

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА,  
ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ


Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем

### Пояснювальна записка

до дипломної роботи бакалавра

на тему: **«Дистанційний моніторинг динаміки руслових процесів і  
завислих речовин в дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря»**

Виконав: студент 4 курсу групи ГКЗ 2022-1  
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій  
ОП Геодезія, картографія та землеустрій



Гунбін Іван Євгенович



Керівник

Мамонов Костянтин Анатолійович



Рецензент

Євдокімов Андрій Анатолійович

2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра земельного адміністрування та геоінформаційних систем


Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність 193 Геодезія та землеустрій

Освітня програма Геодезія, картографія та землеустрій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗА та ГІС  
проф. Мамонов К. А.

 Восстановимая подпись

X 

Подписано: f054cc53-ba06-45d3-8422-a8d59cd399bb

«25» травня 2026 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Гунбіну Івану Євгеновичу

1. Тема проєкту (роботи): Дистанційний моніторинг динаміки руслових процесів і завислих речовин в дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря. Керівник проєкту (роботи) д.е.н., професор Мамонов Костянтин Анатолійович, затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.05.2026 року № 441-03.

2. Строк подання студентом проєкту (роботи): 18 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи): супутникові знімки космічних апаратів Landsat 8 та Landsat 9 за 2025 рік; матеріали дистанційного зондування Землі, отримані з відкритих архівів USGS EarthExplorer; картографічні матеріали дельти Дунаю та прибережної частини Чорного моря; результати попередніх моніторингових досліджень руслових процесів і розподілу завислих речовин; батиметричні дані морського підхідного каналу ГСХ «Дунай – Чорне море».







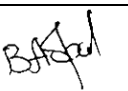
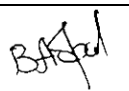
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: теоретичні основи дистанційного моніторингу динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельтових та прибережно-морських екосистемах; формування, відбір та попередня обробка супутникових знімків Landsat 8 і Landsat; аналіз динаміки руслових процесів і завислих речовин; дослідження змін берегової лінії та особливостей розподілу завислих речовин; охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

(перелік питань, які потрібно розробити)

5. Перелік графічного матеріалу: презентаційний матеріал у розмірі 21 слайд; схема розташування Дунайського біосферного заповідника; карта рослинного покриву території дослідження; супутникові знімки; карти поширення пожеж; тематична карта результатів дослідження.

(з точним зазначенням обов'язкових креслень)

## 6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Теоретичні основи дистанційного моніторингу руслових процесів та завислих речовин у водних екосистемах	Мамонов К.А., професор кафедри ЗА та ГІС		
2. Підбір та попередня обробка супутникових знімків	Мамонов К.А., професор кафедри ЗА та ГІС		
3. Аналіз динаміки руслових процесів і завислих речовин в дельті Дунаю та прибережній частині чорного моря за матеріалами космічних зйомок	Мамонов К.А., професор кафедри ЗА та ГІС		
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Абракітов В. Е., доцент кафедри ОП та БЖД		

7. Дата видачі завдання: 25 травня 2026 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Формування інформаційної бази	25.05.26	Виконано
2.	Розробка та написання першого розділу роботи	03.06.26	Виконано
3.	Розробка та написання другого розділу роботи	09.06.26	Виконано
4.	Розробка та написання третього розділу роботи	12.06.26	Виконано
5.	Розробка та написання розділу з охорони праці	15.06.26	Виконано
6.	Оформлення роботи	18.06.26	Виконано
7.	Попередній захист роботи	19.06.26	
8.	Захист дипломної роботи у ДЕК	24.06.26	

Студент

Керівник проєкту (роботи)



Гунбін І. Є.



Мамонов К.А.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 66 с., 2 табл., 1 рис., 3 дод., 9 джерел, 21 слайд презентації.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ, РУСЛОВІ ПРОЦЕСИ, ЗАВИСЛІ РЕЧОВИНИ, ДЕЛЬТА ДУНАЮ, ЧОРНЕ МОРЕ, СУПУТНИКОВІ ЗНІМКИ, LANDSAT 8, LANDSAT 9, ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ, СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ, МОНІТОРИНГ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ.

Об'єкт дослідження – руслові процеси та просторово-часова динаміка завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

Мета дослідження – розроблення та апробація геоінформаційної технології дистанційного моніторингу руслових процесів і завислих речовин на основі багатоспектральних супутникових даних для оцінювання сучасного стану та динаміки досліджуваної території.

Предмет дослідження – методи дистанційного зондування Землі, геоінформаційного аналізу та оброблення супутникових знімків для виявлення змін берегової лінії, руслових форм і концентрації завислих речовин у водному середовищі.

Методи дослідження – методи дистанційного зондування Землі, спектрального аналізу супутникових зображень, геоінформаційного моделювання, картографічного аналізу, оброблення часових рядів даних та просторового аналізу в ГІС.

У роботі виконано аналіз динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря за матеріалами супутникових знімків Landsat 8 та Landsat 9. Проведено оброблення багатоспектральних даних, виділено водні поверхні та визначено просторовий розподіл завислих речовин на основі спектральних характеристик водного середовища.

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ.....	8
1.1 Руслові процеси та їх роль у формуванні дельтових систем	8
1.2 Завислі речовини у річкових та прибережно-морських водах	9
1.3 Використання даних дистанційного зондування Землі для дослідження водних об'єктів	10
1.4 Висновки до розділу	12
2. ПІДБІР ТА ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ	14
2.1 Підбір космічних знімків	14
2.2 Завантаження вихідних даних	16
2.3 Попередня обробка супутникових знімків Landsat 8 та Landsat 9	19
2.4 Підготовка даних до аналізу	25
2.5 Висновки до розділу	27
3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ І ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН В ДЕЛЬТІ ДУНАЮ ТА ПРИБЕРЕЖНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА МАТЕРІАЛАМИ КОСМІЧНИХ ЗЙОМОК	29
3.1 Динаміка розподілу зважених речовин	29
3.2 Динаміка берегової лінії	31
3.3 Моніторинг морського гідровідвалу ґрунту в умовах експлуатації ГСХ «Дунай – Чорне море»	34
3.3.1 Стисла технічна характеристика морського відвалу ґрунту	34
3.3.2 Рельєф дна ділянки морського підхідного каналу	35
3.4 Результати моніторингу морського гідровідвалу ґрунту	36
3.5 Висновки до розділу	38
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	

	41
4.2 Організація робочого місця користувача персонального комп'ютера	42
4.3 Вимоги до освітлення та мікроклімату приміщення	43
4.4 Електробезпека та пожежна безпека	44
4.5 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях	45
4.6 Висновки до розділу	45
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТОК А Факели виносу дельти Дунаю у прибережній частині акваторії Чорного моря	50
ДОДАТОК Б Концентрації завислих речовин у прибережній частині акваторії Чорного моря в районі гирл Бистре та Старостамбульське	55
ДОДАТОК В Зміна берегової лінії та кіс в районі затоки Таранів	64

## ВСТУП

Дельта Дунаю є найбільшою дельтовою екосистемою Європи, а також є найбільшою в Європі системою очищення води. Тут зустрічається велика кількість птахів, близько 312 видів птахів, які використовують дельту ріки під час міграцій, зимівлі та/або постійного проживання. На території резервату мешкає близько 90 видів риб, включаючи популяції осетрових. Дельта також є одним з останніх притулків європейської норки, дикої кішки та видри [1].

Дельта Дунаю є одним із найбільших і найдинамічніших природних комплексів Європи, що характеризується складною системою рукавів, проток, озер та заболочених територій. Вона відіграє важливу роль у формуванні екологічного стану північно-західної частини Чорного моря, оскільки забезпечує надходження значних обсягів води, наносів і завислих речовин. Руслові процеси в дельті Дунаю безпосередньо впливають на морфологію водотоків, формування нових ділянок суходолу та перерозподіл донних і завислих наносів у прибережній зоні моря.

В умовах глобальних кліматичних змін, зростання антропогенного навантаження та необхідності раціонального використання водних ресурсів особливого значення набуває моніторинг руслових процесів і завислих речовин. Традиційні польові методи спостережень забезпечують високу точність результатів, однак потребують значних матеріальних і часових витрат та не дозволяють оперативно охоплювати великі території. У зв'язку з цим дедалі більшого поширення набувають методи дистанційного зондування Землі та геоінформаційні технології, які забезпечують можливість регулярного спостереження за станом водних об'єктів, аналізу їх динаміки та виявлення просторово-часових закономірностей змін.

Сучасні супутникові системи спостереження, зокрема Landsat 8 та Landsat 9, надають багатоспектральні дані з достатньою просторовою та часовою роздільною здатністю для дослідження водних екосистем. Аналіз спектральних характеристик водної поверхні дозволяє визначати межі водних

об'єктів, досліджувати зміни берегової лінії та оцінювати концентрацію завислих речовин у воді. Використання архівів супутникових знімків забезпечує можливість ретроспективного аналізу та виявлення довгострокових тенденцій розвитку руслових процесів.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю вдосконалення методів моніторингу руслових процесів та завислих речовин у дельті Дунаю і прибережній частині Чорного моря на основі сучасних технологій дистанційного зондування Землі та геоінформаційного аналізу. Отримані результати можуть бути використані для оцінювання екологічного стану водних об'єктів, прогнозування змін берегової лінії, моніторингу перенесення наносів та підтримки прийняття управлінських рішень у сфері природокористування.

Метою роботи є дистанційний моніторинг динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря на основі супутникових даних та геоінформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан досліджень руслових процесів та завислих речовин у дельтових і прибережних системах;
- охарактеризувати можливості супутникових даних для моніторингу водних об'єктів;
- здійснити підготовку та оброблення багатоспектральних супутникових знімків Landsat 8 та Landsat 9;
- дослідити просторово-часову динаміку руслових процесів у дельті Дунаю;
- виконати оцінювання розподілу та змін концентрації завислих речовин у досліджуваному регіоні;
- створити тематичні карти та картографічні моделі результатів дослідження;
- проаналізувати отримані результати та визначити перспективи використання дистанційного моніторингу для дослідження водних екосистем.

Об'єктом дослідження є руслові процеси та завислі речовини у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

Предметом дослідження є методи дистанційного зондування Землі, геоінформаційного аналізу та оброблення супутникових даних для оцінювання динаміки руслових процесів і завислих речовин.

Методи дослідження включають методи дистанційного зондування Землі, спектрального аналізу супутникових зображень, геоінформаційного моделювання, картографування, статистичного аналізу та оброблення просторових даних у геоінформаційних системах.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання розробленої методики для екологічного моніторингу водних об'єктів, оцінювання руслових деформацій, контролю перенесення наносів та підтримки прийняття рішень у сфері управління водними ресурсами і охорони довкілля.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН У ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

## 1.1 Руслові процеси та їх роль у формуванні дельтових систем

Руслові процеси – сукупність явищ, котрі виникають привзаємодії потоку та ґрунтів, що складають русло річки, визначають розвиток різних форм рельєфу русел та їхні сезонні, багаторічні і вікові зміни [2].

Основними чинниками руслових процесів є швидкість течії, витрати води, гранулометричний склад наносів, морфологічні особливості русла та антропогенний вплив.

У результаті цих процесів відбуваються ерозія, транспортування та акумуляція наносів, що призводить до зміни конфігурації русел, берегових ліній і дельтових утворень.

Дельти річок належать до найбільш динамічних природних систем, де руслові процеси проявляються особливо інтенсивно. Вони формуються внаслідок взаємодії річкового стоку, морських течій, хвильових процесів та осадонакопичення.

Зміни руслової мережі в дельтових районах впливають на гідрологічний режим, екологічний стан водних екосистем та процеси перенесення завислих речовин.

Дельта Дунаю є однією з найбільших дельтових систем Європи та характеризується складною мережею рукавів і проток. Постійні процеси розмиву та акумуляції наносів спричиняють зміни морфології русел, формування нових островів і мілин, а також трансформацію берегової лінії в прибережній частині Чорного моря.

Тому моніторинг руслових процесів має важливе значення для оцінювання сучасного стану території та прогнозування її подальшого розвитку.

## 1.2 Завислі речовини у річкових та прибережно-морських водах

Завислі речовини є важливим компонентом водного середовища та відіграють значну роль у формуванні гідрологічних, геоморфологічних і екологічних процесів. Під завислими речовинами розуміють сукупність твердих частинок органічного та неорганічного походження, які перебувають у товщі води у завислому стані та переміщуються під впливом течій, хвильових процесів і турбулентного перемішування.

Основними джерелами надходження завислих речовин до річкових систем є водна ерозія ґрунтів, руйнування берегів, поверхневий стік із водозбірних територій, а також антропогенна діяльність. У прибережно-морських акваторіях значний вплив на концентрацію завислих речовин мають хвильові процеси, донна абразія та перенесення наносів річковим стоком.

Завислі речовини виконують важливу функцію у процесах формування рельєфу русел і дельт. Вони є основним матеріалом для акумуляції наносів, утворення островів, мілин та інших морфологічних елементів. Інтенсивність перенесення завислих речовин визначає швидкість розвитку дельтових систем і впливає на характер руслових деформацій.

Завислі наноси – це такі ноноси, що знаходяться у водному потоці у завислому стані, в зв'язку з тим, що питома вага їх менша від питомої ваги води, що пояснюється наявністю вертикальних складових швидкостей турбулентного руху води в річці. Швидкість, з якою тверді частинки спускаються в стоячій воді на дно, називається гідравлічною крупністю ( $W$  мм/сек) [2].

У дельті Дунаю завислі речовини формуються внаслідок ерозійних процесів у басейні річки та транспортуються до Чорного моря через систему рукавів. У місцях зниження швидкості течії відбувається осадження частинок і формування акумулятивних форм рельєфу. Частина завислих речовин надходить у прибережну морську зону, де під впливом хвильових та течійних процесів формується характерний шлейф каламутності.

Концентрація завислих речовин є одним із ключових показників якості водного середовища. Її зміни можуть свідчити про активізацію ерозійних процесів, зміни гідрологічного режиму, техногенний вплив або природні сезонні коливання. Високі концентрації завислих речовин впливають на прозорість води, світловий режим, процеси фотосинтезу та функціонування водних екосистем.

Традиційно визначення концентрації завислих речовин здійснюється шляхом відбору проб води та їх лабораторного аналізу. Проте такі методи мають локальний характер і не дозволяють оперативно оцінювати стан великих територій. З розвитком технологій дистанційного зондування Землі з'явилася можливість визначення просторового розподілу завислих речовин на основі аналізу спектральних характеристик водної поверхні.

Завислі частинки змінюють відбивну здатність води в різних ділянках електромагнітного спектра. Найбільш чутливими до змін концентрації завислих речовин є синій, зелений та червоний спектральні канали. Це дозволяє використовувати супутникові знімки для оцінювання каламутності води та аналізу процесів перенесення наносів у річкових і прибережно-морських акваторіях.

Таким чином, моніторинг завислих речовин є важливим інструментом дослідження руслових процесів, оцінювання екологічного стану водних об'єктів та вивчення особливостей взаємодії річкових і морських систем.

### 1.3 Використання даних дистанційного зондування Землі для дослідження водних об'єктів

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) є одним із найбільш ефективних сучасних підходів до отримання інформації про стан природних об'єктів, зокрема водних екосистем. Його основна перевага полягає у можливості оперативного, регулярного та великомасштабного спостереження за

територіями, які складно або неможливо охопити традиційними наземними методами.

Дистанційне зондування Землі (далі ДЗЗ) – це одержання інформації про будь-який об'єкт чи процес без прямого контакту з ними. У сучасному розумінні ДЗЗ полягає в тематичному аналізі як власного, так і штучно створеного випромінювання земної поверхні в межах від ультрафіолетового до радіохвильового діапазонів [3].

У контексті дослідження річкових і прибережно-морських систем методи ДЗЗ дозволяють аналізувати просторово-часову динаміку руслових процесів, зміни берегової лінії, а також варіації концентрації завислих речовин. Використання багатоспектральних супутникових знімків дає змогу фіксувати фізичні та оптичні властивості водної поверхні, які безпосередньо залежать від її стану та складу.

Водні об'єкти мають специфічні спектральні характеристики: у видимому діапазоні спектра чиста вода характеризується відносно низькою відбивною здатністю, тоді як наявність завислих речовин, фітопланктону та розчинених органічних сполук суттєво змінює спектральний сигнал. Це створює основу для дистанційного оцінювання каламутності та концентрації наносів.

Одним із ключових напрямів застосування ДЗЗ у гідрологічних дослідженнях є дешифрування водних поверхонь та виділення меж вода–суходіл. Особливо ефективним є використання інфрачервоних спектральних каналів, оскільки вода має низьку відбивну здатність у ближньому та середньому інфрачервоному діапазонах, що дозволяє чітко відокремлювати її від суші.

Сучасні супутникові системи, такі як Landsat 8 та Landsat 9, забезпечують багатоспектральні дані з достатньою просторовою та часовою роздільною здатністю для моніторингу водних об'єктів середнього та великого масштабу. Використання архівів супутникових знімків дає

можливість виконувати ретроспективний аналіз змін за тривалі періоди часу, що є особливо важливим для дослідження динаміки дельтових систем.

Методи обробки даних ДЗЗ включають радіометричну та атмосферну корекцію знімків, розрахунок спектральних індексів, класифікацію земної поверхні та просторовий аналіз у геоінформаційних системах. Застосування цих підходів дозволяє отримувати кількісні та якісні характеристики водного середовища з високим ступенем достовірності.

Таким чином, дистанційне зондування Землі є ключовим інструментом сучасних досліджень водних екосистем, що забезпечує комплексний аналіз руслових процесів і перенесення завислих речовин у дельтових та прибережних зонах.

#### 1.4 Висновки до розділу

У першому розділі було розглянуто теоретичні засади дослідження руслових процесів та завислих речовин у водних екосистемах із використанням методів дистанційного зондування Землі.

Встановлено, що руслові процеси є результатом взаємодії водного потоку з руслом та визначають особливості формування і розвитку дельтових систем. У дельті Дунаю вони проявляються через процеси ерозії, транспортування та акумуляції наносів, що призводить до постійних змін конфігурації русел, островів і берегової лінії.

Визначено, що завислі речовини є важливим індикатором інтенсивності руслових процесів та стану водного середовища. Їх просторовий розподіл відображає особливості перенесення наносів, процеси осадонакопичення та взаємодію річкових і морських вод. Моніторинг концентрації завислих речовин дозволяє оцінювати динаміку морфологічних змін та екологічний стан водних об'єктів.

Проведений аналіз показав, що традиційні польові методи досліджень, хоча й забезпечують високу точність результатів, мають обмеження щодо

оперативності та просторового охоплення. У зв'язку з цим особливого значення набувають технології дистанційного зондування Землі, які дозволяють здійснювати регулярний моніторинг великих територій та отримувати об'єктивну інформацію про зміни водних екосистем.

Встановлено, що багатоспектральні супутникові дані є ефективним джерелом інформації для дослідження водних об'єктів. Аналіз спектральних характеристик водної поверхні дає можливість визначати межі водних об'єктів, виявляти зміни берегової лінії та оцінювати концентрацію завислих речовин. Особливо перспективним є використання супутникових даних серії Landsat, які характеризуються тривалим архівом спостережень, відкритим доступом до даних та достатньою просторовою роздільною здатністю для дослідження руслових процесів у дельтових системах.

Отже, теоретичний аналіз підтвердив доцільність використання методів дистанційного зондування Землі та геоінформаційних технологій для моніторингу динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря. Отримані результати є методологічною основою для виконання подальших етапів дослідження, пов'язаних з обробкою супутникових даних, розрахунком показників та аналізом просторово-часових змін досліджуваних процесів.

## 2 ПІДБІР ТА ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ

### 2.1 Підбір космічних знімків

Для дослідження динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря було використано багатоспектральні супутникові знімки програм Landsat 8 та Landsat 9. Вибір саме цих даних обумовлений їх відкритою доступністю, значним архівом спостережень, стабільністю параметрів зйомки та широкими можливостями для виконання як візуального дешифрування, так і автоматизованої обробки із застосуванням геоінформаційних технологій.

Супутникові дані Landsat широко використовуються для моніторингу водних об'єктів, дослідження руслових процесів, аналізу берегової динаміки та оцінювання концентрації завислих речовин. Важливою перевагою цих даних є наявність набору спектральних каналів, які дозволяють аналізувати різні властивості водного середовища та прилеглих територій.

Для виділення водних поверхонь найбільш інформативними є ближній інфрачервоний (NIR), короткохвильові інфрачервоні (SWIR1 та SWIR2) та червоний канали. Вода практично не відбиває електромагнітне випромінювання в інфрачервоному діапазоні, що забезпечує її надійне відокремлення від суходолу та рослинного покриву. Завдяки цьому стає можливим визначення положення берегової лінії, аналіз змін руслової мережі та оцінювання морфологічних трансформацій дельтових утворень.

Для аналізу завислих речовин використовуються переважно синій та червоний спектральні канали. Наявність у воді мінеральних та органічних завислих частинок призводить до зміни її спектральної відбивної здатності, що дозволяє здійснювати оцінювання відносного вмісту завислих речовин за супутниковими даними. Особливо ефективним є використання часових рядів супутникових знімків для виявлення сезонних і багаторічних змін просторового розподілу каламутності вод.

Важливим фактором вибору супутникових даних є їх просторова роздільна здатність. Знімки Landsat 8 та Landsat 9 мають просторову роздільну здатність 30 м для більшості спектральних каналів, що забезпечує достатню деталізацію для дослідження основних руслових форм та зон поширення завислих речовин у межах дельти Дунаю та прилеглої акваторії Чорного моря. Панхроматичний канал має роздільну здатність 15 м, що дозволяє підвищувати деталізацію зображень шляхом паншарпенінгу. Термальні канали мають роздільну здатність 100 м, яка при розповсюдженні продуктів приведена до 30 м.

Таблиця 2.1 містить основні характеристики спектральних каналів супутників Landsat 8 та Landsat 9, використаних у дослідженні.

Таблиця 2.1 – Характеристики спектральних каналів супутників Landsat 8 та Landsat 9

Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Назва каналу	Довжина хвилі, мкм	Розрізнення, м
Band 1	Coastal aerosol	0,43 - 0,45	30
Band 2	Blue	0,45 - 0,51	30
Band 3	Green	0,53 - 0,59	30
Band 4	Red	0,64 - 0,67	30
Band 5	Near Infrared (NIR)	0,85 - 0,88	30
Band 6	SWIR 1	1,57 - 1,65	30
Band 7	SWIR 2	2,11 - 2,29	30
Band 8	Panchromatic	0,50 - 0,68	15
Band 9	Cirrus	1,36 - 1,38	30
Band 10	Thermal Infrared (TIRS) 1	10,60 - 11,19	100
Band 11	Thermal Infrared (TIRS) 2	11,50 - 12,51	100

Суттєвою перевагою використання даних Landsat для дослідження дельти Дунаю є розташування території в межах двох суміжних орбітальних

смуг зйомки (Path 180 та Path 181). Це дозволяє майже вдвічі збільшити кількість доступних знімків протягом року та підвищити ймовірність отримання якісних даних у періоди несприятливих погодних умов.

Період повторного знімання для одного супутника Landsat становить 16 діб. Після введення в експлуатацію супутника Landsat 9 фактична частота отримання знімків для території дослідження збільшилася до 8 діб, що значно покращує можливості оперативного моніторингу руслових процесів та завислих речовин.

На підготовчому етапі дослідження було виконано аналіз доступних архівних матеріалів дистанційного зондування та проведено відбір супутникових знімків, придатних для подальшої обробки. Основними критеріями відбору були відсутність хмарності над районом дослідження, мінімальний вплив атмосферної серпанковості, повне охоплення території дельти Дунаю та прибережної частини Чорного моря, а також відповідність дат зйомки поставленим завданням моніторингу.

## 2.2 Завантаження вихідних даних

Для виконання дослідження використовувалися супутникові знімки місій Landsat 8 та Landsat 9, отримані з архіву Геологічної служби США (USGS). Для пошуку та завантаження супутникових знімків та інших геопросторових даних від Геологічної служби США використовується головний портал USGS EarthExplorer (рис. 2.1) [4].

Дані Landsat належать до найбільш поширених джерел інформації для дослідження природних процесів завдяки їх відкритому доступу, тривалому періоду спостережень та високій якості попередньої обробки.

Завантаження вихідних даних здійснювалося за допомогою веб-платформи EarthExplorer, яка забезпечує доступ до архівів дистанційного зондування Землі та дозволяє виконувати пошук супутникових знімків за просторовими, часовими та тематичними критеріями.

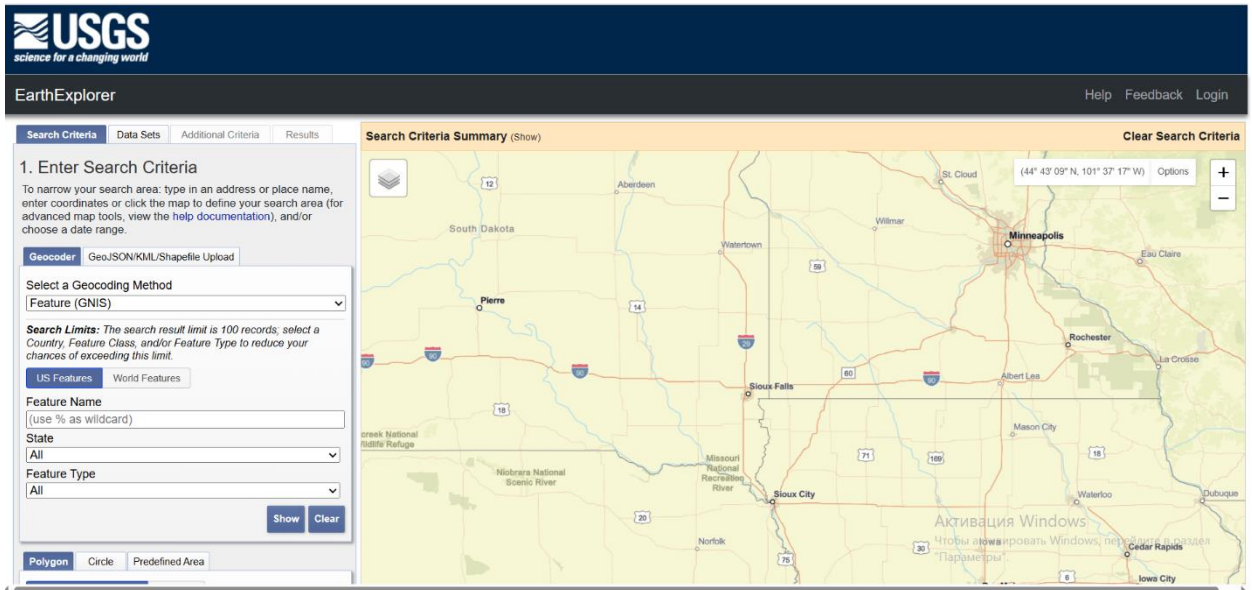


Рисунок 2.1 – Головний портал Геологічної служби США USGS  
EarthExplorer

На першому етапі було виконано реєстрацію та авторизацію користувача в системі EarthExplorer. Після входу до системи визначено межі території дослідження, яка охоплює дельту Дунаю та прилеглу акваторію Чорного моря. Область інтересу задавалася шляхом завантаження векторного контуру досліджуваної території та уточнювалася за допомогою інтерактивної карти.

Наступним кроком було встановлення часових меж пошуку супутникових даних відповідно до завдань дослідження. Для забезпечення порівнянності результатів відбиралися знімки, отримані в однакові або близькі за сезонними умовами періоди року.

У розділі вибору наборів даних було обрано колекцію Landsat Collection 2 Level-2, яка містить продукти, що пройшли геометричну та атмосферну корекцію. Використання даних цього рівня обробки дозволяє безпосередньо застосовувати значення відбивної здатності поверхні для подальшого спектрального аналізу.

Після формування запиту було виконано пошук доступних сцен для території дослідження. Для кожного знімка аналізувалися дата зйомки, відсоток хмарності, просторове покриття та відповідність межах досліджуваної території. Особлива увага приділялася вибору сцен із мінімальним рівнем хмарності та відсутністю значних атмосферних перешкод.

На завершальному етапі відібрані сцени були завантажені у форматі GeoTIFF разом із супровідними метаданими. Отримані дані були структуровані за датами зйомки та підготовлені для подальшої попередньої обробки і тематичного аналізу в геоінформаційному середовищі.

Таким чином, використання архіву USGS EarthExplorer дозволило сформувати репрезентативну вибірку супутникових знімків Landsat 8 та Landsat 9, необхідну для дослідження динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

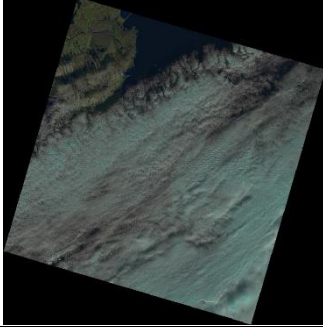
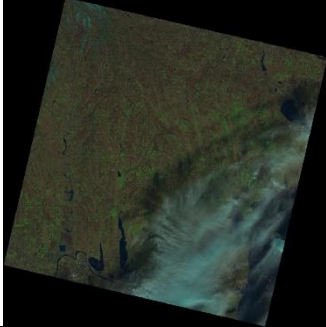
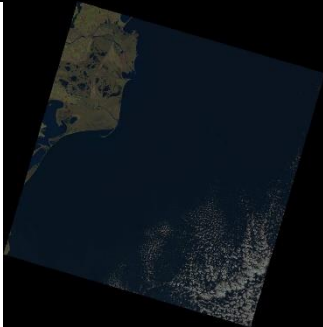
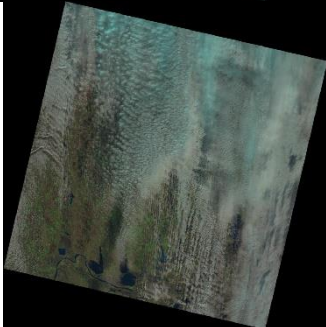
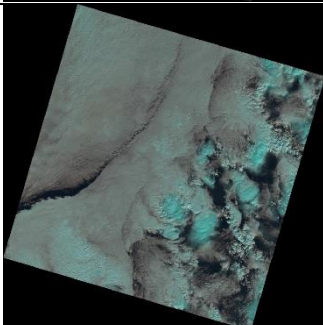
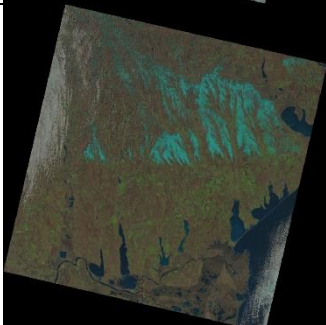
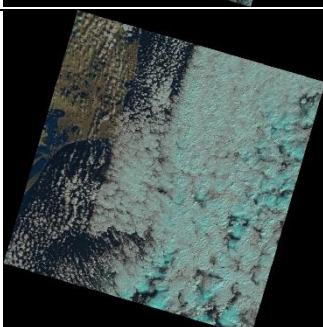
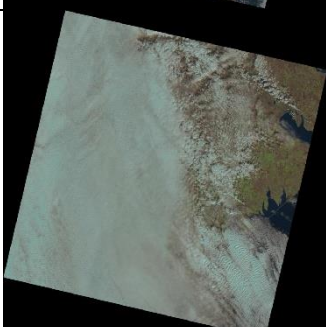
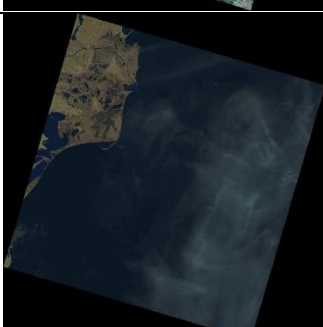
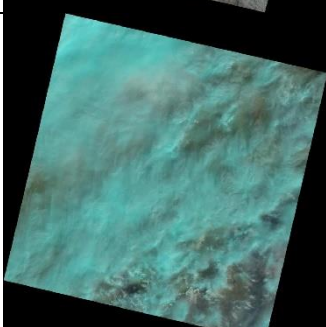
### 2.3 Попередня обробка супутникових знімків Landsat 8 та Landsat 9

Попередня обробка супутникових даних є важливим етапом дистанційного моніторингу, оскільки від якості підготовки вихідних матеріалів залежить достовірність результатів подальшого аналізу. Метою попередньої обробки було формування набору супутникових знімків, придатних для дослідження динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

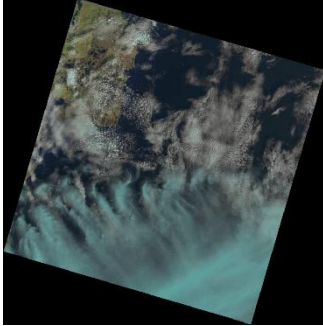
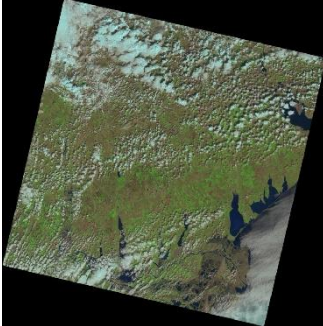
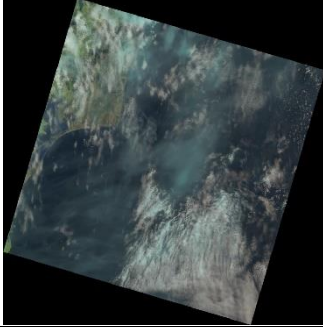
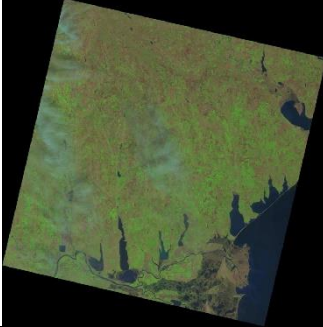
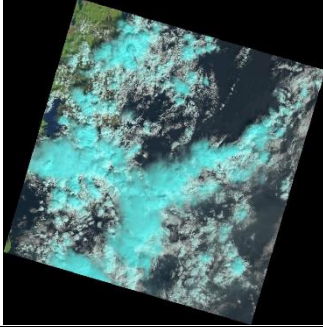
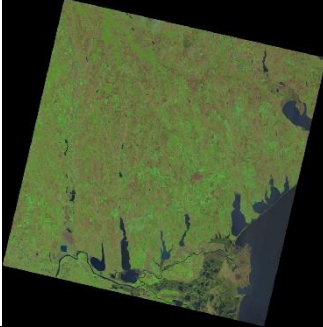
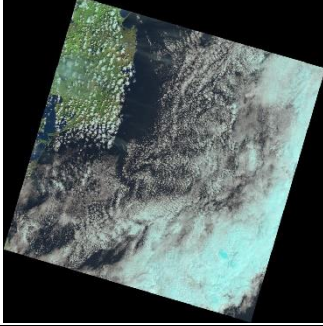
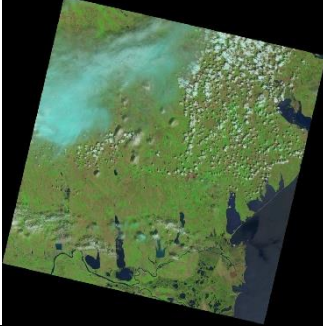
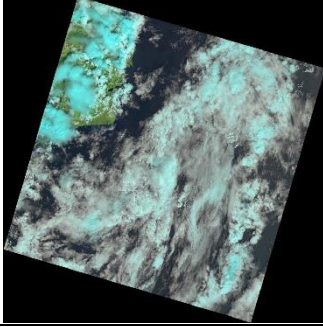
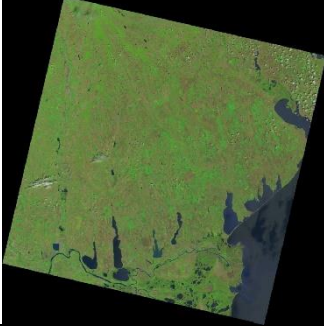
Першим етапом обробки стало оцінювання якості доступних супутникових сцен та визначення можливості їх використання для подальших досліджень. Для кожного знімка аналізувалися умови зйомки, ступінь хмарності, наявність атмосферного серпанку та повнота покриття території дослідження.

Результати оцінювання якості доступних супутникових знімків наведені у таблиці 2.2.

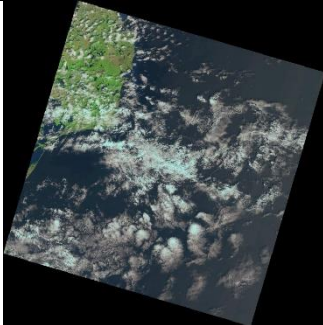
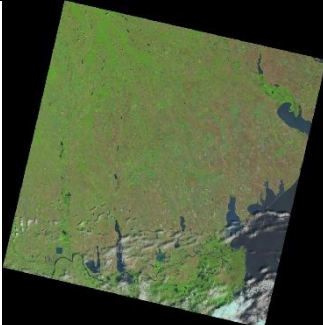



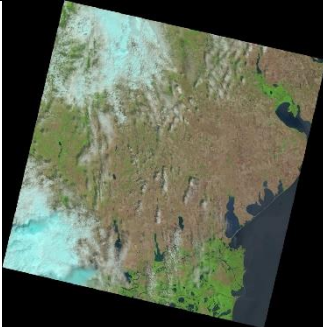

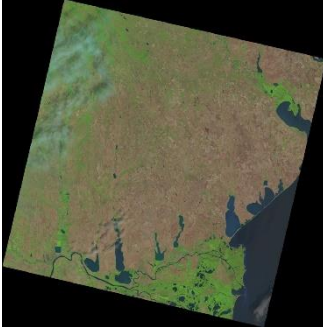

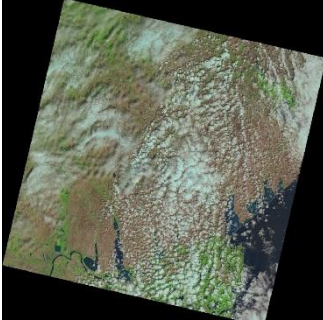
Таблиця 2.1 – Вигляд доступних для аналізу стану узбережжя дельти Дунаю знімків Landsat 8, 9

Path 180 Raw 029		Path 181 Raw 028	
Дата	Оглядове зображення	Дата	Оглядове зображення
04.01.2025		11.01.2025	
20.01.2025		27.01.2025	
05.02.2025		12.02.2025	
21.02.2025		28.02.2025	
09.03.2025		16.03.2025	



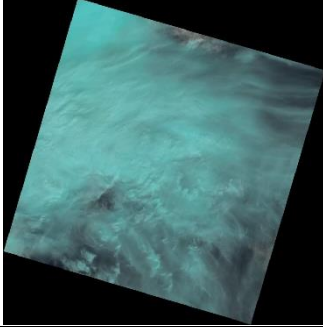

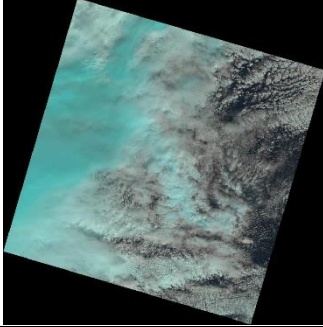
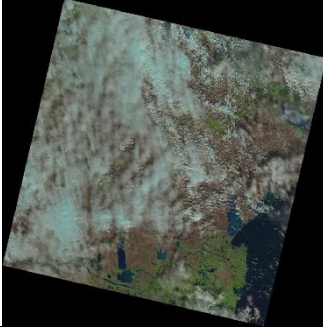
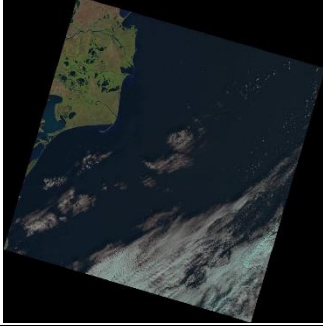
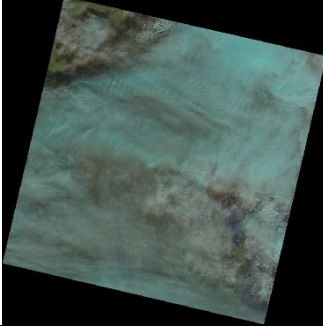
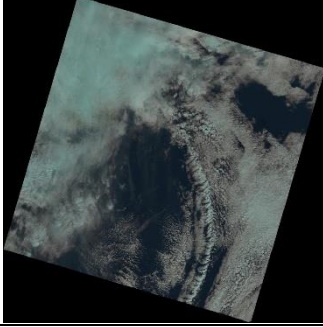
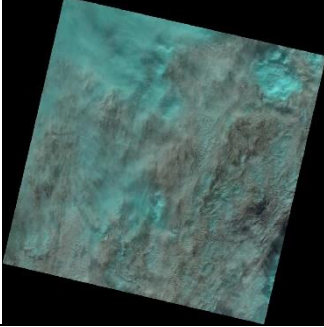
Продовження таблиці 2.2

Path 180 Raw 029		Path 181 Raw 028	
Дата	Оглядове зображення	Дата	Оглядове зображення
25.03.2025		01.04.2025	
10.04.2025		17.04.2025	
26.04.2025		03.05.2025	
12.05.2025		19.05.2025	
28.05.2025		04.06.2025	

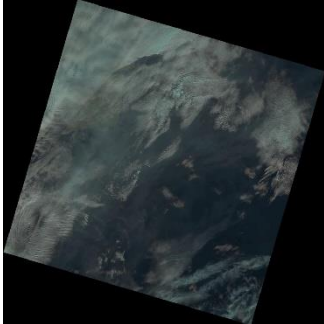
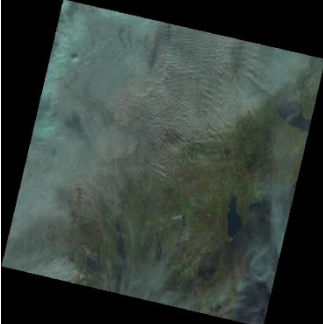
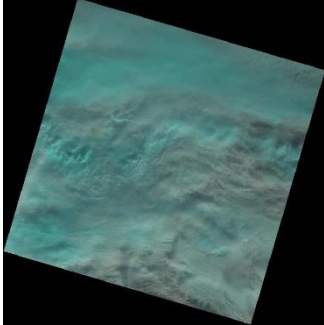
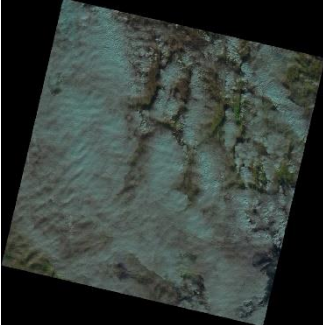
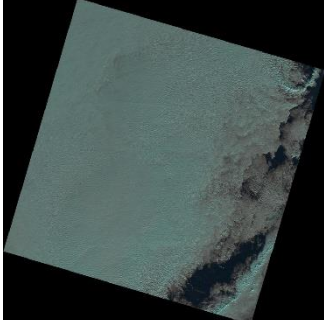
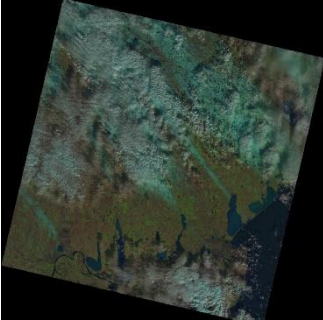
## Продовження таблиці 2.2

Path 180 Raw 029		Path 181 Raw 028	
Дата	Оглядове зображення	Дата	Оглядове зображення
13.06.2025		20.06.2025	
29.06.2025		06.07.2025	
15.07.2025		22.07.2025	
31.07.2025		07.08.2025	
16.08.2025		23.08.2025	

## Продовження таблиці 2.2

Path 180 Raw 029		Path 181 Raw 028	
Дата	Оглядове зображення	Дата	Оглядове зображення
01.09.2025		08.09.2025	
17.09.2025		24.09.2025	
03.10.2025		10.10.2025	
19.10.2025		26.10.2025	
04.11.2025		11.11.2025	

Продовження таблиці 2.2

Path 180 Raw 029		Path 181 Raw 028	
Дата	Оглядове зображення	Дата	Оглядове зображення
20.11.2025		27.11.2025	
06.12.2025		13.12.2025	
22.12.2025		29.12.2025	

Проведений аналіз показав, що головним фактором, який обмежує можливість використання супутникових даних для моніторингу водних об'єктів, є хмарність. Особливо це характерно для весняного та осіннього періодів, коли атмосферні умови часто ускладнюють отримання якісних знімків. Саме тому на етапі формування вибірки особлива увага приділялася відбору сцен із мінімальним впливом атмосферних перешкод, що забезпечило достовірність подальшого аналізу руслових процесів і завислих речовин.

Для дослідження використовувалися продукти рівня обробки Level-2, які вже містять результати геометричної та атмосферної корекції. Геометрична корекція забезпечує точну просторову прив'язку знімків до земної поверхні та

дозволяє коректно виконувати порівняння матеріалів різних дат зйомки. Атмосферна корекція спрямована на усунення впливу атмосферного розсіювання та поглинання електромагнітного випромінювання, що особливо важливо при дослідженні водних об'єктів та розрахунку спектральних показників.

Після відбору придатних сцен було виконано їх обрізання за межами території дослідження. Це дозволило зменшити обсяг оброблюваних даних та зосередити аналіз виключно на дельті Дунаю і прилеглий акваторії Чорного моря. Для забезпечення однакових умов аналізу всі знімки були приведені до єдиної просторової структури та координатної системи.

Наступним етапом стало формування кольорових композитів із різних комбінацій спектральних каналів. Використання композитів на основі червоного, ближнього інфрачервоного та короткохвильових інфрачервоних каналів дозволило виконати візуальний контроль якості даних, уточнити межі водних поверхонь та виявити ділянки активних руслових змін.

Для подальшого аналізу завислих речовин було підготовлено спектральні канали, найбільш чутливі до змін каламутності води, зокрема синій та червоний. Саме ці канали використовуються для оцінювання концентрації завислих речовин, оскільки їх спектральні характеристики змінюються залежно від вмісту твердих частинок у водному середовищі.

У результаті виконаної попередньої обробки було сформовано єдиний набір супутникових даних Landsat 8 та Landsat 9, придатний для подальшого аналізу динаміки руслових процесів, дослідження берегових змін та оцінювання просторового розподілу завислих речовин у межах дельти Дунаю та прибережної частини Чорного моря.

Аналіз доступних супутникових даних показав, що погодні умови суттєво впливають на можливість використання матеріалів дистанційного зондування для дослідження водних об'єктів. У першому кварталі 2025 року територія дельти Дунаю та прибережної частини Чорного моря характеризувалася значною кількістю хмарних днів, що обмежило можливість

отримання якісних супутникових знімків. У цей період із супутника Landsat 8 було відібрано лише дві сцени, придатні для подальшого аналізу. Для забезпечення більш рівномірного часового ряду спостережень до бази даних додатково були включені знімки супутника Landsat 9, отримані 13.02.2025 р. та 08.03.2025 р.

Подібна ситуація спостерігалася також у четвертому кварталі 2025 року. Осінньо-зимовий період характеризувався підвищеною хмарністю та частими атмосферними явищами, які погіршували якість супутникових зображень. У результаті з матеріалів Landsat 8 було отримано лише один повністю придатний для обробки знімок та один умовно придатний. Для підвищення щільності спостережень було проаналізовано можливість використання даних Landsat 9, однак серед доступних сцен лише один знімок виявився умовно придатним для подальшого аналізу.

#### 2.4 Підготовка даних до аналізу

За результатами оцінювання якості даних із загальної кількості можливих сцен було сформовано вибірку супутникових знімків, що забезпечувала достатнє просторове та часове покриття району дослідження. До бази даних для подальшої обробки увійшли знімки за такі дати:

04.01.2025 р., 20.01.2025 р., 13.02.2025 р., 08.03.2025 р., 17.04.2025 р., 03.05.2025 р., 19.05.2025 р., 04.06.2025 р., 06.07.2025 р., 22.07.2025 р., 31.07.2025 р., 07.08.2025 р., 16.08.2025 р., 08.09.2025 р., 24.09.2025 р., 10.10.2025 р., 19.10.2025 р. та 30.12.2025 р.

При цьому знімки від 10.10.2025 р. та 30.12.2025 р. були віднесені до категорії умовно придатних через частковий вплив атмосферних перешкод.

Після формування вибірки було виконано підготовку супутникових даних до подальшого аналізу. Усі знімки були приведені до єдиної координатної системи WGS-84 у проєкції UTM Zone 35N, що забезпечило коректне просторове суміщення матеріалів різних дат спостережень. Окремі

спектральні канали кожної сцени були об'єднані в багатоканальні растрові зображення для подальшої тематичної обробки.

З метою підвищення деталізації аналізу було виконано покращення просторової роздільної здатності багатоспектральних каналів із використанням панхроматичного каналу Landsat. Процедура паншарпенінгу здійснювалася методом High Pass Filter (HPF) Resolution Merge, що дозволило підвищити просторове розрізнення багатоспектральних даних до 15 м без істотного спотворення їх спектральних характеристик.

Наступним етапом стала радіометрична та атмосферна корекція супутникових знімків. Виконання цих процедур забезпечило усунення впливу атмосферного розсіювання та змін умов освітлення, що є необхідною умовою для порівняння даних різних дат зйомки. Підготовлені таким чином матеріали були використані для аналізу динаміки берегової лінії, руслових процесів та просторового розподілу завислих речовин у рукавах дельти Дунаю та прилеглий акваторії Чорного моря.

Сучасні методи дистанційного зондування широко застосовуються для оцінювання характеристик водного середовища, зокрема концентрації завислих речовин (Total Suspended Matter, TSM). Основою більшості підходів є аналіз спектральної відбивної здатності водної поверхні в різних діапазонах електромагнітного спектра. Наявність завислих частинок змінює оптичні властивості води, що дозволяє оцінювати їх концентрацію за супутниковими даними.

Найбільш поширеними є методики, що використовують значення відбивної здатності у червоному діапазоні спектра (0,6–0,7 мкм). Цей підхід характеризується універсальністю та успішно застосовується для аналізу різних типів водойм. Разом із тим у сучасних дослідженнях часто використовуються комбіновані алгоритми, які додатково враховують дані синього, зеленого та ближнього інфрачервоного каналів. Такі методики здатні забезпечувати вищу точність оцінювання концентрації завислих речовин,

однак зазвичай потребують попереднього калібрування з урахуванням регіональних особливостей водойм та сезонних змін їх гідрологічного режиму.

## 2.5 Висновки до розділу

У другому розділі було розглянуто процес формування, відбору та попередньої обробки супутникових знімків Landsat 8 та Landsat 9 для дослідження динаміки руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

Встановлено, що основним фактором, який впливає на доступність і якість супутникових даних, є хмарність та атмосферні умови. Найбільш складними для отримання якісних спостережень виявилися весняний та осінньо-зимовий періоди, що призводило до зменшення кількості придатних сцен і вимагало залучення додаткових даних Landsat 9 для забезпечення більш рівномірного часового ряду.

За результатами аналізу було сформовано вибірку супутникових знімків, яка охоплює основні гідрологічні сезони 2025 року та забезпечує достатню репрезентативність для подальшого дослідження просторово-часової динаміки руслових процесів і завислих речовин. При цьому частина сцен була віднесена до умовно придатних через часткову хмарність, однак вони були збережені для окремих етапів аналізу.

Виконано попередню обробку супутникових даних, яка включала приведення знімків до єдиної координатної системи WGS-84 (UTM Zone 35N), об'єднання спектральних каналів, а також підвищення просторової роздільної здатності за допомогою панхроматичного каналу із застосуванням методу High Pass Filter (HPF) Resolution Merge. Це дозволило підвищити деталізацію даних та забезпечити їх придатність для аналізу дрібномасштабних змін у межах руслової мережі.

Додатково було виконано радіометричну та атмосферну корекцію супутникових знімків, що забезпечило усунення впливу зовнішніх факторів та

створило умови для коректного порівняння багатодатних спостережень. Підготовлені дані сформували єдину інформаційну основу для подальшого аналізу берегової динаміки, руслових трансформацій та оцінювання просторового розподілу завислих речовин.

Проведений аналіз літературних джерел та методичних підходів підтвердив, що оцінювання концентрації завислих речовин базується на спектральних властивостях водної поверхні, причому найбільш інформативним є червоний діапазон спектра. Разом із тим комбіновані багатоканальні підходи забезпечують підвищення точності результатів, але потребують урахування регіональних та сезонних особливостей досліджуваної акваторії.

Отже, виконані в межах розділу 2 етапи забезпечили повну підготовку вихідних супутникових даних для подальшого просторово-часового аналізу руслових процесів і динаміки завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

### 3 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ І ЗАВИСЛИХ РЕЧОВИН В ДЕЛЬТІ ДУНАЮ ТА ПРИБЕРЕЖНІЙ ЧАСТИНІ ЧОРНОГО МОРЯ ЗА МАТЕРІАЛАМИ КОСМІЧНИХ ЗЙОМОК

#### 3.1 Динаміка розподілу зважених речовин

Аналіз багатоспектральних супутникових знімків дозволив дослідити просторово-часову динаміку зважених (завислих) речовин у західній частині акваторії Чорного моря в районі дельти річки Дунай. Отримані результати представлені у вигляді синтезованих космічних зображень (додаток А), які відображають загальні особливості розповсюдження каламутності та формування зон підвищеної концентрації наносів.

Для кількісної оцінки просторового розподілу завислих речовин виконано розрахунковий аналіз на основі супутникових даних, а також побудовано карти відносної концентрації зважених речовин у прибережній частині акваторії Чорного моря в районі гирла Дунаю (додаток Б). Методика оцінювання базувалася на використанні червоного спектрального каналу з довжиною хвилі 0,6–0,7 мкм, який є найбільш чутливим до змін каламутності води та широко застосовується у дослідженнях такого типу.

Спектральні індекси ДЗЗ широко використовуються для оцінки стану водойм. Вони дозволяють аналізувати різні параметри, такі як концентрація хлорофілу, каламутність води, наявність водоростей, «цвітіння води» та ін. За допомогою цих індексів можна здійснювати моніторинг зміни в екосистемах водойм, виявляти забруднення та оцінювати вплив антропогенного фактору. Різні індекси чутливі до різних аспектів якості води, тому їх комбіноване використання дає найбільш повну картину стану водойми. Це дозволяє проводити регулярний дистанційний моніторинг, що є важливим для управління та охорони водних ресурсів [5].

Результати аналізу показали, що у 2025 році інтенсивний винос зважених речовин через гирлову систему української частини дельти Дунаю

спостерігався один раз – 1 червня, коли переважав північно-східний напрямок перенесення водних мас і наносів.

Випадки середньої інтенсивності винесення зважених речовин фіксувалися у такі дати: 6 липня (східний напрямок), 17 квітня, 3 та 19 травня, 16 серпня, 8 вересня (переважно південно-східний напрямок), а також 7 серпня і 30 грудня, коли напрямок виносу змінювався від південно-східного до південного.

Низька та дуже низька інтенсивність перенесення завислих речовин спостерігалася 8 березня та 10 жовтня (переважно східний напрямок), 4 та 20 січня, 31 липня, 24 вересня (південно-східний напрямок), 19 жовтня (від південно-східного до південного), а також 12 лютого (південний напрямок).

Окремо слід відзначити просторову неоднорідність процесів винесення. Так, 17 квітня, 3 травня та 19 жовтня у районі Очаківського гирла зафіксовано відхилення напрямку перенесення завислих речовин у північно-східному та північному напрямках, що відрізнялося від загальної тенденції південно-східного поширення для інших гирлових ділянок дельти.

У дні 7 серпня та 8 вересня вздовж прибережної смуги на значній протяжності спостерігалися підвищені концентрації завислих речовин, що, ймовірно, було пов'язано з метеорологічними умовами та посиленням хвильової активності, яка сприяла ресуспендуванню донних відкладів.

6 липня в акваторії Чорного моря в районі дельти Дунаю було виявлено наявність поверхневої плівки або пінистих утворень, що суттєво впливало на спектральні характеристики водної поверхні та ускладнювало інтерпретацію результатів дистанційного зондування.

Загалом встановлено, що в межах основних рукавів дельти Дунаю формуються зони максимальних значень каламутності, які чітко простежуються на супутникових знімках. Просторова структура поля каламутності має вихровий характер із поступовим розсіюванням у напрямку відкритого моря. Узагальнений напрямок перенесення зважених речовин переважно є південно-східним, однак у різні періоди року спостерігаються

відхилення на східний та північно-східний напрями, що свідчить про вплив вітрового режиму та гідродинамічних умов.

У зоні морського відвалу ґрунтів аномальних змін фототону та стійких осередків підвищеної каламутності не виявлено, що може свідчити про відсутність довготривалого накопичення завислих речовин у цій ділянці акваторії або про їх швидке розсіювання під впливом морських течій.

### 3.2 Динаміка берегової лінії

Аналіз супутникових знімків дозволив дослідити просторово-часову динаміку берегової лінії в українській частині дельти Дунаю та прилеглий акваторії Чорного моря. Для виявлення змін використовувалися синтезовані зображення, побудовані на основі комбінації ближнього інфрачервоного, середнього інфрачервоного та далекого інфрачервоного спектральних каналів. Така комбінація забезпечує високу контрастність між водною поверхнею та суходолом, що дозволяє більш точно визначати положення берегової лінії та оцінювати процеси розмиву й акумуляції наносів. Для виконання порівняльного аналізу було виділено кілька ключових ділянок узбережжя, які протягом останніх років характеризуються найбільшою динамікою берегових процесів. До них належать затока Таранів, Пташина коса та острови Нова Земля.

Затока Таранів. За результатами багаторічних спостережень встановлено, що район затоки Таранів є однією з найбільш динамічних ділянок узбережжя дельти Дунаю. Протягом 2013–2019 років конфігурація кіс, що обмежують затоку, зазнавала помітних змін під впливом процесів розмиву та акумуляції наносів. У 2020–2021 роках характерний для попередніх років весняний розмив берегових форм практично не спостерігався. Водночас наприкінці осіннього періоду відзначалося незначне видовження та потовщення західного крила коси, розташованої на північ від гирла Прорва. У другій половині 2022 року продовжувалися процеси акумуляції наносів і

поступового нарощування берегових форм. Протягом першої половини 2023 року та на початку 2024 року спостерігалися зворотні процеси, пов'язані з деградацією окремих ділянок кіс. У другому півріччі 2024 року відбулося їх повторне нарощування, внаслідок чого берегова лінія наблизилася до максимальних значень розвитку, зафіксованих у попередні роки. Основною відмінністю сучасного етапу розвитку є зміщення розриву в тілі коси до її південно-східної частини, тоді як у 2022–2023 роках аналогічний розрив розташовувався ближче до центральної ділянки.

У 2025 році істотних змін берегової лінії в районі затоки Таранів не зафіксовано. Весняний розмив кіс був відсутній, а контури берегових форм протягом року залишалися практично незмінними. Це свідчить про відносну стабілізацію берегових процесів на даній ділянці узбережжя.

Пташина коса. Значні зміни берегової лінії в попередні роки спостерігалися в районі Пташиної коси. У 2014 році тут активно відбувалися процеси акумуляції наносів, які сприяли збільшенню площі острова Пташиний. Упродовж 2015–2016 років швидкість цих процесів зменшилася, а конфігурація берегової лінії залишалася відносно стабільною. У 2017 році спостерігалися коливання площі внутрішньої лагуни між островом та материковим узбережжям. Наприкінці літа південна частина острова з'єдналася з берегом, що стало початком формування нової берегової структури. Вже в 2018 році острів остаточно перетворився на косу, яка зберігає свій сучасний вигляд до теперішнього часу.

Аналіз супутникових знімків за 2025 рік показав, що суттєвих змін у конфігурації Пташиної коси не відбулося. Як і в попередні роки, її контури залишалися стабільними, а коливання площі внутрішнього водного простору між косою та берегом були мінімальними.

У теплий період року ця акваторія частково заростала водною рослинністю, що добре простежувалося на багатоспектральних супутникових знімках.

Острови Нова Земля. Район островів Нова Земля протягом тривалого часу характеризується підвищеною мінливістю берегової лінії. У період 2010–2024 років зміни конфігурації островів відбувалися переважно у широтному напрямку та були пов'язані з чергуванням процесів розмиву й акумуляції наносів. У 2010–2013 роках острови існували як окремі ізольовані утворення. У 2014 році внаслідок активного накопичення наносів вони практично об'єдналися в єдину структуру, яка надалі продовжувала зміцнюватися. У 2015–2016 роках темпи акумуляції знизилися, а конфігурація берегів залишалася відносно стабільною. Упродовж 2017–2018 років зберігалася характерна багаторічна циклічність: у першій половині року переважали процеси розмиву, а в другій половині року відбувалося відновлення та нарощування берегових форм. У 2019–2022 роках суттєвих змін берегової лінії практично не відзначалося. У 2023 році на цій ділянці узбережжя активізувалися процеси розмиву, які призвели до часткової деградації ланцюжка островів та кіс. Починаючи з червня 2024 року, процеси акумуляції знову стали переважаючими, що сприяло відновленню берегових форм. У результаті наприкінці 2024 року ланцюжок островів знову набув вигляду єдиної берегової структури. У першій половині 2025 року відбувся незначний розмив північної та південної частин острова, внаслідок чого сформувалися три окремі острівні ділянки. У другому півріччі процеси акумуляції наносів переважали над процесами руйнування, що сприяло відновленню берегової лінії. За результатами аналізу супутникових знімків встановлено, що конфігурація та площа островів наприкінці 2025 року практично відповідали стану, зафіксованому наприкінці 2024 року (Додаток В).

Загалом результати дистанційного моніторингу свідчать, що у 2025 році в північній та південній частинах української ділянки дельти Дунаю переважали процеси акумуляції наносів, які сприяли відновленню берегових форм до стану, характерного для відносно стабільного періоду 2020–2022 років.

У центральній частині досліджуваної території суттєвих змін берегової лінії не зафіксовано.

Таким чином, аналіз супутникових даних показав, що у 2025 році берегова лінія дельти Дунаю характеризувалася відносно стабільним станом.

Виявлені зміни мали локальний характер і були пов'язані переважно з сезонними процесами розмиву та акумуляції наносів.

Загальна конфігурація основних берегових форм і морфологічних елементів дельти протягом року залишалася практично незмінною.

### 3.3 Моніторинг морського гідровідвалу ґрунту в умовах експлуатації ГСХ «Дунай – Чорне море»

#### 3.3.1 Стисла технічна характеристика морського відвалу ґрунту

Морський відвал ґрунтів днопоглиблення є одним із ключових елементів інфраструктури глибоководного суднового ходу (ГСХ) «Дунай – Чорне море». Його призначення полягає у складуванні донних відкладів, вилучених під час будівництва та експлуатаційного днопоглиблення морського підхідного каналу і судноплавного ходу.

Відвал розташований в акваторії Чорного моря та має форму кола з координатами центру  $45^{\circ}19'13''$  пн. ш. та  $29^{\circ}51'58''$  сх. д. Радіус відвалу становить 926 м, а загальна площа – близько 2,69 км<sup>2</sup>.

Згідно з проектною документацією територію відвалу було поділено на сім завантажувальних блоків, що дозволяє рівномірно розподіляти донні відклади в межах акваторії та здійснювати контроль за процесами їх накопичення. Усі блоки мають однакові геометричні параметри: радіус 277,5 м та площу близько 241,8 тис. м<sup>2</sup>. Проектна глибина завантаження морського відвалу становить 19 м.

Під час експлуатації суднового ходу на відвалі розміщуються переважно природні донні відклади, представлені пісками, мулистими пісками та мулами,

які утворюються внаслідок сучасних руслових і морських седиментаційних процесів у дельті Дунаю.

### 3.3.2 Рельєф дна ділянки морського підхідного каналу

Для аналізу рельєфу дна в районі морського підхідного каналу використовувалися результати контрольних промірів, виконаних на акваторії ГСХ «Дунай – Чорне море». Глибини наведені у Балтійській системі висот, а координатна прив'язка здійснювалася в системі WGS-84, проєкція UTM Zone 35N.

Досліджувана акваторія характеризується складним рельєфом дна, сформованим взаємодією руслових, морських та антропогенних процесів. Найбільш вираженим морфологічним елементом є проріз морського підхідного каналу, глибини якого змінюються від 5 до 9 м залежно від ділянки. Поряд із каналом розташовані зони акумуляції наносів, сформовані під впливом течій та хвильових процесів.

У південній частині району досліджень розташована Пташина коса, біля якої простежуються складні форми донного рельєфу у вигляді акумулятивних валів та локальних заглиблень. Морська частина барової ділянки представлена дельтовим конусом виносу наносів, який сформувався внаслідок багаторічної діяльності Кілійського рукава Дунаю.

Аналіз батиметричних матеріалів за останнє десятиліття свідчить про поступову стабілізацію морфодинамічних процесів у районі морського підхідного каналу. Сучасний рельєф дна наближається до динамічно стійкого стану, при якому основні морфологічні форми зберігаються протягом тривалого часу, а їх зміни мають переважно локальний характер.

Геологічна будова району дослідження визначається його розташуванням у межах Причорноморської западини. Верхня частина геологічного розрізу представлена потужною товщею четвертинних алювіальних та морських відкладів, сформованих у процесі розвитку дельти

Дунаю. Серед сучасних донних відкладів переважають піски, мулисті піски, супіски та глинисті мули, співвідношення яких змінюється залежно від глибини та відстані від берегової лінії.

У прибережній зоні до ізобати приблизно 5 м переважають добре відсортовані дрібнозернисті піски. На більших глибинах поширені мулисті піски та мули, які формують характерні донні відклади підводної частини дельти. Саме ці осади є основним матеріалом, що надходить до морського відвалу під час проведення експлуатаційного днопоглиблення.

Результати багаторічних досліджень гранулометричного складу донних відкладів показують, що ґрунти, які вилучаються під час експлуатаційних робіт, за своїми фізико-хімічними характеристиками практично не відрізняються від природних відкладів акваторії відвалу. Основну їх частину становлять піски та мули природного походження з незначним вмістом тонкодисперсних фракцій.

Отже, складовані на морському відвалі донні відклади є природним компонентом геологічного середовища дельти Дунаю та не створюють суттєвих додаткових навантажень на морську екосистему. Це дозволяє розглядати морський відвал як елемент екологічно прийнятної системи експлуатаційного днопоглиблення судноплавного ходу «Дунай – Чорне море».

#### 3.4 Результати моніторингу морського гідровідвалу ґрунту

Одним із важливих завдань моніторингу морського гідровідвалу є оцінювання можливого впливу складованих донних відкладів на прилеглі акваторії Чорного моря, а також визначення стійкості сформованого підводного рельєфу в умовах тривалої експлуатації глибоководного суднового ходу «Дунай – Чорне море».

Результати багаторічних натурних спостережень та модельних досліджень свідчать про відсутність регіонального впливу морського відвалу на процеси перенесення донних відкладів за межі ділянки складування. Аналіз

спутникових знімків, виконаний у межах даного дослідження, також не виявив стійких аномалій каламутності води або зон підвищених концентрацій завислих речовин у районі розташування гідровідвалу.

Під час аналізу просторового розподілу завислих речовин у 2025 році встановлено, що основними джерелами формування зон підвищеної каламутності залишаються природні процеси винесення наносів через гирла Кілійської дельти Дунаю. Водночас у районі морського відвалу характерних аномалій фототону або локальних осередків накопичення завислих речовин не зафіксовано, що підтверджує відсутність суттєвого впливу експлуатаційного днопоглиблення на загальний режим розподілу наносів у досліджуваній акваторії.

Для оцінювання стійкості донних відкладів на території відвалу були використані результати математичного моделювання хвильових процесів, виконані із застосуванням спектральної моделі третього покоління SWAN (Simulating Waves Nearshore). Розрахунки показали, що при найбільш характерних для району швидкостях вітру близько 5 м/с хвильові процеси та зумовлені ними течії не створюють умов для активного розмиву поверхні відвалу.

Встановлено, що придонні хвильові орбітальні швидкості та швидкості вітро-хвильових течій суттєво нижчі за критичні значення, необхідні для підняття й перенесення донних відкладів. Це свідчить про високий ступінь стійкості складованих ґрунтів і відсутність умов для їх масового переміщення за межі гідровідвалу.

Результати моделювання показали, що навіть за несприятливих гідрометеорологічних умов потенційна відстань перенесення окремих частинок не перевищує 2 км від меж відвалу. При цьому середні концентрації завислих речовин у товщі води становлять від 0,09 до 0,18 г/м<sup>3</sup> залежно від напрямку вітру та не перевищують значення 0,2 г/м<sup>3</sup>, що відповідає природним коливанням каламутності для даної акваторії.

Додаткові розрахунки, виконані відповідно до нормативних вимог щодо оцінювання хвильових навантажень, підтвердили, що при глибині завантаження відвалу 18–19 м розмив поверхневих відкладів практично виключається. Отримані значення придонних швидкостей залишаються нижчими від допустимих нерозмиваючих швидкостей як для мулистих, так і для піщаних ґрунтів.

Важливим результатом дослідження є підтвердження того, що складовані на відвалі донні відклади за своїми фізико-механічними та гранулометричними характеристиками близькі до природних донних осадів прилеглої акваторії. Це суттєво знижує ризик порушення природних процесів осадконакопичення та мінімізує негативний вплив на морське середовище.

Для забезпечення екологічно безпечної експлуатації гідровідвалу доцільним є продовження систематичного моніторингу його стану із залученням сучасних геоінформаційних технологій, даних дистанційного зондування Землі та результатів батиметричних зйомок. Особливу увагу необхідно приділяти контролю змін рельєфу дна, оцінюванню процесів ущільнення складованих ґрунтів та аналізу можливого перенесення донних відкладів за межі відвалу.

Отримані результати свідчать, що станом на 2025 рік морський гідровідвал функціонує у проєктному режимі та не створює суттєвого впливу на гідрологічні, морфодинамічні та екологічні процеси в прибережній частині Чорного моря. Використання методів дистанційного моніторингу та геоінформаційного аналізу підтверджує відсутність ознак регіонального або транскордонного впливу експлуатаційного днопоглиблення на навколишнє природне середовище.

### 3.5 Висновки до розділу

У розділі виконано аналіз динаміки завислих речовин, змін берегової лінії та стану морського гідровідвалу ґрунту в районі дельти Дунаю та

прилеглої акваторії Чорного моря за матеріалами супутникових зйомок Landsat 8 і Landsat 9 та результатами моніторингових досліджень.

За результатами аналізу супутникових даних встановлено, що розподіл завислих речовин у досліджуваній акваторії має виражений сезонний характер і визначається насамперед інтенсивністю стоку Дунаю, гідрометеорологічними умовами та напрямками перенесення водних мас. У 2025 році найбільш інтенсивний винос завислих речовин зафіксовано 1 червня, тоді як у більшості інших випадків спостерігався винос середньої або низької інтенсивності. Основним напрямком поширення завислих речовин був південно-східний, хоча в окремі періоди він змінювався на східний або північно-східний. Встановлено, що максимальні концентрації завислих речовин формуються безпосередньо біля гирл Дунаю та поступово зменшуються у напрямку відкритої акваторії моря.

Дослідження берегової лінії показало, що у 2025 році суттєвих морфологічних змін в українській частині дельти Дунаю не відбулося. На більшості ключових ділянок узбережжя зберігалася тенденція до стабілізації берегових форм. У районі затоки Таранів істотних змін конфігурації кіс не зафіксовано. Пташина коса залишалася стабільною та зберігала сформовані у попередні роки обриси. Для островів Нова Земля спостерігалися незначні сезонні процеси розмиву та подальшої акумуляції наносів, у результаті чого наприкінці року їх конфігурація практично відповідала стану кінця 2024 року. Загалом процеси акумуляції та розмиву перебували у відносній рівновазі, що свідчить про стабільний характер розвитку берегової системи дельти.

Під час моніторингу морського гідровідвалу ґрунту не виявлено ознак його негативного впливу на прилеглі акваторії Чорного моря. Аналіз супутникових знімків не зафіксував аномальних зон каламутності або локальних осередків накопичення завислих речовин, пов'язаних із функціонуванням відвалу. Результати математичного моделювання та багаторічних натурних спостережень підтверджують стійкість складованих донних відкладів та відсутність їх значного перенесення за межі ділянки

складування. Встановлено, що подальша експлуатація морського гідровідвалу можлива без істотного впливу на морфодинамічні процеси та екологічний стан досліджуваної акваторії.

Отримані результати підтверджують ефективність використання супутникових даних дистанційного зондування Землі для моніторингу руслових процесів, аналізу берегової динаміки та оцінювання просторового розподілу завислих речовин у дельтових і прибережно-морських екосистемах. Поєднання методів дистанційного зондування, геоінформаційного аналізу та математичного моделювання забезпечує можливість оперативного спостереження за природними та антропогенними процесами, що відбуваються в дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [6].

Ця сфера обов'язкова для всіх підприємств і регламентується профільним Законом України [6].

4.1 Аналіз умов праці під час виконання робіт з обробки даних дистанційного зондування та геоінформаційного аналізу

Виконання робіт, пов'язаних із дистанційним моніторингом руслових процесів і завислих речовин у дельті Дунаю та прибережній частині Чорного моря, здійснюється в умовах офісного приміщення із використанням персонального комп'ютера, спеціалізованого програмного забезпечення для обробки супутникових знімків та геоінформаційних систем.

Основними видами робіт є:

- пошук та завантаження супутникових знімків;
- попередня обробка матеріалів дистанційного зондування;
- геоінформаційний аналіз просторових даних;
- створення картографічних матеріалів;
- підготовка звітної документації та графічних матеріалів.

Працівник під час виконання зазначених робіт перебуває під впливом низки виробничих факторів, серед яких найбільш значущими є:

- тривала робота за комп'ютером;
- статичне навантаження на опорно-руховий апарат;
- підвищене навантаження на органи зору;
- електромагнітне випромінювання від електронного обладнання;

- можливі психоемоційні навантаження, пов'язані з обробкою великих масивів інформації.

Згідно з вимогами чинних нормативних документів, умови праці повинні забезпечувати безпечне та комфортне виконання робіт протягом усього робочого дня.

#### 4.2 Організація робочого місця користувача персонального комп'ютера

Робоче місце оператора геоінформаційних систем повинно відповідати ергономічним вимогам та забезпечувати зручне розташування обладнання.

Монітор рекомендується встановлювати на відстані 50–70 см від очей користувача. Верхня межа екрана повинна знаходитися на рівні очей або трохи нижче. Клавіатура та маніпулятор «миша» мають бути розташовані таким чином, щоб забезпечувати природне положення рук під час роботи.

Робочий стіл повинен мати достатню площу для розміщення комп'ютерної техніки та документації. Конструкція крісла має забезпечувати регулювання висоти сидіння, нахилу спинки та підтримку поперекового відділу хребта.

Для зниження втомлюваності рекомендується організувати регламентовані перерви через кожні 1–2 години роботи за комп'ютером та виконувати вправи для очей і опорно-рухового апарату.

Завдяки досягненням сучасних технологій більшість так би мовити, «канцелярської роботи» в офісі здійснюється з використанням комп'ютерної техніки. Якщо згадати, що в середньому робочий день офісного працівника складає 7-8 годин (як передбачено нормами Кодексу законів про працю України) при п'яти – або шестиденному робочому тижні, можна зробити висновок, наскільки багато часу доводиться проводити віч-на-віч з комп'ютером.

Перелік нормативно-правових актів, що так чи інакше регулюють дане питання, є досить широким. Так, обов'язки роботодавця щодо забезпечення

працівникам комфортних та безпечних умов для здійснення роботи, а також права працівників на такі умови передбачено частиною 2 ст. 2 та ч. 1 ст. 21 КЗпП, а також ст. 13 Закону України [6]. Даний закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Більшість актів у даній сфері становлять акти підзаконного рівня, а саме, численні правила, інструкції, державні санітарні правила і норми (ДСанПН) тощо, якими врегульовуються окремі моменти щодо власне конструкції електронно-обчислювальної техніки, особливостей облаштування приміщень для роботи з нею та низки інших подібних вимог [7].

Під час проведення будь-яких робіт, де обробка отриманих даних здійснюється за допомогою комп'ютерів, потрібно дотримуватися гігієнічних норм, правил і вимог техніки безпеки при роботі з персональним комп'ютером (ПК) [8].

Користувачі персональних комп'ютерів мають бути забезпечені відповідними робочими місцями, які відповідатимуть гігієнічним нормам [8].

#### 4.3 Вимоги до освітлення та мікроклімату приміщення

Облаштування зон здійснюється за ДБН В.2.5-28-2006 [7] щодо природного і штучного освітлення.

Раціональне освітлення є важливим чинником забезпечення безпечних та комфортних умов праці при роботі з геоінформаційними системами та супутниковими знімками.

У приміщенні повинно використовуватися поєднання природного та штучного освітлення. Робочі місця необхідно розташовувати таким чином, щоб уникати появи відблисків на поверхні монітора.

Для приміщень з персональними комп'ютерами рекомендована освітленість робочої поверхні становить 300–500 лк.

Параметри мікроклімату повинні відповідати санітарним нормам:

- температура повітря – 20–24 °С;
- відносна вологість – 40–60 %;
- швидкість руху повітря – до 0,1 м/с.

Дотримання зазначених параметрів сприяє підтриманню працездатності та зменшенню професійної втоми працівників.

#### 4.4 Електробезпека та пожежна безпека

Під час експлуатації комп'ютерної техніки необхідно дотримуватися вимог електробезпеки.

Усе електрообладнання повинно мати справне заземлення та відповідати вимогам технічної документації виробника. Забороняється використовувати пошкоджені кабелі живлення, несправні розетки та подовжувачі.

Для захисту від аварійних режимів роботи електромережі рекомендується застосування пристроїв захисного вимкнення та джерел безперебійного живлення.

Приміщення повинно бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння, зокрема порошковими або вуглекислотними вогнегасниками. Працівники повинні бути ознайомлені з порядком евакуації та правилами дій у разі виникнення пожежі.

Електробезпека та пожежна безпека - це комплекс організаційних та технічних заходів, спрямованих на захист людей, майна та довкілля від впливу електричного струму та виникнення вогню. Ці дві сфери тісно пов'язані, адже несправна електропроводка є однією з найчастіших причин пожеж.

#### 4.5 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях

В умовах воєнного стану та можливих надзвичайних ситуацій особливого значення набуває забезпечення безпеки працівників під час виконання робіт.

У разі оголошення сигналу «Повітряна тривога» роботи необхідно негайно припинити, вимкнути електрообладнання та організовано перейти до найближчого захисного укриття відповідно до затвердженого плану евакуації.

Для забезпечення збереження результатів досліджень рекомендується використовувати системи резервного копіювання даних та хмарні сервіси зберігання інформації.

У разі виникнення пожежі, аварії електромережі або інших надзвичайних подій необхідно діяти відповідно до інструкцій з охорони праці та цивільного захисту.

Головні заходи безпеки в умовах надзвичайних ситуацій (НС) зводяться до трьох базових кроків: збереження спокою, укриття в безпечних місцях та дотримання інструкцій. Ключовим пріоритетом завжди є особиста безпека перед початком будь-яких дій [9].

#### 4.6 Висновки до розділу

У розділі розглянуто основні питання охорони праці та безпеки під час виконання робіт, пов'язаних із дистанційним моніторингом руслових процесів і завислих речовин на основі супутникових даних. Визначено потенційно небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть впливати на працівника під час роботи з комп'ютерною технікою та геоінформаційними системами. Запропоновано заходи щодо забезпечення ергономічності робочого місця, дотримання нормативних параметрів освітлення, мікроклімату, електробезпеки та пожежної безпеки. Розглянуто порядок дій персоналу в умовах надзвичайних ситуацій. Реалізація наведених заходів забезпечує

безпечні умови праці та сприяє підвищенню ефективності виконання досліджень.

## ВИСНОВКИ

Досліджено зміни конфігурації берегової лінії та руслової мережі, а також виявлено особливості перенесення наносів у прибережній зоні Чорного моря. За результатами дослідження створено тематичні карти та серію картографічних моделей, що відображають сучасний стан і динаміку досліджуваних процесів. Отримані результати можуть бути використані для екологічного моніторингу водних об'єктів, оцінювання руслових деформацій та підтримки прийняття управлінських рішень щодо раціонального природокористування у регіоні дельти Дунаю.

Для аналізу динаміки берегової смуги та розподілу зважених речовин у дельті Дунаю у 2025 р. створена база даних космічних знімків, проведена їхня обробка та дешифрування.

Візуальний аналіз розподілу зважених речовин західної частини акваторії Чорного моря в районі дельти р. Дунай показав, що напрям виносу зважених речовин у бік моря:

Аналіз космічних знімків за 2025 рік показав наявність змін в дельтоутворенні р. Дунай за рахунок процесів акумуляції та розмиву:

- в районі затоки Таранів та Жебриянівської бухти конфігурація і площа кіс не зазнали істотних змін;
- біля коси Пташина істотних змін у конфігурації берегів не відбувалося;
- в районі Старостамбульського гирла у перші місяці 2025 р. відбувся незначний розмив кіс, у другій половині року на цих ділянках переважали процеси акумуляції. Площа кіс та островів та їх форма повернулися практично до минулорічного максимуму.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Транскордонний українсько-румунський біосферний резерват “Дельта Дунаю”. Природно-заповідний фонд України [Електронний ресурс]. – Режим доступу до огляду: <https://wownature.in.ua/oberihaymo/biosferni-rezervaty-v-ukraini/transkordonnyy-ukrainsko-rumunskyy-biosfernyy-rezervat-delta-dunaiu/>
2. Гідрологія : навчальний посібник / І.Я.Мисковець, Я.О.Мольчак - Луцьк : ІВВ ЛНТУ, 2022. - 318 с. ISBN 978-617-6
3. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – 316 с. ISBN 978-617-7734-01-6
4. Головний портал Геологічної служби США USGS EarthExplorer. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://earthexplorer.usgs.gov/>
5. Плічко Л.В., Хільчевський В.К., Зацерковний В.І. Оцінка стану водних об’єктів з використанням ДЗЗ : монографія / За ред. В.К. Хільчевського. – Київ : ДІА, 2026. – 172 с. ISBN 978-617-7785-91-9
6. Про охорону праці : Закон України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12/ed20121118#n14>
7. ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0168667-06>
8. Роз’яснення законодавства про гігієнічні вимоги до організації і обладнання робочих місць користувачів персональних комп’ютерів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=66066](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=66066)
9. Дії у надзвичайних ситуаціях: Державна служба України з надзвичайних ситуацій [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://dsns.gov.ua/abetka-bezpeki/diyi-u-nadzvicainix-situaciyah>

## ДОДАТОК А

Факели виносу дельти Дунаю у прибережній частині акваторії Чорного моря  
(Знімки КА Landsat 8, канали червоний, зелений, синій)

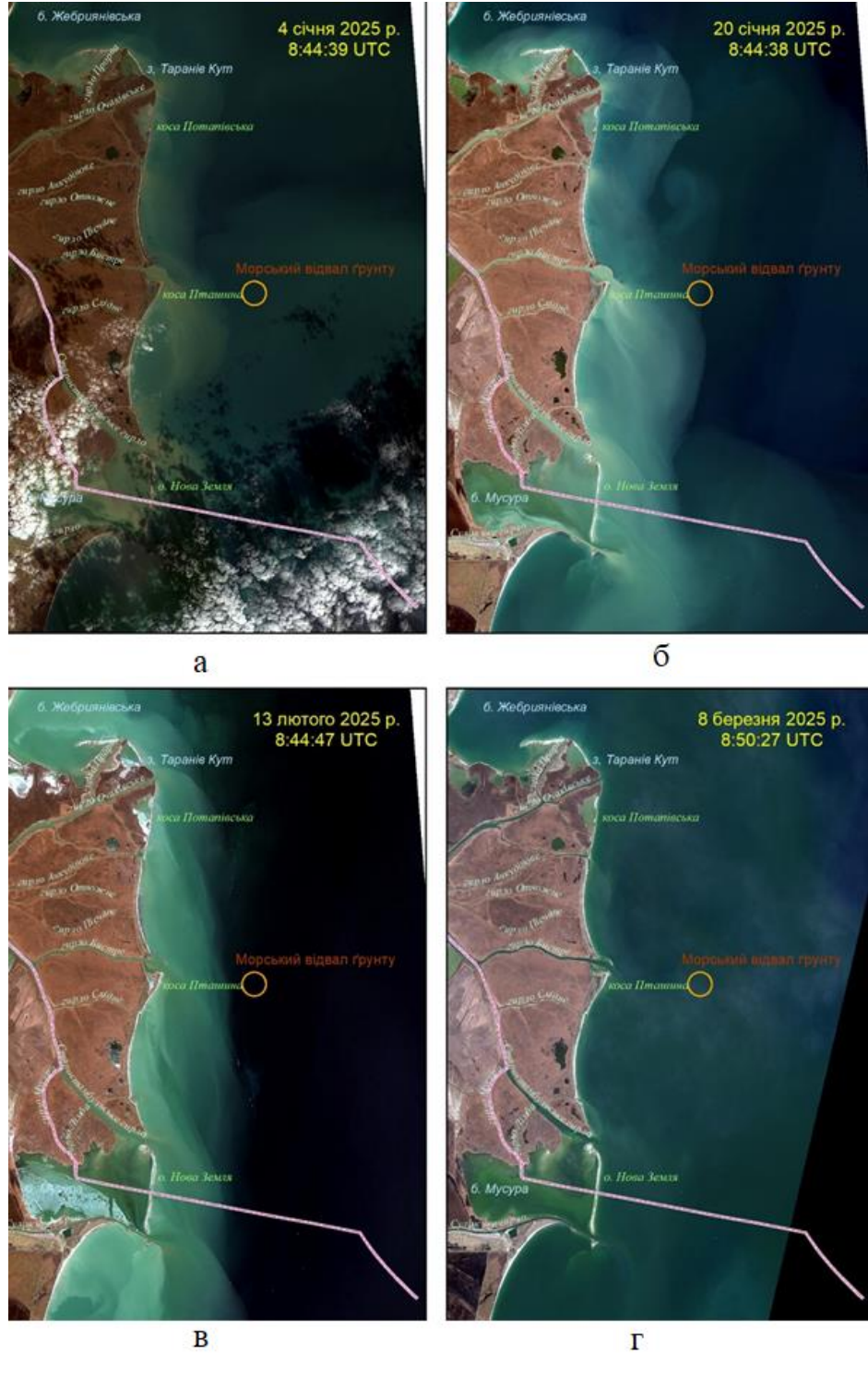


Рисунок А.1 – Знімки КА Landsat 8 по датах:

а) 4 січня 2025 р.; б) 20 січня 2025 р.;

в) 13 лютого 2025 р.; г) 8 березня 2025 р.

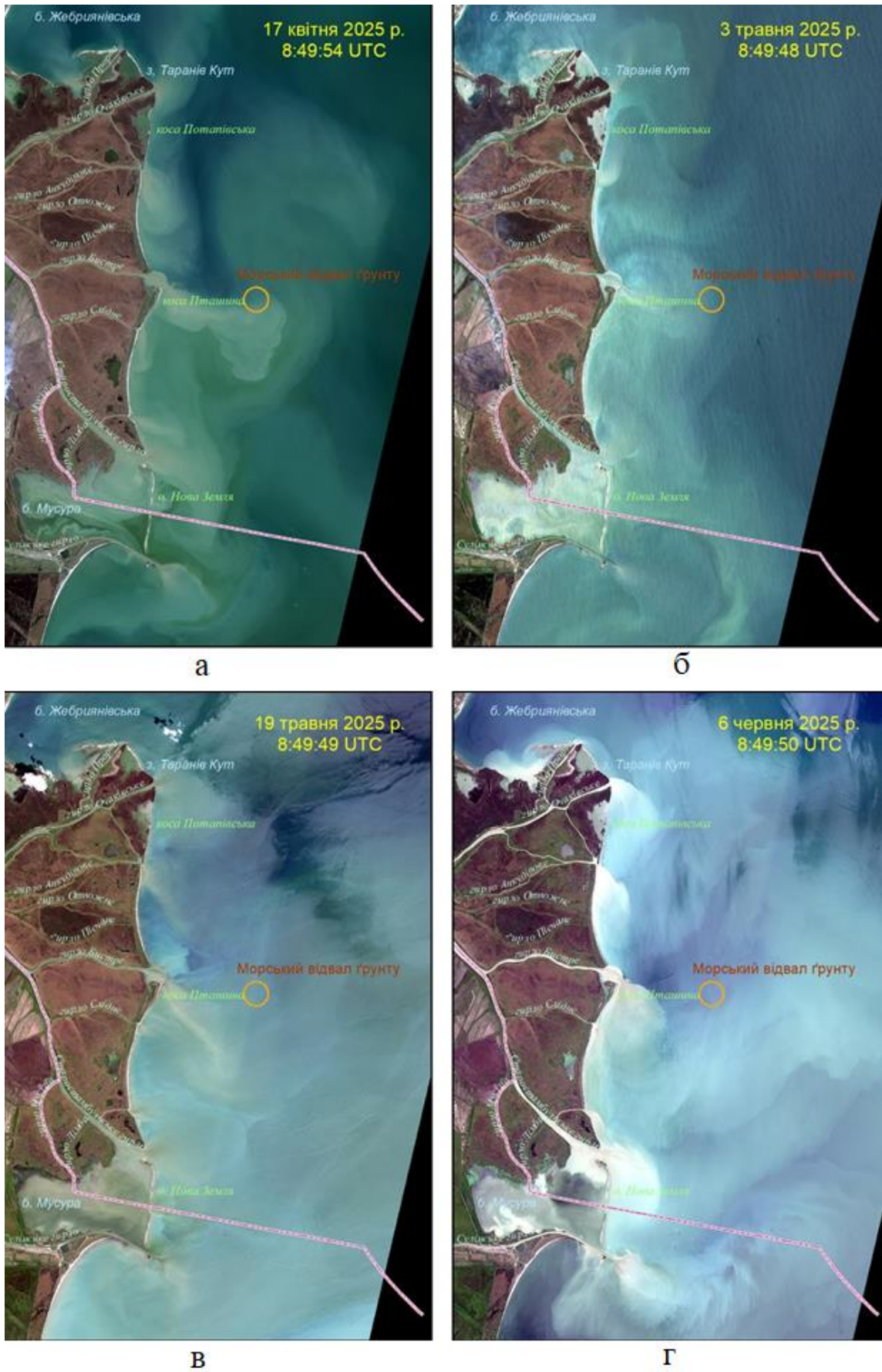


Рисунок А.2 – Знімки КА Landsat 8 по датах: а) 17 квітня 2025 р.; б) 3 травня 2025 р.; в) 19 травня 2025 р.; г) 6 червня 2025 р.

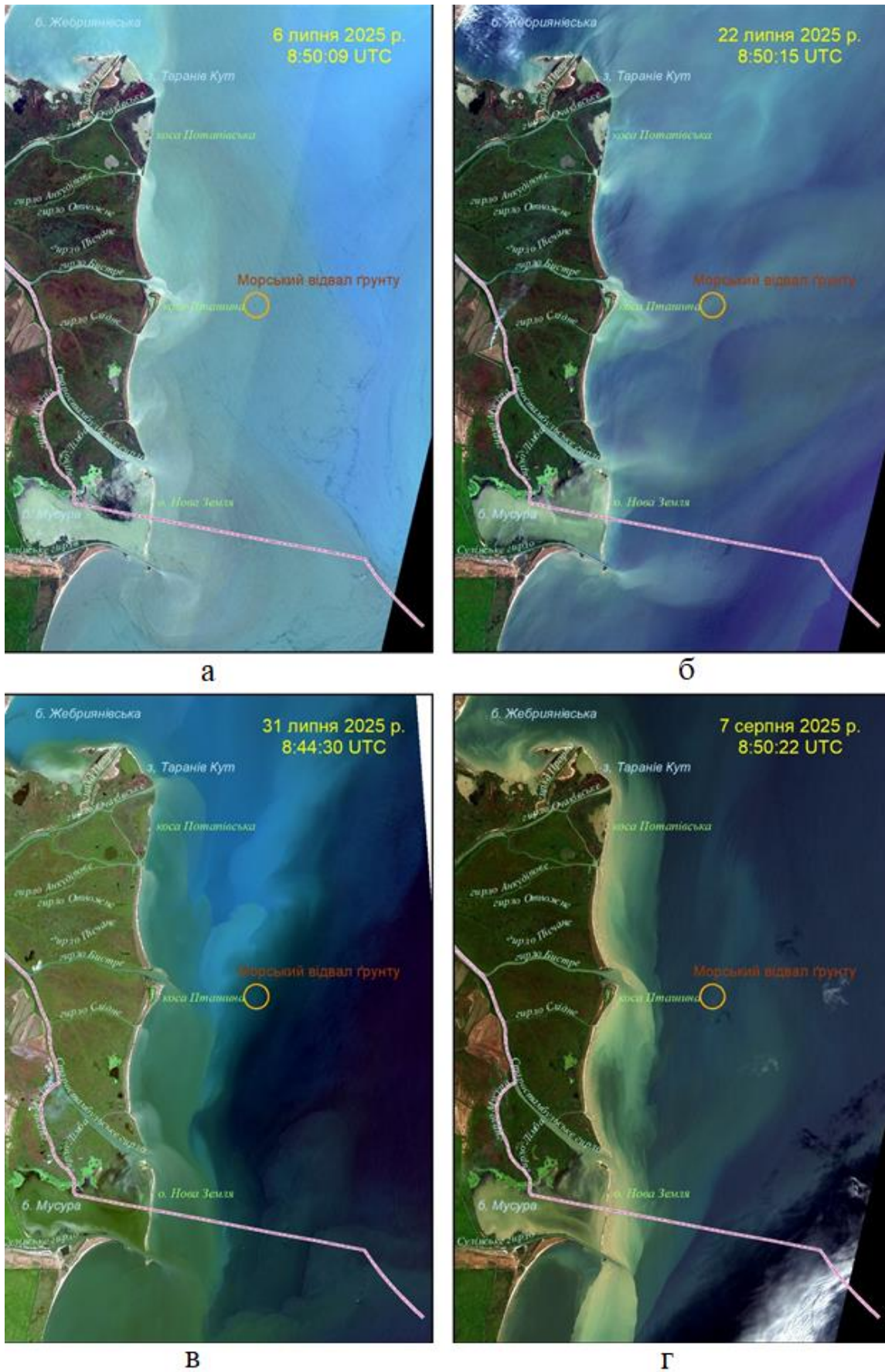


Рисунок А.3 – Знімки КА Landsat 8 по датах: а) 6 липня 2025 р.; б) 22 липня 2025 р.; в) 31 липня 2025 р.; г) 7 серпня 2025 р.

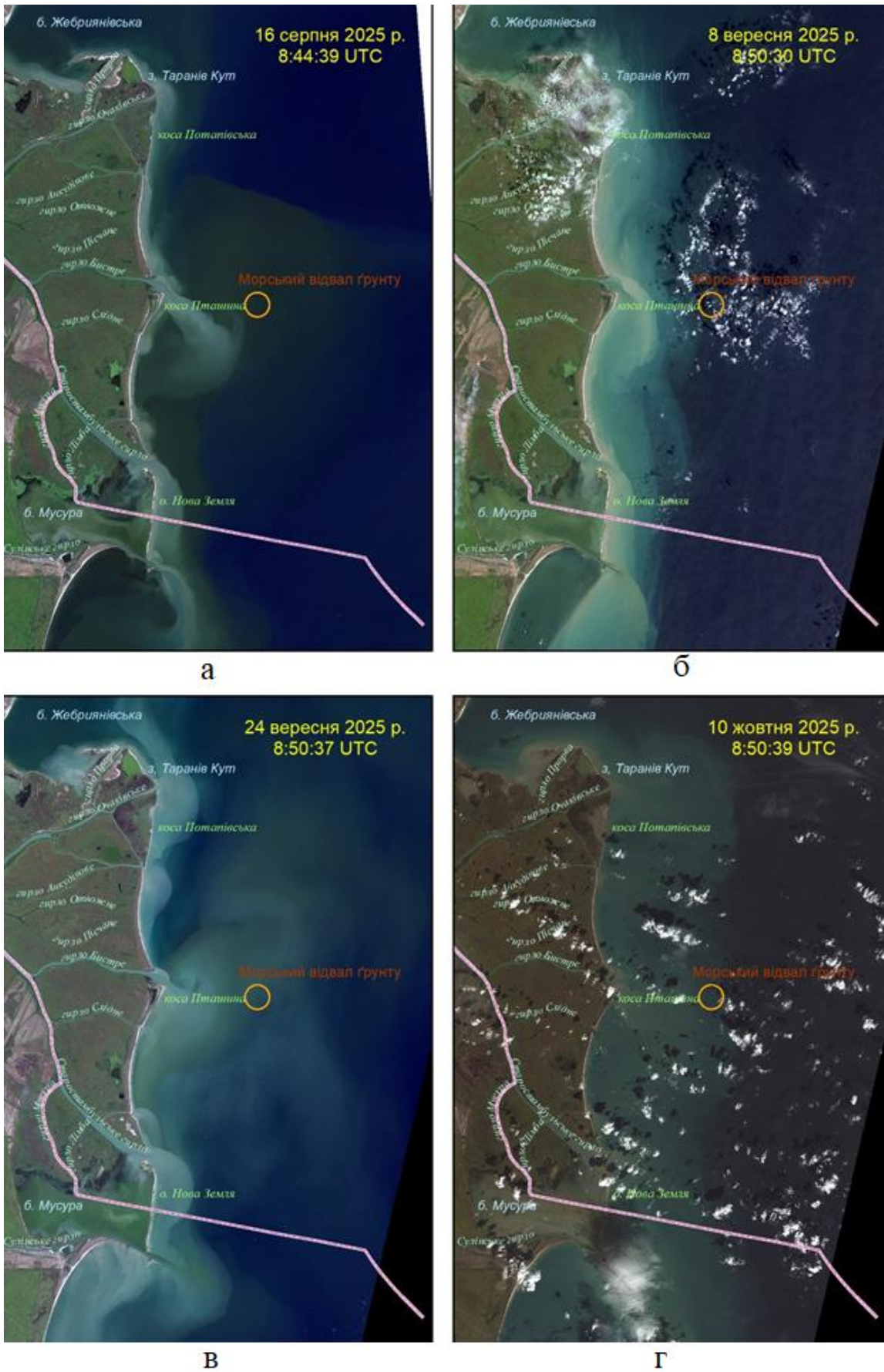


Рисунок А.4 – Знімки КА Landsat 8 по датах: а) 16 серпня 2025 р.; б) 8 вересня 2025 р.; в) 24 вересня 2025 р.; г) 10 жовтня 2025 р.

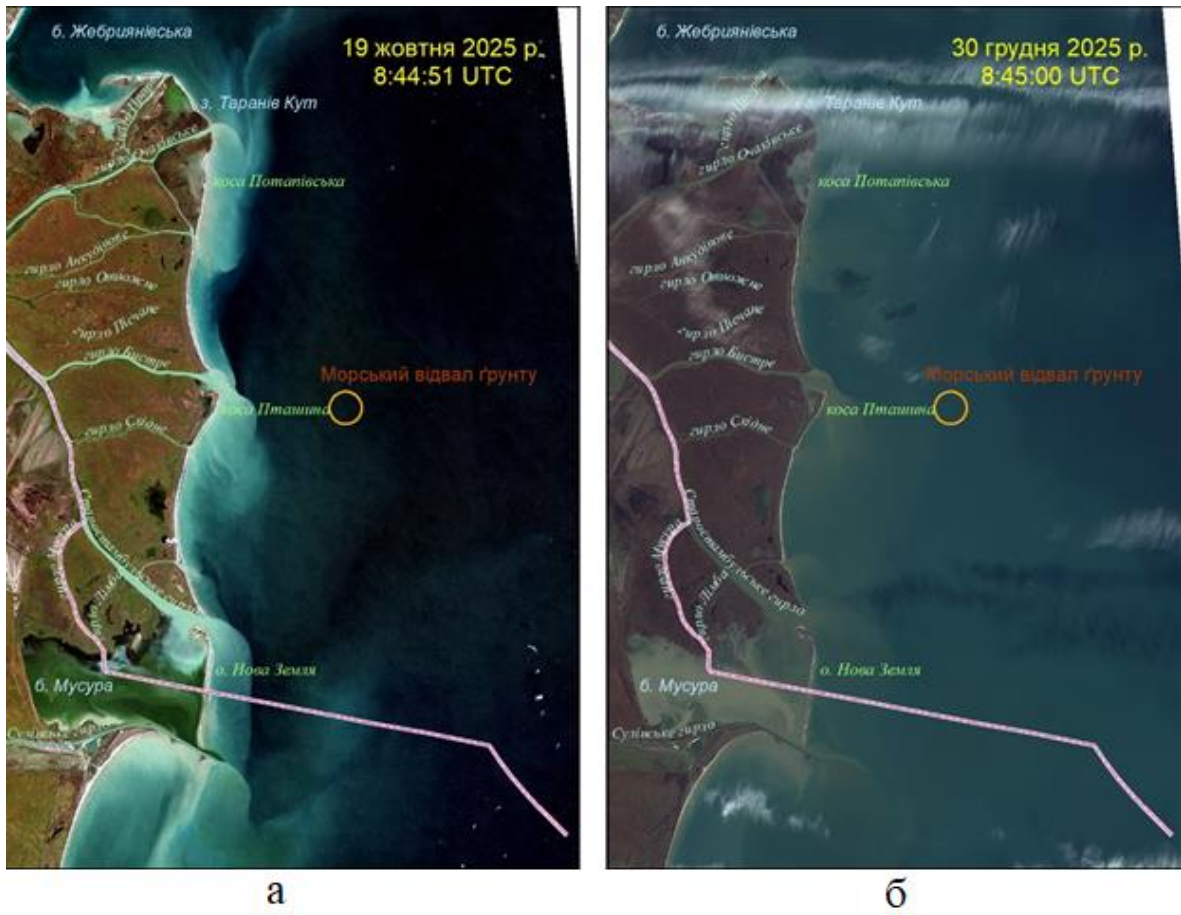
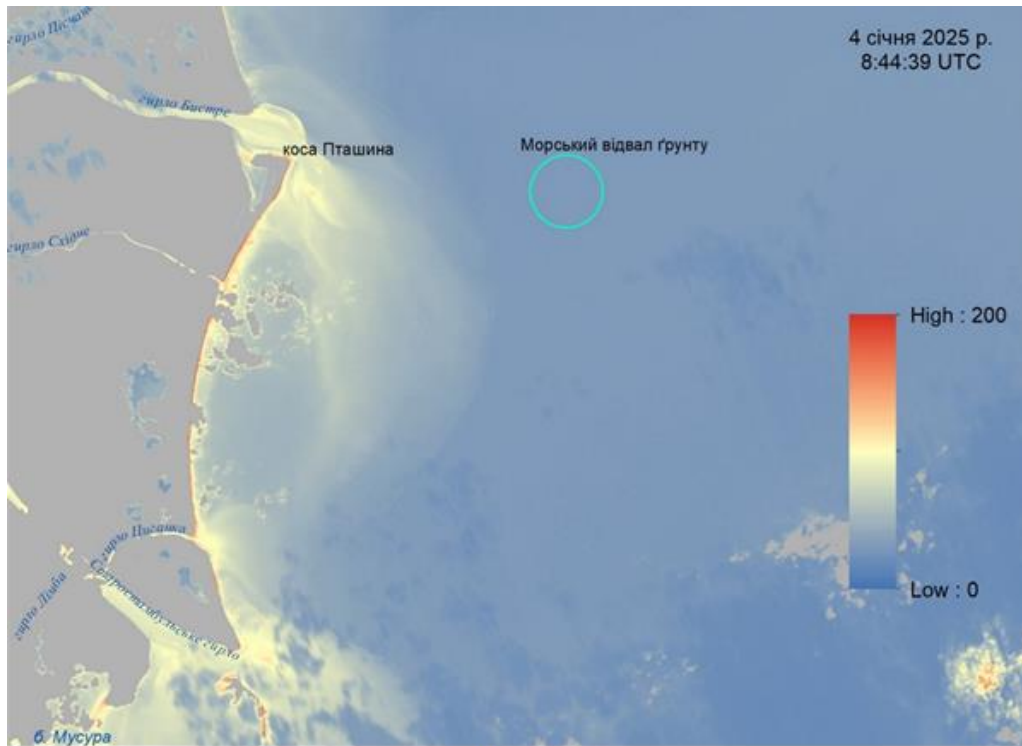


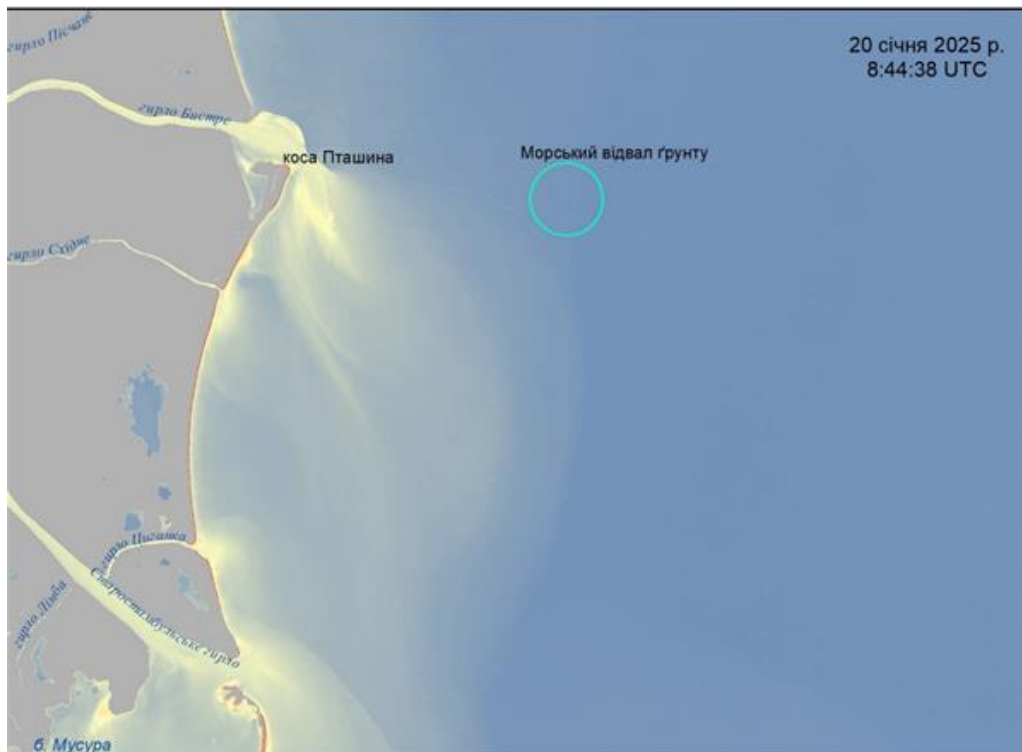
Рисунок А.5 – Знімки КА Landsat 8 по датах:  
 а) 19 жовтня 2025 р.; б) 30 грудня 2025 р.

## ДОДАТОК Б

Концентрації завислих речовин у прибережній частині акваторії Чорного моря в районі гирл Бистре та Старостамбульське

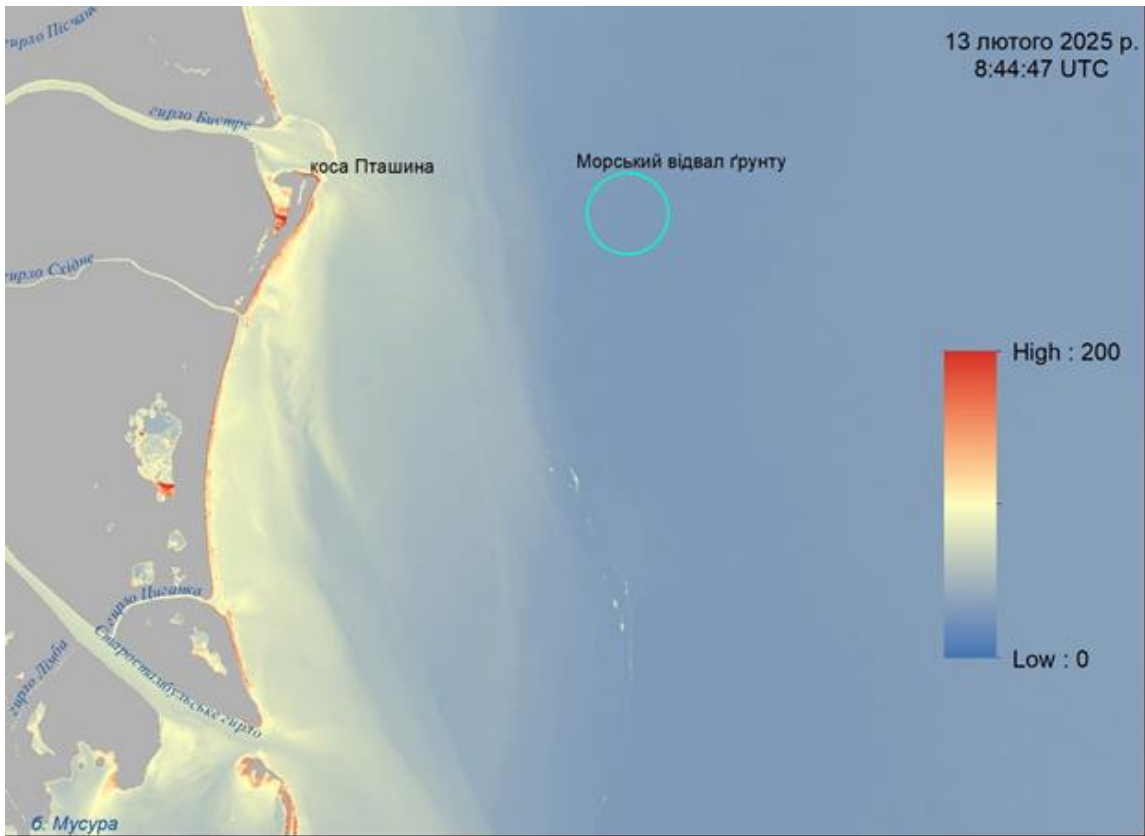


а

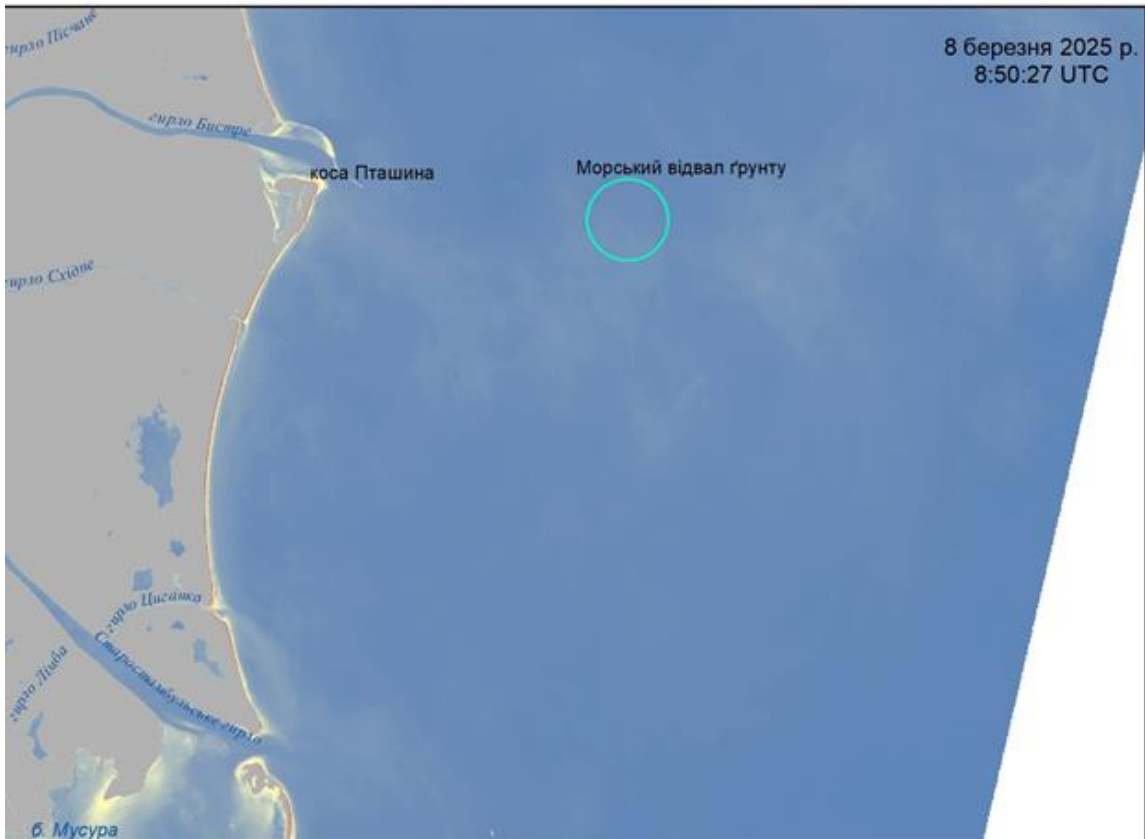


б

Рисунок Б.1 – Концентрації завислих речовин на:  
а) 4 січня 2025 р.; б) 20 січня 2025 р.



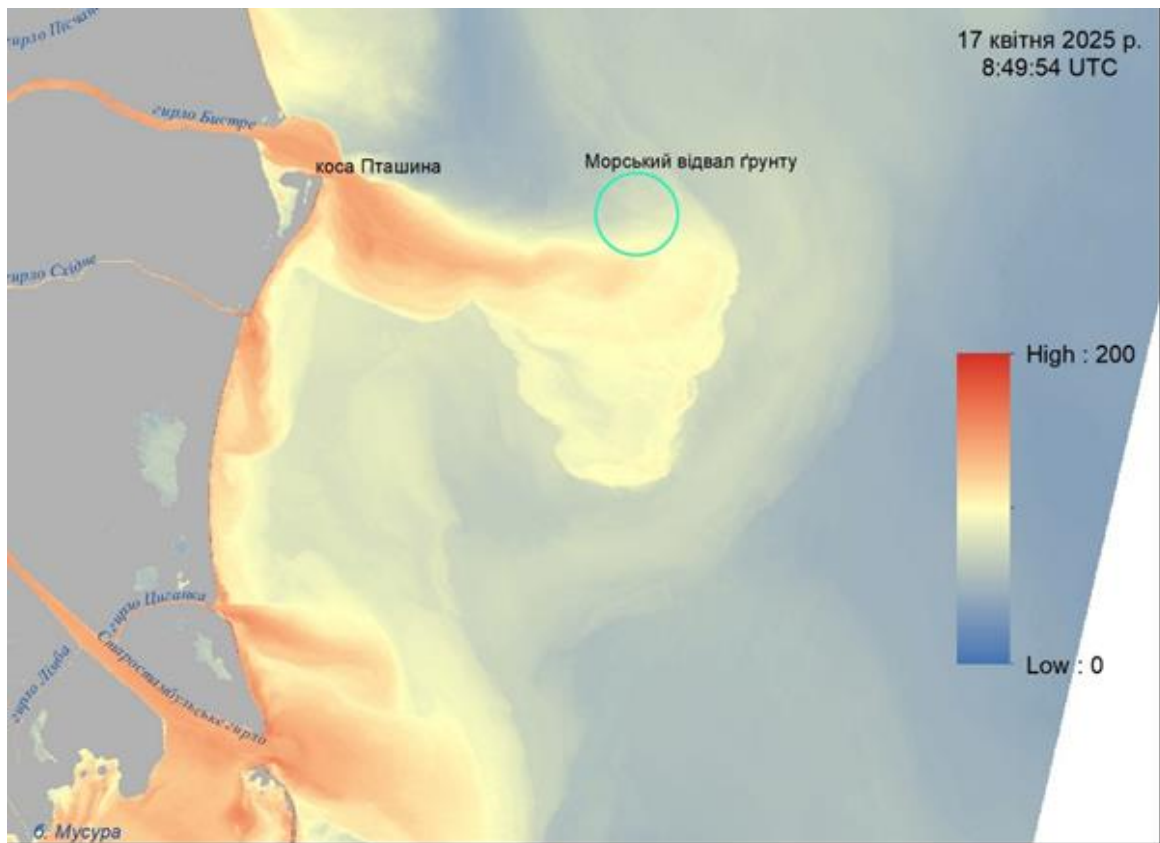
а



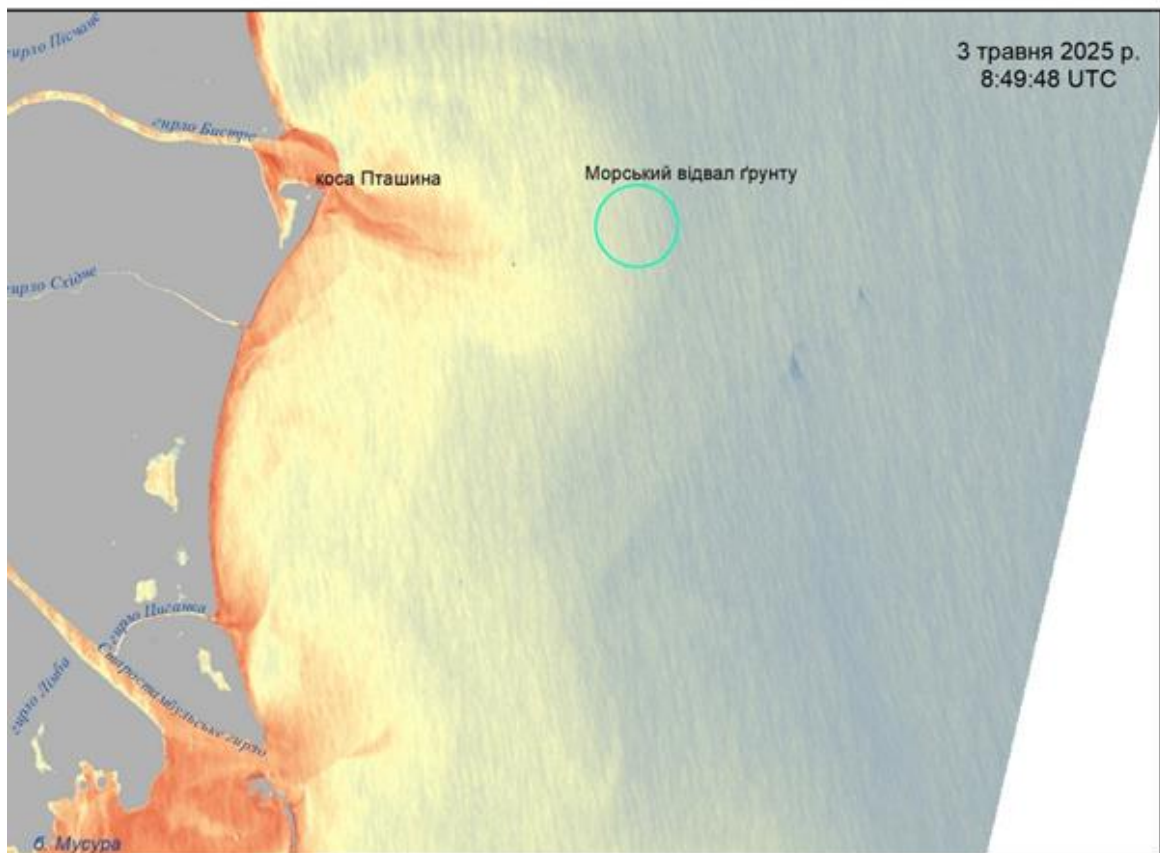
б

Рисунок Б.2 – Концентрації завислих речовин на:

а) 13 лютого 2025 р.; б) 8 березня 2025 р.



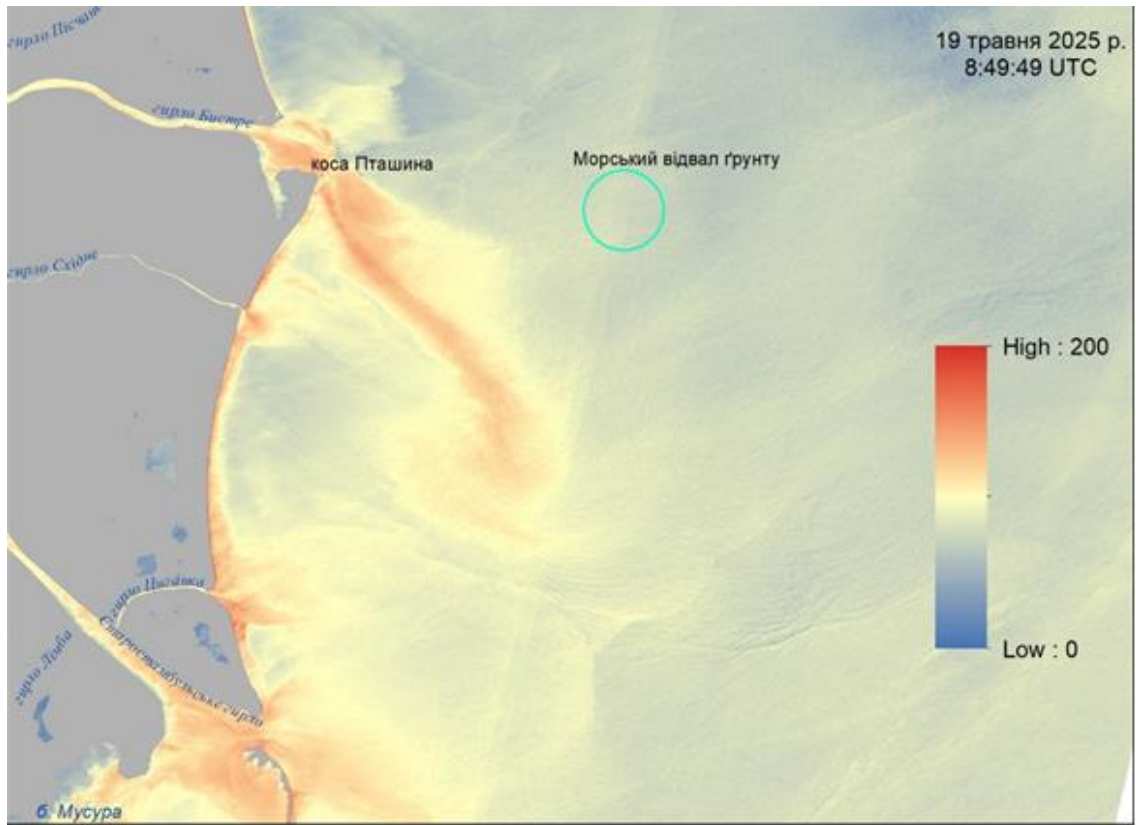
а



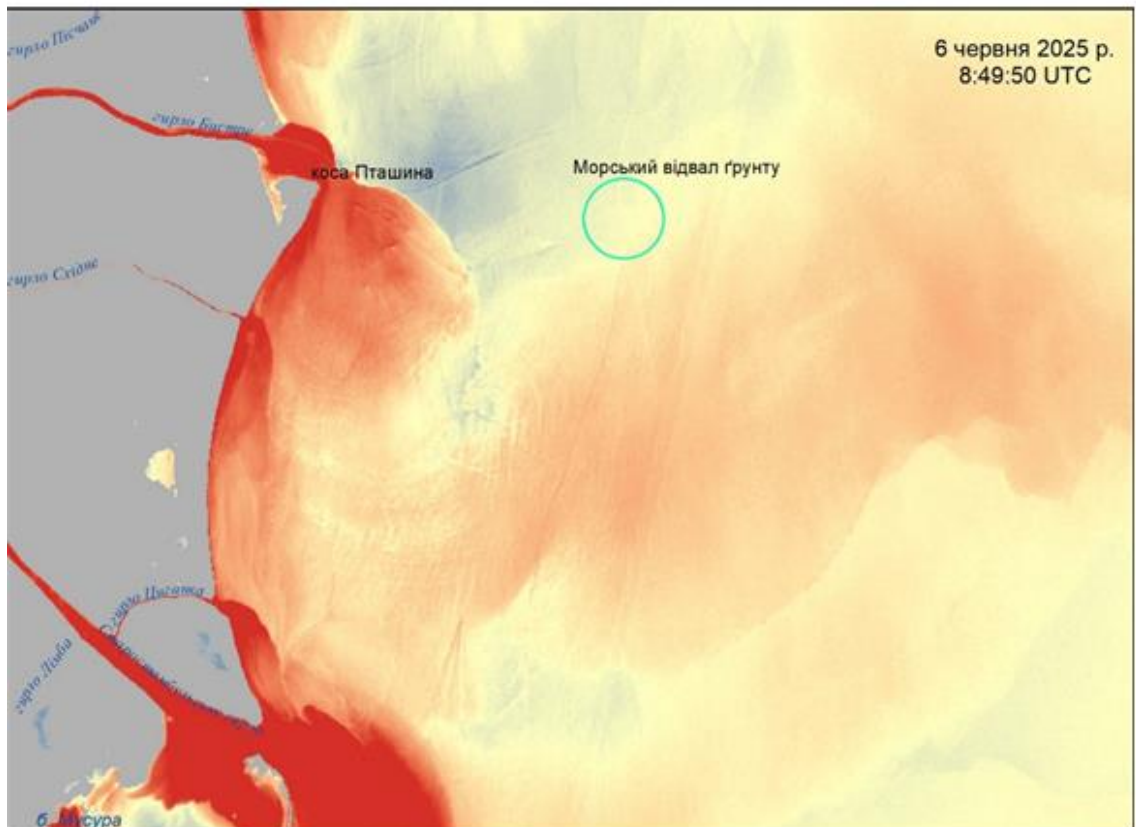
б

Рисунок Б.3 – Концентрації завислих речовин на:

а) 17 квітня 2025 р.; б) 3 травня 2025 р.

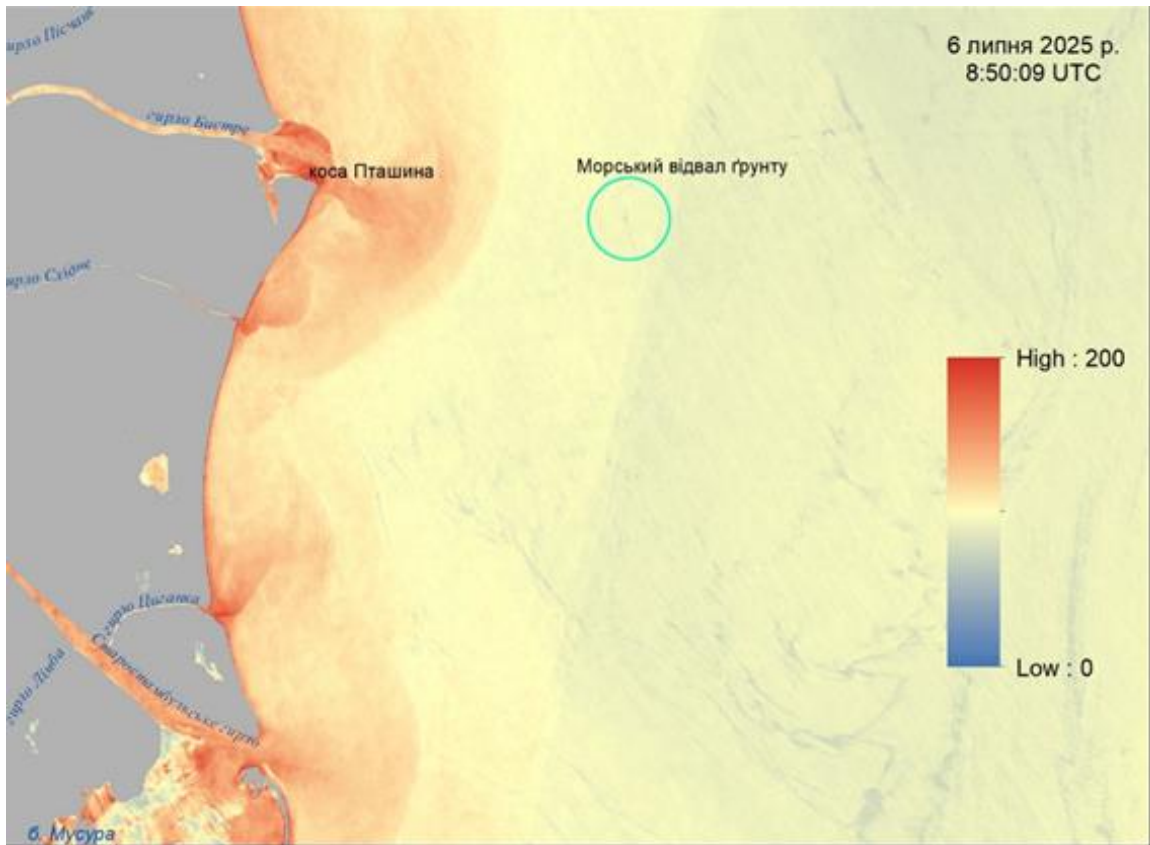


а

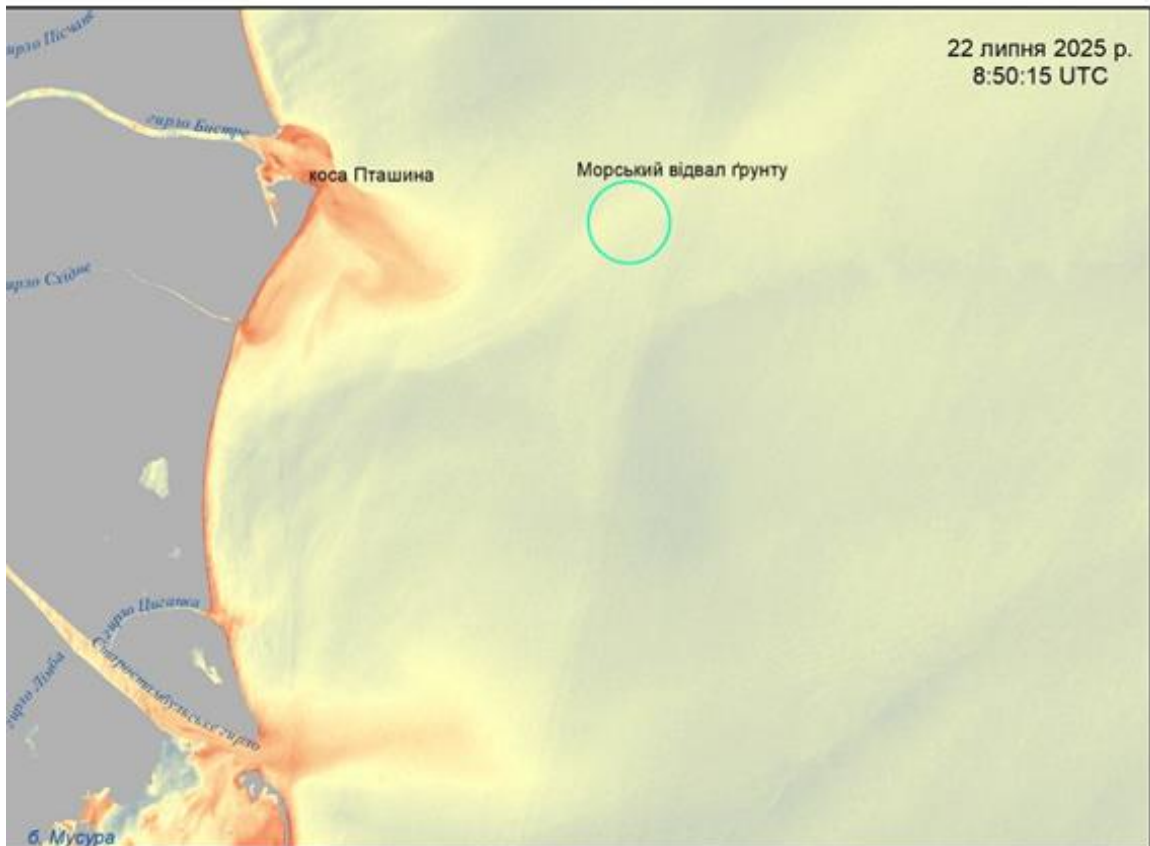


б

Рисунок Б.4 – Концентрації завислих речовин на:  
а) 19 травня 2025 р.; б) 6 червня 2025 р.



а



б

Рисунок Б.5 – Концентрації завислих речовин на:  
а) 6 липня 2025 р.; б) 22 липня 2025 р.

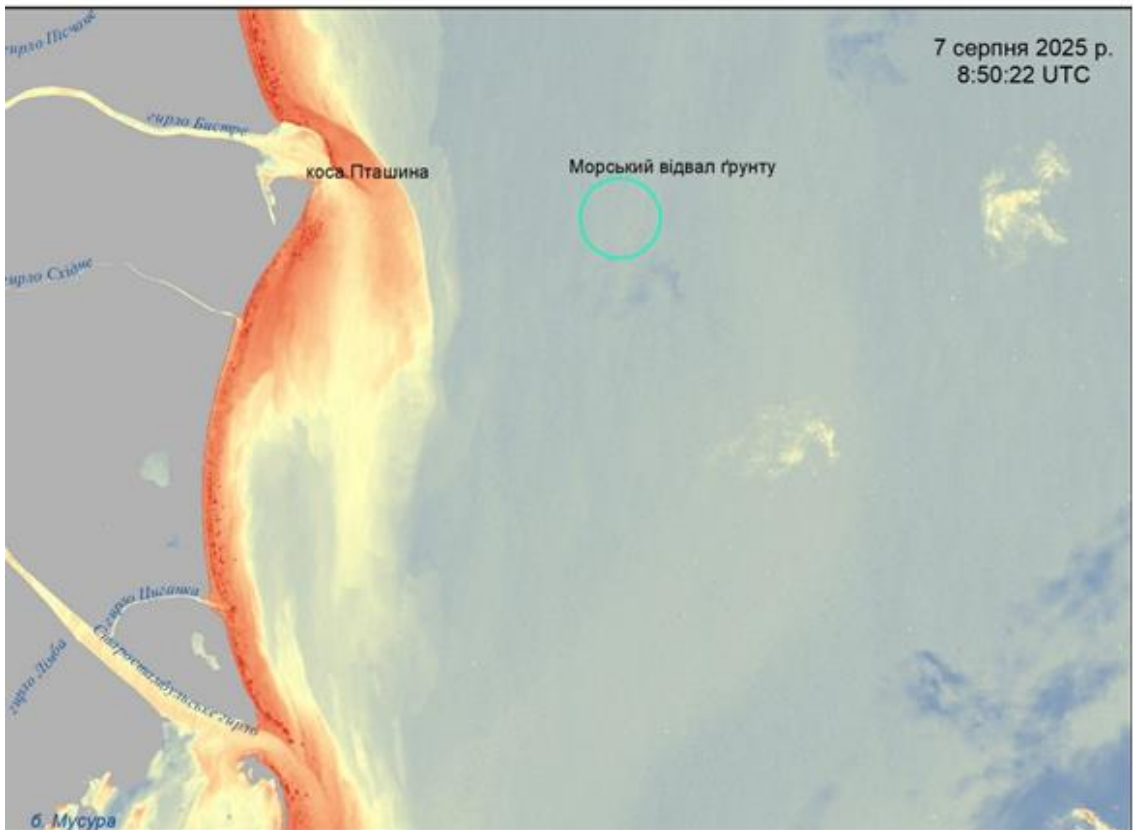
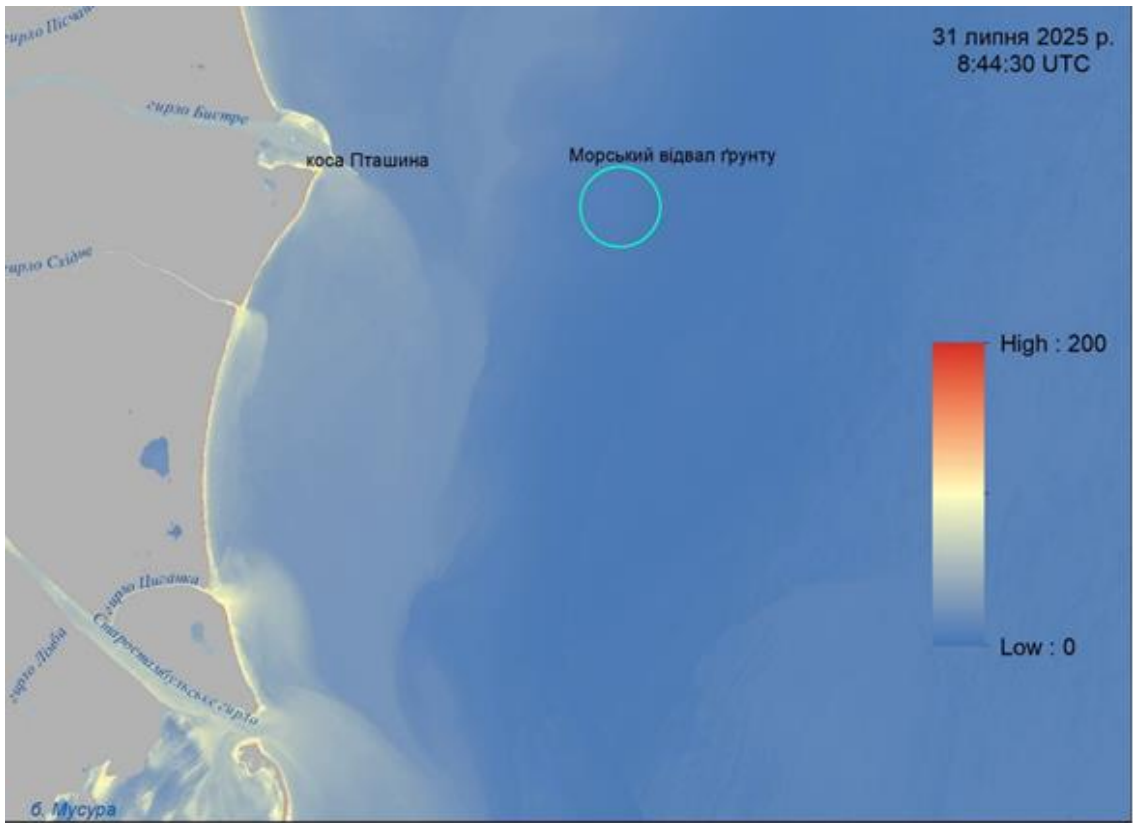
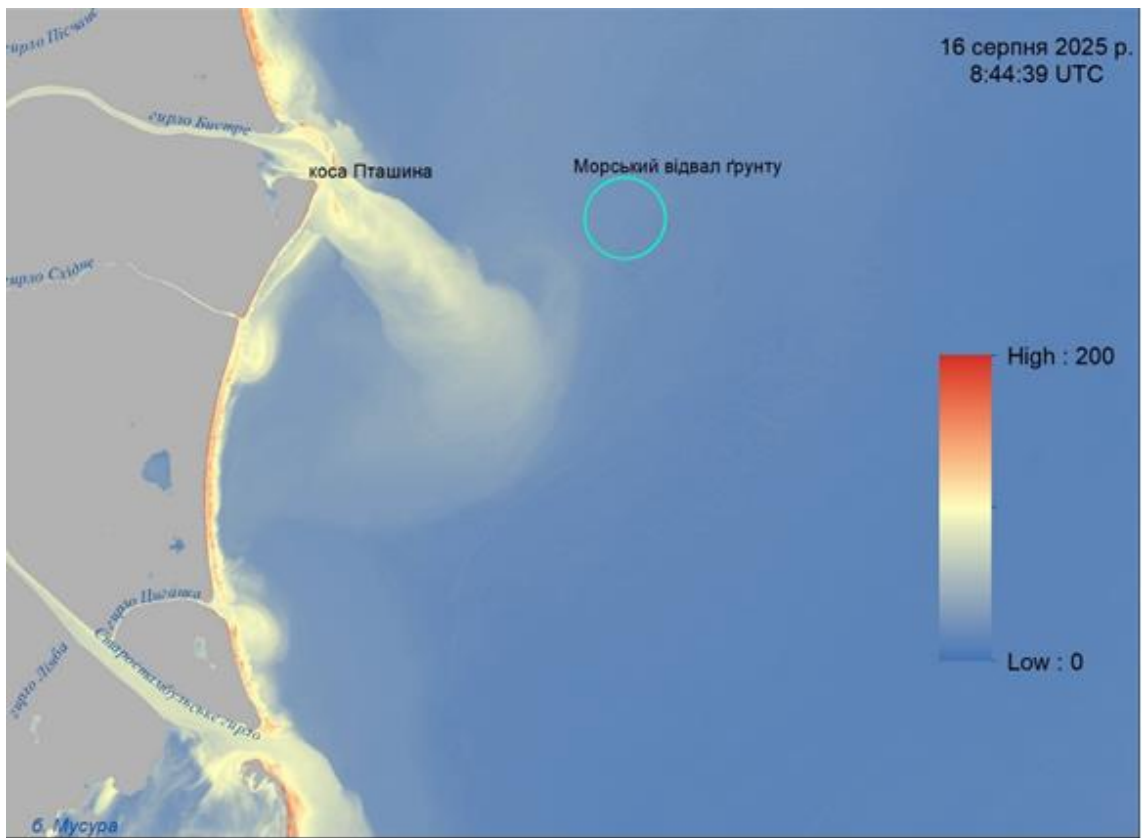
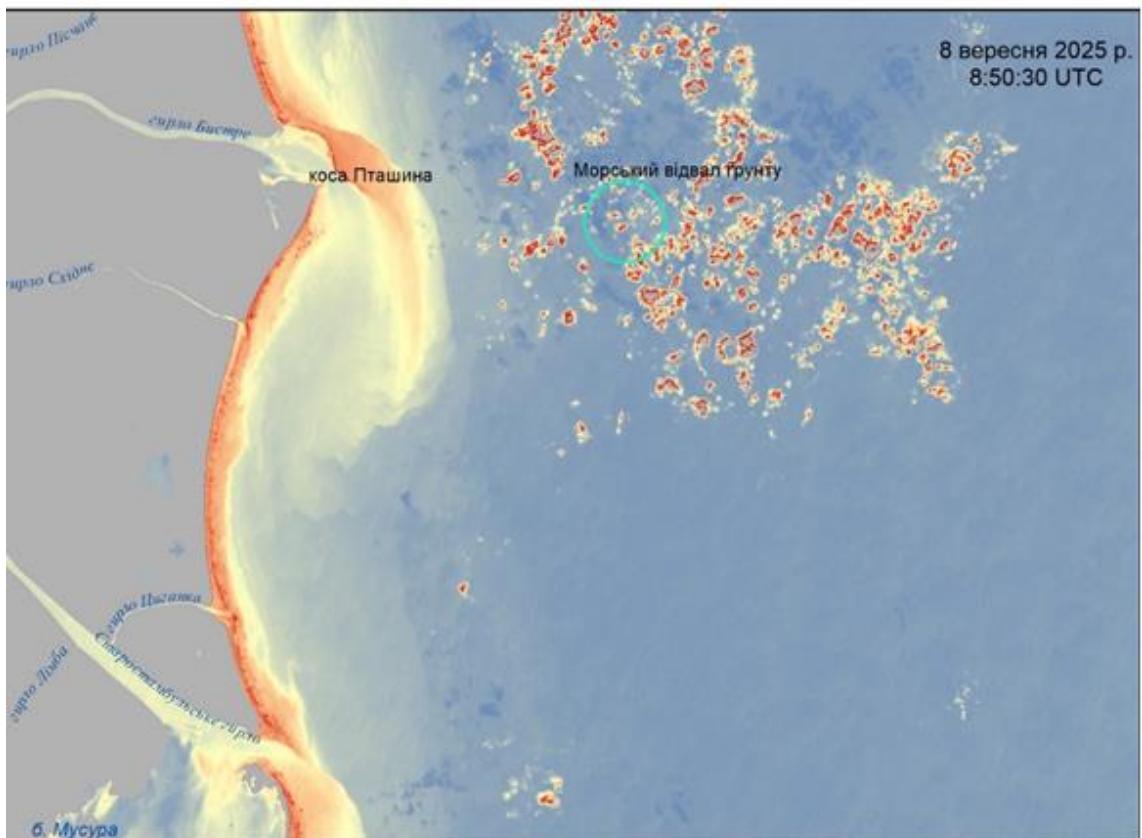


Рисунок Б.6 – Концентрації завислих речовин на:  
а) 31 липня 2025 р.; б) 7 серпня 2025 р.



а



б

Рисунок Б.7 – Концентрації завислих речовин на:

а) 16 серпня 2025 р.; б) 8 вересня 2025 р.

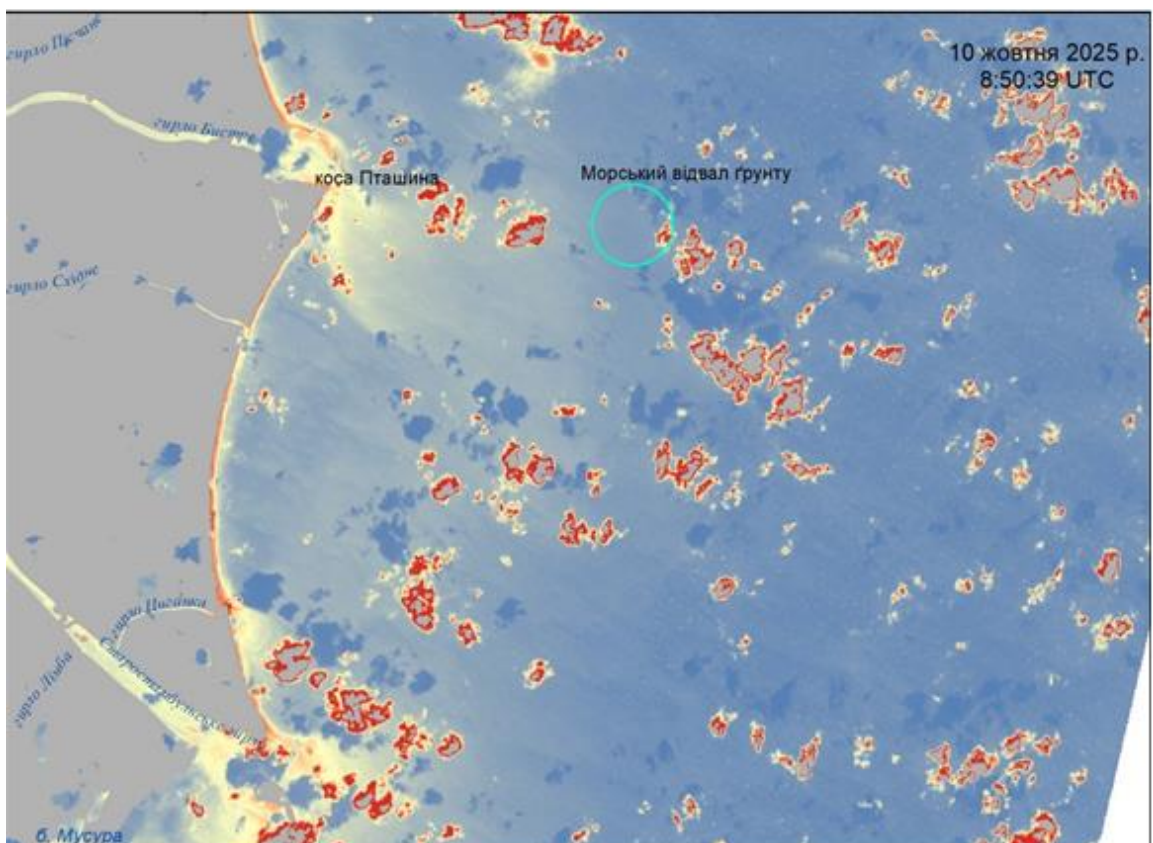
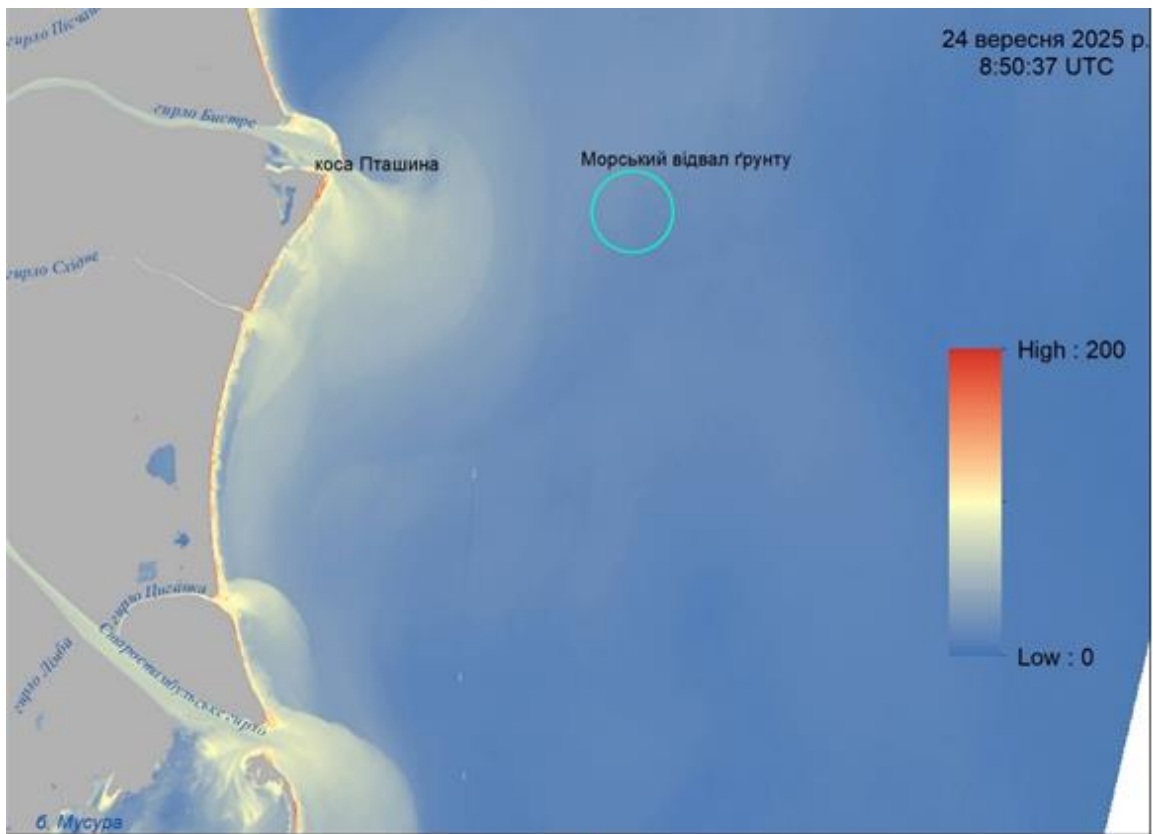
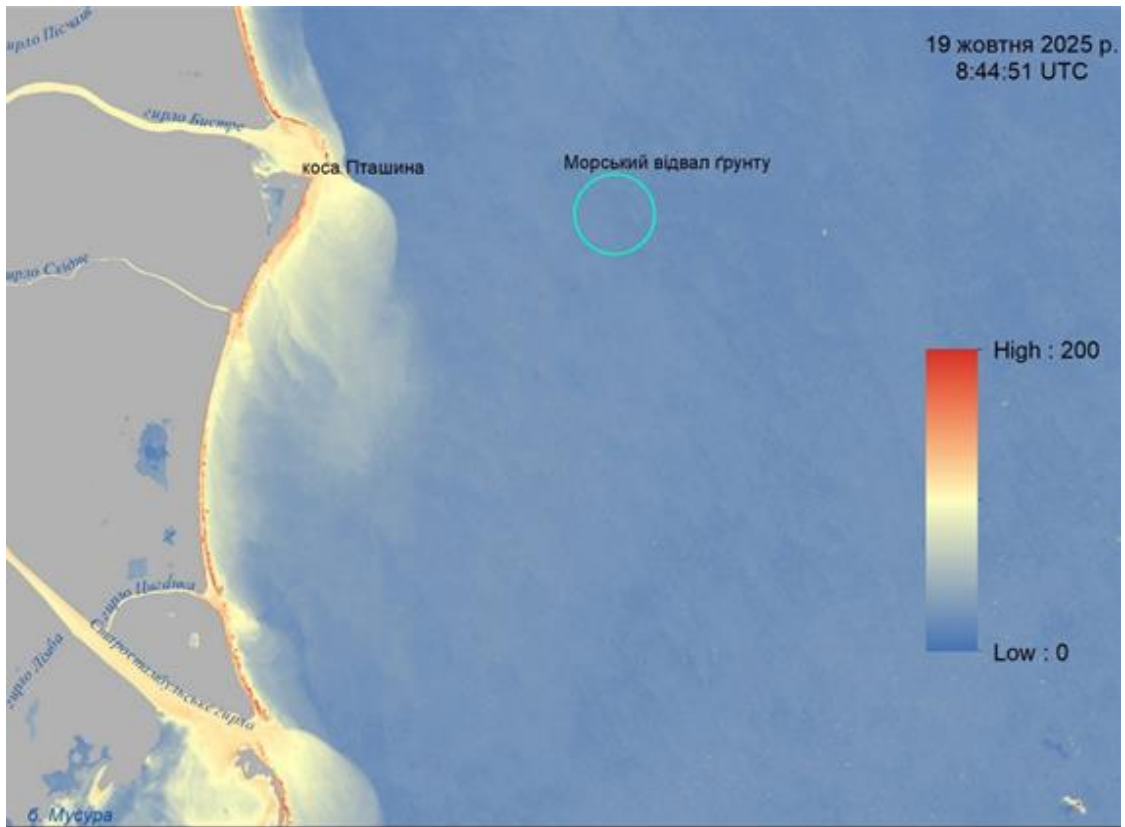
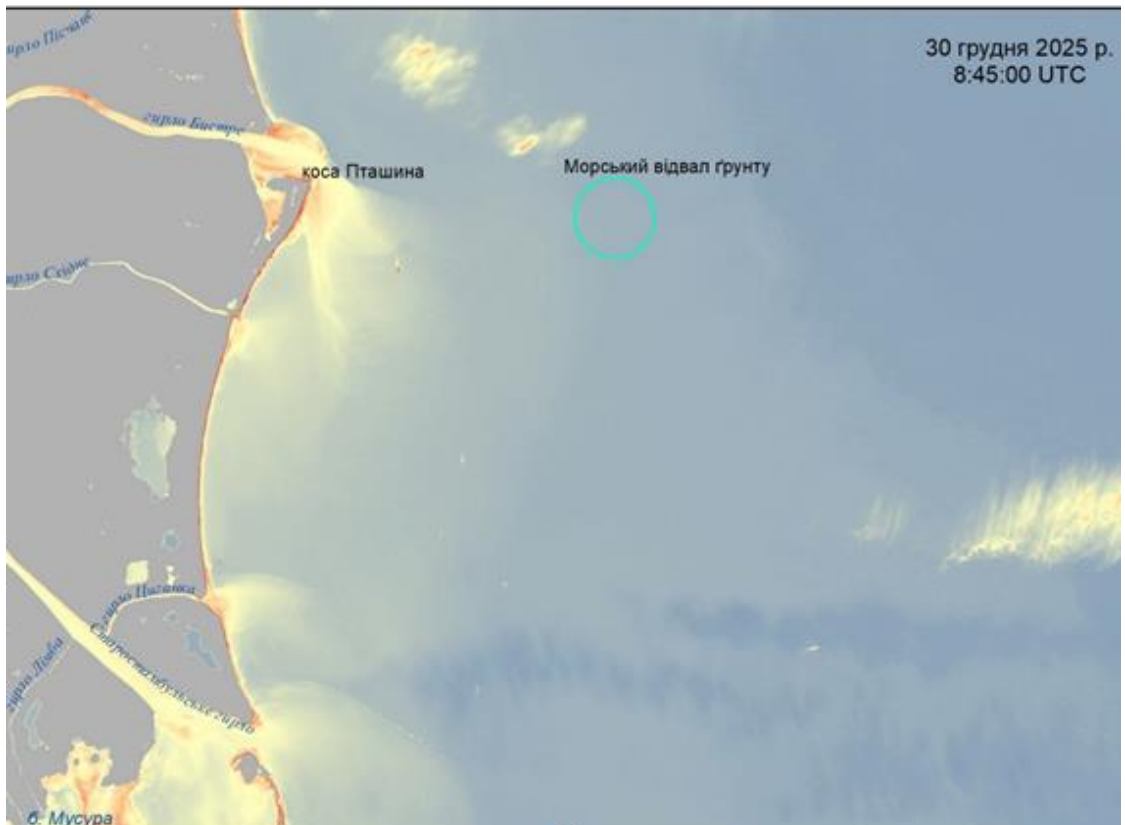


Рисунок Б.8 – Концентрації завислих речовин на:  
а) 24 вересня 2025 р.; б) 10 жовтня 2025 р.



а



б

Рисунок Б.9 – Концентрації завислих речовин на:

а) 19 жовтня 2025 р.; б) 30 грудня 2025 р.

## ДОДАТОК В

## Зміна берегової лінії та кіс в районі затоки Таранів

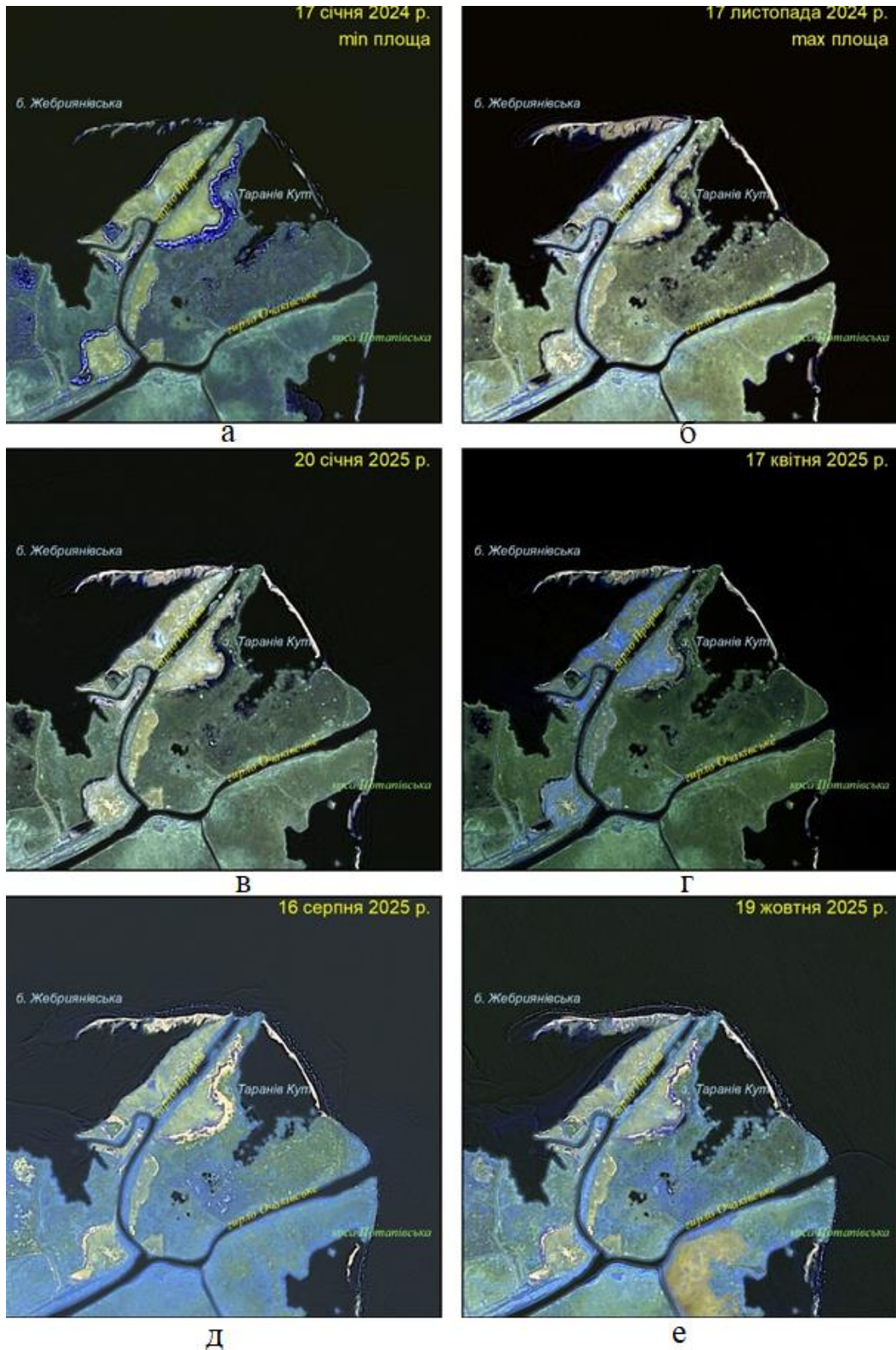


Рисунок В.1 – Зміна берегової лінії та кіс на:

- а) 16 серпня 2025 р.;
- б) 8 вересня 2025 р.;
- в) 24 вересня 2025 р.;
- г) 10 жовтня 2025 р.

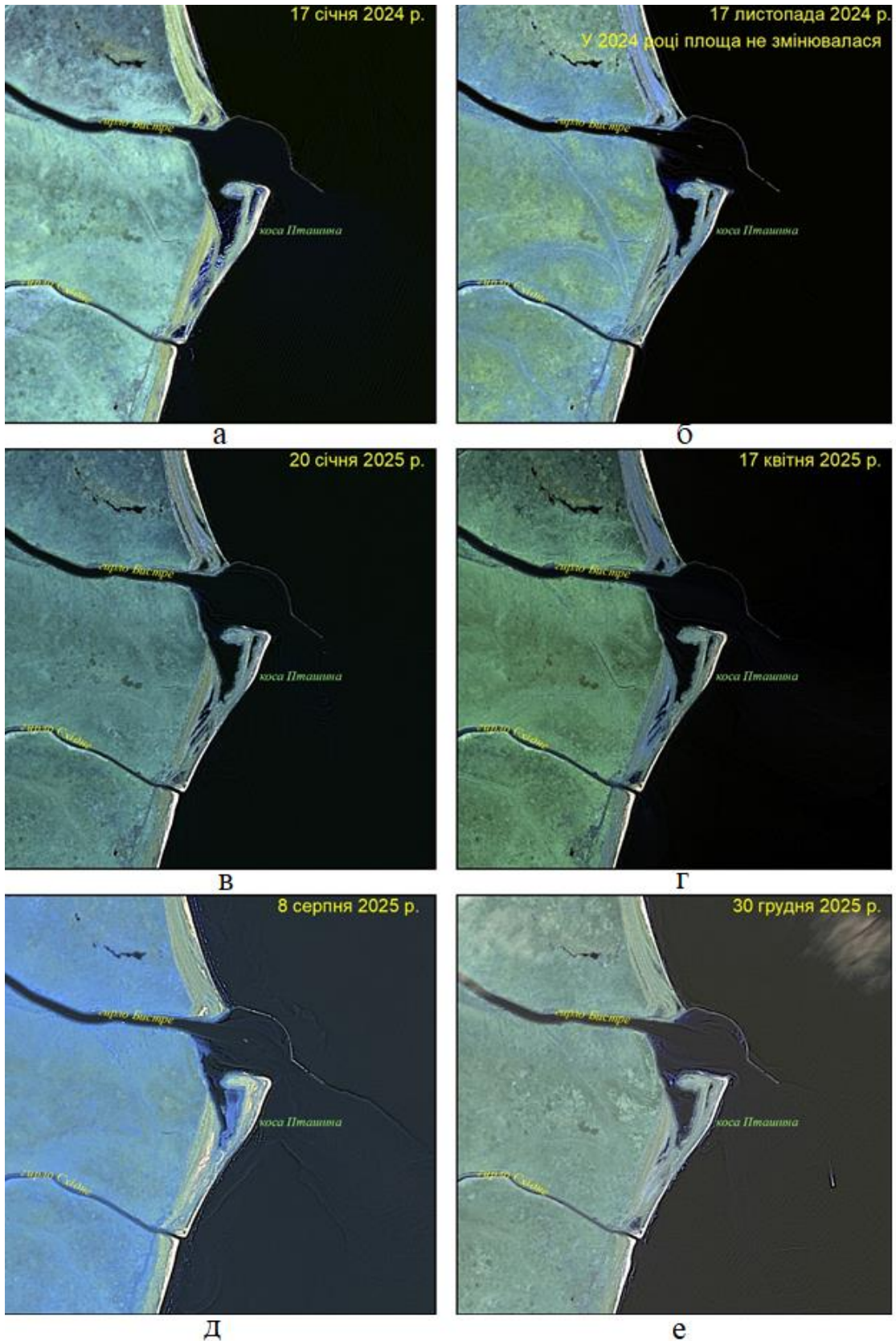


Рисунок В.2 – Зміна берегової лінії та кіс на:

- а) 1 січня 2024 р.;
- б) 17 листопада 2024 р.;
- в) 20 січня 2025 р.;
- г) 17 квітня 2025 р.;
- д) 8 серпня 2025 р.;
- е) 30 грудня 2025 р.

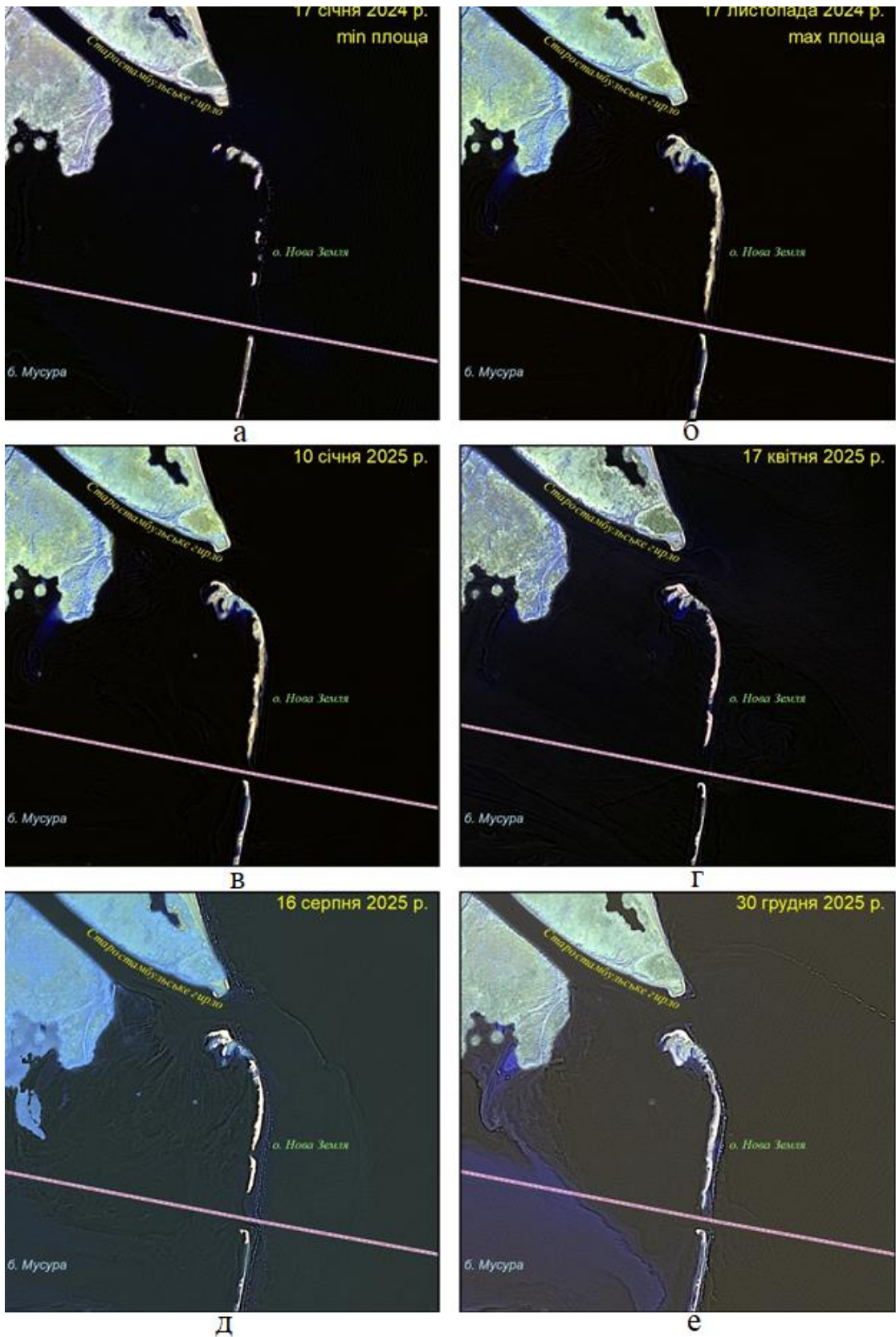


Рисунок В.3 – Зміна берегової лінії та кіс на:

а) 17 січня 2024 р.; б) 17 листопада 2024 р.;

в) 10 січня 2025 р.; г) 17 квітня 2025 р.;

д) 8 серпня 2025 р.; е) 30 грудня 2025 р.