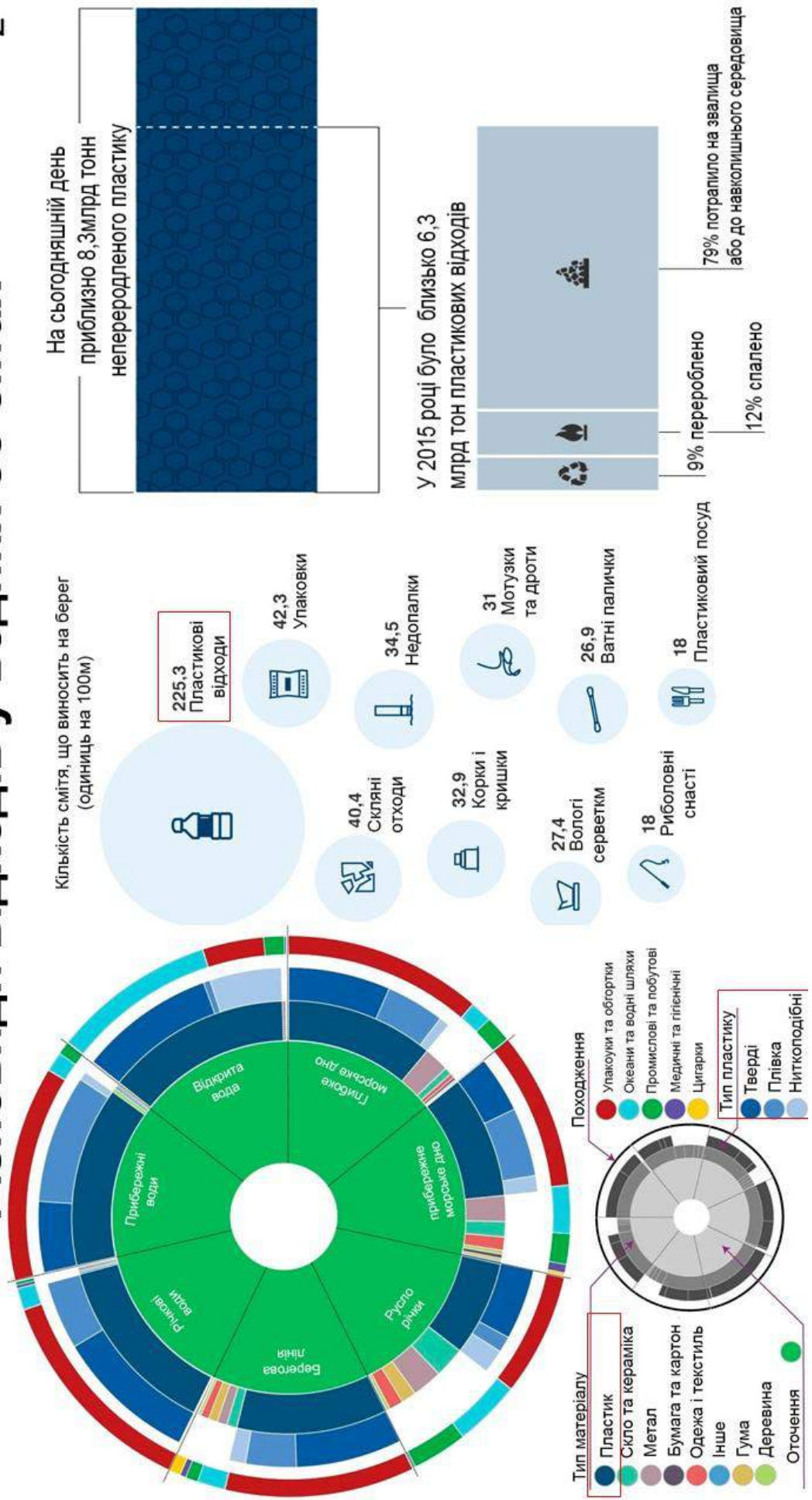
Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів відходами пластика

Виконав: студент групи 462М
Трубчанінов І.К.
Керівник: к.т.н., доцент
Андреев С.М.

Харків 2024

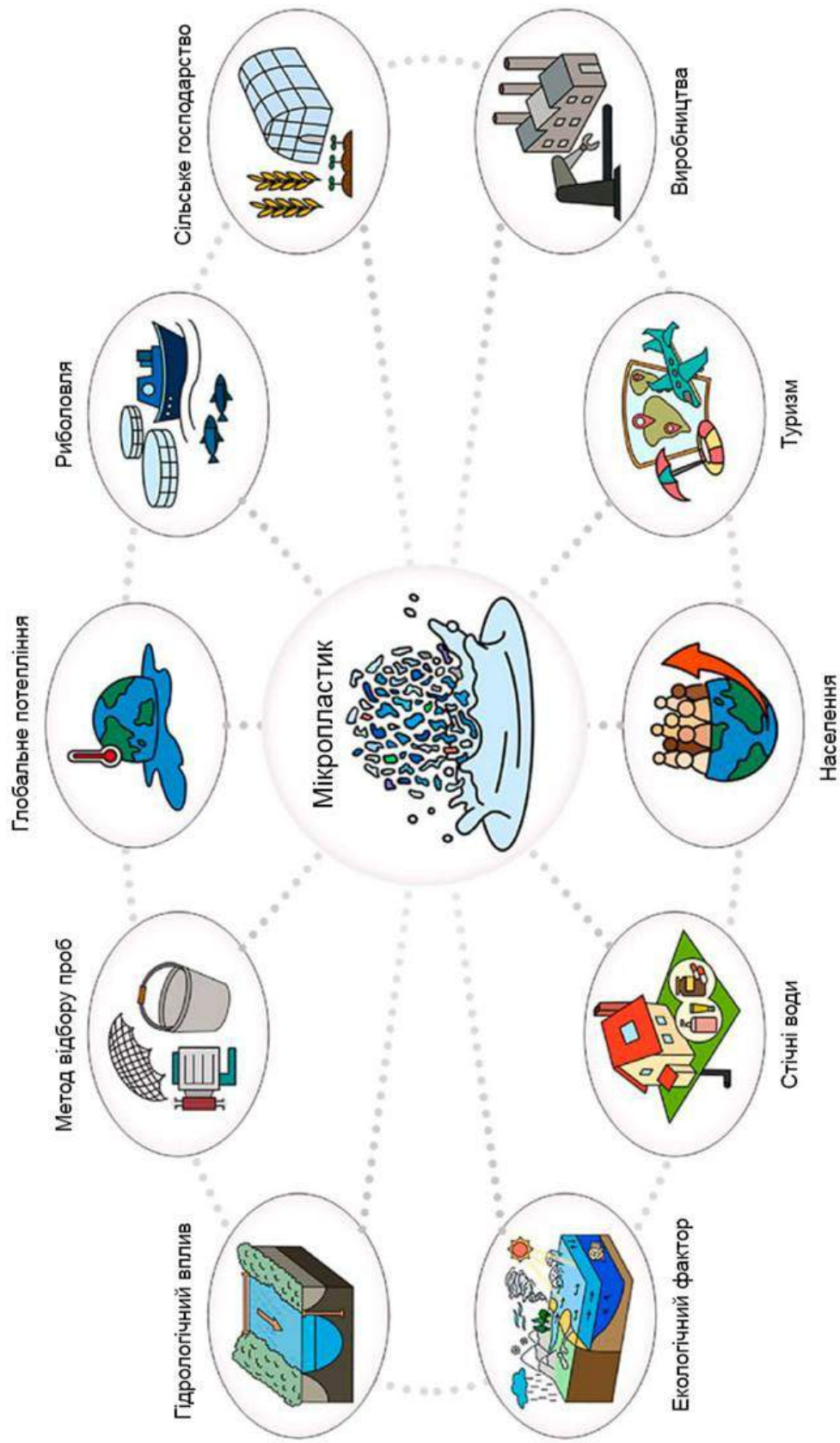
Різновиди відходів у водних об'єктах

2



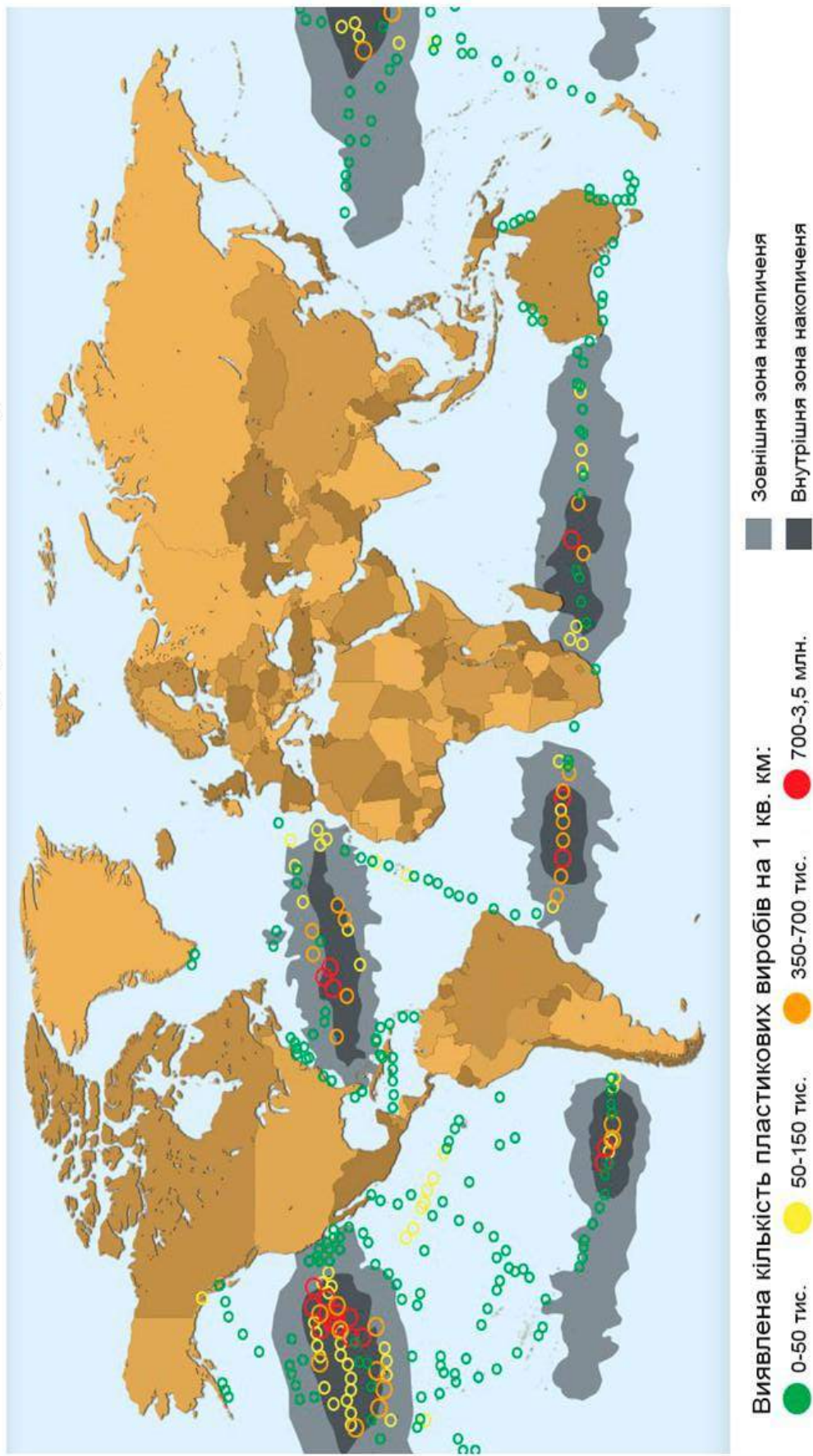
Фактори впливу на кількість мікропластику

3



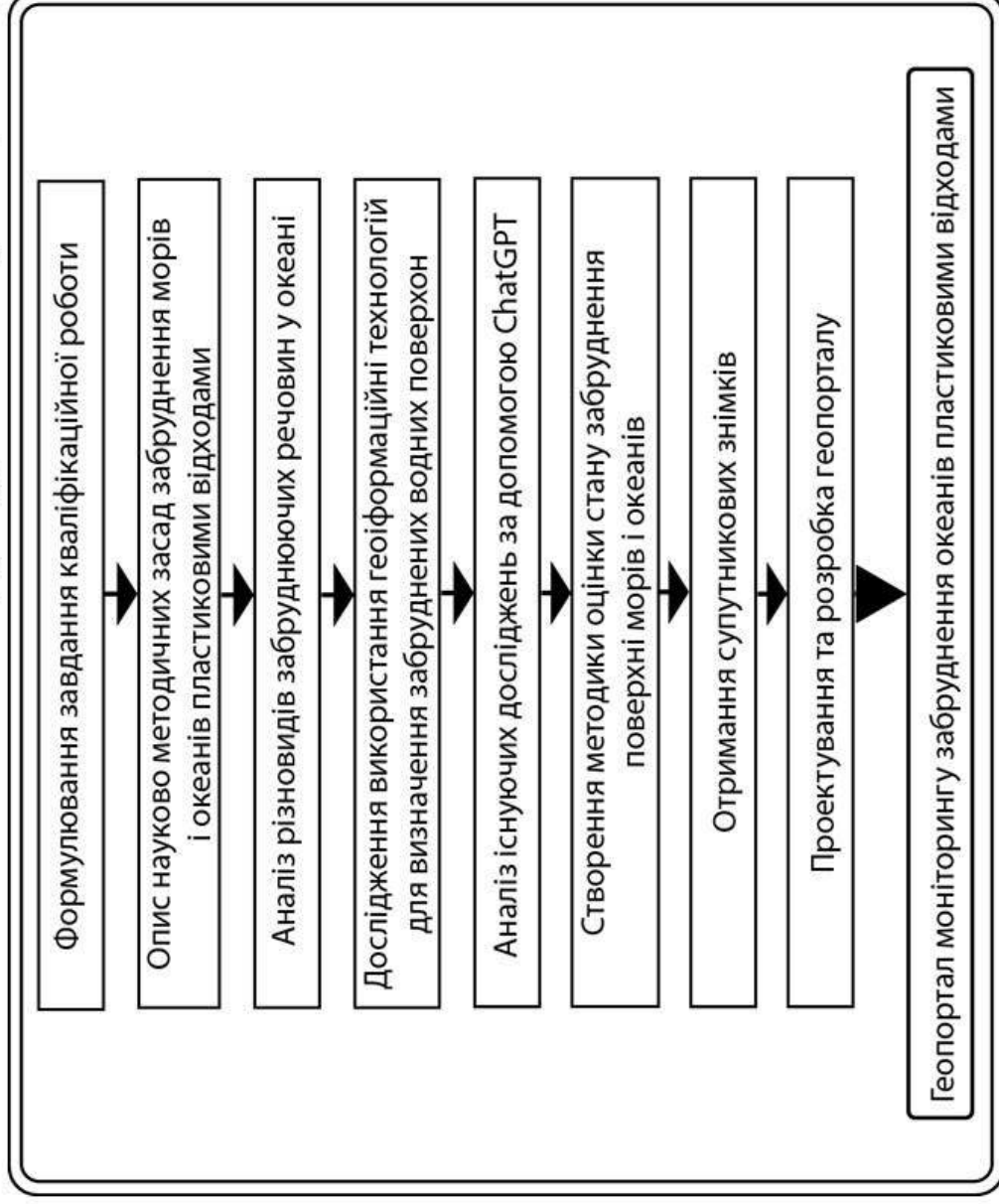
Розподілення пластику у світовому океані

4



Структура кваліфікаційної роботи

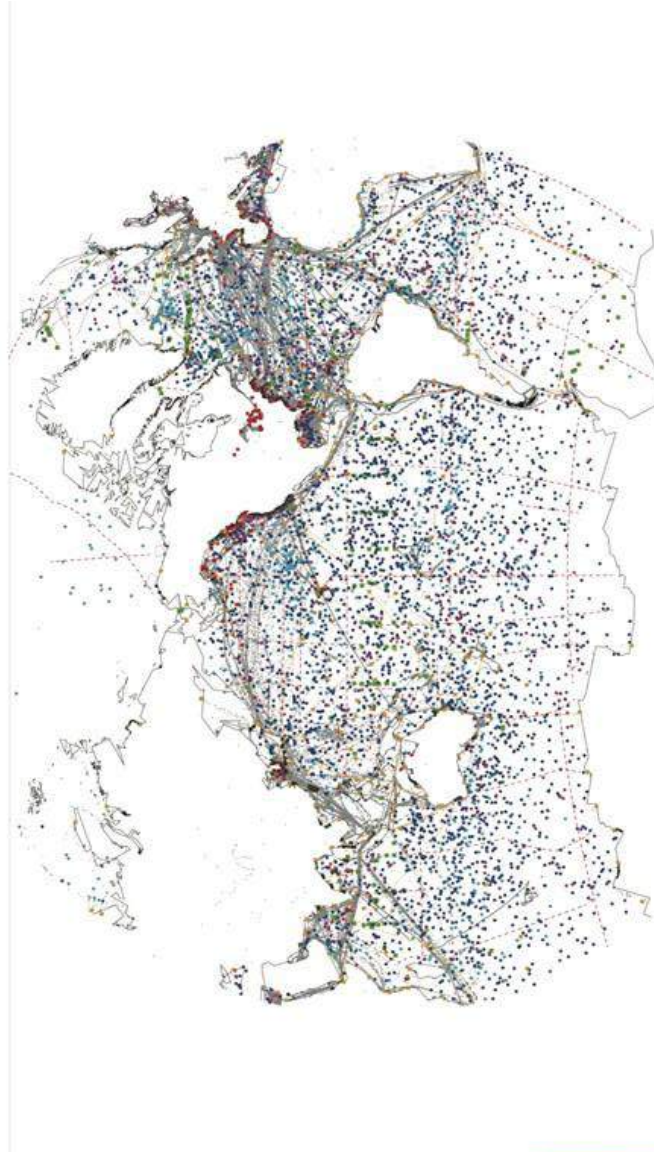
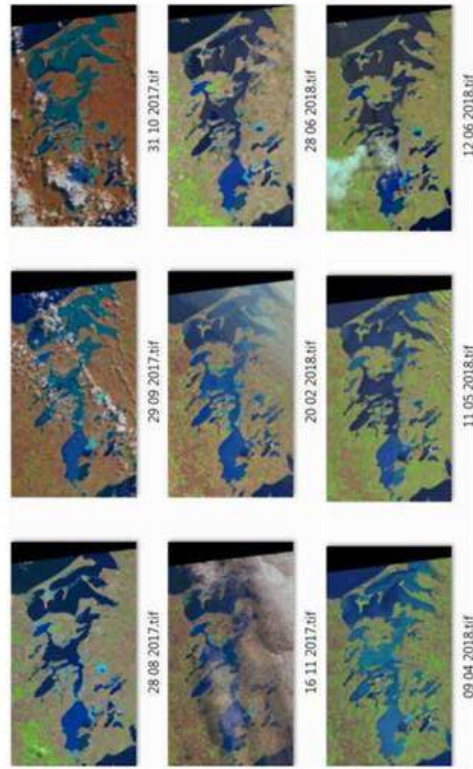
5



Метою роботи є поліпшення якості прийняття рішень про оцінку навколишнього середовища на підставі визначення забруднення поверхні морів і океанів, а також аналіз існуючих методів картографування водних об'єктів та їх поверхневих забруднюючих.

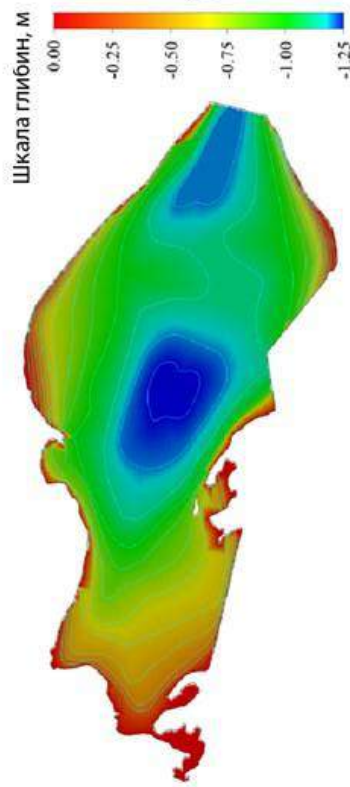
5

Аналіз методів моніторингу водних об'єктів 6



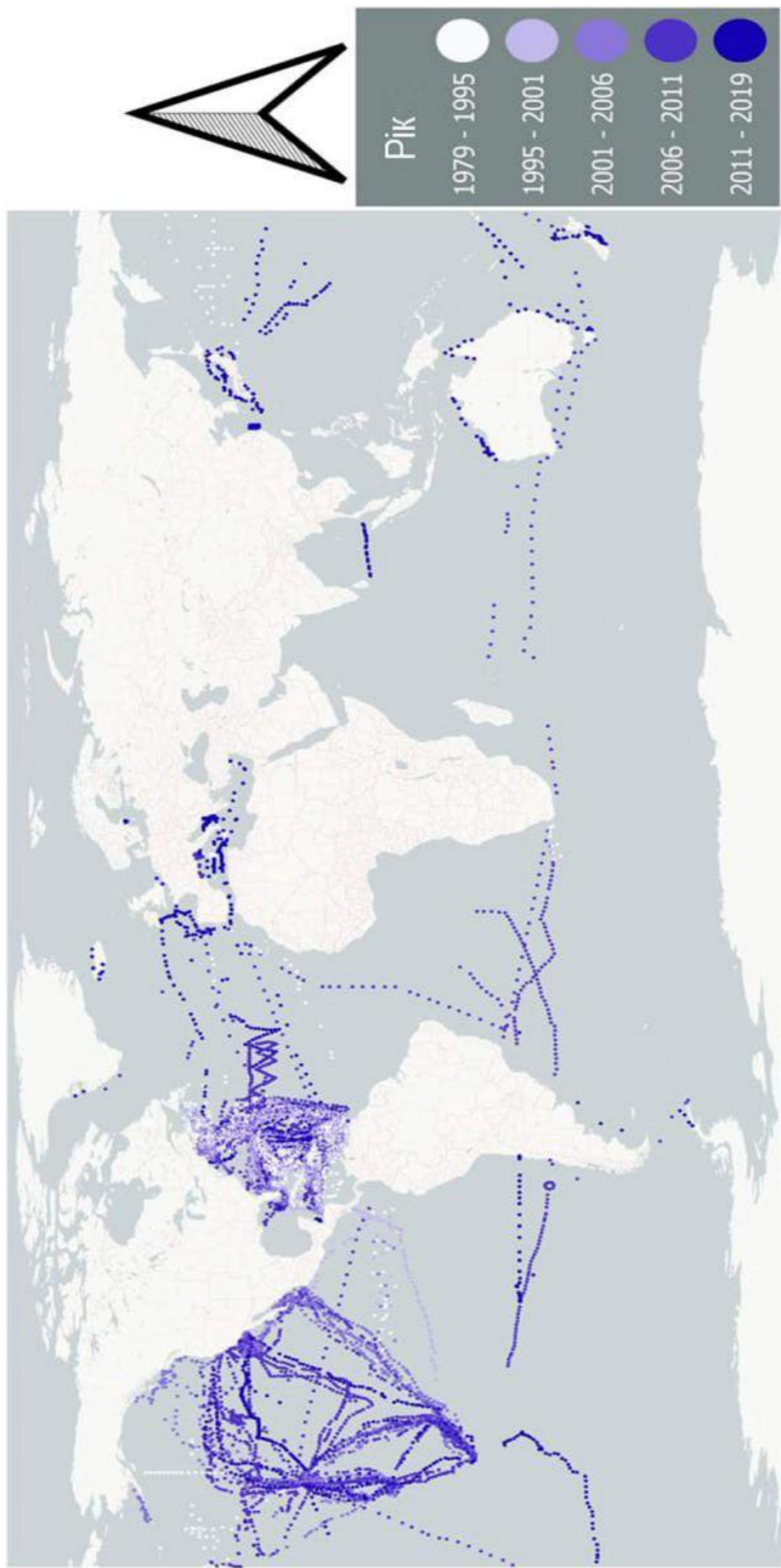
See in situ networks table for map legend. OceanObs data source as of June 2021: operational platforms (Arctic, BGO, ArMO5, VOS, A667, fixed platforms locations (GLCS5, HF radars, OceanObs); reference lines (GO-SHIP, SOOP); sampled sites (OceanObs). Dashed lines for GO-SHIP and SOOP have not been sampled after COVID-19 impacts (data for VOS and A667 from May 2021). Observations symbols size is not to scale, in the map they are exaggerated to an order of hundreds kilometers for readability.

- Ship based meteorological measurements - SOT/VOS
- Ship based aerological measurements - SOT/ASAP
- Ship based oceanographic measurements - SOT/SOOP-XBT
- Sea level gauges - GLOSS
- Drifting and polar buoys - DBCP
- Moored buoys - DBCP
- Long-term time series sites - OceanSITES
- Profiling floats - Argo
- Repeated transects - GO-SHIP
- OceanGliders
- HF radars
- Biogeochemistry & Deep floats - Argo
- Animal borne ocean sensors - AniBOS



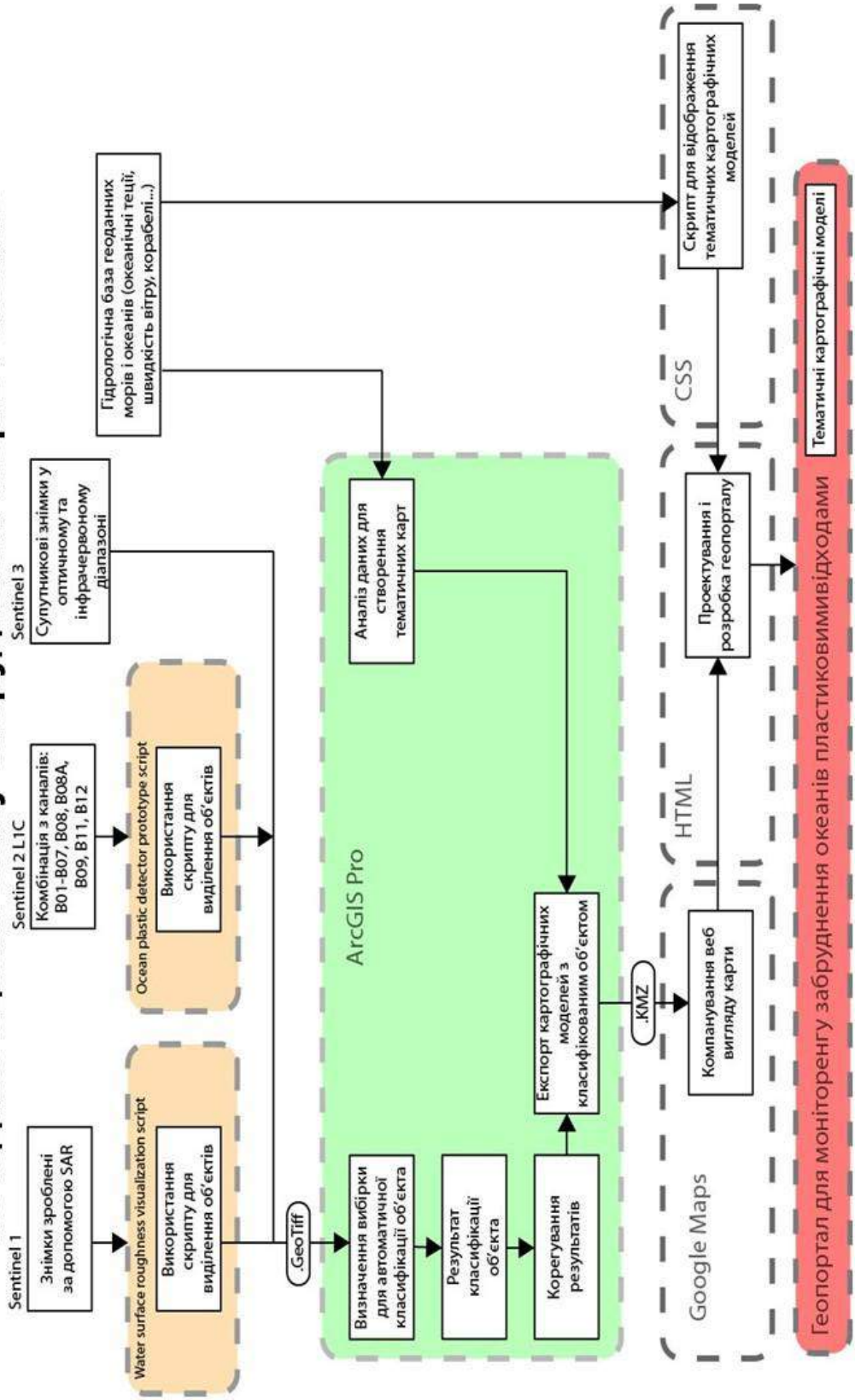
Аналіз методів моніторингу водних об'єктів

7



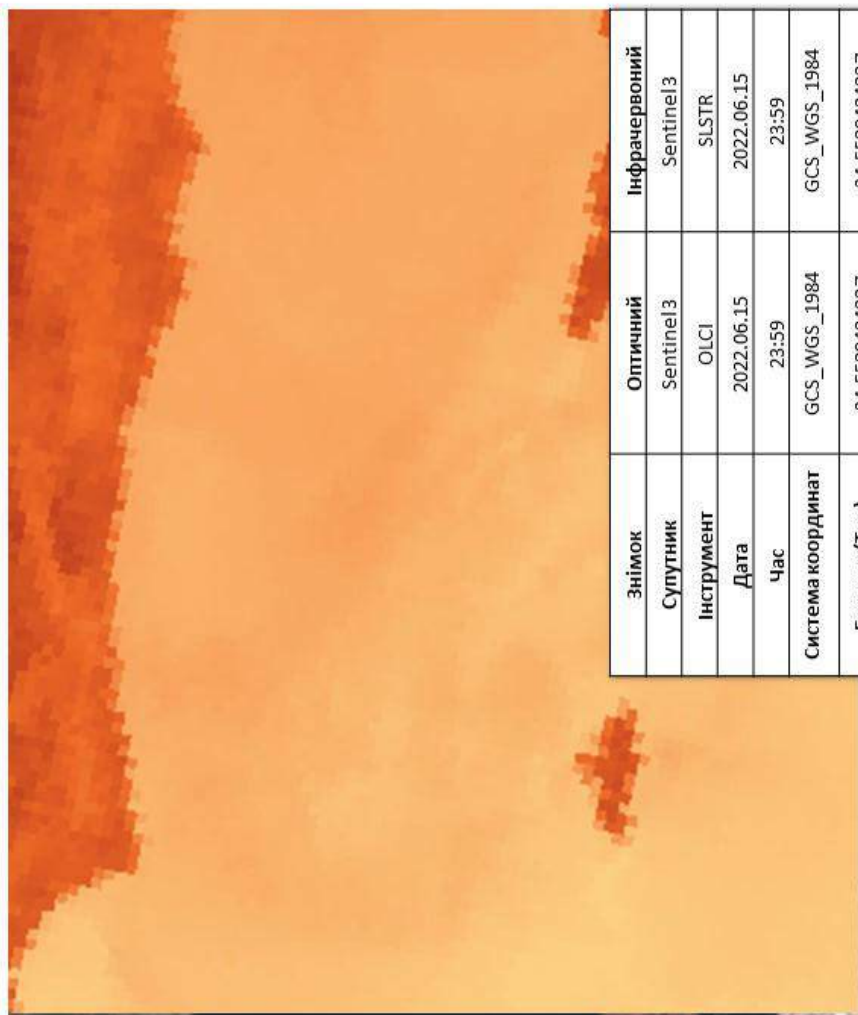
Методика оцінки стану забруднення морів і океанів

8



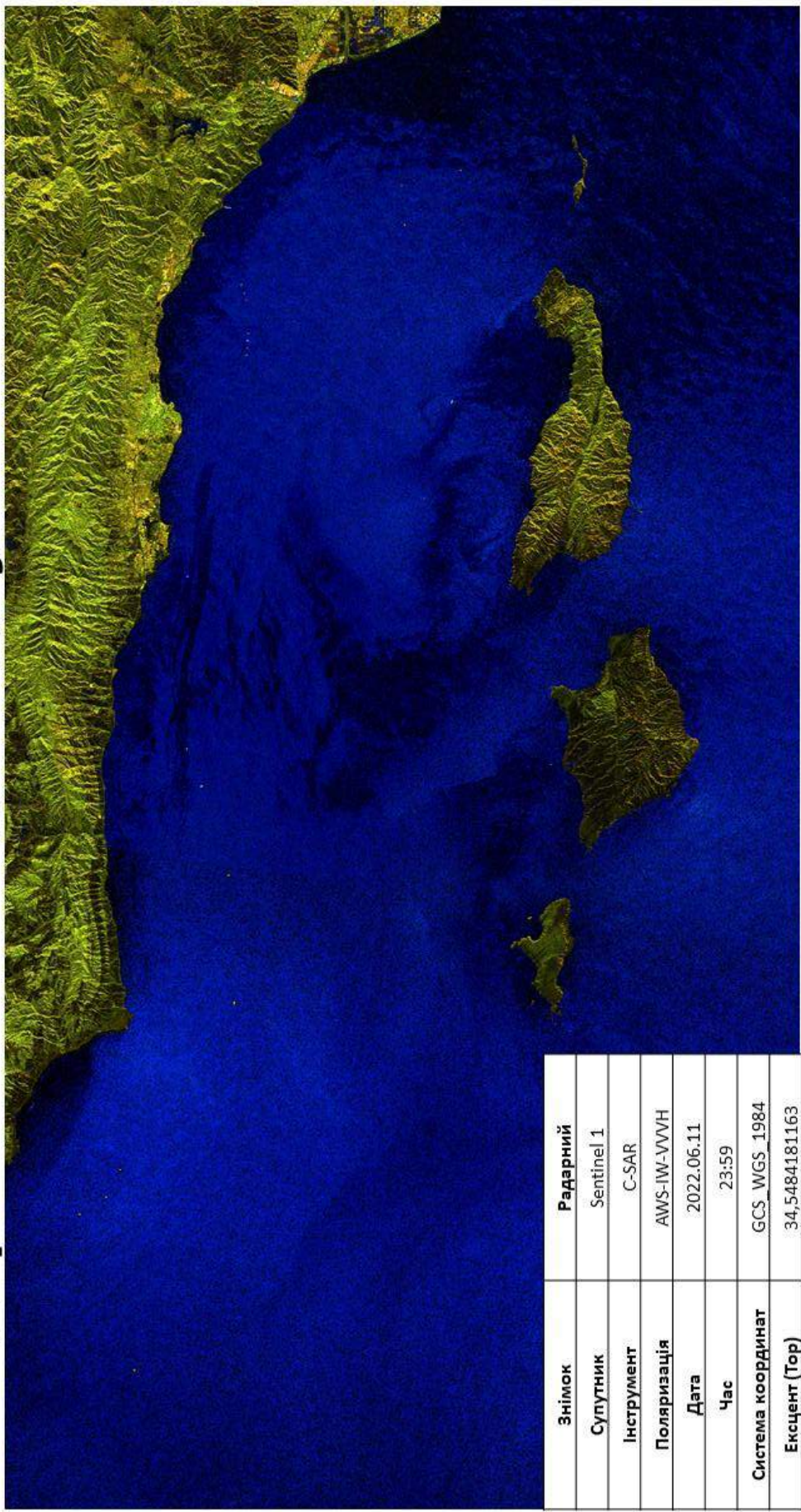
Знімок досліджуваної області у оптичному та інфрачервоному діапазонах

9

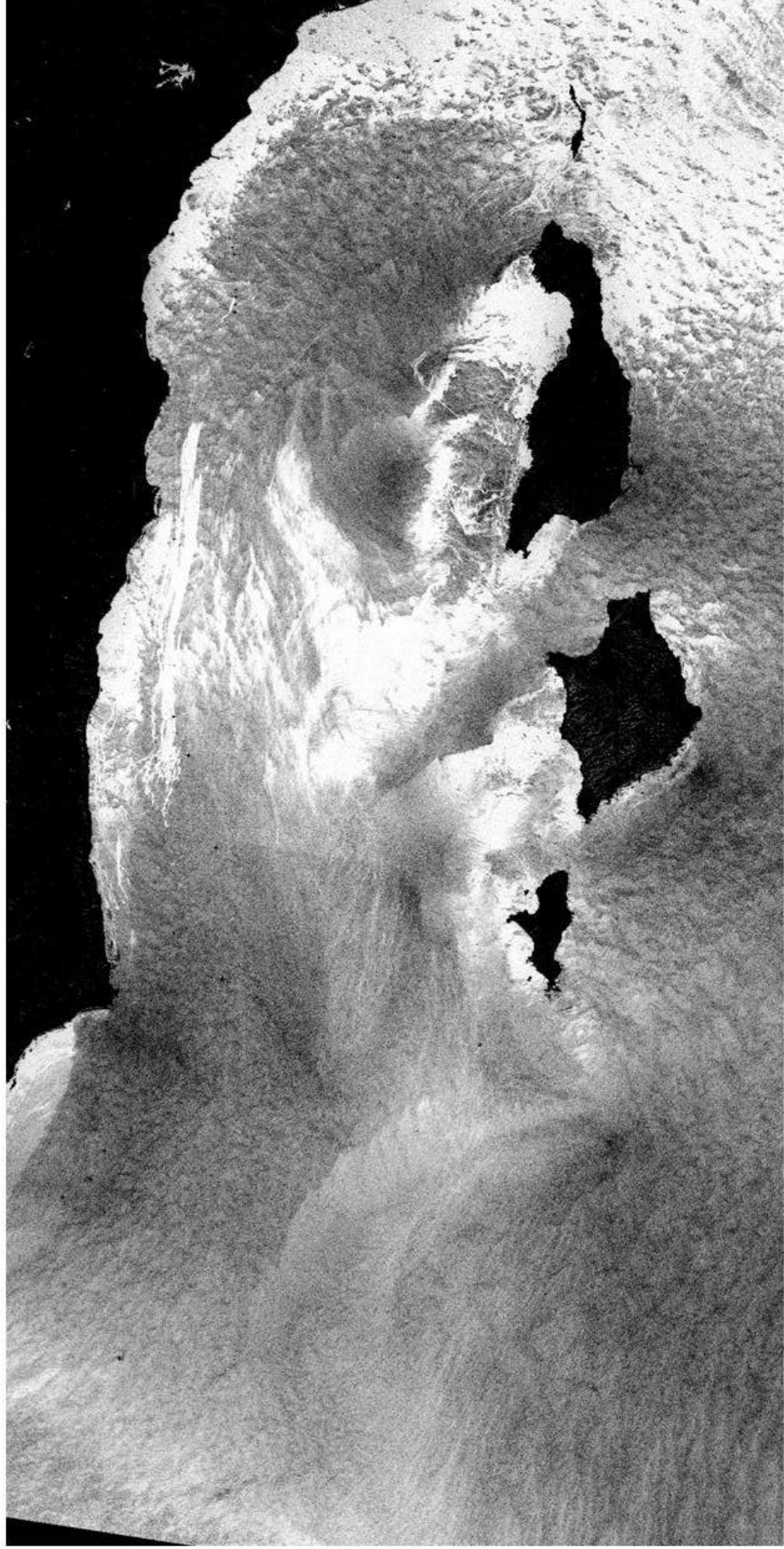


Знімок	Оптичний	Інфрачервоний
Супутник	Sentinel3	Sentinel3
Інструмент	OLCI	SLSTR
Дата	2022.06.15	2022.06.15
Час	23:59	23:59
Система координат	GCS_WGS_1984	GCS_WGS_1984
Екцент (Top)	34,5529424227	34,5529424227

Радарний знімок досліджуваної області 10

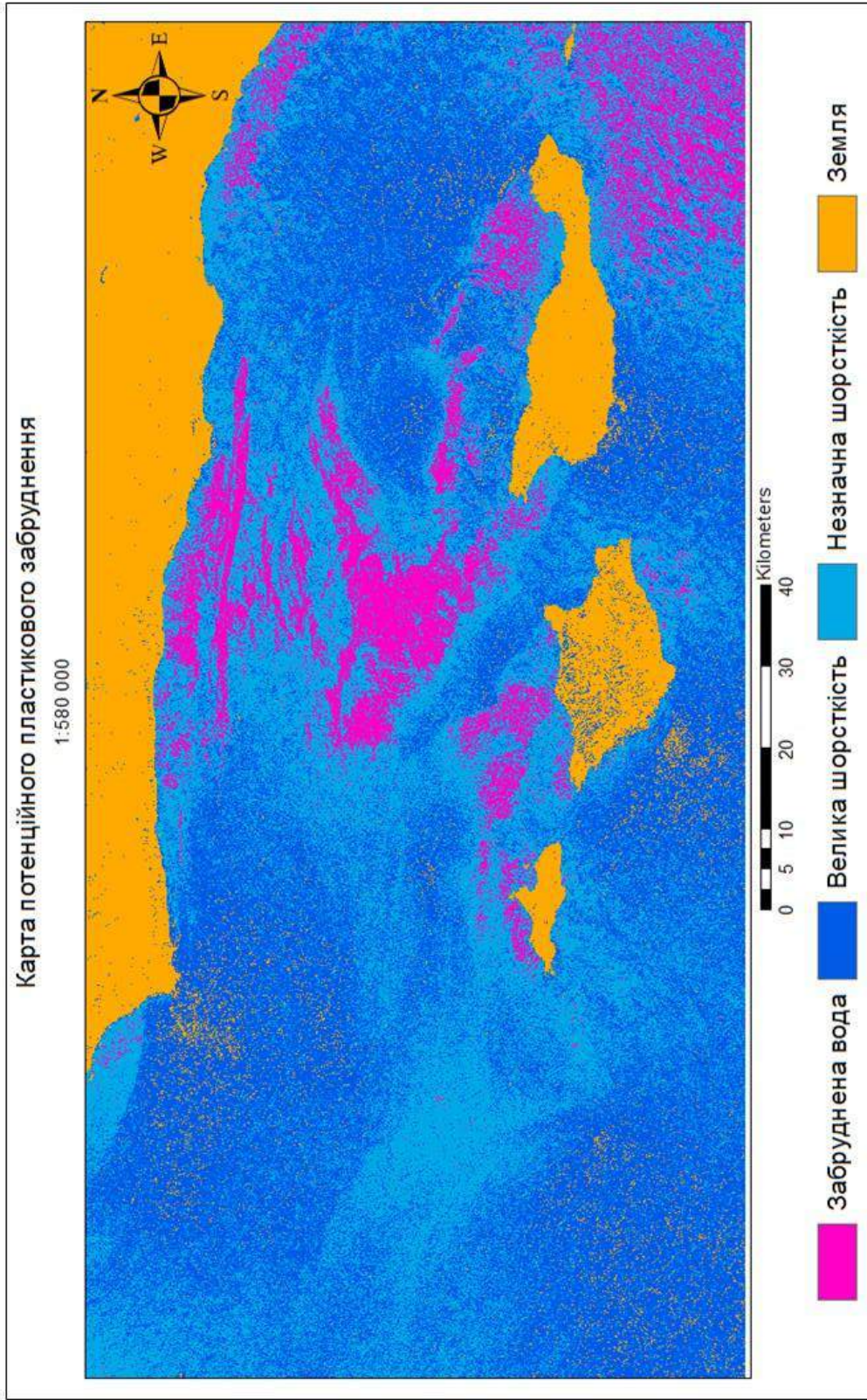


Результат виділення шорсткості поверхні води 11



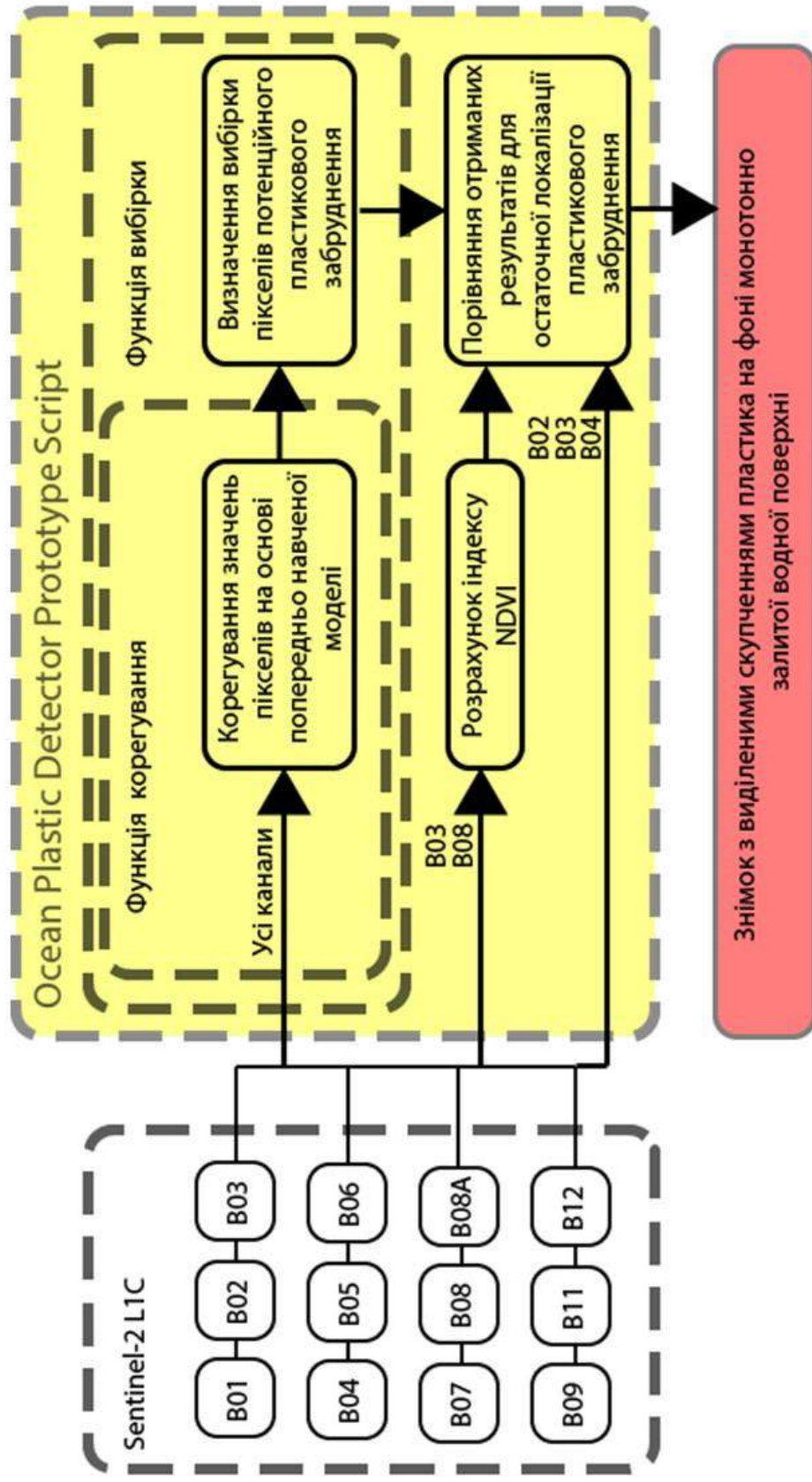
Картографічна модель потенційного пластикового забруднення

12



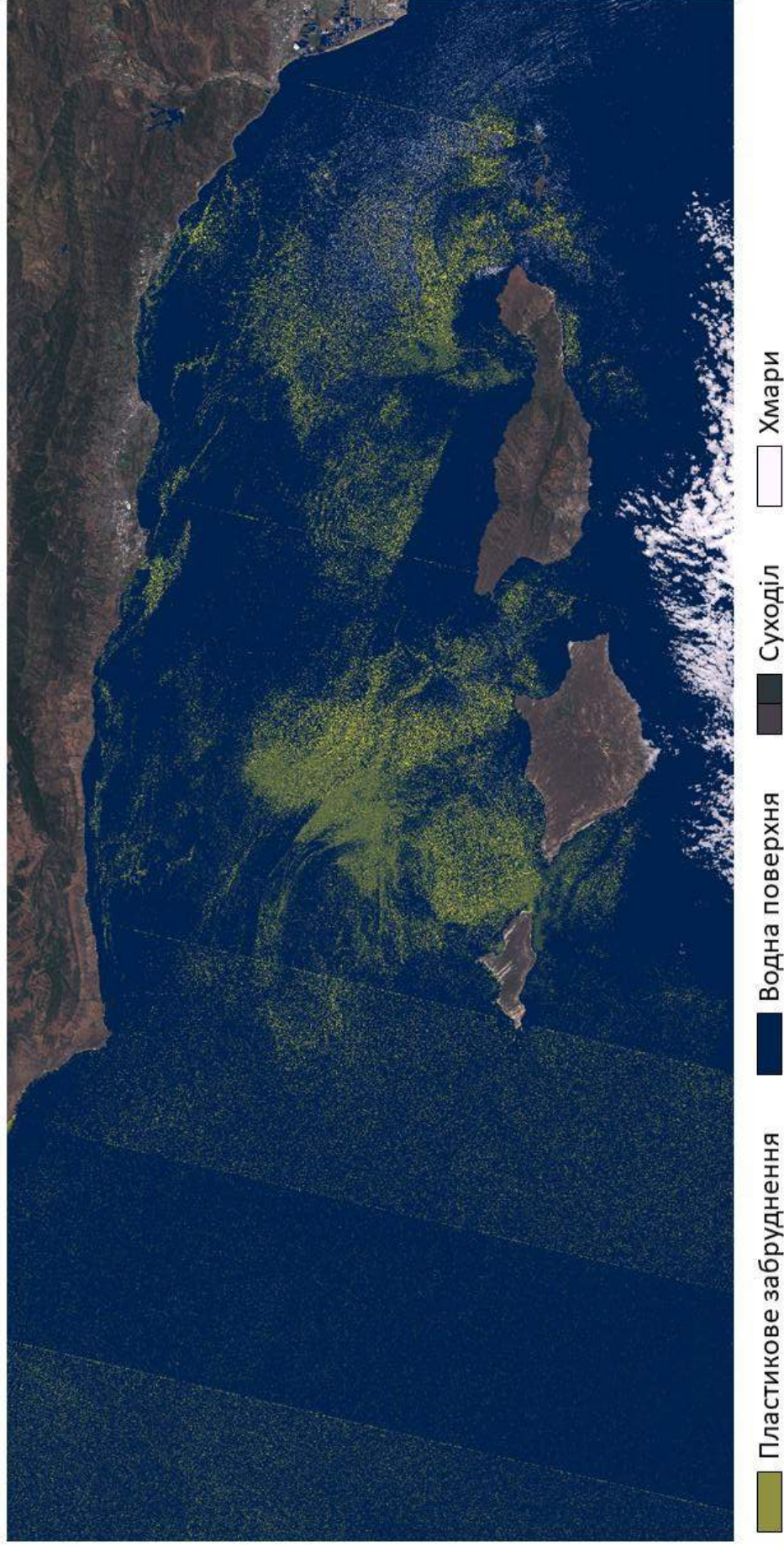
Структура скрипту для виділення пластикового забруднення на водній поверхні

13



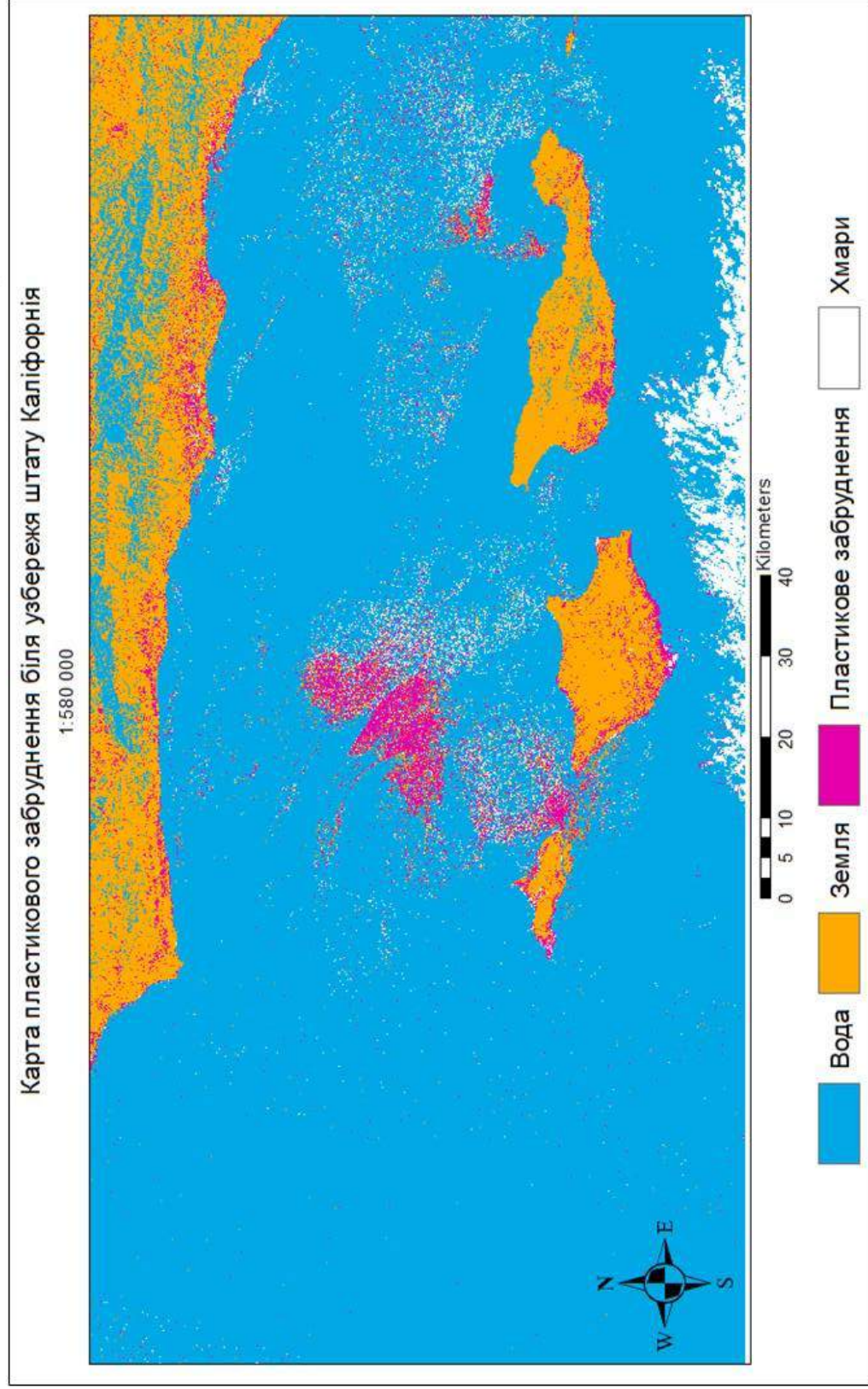
Знімок оброблений скриптом

14

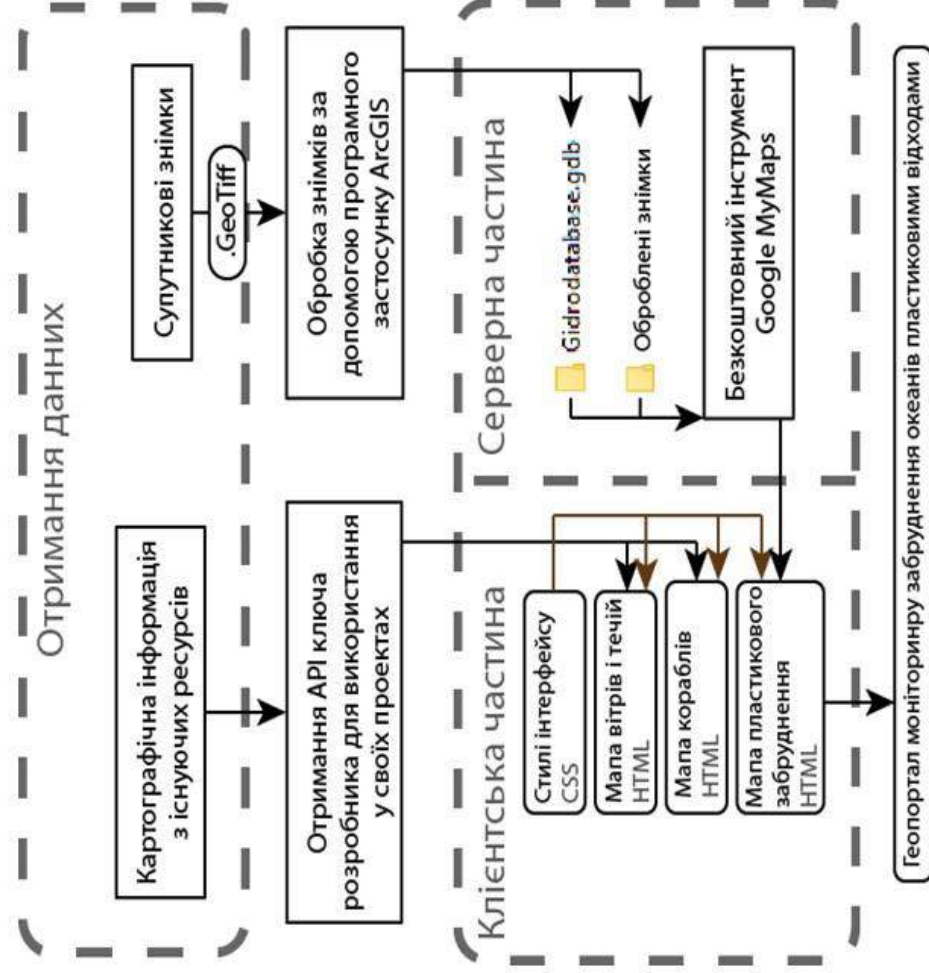
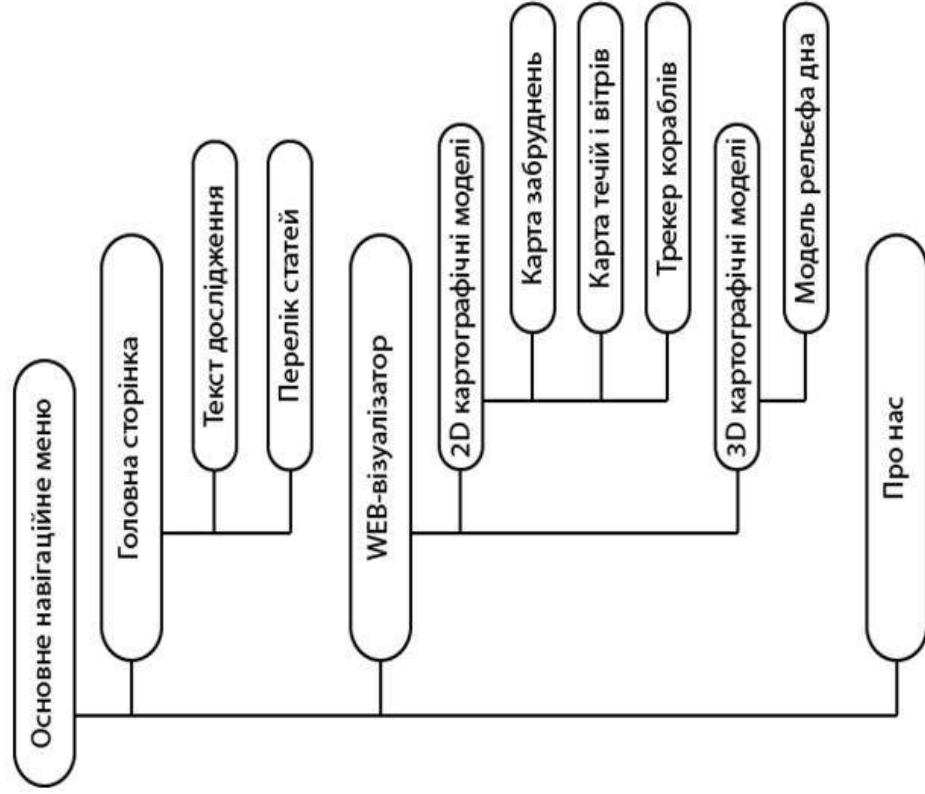


Картографічна модель зони пластикового забруднення

15

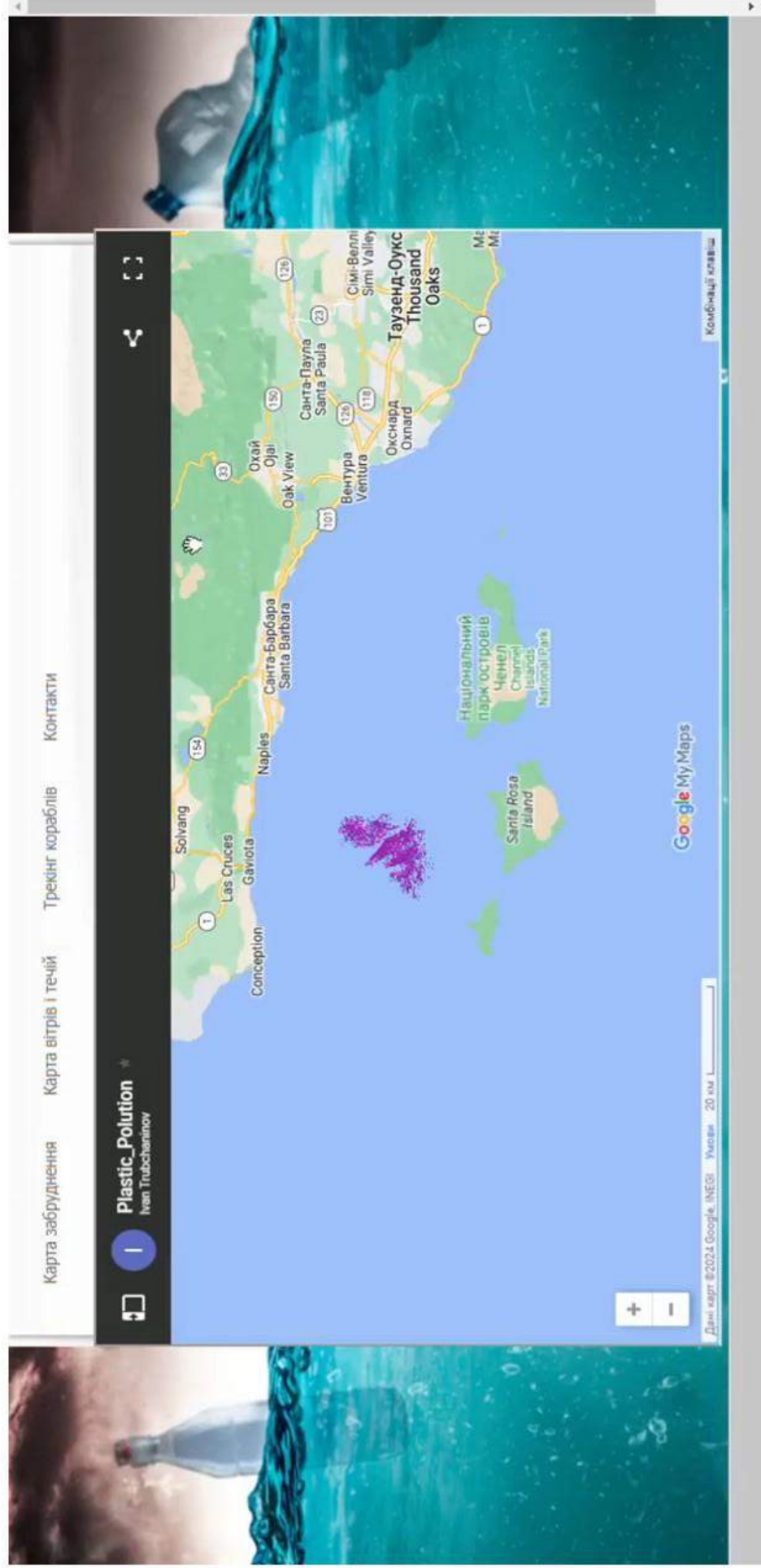


Проектування та розробка геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами 16

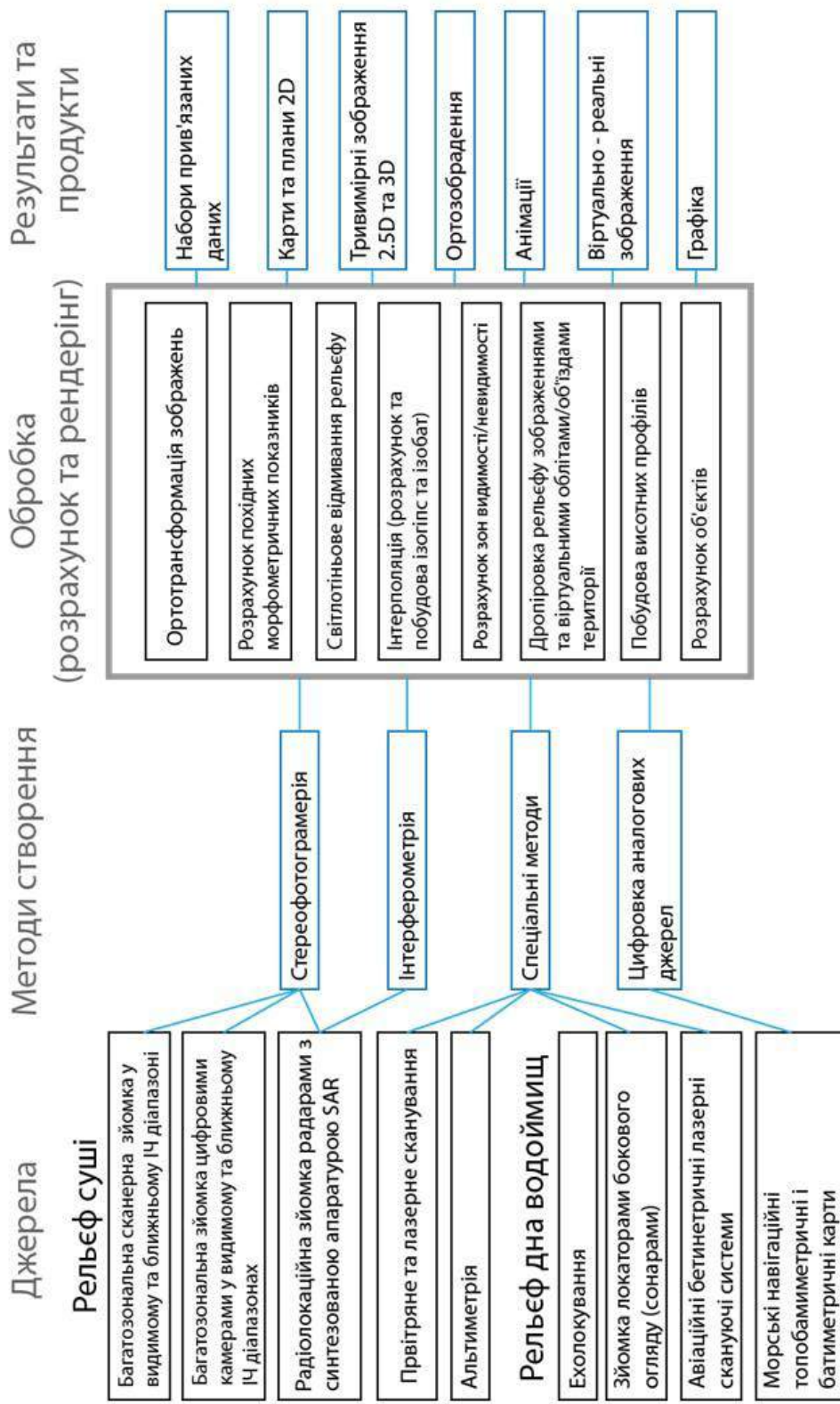


Інтерфейс геопорталу моніторингу забруднення океанів пластикомі відходами

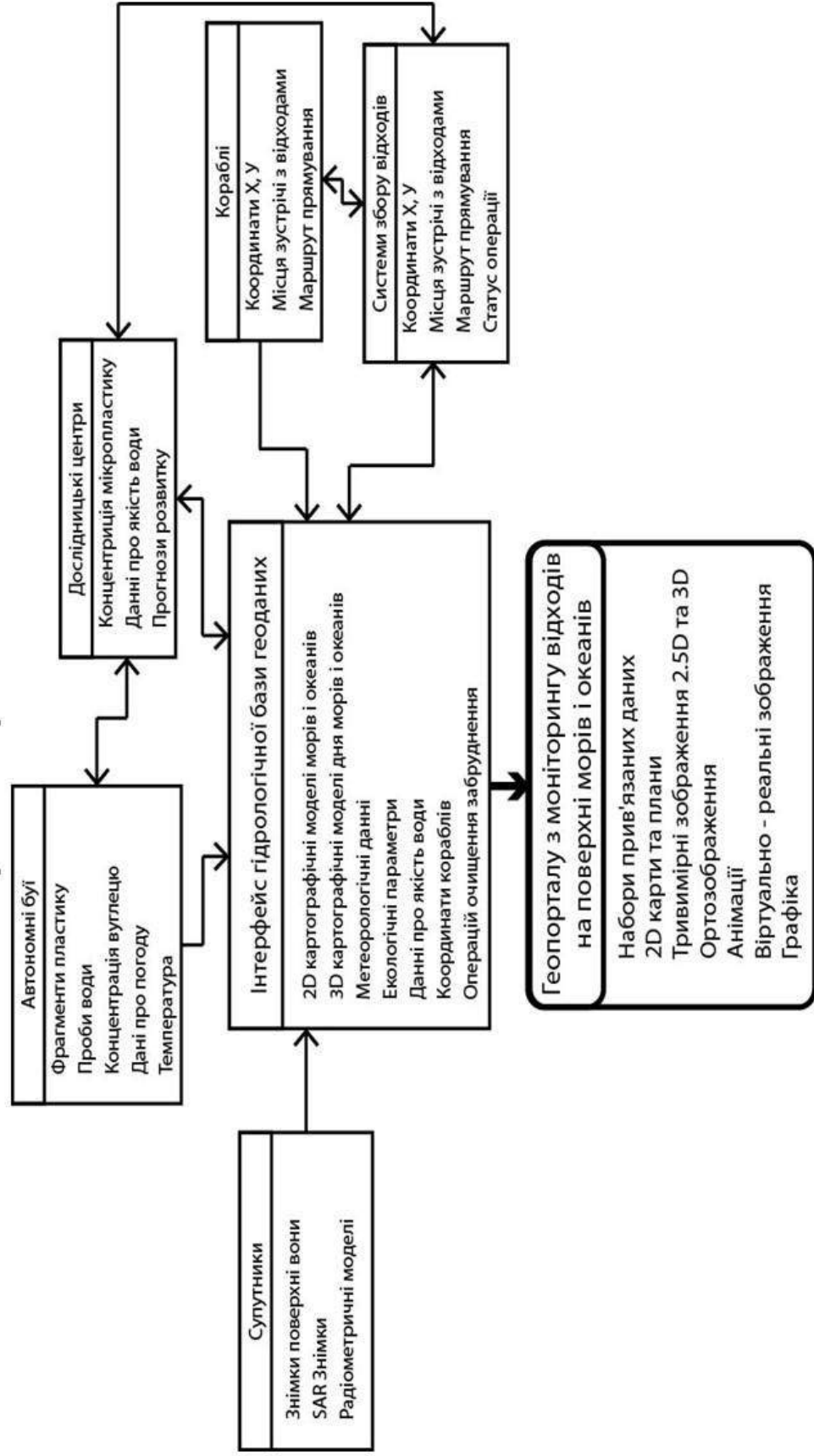
17



Структура подальшого розвитку та наповнення геопорталу



Структура взаємодії технологій та засобів моніторингу відходів на поверхні морів і океанів 19



Основні результати роботи

20

Проведено аналіз проблеми забруднення поверхневих вод морів і океанів пластиковими відходами. Класифіковано матеріали та шляхи походження і потрапляння сміття до океанів.

Розроблено методику виділення пластикових відходів на поверхні океану за допомогою програмного додатку ArcGIS 10.8 з використанням радарні знімки супутника Sentinel 1 та оброблені спеціальним скриптом NDVI знімки супутника Sentinel 2. За результатом класифікації було створено картографічні моделі.

Розроблено структуру геопорталу моніторингу забруднення океанів пластиковими відходами.

Визначено подальші шляхи розвитку та наповнення геопорталу та концепцію гідрологічної бази геоданих для моніторингу відходів на поверхні морів і океанів.

Публікації та апробації

21

1. Трубочанінов І.К. Концепція роботи з географічними картами засобами мови с# В середовищі microsoft visual studio: тези XVI наук.-техн. конф. ФРКТ (10-12 квітня 2019 р.). Харків, 2019. С 81
2. Трубочанінов І.К. аналіз функціональних можливостей системи комп'ютерної математики skilab щодо обробки геоданих: тези XVII наук.-техн. конф. ФРКТ. Харків, 2020.
3. Трубочанінов І.К. аналіз функціональних можливостей системи комп'ютерної математики skilab щодо обробки геоданих: тези доп. 11 міжнар. наук.-техн. конф. (16 квітня 2020 р.) Харків, 2020.
4. Трубочанінов І.К. Використання сучасних геоінформаційних технологій для моніторингу забруднення океанів твердими побутовими відходами // XXII-ї Міжнародна науково-практична конференція: Інформаційно-комунікаційні технології та сталий розвиток. 14-15 листопада 2023 р. м.Київ.

