

ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ

УДК 551.4.038 (477.72)

DOI: 10.18524/2303–9914.2022.2(41).268697

О. В. Давидов, канд. геогр. наук, доцент^{1, 2, 3}

І. М. Котовський, канд. геогр. наук, доцент¹

Ю. Ю. Онойко, канд. геогр. наук, доцент⁴

С. В. Сімченко, аспірант¹

¹ кафедра географії та екології, Херсонський державний університет, вул. Шевченка, 14, Івано-Франківськ, 76018, Україна.

² науковий відділ, Національний природний парк «Білобережжя Святослава», вул. Лоцманська 3, Очаків, 57508, Україна.

³ лабораторія геоекологічних досліджень, Центр дослідження природи, вул. Академії, 2, Вільнюс, LT-08412, Литва.

⁴ кафедра природничих наук і методики їхнього навчання,

Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, вул. Шевченка 1, Кропивницький, 25000, Україна

МОРФОЛОГІЯ ПОВЕРХНІ ТА ДИНАМІКА БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ ДИСТАЛІ КОСИ ДЖАРИЛГАЧ

У береговій зоні Світового океану мають місце вільні берегові акумулятивні форми, специфічною ознакою яких являється найбільш віддалена частина, яка називається дисталь. Здебільше дисталь має вигляд піщаного мису з прилеглою міліною, що висунуті в бік моря та є дуже динамічними. Морфодинамічні тенденції розвитку дисталі мають певне різноманіття, але при цьому вони є індикаторами стану та еволюції всієї акумулятивної форми. Джарилгацька коса представляє собою східну складову «крилатого мису» Тендра-Джарилгач. Дисталь коси розвивається в умовах взаємодії різноманітних природних берегових процесів та антропогенної діяльності. Проведені комплексні дослідження морфології та морфодинаміки берегів дисталі, вказують на тенденції звуження в межах перешийка та видовження в межах розширеного оголовку. Відповідні тенденції можуть призвести до формування прорви та відокремлення розширеного оголовку, що спричинить неможливість використання дисталі в рекреаційних цілях.

Ключові слова: дисталь, коси, морфологія, ерозія, вздовжбереговий потік, морфодинаміка.

ВСТУП

Глобальні кліматичні зміни, здійснення рівня моря, інтенсифікація штормової активності та посилення антропогенного тиску, спричиняють активізацію динамічних процесів вздовж берегової зони Світового океану (McBride et al. 2013; Morner, 2017; Church, 2019). За наведених умов, в різних країнах світу активними темпами впроваджується державні програми із менеджменту бере-

гової зони (Zanuttigh, 2015). Реалізація відповідних програм неможлива без повноцінної інформації про поточну морфологічну будову та динамічність берегів. В цьому контексті важливе значення має комплексний підхід до вивчення берегової зони, який включає одночасне використання польових, дистанційних та історико-картографічних методів дослідження.

Джарилгацька коса представляє собою найбільшу акумулятивну форму в межах узбережжя Чорного моря. Вздовж фронту коси проявляються процеси розмиву, які на певних локальних ділянках («hot spots») носять достатньо небезпечний характер та можуть спричинити прориви тіла коси. В межах Джарилгачу «hot spots» розташовані в прикореневій та дистальній частинах.

Дисталь Джарилгачу представляє собою важливий рекреаційний об'єкт, який кожного року приймає десятки тисяч відпочиваючих. Формування в межах дисталі прорви, унеможливить її рекреаційне використання, що у свою чергу призведе до істотних негативних змін в секторі економіки південного регіону України. Саме тому, дослідження морфологічних та динамічних умов дисталі Джарилгачу є актуальним та має дуже важливий господарський акцент.

Мета роботи полягає у визначенні сучасних морфологічних та динамічних тенденцій розвитку дистальної частини коси Джарилгач, на основі матеріалів польових, дистанційних та історико-картографічних досліджень.

Для досягнення поставленої мети, необхідно вирішити наступні завдання: а) надати визначення поняттю дисталь та описати морфодинамічне різноманіття відповідних складових акумулятивних форм; б) проаналізувати морфологічні умови дисталі коси Джарилгач та визначити її складові частини; в) за матеріалами польових досліджень, GPS-фіксації берегових форм рельєфу та аналізу різновікових супутникових знімків, визначити кількісні параметри динаміки берегової лінії в межах дисталі; г) порівняти результати дистанційного зондування із матеріалами Глобального моніторингу пляжів та визначити морфодинамічні тенденції розвитку дисталі Джарилгацької коси.

Об'єктом дослідження є дисталь Джарилгацької коси. *Предметом дослідження* є морфологічні та динамічні умови розвитку дисталі Джарилгачу.

ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТТЯ

В спеціалізованій літературі не наводиться зовсім, або представлено дуже стисло, визначення поняття дисталь акумулятивної форми (Зенкович, 1958, 1960, 1962; Морская геоморфология, 1980; Шуйский, 1986, 2000, 2018; Gudelis, 1993; Schwartz, 2005; Haslett, 2009; Finkl & Makowski, 2019). Наведена ситуація не дозволяє у повній мірі визначити природні умови та закономірності розвитку відповідної складової, вільних берегових акумулятивних форм. На підставі аналізу спеціалізованої літератури а також власних польових досліджень узбережжя Чорного, Азовського та Балтійського морів, ми пропонуємо оновлене визначення поняття дисталь:

«Дисталь або віддальниця (*distal end*, за Schwartz, 2005) – це морфологічна складова вільної берегової акумулятивної форми, яка максимально віддалена від місця притулення відповідної форми до корінного берегу. Зовні віддальниця має вигляд мису з прилеглою мілиною, які висунуті в бік морської акваторії.

У динамічному відношенні дисталь представляє собою активну складову, яка є індикатором сучасних умов розвитку всієї берегової форми».

Проведені польові дослідження таких акумулятивних форм як Кінбурнська стрілка, острів Довгий, Джарилгацька та Бакальська коси (всі Чорне море), а також Обитічна, Бердянська та Білосарайська коси (всі Азовське море), мису Колкасагс (Балтійське море), дозволили нам визначити морфодинамічне різноманіття дисталей:

Проградаційні дисталі розвиваються в умовах домінування акумулятивних процесів, що зумовлює видовження (проградацію) тіла коси в бік моря (наприклад: Джарилгацька коса).

Динамічно-стабільні дисталі формуються в умовах реверсивного розвитку оголовку, за яких процеси проградації, періодично змінюються реградацією та навпаки (наприклад: коси «Азовського типу»).

Ретроградаційні дисталі характеризуються домінуванням процесів розмиву та відступання тіла акумулятивної форми, внаслідок чого перед нею утворюється підводна мілина, ерозійного генезису (наприклад: острів Довгий, мис Колкасагс).

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СТУПІНЬ ЙОГО ВИВЧЕННЯ

Джарилгацька коса (Джарилгач) представляє собою вільну берегову акумулятивну форму, яка розташована в північно-західній частині Чорного моря, в районі Каркінітської затоки (рис. 1). Загальна довжина Джарилгачу, від місця притулення до дисталі біля 42 км, ширина форми від 0,05 до 4,6 км, при максимальній висоті поверхні до + 2,8 м (Зенкович, 1960; Давидов та ін., 2018).

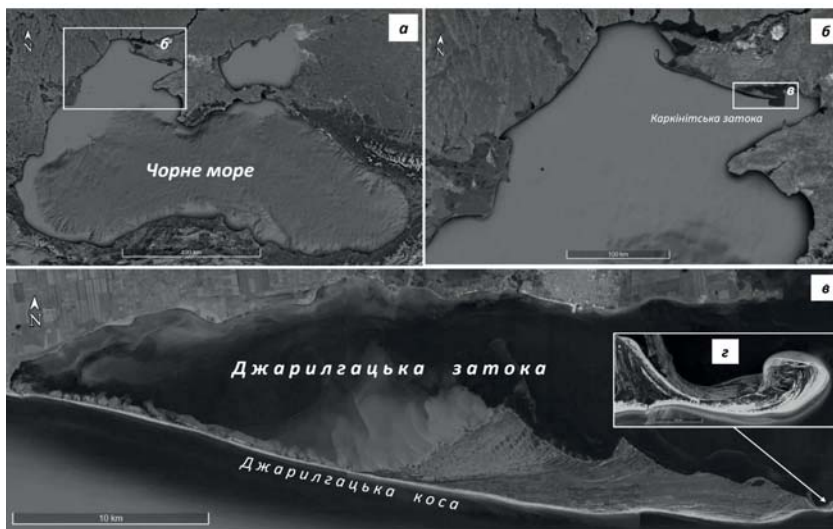


Рис. 1. Географічне розташування Джарилгацької коси: а – в межах Чорного моря; б – в північно-західній частині Чорного моря; в – зовнішній вигляд коси; з – дисталь коси (розроблено на базі ресурсу Google Earth).

У прикореневій частині коси, виникає та певний період часу функціонує прорва, наявність якої дозволяє визначати Джарилгач як острів, або систему островів (за наявності двох або навіть трьох прорв) (Буданов, Іонин, 1953; Зенкович, 1960; Шуйский, Выхованец, 1999). Слід зазначити, що за умов відсутності прорв, Джарилгач визначається як півострів (що саме має місце у другій половині 2022 року).

Генетично Джарилгач є східною частиною берегового бару (Зенкович, 1958; 1960), який після притулення до виступу корінного суходолу зазнав трансформації та перетворився на дві самостійні акумулятивні форми: Тендрівську та Джарилгацьку коси (Давидов та ін., 2018). Відповідно за морфогенетичними рисами Джарилгач являє собою східне «крило» («лопать»), берегової системи «крилатий мис» Тендра – Джарилгач (Зенкович, 1960; Шуйский и др., 2005; Шуйский и др., 2017; Давидов та ін., 2018; Davydov, Zinchenko, 2019).

Джарилгач та Тендра, за гідродинамічним значенням (Haslett, 2009; Buynovich, FitzGerald, 2018), представляють собою береговий бар'єр, який відокремлює від акваторії Чорного моря та Каркінітської затоки, напівізолювані, мілководні затоки.

За морфологічною будовою та динамічними умовами, в межах Джарилгачу виділяється чотири складові частини: прикоренева, вузька, широка та дистальна.

Прикоренева частина представляє собою західну складову коси яка притулена до виступу корінного берегу. За морфологічними рисами відповідна складова, це типовий береговий бар, з високою динамічністю берегової зони. В його межах із певної періодичністю виникають та функціонують прорви (Правоторов, 1966; Котовський, 1992; Шуйський, Выхованец, 1999).

Вузька частина – це також типовий береговий бар, з тильної боку якого, розвинуті вторинні коси. Процес формування прорв носить епізодичний характер, а їх функціонування не тривале, але в той же час на поверхні коси мають місце промиви та конуси перехлюпування. В історичний час в межах цієї частини існувало декілька прорв, внаслідок чого береговий бар перетворювався на острівний та мав вигляд системи бар'єрних островів (Буданов, Іонин, 1953; Зенкович, 1960; Правоторов, 1966; Шуйський, Выхованец, 1999; Buynovich, FitzGerald, 2018).

Широка частина представляє собою складне утворення, в структурі якого виділяються різновікові дистальні генерації, які зазнали певної зміни внаслідок впливу штормових нагонів, перехлюпувань та еолових процесів (Правоторов, 1966; Котовський, 1992).

Дисталь Джарилгачу представляє собою крайню східну частину коси, яка зовні має форму гачка (рис. 1 з) та складається із різних за генезисом та віком берегових форм рельєфу. Безпосередньо до дисталі примикає підводна мілина, яка характеризується значним звалом глибин, що свідчить про проградацію тіла коси (Зенкович, 1962). Обрис та динамічні умови дисталі зумовлені взаємодією вздовжберегового та поперечного транспорту наносів, на фоні ускладнених людиною умов берегової зони. Слід зазначити, що єдиної точки зору на умови розвитку дисталі не існує.

За В. П. Зенковичем (Зенкович, 1958; 1960), в районі оголовку Джарилгачу розташована ділянка часткового розвантаження вздовжберегового потоку наносів, в межах якої проявляється видовження тіла коси в бік моря. Представлений потік огинає дисталь та продовжує рухатись вздовж тильного берегу коси, поступово розвантажуючись та сприяючи формуванню вторинних кос.

У роботі І. М. Котовського (1992), наведені результати картографічного аналізу району дисталі Джарилгачу (рис. 2), які свідчать про стійку тенденцію до розмиву фронтального берегу та видовження тіла коси у східному напрямку.

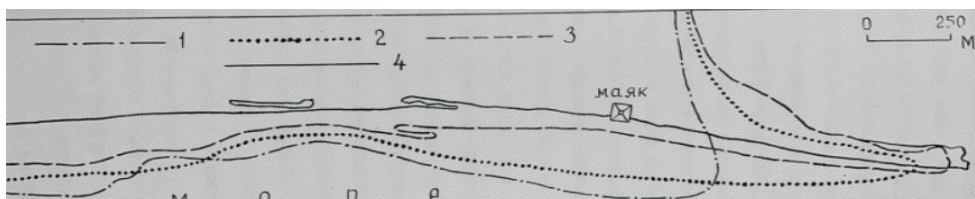


Рис. 2. Схема динаміки берегу і межам дистальної кінцівки коси Джарилгач. Берегові лінії: 1–1900 р.; 2–1946; 3–1966 (Правоторов, 1966); 4–1990 (Котовский, 1992).

В той же час, в роботі відповідного науковця представлена думка про сезонно-реверсивний характер потоку наносів. В теплий період року в межах оголовку проявляється розвантаження потоку та відбувається проградація коси. В холодний період, в межах дисталі виникає протилежний за спрямуванням потік, який зумовлює розмив тіла коси.

В публікаціях одеських науковців (Шуйский, Выхованец, 2005; Шуйский и др., 2017) зазначено, що специфіка розвитку Джарилгацької коси пов'язана із існуванням двох потоків наносів, які виникають в районі дисталі та спрямовуються на захід, як вздовж фронтального так і тильного берегів.

МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження морфологічних та морфодинамічних особливостей дисталі Джарилгачу використовувався комплексний підхід, який базувався на аналізі, порівнянні та систематизації матеріалів польового геоморфологічного нівелювання, GPS-фіксації положення берегових форм рельєфу, аналізу супутникових знімків та Глобального дистанційного моніторингу пляжів (Luijendijk et. al., 2018).

Вздовж дисталі коси, в межах найбільш типових ділянок берегової зони було закладено п'ять стаціонарних реперів. Щорічно, використовуючи оптичний нівелір GEO-FENNELFAL 32, здійснювалось повторне нівелювання поверхні коси, з прив'язкою до закладених реперів. Для визначення загальних тенденцій динаміки берегової зони, вздовж всього периметру дисталі, систематично проводилась фіксація положення берегової лінії, за допомогою GPS приймача Garmin eTrex 10.

Аналіз морфологічних умов поверхні дисталі Джарилгачу здійснювався завдяки дослідженню фото та відео матеріалів, отриманих під час зйомки з ква-

дрокптеру DJI Mini 2 Fly More Combo (висота зйомки до 120 м) та БПЛА (висота зйомки до 400 м). Отримані матеріали GPS – фіксації та аеро-фото зйомки, порівнювались із супутниковими знімками з інформаційних сервісів *Google Earth* та *Land Viewer* та матеріалами Глобального дистанційного моніторингу пляжів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Морфологічні умови дисталі. Дисталь має подібну до гачка форму, що зумовлено специфікою проявлення гідро- та літодинамічних умов вздовж її контуру. Площа дисталі дорівнює 48,3 га, при довжині берегової лінії біля 4,1 км (за вимірюваннями 2021 року). В межах дисталі за морфологічною будовою виділено три складові частини: *трикутна основа, перешийок та розширений оголовок* (рис. 3).

Трикутна основа представляє собою найбільш складну частину дисталі, яка сформована різними за генезисом та віком береговими валами (рис. 3 *a*). В межах основи найбільшу площу займають генерації давніх штормових валів, які витягнуті із південного сходу на північ-північний-захід (рис. 3 *a*₁). Аналіз аеро-фото та космічних знімків відповідної частини коси, наводить на думку, що відповідні вали сформувалися на місці давньої прорви, спричинивши її закриття.



Рис. 3. Морфологічна будова дисталі Джарилгачу: *a* – трикутна основа: *a*₁ – давні генерації берегових валів, *a*₂ – берегові вали притуленої коси; *a*₃ – сучасні берегові вали та еолові форми; *b* – перешийок; *v* – розширений оголовок: *v*₁ – морські берегові вали оголовку, *v*₂ – петлевидана коса (розроблено на базі ресурсу *Google Earth*).

Розташована на північному сході притулена коса, сформувалася в зоні часткового розвантаження вторинного вздовжберегового потоку наносів та складена молодими штормовими береговими валами (рис. 3 *a*₂). Вздовж морської частини основи розташовані залишки антропогенних споруд, між якими витягнутий сучасний береговий вал (рис. 3 *a*₃).

Перешийок являє собою найбільш вузьку частину дисталі (рис. 3 б), в його межах берегові вали перекриті конусами виносу штормових перехлюпувань з морського боку та штормовими валами із боку затоки. Наявність відповідних берегових форм зумовлює пологоввігнутий характер поверхні коси. Вздовж морського берегу проявляються деструктивні процеси, які зумовлюють існування уступів розмиву та значних ухилів поверхні пляжу (рис. 4 в, г).

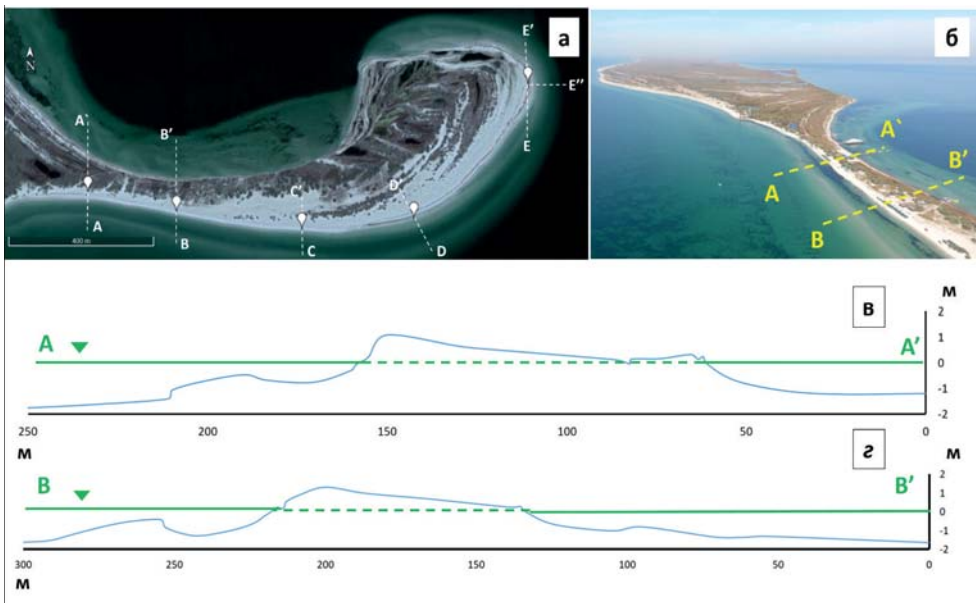


Рис. 4. Морфологічні умови перешийку: а – розташування реперів; б – спрямування профілів; в – морфологія поверхні в межах профілю А–А'; г – морфологія поверхні в межах профілю В–В' (розроблено на базі ресурсу Google Earth; фото Давидова О.).

Розширений оголовок представляє собою дуже динамічну складову, в межах якої домінують процеси акумуляції та проградації, а ерозійні мають лише епізодичний та сезонний характер. За морфологічною будовою поверхня оголовку представлена системою різновікових берегових валів та міжвалових улоговин, дугоподібної форми (рис. 5 б).

В межах оголовку виділяються південно-східна (рис. 3 в₁) та північно-західна (рис. 3 в₂) частини. В основі південно-східної складової лежать берегові вали та улоговини сформовані штормовими хвилями Каркінітської затоки. Північно-західна частина представляє собою притулену петлеподібну косу, яка складена із берегових валів та улоговин сформованих хвилями Джарилгацької затоки. Розташовані між валами лагуни, утворилися в результаті висунення в бік затоки нових генерацій коси. Лагуни періодично, під час штормових нагонів, заповнюються морськими водами, разом з якими надходять мушлєві, фітогенні та мулисті відклади, що разом сприяє аградації.

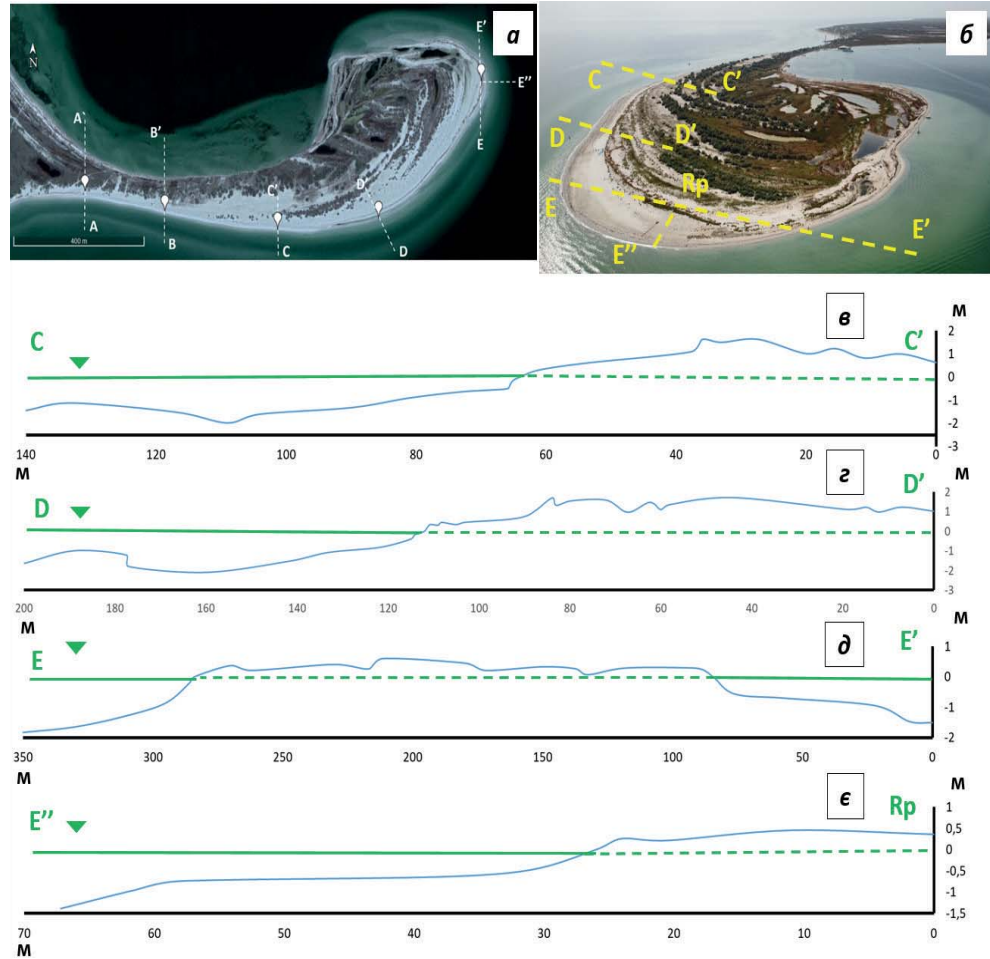


Рис. 5. Морфологічні умови розширеного оголовку:
 а – розташування реперів; б – напрямки закладених профілів; в – морфологія поверхні в межах профілю С – С'; г – морфологія поверхні в межах профілю D – D'; д – морфологія поверхні в межах профілю E – E'; е – морфологія поверхні в межах профілю E'' – Rp (розроблено на базі ресурсу Google Earth; фото Давидова О.).

Морфодинамічні риси. Як було зазначено раніше, в межах дистальних кінцівок, можливо проявлення трьох динамічних сценаріїв: проградація, динамічна стабільність та ретроградація.

Для визначення динамічних тенденцій розвитку дисталі Джарилгачу, нами був проведений аналіз матеріалів польової зйомки, супутників знімків та матеріалів GPS-фіксації (рис. 6). Отримані результати аналізу ми порівняли із матеріалами Глобального дистанційного моніторингу пляжів (рис. 7 за Luijendijk et. al., 2018). Результати аналізу та моніторингу, дозволяють стверджувати, що вздовж контуру дисталі проявляються різні динамічні тенденції.

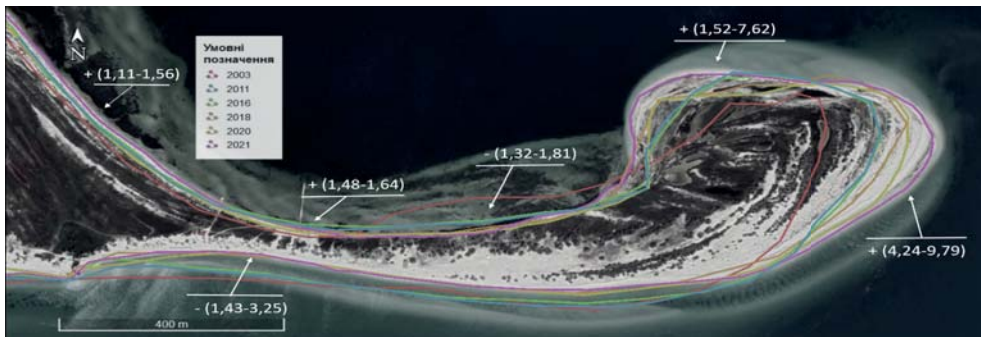


Рис. 6. Динамічні тенденції положення берегової смуги дисталі коси Джарилгач за період з 2003 по 2021 рр., за результатами аналізу супутникових знімків та аналізів GPS-фіксації (розроблено на базі ресурсу Google Earth).

Трикутна основа дисталі (з боку Джарилгацької затоки), розвивається в умовах акумуляції, що призводить до проградації берегової лінії в бік затоки. За матеріалами аналізу супутникових знімків та даних GPS-фіксації, швидкість висунення знаходиться в межах від 1,11 до 1,56 м/рік (рис. 6, за період 2003–2021 рр.). За даними Глобального дистанційного моніторингу (рис. 7 а), показники проградації знаходяться в межах від 0,2 до 3,3 м/рік (за період 1985–2015 рр.).

Кількісні показники динаміки морського боку основи визначити складно, оскільки на березі наявні залишки господарських будівель та має місце стихійний захист берегу. Слід зазначити, що історико-картографічний аналіз та вивчення деяких фотоматеріалів середини ХХ століття, вказують на активний розмив цієї частини коси (рис. 2).

Вздовж морського берегу перешийка, проявляються активні ерозійні процеси та відбувається реградація берегової лінії. За результатами аналізу матеріалів польових досліджень, швидкість розмиву змінюється від 1,2 до 1,6 м/рік (за період 2019–2021 рр.). Дистанційні дослідження та матеріали GPS-фіксації, вказують на ерозію берегу зі швидкістю від 1,43 до 3,25 м/рік (рис. 6), в той час як за даними Глобального дистанційного моніторингу пляжів, відповідна швидкість знаходиться в межах від 1,6 до 1,9 м/рік (рис. 7 в).

Динамічна ситуація вздовж тильного берегу перешийку носить більш складний характер. Центральна та західна частина характеризується проградацією берегової лінії, зі швидкостями 1,48–1,64 м/рік (рис. 6, за даними GPS-фіксації) та 0,2–1,1 м/рік (за даними Глобального дистанційного моніторингу пляжів). В межах східної частини проявляється ерозія, зі швидкостями 1,32–1,81 м/рік (рис. 6), або 1,2–1,5 м/рік (за даними Глобального дистанційного моніторингу пляжів, рис. 7 б).

Вздовж більшої частини розширеної кінцівки мають місце стійкі акумулятивні процеси, які спричиняють висунення тіла коси в східному напрямку (зі швидкостями від 4,24 м до 9,79 м/рік) та у північному та північно-західному напрямку (зі швидкостями від 1,52 до 7,62 м/рік) (рис. 7). Наведені кількісні параметри є результатом аналізу матеріалів польових досліджень, GPS-фіксації

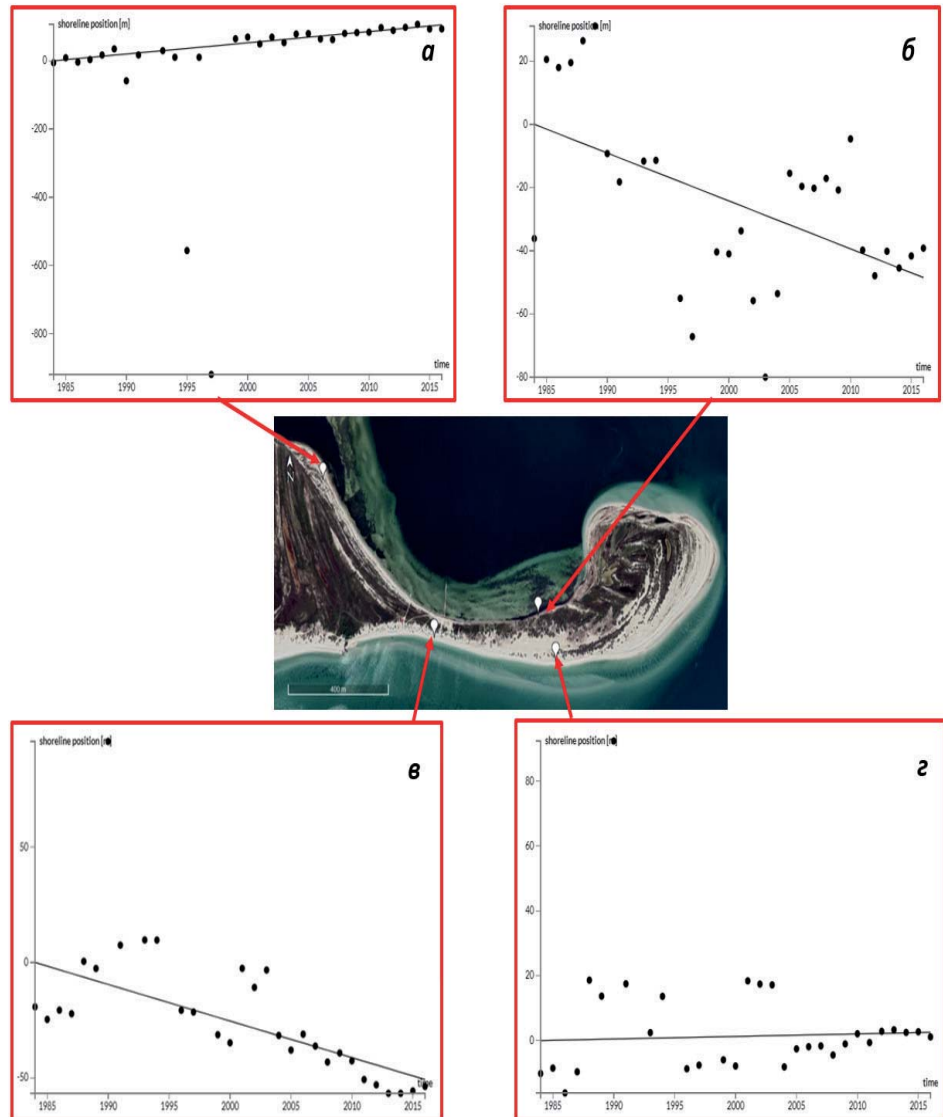


Рис. 7. Тенденції розвитку берегових процесів в межах дисталі коси Джарилгач, за даними Глобального дистанційного моніторингу (Liijendijk et. al., 2018):
 а – район вторинної притуленої коси; б – тиловий бік перешийку;
 в – фронтальний бік західної частини перешийку;
 г – фронтальний бік східної частини перешийку.

та співставлення супутникових знімків. В матеріалах по глобальному моніторингу, дані по динаміці відповідної частини дисталі не наведені.

Представлені в роботі кількісні параметри динаміки дисталі, вказують на специфічні умови її розвитку, за яких вузька частина активно розмивається, а розширена збільшується та висувається в бік моря. Слід зазначити, що подібні умови, також мали місце в районах дистальних кінцівок кос Бакальська (Чорне море) та Обитічна (Азовське море). В результаті звуження, на місці перешийка були сформовані прорви, а оголовки перетворилися на острова (рис. 8).



Рис. 8. Хронологія прориву дистальних кінцівок: а – Бакальська коса (Чорне море); б – г – формування та еволюція прорви в тілі коси; д – Обитічна коса (Азовське море); е – ж – формування та еволюція прорви в тілі коси (розроблено на базі ресурсу Google Earth).

ВИСНОВКИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Наведені в публікації матеріали, представляють собою перший досвід комплексного дослідження морфологічної будови та динамічних тенденцій розвитку дисталі коси Джарилгач. На наш погляд, дисталь будь-якої вільної берегової акумулятивної форми, представляє собою її морфологічну складову, яка максимально віддалена від місця притулення форми до корінного берегу. Зовні віддаленість має вигляд мису з прилеглою мілиною, які висунуті в бік морської акваторії. У динамічному відношенні дисталь представляє собою активну складову, яка є індикатором сучасних умов розвитку всієї берегової форми. За особливостями пануючих берегових процесів, дисталі поділяються на проградацийні, динамічно-стабільні та ретроградацийні.

Дисталь Джарилгачу представляє собою крайню східну частину коси, яка зовні має форму гачка та складається із різних за генезисом та віком берегових форм рельєфу. Вздовж фронту дисталі поширений незначний за розмірами підводний вал, що переходить у міліну, яка характеризується значним звалом глибин, що є свідченням проградації коси.

За морфологічною будовою в межах дисталі виділяється три складові: трикутна основа, перешийок та розширений оголовок. Трикутна основа представлена різними за віком береговими валами, які мають діаметрально протилежну спрямованість, із подібними формами широкої частини Джарилгачу. Різнострамована орієнтація представлених валів, дозволяє висунути ідею про існування в цьому районі протоки, яка розділяла собою дві різні акумулятивні форми, або прорви, яка розривала єдину акумулятивну форму. За таких умов, в основі дисталі Джарилгачу можуть лежати залишки іншої акумулятивної форми, а сучасна переддистальна частина є місцем з'єднання двох різних кос.

Дистальний перешийок та розширений оголовок, представляють собою нові генерації Джарилгачу, які були сформовані за останні сто років (рис. 2). Ввігнутий та асиметричний характер поверхні перешийка вказує на домінуюче морфогенетичне значення розмиву та штормового перехлюпування. Структура розширеного оголовку представлена дугоподібними генераціями сучасних берегових валів, міжвалових знижень та подекуди лагун. Наявність відповідних форм рельєфу дозволяє стверджувати про домінуюче морфогенетичне значення акумулятивних процесів, при формуванні відповідної частини дисталі.

Морфологічні риси та наведені динамічні тенденції розвитку дисталі, вказують на певні зміни літодинамічних умов вздовж фронтального берегу коси. Отримані результати дозволяють стверджувати, що дисталь Джарилгацької коси не є зоною розвантаження єдиного вздовжберегового потоку наносів. Про це насамперед свідчить морфологія підводного схилу дисталі, в межах якого розташований лише один локальний підводний вал, який не пов'язаний з подібними утвореннями поширеними вздовж фронту коси. На нашу думку, ділянка розвантаження потоку розташована на відстані 1,2–1,4 км на захід від маяку, в межах переддистальної частини широкого Джарилгачу. В межах цієї складової коси знаходиться асиметрична акумулятивна тераса, вздовж берегу якої з певною послідовністю притуляються три підводні вали.

В межах дисталі ми також не знайшли свідчень зародження потоку наносів, спрямованого в західному напрямку. Ділянка розмиву, в межах дистального перешийку, незначна за розмірами та в західному напрямку вона обмежена виступом із залишків антропогенної будівлі. На захід від залишків, вздовж берегу мають місце незначні за довжиною ділянки розмиву, які обмежені акумулятивною терасою. Морфологія тераси та прилеглої мілководдя вказують на східний перенос прибережно-морських наносів.

Представлені матеріали дозволяють стверджувати, що розвиток дисталі коси Джарилгач відбувається на фоні трансформованих людиною літодинамічних умов. Наявність вздовж фронтального берегу системи Тендра – Джарилгач активних берегозахисних споруд, суттєво знижує потужність вздовжберегового потоку наносів. За таких умов, хвильова енергія витрачається не лише на

перенесення наносів вздовж фронтального берегу системи, значна її кількість спрямовується на розмив тіла коси (за правилом Шуйського).

Слід також зауважити, що фронтальний берег Джарилгачу відкритий до впливу хвиль різних румбів, а це створює умови для проявлення частих зрушень наносів у діаметрально протилежних напрямках. У зв'язку з цим вздовж-береговий транспорт наносів має пульсуючий характер, а саме тому значна за об'ємом кількість наносів не завжди доходять до дисталі. Враховуючи відповідні умови, ми вважаємо, що тенденції до проградації дисталі, зумовлені функціонуванням локальної літодинамічної комірки, яка проявляється від фронтальної частини перешийка до петлеподібної коси в межах тильного боку дисталі.

ПОДЯКИ

Автори публікації висловлюють щирю подяку професору Шуйському Ю. Д. та доценту Муркалову О. Б. (обидва ОНУ ім. І. І. Мечникова, Україна), а також професору Буйневичу І. В. (університет Темпл, США), за конструктивні зауваження та поради, які були враховані під час написання відповідної статті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Buynevich, I. V., FitzGerald, D. M.* Barrier Island Landforms / Finkl C. W., Makowski C. (Ed.), Encyclopedia of Coastal Science (pp. 1–10). Springer International Publishing, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_367-1
- 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
- Davydov, O., Zinchenko M.* 2019. The “Winged Foreland” Abrasion-Accumulative Systems. New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”. p. 302–327.
- Finkl, C. W., Makowski, C.* (Ed.). Encyclopedia of coastal science. Springer Berlin Heidelberg, 2019.– 1984 p.
- Gudelis, V.* Jūros krantotyros terminų žodynas. Vilnius: Academia, 1993. 408 p.
- Haslett, S. K.* Coastal systems (2nd ed). Routledge, 2009. 218 p.
- Luijendijk, A., Hagenaaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S.* The State of the World's Beaches // Scientific Reports, 8 (1), 2018. pp. 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>
- McBride, R. A., Anderson, J. B., Buynevich, I. V., et al.* (2013). Morphodynamics of barrier systems: a synthesis. In: Shroder, J. (Editor in Chief), Sherman, D.J. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 10, Coastal and Submarine Geomorphology, pp. 166–244, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00279-7>
- 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
- Schwartz, M. L.* (Ed.). Encyclopedia of coastal science. Springer. 2005. 1211 p.
- Zanutigh, B.* (Ed.). Coastal risk management in a changing climate. Butterworth-Heinemann, 2015. 638 p.
- Буданов В.И., Ионин А.С. Аккумулятивные формы и динамика берегов // Природа.– № 5.– С. 108–111.
- Горячкин Ю.Н., Удовик В.Ф., Харитонов Л.В. Оценки параметров потока наносов у западного берега Бакальской косы при прохождении сильных штормов в 2007 году // Морской гидрофизический журнал.– 2010.– № 5.– С. 42–51.
- 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.]
- 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.

- Зенкович В. П. Берега Черного и Азовского морей. – Москва: Географгиз, 1958. 371 с.
- Зенкович В. П. Морфология и динамика советских берегов Черного моря. Т. II (Северо-западная часть). – Москва: АН СССР, 1960. 216 с.
- Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. Москва: АН СССР, 1962. 710 с.
- Котовский И. Н. Морфология и динамика берегов Черного моря в пределах Херсонской области УССР. Автореф. дисс. ... канд. геогр. наук: 11.00.04. Киев, 1991. 19 с.
- Морская геоморфология. Терминологический справочник. Береговая зона: Процессы, понятия, определения / под ред. Зенковича В. П., Попова Б. А., Москва: Мысль, 1980. – 280 с.
- Правоторов И. А. 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, 1966. – 324 с.
- Шуйский Ю. Д. Проблема исследования баланса наносов в береговой зоне морей. Ленинград: Гидрометиздат, 1986. 240 с.
- Шуйский Ю. Д. История развития и методология береговедения: монография. – Одесса: Астропринт, 2018. 448 с.
- Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В. Про динаміку гирл, розташованих крізь берегові акумулятивні форм на узбережжі Чорного моря // Ерозія берегів Чорного і Азовського морів. Київ: Карбон-ЛТД, 1999. С. 44–48.
- Шуйский Ю. Д., Вихованець 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.
- Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Панкратенкова Д. О., Тимченко А. И. Закономерности распределения различных фракций наносов на пляжах северного берега Каркинитского залива, Черное море // Архивариус. Часть 2. 2017. С. 5–18.
- Шуйський Ю. Д. Типи берегів Світового океану. Одесса: Астропринт, 2000. 480 с.

REFERENCES

- Buynovich, I. V., FitzGerald, D. M. (2018). Barrier Island Landforms. C.W. Finkl, C. Makowski (Ed.), *Encyclopedia of Coastal Science* (pp. 1–10). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_367-1
- Church, J. A. (2019). Sea-Level and Climate Change. In: Finkl, C.W., Makowski, C. (eds) *Encyclopedia of Coastal Science*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93806-6_382
- Davydov, O., Zinchenko M. (2019). The “Winged Foreland” Abrasion-Accumulative Systems. *New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors. 7th ed.* Riga, Latvia: “Baltija Publishing”: 302–327.
- Finkl, C. W., Makowski, C. (Ed.). (2019). *Encyclopedia of coastal science*. Springer Berlin Heidelberg: 1984.
- Gudelis, V. (1993). *Jūros krantotyros terminų žodynas [A Glossary of Coastal Research Terms]*. Vilnius, Academia. 408. [In Lithuanian].
- Haslett, S. K. (2009). *Coastal systems* (2nd ed). Routledge. 218.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, 8(1), 6641. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>
- McBride, R. A., Anderson, J. B., Buynovich, I. V., et al. (2013). Morphodynamics of barrier systems: a synthesis. In: Shroder, J. (Editor in Chief), Sherman, D. J. (Ed.), *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 10, Coastal and Submarine Geomorphology, 166–244, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00279-7>
- Mörner, N. A. (2017). Coastal Dynamics. In: Finkl, C., Makowski, C. (eds) *Encyclopedia of Coastal Science*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_374-1
- Budanov, V. I., Ionin, A. S. (1953). Akkumulyativnye formy i dinamika beregov [Accumulative forms and coastal dynamics]. *Priroda*. № 5. 108–111. [In Russian].
- Schwartz, M. L. (Ed.). (2005). *Encyclopedia of coastal science*. Springer.
- Zanuttigh, B. (Ed.). (2015). *Coastal risk management in a changing climate*. Butterworth-Heinemann.
- Budanov, V. I., Ionin, A. S. (1953). Akkumulyativnye formy i dinamika beregov [Accumulative forms and coastal dynamics]. *Priroda*. № 5. 108–111. [In Russian].

- Davidov, O. V., Kotovskiy, I. M., Tsiomashko, O. V., Gerasimchuk, A. M. (2018). Analiz morfogenetichnikh osoblivostey kosi-ostrova Dzharylghach [Analysis of morphogenetic features of the Dzharylghach spit-island]. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical Sciences*: № 8. 169–176. [In Ukrainian].
- Davydov, O. V., Kotovsky, I. M., Roskos, N. O., Zinchenko, M. O. (2018). Osoblyvosti evoliutsii vzdovzhberhevoi litodynamichnoi systemy Tendra-Dzharylghach v umovakh antropohennoho peretvorennia [Peculiarities of evolution along the Tendra-Dzharylghach coastal lithodynamic system under conditions of anthropogenic transformation]. *Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Geographical Sciences*: 9. 105–110 [In Ukrainian].
- Zenkovich, V. P. (1958). *Berega Chernogo i Azovskogo morey [The shores of the Black and Azov seas]*. Moskva: Geografiz, 371. [In Russian].
- Zenkovich, V. P. (1962). *Osnovy ucheniya o razvitii morskikh beregov [Fundamentals of the doctrine of the development of sea coasts]*. Moskva, AN USSR. 710. [In Russian].
- Zenkovich, V. P. (1960). *Morfologiya i dinamika sovetskikh beregov Chernogo morya. T. II (Severo-zapadnaya chast) [Morphology and dynamics of the Soviet shores of the Black Sea. T. II (Northwestern part)]*. Moskva, AN USSR. 216. [In Russian].
- Goryachkin, Yu. N., Udovik, V. F., Kharitonova, L. V. (2010). Otsenki parametrov potoka nanosov u zapadnogo berega Bakalskoy kosy pri prokhozhenii silnykh shtormov v 2007 godu [Estimates of sediment flow parameters near the western coast of the Bakalskaya Spit during severe storms in 2007]. *Marine Hydrophysical Journal*. 5. 42–51. [In Russian].
- Kotovskiy, I. N. (1991). *Morfologiya i dinamika beregov Chernogo morya v predelakh Khersonskoy oblasti USSR [Morphology and dynamics of the Black Sea coasts within the Kherson region of the Ukrainian SSR]*. Kiev: Institut geografii AN Ukrainy, 19 p. [In Russian].
- Morskaya geomorfologiya. Terminologicheskii spravochnik. Beregovaya zona: Protsessy, ponyatiya, opredeleniya [Marine Geomorphology: Terminological Reference. Coastal zone: processes, concepts, definitions]*. (1980). Zenkovich V.P., Popov B.A. (Ed.). Moscow: Mysl', 280 p. [in Russian].
- Pravotorov, I. A. (1966). *Geomorfologiya lagunnogo poberezhya severo-zapadnoy chasti Chernogo morya (Issledovanie evolyutsii beregovykh form s pomoshchyu gidrometeorologicheskogo metoda) [Geomorphology of the lagoon coast of the northwestern part of the Black Sea (Study of the evolution of coastal forms using the hydrometeorological method)]*. Dissertations for the degree of candidate of geographical sciences. Moscow, 324. [In Russian].
- Shuiskiy, Y. D., Vykhoanets, G. V. (1999). Pro dinamiku hyrl, roztashovanykh kriz' berehovi akumulativny form na uzberezhzhi Chornoho moria [About the dynamics of inlets located through coastal accumulative forms on the Black Sea coast]. *Erosion of the shores of the Black and Azov seas*. Kyiv, 44–48. [In Ukrainian].
- Shuisky, Yu. D. (1986). *Problema issledovaniya balansu nanosov v beregovoy zone morey [The problem of studying the balance of sediments in the coastal zone of the seas]*. Leningrad, 240. [In Russian].
- Shuisky, Yu. D. (2018). *Istoriya razvitiya i metodologiya beregovedeniya: monografiya [History of development and methodology of coastal research: monograph]*. Odessa: Astroprint, 448.
- Shuisky, Yu. D. (2000). *Tipi beregiv Svitovogo okeanu [Types of coasts of the World Ocean]*. Odessa: Astroprint, 480.
- Shuisky, Yu. D., Vykhoanets, G. V., Borisevich, T. D. (2005). *Sovremennaya dinamika abraziionnykh i akumulativnykh form beregovoy sistemy «Tendra – Dzharylghach» na poberezhze Chernogo morya [Modern dynamics of abrasion and accumulative forms of the coastal system «Tendra-Dzharylghach» on the Black Sea coast]*. *Fal'tsfeynivski chitannya: Zb. nauk. prats. T. II*. 270–278.
- Shuisky, Yu. D., Vykhoanets, G. V., Pankratenkova, D. O., Timchenko, A. I. (2017). *Zakonomernosti raspredeleniya razlichnykh fraktsiy nanosov na plyazhakh severnogo berega Karkinit'skogo zaliva, Chernoe more [Patterns of distribution of different sediment fractions on the beaches of the northern shore of the Karkynitsky Bay, Black Sea]*. *Arkhivarius. Chast 2*. 5–18.

Надійшла 02.12.2022

O. V. Davydov ^{1,2,3}

I. M. Kotovskyi ¹

Yu. Yu. Onoyko ⁴

S. V. Simchenko ¹

¹ Department of Geography and Ecology, Kherson State University, str. Shevchenko, 14, Ivano-Frankivsk, 76018, Ukraine.

² Scientific department of the National Nature Park “Biloberezhya Svyatoslava”, Lotsmanska Street, 3. Ochakiv, 57508, Ukraine.

³ The laboratory of geocological research, Nature Research Center, str. Akademii, 2, Vilnius, LT-08412, Lithuania.

⁴ Department of Natural Sciences and Methods of Their Education, Central Ukrainian State Pedagogical University named after Volodymyr Vinnichenko, str. 1 Shevchenko St., Kropyvnytskyi, 25000, Ukraine

SURFACE MORPHOLOGY AND DYNAMICS COASTLINE OF THE DZHARYLHACH SPIT DISTAL END

Abstract

Introduction. Dzharylhach spit is the largest accumulative form within the Black Sea coast. Erosion processes have appeared along the front of the spit, which in certain local areas (“hot spots”) are quite dangerous and can cause the spit’s body breaks. Within Dzharylgach, “hot spots” are located in the proximal and distal parts. The Dzharylhach distal end is an important recreational facility that hosts tens of thousands of vacationers every year. The breach formation within the distal end will make its recreational use impossible, which in turn will lead to significant negative changes in the economic sector of the southern region of Ukraine. That is why the study of the morphological and morphodynamic conditions of the Dzharylhach distal end is relevant and has a very important economic emphasis.

Research aim is to determine the modern morphological and morphodynamic conditions of the Dzharylgach spit distal part development, based on the materials of field and remote studies.

Following *research objectives* would facilitate the achievement of this aim: a) to define the distal end concept and to describe the morphodynamic diversity of the accumulative forms’ corresponding component; b) to analyze the morphological conditions of the Dzharylhach spit distal end and to determine its constituent parts; c) to determine the quantitative parameters of the coast’s dynamics within the distal end based on the materials of field research, GPS-fixation of coastal landforms and analysis of satellite images of different ages; d) to compare the results of remote sensing with the materials of the Global monitoring of beaches and determining the morphodynamic trends of the Dzharylhach spit distal end development.

Research object is the Dzharylhach spit distal end. *Research subject* is the morphological and morphodynamic conditions of the Dzharylhach distal end development.

Research methodology. A comprehensive approach was used to study the morphological and morphodynamic features of the Dzharylhach distal end, which was based on the analysis, comparison, and systematization of field geomorphological leveling materials, GPS-fixation of the coastal landforms position, analysis of satellite images and Global remote monitoring of beaches.

Research results. The distal end of any free coastal accumulative form is its morphological component, which is as far as possible from the place where the form leaned against the bedrock coast. From the outside, the distal end has the appearance of a cape with an adjacent shoal, which protrudes towards the seawater area. In dynamic terms, the distal end is the most active component, which is an indicator of the modern conditions of the entire coastal form development. According to the features of coastal processes taking place within the distal end, they are divided into progradational, dynamic-stable and retrogradational.

The Dzharylhach distal end represents the extreme eastern part of the spit, which has the shape of a hook on the outside and consists of coastal landforms of different genesis and age. An underwater shaft of small size is spread along the distal end front, which passes into a shoal, characterized by a significant drop in depth, which indicates the progradation of the spit's body.

According to the morphological structure, three components are distinguished within the distal end: a triangular base, an isthmus, and an expanded headland. Offshore bars of different ages are located within the triangular base. The ancient offshore bars are oriented from the southeast to the north-northwest, that is, they have a diametrically opposite direction with similar forms of the wide part of Dzharylhach.

The distal isthmus and expanded headland are new Dzharylhach generations, which were formed over the last hundred years. The surface of the isthmus has a concave character, which is due to the presence of fans of overwashes and splashes. Arc-shaped generations of modern offshore bars and swales, as well as lakes of lagoon origin represent the extended distal end.

The quantitative parameters of the distal end dynamics presented in the work indicate the specific conditions of its development, under which the narrow part is actively eroded, and the expanded part increases and moves towards the sea. It should be noted that similar conditions also took place in the areas of the distal extremities of the Bakalska (the Black Sea) and Obytichna (the Sea of Azov) spits. Because of the narrowing, breaches were formed at the site of the isthmus, and the headlands turned into islands.

Conclusions. Morphological features and morphodynamic trends of the distal end testify to the transformation of lithodynamic conditions within its limits. The presented studies allow us to state that the indicated distal end is not the discharge zone of a single alongshore flow of sediments directed from west to east. This is primarily evidenced by the morphology of the distal end underwater slope, within which there is only one local offshore bar, which is not connected with similar formations spread along the front of the spit.

The Dzharylhach spit distal end development is due to the interaction of alongshore and transverse sediments transport, which are manifested against the background of human-complicated conditions of the coastal zone. In our opinion, there are two local lithodynamic cells within the distal: frontal and rear. The front one is characterized by the transport of debris material from the front of the isthmus to the loop-shaped spit, and the rear one is from the back side of the isthmus towards the leaned spit.

According to the morphological structure, three components are distinguished in the distal part: a triangular base, an isthmus, and an expanded head. The presented materials allow us to assert that the development of the distal Dzharylhach Spit is caused by the interaction of alongshore and transverse transport of sediments, which are manifested against the background of human-complicated conditions of the coastal zone.

Key words: distal end, spits, morphology, erosion, alongshore flow, morphodynamics.