

УДК 551.435 (262.5)

DOI: 10.18524/2303–9914.2024.1(44).305374

Ю. Д. Шуйський, д. геогр.н., професор,

Г. В. Вихованець, д. геогр.н., професор,

О. О. Стоян, к. геогр.н., доцент

кафедра фізичної географії, природокористування

та ГІС-технологій Одеського національного

університету імені І. І. Мечникова,

вул. Дворянська, 2, м. Одеса, 65082, Україна

physgeo_onu@ukr.net

ЦЕНТРАЛЬНА ЧАСТИНА БЕРЕГОВОЇ ПРИРОДНОЇ СИСТЕМИ ТЕНДРА–ДЖАРИЛГАЧ, УЗБЕРЕЖЖЯ ЧОРНОГО МОРЯ

В теорії загальної геоморфології, у розділі про прибережно-морські процеси на генетичному контакті «суходол – океан», важливе значення надається дослідженням про асоціації рельєфу. На морських узбережжях однією із таких складних геоморфологічних асоціацій є т.з. «крильцеві миси». Вони складаються із поєднаних між собою складних кіс, активних кліфів, типових бенчів, піщаних пляжів та еолових форм. В їх розвитку беруть участь вітрові, морські хвильові, геоботанічні, зоогеографічні, геохімічні та ряд інших факторів. Їх морфологія та динаміка обумовлена літодинамічною взаємодією за впливом єдиного уздовжберегового потоку наносів. Нами виконане дослідження одного з таких крильцевих мисів на узбережжі неприпливного Чорного моря, класичного мису в системі Тендра–Джарилгач. Розглянуті актуальні питання берегозахисту за кілька десятиріч.

Ключові слова: Чорне море, узбережжя, система крильцевого мису, закономірності розвитку, практичні аспекти.

ВСТУП

В теорії загальної геоморфології, у розділі про прибережно-морські процеси на генетичному контакті «суходол – океан», важливе значення надається дослідженням про асоціації рельєфу. На морських узбережжях однією із таких складних геоморфологічних асоціацій є т.з. «крильцеві миси» («winged foreland»). Вони складаються із поєднаних між собою складних кіс, активних кліфів, типових бенчів, піщаних пляжів та еолових форм. В їх розвитку беруть участь вітрові, морські хвильові, геоботанічні, зоогеографічні, геохімічні та ряд інших факторів. Їх морфологія та динаміка обумовлена літодинамічною взаємодією за впливом єдиного уздовжберегового потоку наносів. Нами виконане дослідження одного з таких крильцевих мисів на узбережжі неприпливного Чорного моря, класичного мису в системі Тендра–Джарилгач. Розглянуті

деякі практичні питання. Визначені закономірності розвитку дозволяють застосовувати раціональне природокористування.

Природна система північного узбережжя Чорного моря є класичною формою «крильцевого мису», який складається із абразійної ділянки (Шуйський, 2000). На захід від неї поформувалася Тендрівська коса, а на схід – коса Джарилгач. Взаємодія окремих частин природно-антропогенної системи взагалі визначила певні теоретичні положення у геоморфології та берегознавстві. Тому тема є актуальною, має не тільки практичне, а й теоретичне значення.

Мета нашої роботи: на підставі отриманих матеріалів, виявлених закономірностей, аналізів розвитку класичного крильцевого мису «Тендра–Джарилгач» визначити оптимальне природокористування та шляхи збереження природних ресурсів узбережжя.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Під час наших досліджень були застосовані методи маршрутні та стаціонарні, надводні та підводні, польові описові та інструментальні, картографічні, географічних співставлень, аеро- та космічної дистанційної зйомки, аналітичні. При цьому застосовувалися приладдя для топо-геодезичних робіт, ехолотування підводного схилу моря, літологічні взірцювання та лабораторна обробка даних. Відтак, були отримані та співставлені профілювання акумулятивних та абразійних форм берегового рельєфу, прибережно-морські пересіки у різних частинах крильцевого мису, фракційний склад наносів, описи певних фотовідбитків. Особлива увага була спрямована на ефективність роботи берегозахисних споруд на лобовищі.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Стисла історія досліджень. З робіт Д. У. Джонсона, В. П. Зенковича, О. К. Леонтєва, М. Л. Шварца, П. О. Капліна та ін., вважалося, що розвиток крильцевих мисів відбувався тому, що абразія постачала наноси, які розносилися і на схід, і на захід від центральної абразійної ділянки («лобовища»). Відтак, мова точилася про два різноспрямованих уздовжберегових потоків наносів, що створювало певні підходи до розробки проектів для природокористування (Шуйський та ін., 2005; Davydov, Zinchenko, 2019). Класичним прикладом «крильцевого мису» (*winged-foreland*) є прибережно-морські системи Сенді-Хук і Кейп-Код на Атлантичному узбережжі США. Цей приклад детально описаний в роботах У. А. Девіса (Davis, 1912) та Д. У. Джонсона (Johnson, 1919) та інших представників наукової геоморфологічної школи США у першій половині ХХ ст. Згодом, ряд дослідників (Д. Г. Панов, В. П. Зенкович, П. А. Каплін, А. С. Іюнін, А. І. Халілов та ін.) описали численні приклади цих прибережно-морських утворень на узбережжях кількох морів. Вони вважали, що розвиток крильцевих берегових систем є таким, як їх описав Д. У. Джонсон:

із корінним лобовищем посередку, яке активно абрадується, а на флангах продукти абразії створили дві коси із протилежними напрямками віддальниць кіс. Аналогічні складні абразійно-акумулятивні системи проаналізовані на прикладах Єйського висуванця (із косами Єйська та Камишеватська) на Азовському узбережжі, Бурнаської ділянки (із пересипами Будацьким та Бурнаським на Чорноморському узбережжі), Замландського висуванця (із фланговими косами Вислінською та Куршською на Балтійському узбережжі), тощо. Причому, абразійне лобовище може бути висунутим у море, а може бути вирівняним, причому, зазнавати вплив сучасного суцільного уздовжберегового потоку наносів, як наприклад на ділянках Бурнаському, Сенді-Хук, навіть уздовж західного берега о. Сахалін. Тому треба мати на увазі, що системи Winged-foreland є різноманітними.

Під час досліджень узбережжя Каспійського моря О. К. Леонт'єв зробив подібний опис природної системи Челекен саме у класичному вигляді (рис. 1). На цьому прикладі, за морфологічними показниками можна погодитися із висновками Д. У. Джонсона, але В. П. Зенкович та П. Ф. Бровко підкреслювали, що висновки треба робити після комплексних досліджень, навіть, якщо попередники праві. Окрім геоморфологічних, треба також застосувати гідрометеорологічні, літологічні, антропогенні, балансові та інші методи досліджень крильцевого мису. При збіганні кінцевих результатів тільки за сукупністю методів висновки можуть бути надійними. Саме такий підхід ми застосували під час дослідження прибережно-морської природної системи Тендра–Джарилгач. Якщо його не застосовувати, то результат найчастіше буває некоректним. Але на превеликий жаль, саме до такого результату навіть сьогодні приходять екологи, будівельники, геофізики, геохіміки та ін., хто не керується географічною теорією берегознавства.

Під час робіт для виконання Генеральної схеми протизсувних та протиабразійних міроприємств на узбережжях Чорного моря у межах України виявилось, що у береговому районі Тендра-Джарилгач діє єдиний піщаний уздовжбереговий потік наносів у західному напрямку між дисталями цих кіс (рис. 2), всупереч висновкам О. Давидова та І. Буйневіча (Davydov, Buinevich, 2023). Потік остаточно розпорошується на західній крайці Тендри, наноси скидаються на глибину спаду профілю до 13 м.

Але при цьому ця коса все ж нарощується у довжину, причому показово – із пересічними швидкостями 4–6 м/рік протягом десятків років у природних умовах, коли із початку голоцену зародилися і розвиваються названі коси.

На ці процеси витрачалось близько 350 тис. м³/рік піщаних та чурупкових наносів за підводною та надводною акумуляцією при співставленні пересіків, отриманих у різні роки, та зйомки берегової лінії, у масштабі 1:2000. А це можливо тільки у випадку єдиного Тендра-Джарилгацького уздовжберегового потоку наносів між дисталями двох кіс.

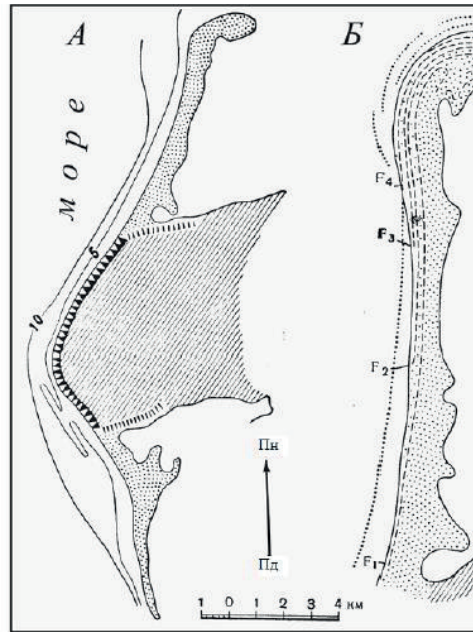


Рис. 1. Провідні риси будови типового (класичного) «крильцевого мису» Челекен на узбережжі Каспійського моря (Туркменістан), у вигляді корінного висуванця («лобовища») та двох протилежно орієнтованих піщано-чурупкових кіс: А – загальний вигляд; 5 і 10 – ізобати, метри; дрібні крапки – на поверхні кіс; Б – детальні контури північної коси Челекена (схема складена О. К. Леонтьєвим).

Разом із тим, певні автори у підсумкових висновках стверджують (Давидов та ін., 2021, с. 22–23), що у межах дисталі коси Джарилгач вони «...не знайшли свідчень зародження потоку наносів, спрямованого в західному напрямку». При цьому, як і деякі інші дослідники, вони не урахували природу вздовжберегового потоку піщаних наносів у умовах підводного схилу малої крутості на прибережному обмілинні. До того ж вкажемо, на ділянці дисталі на ці процеси витрачалося близько 350 тис. м³/рік піщаних та чурупкових наносів за підводною та надводною акумуляцією при співставленні пересіків, отриманих у різні роки, та зйомки берегової лінії, у масштабі 1:2000. А це можливо тільки у випадку єдиного Тендра-Джарилгацького уздовжберегового потоку наносів між дисталами двох кіс.

Разом із тим, деякі автори у підсумкових висновках стверджують (Давидов та ін., 2021, с. 22–23), що у межах дисталі коси Джарилгач вони «...не знайшли свідчень зародження потоку наносів, спрямованого в західному напрямку». При цьому, як і інші дослідники, вони не урахували природу вздовжберегового потоку піщаних наносів у умовах підводного схилу малої крутості на прибережному обмілинні. До того, на ділянці дисталі Тендри біля Тендрівського маяка маємо чіткий геоморфологічний показник напрямку уздовжберегового потоку перед штучною препоною, – притопленим судном «Дельта», яке є аналогом буни (рис. 3). Як можна бачити, заповнюється східний кут входження, а західний кут перебуває у вигляді «дуги розмиву». Така ситуація склалася саме під впливом напрямку Тендрівсько-Джарилгацького потоку наносів із сходу на захід.

В останньому абзаці висновків своєї роботи О. В. Давидов та ін. (2021) допускають певне протиріччя. Ці співавтори розуміли, що протягом одиниці часу (звичайно – рік) зрушення наносів у окремих хвильових посувах різних румбів результативно відбуваються у «діаметрально протилежних напрямках». Але, це повинне підказати, що треба потік наносів розглядати по всій його довжині

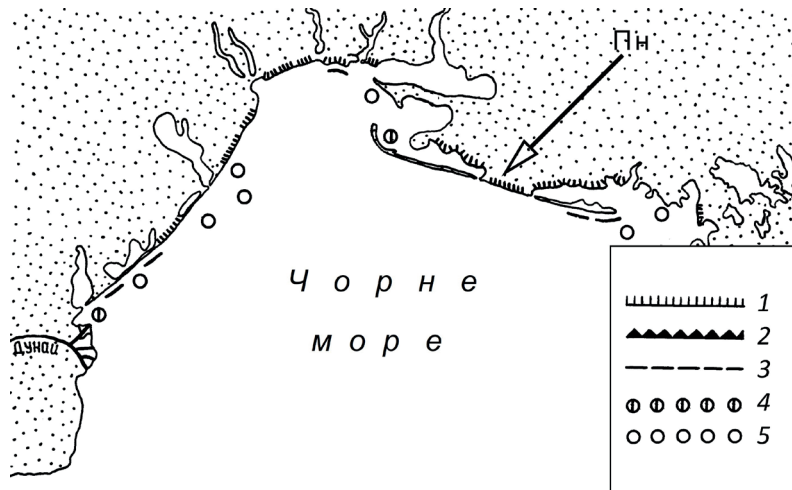


Рис. 2. Схема північних берегів Чорного моря.

Умовні позначення: 1 — абразійні береги різних типів; 2 — денудаційні; 3 — береги, які складені піщаними та піщано-чурупковими наносами; 4 — підводні кар'єри для видобування чурупкової сировини; 5 — те ж саме, будівельних пісків.
Пн — напрямок на північ. Стрілкою вказане досліджене узбережжя (корінне лобовище із наносними косами із боків).



Рис. 3. Берег Тендрівської коси на ділянці розташування маяка, вигляд із заходу на схід. Результативний рух уздовжберегового хвильового потоку заповнює кут входження між береговою лінією та притопленим у вигляді буни судном «Дельта» вказує напрямок потоку із сходу на захід (фото Ю. Д. Шуйського, 1988 р.)

берегів. Якщо так робити, то виявиться, що на протилежному фланзі на дисталі Тендрівської коси акумулюється у кілька разів більше наносів, аніж на дисталі Джарилгацької коси, зважаючи на різні глибини скиду наносів. Про це мова йде також і у дисертації І. М. Котовського (1991). Про це свідчить також і розрахунок балансу наносів в межах даного крильцевого мису, який наведено в роботі Ю. Д. Шуйського та ін. (2005). Важливо, що О. В. Давидов (2004) наводить дані про суттєву абразію берегів під впливом послабленого енергетичного поля в Тендрівській та Джарилгацькій затоках, а це дає можливість співставлення із абразією уздовж відкритого зовнішнього берегу.

Риси морфології та динаміки берегів. Ми виконували багаторічні інструментальні дослідження, взагалі протягом до 30 років у різні роки на 20 ділянках у масштабі 1:1000. Одне із завдань – треба було показати, чи досить абразійних наносів утворюється на «лобовищі» крильцевого мису для створення обох кіс. Лобовище має активний кліф, із загальною довжиною майже 12 км, а висотою переважно до 3–5 м у природному стані. Стаціонарні довгострокові ділянки нами були встановлені біля селищ: Залізного Порту, Більшовика та Лазурного, т.е. на флангах та в центрі абразійного лобовища (Шуйський та ін., 2005). На наведеному типовому прикладі протягом 15 років кліф висотою 3,3 м над рівнем моря відступив на 37 м під впливом штормових вітрових хвиль до активного впливу антропогенного фактору (рис. 4), зокрема – до будівництва довгих бун у Залізному Порту.

Отже, пересічна швидкість абразії становила 2,47 м/рік, а питомий об'єм абразії виявився рівним 8,15 м³/м·рік. Якщо враховувати, що об'ємна маса цієї глинистої породи становить 1,60 т/м³, то значення маси має дорівнювати майже 13 т/м·рік. Воно нами оцінюється як невелике в умовах напруженого хвилю-

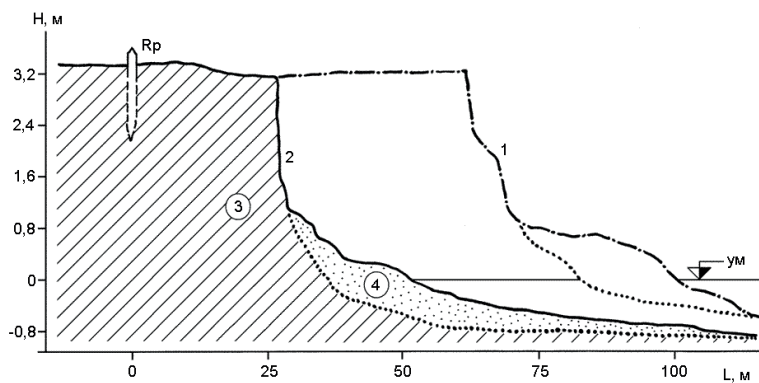


Рис. 4. Абразійний відступ глинистого активного кліфу на Джарилгач-Тендрівському «лобовищі» та синхронна динаміка піщаного притулого пляжу протягом 15 років перед забудовою берегів.

Позначення: 1 – початковий профіль кліфу та бенчу; 2 – кінцевий профіль кліфу та бенчу; 3 – глинисті пізньоплейстоценові породи; 4 – піщаний пляж; Rp – базовий репер на морському березі.

вого поля, із досить низьким літодинамічним значенням взагалі. А до того ж за даними водного аналізу у складі загальної питомої маси глинистих порід у кліфі міститься від 20,7 до 47,3% кількості пляжоутворюючих фракцій. Пересічно за багато років загальна кількість таких фракцій дорівнює $\approx 16700 \text{ м}^3/\text{рік}$ ($\approx 27500 \text{ т}/\text{рік}$), або $1,39 \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{рік}$. Вони надходять до моря із активних кліфів усього лобовища, але цей матеріал розповсюджується між дисталями обох кіс, на протязі майже 140 км (Шуйський та ін., 2005). Але така кількість є мізерною та неефективною. Одним із свідoctв цього є пересічний обсяг притульного пляжа уздовж всього лобовища, що становить $12,7 \text{ м}^3/\text{м}$ у природному вигляді, до втручання антропогенного фактору.

Зрозуміло, що частина пляжоутворюючих фракцій викидається у бік берегу також і з підводного схилу, як було доказано вже давно, а тому це джерело ураховувалося завжди (Давидов, 2004; Шуйський, 2022). На рис. 4 можна бачити поперечну форму підводного схилу. Схил зазнає дію механічної абразії, за зіставленнями пересіків – до глибин 7–9 м на різних ділянках, що разом із відступом кліфів відбувається також і поглиблення підводного схилу на лобовищі. Чим скоріше відступає кліф, чим частіше діють шторми, чим більше пляжових фракцій у складі бенчів, – тим більше наносів приходить до берегової зони моря. Для розрахунків є потрібним пересік, що нами отримувався на всіх трьох частинах лобовища. Але тут використовується пересік там, де отримано значення динаміки кліфу, і він має форму рис. 5. Як можна бачити, у верхній частині крива пересіку складна, несе на собі скульптурний підводний піщаний вал на поверхні глинистих порід, який відділений від пляжу призрізовою ложбиною. Основна частина пересіку є увігнуто-випуклою, що вказує на тенденцію вироблення прибережної абразійної тераси в умовах не дуже суворого хвильового режиму берегової зони (Шуйський, 2000, 2008). Інтегральний напрямок уздовжберегового потоку хвильової енергії – в цілому із сходу на захід.

Тут можна бачити, що у верхній частині крива пересіку складна, несе на собі скульптурний підводний вал на поверхні глинистих порід, який відділений від пляжу призрізовою ложбиною. Основна частина пересіку є увігнуто-випуклою, що вказує на тенденцію вироблення прибережної абразійної тераси в умовах не дуже суворого хвильового режиму берегової зони (Шуйський, 2000, 2008). Основний напрямок уздовжберегового потоку хвильової енергії – в цілому із сходу на захід поміж дисталями кіс.

Наявність точного пересіку підводного схилу лобовища, відома швидкість абразії кліфів, введення поправки на відносні коливання рівня моря дозволили застосувати авторський метод чисельного розрахунку швидкостей абразії на різних глибинах пересіку від 0 до 8 м. За даними спостережень за допомогою металевих штирів на підводному схилі протягом 1972–1985 рр., виявилося (Шуйський та ін., 2005), що на глибині 0,5 м пересічна швидкість донної абразії дорівнює 0,11 м/рік, на глибині 1 м – близько 0,08 м/рік, на глибині 3 м – всього 0,02 м/рік. Глибше за 4 м швидкість не перевищує 0,01 м/рік і час-

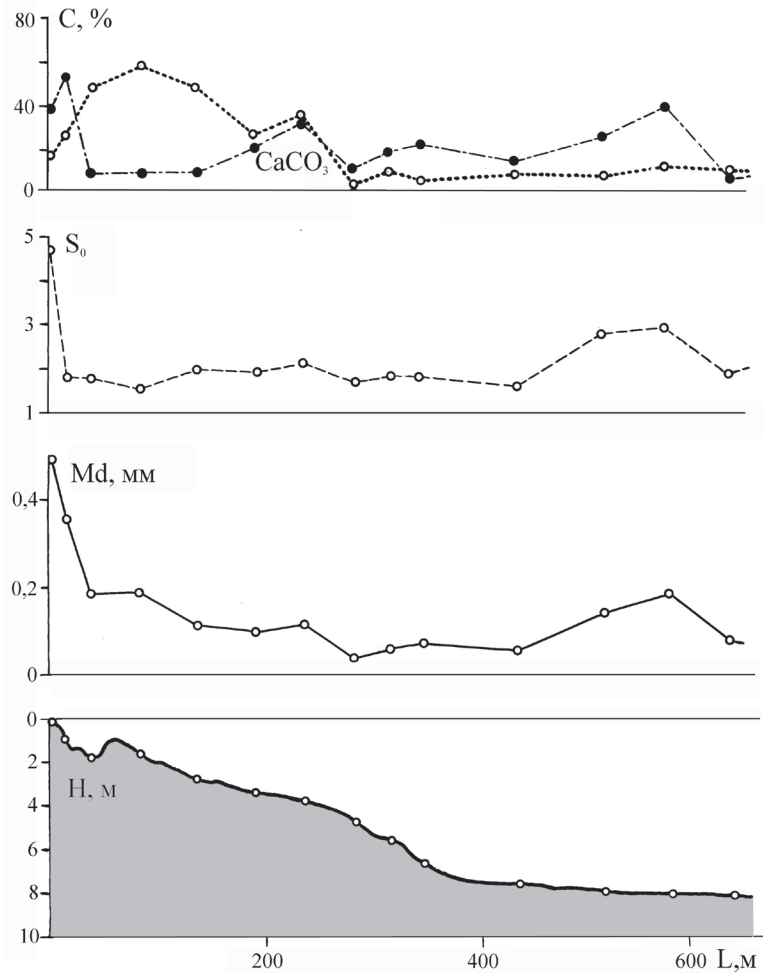


Рис. 5. Розподіл гранулометричних характеристик на підводному схилі, вкритому тонким шаром пісків, в районі Залізного Порту. Пунсонами показані точки дночерпального взірцювання.

Позначення: C_0 – керівна фракція, %; $CaCO_3$ – вміст карбонатного матеріалу чурупки, %; S_0 – значення коефіцієнту сортування; Md – значення медіанного діаметру наносів, мм; H – глибина підводного схилу, м.

то складає до 1–5 мм/рік. Оскільки ширина смуги 0–8 м є до 800–900 м, то питомий скид осадового матеріалу становить найчастіше від 5 до 96 м³/м рік, з яких 20,7–47,3% є пляжоутворюючими. Вийшло, що 90,3 тис. м³/рік берегових наносів пляжових фракцій останніми десятиріччями вилучається із підводного схилу та включається у переміщення протягом уздовжберегового потоку піщаних наносів, разом із наносним матеріалом із кліфу.

Траса цього потоку дорівнює майже 140000 м (рис. 2), а тому джерела наносів забезпечують кожний метр цього потоку пересічною питомою величиною всього $0,645 \text{ м}^3/\text{м}$ пляжоутворюючих наносів. Це значення вкрай мале, і навіть на сьогоднішній день воно обумовлює дуже великий дефіцит наносів у береговій зоні Тендра-Джарилгацької берегової системи. До того ж це веде до утворення малих притулевих пляжів (пересічно $12,7 \text{ м}^3/\text{м}$), які мало захищають кліфи від дії хвилювань, навіть помірних. Літодинамічні умови не можуть підтримати природну стабільність системи, тому тільки уздовж дистального оголовку Тендрівської коси загальною довжиною 6–7 км (до 5% довжини берегу крильцевого мису) залишається динамічно стабільними тільки ≈ 4 км довжини берегу, а решта ≈ 3 км реально нарощується під впливом розпорошення потоку піщаних наносів та їх акумуляції. Близько 15% наносів, які нарощують дисталь Тендри, обертають її навколо та опиняються в Тендрівській затоці, а далі можуть брати участь у формуванні виступу Білих Кучугурів та підводного бару між Тендрою та Ягорлицьким кутом.

Як можна бачити (рис. 5), в складі наносів на берегових ділянках досить великим є вміст карбонатного матеріалу (до 54% від всієї маси). Оскільки теригених джерел CaCO_3 тут немає, то, як вказував ще В. П. Зенкович більше 60 років тому, згоджуємося про суттєві постачання донних джерел у вигляді чурупки та чурупкового детритуса із підводного схилу. Під час сильних штормів восени та взимку 1992, 1996, 2005, 2013 та інших років, нами відбиралися зразки чурупкових накопичень на пляжах Тендрівської, Джарилгацької та Устричної кіс. Нам стало відомо, що шторми від морського боку горизонту викидають чурупку на пляжі нерівномірно, одне накопичення (до 200 м уздовж берегової лінії) приходить на 4–6 км довжини берегової лінії. Такий переривчастий розподіл ми пов'язуємо із будовою великих піщаних офсетів, на які вказував ще І. О. Правоторов у 1967 р. (наші дослідження це підтвердили). Цей автор виділяв такі офсети («гігантські піщані хвилі») довжиною до 1800–2000 м, а в їх увігнутостях ми й виявляємо накопичення чурупки, детриту. В цілому, схожі чурупкові викиди розташовуються на поверхні пляжів уздовж 45% довжини крильцевого мису, а в подальшому вони розподіляються на захід до віддальниці Тендри рухами хвиль. Кожний викид є пляжовим валом, шириною до 2 м, висотою до 0,4 м (Шуйський, 2008). Вище по пляжу стулки вкривають поверхню тонким шаром, до 0,004–0,009 м товщиною, як і на більшості пляжів між вказаними накопиченнями. На поверхні коси Джарилгач пересічна висота чурупкового валу становила 0,095 м. Зазвичай, чурупка викидається у фазу закінчення шторму, із глибин переважно 3–7 м (рис. 5), бо саме на ці глибини приходить найбільша питома енергія хвиль та основні кількості наносів, які рухаються уздовж берегів. Суттєво переважають такі види викинутих стулок, як *Cardium edule*, *Mytilus galloprovincialis*, *Venus euxinus* та *Mya arenaria*, можливі хвильові вимивання давніх *Pecten* та *Dreissena*, які мешкали у суттєво більше солоній воді. Загальний інтегральний вміст маси CaCO_3 на пляжах мису

дорівнює 17,6%, або 9,5% від кількості теригенного матеріалу. Решта є теригенним матеріалом (90,5%).

Якоюсь мірою на морфологію та динаміку дослідженого крильцевого мису впливає сучасне відносно довгострокове підвищення рівня моря. Його пересічна швидкість становить 2,1 мм/рік протягом 101 року (рис. 5). Наведене значення є підвищеним, але поки що акумулятивна призма Джарилгача і Тендри не має відповідних ознак. На нашу думку, вплив відносного підйому рівня Чорного моря суттєво поступається впливу зміни балансу наносів та хвильового режиму прилеглої акваторії моря. Це питання потребує подальшого вивчення та продовження інструментальних спостережень за рівнем моря.

Після сильних штормів протягом минулого десятиріччя узбережжя «Тендра–Джарилгач» зазнало суттєвих розмивів. Левова більшість екологів та еозотериків пов'язують ці явища саме із впливом відносного підвищення рівня моря (рис. 6). Чи так? О. В. Давидов та І. В. Буйневич (2023) вказують на суттєвий вплив вітрових хвилювань, але при цьому не торкаються деталей.

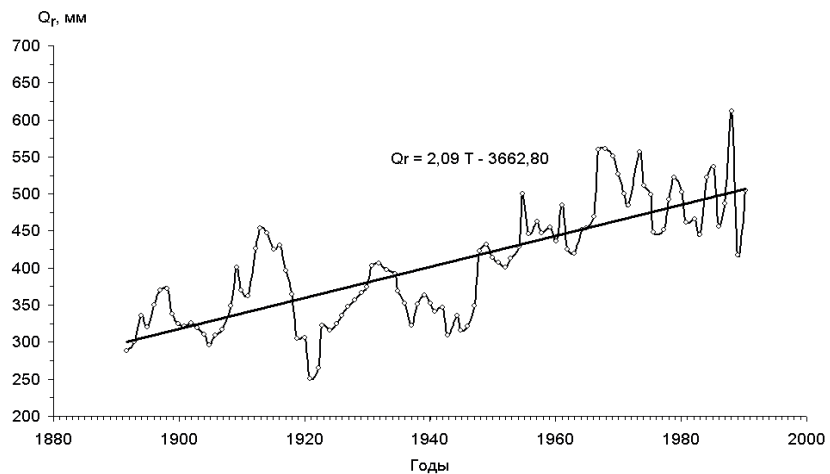


Рис. 6. Графік розподілу пересічних річних значень рівня Чорного моря на в/п «Тендрівський маяк», де виконувалися періодичні інструментальні вимірювання протягом 1894–1995 рр. Крива розподілу побудована за математичною кореляцією повних рядів із даними на в/п «Одеса» та в/п «Очаків» (розрахунки виконані Д. Я. Беррманом та Н. Д. Штефаном).

Та ось у 2021–2023 р. у котрий раз відбулися сильні шторми від морського сектору горизонту. Швидкість вітрів перевищувала 20 м/сек на протязі доби. Це призвело до відповідних поширень крупних прорвів, зокрема Лазурної та Красної у Джарилгацькому районі (рис. 7 А та Б), а також Потіївської на пригубльниці коси Тендрівської, до розширення прорви біля с/з «Тендрівський Залізний», тощо (Давидов та ін., 2022; Davydov, Buynovich, 2023). Ми побачили,

що на дослідженому крильцевому мисі шторми набагато сильніше впливають на береги, аніж столітні відносні підвищення рівня Чорного моря, які становлять перші мм та частки мм на рік. Як би там не було, але надходження наносів від абразії кліфів та бенчів неспроможні протистояти утворенню прорвів, тим паче – дуже широких у межах дослідженого крильцевого мису. Це питання потребує певної деталізації, подальшого безпосереднього прямого дослідження. Але наші дослідження показали, що прорви є результатом вітрових нагонів у кутах Тендрівської та Джарилгацької заток, не часто – з боку моря при впливі особливо сильних вітрів. Одночасно зауважемо, що післяштормові розміри прорвів відновлюються з часом і майже повністю. Виходить, що сильні шторми майже миттєво (протягом годин, виключно – доби) змінюють прорви (рис. 7), але вони відновлюються протягом місяців, а буває – років, відповідно до експоненціального тренду. Ці процеси є загальносвітовими та відповідають «географічному закону ритмічної динаміки Шуйського» (Шуйський, 2000, 2022).



Рис. 7 А. Хвильові прорви на притульниці коси Джарилгач після штормів у листопаді 2023 року (ширина до 250 м та 90 м).



Рис. 7 Б. Нова складна прорва на ділянці «Красний» у місці стикання широкої та вузької частин коси Джарилгач після штормів у листопаді 2023 р. (ширина до 150 м).

Питання берегозахисту на «лобовиці». Доречно нагадати, що ділянка лобовища в системі крильцевого мису «Тендра–Джарилгач» суттєво порушена впливом антропогенного фактору. Ці порушення стали активними із початку 70-років ХХ ст., коли почалася надмірно активна забудова берегів рекреаційними будовами впритул до моря і в межах впливу морських хвиль. У другій половині 80-х років ХХ ст. під впливом процесів абразії, які ми вивчали ще із початку 60-х років, стали необхідними захисні споруди. За проектуванням інституту «УкрПівденкомунбуд», уздовж центральної та західної частин селища Залізний Порт було побудовано 4 довгі буни (довжина до 170 м), які сягли глибини майже 3,0 м. Ми одразу почали спостерігати заповнення поміжбунних кишень піщаними наносами. До 1989 року ширина нарощування цих пляжів, певною мірою штучних, становила до 40–50 м, проти природної ширини не більше 25 м (рис. 4), а обсяговий розмір сягнув до 130 м³/м, разом із їх підводною частиною (майже у 10 разів більше, аніж у природних пляжів до антропо-

генного втручання). Цього було досить, щоби зберігати берегові рекреаційні та житлові споруди.

Але у східній частині селища Залізний Порт активні процеси абразії глинистого кліфу продовжувалися в умовах навітряного впливу. Тому у першій половині 90-х років за проектом Інституту механіки НАН України було побудовано більше десятка коротких кам'янонакидних бун, бо довгі буни мали надзвичайно велику коштовність. Ми не були згодні та заперечували проти коротких бун, віддальниці яких виходила на глибини лише $\leq 1,0\text{--}1,3$ м, т.є. поза трасою ефективного руху уздовжберегового потоку наносів. Це не дозволяло заповнювати піском поміжбунні кишені та утворюватися реально захисним пляжам. Але всупереч, будівництво бун все ж відбулося, незважаючи на нашу незгоду. У нових умовах після будівництва лівова більшість наносів минала «кишені», бо піски проходили глибше, а тому «кишені» не заповнювалися піском і пляжі не нарощувалися. Необхідно дійовий потік проходив на глибинах більше 2,5–3,0 м, за межами «кишень», але до того ж під час хвилювань від морського сектору горизонту в «кишенях» виникали нагони. Включався вертикальний водооберт води, і разом із придонною хвильовою течією за межі кишень уходив і той пісок, що залишався до хвилювання на пляжі.

У подальшому короткі буни не один раз ремонтувалися, дві буни були трохи продовжені, а тому збереглися до сьогодні. Але деякі порушилися, як можна бачити на рис. 8. Наші давні зйомки та космічний знімок показали, що глини-



Рис. 8. Берег в межах лобовища прибережно-морської «системи Тендра – Джарилгач», який цілком забудований та розрахований на закріплення від деструкції за допомогою коротких кам'яно-накидних бун (показані 6 міжбунних «кишень»). Східний фланг селища Залізний Порт, влітку 2023 р.

тий берег між бунами і дно біля бун розмивалися, а руйнування продовжувалися. Хоча при цьому швидкості абразії знизилися за швидкостями до 0,4–0,6 м/рік пересічно. Це у 4–5 разів менше, як було раніше у природних умовах. В цьому наслідку є певна користь, але на рис. 8 видно, що певним будовам на закріпленому березі все ж погрожує руйнування. Провідна причина криється в тому, що короткі буни забезпечили накопичення лише 0,5–4,6 м³/м пляжових наносів у міжбунних кишнях, що в десятки разів менше, ніж на ділянці розташування довгих бун.

А цього гарантовано недосить для утворення надійно захисного пляжу проти абразії. Короткі буни створені марно, тільки засмітили берег та гроші «викинули у море». Звертаємо увагу: берегозахисна ефективність впливу довгих бун набагато більша тому, що проектувальники значно повніше урахували природні фізико-географічні особливості на ділянці возведення довгих бун. Показово, що ці буни перехоплювали, хоча й у невеликій частці (близько 20%) трасу вздовжберегового потоку наносів, чим забезпечили стійке заповнювання поміжбунних кишень піщаними наносами. В кишнях також був певний розмив хвильовими протитечіями пляжових наносів, але їх викиди не перетинали зовнішню межу віддальниць кишень. А згодом, після фази закінчення вимушеного хвилювання, більша частина піску поверталася до пляжу. Такого ефекту немає на ділянці розташування коротких бун, бо тут під час хвилювань із боку моря пляжові наноси переміщуються за зовнішні межі поміжбунних кишень. При цьому наноси підхоплюються уздовжбереговими течіями енергетичного типу, а вже потім малими хвилями повертаються на пляжі поміж бунами. Тому в даному разі треба вибирати: а) ефективний і надійний бунний берегозахист, але при цьому коштовний, чи б) більш дешевий берегозахист, але при цьому мало ефективний та ненадійний.

ВИСНОВКИ

Наведені матеріали та їх стисле обговорення показали, що природна система крильцевого мису «Тендра–Джарилгач» є складною прибережно-морською системою рівня фізико-географічної підобласті, із великою динамічністю. В ній усі вторинні системи щільно пов'язані потоками хвильової енергії та седиментаційної речовини у полі єдиного балансу наносів. Тому її зберігання та використання її природних ресурсів потребує комплексного системного підходу на підставі географічних підходів.

У межах Тендра-Джарилгацького крильцевого мису, його складових частин оптимальним є природокористування на підставі загальної теорії географії та основ берегознавства як міжгалузевої географічної науки. Провідними частинами оптимізації вважаємо: а) додержання правил та норм рівня антропогенного тиску на досліджену природну систему; б) таку організацію природної системи, яка зберігала би у нормі високу якість повітря та морської води; в) протистояння абразійно-руйнівній діяльності моря шляхом вживання ефек-

тивних, дієздатних інженерно-географічних міроприємств; г) не порушувати баланс наносів, створення маси цих наносів є процес виключно довготерміновий, а порушення – процес миттєвий.

Провідним джерелом наносів у межах дослідженої прибережно-морської системи є абразійне – надходження із кліфів та бенчів. Донним джерелом є також і карбонатний матеріал, але у невеликій кількості. Тут берегова зона моря зазнає значного дефіциту прибережно-морських наносів, що активно підтримує подальший розвиток розмиву берегів.

Розвиток природної системи дослідженого крильцевого мису відбувається активною дією єдиного Тендра-Джарилгацького уздовжберегового потоку піщаних наносів, із участю чурупкового детриту. Це суттєво відрізняє цей тип мису від інших типів, там діють дві гилки потоків протилежного напрямку від середини лобовища, а тут – одна.

Під час особливо сильних штормів 5–10% півторюваності на акумулятивних формах звичайно утворюються нові прорви та розширюються старі прорви. Це підриває стійкість і самих кіс, і всього крильцевого мису у цілому. Такі негативні явища погострюються негативними порушеннями балансу наносів, зокрема – штучними вилученнями пляжових пісків на потреби будівництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Давидов О.В. Рослинність як біоіндикатор коливання рівня на вітрових присухах під час штормових нагонів на Чорному морі // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2004. Том 9. Вип. 4. С. 27–37.

Давидов О.В., Котовський І.М., Онойко Ю.Ю., Сімченко С.В. Морфологія поверхні та динаміка берегової лінії дисталі коси Джарилгач // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2022. Том 27. вип. 2 (41). С. 11–27.

Котовський І.М. Морфологія та динаміка берегів Чорного моря у межах Херсонської області // Автореферат дисс. на здобуття наук. ступеню канд. геогр. наук (11.00.04 – геоморфологія та палеогеографія). Київ: Інститут географії НАН України, 1991. 19 с.

Шуйський Ю.Д. Типи берегів Світового океану. Одеса: Астропринт, 2000. 480 с.

Шуйський Ю.Д. Розподіл наносів на пересіках підводного схилу Чорного моря // Причорноморський Екологічний бюлетень. 2008. № 1 (27). С. 156–169.

Шуйський Ю.Д. Фактори формування бенчів у береговій зоні морів // Матеріали I Міжнародної наукової онлайн-конференції «Теорія і практика берегознавства та природокористування» (31.05. 2022 р). Одеса: ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2022. С. 76–80.

Шуйський Ю.Д., Вихованець Г.В., Борисевич Т.Д. Сучасна динаміка абразійних та акумулятивних форм берегової системи «Тендра – Джарилгач» на узбережжі Чорного моря // Фальцфейнівські читання. Зб. наук. праць. Том II. Херсон: Вид-во ХПУ, 2005. С. 270–278.

Davydov A. V., Buynevich I. V. Potential implications the Lazurnenskaya inlet closure, the Black Sea coast, Ukraine // Proceeding II Intern. Scientific online-conference «Theory and practice of Coastal Science and Natural Resources Usage» / 29–31.05.2023. Mechnikov's National Univ. of Odessa Publ. Co., 2023. 71–75.

Davydov A. V., Zinchenko V. The winged foreland as abrasion-accumulative systems. New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries monograph // Proceedings 7th Conferences in Riga. Latvia: Baltija Publ. Co., 2019. P. 302–327.

REFERENCES

- Davydov, A.V. (2004). Roslynicti ysk bioindikator kolyvannia rivnia na vitrovykh prysyhad pid chas vitrovykh nagoniv na Chornomu mori (Vegetation as a indicator of the Black Sea position and equilibrium during storm surges and gales impact). *Odessa National University Herald. Geographical and Geological Sciences*. Tom 9 (4). P. 27–37. [in Ukrainian]
- Davydov, A.V., Kotovskiy, I.N., Onoyko Yu. Yu., Simchenko, S.V. (2022). Morphologiya poverkhni ta dynamika beregovoi linii distali kosi Jarylgach (Surface morphology and dynamics coastline of the Jarylgach spit distal end). *Odessa National University Herald. Geographical and Geological Sciences*. 29, 1 (44). 11–27. [in Ukrainian]
- Kotovskiy, I.N. (1991). Morphologiya ta dynamika beregov Chernogo moray u mezhah Khersonskoyi oblasti (Morphology and dynamics of the Black Sea coasts within boundaries of the Kherson oblast). *Thesis of PhD dissertation for scientific degree of geographical sciences, 11.00.04 – geomorphology and paleogeography*. Kyev: Geography Inst. Acad. Sci. of Ukraine. 19 p. [in Ukrainian]
- Shuisky, Yu.D. (2000). Typy Beregiv Svitovogo Okeanu (Types of the World Ocean Coasts). Odessa: Astroprynt Publ. Co. 480 p. [in Ukrainian]
- Shuisky, Yu.D. (2008). Rospodil nanosiv na peresikah pidvodnogo skhyly Chornogo morya (Sediment geographical distribution along crossing profiles of the Black Sea submarine slope). *The Black Sea Ecological Bulletin*. 1 (27). 156–168. [in Ukrainian]
- Shuisky, Yu. D. (2022). Faktory formuvannia benchiv u beregovii zoni moria (Factors of benches forming within coastal zone). *Proceeding I Intern. Scientific online-conference “Theory and Practice in Coastal Sciences and for Natural Resources Usage”, Mechnikov’s National Univ. of Odessa Publ. Co., 2023*. 76–80. [in Ukrainian]
- Shuisky, Yu.D., Vykhovanetz, G.V., Borisevich, T.D. (2005). Suchsna dynamika abraziynyh ta akumulatyvnyh beregovykh system “Tendra–Jarylgach” na uzberezhy Chornogo moria (Modern dynamics of abrasive and accumulative shore system “Tendra–Jarylgach”, the Black Sea). *Scientific Volume “Falzfein’s Seminar”*. Tom II: Kherson Univ. Publ. 270–278. [in Ukrainian]
- Davydov A. V., Buynevich I. V. (2023). Potential implications the Lazurnenskaya inlet closure, the Black Sea coast, Ukraine. *Proceeding II Intern. Scientific online-conference «Theory and practice of Coastal Science and Natural Resources Usage»*. 29–31.05.2023. Mechnikov’s National Univ. of Odessa Publ. Co., 2023. 71–75.
- Davydov A. V., Zinchenko V. (2019). The winged foreland as abrasion-accumulative systems. New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries monograph // *Proceedings 7th Conferences in Riga*. Latvija: Baltija Publ. Co. 302–327.

Надійшла 03.05.2024

Yu. D. Shuisky,

G. V. Vykhovanetz,

O. O. Stoyan,

Odesa I. I. Mechnikov National University,

Department of Physical Geography, Nature Management and

Geoinformation Technology

2 Dvorianska St, Odesa, 65082, Ukraine

physgeo_onu@ukr.net

CENTRAL PART OF NATURAL COASTAL SYSTEM TENDRA–JARYLGACH, THE BLACK SEA COAST

Abstract

Problems of Research and Purpose. In the theory of general geomorphology, the section on coastal-marine processes at the genetic contact-zone between Land and Ocean assigns importance to the study of relief associations. One such complex of geomorphologic association on maritime coastlines is the winged-forelands. They consist of interconnected complex capes, active cliffs, typical benches, sandy beaches, and aeolian forms. Wind, sea wave, geobotanical, zoogeographical, geochemical, and other factors contribute to their development. Their morphology

and dynamics are determined by lithodynamic interaction under the influence of a unified alongshore sediment flow transport. We conducted a study of one such winged-foreland on the non-tidal Black Sea coast, a classic foreland in «the Tendra–Jarylgach shore system». Practical issues were discussed, and identified development patterns allow for rational natural resource usage, emphasizing the relevance of the topic.

Purpose of our scientific work is: Based on the obtained materials, identified patterns, and analyses of the development of the classic winged-foreland «the Tendra–Jarylgach» to determine optimal natural resource usage and ways to preserve the natural resources of the coastal environment.

Data and Methods: During our research, we applied route and stationary methods, above-water and underwater methods, field descriptive and instrumental methods, cartographic techniques, geographical comparisons, aerial and space remote sensing, and analytical methods. Instruments for topographic and geodetic work, underwater profiling of the nearshore slope, lithological sampling, and laboratory data processing were used. Profiling of accumulative and abrasional forms of coastal relief, coastal intersections in different parts of the winged foreland, and specific descriptions of photo-reflectance were obtained. Special attention was paid to the efficiency of coastal protective structures on the abrasional front.

Basical Results and Comments: The presented materials and their brief discussion revealed that the natural system of the winged-foreland «Tendra–Jarylgach» is a complex coastal-marine system of the physical-geographical subregion level with significant dynamics. All secondary elementary systems within it are closely connected by wave energy and sediment material flows in a unified sediment balance. Therefore, its conservation and the usage of its natural resources require a comprehensive systemic approach based on general-geographical principles. Within «the Tendra–Jarylgach» winged foreland, optimal natural resource utilization is achievable based on the general principles of geography and the fundamentals of coastal studies as an interdisciplinary geographical science. Key components of optimization include: *a)* adherence to rules and norms regarding anthropogenic pressure on the studied natural system; *b)* organization of the natural system to maintain high air and sea water quality; *c)* resistance to abrasive activities of the sea through the implementation of effective, operational engineering-geographical measures; *d)* preservation of sediment balance, as the creation of sediment mass is an exclusively long-term process, while disturbance is an instantaneous process.

The leading source of sediment within the studied coastal-marine system is the abrasional input from coastal cliffs and benches. A minor contribution comes as a carbonate material. The coastal zone here experiences a significant deficit of coastal sediments, actively supporting further shoreline erosion. The development of the natural system of the researched winged-foreland is driven by the active action of the unified Tendra–Jarylgach alongshore sediment transport, involving the contribution of shell-detritus. This significantly distinguishes this type of foreland from others where two branches of sediment transport flows in opposite directions from the middle of the frontal part. During particularly strong storms, up to 5% of repetitions on accumulative forms typically result in new inlets and the expansion of existing old breaches. This undermines the stability of both spits, and the entire winged foreland in total. Such negative phenomena are exacerbated by disturbances to the sediment balance, especially artificial removals of beach sands for construction purposes.

Key Worlds: Black Sea, coast, winged-foreland, peculiarities of evolution, practical aspects.