МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії та екології
Кафедра географії та екології

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ЕВОЛЮЦІЇ ГЕНІЧЕСЬКОЇ ДЕЛЬТИ (ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ ТА МАТЕРІАЛІВ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ)

Кваліфікаційна робота (проєкт)
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконав здобувач 2 курсу 05-213М групи
Спеціальності 103 Науки про Землю
Освітньо-наукової програми «Науки про Землю»
Войцеховський Олексій Олексійович
Керівник: к. геогр. н., доцент Давидов О.В.
Рецензент: доцент, к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії, природокористування і геоінформаційних технологій Одеського національного університету імені І.І. Мечникова Муркалов О.Б.

Івано-Франківськ – 2025

ЗМІСТ

Вступ…….. 3

Розділ 1. Дельти проток: визначення та різноманіття…… 6

1.1. Визначення поняття дельта протоки…… 6

1.2. Дельти припливних проток…….. 9

1.3. Дельти не припливних проток……. 11

Розділ 2. Методологічні особливості дослідження…… 15

2.1. Особливості проведення польових досліджень……. 15

2.2. Особливості проведення дистанційних досліджень……. 16

Розділ 3. Природні умови Генічеської дельти…… 20

3.1. Просторове розташування досліджуваної дельти ……. 20

3.2. Геолого-геоморфологічні умови дельти…….. 22

3.3. Гідрометеорологічні умови району дельти…….. 25

Розділ 4. Особливості проявлення еволюційних тенденцій Генічеської дельти……. 28

4.1. Еволюційні тенденції проток Тонка та Промоїна……. 28

4.2. Еволюційні тенденції поверхні Генічеської дельти…….. 32

Висновки……... 39

Список використаних джерел…….. 42

ВСТУП

Актуальність дослідження. Вздовж берегів Азовського моря проявляються достатньо велике різноманіття специфічних природних об'єктів, що мають різноманітні геолого-геоморфологічні та гідрометеорологічні характеристики. До відповідних природних об'єктів належить Генічеська дельта, унікальне природне утворення, яке сформувалася внаслідок взаємодії вод Азовського моря та затоки Сиваш, в межах системи проток у північній частині Арабатської Стрілки.

Генічеська дельта має природоохоронне значення, але водночас виступає важливим осередком господарської діяльності, що впливає на її еволюційні тенденції. Подальший розвиток природокористування в районі дельти має базуватися на науково обґрунтованих рішеннях, а це вимагає отримання актуальної інформації про геолого-геоморфологічні та гідрометеорологічні особливості цього району, а також на розумінні еволюційних тенденцій.

Проведені багатолітні польові та дистанційні дослідження свідчать про значний антропогенний вплив на Генічеську дельту, що знаходить своє відображення в її еволюційних тенденціях. Відповідно тема представленої роботи є актуальною.

Мета роботи –за результатами аналізу супутникових даних визначити еволюційні тенденції Генічеської дельти, в контексті обґрунтування подальшого природокористування.

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити наступні *завдання*:

1. Проаналізувати дельти протоки, як унікальні природні об’єкти.
2. Описати природні особливості Генічеської дельти.
3. Описати методику проведеного дослідження.
4. Провести дистанційне дослідження та визначити еволюційної тенденції Генічеської дельти.

Об'єкт дослідження: Генічеська дельта як специфічне природне утворення в береговій зоні Азовського моря.

Предметом дослідження є визначення еволюційних тенденцій Генічеської дельти за результатами аналізу супутникових даних.

При підготовці представленої роботи були використанні наступні ***методи***:

- *Метод аналізу літературних джерел* – використовувався для визначення поняття дельта протоки та аналізу природних умов Генічеської дельти.
- *Метод польових досліджень* – застосовувався на довоєнному етапі та був спрямований на збір інформації про природні особливості та еволюційні тенденції досліджуваної дельти протоки.
- *Метод аналізу супутникових даних* – був використаний при вивченні та аналізу супутникових знімків та супутникових даних для визначення еволюційних тенденцій досліджуваної дельти.
- *Метод статистичного аналізу* – застосовувався для обробки даних гідрометеорологічних спостережень.
- *Метод картографічного аналізу* – проводився для визначення просторових характеристик Генічеської дельти.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи.

Вперше проведено комплексний аналіз Генічеської дельти як специфічного природного об'єкта, який розташований в західній частині Азовського моря, в контексті визначення еволюційних тенденцій відповідного утворення.

Вперше здійснено акцентований аналіз супутникових даних території Генічеської дельти із застосуванням нової методики, яка базується на використанні при аналізі даних комбінації каналів ближнього інфрачервоного діапазону (SWIR1), що дозволило деталізувати еволюційні тенденції досліджуваного об'єкту.

Практичне значення матеріалів кваліфікаційної роботи.

Матеріали роботи можуть бути використанні при обґрунтування в межах Генічеської дельти різноманітних видів антропогенної діяльності.

Публікації. Підготовлена до друку наукова стаття на тему «Еволюційні тенденції розвитку Генічеської дельти».

Структура роботи. Загальний обсяг роботи становить 44 сторінки. Робота складається з шести складових частин:

Вступ. У відповідній структурній складовій роботи представлена актуальність, мета та задачі роботи, наведені головні методи дослідження, визначена наукова новизна та практичне значення, представлена анотація змісту роботи.

Розділ 1. У відповідній структурній складовій представлені матеріали щодо визначення поняття дельта проток, а також описано їх різноманіття.

Розділ 2. В межах відповідної частини роботи висвітлюються методологічні аспекти проведеного дослідження, що включають комплексний підхід та використання польових та дистанційних методів.

Розділ 3. В межах відповідного розділу представлені матеріали щодо природних умов Генічеської дельти, з акцентом на просторове розташування, геолого-геоморфологічні та гідрометеорологічні умови розвитку.

Розділ 4. В цій частині роботи наводяться матеріали польових та дистанційних досліджень, спрямованих на визначення еволюційних тенденцій Генічеської дельти, контексті визначення параметрів проток та поверхні дельти.

Висновки. Представлені узагальнені результати дослідження.

Список використаних джерел. В роботі представлено 46 ресурсів, які включають як літературні так електронні джерела.

РОЗДІЛ 1.
ДЕЛЬТИ ПРОТОК: ВИЗНАЧЕННЯ ТА РІЗНОМАНІТТЯ

1.1. Визначення поняття дельта протоки

Вздовж берегової зони Світового океану, безпосередньо в районах поширення берегових бар'єрних систем [5, 6], періодично виникають та функціонують різні типи проток: ефемерні (прорви та припливні протоки), перманентні (проходи) [2, 23, 29]. В результаті функціонування відповідних утворень в береговій зоні відбувається формування специфічних форм рельєфу, відомих як дельти проток [2, 4, 5, 23, 33] (рис. 1.1).

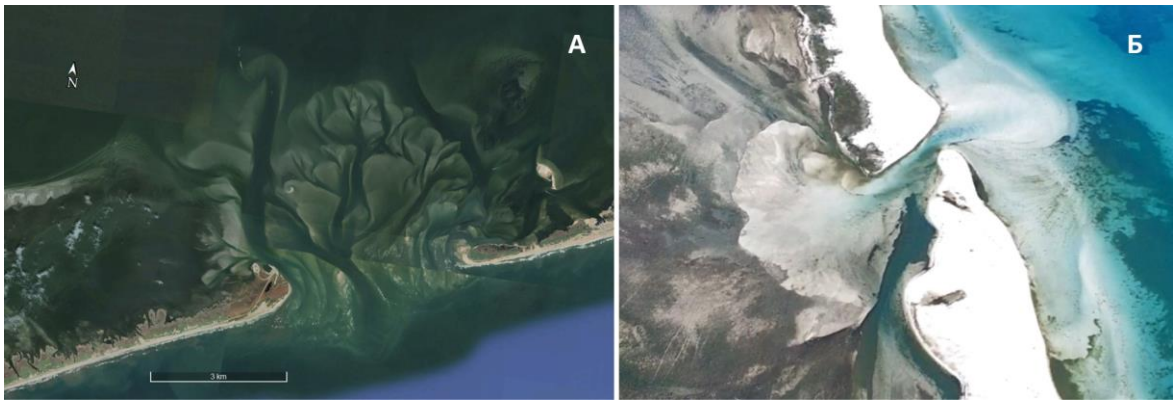


Рис. 1.1. Зовнішній вигляд дельти проток: А – припливна дельта проток (узбережжя Атлантичного океану); Б – неприпливна дельта проток (узбережжя Чорного моря). Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

Дельти проток являють собою специфічні берегові форми рельєфу, які виникають у районах проток, що з'єднують за бар'єрні водойми з відкритими морськими або океанічними акваторіями. Формування відповідних утворень визначається взаємодією різноманітних течій, що виникають у протоці, з хвильовими процесами мілководдя та короткочасними коливаннями рівня суміжних акваторій [2, 4, 5]. Як правило, течії, що виникають в межах проток, мають компенсаційний характер, обумовлений стійкою різницею рівнів між прилеглими водними

акваторіями, що виникає під впливом припливно-відливних або згінно-нагонових явищ [3, 5, 13, 19, 22].

З морфологічної точки зору, дельти проток представляють собою низинні акумулятивні поверхні, що характеризуються незначними висотними параметрами та розгалуженою системою каналів на їхній поверхні [4, 5]. В окремих випадках дельти представляють собою обмілини, поверхня яких містить улоговини стоку та невеликі акумулятивні острови. У берегових зонах Світового океану дельти проток формуються в умовах переважного впливу припливно-відливних або згінно-нагонових коливань, що зумовлює їхню морфологічну різноманітність [3, 4].

Протоки, що функціонують у межах бар'єрних систем Світового океану, залежно від домінуючих факторів формування та розвитку, поділяються на:

1. *Проходи* – представляють собою перманентні протоки, які розташовані в гирлових областях річок, які формуються під впливом річкового стоку, морського хвилювання та короткочасних коливань рівня [6]. В межах українського узбережжя до відповідних утворень належать протоки Кінбурнська¸ Березанська та Дністровська (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Зовнішній вигляд проток - проходів, розташованих в межах північно-західної частини Чорного моря: А – район Дністровського лиману; Б – район Дніпровсько-Бузького та Березанського лиманів. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

2. *Припливні протоки* – являють собою ефемерні утворення, які виникають після потужних штормових явищ, але розвиваються переважно під впливом припливно-відливних течій [5]. В межах українського узбережжя відповідні утворення не проявляються, у зв'язку з тим, що Чорне море не припливне. Найбільше поширення відповідні протоки отримали вздовж східного узбережжя Північної Америки, а також вздовж південного узбережжя Північного моря (рис. 1.3).

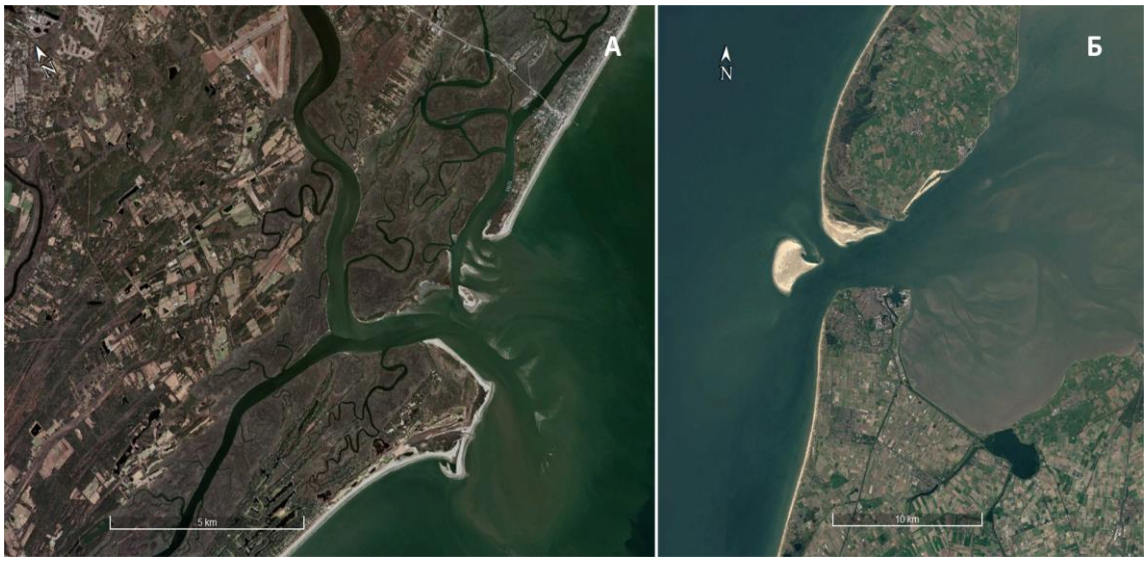


Рис. 1.3. Зовнішній вигляд дельт припливних проток: А – узбережжя Атлантичного океану, в межах США; Б – узбережжя Північного моря, в межах Нідерландів. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

3. Прорви – це ефемерні протоки, які формуються вздовж бар'єрних берегів неприпливних морів, внаслідок різноманітних гідрологічних явищ, та розвиваються в умовах взаємодії короткочасних коливань рівня моря, метеорологічної природи, з морськими хвилями різного напрямку [3, 4]. В межах українського узбережжя відповідні утворення проявляються в межах кос Тендра, Джарилгач, Бакальська та Обитічна (рис. 1.4).

Попри генетичні та еволюційні відмінності, усі типи проток мають спільні морфологічні характеристики, зокрема наявність мілководних ділянок як з боку відкритого моря, так і з боку внутрішніх за бар'єрних акваторій.

1.2. Дельти припливних проток

У береговій зоні Світового океану в районах поширення бар'єрних систем, де проявляються припливно-відливні коливання, з певною періодичністю формуються дельти припливних проток [3, 5]. Відповідні утворення представляють собою піщані мілководні утворення, розташовані з обох боків від припливних проток. Відповідні утворення формуються під впливом акумулятивної та транспортної діяльності припливних течій, які переміщують піщаний матеріал через протоку в різних напрямках [5, 6].



Рис. 1.4. Зовнішній вигляд дельт не припливних проток: А – дельта Лазурненської протоки, коса Джарилгач, Чорне море; Б – дельта протоки Залізного знаку, коса Тендра, Чорне море. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

У морфологічному відношенні в межах дельт припливних проток виділяються три основні складові (рис. 1.5):

1. *Припливна дельта* – це складова частина дельти протоки, яка розташована в межах за бар'єрної акваторії та сформована за рахунок акумуляції наносів, які транспортуються під впливом припливних течій до різноманітних за бар'єрних акваторій (лагуни, естуарії, тощо);

2. *Припливна протока* – представляє собою складову частину дельти, яка має характер каналу або улоговини, за яким, щоденно проходять води припливів та відбувається транспортування прибережно-морських наносів;

3. *Дельта відливу* – зовнішня та найбільш динамічна складова дельти протоки, в межах якої накопичується піщаний матеріал, в результаті проявлення відливних течій.



Рис. 1.5. Структура дельти приливної протоки, узбережжя Атлантичного океану, Португалія. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

Параметри припливних дельт залежать від низки природних факторів, серед яких: регіональний діапазон припливів; енергетичний потенціал хвильових процесів; загальна кількість прибережно-морських наносів; геоморфологічні умови за бар'єрних та перед бар'єрних акваторій.

Залежно від співвідношення умов формування припливних дельт, вони поділяються на різні морфологічні типи [5]:

- У районах поширенні маршів, дельти проток набувають форми, яка подібна до підков та характеризуються розгалуженою системою каналів стоку.

- В межах мілководних заток припливні дельти представляють собою крупні мілководдя із дугоподібною формою, в межах яких виділяються окремі лопаті, розділені системою дренажних каналів стоку.

- Вздовж мікроприпливних узбережь, припливні дельти мають мінімальні параметри, а основна частина дельти зосереджена біля кінцевої частині припливної протоки.

В межах деяких за бар'єрних акваторій, припливні дельти зберігаються навіть після закриття припливних проток, поступово заселяються рослинністю та набувають заболоченого характеру. Це суттєво змінює її початкову морфологію та впливає на подальший розвиток.

Дельти відливу представляють собою мілководні ділянки розташовані перед входом до припливних проток, з боку відкритих океанічних акваторій. На відмінну від припливних дельт, дельти відливу більш динамічні та розвиваються в умовах акумуляції під час відливів та в умовах хвильового розмиву під час припливів. Після закриття припливних проток, дельти відливу повністю розмиваються [5, 6].

1.3. Дельти не припливних проток

У складі Світового океану виділяються декілька ізольованих морських басейнів, серед яких Азовське, Балтійське та Чорне моря, в межах яких не проявляються припливні коливання планетарного масштабу [3, 15, 19, 28]. В той же час, в межах акваторії відповідних морів мають місце лише регіональні припливні флуктуації, які характеризуються незначною амплітудою та не відіграють суттєвої ролі у рельєфоутворюючих процесах в межах берегової зони [27]. Основні берегові процеси в межах відповідних морів обумовлені впливом

штормових хвиль і короткочасних метеорологічних коливань рівня моря, саме тому відповідні моря визначаються як не приливні [3, 15, 19].

У межах берегових бар'єрів не приливних морів періодично виникають і певний час функціонують специфічні ефемерні протоки або прорви. Відповідні протоки характеризуються наявністю двох мілководних ділянок і центрального каналу, що в комплексі формують специфічні форми берегового рельєфу - дельти не припливних проток [3, 4] (рис. 1.6).

В межах дельт не припливних проток, за морфологічними параметрами виділяються три складові частини [2]:

1. *Фронтальна дельта* – представляє собою піщано-черепашкове мілководдя, розташоване перед входом до не припливної протоки з боку моря;



Рис. 1.6. Структура дельти не припливної протоки, узбережжя Чорного моря, Потієвська прорва, коса Тендра. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

2. *Русло прорви* – представляє собою центральний канал, в тілі берегового бар’єру, що забезпечує водообмін між прилеглими акваторіями;

3. *Тильна дельта* – це акумулятивне утворення, що розташовано на підводному схилі затоки, з тильного боку берегового бар'єру.

Генезис дельт не припливних проток, залежить від гідродинамічних умов прилеглих акваторій та може бути зумовлено проявленням штормових нагонів та перехлюпування, які розвиваються як з боку акваторії моря, так і з боку за бар’єрних водойм. Після прориву тіла бар’єрів, в межах за бар’єрних акваторій починає формуватися тильні дельти, а потім фронтальні. Формування відповідних утворень зумовлена накопиченням прибережно-морських наносів, які переносяться лінійними водними потоками через не припливну протоку та відкладаються на підводних схилах за бар’єрної затоки [3].

Морфологія дельти не припливних проток визначається низкою чинників, зокрема: геоморфологічними характеристиками підводного схилу; параметрами русла протоки; силою водного потоку та особливостями його дифракції [4].

Фронтальна дельта представляє собою тимчасове мілководне утворення, що розташовано перед входом у русло протоки, що формується під впливом хвильових процесів відкритого моря та короткочасних коливань рівня. Форма та розміри фронтальної дельти є нестабільною, зазнає значних змін, а після закриття прорви – зникає [4].

Тильна дельта - це акумулятивна форма рельєфу, що розташована з тильного боку берегового бар’єру. Відповідне утворення має високу динамічність, зберігається протягом тривалого часу, але зазнає постійних змін. Розвиток відповідної форми обумовлений компенсаційними течіями, що виникають після змін рівня води в затоці та акваторії моря.

На поверхні дельти спостерігається розгалужена система улоговин стоку, які направляють потоки у бік основного каналу прорви [4].

Русло прорви виділяється як центральний морфологічний елемент дельти, що представляє собою негативну формою берегового рельєфу, яка змінюється залежно від гідродинамічної ситуації. Русло залишається дуже динамічним утворенням, воно характеризується зміною параметрів, після теплого та холодного сезонів, а також на багатолітній перспективі [4].

РОЗДІЛ 2.
МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Особливості проведення польових досліджень

Під час підготовки кваліфікаційної роботи були використані матеріали багатолітніх польових досліджень, які охоплювали берегову зону та поверхню Генічеської дельти. Автор безпосередньо брав участь, а також самостійно проводив дослідження в межах досліджуваної дельти, в період з 2004 по 2022 рр. (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Автор роботи під час проведення польових досліджень в межах Генічеської дельти.

Під час польових досліджень використовувалась GPS-фіксація ключових берегових форм рельєфу Генічеської дельти [8], за допомогою спеціалізованого приймача Garmin Etrex 10. Під час GPS-фіксацій здійснювалась фото- та відеофіксація поверхні досліджуваної території за допомогою дрона DJI Fly Combo. Для більш детального аналізу рукавів проток Тонка та Промоїна використовувалось обстеження за допомогою маршрутних виходів на каяках.

Отримані GPS-дані про положення берегової лінії дельти та берегів її проток, зіставлялися із результатами картографічного аналізу та матеріалами аналізу супутникових даних. Фото- і відеофіксація берегової зони дозволила краще зрозуміти природні особливості досліджуваного об’єкта та оптимізувати подальші етапи досліджень, включно з розробкою маршрутів і вибором необхідного обладнання.

Для визначення морфологічних та гідродинамічних особливостей системи проток та безпосередньо дельти, на багатолітньому етапі здійснювались польові виходи на каяках, за різними маршрутами. Маршрути охоплювали всі протоки та рукава в межах дельти, а також всі розширення (лимани), а також та фронтальний та тильний берега. Під час дослідження були здійснені вимірювання ширини, довжини та глибини проток та їх рукавів, а також фіксувалось місце розташування островів, мисів та берегових ліній.

GPS-фіксація дозволила отримати дані про абсолютні висоти поверхні дельти та просторове розташування берегових форм рельєфу. Отримані матеріали порівнювалися між собою на багатолітньому етапі.

Під час польових досліджень, особливої увагу було приділено вивченню літологічних особливостей поверхні дельти та її берегів, а також дна проток та їх рукавів. Наявність піщаного матеріалу на поверхні дельти, свідчить про періодичне надходження наносів з боку моря під час штормових нагонів. В той же час значне замулення поверхні дельти та русла проток, вказує на домінування лагунної седиментації в умовах низької гідродинамічної активності.

2.2. Особливості проведення дистанційних досліджень

Під час підготовки кваліфікаційної роботи ключову роль відіграли дистанційні дослідження, спрямовані на аналіз регіональних супутникових даних. Для проведення аналізу використовувалися можливості спеціалізованих онлайн сервісів (рис. 2.2) [1], для проведення

моніторингу стану навколишнього середовища та аналізу супутникових даних. До відповідних сервісів належать:

- Google Earth (https://earth.google.com/web);
- EO Browser (https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/);
- Land Viewer (https://eos.com/landviewer/);
- Copernicus Browser (https://browser.dataspace.copernicus.eu/);
- USGS Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov/).

Відповідні сервіси забезпечують доступ до супутникових даних різних параметрів, що дозволяє здійснювати спостереження за змінами природного середовища на сезонному та багатолітньому етапах.

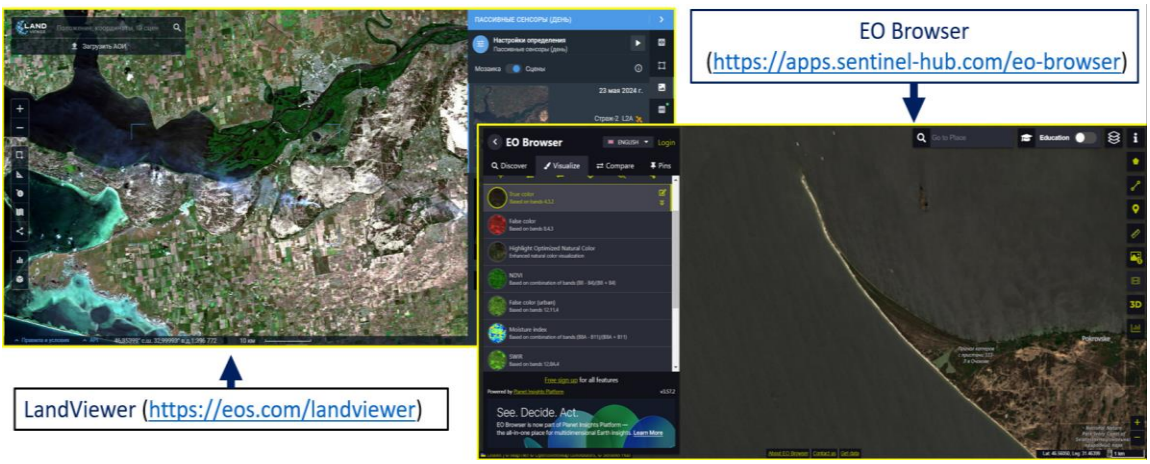


Рис. 2.2. Інтерфейс спеціалізованих онлайн ресурсів LandViewer та EO Browser, які використовувалися під час проведення дистанційних досліджень.

Аналіз супутникових знімків є порівняно новим методом дистанційного дослідження, який постійно вдосконалюється. Завдяки покращенню якості зображень із кожним роком стає можливим більш детальне вивчення різноманітних об’єктів як у просторі, так і у часі. В межах району Геніческої дельти регулярні матеріали дистанційного дослідження представлені з 1982 року, але завдяки сервісу Earth Explorer, період дослідження збільшується до 1964 року.

Використані онлайн-ресурси містять певну кількість інструментів, які дозволяють не лише зафіксувати просторове положення певних

об’єктів, завдяки їм можливо отримати кількісні морфометричні параметри. Наприклад, опція «додати криву» та інструмент рулетка, дозволили нам зафіксувати положення фронтальної берегової смуги та виміряти довжину проток та їх рукавів, порівнюючи це на багатолітньому етапі.

Слід зазначити, що особливу увагу було приділено фіксації підводної межі дельти, оскільки вона є важливим індикатором динамічності берегових процесів. На основі отриманих даних можна аналізувати контури межі різних періодів з прив’язкою до географічного положення, що забезпечує точність визначення тенденцій берегової смуги. В цьому контексті дуже важливим є визначення динаміки берегової смуги на тильному боці дельти, оскільки саме тут відбуваються найбільш активні процеси проградації до затоки Сиваш.

Для аналізу природного середовища Геніческої дельти використовувалися дані зі супутників Landsat-1 – 4 (період роботи 1972 - 1993 рр.), Landsat-5 (1984 - 2013), Landsat-7 (1999 – по цей час), Landsat-8 (2013 – по цей час), Landsat-9 (2021 – по цей час), Sentinel-1 – 6 (період роботи з 2014 року по цей час). Також були використані дані із супутників: CORONA (KH-1, KH-2, KH-3), MURAL (KH-4, KH-4A, KH-4B), ARGON (KH-5), LANYARD (KH-6)., які працювали в рамках шпигунської програми KeyHole, але після 1991 матеріали зйомки були розсекречені.

При аналізі супутникових даних Sentinel – 6, була застосована комбінація каналів ближнього інфрачервоного діапазону (SWIR1), що дозволило чітко відділяти ділянки суходолу та водного простору, а це сприяло деталізації визначення еволюційних тенденцій Геніческої дельти.

Для аналізу тенденцій щодо закріплення поверхні дельти рослинним покривом був застосований спектральний індекс Normalized Difference Vegetation Index (далі NDVI). NDVI є одним із

найпоширеніших вегетаційних індексів, він розраховується на основі різниці між відбитим випромінюванням у ближньому інфрачервоному (NIR) та червоному (Red) спектральних діапазонах [42, 43, 44, 45, 46]. Розрахований індекс дозволяє отримати кількісні параметри стану рослинного покрову в межах поверхні дельти, зміни параметрів на багатолітньому етапі, вказують на тенденції переходу ділянок дельти до наземних поверхонь.

Дистанційні дослідження дозволяють оцінити просторове розташування проток та їхніх морфологічних змін у межах дельти. Збільшення ширини проток може свідчити про активізацію компенсаційних течій, тоді як зменшення розмірів каналів вказує на уповільнення їхнього розвитку.

Для досягнення максимальної точності досліджень дистанційні методи мають поєднуватися з польовими спостереженнями. Паралельний аналіз матеріалів обох типів дозволяє отримати обґрунтовані висновки щодо динаміки та еволюції відповідного природного об’єкту.

РОЗДІЛ 3.
ПРИРОДНІ УМОВИ ГЕНІЧЕСЬКОЇ ДЕЛЬТИ

3.1. Просторове розташування Геніческої дельти

Геніческа дельта розташована в західній частині узбережжя Азовського моря, в районе де морські води з'єднуються з водами Утлюцького лиману та затоки Сиваш [32] (рис. 3.1). Досліджувана дельта представляє собою специфічний природний об'єкт, акумулятивного генезису, який сформований в умовах взаємодії морського хвилювання, компенсаційних течій та короткочасних коливань рівня моря [19, 20, 39].



Рис. 3.2. Просторове розташування Геніческої дельти: А – зовнішній вигляд Азовського моря з виділенням західної частини; Б – західна частина Азовського моря з виділенням району Геніческої дельти; В – зовнішній вигляд Геніческої дельти. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

Загальна площа досліджуваної дельти ≈ 18 км^2, в структурному відношенні Геніческа дельта знаходиться між виступом корінного

суходолу на півночі (Генічеський виступ) та тілом Арабатської Стрілки на півдні [10, 17]. В межах дельти виділяються дві морські протоки: Тонка (Генічеська) та Промоїна (Протока), а також розгалужена система рукавів та островів, розташованих між ними. Протока Тонка (або Генічеська) існує вже кілька століть, і саме її назва вплинула на формування назви міста Генічеськ («геніче» у тюркській мові означає «тонке» або «вузьке місце»). На відміну від Тонкої протоки, Промоїна завжди мала ефемерний характер, але після шторму 1969 року функціонує на постійній основі [12] (рис. 3.2).

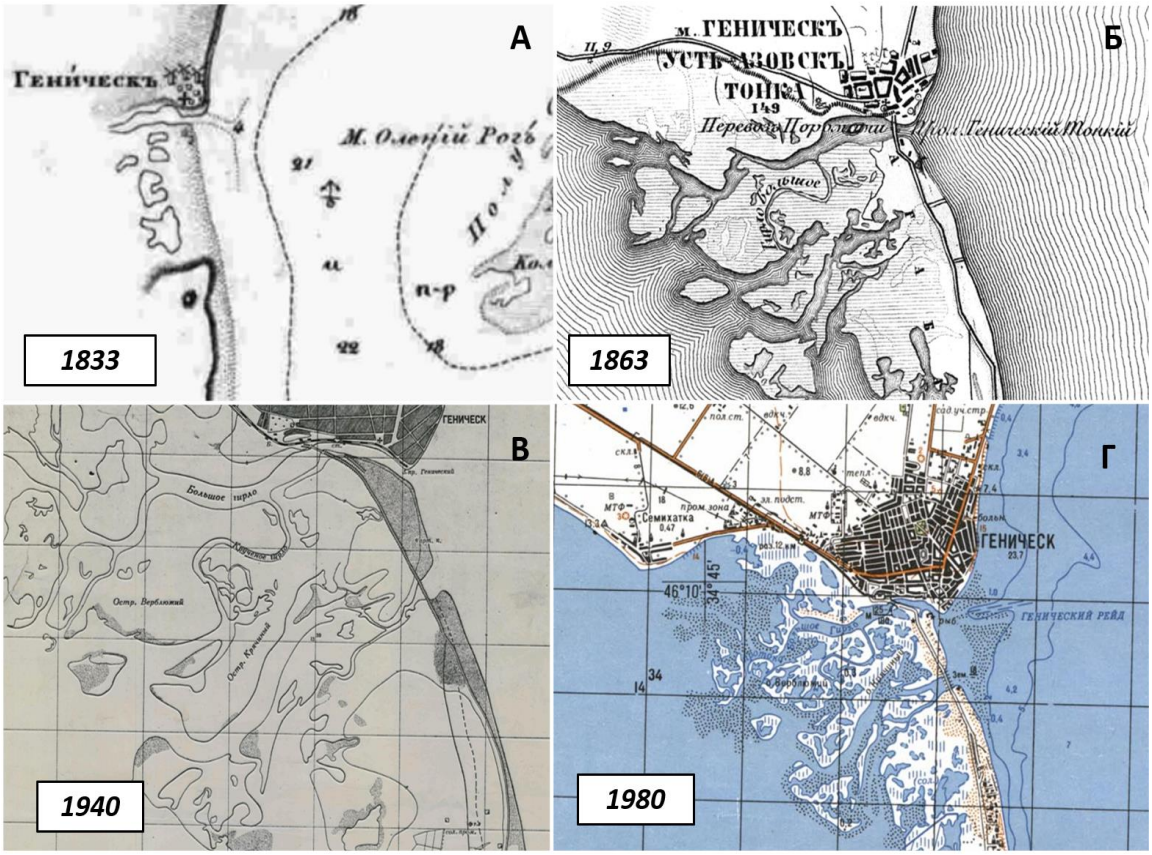


Рис. 3.2. Картографічний аналіз району Генічеської дельти: А – дельта з лише з протокою Тонка у 1833 році; Б – дельта з лише протокою Тонка у 1863 році; В - дельта з протоками Тонка та давньої протокою Промоїна у 1940 році; Г - дельта з протоками Тонка та сучасної протокою Промоїна у 1980 році.

Тонка (Генічеська) протока має складну гідрографічну структуру, її довжина становить ≈ 5 км, при цьому ширина варіюється від 35 м до 150 м. Глибина протоки на окремих ділянках сягає 3 м, проте у середньому не перевищує 1,2 м [19].

Протока Промоїна є більш простим та молодим утворенням, загальна довжина становить 4,5 км, при цьому ширина змінюється від 300 м до 1,6 км. Через 400 м від морського краю відповідна протока розгалужується на два рукави [19].

Район розташування Генічеської дельти характеризується специфічним гідродинамічним режимом, не властивим прибережним акваторіям Азовського моря [7]. Відповідний режим визначаються взаємодією хвиль мілководдя різних напрямків, прибережних компенсаційних течій, а також короткочасними коливаннями рівня моря, метеорологічної природи [15, 19, 22]. Представлені природні явища сприяють береговим акумулятивним процесам, які зумовили формування унікального земноводного об’єкту, який має складну систему островів, озер та проток. Форма відповідного об’єкту нагадує річкову дельту, тіло якої спрямовано у бік затоки Сиваш [33].

Відповідно Генічеська дельта морфологічно нагадує річкові дельти, проте її походження має іншу природу. Вона формується не внаслідок річкової діяльності, а під впливом складних гідродинамічних умов прибережної зони, що робить її унікальним природним об’єктом.

3.2. Геолого-геоморфологічні умови дельти

Генічеська дельта являє собою складну берегову акумулятивну форму, що за своєю морфологічною структурою нагадує багаторукавну річкову дельту. Відповідне утворення висунуто у бік Генічеського розширення, найбільш північної частини затоки Сиваш [41]. З боку Азовського моря досліджувана дельта має вигляд мілководної бухти, на

дні якої розташовано мілководдя дугоподібної форми, яка є аналогом фронтальної дельти не припливних проток [4, 5].

Загальна площа Геніческої дельти становить ≈ 18 км², при максимальній довжині ≈ 4,7 км. Ширина дельти варіюється залежно від просторового розташування ділянки. На сході, ширина дельти до 1,2 км, в центральній частині вона збільшується до 5,9 км, а на заході звужується до 3,2 км [19].

Протоки, що знаходяться в межах дельти, забезпечують водообмін між Азовським морем та затокою Сиваш. Матеріали багатолітніх спостережень, дозволяють стверджувати, що пануючий напрямок течій, в межах проток, спрямований від моря до затоки, але за певних гідродинамічних умов (панування тривалих вітрів західного напрямку), напрямок кардинально змінюється. За таких умов, швидкість течій, має істотну залежність від напрямку та силу вітру [13].

У структурно-тектонічному аспекті досліджувана дельта розташована у межах Каркінітсько-Сиваської системи прогинів, а безпосередньо система проток сформована вздовж західної частини субширотного Азовського розлому, який представляє собою природну межу між Причорноморською та Сиваською западинами [9, 14, 16].

Домінуючим геологічним процесом розвитку району Геніческої дельти є негативні тектонічні рухи, швидкість яких складає 1,2–2,0 мм/рік [18, 24]. Відповідні явища посилюються активними процесами седиментації, які відбуваються в межах дельти, внаслідок перманентного накопичення піщано-мулистих відкладів та поступового збільшення площі дельти та її проградації у бік затоки Сиваш [34, 35].

У літологічному відношенні в межах Геніческої дельти переважають відклади морського та лиманного генезису, які представлені піщаними породами із вмістом мушлі, детриту, мулами та глинами [38] (рис. 3.3). Висоти поверхні дельти варіюються від 0,3 до 0,6 м над рівнем моря, за винятком ділянок, які зазнали антропогенних перетворень [19,

36, 37]. Представлені морфометричні показники поверхні дельти, свідчать про високу частоту її затоплень під час штормових нагонів [19, 26].

Розчленування фронтального берегу дельти відіграє важливу роль у процесах проявлення штормових нагонів [19]. Дослідження регіональних картографічних матеріалів і аналіз супутникових знімків, вказують на поступове формування увігнутої форми морського краю дельти, що у свою чергу сприяє спрямуванню нагонових вод у бік низинної території [21, 22]. Слід зазначити, що окремі антропогенні форми рельєфу з висотами 1,0–3,0 м також впливають на процеси підвищення рівня води [40].

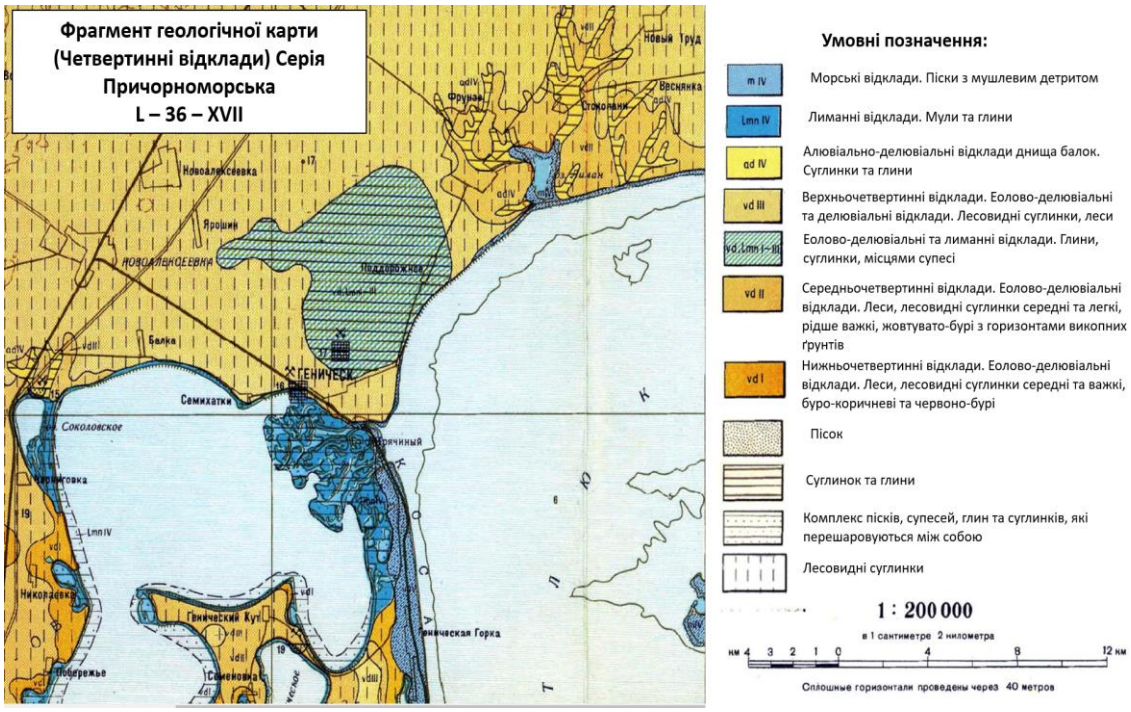


Рис. 3.3. Геологічна будова району Генічеської дельти. Розроблено на базі геологічної карти: Четвертинні відклади. Серія Причорноморська. L–36–XVII.

Попередні дослідження [19, 20, 22], показали, що поверхня Генічеської дельти перманентно але повільно збільшується за рахунок формування підводних мілин, що спрямовуються у напрямку затоки Сиваш. Темпи проградації дельти залежать від частоти та інтенсивності

штормових нагонів у районі дослідження. Фронтальна частина дельти є представлена динамічно активним підводним мілководдям, дугоподібної форми, в межах якого на сезонному етапі проявляються акумулятивні процеси та виникають відповідні форми рельєфу.

У просторовому відношенні Генічеська дельта є північною складовою Арабатської Стрілки, але відрізняється від неї генетичними та літологічними особливостями. Розвиток дельти проток спрямований на поступове збільшення висоти поверхні та об'єднання островів у цілісне акумулятивне утворення.

3.3. Гідрометеорологічні умови району дельти

Азовське море представляє собою мілководну та ізольовану водойму, яка є складовою частиною Світового океану. Зв'язок із океаном здійснюється завдяки існуванню внутрішніх морів та вузьких мілководних проток. Відповідна ситуація не сприяє проникненню до акваторії моря припливних хвиль планетарного генезису, внаслідок чого в межах моря проявляються регіональні припливні коливання незначної амплітуди. За таких умов пануючим фактором розвиту берегової зони моря стають короткочасні коливання рівня моря, метеорологічної природи, амплітуда яких перевищує 4 м. Враховуючи відповідні особливості Азовське море виділяється як не припливне [15, 19, 27].

Короткочасні метеорологічні коливання Азовського моря мають певну схожість із сейшевими явищами, тому що характеризуються вузловою лінією, яка проходить через центр акваторії [15]. В умовах Глобальних кліматичних змін, з початку XXI століття, в межах акваторії Азовського моря, спостерігається тенденція до інтенсифікації таких коливань [15, 19, 22].

Аналіз фахових джерел [15, 30, 31], а також матеріалів гідрометеорологічної станції Генічеськ (до 2022 року), вказує, що максимальна

амплітуда коливань рівня, у районі дельти сягає 423 см. Відповідна амплітуда включає в себе показники min - 187 см та max +236 см рівнів.

Статистичний аналіз багаторічних даних коливання рівня моря, в районі досліджуваної дельти, дозволили оцінити ймовірність виникнення відповідних катастрофічних явища у регіоні: а) підйом рівня висотою до 210 см, може проявитися раз на 10 років; б) підйом рівня висотою до 230 см, може проявитися раз на 25 років; в) підйом рівня висотою до 250 см, може проявитися раз на 50 років; г) підйом рівня висотою понад 260 см, може проявлятися раз на 100 років. Водночас згін води до рівня -180 см спостерігається раз на 10 років, а критичне падіння до -220 см фіксується не частіше одного разу на століття.

Аналіз даних гідрометеорологічної станції свідчить, що максимальний рівень води вздовж фронтального берегу Геніческої дельти - + 236 см, був зареєстрований у 1962 році. Відповідна подія була викликана вітром східного напрямку вітру зі швидкістю 28 м/с, що тривав шість днів. У результаті цього явища вся поверхня дельти була затоплена [19].

Сильний штормовий нагін, що перевищував 2,0 м, спостерігався у 1954 році, коли східний вітер із швидкістю 20–24 м/с спричинив затоплення дельти та прилеглих територій Генічеська. У січні 1969 року під впливом південно-східного вітру зі швидкістю 25 м/с рівень води піднявся до 2,25 м, що призвело до відкриття другої протоки Промоїни.

Протягом останніх 20 років кількість катастрофічних здіймань рівня моря у районі Геніческої дельти істотно зросла, але підвищення рівня води понад два метри за цей період не зареєстровані (рис. 3.4.).

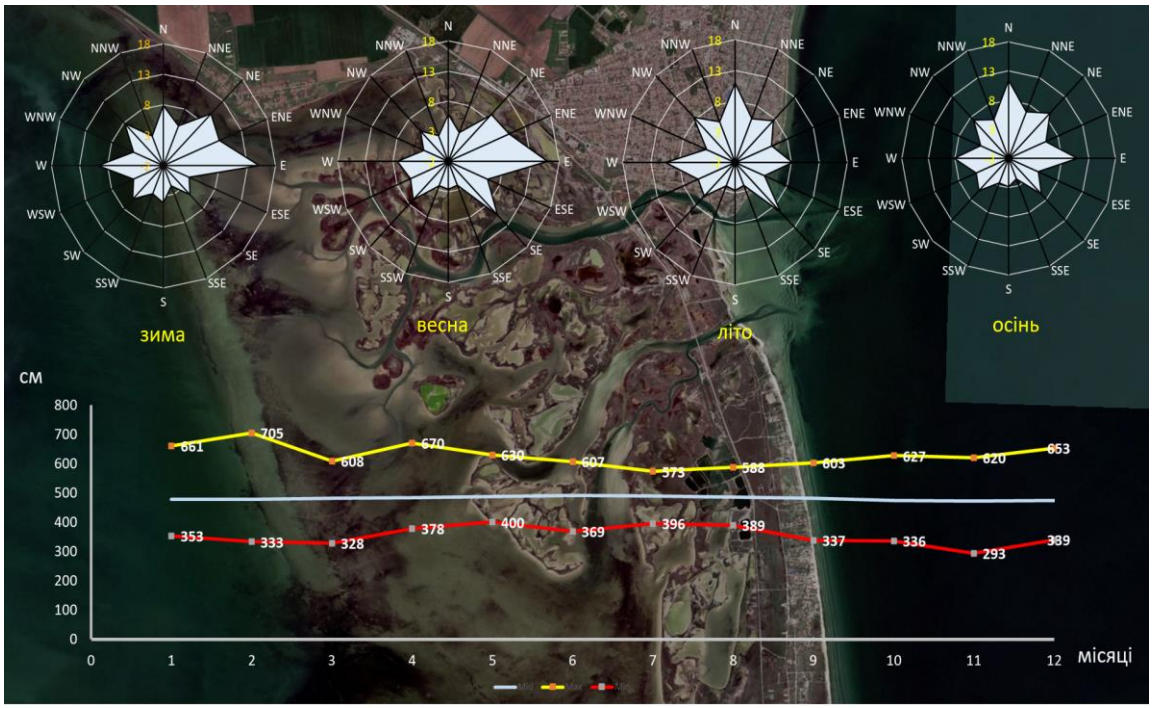


Рис. 3.4. Гідрометеорологічні умови району Генічеської дельти. Верхній ряд узагальнені рози вітрів за сезони. Нижній ряд положення рівня моря: жовта лінія – максимальне положення; блакитна лінія – пересічна висота рівня в межах Генічеська; червона лінія – мінімальне положення. Діаграми розроблені за даними Гідрометеорологічної станції Генічеськ, за період 2000-2021 рр.

У першій половині XXI століття, у контексті Глобальних змін клімату, відзначається розширення часових рамок прояву катастрофічних здіймань рівня. Якщо у XX століттю більшість екстремальних коливань рівня відбувалися в холодний період (жовтень–березень), то в останні десятиліття штормові нагони все частіше реєструються у теплий сезон (квітень–вересень). Відповідна ситуація пов’язано зі змінами структури вітрового режиму (рис. 3.4).

Параметри та особливості катастрофічних коливань рівня моря в районі Генічеської дельти залежать від комплексу метеорологічних, гідрологічних та геолого-геоморфологічних умов. Водночас значний вплив на їхню інтенсивність та частоту має антропогенна діяльність, пов’язана зі змінами у береговій морфології.

РОЗДІЛ 4.
ЕВОЛЮЦІЙНІ ТЕННДЕНЦІЇ ГЕНІЧЕСЬКОЇ ДЕЛЬТИ

4.1. Еволюційні тенденції проток Тонка та Промоїна

Генічеська дельта є унікальним природним об’єктом берегової зони Азовського моря, вона представляє собою надзвичайно специфічну дельту протоки. Формування відповідного утворення відбувалась навколо протоки Тонка (Генічеська) та більш дрібних ефемерних проток, які періодично виникали південній частині сучасної дельти (з 1969 року у відповідній частині дельти функціонує протока Промоїна (Протока)).

Еволюційні тенденції Генічеської дельти зумовлені взаємодією руслових процесів в межах проток, коливальними рухами та хвильовими процесами в межах прилеглих акваторій. Напрямки еволюції проток, насамперед залежать від напрямків руслових процесів. В умовах тривалого домінування вітрів східних напрямків, в межах проток формуються стійкі течії із акваторії моря до затоки Сиваш (рис. 4.1 А). За умов стійкого проявлення вітрів західних румбів, напрямки течій змінюються та проявляються із акваторії затоки до моря (рис. 4.1. Б).



Рис 4.1. Компенсаційні течії в протоках Генічеської дельти: А – проявлення течій з моря в затоку; Б – проявлення течій із затоки в море. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

Представлені ситуації по різному впливають на еволюційні тенденції розвиток проток. В умовах тривалого розвитку течій із акваторії Азовського моря до затоки Сиваш, відбувається активний винос дрібного

уламкового матеріалу, який накопичується в районах вигонів проток та другорядних рукавів, а також вздовж тильної частини дельти. За таких умов, частини проток що розташовані в західній частині дельти інтенсивно міліють, в той же час в східній частині проток відбувається їх поглиблення.

За умов тривалого панування вітрів західного напрямку, вздовж всього тильного боку дельти проявляються процеси розмиву, що призводить до утворення певної кількості уламкового матеріалу, який течіями виносяться в напрямку акваторії моря. Відповідно частини проток, розташовані на заході дельти поглиблюються, а в межах мілководдя формуються розгалужені канали стоку спрямовані до проток. В центральній та східній частині проток проявляється накопичення та збільшуються параметри фронтальної дельти.

Результати не акцентованих польових досліджень, були визначені певні еволюційні тенденції глибини проток. Протока Тонка (Геніческа) (рис. 4.2) у першій половині XXI століття характеризувалася наступними глибинами:

- *Гирло протоки*. У 2004 році, глибини дорівнювали 10 – 12 м, а влітку 2021 року вже 8 – 10 м. Слід зазначити, що відповідні глибини мають не природне походження, а зумовлені антропогенною діяльністю спрямованою на поглиблення акваторії порту та підхідного каналу.

- *Центральна частина протоки*. У 2004 році глибини проявлялися від 4 до 6 м, а в літку 2021 року – 3 – 5 м. Слід зазначити, що між двома мостами проявляються найбільш інтенсивні процеси акумуляції, внаслідок чого в центрі протоки було сформовано мілководдя, з глибинами до 1 м.

- *Західна частина протоки*. В цій частині протоки глибини суттєво відрізняються в залежності від рукавів протоки. Найбільш мілководні північні рукава протоки, де глибини у 2004 році дорівнювали 1,0 - 1,5 м,

а у 2021 році – 0,5 - 1,0 м. Південні рукава протоки мають більш значну глибину: 2004 рік – 4 – 5 м, а у 2021 році – 3 – 4 м.



Рис. 4.2. Еволюційні тенденції протоки Тонка (Генічеська): А – стан протоки на 2004 рік; Б – стан протоки на 2008 рік; В – стан протоки на 2012 рік; Г – стан протоки на 2016 рік; Д – стан протоки на 2020 рік; Е – стан протоки на 2024 рік. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

Представлені параметри свідчать про повільне але перманентне обміління протоки Тонка, що може буте зумовлено відсутністю днопоглиблювальних робіт в гирлі протоки та її повернення до природного напрямку еволюції [11]. Один з варіантів обміління може бути пов’язаний із функціонуванням протоки Промоїна.

Протока Промоїна (Протока) (рис. 4.3) у першій половині XXI століття характеризувалася наступними глибинами:

- *Гирло протоки*. У 2004 році, глибини дорівнювали 4 - 5 м, а влітку 2021 року вже 3,5 – 4 м. Представлені глибини мають виключно природне походження.

- *Центральна частина протоки*. У 2004 році глибини проявлялися від 3 до 4 м, а в літку 2021 року ≈ 3 м. Слід зазначити, що за автомобільним мостом глибини дуже раптово зменшуються до 1 м. Штучний канал який відходить на південь має глибини до 2 м.

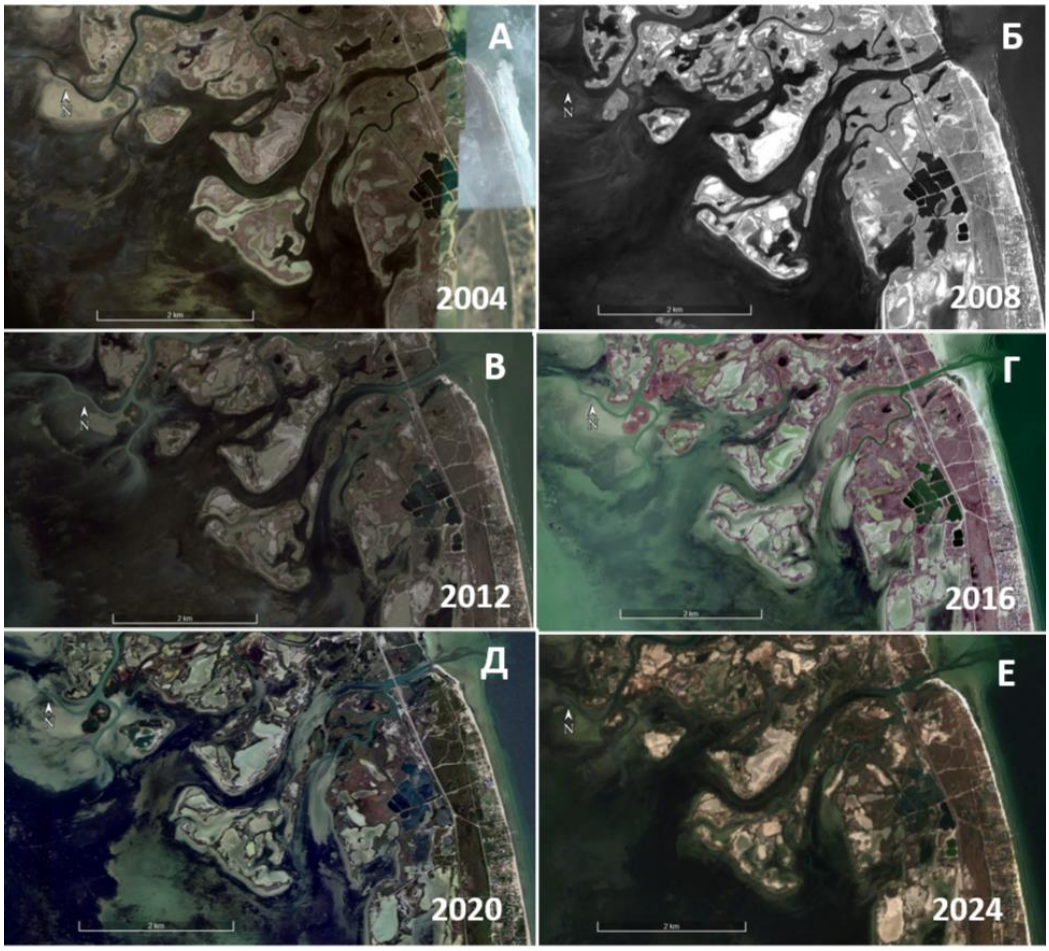


Рис. 4.3. Еволюційні тенденції протоки Промоїна (Протока): А – стан протоки на 2004 рік; Б – стан протоки на 2008 рік; В – стан протоки на 2012 рік; Г – стан протоки на 2016 рік; Д – стан протоки на 2020 рік; Е – стан протоки на 2024 рік. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

- *Західна частина протоки*. В цій частині протоки глибини найменші, але при цьому їх ширина сягає біля 100 м. Найбільш мілководні східні рукава протоки, де глибини у 2004 році дорівнювали 0,5

- 1,0 м, а у 2021 році до 0,5 м. Південні рукава протоки мають більш значну глибину: 2004 рік – 1 - 1,5 м, а у 2021 році – до 1 м.

Наведені параметри свідчать про повільне але перманентне обміління протоки Промоїна, насамперед в західній частині дельти, що може буте зумовлено значною шириною протоки, що сприяє розсіюванню енергії руслового потоку та зупиненню ерозії. В східній частині протоки глибини більш стійкі, що зумовлено незначною шириною та сталими параметрами протоки.

4.2. Еволюційні тенденції поверхні Генічеської дельти

Генічеська дельта представляє собою дуже специфічний природний об’єкт, земноводного типу (рис. 4.4.). Представлене визначення об’єкту зумовлено тим, що поверхня дельта надзвичайно низинна, в її межах природні висоти не перевищують 0,5 м над рівнем моря.



Рис. 4.4. Зовнішній вигляд поверхні Генічеської дельти як специфічного природного об’єкту.

Незначні параметри висот, сприяють частому затопленню поверхні дельти та перетворенню її на дуже мілководну водойму. Слід зазначити, що затоплення поверхні здійснюється як з боку Азовського моря, так і з боку затоки Сиваш, при цьому затоплення відбувається як безпосередньо з боку водойм, так і через розгалужену систему рукавів двох проток. За представлених умов еволюційні тенденції дельти знаходяться в прямій залежності від частоти затоплення поверхні.

Під еволюційними тенденціями дельти слід розуміти процеси проградації та ретроградації берегової лінії, в межах фронтальної або тильної частини, а також загальне підвищення або зниження поверхні дельти. Враховуючи відповідні особливості, для визначення еволюційних тенденцій був використаний комплексний підхід, який враховував матеріали польових та дистанційних досліджень. Під час дистанційних досліджень супутникові дані аналізувалися за допомогою інфрачервоного діапазону SWIR та нормалізованого індексу рослинного покриву NDVI (рис. 4.5).

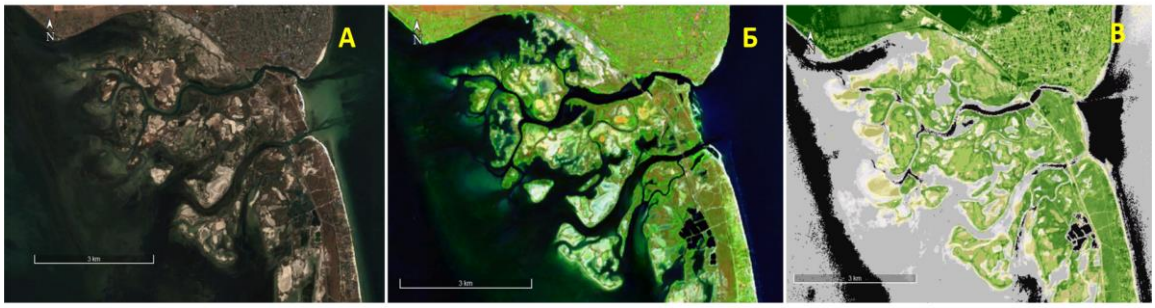


Рис. 4.5. Зовнішній вигляд району Геніческої дельти за результатами аналізу супутникових даних: А - супутниковий знімок у натуральних кольорах; Б – супутниковий знімок з використанням інфрачервоного діапазону SWIR; В – супутниковий знімок оброблений за допомогою індексу NDVI. Розроблено на базі онлайн ресурсу EO Browser.

Використання інфрачервоного діапазону SWIR дозволило провести чітку межу між водною поверхню та ділянками суходолу. Чітко виражена

межа дозволила зафіксувати положення берегової смуги дельти, як в межах фронтальної та і тильної частинах (рис. 4.6).



Рис. 4.6. Морфодинамічні тенденції тильного та фронтального берегів Геніческої дельти: А – положення берегової лінії у 2019 році: Б – положення берегової лінії у 2024 році; В – порівняння просторового положення берегової лінії за період дослідження. Червона смуга – положення берегової лінії у 2019 році, жовта смуга – положення берегової лінії у 2024 році.

Для процесу фіксації берегової лінії використовувались супутникові знімки Sentinel-2, які були зроблені у серпні 2019 та 2024 років (рис. 4.6 А, Б). Після фіксації берегових ліній здійснювався просторовий та кількісний аналіз їх місцерозташування (рис. 4.6 В), матеріали аналізу порівнювалися з даними польових спостережень (період 2004 – 2022 рр.).

За результатами дистанційного аналізу вздовж тильного берегу дельти були виділенні дві частини, з діаметрально протилежною динамікою. Північно-східна частина висунута в бік корінного виступу в районі селища Семіхатки, в її межах проявляються процеси акумуляції мулистого матеріалу, що зумовлено дуже незначною гідродинамічною активністю північно-східної частини Геніческого розширення (складова затоки Сиваш). Швидкості висунення берегової лінії в бік затоки знаходяться в межах від 0,25 до 0,5 м/рік. Польові дослідження в межах відповідної частини дельти зумовлені масовим накопиченням відкладів

зостери (камка), які виконують функцію пастки для мулистих наносів. Після проявлення значних штормових нагонів, мулиста поверхня вкривається тонким шаром піщаних відкладів, із значною домішкою ракушки.

Південно-східна частина дельти спрямована в бік центральної частини Геніческого розширення, вона характеризується широким поширенням другорядних заток, які звужуються в напрямку до вершини. Представлена форма заток сприяє підвищенню рівня водної поверхні, під час нагонів. Завдяки відповідній ситуації, в межах виділеної частини дельти проявляються уповільнені ретроградаційні тенденції в межах берегової смуги, швидкості яких знаходяться в межах від 0,15 до 0,3 м/рік. Слід значити, що незважаючи на відступання берегової смуги, вздовж всього контуру відповідної частини дельти формуються мулисті мілководдя, які мають стійку тенденцію до висунення в бік затоки. Матеріали польових досліджень вказують на прогресуюче обміління контуру дельти, на багатолітньому етапі.

Фронтальний берег дельти, за період з 2019 по 2024 рр., характеризується перманентними акумулятивними процесами та висуненням в бік акваторії Утлюцького лиману (рис. 4.7). Швидкості проградації знаходяться в межах від 0,4 до 0,6 м/рік, відповідні тенденції пояснюються відсутністю днопоглиблювальних робіт в межах порту та підхідного каналу, що призводить до загального обміління поверхні підводного схилу фронтальної дельти.



Рис. 4.7. Акумулятивні процеси та формування бар’єрної коси в межах фронтального берегу Геніческої дельти

Дослідження висотних параметрів поверхні дельти, повинен здійснюватися методом повторного нівелювання, але на даний момент це неможливо. Для вирішення поставленої задачі, було вирішено застосувати кількісний аналіз показників нормалізованого індексу рослинного покриву – NDVI (рис. 4.8). Відповідний індекс дозволяє визначити стан рослинного покриву, в контексті проективного покриття території, що дозволяє дистанційно визначити тенденції по переходу низинних озероподібних ділянок дельти, до стійких суходільних ландшафтів. Підвищення показників відповідного індексу вказують інтенсифікацію закріплення поверхні дельти, рослинними угрупованнями.

Зазначений метод експериментальний та потребує подальшого розвитку, в контексті кореляції із матеріалами польових досліджень. Слід також зазначити, що виростання відповідного методу може бути застосовано лише при аналізі супутникових знімків кількох останніх

років. Саме тому отримані нами результати та їх інтерпретація, можуть вважатися попередніми.

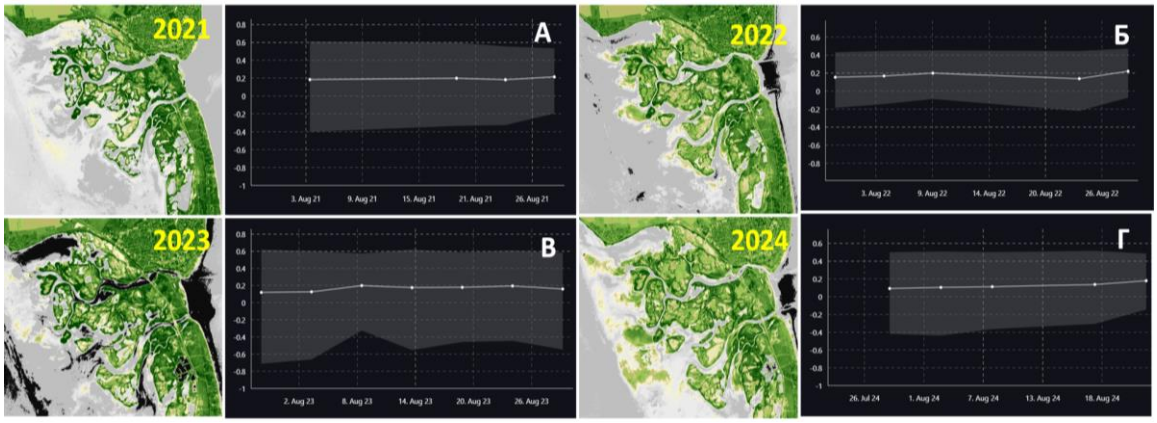


Рис. 4.8. Дослідження еволюційних тенденцій Генічеської дельти за допомогою аналізу індексу NDVI: А – стан рослинного покриву у 2021 році; Б – стан рослинного покриву у 2022 році; В – стан рослинного покриву у 2023 році; Г – стан рослинного покриву у 2024 році. Розроблено на базі онлайн-ресурсу EO Browser. Розроблено на базі онлайн ресурсу EO Browser.

Просторовий аналіз супутникових знімків поверхні Генічеської дельти із застосуванням нормалізованого індексу рослинного покриву (рис. 4.8) вказують на повільне але перманенте збільшення поверхні дельти. Звертають на себе увагу мілководдя вздовж південно-західної частини тильного боку дельти. В той же час, матеріали польових досліджень та аналізу за допомогою використання інфрачервоного діапазону, вказують, що відповідні райони суходолом не являються. Відповідно високі показники індексу NDVI, в межах відповідних мілководь, представляють собою показники плівки водоростей, які активно розвиваються на ділянках підводного схилу де проявляються активні акумулятивні процеси.

В той же час аналіз показників індексу NDVI в межах суходільних ділянок, вказують на стійке підвищення щільності рослинного покриву. Відповідна ситуація можлива в умовах стійкого підвищення поверхні

дельти та формування стійкого та щільного рослинного покриву, що свідчить про перманентне здіймання поверхні дельти, за рахунок накопичення мулистих та піщаних відкладів, а також відмерлих рослинних залишків.

Графічний аналіз показників індексу NDVI (рис. 4.8) вказує на стабільний тренд в районі показника 0,2 з невеличким підвищенням у 2024 році. Відповідні показники відповідають щільній луговій рослинності. Просторове збільшення поверхонь з показниками індексу понад в діапазоні 0,05 - 0,2, пояснюється зменшенням глибини на мілководдях та підвищенням концентрації рослинного покриву в межах суходолу.

Відповідно, для поверхні Генічеської дельти, характерні стійкі еволюційні тенденції до збільшення її площі, зменшення глибини в межах навколишніх мілководдів та загального підвищення висоти її поверхні. Динамічність еволюції дельти залежить насамперед від інтенсифікації гідродинамічної активності Азовського моря та затоки Сиваш.

ВИСНОВКИ

За результатами проведеного дослідження ми дійшли до наступних висновків:

1. Дельти протоки представляють собою специфічні берегові акумулятивні форми, які виникають та розвиваються на ділянках функціонування специфічних проток у межах бар'єрних систем. У морфологічному аспекті дельти проток складається з трьох основних елементів: русло протоки та два мілководдя розташованих з протилежних боків. Русло протока представляє собою центральний елемент дельти, який має вигляд негативної форми рельєфу, що сполучає між собою дві прилеглі водойми. З боку відкритої водойми, що примикає до русла протоки формується дельта відливу (в межах припливних проток) або фронтальна дельта (в межах не припливних проток), які представляють собою ефемерні утворення, що зникають після припинення функціонування протоки.

2. Генічеська дельта представляє собою специфічне берегове утворення, що розташовано у західній частині Азовського моря, в районі між тілом акумулятивної форми Арабатської Стрілки до корінним Генічеським виступом. Досліджувана дельта сформована та розвивається навколо двох проток - Тонкої (Генічеської) та Промоїни (Протоки), які з'єднують між собою Утлюцький лиман та затоку Сиваш. Генезис дельти зумовлений взаємодією компенсаційних течій у межах проток, із хвильовими процесами мілководдя та короткочасними коливаннями рівня моря. Дельта представляє собою земноводний природний об'єкт, в межах якого виділяється система проток, рукавів, озер та островів, що періодично затоплюються під час штормових нагонів. Висота поверхні дельти здіймається на 0,3–0,5 м над середнім рівнем Азовського моря. Літологічно дельта складена глинистими, мулистими, піщаними та

черепашковими відкладами, а тектонічно розташована в межах Північно-Азовського розлому.

3. Під час підготовки кваліфікаційної роботи використовувався комплексний підхід, який включав в себе матеріали багатолітніх польових досліджень та аналізу супутникових даних досліджуваної території. Автор безпосередньо організовував та брав участь, у польових дослідженнях в межах дельти, в період з 2004 по 2022 рр. За період польових досліджень насамперед акцентувалась увага на глибинах в межах проток та їх рукавів, також за допомогою ручного GPS приймача, здійснювалась місце розташування ключових точок вздовж тильного боку дельти, які були орієнтирами динамічних тенденцій берегової смуги.

Починаючи з лютого 2022 року проводились систематичні дослідження, спрямовані на вивчення стану навколишнього середовища в межах Геніческої дельти. Дистанційні дослідження здійснювались завдяки аналізу супутникових даних з використанням певних діапазонів та індексів. Використання інфрачервоного діапазону SWIR дозволило провести чітку межу між водною поверхню та ділянками суходолу, завдяки чому здійснювалась фіксація положення берегової смуги дельти, як в межах фронтальної та і тильної частинах, на багатолітньому етапі. Після фіксації здійснювався просторовий та кількісний аналіз місцерозташування берегових смуг, матеріали аналізу порівнювалися з даними польових спостережень.

Для визначення змін в межах поверхні дельти застосувався кількісний аналіз показників нормалізованого індексу рослинного покриву, що дозволяло визначити стан рослинного покриву, розрахувати проективне покриття території та з’ясувати тенденції по переходу низинних озероподібних ділянок дельти, до стійких суходільних ландшафтів.

4. Еволюційні тенденції Геніческої дельти визначалися за двома напрямками: еволюційні зміни проток та еволюційні зміни поверхні.

Отримані параметри довжини та глибини проток, свідчать про їх повільне але перманентне обміління, а також поступове видовження, за рахунок формування улоговин стоку в межах прилеглих до дельти мілководь. Відповідні тенденції зумовлені відсутністю днопоглиблювальних робіт в районі Генічеського порту, що призвело повернення проток до природного напрямку еволюції.

Для визначення еволюційних тенденцій поверхні дельти здійснювався аналіз показників індексу NDVI, що дозволило визначити стан рослинного покриву, як індикатору просторових та топографічних змін. За результатами аналізу було визначено стійке та прогресуюче підвищення щільності рослинного покриву, що є свідченням перманентного здіймання и висування поверхні дельти в бік затоки Сиваш, за рахунок накопичення мулистих та піщаних відкладів, а також відмерлих рослинних залишків.

Відповідно, для поверхні Генічеської дельти, характерні стійкі еволюційні тенденції до збільшення її площі, зменшення глибини в межах навколишніх мілководдів та загального підвищення висоти її поверхні. Динамічність еволюції дельти залежить насамперед від інтенсифікації гідродинамічної активності Азовського моря та затоки Сиваш.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Buynevich, I.V., Davydov, O.V., FitzGerald, D.M. Coastal Inlet Analysis by Image Color Intensity Variations: Implications for the Barrier Coast of Ukraine // Journal Maine Science and Engineering. 2025, 13, p. 55-72. https://doi.org/10.3390/jmse13010072
2. Davydov O., Buynevich I. Morphological diversity of non-tidal inlet (prorva) channels // 15-oji nacionalinė jūros mokslų ir technologijų konferencija Jūros ir krantų tyrimai 2023: konferencijos medžiaga: 2023 balandžio 19-21 d., Nida. Klaipėda: Klaipėdos universitetas. 2023, p. 41-44. ISSN 2669-2147
3. Davydov O., Karaliūnas V. Genetic diversity of inlet systems along non-tidal coasts: examples from the Black Sea and Sea of Azov (Ukraine) // Baltica, 2022. 35 (2). p. 125-139 https://doi.org/10.5200/baltica.2022.2.3
4. Davydov O., Buynevich I. Morphometry of non-tidal inlet (prorva) channels: Tendra-Dzharylgach barrier system, Black Sea Coast, Ukraine // Estuarine, Coastal and Shelf Science. 2024. 309. p. 42 – 61. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108962
5. FitzGerald D. M., Buynevich I. V. Tidal Inlets. In: Finkl C., Makowski C. (eds) Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_316-2
6. McBride, R. A., et al. (Eds.). Morphodynamics of Barrier Systems: A Synthesis. Treatise of Geomorphology, 2013. vol. 10, Academic press, San Diego, 168 pp.
7. Аксенов А. А. Морфология и динамика северного берега Азовского моря // Труды ГОИНа. – 1955. – Вып. 29 (41). – С. 107 – 143.
8. Байрак Г., Методи геоморфологічних досліджень: навч. посібник. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2018. – 292 с.
9. Бровко М. О., Давидов О. В. Роль і значення тектонічних процесів у

просторовому розташуванні і походженні кіс «азовського типу» // Матеріали І Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Науково-дослідна робота молодих учених: стан, проблеми, перспективи». – Херсон: ХДУ, 2012. – С. 186-190.

10. Варущенко С. И., Сафьянов Г. А. Структурно-геоморфологический анализ Арабатской стрелки на Крымском полуострове // Известия Харьковского отделения Географического общества Украины. — 1974. — №XI. – С. 46 – 60.
11. Виноградов А. К. Подходные каналы и их значение в функционировании экосистем акваторий морских портов // Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання природних ресурсів. – 2012. – 26 (1).- С. 34 – 47.
12. Воровка В. П. Історія двох проток // Мелітопольський краєзнавчий журнал. – 2016. – № 7. – С. 85–88
13. Воровка В.П. Особливості гідрологічного зв’язку Сивашу з Азовським морем // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія. – 2013. – Т. 2 (29). – С. 84 – 89.
14. Гаркаленко И. А. О глубинных разломах юга и юго-востока Украины // Геологический журнал. – 1970. – Т. 30, Вып. 3. – С. 3-14.
15. Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1: Азовское море / Ю.П. Ильин, В.В. Фомин, Н.Н. Дьяков, С.Б. Горбач; МЧС и НАН Украины, Морское отделение Украинского научно-исследовательского гидрометеорологического института. - Севастополь, 2009. – 400 с.
16. Давидов О.В. Аналіз тектонічної зумовленості геоморфологічних умов берегової зони Херсонської області // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Географічні науки. – 2017. – Вип. 6. – с. 134 – 140.
17. Давидов О.В., Роскос О.М. Голоценові історія та генезис Арабатської стрілки // Актуальні екологічні проблеми Півдня України.

Зб.наук.праць. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – Вип. 2. – с. 45-55

18. Давидов О.В., Бровко М.О. Особливості тектонічної будови північного і північно-західного узбережжя Азовського моря // Науковий вісник молодих учених ХДУ. – Херсон: ХДУ, 2011. – С. 214-220.
19. Давидов О.В., Роскос Н.О., Роскос О.М. Природні умови виникнення штормових нагонів у районі Генічеської дельти // Вісник ОНУ. – 2019. – Т. 24. - Вип. 2 (35). – С. 40-51
20. Давидов О.В., Роскос О.М. Огляд природних умов Арабатської Стрілки // Екологічні та географічні проблеми Півдня України. Збірка наукових праць кафедри екології та географії. – Херсон: ПП Вишемирський. – 2011. – С. 44 – 56.
21. Давидов О.В., Роскос О.М. Особливості проведення берегозахисних робіт на берегах що розвиваються в умовах домінування штормових нагонів. – Теоретические и прикладные проблемы современной географии. Материалы международной научной конференции, памяти академика Г.И. Швебса. – Одесса: Изд-во ВМВ, 2009. – С. 59-61
22. Давидов О.В., Роскос, О. М., Гуляєв, А. Ю. Про дослідження морфологічних умов берегової зони Утлюцького лиману в межах міста Генічеська // Науковий вісник Херсонського державного університету, Серія географічні науки, 2022. – Вип. 16. – С. 17 – 31 https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2022-16-2
23. Давидов О.В., Черняков Д.О. Генетичні типи прорв в межах берегових систем Чорного та Азовського морів // Теорія і практика берегознавства та природокористування : Зб. матер. міжнар. конф. (Одеса, 30-31 травня 2022 р.) / Ред. колегія. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2022. – С. 22 - 25.
24. Давыдов А.В. Влияние разломов в земной коре на расположение аккумулятивных форм в пределах северного и северо-западного

побережья Азовского моря // Регіональні проблеми України: Географічний аналіз та пошук шляхів вирішення. Збірник наукових праць. – 2011. – С. 99-110.

25. Доценко С.Ф. Природные катастрофы Азово-Черноморского региона / С.Ф. Доценко, В.А. Иванов // Севастополь, ЭКОСИ-Гидрофизика, 2010. - 174 с.
26. Дьяков Н.Н. Синоптические условия возникновения аномальных колебаний уровня Азовского моря / Н.Н. Дьяков, В.В. Фомин // Труды УкрНИГМИ, 2002. – С. 332 – 341.
27. Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т. II (Северо-западная часть). - Москва: АН СССР, 1960. - 216 с.
28. Зенкович В.П. Берега Черного и Азовского морей. – Москва: Георгафгиз, 1958. – 316с.
29. Зенкович В.П. Основы учения о развитии морских берегов. – Москва: АН СССР, 1962. – 710 с.
30. Климатический атлас Азовского моря 2006 (Climatic Atlas of the Sea of Azov 2006). Сайт NOAA «National Oceanographic Data Center (NODC)». [Электронныйресурс]. http://www.nodc.noaa.gov/OC5/AZOV2006/start.html
31. Кліматичний Кадастр України Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія. [Електронна версія] http://www.cgo.kiev.ua/index.php?dv=pos-klim-kadastr
32. Мамыкина В.А. Береговая зона Азовского моря / В.А. Мамыкина, Ю.П. Хрусталев. – Р/Д: РГУ. – 1980. – 174 с.
33. Морская геоморфология: Терминологический справочник. Береговая зона: процессы, понятия, определения / науч.ред. В.П.Зенкович, Б.А.Попов. – Москва: Мысль, 1980. – 280 с.
34. Палієнко В.П. Сучасна динаміка рельєфу України / В.П. Палієнко, А.В. Матошко, М.Є. Барщевський, Р.О. Спиця, Б.О. Вахрушев, С.В. Жилкін, Г.В. Кучма, Е.Т. Палієнко, Г.В. Романенко, Г.І. Рудько, Л.Ю.

Чебаторьова, Ю.Д. Шуйський. – К.:Наукова думка, 2005. – 268 с.

35. Північно-Західне Приазов'я: геологія, геоморфологія, геолого-геоморфологічні процеси, геоекологічний стан: монографія / Л.М. Даценко, В.В. Молодиченко, О.В. Непша та ін.; відп. ред. Л.М. Даценко. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. – 308 с.
36. Рельєф України. Навчальний посібник / Б.О.Вахрушев, І.П.Ковальчук, О.О.Комлєв, Я.С.Кравчук, Е.Т.Палієнко, Г.І.Рудько, В.В.Стецюк; [За загальною редакцією В.В.Стецюка]. – К.: Видавничий дім «Слово», 2010. – 688 с.
37. Роскос А.Н., Давыдов А.В. Современное антропогенное воздействие на состояние Арабатской Стрелки. – Молоді науковці – географічній науці / під ред.. проф.. Я.Б. Олійника. – К.: Обрії, 2008. – Вип.. IV. – С. 146-149.
38. Шнюков Е.Ф. Геология Азовского моря / Е.Ф. Шнюков, Г.Н. Орловский, В.П. Усенко, А.В. Григорьев. – К.: Наукова думка, 1974. – 248 с.
39. Шуйский Ю. Д. Природа Арабатской Стрелки на западном побережье Азовского моря // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, 2007. - № 4. – С. 22 – 33.
40. Шуйський Ю.Д., Вихованець Г.В. Вплив антропогенного фактору на піщані коси в береговій зоні морів // Укр.. географ. Журнал. – 1995. - №4. – С. 32-34.
41. Шустов Б.С. Восточный Сиваш и его берега // Ученые записки МГУ. – 1938. – № 19.
42. Electronic online service Google Earth (https://earth.google.com/web);
43. Electronic online service EO Browser (https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/);
44. Electronic online service Land Viewer (https://eos.com/landviewer/);

45. Electronic online service Copernicus Browser (https://browser.dataspace.copernicus.eu/);
46. Electronic online service USGS Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov/).