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

ДИНАМІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АБРАЗІЙНОГО БЕРЕГА В РАЙОНІ СЕЛИЩА ПРИМОРСЬКЕ (ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ АНАЛІЗУ СУПУТНИКОВИХ ДАНИХ)

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»
Мельниченко Андрій Вікторович
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. Поняття про абразійні береги та особливості їх розвитку…… 7

1.1. Визначення поняття абразійний берег…… 7

1.2. Понятійний апарат з теми дослідження …….. 9

1.3. Особливості еволюційних тенденцій абразійних берегів..…… 11

Розділ 2. Просторове розташування та природні умови району дослідження……..…… 14

2.1. Просторове розташування…… ….……. 14

2.2. Геолого-геоморфологічні умови…….……. 16

2.3. Гідрометеорологічні умови……. 19

2.4. Антропогенна трансформація берегу……... 21

Розділ 3. Методика проведеного дослідження..…… 25

3.1. Джерела інформації для аналізу супутникових даних…… 25

3.2. Алгоритм проведеного дослідження……..…….. 27

Розділ 4. Результати проведеного дослідження……. 31

4.1. Кількісні параметри динамічних змін в межах досліджуваної абразійної ділянки берегу……. 31

4.2. Інтерпретація результатів дистанційного дослідження…..…… 35

4.3. Можливі сценарії подальшої еволюції досліджуваного берегу…. 36

Висновки……... 39

Список використаних джерел…….. 42

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження динамічних змін абразійного узбережжя є важливою проблемою сучасної науки, оскільки вони мають значний вплив на природне середовище, господарську діяльність та інфраструктуру прибережних територій. Абразійні процеси є одним із головних чинників формування берегової зони, а їх інтенсивність суттєво залежить від природних та антропогенних факторів. Враховуючи актуальність питання та необхідність розробки ефективних заходів із запобігання руйнуванню узбережжя, дослідження динаміки берегової лінії набуває особливого значення.

В межах корінної ділянки берегової системи Тендра-Джарилгач, проявляються не контрольовані абразійні процеси, які завдають шкоди унікальним природним комплексам та прибережним антропогенним інфраструктурам. Розташування антропогенних споруд на узбережжі, суттєво змінює баланс наносів та впливає на посилення абразійних процесів, що вказує на актуальність теми та потребують подальших досліджень та моніторингу.

Мета роботи - за допомогою аналізу супутникових даних, визначити динамічні тенденції та запропонувати можливі сценарії подальшого розвитку абразійного берегу в районі селища Приморське.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні ***задачі***:

1. проаналізувати особливості абразійних берегів та характер формування абразійних форм рельєфу;
2. описати природні умови абразійної ділянки берегу, як складової частини берегової системи Тендра-Джарилгач;
3. описати методичні основи проведеного дослідження;

4. визначити кількісні параметри динаміки абразійного берега в районі селища Приморське;

5. розглянути можливі сценарії розвитку досліджуваного абразійного берега.

Об'єктом дослідження є абразійний берег Каркінітської затоки, в районі селища Приморське, що входить до складу берегової системи Тендра-Джарилгач.

Предметом дослідження є динамічні особливості та можливі сценарії розвитку природного абразійного берега Каркінітської затоки в районі селища Приморське.

При підготовці кваліфікаційної роботи використовувалися наступні ***методи дослідження***:

- *Метод аналізу літературних джерел* – використовувався для визначення природних особливостей абразійних берегів в цілому та абразійного берегу в межах берегової системи Тендра – Джарилгач локально.
- *Метод аналізу супутникових даних* – був використаний при вивченні та аналізу супутникових знімків та супутникових даних для визначення динамічних тенденцій досліджуваного абразійного берега.
- *Метод статистичного аналізу* – застосовувався для обробки даних матеріалів з динаміки абразійного берегу.
- *Метод картографічного аналізу* – проводився для визначення просторових характеристик динаміки абразійного берега.

Наукова новизна кваліфікаційної роботи. Вперше проведено аналіз динамічних тенденцій природного абразійного берегу Каркінітської затоки, Чорного моря, в межах селища Приморське за допомогою аналізу супутникових даних. За результатами визначення динамічних тенденцій був

розроблений та запропонований сценарій розвитку досліджуваного абразійного берегу в недалекому майбутньому.

Практичне значення матеріалів кваліфікаційної роботи. Матеріали дослідження можуть бути використанні при обґрунтування певних видів берегозахисту, в межах досліджуваного абразійного берега та берегової системи Тендра – Джарилгач в цілому.

Апробація результатів дослідження:

1. Основні положення, актуальність та результати проведеного дослідження були представлені та обговорені в межах серії практичних семінарів з берегознавства (2024), а також під час науково-практичних семінарів з наук про Землю та берегознавства (2025). Особливу увагу було приділено методиці пошуку та обробки супутникових знімків із використанням сучасних ГІС-технологій.

2. Відповідно до тематики кваліфікаційної роботи була підготовлена до друку та подана на публікацію наукова стаття на тему: «Аналіз динаміки абразії корінного узбережжя між Тендрою та Джарилгачем у контексті природних змін і техногенного втручання».

Структура роботи. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка. Робота складається з шести складових частин:

У вступі наведена актуальність роботи, визначена мета та задачі роботи, представлені об’єкт та предмет дослідження, наведені головні методи дослідження, визначена наукова новизна та практичне значення, описана анотація змісту роботи.

У *розділі 1*, представлені матеріали щодо абразійних процесів, абразійних форм рельєфу в межах берегової зони.

У *розділі 2,* висвітлюються природні особливості складного абразійного берегу Каркінітської затоки в межах селища Приморське, описані геолого-геоморфологічні та гідрометеорологічні умови розвитку берегу.

У розділі 3, наведені матеріали з методики проведеного дослідження, визначені джерела супутникових даних та запропоновані методи їх аналізу.

У *розділі 4,* наводяться матеріали дистанційних досліджень, спрямованих на визначення еволюційних тенденцій абразійного берегу Каркінітської затоки в межах селища Приморське.

Висновки. Представлені узагальнені результати дослідження та запропоновані сценарії подальшого розвитку досліджуваного берегу.

Список використаних джерел. В роботі представлено 50 ресурсів, які включають як літературні так електронні джерела.

РОЗДІЛ 1.
ПОНЯТТЯ ПРО АБРАЗІЙНІ БЕРЕГИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇХ РОЗВИТКУ

1.1. Визначення поняття абразійний берег

Абразійні береги формуються в межах берегової зони внаслідок проявлення процесів механічної, хімічної та термічної абразії, в умовах здіймання рівня моря та функціонування короткочасних коливань рівня моря гравітаційної та метеорологічної природи [5, 9, 19]. Абразійні береги, в залежності від співвідношення природних факторів розвитку та умов геологічного середовища, характеризуються певним різноманіттям [9, 19, 37].

В результаті проявлення абразійних процесів, в межах берегової зони формуються специфічні форми берегового рельєфу, серед яких насамперед виділяються кліфи та бенчі (рис. 1.1.).



Рис. 1.1. Абразійні форми рельєфу в береговій зоні: А - кліф; Б – бенч (фото Давидова О.)

Кліфи представляють собою берегові обриви, які формуються внаслідок руйнування гірських порід суходолу, що призводить до

ретроградації берегової лінії в напрямку суходолу [5, 7, 29, 36]. Висота кліфів характеризується значним різноманіттям та залежить від геологічних та морфологічних особливостей прибережного суходолу, а також від інтенсивності хвильового впливу. Параметри висоти змінюються від кількох десятків см, до кількох сотень метрів.

Бенчі розташовані в межах підводної частини берегової зони, вони представляють собою майже горизонтальні поверхні, які формуються внаслідок руйнування гірських порід підводного схилу, що призводить до його поглиблення [5, 7, 29, 36]. На відміну від кліфів, бенчі характеризується шириною, яка також має істотну різноманітність та знаходиться в залежності від геологічних та морфологічних особливостей підводного схилу. Параметри ширини бенчів змінюються від кількох метрів, до кількох сотень метрів.



Рис. 1.2. Абразійні форми рельєфу в береговій зоні: кліф; бенч (фото Давидова О.)

В межах узбережжя абразійних берегів, можуть зустрічатися абразійні тераси(рис. 1.2.)., підводного та надводного характеру, які формуються внаслідок абразійних процесів, але послідуючого здіймання або зниження прибережних територій [5, 7, 29, 36].

Процеси абразії істотно впливають на характер господарського використання прибережних територій, оскільки саме вони сприяють руйнуванню прибережної інфраструктури різного функціонального значення.

1.2. Понятійний апарат з теми дослідження

Під час підготовки представленої кваліфікаційної роботи, були оброблені певні фахові довідникові джерела які дозволили сформувати понятійний апарат з теми дослідження. До складу понятійного апарату увійшли фахові географічні терміни, які пояснюють специфічні риси абразійних берегів.

Абразія — це процес руйнування твердих монолітних гірських порід під впливом енергії морських хвиль, насичених дрібними уламками гірських порід. Відповідний процес призводить до ретроградації берегової лінії та поглиблення підводного схилу [19, 20, 29].

Абразійна платформа — представляє собою похилу поверхню в районі зрізу, яка формується внаслідок активного відступання надводної частини, але дуже повільного поглиблення підводної. Відповідні утворення можуть слугувати індикаторами рівня моря в минулому [5, 20, 29].

Бенч — це підводна абразійна поверхня, яка сформувалася в результаті відступання кліфів та послідуючого поглиблення підводного схилу в межах берегової зони [19, 20, 29].

Кліфи — це типова форма берегового абразійного рельєфу, що розташована вище зрізу та формується внаслідок хвильового підрізання поверхні суходолу. Зовні представляє собою береговий обрив різної висоти [19, 20, 29].

Пересип — це замикаюча берегова акумулятивна берегова форма, яка повністю або частково відокремлює від акваторії моря різноманітні водойми [7, 29].

Підводний вал – це акумулятивна форма рельєфу, що розташована на поверхні підводного схилу та має вигляд валоподібного підняття, витягнутого паралельно береговій смузі [19, 20, 29].

Проградація – це процес висування акумулятивного берегу в бік морської акваторії, що призводить до збільшення площі суходолу [5, 7].

Прорва – це ефемерна протока, що виникає та певний період часу функціонує в межах берегових акумулятивних форм, з'єднуючи між собою акваторії відкритого моря та другорядні водойми (лагуни, затоки, естуарії тощо) [7, 19, 29].

Ретроградація – це процеси перманентного пересування берегової лінії, в межах абразійного або акумулятивного берегу, в напрямку суходолу [19, 20, 29].

Транспорт наносів — представляє собою процес перенесення прибережно-морських наносів вздовж та поперек берегової зони, що здійснюється під впливом хвиль та прибережних течій [5, 7, 29].

Хвильоприбійна ніша — це абразійна форма мікрорельєфу, що представляє собою заглиблення біля підніжжя вертикальної стінки кліфу, що утворюється під час хвильового підрізання [19, 20, 29].

Опанування понятійного апарату та акцентоване його використання, дозволяє точніше розуміти процеси, що відбуваються в межах

досліджуваних об’єктів та описувати процеси, явища та форми, науковою мовою.

1.3. Особливості еволюційних тенденцій абразійних берегів

Еволюція абразійних берегів є складним процесом, який залежить від ряду природних та антропогенних факторів [10, 11]. Геологічна будова берегової зони визначає стійкість порід до впливу деструктивних процесів, чим міцніші гірські породи, тим повільніше відбувається їх руйнування та відступання берегової смуги. Магматичні, метаморфічні та деякі осадові породи, демонструють високу стійкість до абразії, в той же час осадові породи представлені глинами, лесами або багатолітньо-мерзлотними породами, характеризуються швидкими темпами руйнування [12, 24].

Хвильова енергія є основною рушійною силою абразійного процесу. Високі хвилі, що виникають під час штормів, сприяють інтенсивному руйнуванню берегів, що може призводити до швидкого відступання берегової лінії. Антропогенний вплив також відіграє важливу роль у зміні берегової лінії. Незаконне будівництво, видобуток піску з прибережних зон, а також недбале ставлення до берегозахисних споруд призводять до посилення абразійних процесів на багатьох ділянках узбережжя [9, 12].

Кліматичні зміни, зокрема підвищення рівня моря та зміна вітрового режиму, також впливають на еволюцію абразійних берегів [1, 6]. Підвищення рівня моря призводить до того, що хвилі досягають більш високих ділянок берега, сприяючи його руйнуванню. Зміна вітрових умов може призвести до збільшення частоти та інтенсивності штормів, що посилює абразійні процеси [12].

Еволюційні зміни абразійних берегів мають сезонний та багаторічний характер. Взимку абразія посилюється через підвищену штормову

активність та зміни рівня моря, тоді як влітку процеси абразії дещо сповільнюються через менш активні гідрометеорологічні умови. У довгостроковій перспективі кліматичні зміни призводять до прискорення абразійних процесів, що ставить під загрозу стабільність багатьох прибережних територій [3, 27].

Також варто зазначити, що розвиток абразійних берегів може бути нерівномірним. На окремих ділянках може спостерігатися інтенсивне руйнування, тоді як інші залишаються відносно стабільними. Це залежить від локальних умов, таких як геологічна будова, наявність захисної рослинності або інженерних споруд [31, 35].

Для зменшення негативних наслідків абразії застосовуються різні інженерні заходи, такі як будівництво хвилерізів, бун, зміцнення берегів габіонами або бетонними конструкціями. Однак такі заходи повинні бути ретельно сплановані, щоб не порушувати природний баланс і не спричиняти посилення абразійних процесів на сусідніх ділянках. Інколи більш ефективними можуть бути біоінженерні методи, які включають висадку спеціальних видів рослин, здатних зміцнювати ґрунт і зменшувати ерозію [5, 12].

Абразійні береги є важливими елементами прибережних територій, які характеризуються динамічністю та складністю геологічних процесів. Процес абразії відіграє значну роль у формуванні берегової лінії, створенні специфічних форм рельєфу та впливає на екосистеми узбережжя [10, 28].

Розуміння понятійного апарату та особливостей проявлення абразійних процесів дозволяє точніше прогнозувати зміни берегової лінії та розробляти ефективні заходи з її захисту. Враховуючи вплив природних та антропогенних факторів, необхідно проводити постійний моніторинг стану абразійних берегів, особливо в умовах кліматичних змін [12].

Застосування комплексних підходів до управління прибережними зонами, включаючи інженерні, екологічні та соціальні аспекти, є необхідним для забезпечення стійкого розвитку регіонів, де присутні абразійні береги. Це дозволить зберегти природні ландшафти, біорізноманіття та забезпечити безпеку населення та інфраструктури [9, 12, 24].

РОЗДІЛ 2.
ПРОСТОРОВЕ РОЗТАШУВАННЯ ТА ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Просторове розташування та структурні складові

Досліджувана нами корінна ділянка берегу в межах селища Приморське, у просторовому відношенню належить до берегової системи Тендра-Джарилгач, де посідає центральне місце [4, 14, 17]. Зазначена система розташована в межах північно-західної частини Чорного моря, в регіоні Каркінітської затоки. Загальна довжина системи ≈ 140 км, з яких ≈ 25 км приходиться на складну корінну ділянку, в межах якої знаходиться селище Приморське (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Просторове розташування досліджуваної ділянки берегу: А – в межах північно-західної частини Чорного моря; Б – в межах берегової системи Тендра - Джарилгач; В – зовнішній вигляд складного абразійного берега. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

Досліджувана абразійна ділянка берегу, представляє собою центральну складову системи, оточену з двох боків косами Тендра та Джарилгач. В межах відповідної ділянки до берегу, у вигляді берегових абразійних форм, виходять корінні породи, представлені глинами та лесовими суглинками [16, відповідний берег є складним, тому що в його межах виділяється 18 км абразійних ділянок, а ≈ 7 км - акумулятивних. Акумулятивні ділянки представлені пересипами озер Лазурненське, Устричне та Кефальне.

Природними межами складного абразійного беру прийнято вважати дві ефемерні протоки або прорви: на заході Потієвську (прикоренева частина коси Тендра) та на сході Лазурненську (прикоренева частина коси Джарилгач) (рис.2.2) [2, 17, 22, 33]. З півдня досліджуваний абразійний берег омивається водами Каркінітської затоки.



Рис. 2.2. Просторове розташування досліджуваної ділянки берегу між Потієвською та Лазурненськими прорвами. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Google Earth.

В межах відповідного абразійного берегу знаходиться три селища Залізний Порт, Приморське та Лазурне (перелічені із заходу на схід), які представляють собою важливі рекреаційні центри Херсонської області. Саме тому абразійні процеси в межах відповідної ділянки не лише руйнують берег, вони істотно знижують рекреаційний потенціал області.

2.2. Геолого-геоморфологічні умови

Геологічна будова в межах абразійної ділянки, а також акумулятивних форм Тендра та Джарилгач, визначає стійкість та динамічність берегової зони [13]. В межах кос, домінують піски, морського і алювіального генезису [15, 26, 32]. Піщані відклади розрізняються за механічним та мінералогічним складом. В межах корінної ділянки панують глинисті та суглинисті відклади (рис. 2.3).

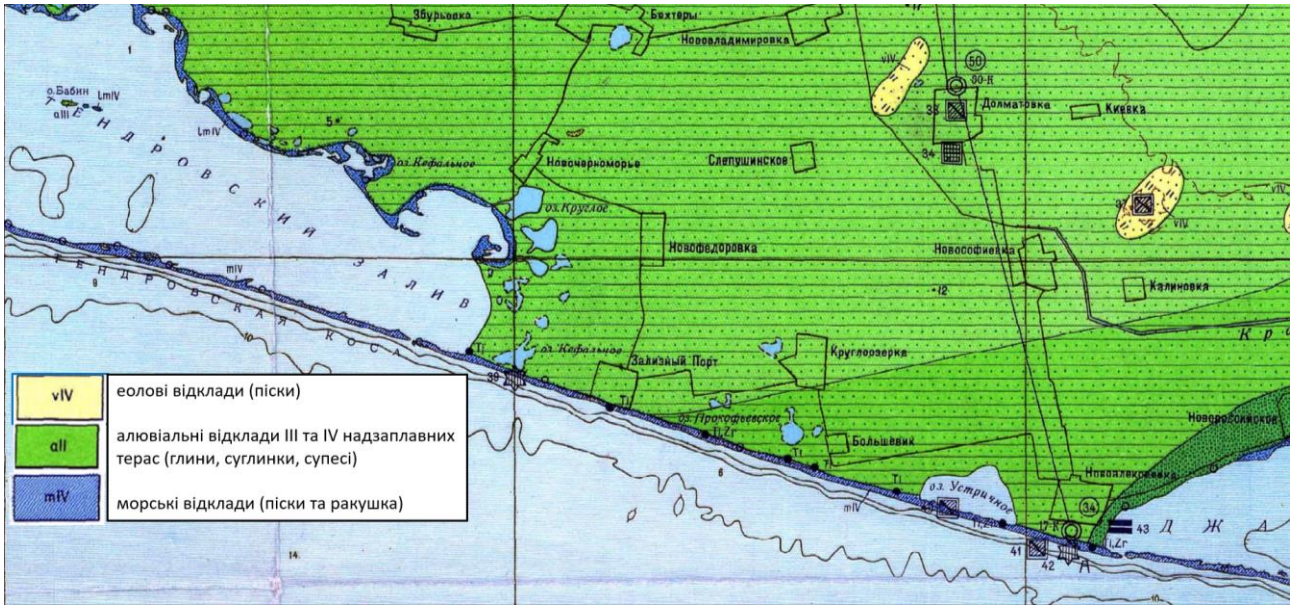


Рис. 2.3. Геологічна будова району центральної частини берегової системи Тендра - Джарилгач. Розроблено на базі геологічної карти: Четвертинні відклади. Серія Причорноморська. L–36–XVII.

Геологічна будова корінного берега від Залізного Порту до Лазурного зумовлює активну абразію, внаслідок чого вздовж берегу формуються абразійні форми рельєфу з висотою від кількох сантиметрів до кількох метрів. Згідно з літературними джерелами [22, 42], до будівництва берегозахисних комплексів, в межах Залізного Порту висота обривів сягала 5 метрів.

Представлені морфологічні параметри берегових форм зумовлені структурними особливостями узбережжя. В межах прибережних територій

розташовані чотири позитивні плікативні дислокації (брахіоантиклінальні складки) [17]. Відповідні структури, у рельєфі виражені у вигляді невисоких прибережних плато: Залізнопортовське, Приморське, Східно-Лазурненське, Західно-Лазурненське (рис. 2.4) [17, 30, 31]. Представлені форми розділені чотирма негативними дислокаціями (брахіосинклінальними складками), в межах яких розташовані улоговини озер: Лазурненське, Устричне, Кефальне

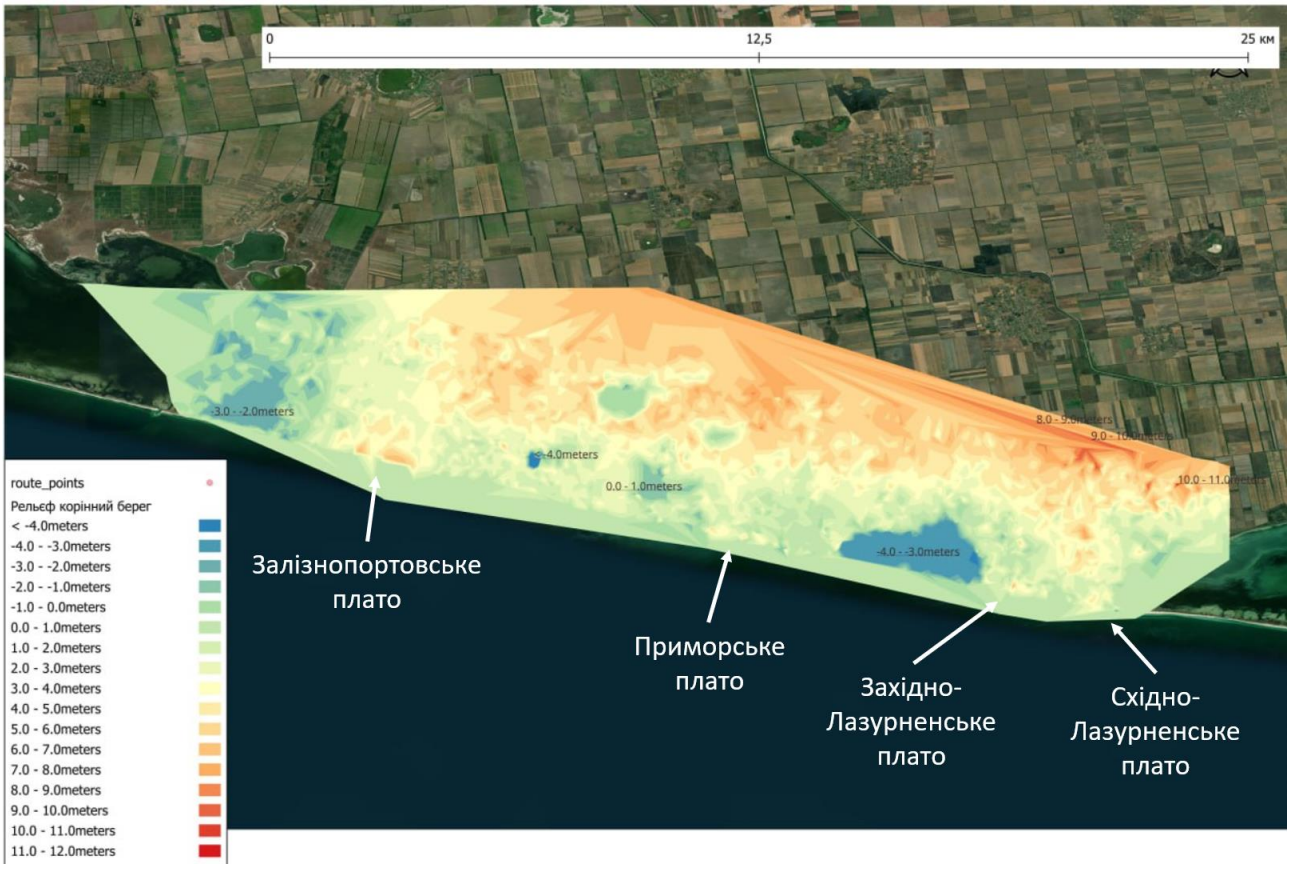


Рис. 2.4. Орографічна будова центральної корінної ділянки берегової системи Тендра-Джарилгач [17].

Окрім абразійних ділянок берегу, досліджувана територія характеризується наявністю лагунних озер із пересипами, складеними піщаними породами. Відповідні утворення формуються за рахунок хвильоприбійних процесів, які постійно змінюють їхню форму [23].

*Озеро Кефальне***.** Цей об'єкт є прикладом лагунного озера, що утворилося на місці колишніх проток Дніпра. Воно демонструє типову для регіону зміну рівня води внаслідок штормових нагонів, найбільш помітних у 2007 році, коли рівень піднявся настільки, що озеро заповнилося водою до глибини 1 метра. Через відсутність постійного водного зв’язку з іншими водоймами, озеро часто пересихає, а його поверхня покривається сіллю [18].

Озеро Устричне. Це озеро також має лагунне походження і є більшим за Кефальне. У XIX столітті в нього впадала невелика річка, проте внаслідок інтенсивного розорювання території та змін клімату річка зникла. Озеро постраждало від антропогенних змін, включаючи часткове замулення [41].

Лазурненське озеро. Розташоване в центрі селища Лазурне, раніше періодично заповнюється під час штормів, а зараз лише під час дощів (після будівництво набережної в цій місцевості зник зв'язок між озером та морем [14].

Розташовані симетрично до корінної ділянки коси – Тендра та Джарилгач, складені з морських пісків та уламків ракушки, висота поверхонь кос незначні, максимальні не перевищують 3 м, при пересічній до 1 м [14, 15, 23]. Зазначені параметри вказують на те, що коси дуже вразливі до впливу штормових хвиль та підйому рівня моря, що сприяє їх періодичному розмиву.

Проаналізувавши геологічні умови, можна зробити висновок, що берегова зона системі Тендра-Джарилгач є динамічною та вразливою до зовнішніх впливів. Зміни клімату, підвищення рівня моря та антропогенний вплив сприяють активізації динамічних процесів, що істотно впливає на стан берегової зони.

2.3. Гідрометеорологічні умови

Гідрометеорологічні умови регіону відіграють вирішальну роль у формуванні та розвитку берегів всієї системи Тендра-Джарилгач. Основними кліматичними факторами, що впливають на формування хвильового режиму та динаміку берегової лінії, є вітровий режим.

У зимовий період над регіоном Каркінітської затоки переважають вітри з північного сходу, сходу та півночі, відповідні вітри не сприяють формуванню активного хвилювання, а тому найбільш активні абразійні процеси проявляються під час проривів вітрів південного та південно-західного напрямку (рис. 2.5.). Саме під час вітрів зазначеного напрямку відбувається найбільш інтенсивне руйнування берегу, особливо в межах корінної ділянки в районі селища Приморське [14, 17, 33, 38, 44].

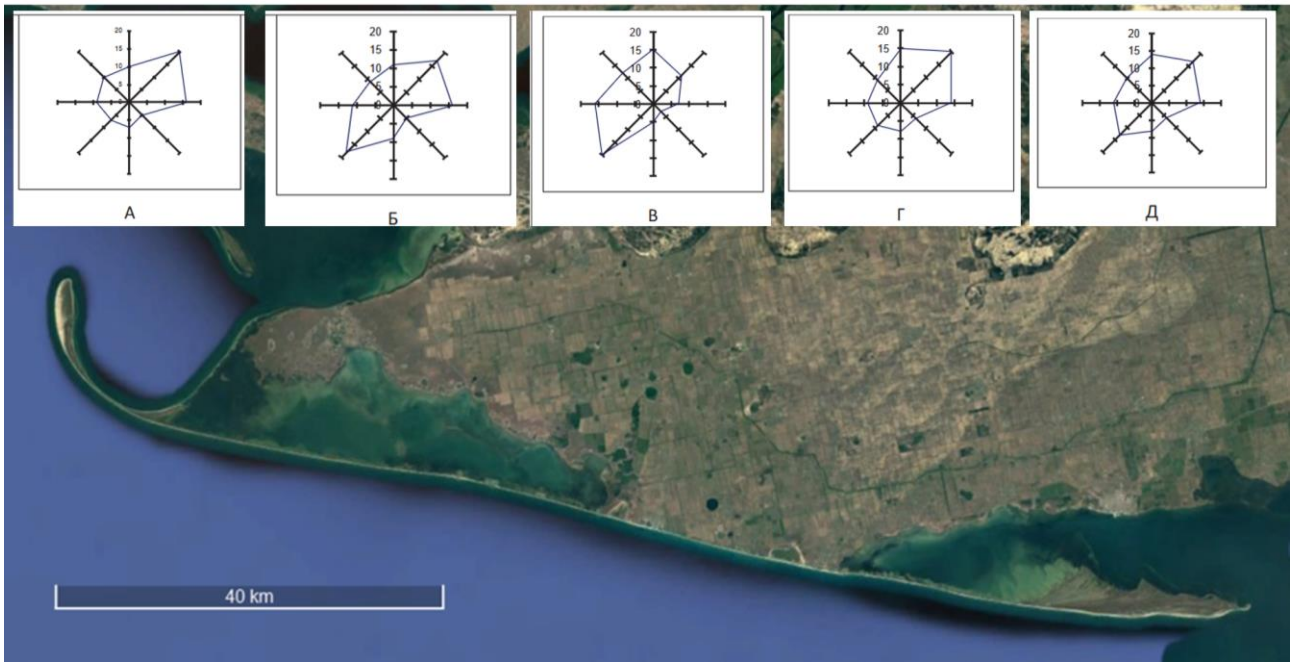


Рис. 2.5. Структура вітрового режиму на регіоном дослідження [14]: А - зима; Б - весна; В - літо; Г - осінь; Д - рік.

У літній період вітри змінюють напрямок на південний та південно-західний (рис. 2.5), але сила відповідних вітрів незначна, що сприяє менш активним абразійним процесам, але водночас посилює акумуляцію відкладів

на певних ділянках берегової зони. Це свідчить про сезонний характер змін у береговій зоні системи, що потрібно враховувати при плануванні господарської діяльності.

Зміни кліматичних умов, зокрема підвищення середньорічної температури та зміна режиму опадів, можуть впливати на гідрометеорологічні умови регіону. Це призводить до збільшення частоти та інтенсивності штормів, штормових нагонів, які можуть негативно вплинути на стан берегової системи.

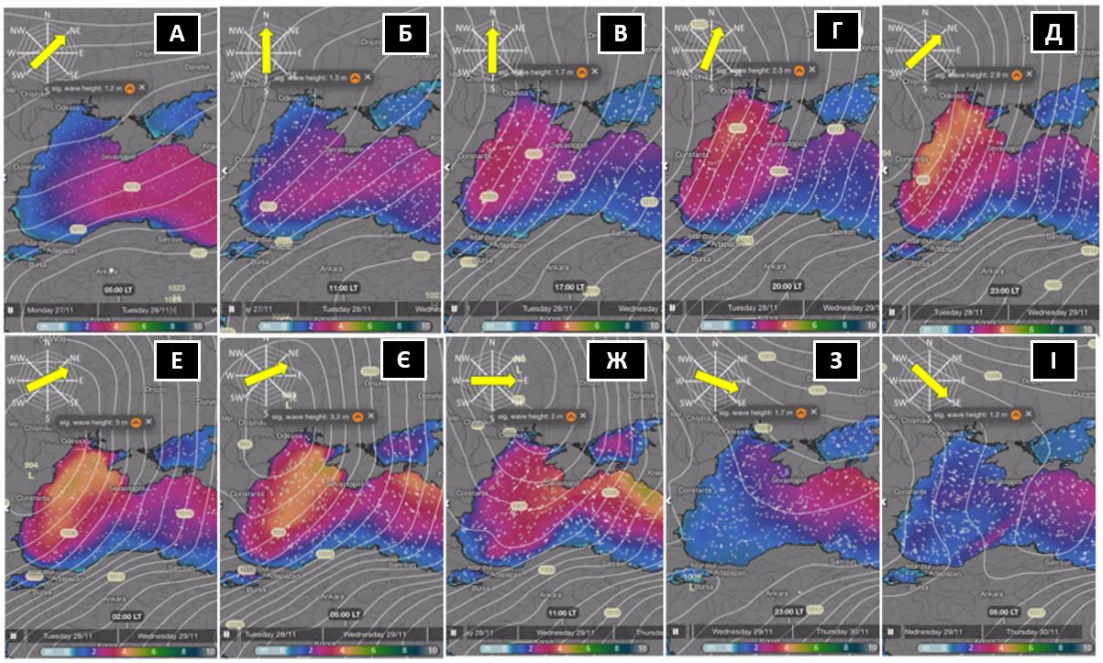


Рис. 2.6. Особливості проходженням циклонів над акваторією Чорного моря під час шторму Беттіна у листопаді 2023 року: А – Д – перший південно-західний циклон; Е – І – другий Балканський циклон. Розроблено на базі онлайн-ресурсу Poseidon.

В теплий період року в межах Каркінітської затоки домінують хвилі, які надходять з південного-заходу, півдня та заходу. При цьому висота цих хвиль незначна та майже не перевищує 1 м [43, 44]. В холодний період року, в межах акваторій регіону домінують хвилі зі сходу та північного-сходу, при чому їх висота може перевищувати 2 м. Але найбільш небезпечні хвилі з

висотою понад 2 м, надходять до берегової зони в цей період року з півдня та південного-заходу, під час циклонів (рис. 2.6.) відповідні процеси супроводжуються здійманням рівня моря.

Розуміння гідрометеорологічних умов є ключовим для прогнозування майбутніх змін та розробки ефективних заходів збереження берегової системи Тендра-Джарилгач. Це особливо важливо в контексті глобальних кліматичних змін, які можуть мати непередбачувані наслідки для прибережних територій.

2.4. Антропогенна трансформація берегу

В межах досліджуваного корінного берегу розташовані населені пункти Лазурне, Залізний Порт та Приморське, вони є важливими рекреаційними центрами. Для підвищення рекреаційного потенціалу берегу та уповільнення абразії вздовж берегової зони Каркінітської затоки в межах відповідних населених пунктів були проведені роботи по будівництву берегозахисних гідротехнічних споруд, які істотно вплинули на морфодинамічні тенденції розвитку корінного абразійного берега.

Сучасна берегова система Тендра–Джарилгач бере свій початок ще в середньому голоцені. У цей період, внаслідок ретроградаційних процесів, береговий бар’єр Ахіллів Біг приєднався до корінного суходолу [32, 33]. Саме цю подію можна вважати початком формування сучасної берегової системи. Після об’єднання берегових форм відбулося поступове розділення бар’єру на дві акумулятивні форми та формування між ними корінного берегу [22, 23, 33].

Берегова лінія постійно зазнавала абразійного впливу, про що свідчать літературні джерела 1940–1960-х років. У середньому, зафіксовані темпи абразії становили 2–3 м/рік [23, 33]. У 1970–1990-х роках проводилися вже

стаціонарні дослідження динаміки абразійних форм узбережжя. Згідно з їх результатами, швидкість абразії кліфів становила: у Залізному Порту — 2,83 м/рік, у Приморському (Більшовику) — 2,55 м/рік, у Лазурному — 0,5–0,7 м/рік. Простежується чітка географічна тенденція до зменшення швидкості абразії зі заходу на схід [43]. Що стосується підводних кліфів (бенчів), зафіксовано такі значення: 0,01 м/рік на глибині 4 м і до 0,11 м/рік на глибинах до 1 м [45].

У 1979 році в районі Залізного Порту почалося будівництво захисного комплексу, роботи тривали ≈ 10 років, в результаті в межах берегової зони з'явилося 7 бун (рис. 2.7 А) [17, 26]. Після створення комплексу, вздовж берегової зони системи кардинально змінилася літодинамічна ситуація. Навіть не зважаючи на заплановані штучні відсипки наносів між банами, в межах комплексу все ж таки розвантажувався вздовжбереговий потік наносів [21]. За таких умов вздовж центральної та східної частин абразійного берегу, вздовжбереговий потік наносів став ненасиченим. Відповідна ситуація спричинила посилення абразії, так в східній частині Залізного Порту, кінець 80-х – початок 90-х років, минулого століття складало біля 2,8 – 2,9 м/рік, в цей же час вздовж Приморського – 2,5 – 2,6 м/рік, а в вздовж Лазурного - до 1,9 м/рік [17, 26] .



Рис. 2.7. Буни селища Залізний Порт, буни селища Лазурне (знімки з ресурсу

Абразія корінного берегу усилилася на початку 90-х років, після створення нових захисних споруд у східній частині Залізного Порту та в межах Лазурного (рис. 2.7 Б) . Після проходження серії екстремальних штормів (з 1992 по 1996 рр.), ситуації катастрофічно погіршилася [41]. В цей період вздовж берегу в межах Приморського, темпи абразії проявлялися в межах від 2,65 до 2,81 м/рік, в той час як в межах Лазурного темпи руйнування 3 м/рік [38, 40, 42].

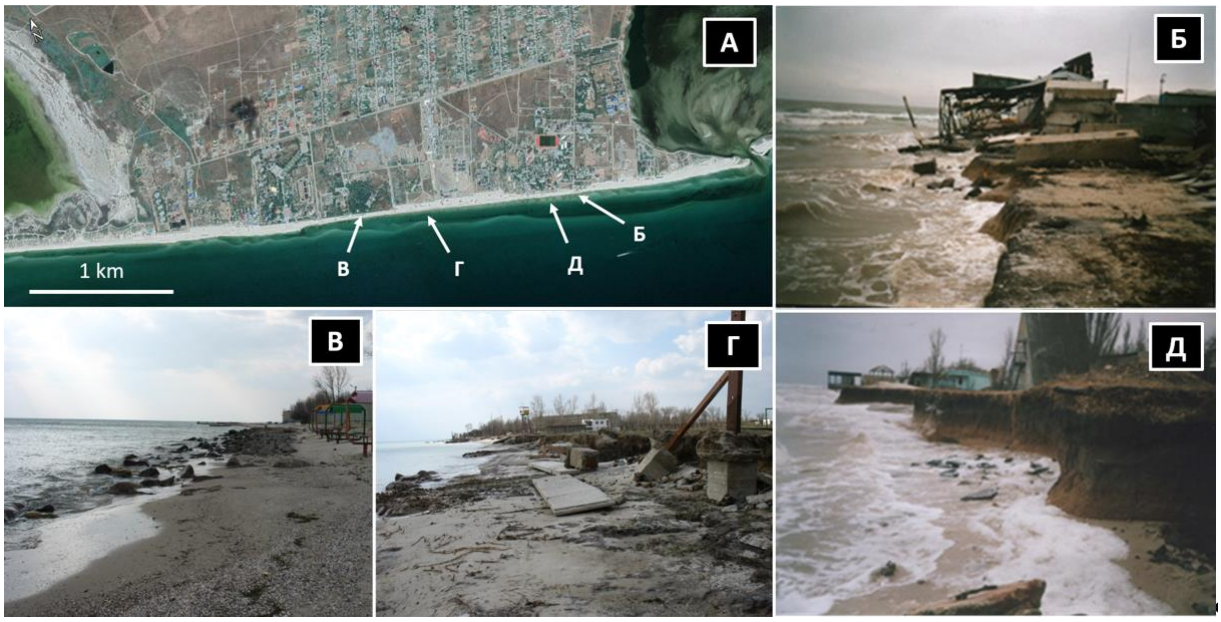


Рис. 2.8. Наслідки проявлення абразійних процесів в межах селища Лазурне (з 1993 по 2009 гг.): А – просторове розташування ділянок; Б – біля ДОТ «Зірочка»; В – біля б/в «Корабел»; Г – між б/в «Нафтовик» та «Корабел»; Д – біля ДОТ «Прибережний» (фото Давидова О.В.).

В 90-роках найбільш складною ситуація була в районі Лазурного (рис. в цей період, був проведений демонтаж однієї гравітаційної буни у Лазурному, але ситуація не змінилася. Через відсутність систематичних вимірювань точна швидкість абразії невідома, однак відомо, що під час шторму в жовтні 2003 року було зруйновано до 8 м узбережжя.

Кардинальна зміна ситуації відбулась в східній частині Лазурного, став специфічний шторм в Джарилгацькій затоці [18], який спричинив затоплення східної частини Лазурного та винесення значної кількості прибережно-морських наносів через прорву, з Джарилгацької затоки, до берегової зони Каркінітської затоки. В результаті ситуація в межах берегу Лазурного стабілізувалася [17].

Починаючи з 2009 року, спостерігається зростання частоти східних вітрів [14, 15], що сприяло активізації переносу наносів у західному напрямку. Однак через наявність берегозахисних споруд у Лазурному обсяг наносів, що досягають центральної частини системи, зокрема району Приморського, є недостатнім. Це зумовлює інтенсивну абразію, що підтверджується супутниковими знімками та результатами польових досліджень, проведених у 2015–2021 роках [17].

РОЗДІЛ 3.
МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1. Джерела інформації для аналізу супутникових даних

Для підготовки кваліфікаційної роботи використовувалися супутникові дані отримані зі спеціалізованих онлайн-ресурсів, серед яких: USGS Earth Explorer, EO Browser, Copernicus Browser, Land Viewer та Google Earth.

USGS Earth Explorer представляє собою спеціалізований портал (рис. 3.1 А), в межах якого зберігаються набори геопросторових даних та в наявності присутні інтерактивної карти, супутникові знімки Landsat, матеріали аерофотозйомки, цифрові лінійні графіки, цифрові моделі рельєфу, супутникові дані Sentinel тощо. Під час дослідження, матеріали відповідного онлайн-ресурсу використовувалися для формування уявлення про стан берегової зони та характер антропогенної трансформації берегу в період з 1964 по 1982 рр. [49].

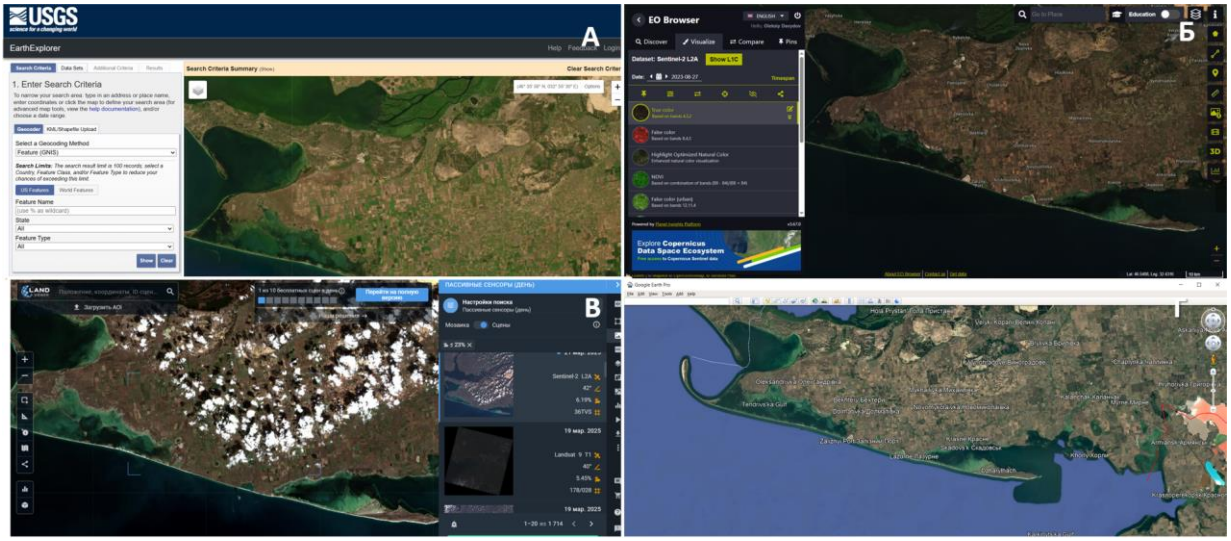


Рис. 3.1. Інтерфейс онлайн-ресурсів які використовувалися для аналізу супутникових даних: А - USGS Earth Explorer; Б - EO Browser; В - Land Viewer; Г - Google Earth.

EO Browser представляє собою веб-платформу для хмарної обробки даних дистанційного зондування (рис. 3.1 Б). Відповідна платформа спрямована на досягнення глобального, безперервного та легкодоступного аналізу супутникових даних. EO Browser об'єднує в собі повний архів супутників Sentinel, а також місій Landsat 5, 7 і 8, продуктів Envisat Meris, Proba-V і MODIS. При підготовці роботи функціональність EO Browser використовувалася для візуалізації індексів, таких як NDVI та NDWI, що дозволяло чітко визначити контури берегової смуги в межах досліджуваного абразійного берегу [46].

Land Viewer це онлайн-ресурс (рис. 3.1 В), який надає доступ до оптичних зображень високої роздільної здатності (мультиспектральних і стерео), а також інших супутникових даних і регіональних карт місцевості. Відповідний ресурс включає архівні та живі супутникові зображення з усього світу. При підготовці роботи були використані можливості індексів для створення власних комбінацій з дослідження просторового розташування берегової смуги [47].

Google Earth представляє собою онлайн-ресурс (рис. 3.1 Г), який має вигляд цифрового глобуса, який відображає поверхню планети, використовуючи одне складене зображення з великої відстані. За умов збільшення зображення, воно переходить у різні зображення однієї й тієї самої області з більшою деталізацією, в ресурсі знаходяться знімки які відрізняються за датою та часом зйомки. Відповідний ресурс використовує зображення, отримані як із супутників (Landsat 7, Landsat 8). При підготовці роботи, функціональні особливості ресурсів використовувалися для розрахунків та порівняння даних з різних онлайн-ресурсів.

Всі відповідні сервіси надають доступ до супутникових даних різних параметрів, а це дозволяє здійснювати моніторинг за змінами природного середовища, як на сезонному, так і на багатолітньому етапах.

Аналіз супутникових даних є відносно новим методом дистанційного дослідження. Перманентне покращення якості знімків, із кожним роком стає більше можливостей, для детального вивчення природних об’єктів, як у просторі, так і у часі. В межах району абразійного берегу системи Тендра – Джарилгач регулярні матеріали дистанційного дослідження представлені з 1964 по 2025 рр.

3.2. Алгоритм проведеного дослідження

Використані при підготовці проведеного дослідження представлені онлайн-ресурси, містять не лише матеріали дистанційного дослідження, вони мають також певну кількість інструментів, які дозволяють здійснити фіксацію просторового розташування об’єктів, визначити особливості стану навколишнього середовища в їх межах, а також отримати кількісні характеристики.

При підготовці кваліфікаційної роботи були використані супутникові дані програм Keyhole, які знаходяться у вільному доступі на ресурсі Earth Explorer. Дані відповідної програми включають серії KH-1, KH-2, KH-3, KH-4, KH-5, KH-6 (датасет "Declass-1"), KH-7 (датасет "Declass-2") та KH-9 (датасет "Declass-3"), які представляють собою розсекречені супутникові знімки [17, 49].

Сучасні супутникові дані представляли собою матеріали дистанційного дослідження отримані з Sentinel-2 (L2A), а також із супутників серії Landsat: Landsat 9, Landsat 8 OLI + TIRS, Landsat 7 ETM+, Landsat 4-5 MSS, Landsat 4-5 TM [17, 46, 47]. Дані наведених супутників використовувалися нами для моніторингу змін в береговій зоні та контуру абразійних кліфів

безпосередньо. Також, ми використовували додаткові дані, отримані в гідрометеорологічних онлайн ресурсах – Poseidon та Windy, спрямовані на визначення параметрів хвилювання та коливання рівня в межах прибережних акваторій.

Дослідження динаміки абразійного берегу передбачало визначення просторових змін та швидкості відступу кромки кліфу, а також встановлення кореляції між зазначеними змінами та гідрометеорологічними факторами розвитку. На основі отриманих супутникових даних проводились вимірювання змін берегової лінії у часі, які порівнювалися з матеріалами ретроспективного картографічного аналізу (за період з 1833 по 2007 рр.).

За результатами представлених аналізів На основі ретроспективного аналізу супутникових знімків визначено критичні зони, найбільш схильні до абразії (рис. 3.2) Це дозволило виявити ділянки узбережжя, що зазнають найінтенсивнішого впливу морфодинамічних процесів, і спрогнозувати їх подальший розвиток.



Рис. 3.2. Результати ретроспективного аналізу досліджуваного абразійного берегу.

На наступному етапі дослідження були порівняні з історичними даними та висновками попередніх наукових робіт. Комплексний аналіз змін берегової лінії дозволив оцінити ефективність заходів із берегозахисту та визначити основні тенденції морфодинамічних процесів. Отримані дані

свідчать про значні відмінності в характері змін берегової смуги залежно від локальних умов та антропогенного впливу.

За результатами аналізу було виділено три основні ділянки узбережжя з різним рівнем абразії (рис. 3.2): Залізнопортовська, Приморська та Лазурненська. Найбільш інтенсивні процеси проявляються у районі Приморського, де відбувається активне руйнування берегової смуги через дефіцит прибережно-морських наносів.

Окрему увагу було приділено аналізу впливу антропогенних факторів. Встановлено, що будівництво берегозахисних споруд у Залізному Порту та Лазурному спричинило порушення балансу вздовжберегових потоків наносів. Це, у свою чергу, призвело до посилення абразійних процесів у центральній частині системи, зокрема в районі Приморського. Внаслідок таких змін природні механізми акумуляції наносів були порушені, що зумовило прискорення руйнування берегової лінії.



Рис. 3.3. Результати впливу антропогенних факторів на посилення абразійних процесів в районі селища Приморське (фото О. Давидова).

Загалом, використання комплексного підходу, що включає аналіз архівних матеріалів, дистанційне зондування та польові дослідження,

дозволило отримати детальну картину змін берегової лінії досліджуваного району. Це дало змогу не лише визначити основні чинники, що впливають на динаміку узбережжя, а й оцінити ефективність існуючих заходів із його захисту, а також визначити основні тенденції розвитку досліджуваного узбережжя.

РОЗДІЛ 4.
РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Кількісні параметри динамічних змін в межах досліджуваної абразійної ділянки берегу

Проведений аналіз здійснювався вздовж всієї довжини досліджуваного абразійного берегу, але з акцентом на локальні ділянки, в межах яких на етапі природного розвитку [14, 17] проявлялися дуже активні абразійні процеси. Зазначена ситуація пов'язана з тим, що методика дистанційного дослідження в межах корінних абразійних та накопичувальних ділянок відрізняється.

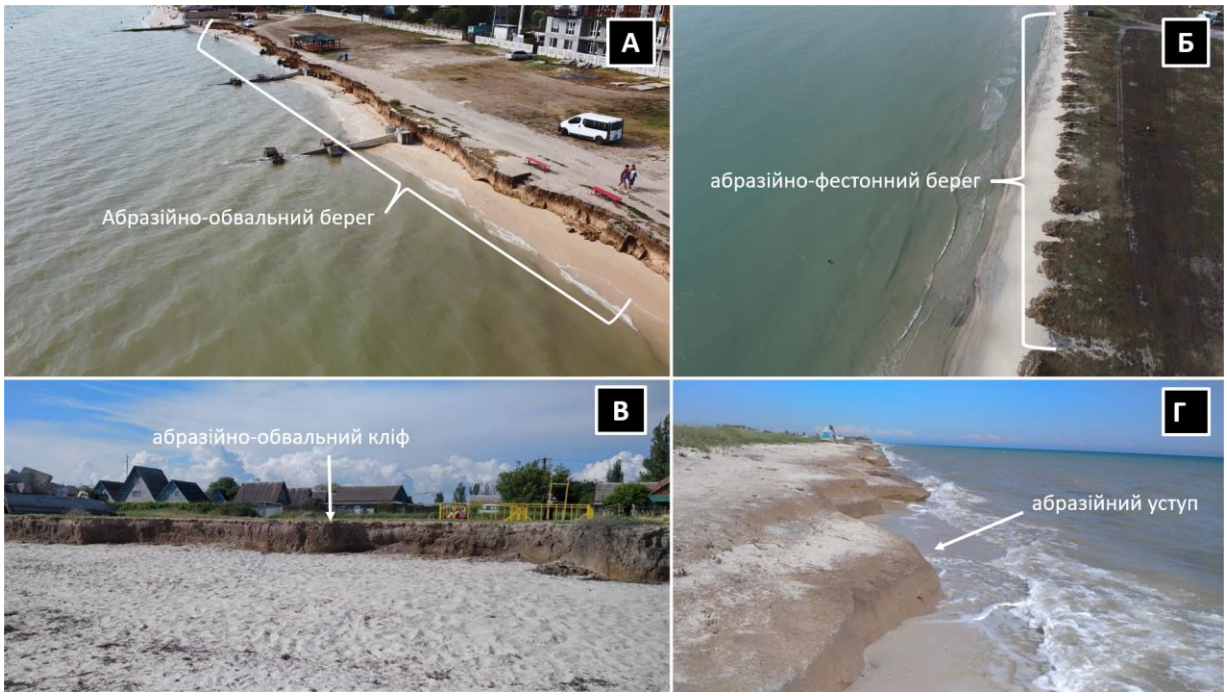


Рис. 4.1. Різноманіття абразійних форм рельєфу в межах досліджуваного берегу: А – абразійно-обвальний берег в межах селища Приморське; Б - абразійний берег з фестонним розчленуванням на захід від Приморського; В – типовий абразійно-обвальний кліф; Г – абразійний уступ на схід від Приморського (фото О. Давидова) [17].

Сумарна довжина берегів системи, в межах яких проявлялися абразійні процеси, складало ≈ 18 км, з яких ≈ 15 км, це берег між озерами Кефальне та Устричне, а також ≈ 3 км, це берег в межах сучасного селища Лазурне [17]. Абразійні процеси призвели до формування певного різноманіття абразійних форм рельєфу в береговій зоні досліджуваної ділянки системи (рис. 4.1).

За особливостями проявлення абразійних процесів в межах корінної абразійної берегу системи Тендра - Джарилгач, виділяється три дослідних ділянки: Лазурненська, Залізнопортовська та Круглоозерсько-Приморська в районі селища Приморське.

Досліджувана ділянка знаходиться між східною окрайкою селища Залізний Порт та західною межею пересипі озера Устричне. Загальна довжина дослідної ділянки берегу ≈ 10,7 км. Вздовж всієї довжини досліджуваної ділянки активно проявляються абразійні процеси. За таких умов проведений нами аналіз охоплював період з 1965 по 2024 рр..

З 1965 по 1973 рр. в межах досліджуваної ділянки швидкості абразії проявлялися в межах від 2,1 - 2,3 м/рік до 3,1 - 3,8 м/рік [17], що добре корелюється з матеріалами інших дослідників [23, 33, 34].



Рис. 4.2. Супутникові знімки з ресурсу Earth Explorer використані для проведення дистанційного аналізу по визначенню динаміки досліджуваного абразійного берегу: А – знімок 1964 року; Б – знімок із супутника 1973 року

Результати дистанційного дослідження дозволили визначити, що з 1973 по 1991 рр. темпи абразії дорівнювали від 2,3 - 2,4 м/рік до 3,1 - 3,3 м/рік. (рис. 4.3). Представлені результати аналізу корелюються з матеріалами досліджень попередніх науковців [17, 42].



Рис. 4.3. Супутникові знімки з ресурсу Earth Explorer та Land Viewer використані для проведення дистанційного аналізу по визначенню динаміки досліджуваного абразійного берегу: А – знімок 1973 року; Б – знімок із супутника 1991 року [47, 49].

Дистанційні дослідження за період з 1991 по 1999 рр. дозволили визначити, що темпи абразії збільшились та знаходилися в межах від 2,6 - 2,9 м/рік до 3,3 - 3,5 м/рік, що зумовлено активізацією штормової активності

проявилася серія сильних штормів, що спричинили руйнування берегів всієї системи.



Рис. 4.4. Супутникові знімки з ресурсу Land Viewer використані для проведення дистанційного аналізу по визначенню динаміки досліджуваного абразійного берегу: А – знімок 1991 року; Б – знімок із супутника 1999 року

Аналіз супутникових даних в період з 2000 по 2024 рр. дозволяє стверджувати, що темпи абразії уповільнилися та знаходяться в межах від 0,7 – 0,9 м/рік до 1,5 – 1,6 м/рік. Зазначену ситуацію можна слід пов’язати із зменшенням кількості штормових вітрів. Слід зазначити, що результати представленого дослідження дуже близькі до результатів проведених

польових досліджень науковцями Херсонського державного університету

4.2. Інтерпретація результатів дистанційних досліджень

Протягом останніх десятиліть берегова зона в межах селища Приморське зазнала суттєвих змін, пов’язаних з довготривалими морфодинамічними процесами. Відповідно до даних спостережень, загальна тенденція полягає в поступовому відступанні берегової лінії, що зумовлено дефіцитом наносів і активізацією абразійних процесів. Середня швидкість відступу берегової лінії в районі Приморського становить близько 1 м/рік, хоча в окремі періоди вона може значно зростати під впливом штормових подій.

Аналіз супутникових знімків та архівних картографічних матеріалів підтверджує, що в межах досліджуваної ділянки відбулося значне скорочення ширини пляжів і деградація природних акумулятивних утворень. Основним фактором, що спричинив цю тенденцію, є порушення природного балансу наносів [37], зумовлене як природними, так і антропогенними причинами. Зокрема, будівництво берегозахисних споруд у сусідніх районах, таких як Залізний Порт та Лазурне, спричинило перерозподіл вздовжберегової динаміки, що призвело до посиленого розмиву в районі Приморського.

Ще одним важливим фактором є зміна кліматичних умов, зокрема посилення штормової активності та зростання середнього рівня моря. Відповідно до метеорологічних даних, за останні десятиліття спостерігається тенденція до збільшення кількості сильних штормів, що призводить до посиленої ерозії берегової зони [6]. Крім того, підвищення температури та зменшення льодового покриву взимку сприяє цілорічному

впливу хвильових процесів, що також прискорює руйнування берегової смуги.

Комплексний аналіз морфодинамічних змін показує, що тенденція до відступу берегової лінії є стійкою і, ймовірно, збережеться в майбутньому. Відсутність природного поповнення наносів та триваючий антропогенний вплив сприятимуть подальшому посиленню абразійних процесів. Водночас можливі заходи берегозахисту повинні враховувати природні механізми динаміки узбережжя, щоб уникнути погіршення ситуації на суміжних ділянках.

4.3. Можливі сценарії подальшої еволюції досліджуваного берегу

Подальша еволюція берегової зони в районі селища Приморське визначатиметься комбінацією природних і антропогенних факторів. Основними рушійними силами цих змін будуть абразійні процеси, кліматичні зміни, антропогенне втручання та природний баланс наносів. Враховуючи існуючі тенденції, можна виділити кілька можливих сценаріїв розвитку берегової лінії в майбутньому.

Перший сценарій передбачає збереження нинішніх умов без активного втручання в берегову динаміку людини. В такому випадку подальше відступання берегової лінії триватиме, причому швидкість цього процесу може збільшитися через підвищення рівня моря і посилення штормової активності. Відсутність заходів із берегозахисту сприятиме подальшій деградації пляжів і втраті прибережних територій, що негативно позначиться на господарській діяльності регіону, особливо в аспекті рекреаційного використання узбережжя.

Другий сценарій передбачає проведення берегозахисних заходів із зупиненням абразійних процесів. Це може включати відновлення природних

акумулятивних форм, таких як піщані пляжі та підводні вали, які можуть відігравати роль буферних зон, що розсіюють енергію хвильового впливу. Використання методів природного берегозахисту, таких як підсипка піску на пляж або створення еолових форм, що не порушують вздовжбереговий потік наносів, може уповільнити абразію та сприяти стабілізації берегової зони.

Третій сценарій пов'язаний із активним антропогенним втручанням, що передбачає будівництво масштабних берегозахисних споруд, таких як хвилерізи, підводні рифи або дамби. Такі заходи можуть забезпечити локальну стабілізацію берега, однак у довгостроковій перспективі можуть спричинити негативні наслідки, зокрема перерозподіл динаміки наносів і прискорення ерозійних процесів на сусідніх ділянках узбережжя. Крім того, такі інженерні рішення потребують значних фінансових ресурсів і постійного моніторингу їх ефективності.

Ще одним потенційним напрямом розвитку є адаптація до змін берегової лінії та її динаміки. Це означає зміну підходів до використання прибережної території, включаючи відмову від будівництва в зонах активної абразії, розвиток мобільної інфраструктури та створення природоохоронних територій для мінімізації антропогенного впливу. Такий підхід враховує природні процеси та дозволяє мінімізувати ризики втрати прибережних земель без значного втручання в геоморфологічну динаміку узбережжя.

Прогнозуючи подальшу еволюцію узбережжя, важливо враховувати не лише локальні природні процеси, а й загальносвітові тенденції кліматичних змін. Підвищення середнього рівня моря, зміни у частоті та інтенсивності штормів, а також трансформація гідродинамічного режиму можуть мати вирішальний вплив на майбутній стан берегової зони.

Зрештою, вибір найбільш оптимального сценарію залежить від балансу між екологічними, соціально-економічними та технічними аспектами розвитку регіону. Впровадження ефективної системи моніторингу,

використання природоорієнтованих рішень і раціональне планування територій допоможуть мінімізувати негативні наслідки абразійних процесів і сприятимуть стабільному розвитку берегової зони в довгостроковій перспективі.

ВИСНОВКИ

За результатами проведених досліджень, ми дійшли наступних висновків:

1. В береговій зоні Світового океану, в умовах Глобальних кліматичних змін та здіймання рівня моря, проявляється активізація руйнівної діяльності морського хвилювання, що призводить до поширення абразійних процесів та абразійних форм рельєфу. Найбільш поширеними формами абразійного рельєфу вважаються кліфи та бенчі, які характеризуються різноманітними морфологічними та структурно-геологічними рисами. Динамічні тенденції абразійних берегів, залежать не лише від гідродинамічної активності прибережних акваторій, важливе значення має геологічна будова абразійних берегових форм. Абразійні форми складені магматичними та метаморфічними породами, характеризуються незначною динамічною активністю, найбільш висока динамічна активність характерна для абразійних форм складених глинистими та багатолітньомерзлотними породами.

2. Досліджувана корінна ділянка берегу Каркінітської затоки розташована в межах центральної частини берегової системи Тендра – Джарилгач. Відповідна ділянка, загальною довжиною ≈ 25 км, має складну структуру, а тому в її межах виділяється 18 км абразійних берегів та 7 км акумулятивних. Відповідна структура зумовлена тектонічними умовами, а саме виділенням кількох брахіоантиклінальних та брахіосинклінальних складок. На поверхні брахіоантиклінальних складок проявляються підвищені форми рельєфу, в межах яких виділяються кліфи та бенчі, а в межах брахіосинкланальних складок знаходяться котловини прибережних озер, відділених від моря береговими акумулятивними формами. Абразійні

форми рельєфу складені глинистими та суглинистими породами, що зумовлює високу динамічність берегових процесів. Рушійною силою берегових процесів являються морські хвилі, південних та південно-західних напрямків, які найбільш небезпечні під час проходження циклонів.

3. В основі проведеного дослідження лежать матеріали аналізу супутникових даних, отриманих зі спеціалізованих онлайн-ресурсів, серед яких: USGS Earth Explorer, EO Browser, Copernicus Browser, Land Viewer та Google Earth. Були використані супутникові дані програм Keyhole, які представляють собою розсекречені супутникові знімки. Сучасні дані отримані із супутників Sentinel-2 та Landsat. В межах отриманих супутникових знімках здійснювалась фіксація положення кромки кліфу, їх положення порівнювалися між собою за просторовим розташуванням на багатолітньому етапі. Для отримання інформації про гідродинамічні умови розвиту відповідного абразійного берегу використовувалися спеціалізовані онлайн ресурси – Poseidon та Windy.

наліз морфодинамічних тенденцій охоплював період з 1965 по 2024 рр. За час з 1965 по 1973 року темпи абразії складали від 2,1 - 2,3 до 3,1 - 3,8 м/рік, в період з 1973 по 1991 рік абразія характеризувалася швидкостями від 2,3 – – 1,6 м/рік.

5. За результатами проведеного дослідження були запропоновані три можливі сценарії подальшого розвитку досліджуваного абразійного берега. Згідно першого сценарію, в умовах збереження сучасних умов розвитку, прогнозується подальше відступання берегової лінії, причому швидкість цього процесу може збільшитися через підвищення рівня моря і посилення штормової активності. Згідно другого сценарію передбачено проведення

берегозахисних заходів із застосуванням природних засобів захисту, які спрямовані на зупинення абразійних процесів. Третій сценарій пов’язаний із активним антропогенним втручанням, що передбачає будівництво масштабних берегозахисних споруд, таких як хвилерізи, підводні рифи або дамби. Такі заходи можуть забезпечити локальну стабілізацію берега, однак у довгостроковій перспективі можуть спричинити негативні наслідки, зокрема перерозподіл динаміки наносів і прискорення ерозійних процесів на сусідніх ділянках узбережжя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Church, J. A. Sea-Level and Climate Change /Finkl, C.W., Makowski, C. (Ed.) Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. 2019. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6_382
2. Davydov, O., Buynevich, I. Recent morohodynamics and closure implications of non-tidal inlet: Lazurnenska prorva, Black sea coast, Ukraine. Scientific Bulletin of KSU Series Geographical Sciences, 2023. 18. Pp. 41-48. https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2023-18-5
3. Davydov, O., Jarmalavičius, D., Žilinskas, G., Janušaitė, R., Buynevich, I.V., Pupienis, D. Effects of extreme storms on coastal erosion in non-tidal seas (the Baltic, Black, and Azov Seas). International Baltic Earth Secretariat Publication. 2024. No. 23. Pp. 32-33.
4. Davydov, O., Zinchenko, M. The Winged Foreland Abrasion-Accumulative Systems. New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph. Riga, Latvia. 2019. Pp. 302-327.
5. Finkl, C. W., & Makowski, C. (Eds.). Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer International Publishing, 2019, 1984 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6
6. Fox-Kemper, B., H.T. Hewitt, C. Xiao, G. Aðalgeirsdóttir, S.S. Drijfhout, T.L. Edwards, N.R. Golledge, M. Hemer, R.E. Kopp, G. Krinner, A. Mix, D. Notz, S. Nowicki, I.S. Nurhati, L. Ruiz, J.-B. Sallée, A.B.A. Slangen, and Y. Yu, (2021). Ocean, Cryosphere and Sea Level Change. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1211–1362, https://doi.org/10.1017/9781009157896.011

7. Gudelis, V. Jūros krantotyros terminų žodynas. Vilnius: Academia, 1993. - 408 p.
8. Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. The State of the World's Beaches // Scientific Reports, 2018, 8 (1), pp. 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6
9. Mörner, N. A. Coastal Dynamics. In: Finkl, C., Makowski, C. (eds) Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. 2017, pp. 1 – 4. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_374-1
10. Schwartz, M. L. (Ed.). Encyclopedia of coastal science. Springer. 2005. 1211 p.
11. Sherman, D.J. Perspectives on coastal geomorphology: introduction [In: Shroder, J. (Editor in Chief), Sherman, D.J. (Ed.)]. Treatise on Geomorphology. Academic Press, San Diego, CA, 2013. Vol. 10, Coastal Geomorphology. 448 p.
12. Zanuttigh, B. (Ed.). Coastal risk management in a changing climate. Butterworth-Heinemann, 2015. 638 p.
13. Буданов В. И., Ионин А. С. Аккумулятивные формы и динамика берегов // Природа. - № 5. - С. 108 – 111.
14. Давидов О. В., Котовський І. М., Роскос Н. О., Зінченко М. О. Особливості еволюції вздовжберегової літодинамічної системи Тендра-Джарилгач в умовах антропогенного перетворення // Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки, 2018. № 9. С. 105 – 110.
15. Давидов О. В., Котовський І. М., Циомашко О. В., Герасимчук А. М. Аналіз морфогенетичних особливостей коси-острова Джарилгач // Науковий вісник Херсонського державного університету. 2018. - № 8. - С. 169–176.

16. Давидов, О. В., Котовський, І. М., Зінченко, М. О., Сімченко С. 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., Сімченко, С. В., Котовський, І. М. Результати комплексного дослідження динамічних тенденцій розвитку корінного абразійного берегу в межах системи Тендра – Джарилгач (Чорне море, Україна). Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія Географічні науки, 2024. Вип. 21, с. 22–35. https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2024-21-3
18. Давидов, О.В., Бобилєва, Т.Ю., Осадчій, С.С., Деміров Д.Д. Наслідки штормового нагону 23 березня 2007 року для розвитку берегової зони смт Лазурне. Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства. 2007. Вип. 3. 14-17.
19. Есин Н.В., Савин М.Т., Жиляев А.П. Абразионный процесс на морском берегу. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1980. 200 с.
20. Зенкович В. П. Динамика и морфология морских берегов. Ч. 1. Волновые процессы. Москва – Ленинград: Морской транспорт, 1946. 496 с.
21. Зенкович В.П. Потоки наносов вдоль советских берегов Черного моря. Труды Союзморпроекта ММФ, 1956. Т. 3. С. 57–66.
22. Зенкович, В.П. 1958. Берега Черного и Азовского морей. Москва. Государственное издательство географической литературы. 374 с..
23. Зенкович, В.П. 1960. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т. II (Северо-западная часть). Москва: Изд-во АН СССР. 216 с.
24. Зенкович, В.П. 1962. Основы учения о развитии морских берегов. Москва: Изд-во АН СССР, 710 с.

25. Иванов Г.И., Ищенко Л.В. Новые данные о развитии шельфа северо-западного района Черного моря в голоцене. Baltica. 1974. № 5. С. 265–273.
26. Котовский, И. Н.1992. Морфология и динамика берегов Черного моря в пределах Херсонской области УССР. Автореф. дисс. …. канд. геогр. наук: 11.00.04. Киев, 1992. 19 с.
27. Леонтьев, И. О., 2001. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. Москва, GEOS, 272.
28. Лонгинов, В. В. (1963). Динамика береговой зоны бесприливных морей. М.: АН СССР, 380 с.
29. Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: Процессы, понятия, определения / под ред. Зенковича В. П., Попова Б. А., 1980. Москва: Мысль, 280 с.
30. Національний атлас України / наук. редкол. Л.Г. Руденко та ін. К.: ДНВП «Картографія», 2007. 440 с., іл.
31. Никифоров Л.Г. 1977. Структурная геоморфология морских побережий. Москва: МГУ, 175 с.
32. Правоторов, И.А. 1965. Процесс развития аккумулятивной системы Джарылгач – Тендра и вопрос о ее возрасте, в связи с масштабами трансгрессии. Тезисы по вопросу геологии побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Одесса. С. 33- 40
33. Правоторов, И.А. 1966. Геоморфология лагунного побережья северо-западной части Черного моря (Исследование эволюции береговых форм с помощью гидрометеорологического метода). Диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук. Москва: Университет имени М. В. Ломоносова, 324.
34. Сімченко С.В. Геоморфологічна безпека території берегової зони в межах корінної частини берега літодинамічної системи Тендра-

Джарилгач // Науковий вісник ХДУ Серія Географічні науки, 2021, № 14, С. 72-78. https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2021-14-8

35. 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.
36. Четырёхъязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии [составитель И.С.Щукин]. Москва: “Советская энциклопедия”, 1980. 703 с.
37. Шуйский Ю. Д. Проблема исследования баланса наносов в береговой зоне морей. – Ленинград: Гидрометиздат, 1986. – 240 с.
38. Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В., Борисевич Т. Д. Современная динамика абразионных и аккумулятивных форм береговой системы «Тендра—Джарылгач» на побережье Черного моря // Фальцфейнівські читання: Зб. наук. праць. – Т. II. – Херсон: Вид-во ХДПУ, 2005. – С. 270 – 278.
39. Шуйский Ю.Д., Выхованец Г.В., Борисевич Т.Д. Современная динамика абразионных и аккумулятивных форм береговой системы “Тендра – Джарылгач” на побережье Черного моря. Фальцфейнівські читання: Зб.наук.праць [відп.ред. С.В. Шмалей]. Херсон, 2005. Т. 2. С. 270–278.
40. Шуйский, Ю. Д., Симеонова Г. А. (1976). О влиянии геологического строения морских берегов на процессы абразии. Доклады Болгарской АН, София. Т. 29. № 2: 241 – 243.
41. Шуйский, Ю.Д. 2018. История развития и методология береговедения. Одесса: Изд-во Астропринт, 448 с.
42. Шуйский, Ю.Д., Выхованец, Г.В., Котовский, И.Н. 1998. Влияние сильных штормов на берег Черного моря в районе озера Устричное.

Краєзнавство і туризм: освіта, виховання, стиль життя. Гол. ред. С.В.Міхелі. Київ: Реформа, 245 – 247.

43. Шуйский, Ю.Д., Выхованец, Г.В., Котовский, И.Н., Али Акель. 1992. Процессы абразии и их литодинамическое значение в пределах Днепровско-Каркинитской береговой области Черного моря. Доклады Академии наук Украины. 2. 83 – 86.
44. Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану. — Одесса: Астропринт, 2000. — 480 с.
45. Шуйський, Ю.Д., Вихованець, Г.В., Стоян, О.О. 2024. Центральна частина берегової природної системи Тендра – Джарилгач, узбережжя Чорного моря. Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. Т. 29 Вип. 1 (44). 93 -102.
46. Electronic online service Google Earth (https://earth.google.com/web);
47. Electronic online service EO Browser (https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/);
48. Electronic online service Land Viewer (https://eos.com/landviewer/);
49. Electronic online service Copernicus Browser (https://browser.dataspace.copernicus.eu/);
50. Electronic online service USGS Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov/).