УДК 551.35.054: 551.435.32
DOI: 10.18524/2303–9914.2022.1(40).257530

Ю. Д. Шуйський[1], д. геогр. наук, професор
Г. В. Вихованець[2], д. геогр. наук, професор
О. В. Давидов[3], к. геогр. наук, доцент
[1]кафедра фізичної географії, природокористування та ГІС-технологій
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Дворянська, 2,
Одеса-82, 65082, Україна, physgeo_onu@ukr.net, ORCID: 0000–0001–5308–0233
[2]кафедра фізичної географії, природокористування та ГІС-технологій Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
вул. Дворянська, 2, Одеса-82, 65082, Україна,
physgeo_onu@ukr.net, ORCID: 0000–0003–0373–1362
[3]кафедра географії та екології
Херсонський державний університет, вул. Університетська 27,
Херсон-13, 73013, Україна, svobodny.polet2012@gmail.com,
ORCID: 0000–0003–2144–9627

ПРИРОДНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ГІПОТЕЗИ ВИНИКНЕННЯ ПІДВОДНИХ ВАЛІВ У БЕРЕГОВІЙ ЗОНІ НЕПРИПЛИВНИХ МОРІВ

Стаття розглядає походження, морфологію та динаміку унікальних форм прибережно-морського рельєфу в береговій зоні неприпливних морів, в умовах впливу гідрогенного фактору, виключного сильного потенціалу механічної енергії, досить великих запасів піщаних наносів (фракції 0,05–1,00 мм), активного впливу хвильових імпульсів та хвильових течій в зоні дисипації енергії, активного наносообміну між берегом та підводним схилом. Показано, що це питання має давню історію наукових досліджень в різних країнах у зв'язку із важливим практичним значенням. Серед природних особливостей названих форм рельєфу дослідники виділяють 8 провідних, які проявляються тільки в середовищі берегової зони. В межах інших елементів екзогенної частини географічної оболонки вони ніде не зустрічаються та визначають унікальність берегової зони морів. Автори цих варіантів будують свої гіпотези на окремих частинах природних прибережно-морських явищ. До наших днів дослідники уникали комплексних, системних підходів до даної теми. Відтак, в статті наводяться рекомендації до удосконалення теорії започаткування та розвитку підводних валів.

Ключові слова: Берегова зона, хвильовий режим, підводні вали, стисла історія досліджень, теорія рельєфоутворення.

ВСТУП

Протягом багатьох століть люди приходили до морського узбережжя, і там оселялися, вели господарство. Вони займалися рибальством, використовували корисні водорості та молюсків, отримували деякі мінеральні ресурси. На

© Ю. Д. Шуйський, Г. В. Вихованець, О. В. Давидов, 2022

узбережжі розташовувалися населенні пункти, комерційні порти для зв'язку із іншими країнами, лікувальні та туристичні об'єкти, комунікації тощо. Відтак, процеси рельєфоутворення набули *практичного значення*, в тому числі – і процеси розвитку підводних піщаних валів у береговій зоні моря.

Ці процеси в Україні досліджуються авторами на кількох прикладах в береговій зоні моря. Для співставлень використовуються результати і висновки інших дослідників, що дало можливість окреслити, оцінити та проаналізувати кілька гіпотез про формування піщаних підводних валів як особливих форм рельєфу. Наведена стисла історія даної теми. Ці гіпотези дозволили визначити низку генетичних особливостей, що важливо у практиці прибережно-морського природокористування в нашій країні. Тема статті важлива й для *освітнього процесу* (в курсах геоморфології, океанології, берегознавства та ін.), для селітебної справи, для організації приморських заповідних осередків, зокрема: Дунайського Біосферного заповідника, Чорноморського Біосферного заповідника, Національних парків «Білобережжя Святослава», «Азово-Сиваський», «Тузловські лимани» та ін.

Таким чином, *метою статті* є розгляд генетичних гіпотез формування підводних піщаних валів в береговій зоні морів протягом минулих 100 років, і на цій підставі – окреслити, оцінити, проаналізувати кілька гіпотез про формування валів, показати їх позитиви та хиби, назвати генетичні особливості для фізико-географічного середовища берегової зони. Для досягнення мети використовувалася *методика прибережно-морських досліджень*, переважно – в натурних умовах стаціонарних ділянок, а також необхідні *теоретичні методи* (зокрема – аналітичні, картографічний, інтегральний, графічний, порівняльно-географічний та ін.).

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЇХ РОЗГЛЯД ТА АНАЛІЗ

Загальні положення. Піщані підводні вали є невід'ємною частиною берегової зони моря. Вони досить широко розповсюджені, на берегах різних океанів та морів, крупних озер та водосховищ. Ці форми є важливим індикатором еволюції та будови берегової зони, її становища, структури, навколишнього впливу, покажчиком багаторічного розвитку. Вони притаманні майже завжди піщаним берегам (фракції наносів від 0,05 мм до 1,0 мм) і певною мірою впливають на розподіл тварин і рослин, не допускають утворення типових відкладів, швидко та неоднозначно реагують на антропогенне втручання та на будівництво штучних споруд.

Інтерес до цих незвичайних унікальних форм рельєфу проявлявся дуже давно, а наукове їх дослідження стало виконуватися вже із середини XIX століття (Hagen, 1863; Hunt, 1885). Після цих авторів, підводні вали досліджувалися Д. Джонсоном у США, В. Хартнаком та К. Фольбрехтом у Німеччині, Д. Стірсом у Великій Британії, А. Скау в Данії, В. Зенковичем, Є. Єгоровим та В. Болдирєвим у Радянському Союзі. В Україні такі дослідження почали виконува-

тися Г. Аксентьєвим, Д. Бертманом та Ю. Шуйським в 60-х роках XX століття (Шуйский, 1963).

Вже після прямих натурних та лабораторно-експериментальних модельних досліджень стало ясно, що підводні вали різних типів (прямі паралельні, кулісні, звивисті та ін.) щільно пов'язані із формуванням піщаних оффсетів, що залежить від закономірностей дисипації хвильової енергії механічного типу під час наближення вітрових хвиль до піщаної берегової лінії (Лонгинов, 1963).

В подальшому, роботами В. Болдирєва, Р. Кнапса, З. Прушака, О. Басса доведено, що підводні вали віддзеркалюють потужну взаємодію двох середовищ (водної та літодинамічної) в умовах вкрай високого механічно-енергетичного потенціалу берегової зони моря. Матеріалами стаціонарних досліджень доведено (Larson, Krauss, 1992), що підводні вали є дуже динамічними формами рельєфу і щільно пов'язані із морфологією та динамікою піщаних пляжів. Сьогодні морфологія та динаміка піщаних підводних валів в натурних умовах на Україні досліджується майже виключно колективом кафедри фізичної географії, природокористування та ГІС-технологій.

Типові піщані вали представлені на ділянці розпорошення великого піщаного потоку в Ірбенській протоці, де його величина становить біля 500 тис. тон/рік (рис. 1). Загальна кількість валів дорівнює 6, які локалізовані на глибинах від 0,7 м до 8 м, в умовах дії потужного хвильового потоку, з перевагою впливу променю хвилі під кутами West ≈ 40–45° до загальної експозиції берегової лінії.

Найчастіше, в залежності від об'ємів піщаних наносів, кількість підводних валів може бути від 2 до 5. В умовах дефіциту наносів існують 2–3 вали, на ді-

Рис. 1. Ділянка піщаної берегової зони Ірбенської протоки із 6 підводними валами та сильними вздовжбереговими хвильовими течіями на підводному схилі, в літодинамічному районі розпорошення піщаного потоку наносів (Балтійське море).

лянках транзиту потоків наносів, як виявлено нами в межах Північно-західного потоку на Чорному морі.

Результати цих досліджень мають суттєве практичне значення. Треба зауважити, що якісний поштовх отримав інтерес до підводних валів з боку деяких країн протягом років Другої Світової війни (ДСВ), коли успішні десантні операції армій США, Великої Британії, Німеччини, Японії, Канади, Франції та ін., були залежні від морфології та динаміки підводних валів у піщаній береговій зоні морів та океанів. Відповідна фізико-географічна тема важлива для прибережного судноплавства, рибальства, видобутку корисних рослин (зокрема, філофори, ламінарій, фукусів, лєссоній тощо), корисних важких мінералів (ільменіту, циркону, касітериту тощо), карбонатної сировини, скляних пісків та ін., а також при необхідності природного обґрунтування навігаційних та рекреаційних об'єктів.

За висновками К. Хорікави, Т. Куботи, А. Гільшера, Д. Інмена вказане питання майже завжди традиційно цікавило фахівців фізико-географічного напрямку, який більшою частиною використовує системний, комплексний підхід, що дозволяє зробити оцінки та висновки багатобічно. Остаточно склалася світова практика, відповідно до якої дослідження валів виконуються в поєднанні натурних та лабораторно-експериментальних (на фізичних моделях в гідравлічних басейнах та лотках) досліджень (Różyński, 2003). Типові підводні піщані вали представлені на поперечному профілі рис. 2.

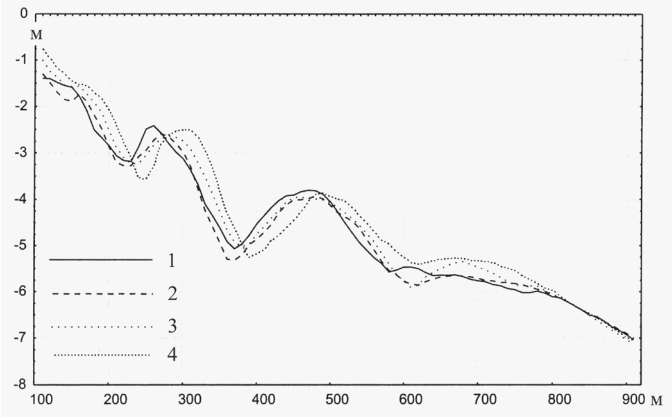

Рис. 2. Морфологія та динаміка піщаних підводних валів у береговій зоні неприпливного моря на береговій стаціонарній ділянці «Любятово». Роки інструментальної зйомки: 1–2007 р.; 2–2003 р.; 3–2000 р.; 4–1995 р. (за матеріалами Г. Розиньського). На вертикалі – глибина (метри), на горизонталі – відстань від берега в бік моря (метри) (Różyński, 2003).

Ще кілька десятків років тому В. В. Лонгінов (1963) зауважив, що майже неможливо назвати всі публікації про підводні вали різних типів в береговій зоні, яка складена піщаними наносами. Найбільшу поширеність отримали роботи

закордонних вчених – Ф. П. Шепарда, П. Д. Тіммерманса, В. У. Баскома, П. Бруна, К. А. М. Кінга, В. В. Вільямса, Д. Л. Інмена та ін.

Протягом останніх десятків років теоретично надважливими були роботи Ю. Д. Шуйського. Сьогодні в Україні, у зв'язку із появою нових технічних засобів, більшість робіт побудовані на підставі дистанційних методів, особливо – космічних, але при цьому дослідники повинні мати надійні уявлення про природні умови берегової зони та вміти виконувати наземний контроль.

Найбільший інтерес викликають «паралельні» вали (рис. 1), «розірвані» вали (рис. 3), «кулісні» вали (рис. 4), «піщані хвилі», «припливні покриви» та ін. у береговій зоні. Це визначило різні точки зору на процеси утворення валів, на їх розміри, кількість, динаміку, взаємодію з навколишніми формами тощо.

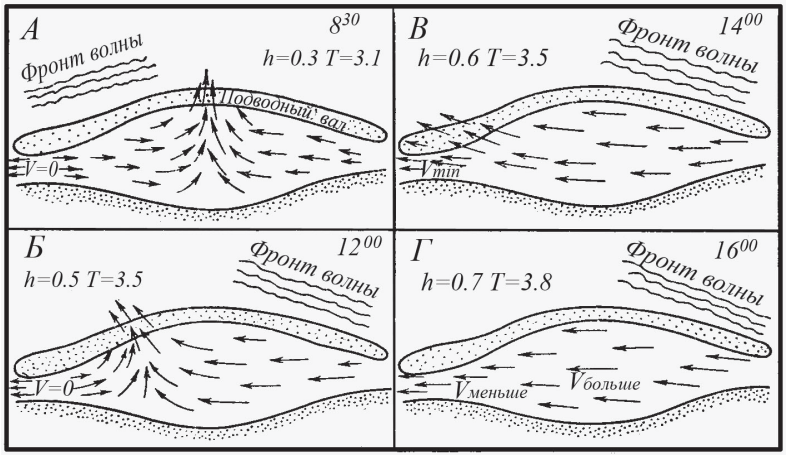

Рис. 3. Співвідношення енергетичного та градієнтного типів хвильових течій на піщаній прибережно-морській експериментальній ділянці (з кулісним та криволінійним підводними валами) під час дії хвилювань різних напрямків та різної потужності. Умовні позначення: А – градієнтна течія рухається з правого боку; Б – течії обох типів обмінюються місцями; В та Г – течія градієнтного типу поступово придушується; h – висота хвилі, м; Т – період хвилі, сек; V – відносні швидкості хвильових течій (за О. В. Бассом).

Тому можна передбачати кілька гіпотез, а відтак – їх велике генетичне різноманіття. Така ситуація потребує: *а*) розгляд причин цього процесу; *б*) аналіз особливостей, які притаманні піщаній береговій зоні; *в*) необхідність комплексного, системного підходу до процесу формування підводних валів.

Природні особливості підводних валів. Визначення, розгляд та берегознавчий аналіз особливостей показали, що на сьогоднішній день можна визначити вісім провідних гіпотез про виникнення та динаміку підводних піщаних валів у береговій зоні морів та океанів. Ці гіпотези віддзеркалюють генетичні особливості підводних піщаних валів.

По-перше, роботи деяких авторів описують виникнення підводних валів як результат накопичення наносів під впливом зворотного з пляжу хвильового потоку прибою, який рухається назустріч хвилі з відкритого моря. В смузі їх зіткнення різко зменшується наносорушійна спроможність, що веде до стійкої акумуляції. Дослідники допускають, що піщаний матеріал для підводних валів надходить від пляжу та від підводного схилу, т.є.– з двох боків (за Р.Я. Кнапсом), але все-таки, основна частина піску рухається від пляжу. Виявилося, що ще й досі тут немає узгодженості між дослідниками, і ніхто з них не наводить переконливого механізму стійкого накопичення пісків. Тому деякі автори завдають критичних зауважень для цієї концепції, бо під час зустрічі протилежних хвильових потоків створюється дуже активний процес зростання турбулентності й перехід пісків у завислий стан, що виключає стійке накопичення наносів та утворення стійкого підводного валу в зоні дисипації хвильового потоку в береговій зоні моря.

Відповідний процес розвивається за умов, коли луч хвилі діє близько до нормалі, по відношенню до загального напрямку берегової лінії. До того ж, утворення валів під впливом хвильового руху пісків уздовж берегу не є правилом, а є випадком. Ця особливість (1) буває тільки в середовищі берегової зони морів, що є принципово оригінальним, неповторним процесом рельєфоутворення в межах географічної оболонки.

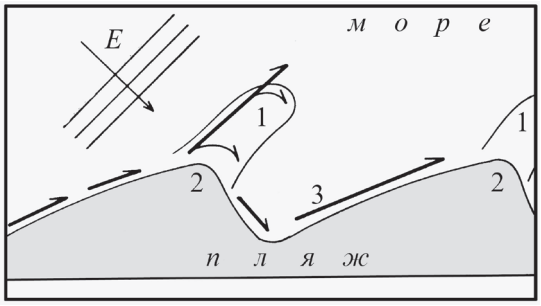

Рис. 4. Стилізована схема планової будови кулісних підводних валів (1) та пляжних оффсетів (2); 3 – напрямок пересування наносів під впливом хвиль; E –результативний вектор вітро-хвильової енергії, разом із гребнем фронту хвилі.

По-друге, частина авторів вважає джерелом піску для побудови підводних валів дуже похилий підводний схил моря. При виробленні валів пісок подається до берега, але при цьому швидко зменшується питома енергія хвиль та їх наносорушійна спроможність, за В.П. Зенковичем, В.Л. Болдирєвим, К.Г. Бюловим та Н.П. Псуті. Вони вважають, що на похилому підводному схилі, що складений піщаними породами, в процесі формування хвилями профілю рівноваги піщані наноси рухаються в бік берегу. При цьому хвилі втрачають частину своєї енергії, якої достатньо для зниження наносорушійної сили хвиль, що рухаються до берега від відкритого моря. Ця втрата відбувається, як правило, від глибин 2 *h*, хоча на ділянці розпорошення потоку наносів нами встановлена така глибина в 3,5 *h*, де *h* – висота поточної вітрової хвилі. Оскільки величина похилу взагалі є стійкою, то і процес накопичення пісків є стійким під впливом хвилювань. Тому складаються позитивні умови для формування підводних валів у береговій зоні.

Утворення кількох підводних валів, як показано на рис. 1 та 2, деякі автори (наприклад, В.П. Зенкович, 1962) пов'язують із повторенням втрат наносорушійної сили крупних хвиль над першим з боку моря валом. Другорядна (або послаблена руйнуванням) хвиля, під час переходу над зовнішнім валом, деформується знову, а тому утворення бурунів сягає своєї власної глибини; тут формується акумуляція пісків, що веде до утворення наступного, другого валу. Отже, вали починають утворюватися спочатку від зовнішньої окрайки зони трансформації хвиль, де найбільша хвильова переробка наносів. Саме таке пересування від зовнішньої окрайки підводного схилу в напрямку берегу, є провідним механізмом формування кількох підводних валів, за В.П. Зенковичем.

Але у наступні роки ряд авторів (зокрема, В.В. Лонгінов, І.Ф. Шадрін, Р.Я. Кнапс, П. Амінті, Н.А. Айбулатов, І.О. Леонтьєв) вважали необґрунтованим висновок про зниження наносорушійної сили вітрової хвилі після початку її забурунення. Дивним вони вважали просування валів уперед, в той час, як гідродинамічний режим сприяє пересуванню в бік моря та зростанню кількості валів теж повинне йти в бік моря, а не навпаки. До того ж, за висновками авторів статті, далеко не завжди відбувається поступове пересування валів у бік берега та акумулятивне нарощування берегів.

Гіпотеза В.П. Зенковича не пояснює формування міжвалових улоговин і процес зміни висоти та ширини валів. Але одночасно треба зауважити, що все ж діє процес нарощування пляжів окремим валом, в умовах після сильного шторму. В рух залучається велика маса піску, і протягом заключної фази шторму, коли вітрова вимушена хвиля перейшла в стадію хвилі зибу, значна частина пісків може утворити новий штормовий вал. Такі явища нами були досліджені в межах піщаної берегової зони Чорного, Балтійського, Охотського, Азовського морів. Названий характер та режим гідродинамічного фактору, генезис і риси рельєфу зустрічаються тільки в береговій зоні на контакті «Суходіл – Океан».

По-третє, іншу гіпотезу висувають А. Рив'єр, Б. Кёрнер, В. Баском, Т. Цубакі, К. Сінохара, Г. Кейлеген та деякі інші автори. В основу вони кладуть процес руху завислих наносів в середовищі дисипації хвильової енергії. За висновками названих авторів, зародження та еволюція підводного валу відбувається шляхом акумуляції піску, який виноситься як зависьв море від накатної смуги руйнування хвиль. В процесі звалювання хвиль та накатної екскавації донного піщаного шару формується видовжена улоговина, а винесений з неї пісок накопичується у вигляді підводного валу. Наступний вал утворюється далі в бік моря після того, як руйнування вітрової хвилі з боку моря пересунеться на мористу частину підводного схилу від первинного валу, що утворився. Такі явища діють практично завжди на всіх морях, коли підводний схил є дуже мілководним, з малою крутістю. При цьому у нас виникають суттєві сумніви, щодо достовірності та правдивості гіпотези «*режиму розподілу завислих наносів*» в турбулентній береговій зоні морів. Автори цієї статті не змогли знайти пояснення, як може зберігатися підводний вал в смузі руйнування хвиль, якщо

подальша смуга буде переміщуватися в бік моря, на більші глибини. Ці процеси утворення валів погано відповідають гідродинамічним явищам, що діють в береговій зоні. Отже, концепція (3) має значно більше наших сумнівів, аніж натурних фактів, які її підтверджують на прикладі дослідженої літодинамічної системи. Разом із тим, маємо ще один можливий шлях процесу екзогенного рельєфоутворення саме в береговій зоні, і він ніде не повторюється.

Четверта гіпотеза (особливість) стверджує, що первинний підводний вал треба вважати аналогом того валового утворення, яке виникає в смузі руйнування хвиль в лабораторних дослідженнях за допомогою штучних штормових басейнів,– переважно за дослідженнями фізичних моделей в лабораторіях. Відповідно, підводний вал вважається аналогом того валу, який виникає в смузі руйнування вітрових хвиль в гідравлічних басейнах і лотках. Такий вал є типовою рисою «*зимового профіля*» на підводному схилі. Його профіль виникає протягом надходження піску як від берега, так і з «мористого» боку підводного схилу. Але при цьому дослідники не можуть науково викласти механізм утворення в осередку започаткування в «зоні руйнування хвиль».

Названа позиція є типовою для англійських дослідників, зокрема К. А. М. Кінга та У. У. Вільямса. Вони припускають, що другий вал може виникнути ближче до піщаного берега під впливом розпорошення слабшої хвилі, але такої ж крутості та більш критичної. Така ситуація виникає на фізичних лабораторних моделях, де бачиться відповідна взаємодія між крутістю вітрової хвилі та загальною крутістю підводного схилу (Bloomhead, King, 1986). Ці автори наводять значення: при змінах крутості підводного схилу від 0,05 до 0,20 критична крутість хвиль змінюється від 0,01 до 0,03. При цьому не наводяться натурні виміри та немає спроб кореляції отриманих співвідношень в природних умовах. Концепція формальна, абстрагована. Але якщо керуватися графіками рис. 5, то, за лабораторними даними про «круті хвилі» в зоні накату, віддзеркалюється певна область, в якій рух наносів спрямований у бік моря від берега. На підставі лабораторних робіт автори поточної гіпотези (4) стверджують, що підводні піщані вали формуються в осередку руйнування хвиль над підводним схилом, коли крутизна хвиль є вище критичної за рахунок тих наносів, які надходять від берега (з пляжу). Менша крутість вітрової хвилі після її руйнування не має необхідної від'ємної наносорушійної спроможності, щоби забезпечити живлення піщаного валу. Але механізм цього процесу дослідниками не розкривається та пояснення не наводяться і не узгоджуються із натурними процесами. Тому ми вважаємо, що ця особливість формування підводних валів, хоча і вказує на унікальність рельєфоутворення в береговій зоні морів, але при цьому не має суттєвого практичного значення.

Разом із тим, ми маємо великі сумніви щодо достовірності гіпотези (4), бо результати фізичного моделювання мають настільки суттєві хиби, у порівнянні із натурним процесом, що їх дуже важно сприймати за достовірні. Бо берегова зона вимагає від авторів ідеї (4) застосовувати кілька принципових спрощень

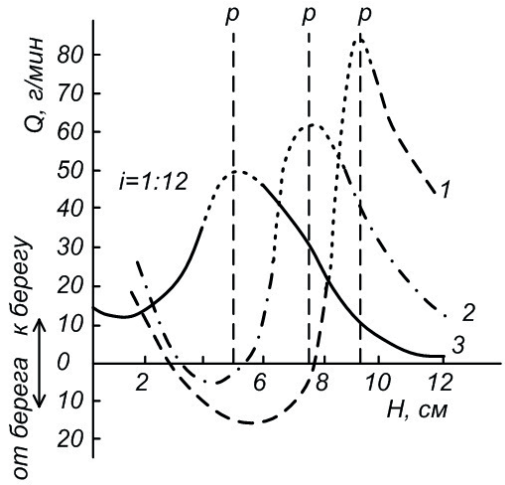

Рис. 5. Графіки, які показують хвильовий рух піску вздовж профілю підводного схилу поблизу смуги руйнування хвиль над підводним схилом, за матеріалами фізичних експериментів у «глибокому» лабораторному басейні (з робіт К. А. М. Кінга).
Параметри хвиль у басейні: 1 – h = 7,3 см, L = 505 см; 2 – h = 6,4 см, L = 505 см; 3 – h = 4,1 см, L = 505 см; p – смуги руйнування вітрових хвиль в береговій зоні моря.

і поправок, зокрема, в процес дисипації хвиль, хвильових течій, синоптичних коливань рівня, в поведінку завислих і сальтаційних наносів, в перерахування змін поверхні валів та внутрішньої структури, в процес наносообміну тощо. Отже, в гіпотезі кінцеві висновки стають більше проблематичними, аніж достовірними та придатними до практичного застосування.

П'ята гіпотеза наголошує на іншій природній особливості смуги підводних піщаних валів у береговій зоні моря, переважно за дослідженнями фізичних моделей в лабораторіях. Вона була запропонована Т. Р. Скоттом під назвою «*гіпотеза донного живлення*», бо, за уявленнями цього англійського автора, надходження піску для підводних валів відбувається із підводного схилу в смузі глибше «нейтральної зони Корнал'ї» під час дії сильних штормів, але не з боку піщаного берега.

Англієць ґрунтується на використанні лабораторних фізичних моделей. Відповідно він вказує на можливість утворення двох і більше валів під впливом стоячих хвиль, які сягають пляжів без остаточного руйнування над підводним схилом. Вали ведуть до руйнування пляжів, а не до їх нарощування. Спостереження на фізичній моделі велися під впливом крутої вітрової хвилі (крутість i = 0,044), а у всіх лабораторних спробах довжина хвиль була незмінною. При цьому автор гіпотези (5) не наводить співставлень із природними умовами. Він обмежується примітками, що міжвалові улоговини між піщаними валами розташовувалися під пучностями стоячої хвилі (в осередку максимальних вертикальних швидкостей), а гребінь – під вузлами, під впливом максимальних

горизонтальних швидкостей хвильових течій. В цілому ця гіпотеза свідчить про певну можливість різноманіття утворення підводних піщаних валів, що притаманне саме береговій зоні моря.

Тут ми вимушені зробити аналогічне зауваження, що й до гіпотези (4), відносно достовірності та реальності кінцевого обґрунтування гіпотези (5). Вона також далека від реальної дійсності та практичного вживання.

Шоста гіпотеза отримала назву «*гіпотеза вздовжберегового живлення*», яка має інші особливості розвитку. Вона була запропонована німецькими, американськими та польськими вченими ще наприкінці 40-х років XX століття (К. Бюлов, К. Фольбрехт, П. Бруун, Р. Кнапс, А. Слом'янко, Л. Качмарек). Тому для неї є характерними інші особливості започаткування та подальшого розвитку піщаних підводних валів, у порівнянні із попередніми. В береговій літературі вона отримала назву «*концепція Карла Бюлова*». Хоча інші дослідники, наприклад К. Кінг та П. Бруун, вносили власні додатки, переважно щодо лабораторних робіт про критичну крутість вітрової хвилі, як загальну, так і в межах окремих сезонів року та окремих штормів.

Автори гіпотези (6) вважали, що вали формуються поперечним рухом наносів, але на прибережно-морську ділянку їх розташування подаються вздовжбереговим рухом з боків окремими літодинамічними посувами. Чим більше маса посувів, тим більша кількість підводних валів виникає та розвивається, про це згодні майже всі дослідники.

Автори цієї статті щодо цього вважають: існують оптимальні запаси наносів, які дозволяють формуватися максимальному числу валів, та надлишок запасів, що заважає такій ситуації, відповідно до теорії балансу наносів у береговій зоні. Тому в даному разі треба ураховувати реальний баланс наносів. Разом із тим, нам ясно за виконаними натурними дослідженнями в природних умовах, що сильні хвилі негативно відбиваються на існуванні валів під час підвищеного енергетичного хвильового фону, а протягом сильних штормів вали можуть зникати зовсім. Відтак, оптимальними гідродинамічними умовами є наявність режиму помірного впливу, коли вали зберігають найбільше стійкий стан та існують довго при наявності достатніх запасів наносів.

Автори цієї гіпотези (6) вказують на можливість переміщення валу до пляжу, з подальшим примиканням, при його вході до середовища домінування прямих хвильових швидкостей в смузі розпорошення хвиль.

Гіпотеза К. Бюлова має принципові хиби, і тому не до кінця обґрунтована. Якщо вали формуються піском, що надходить від вздовжберегового потоку наносів від ділянок надходження з відповідних джерел, то й цей потік бере участь як суттєвий фактор започаткування та розвитку валів. А, з іншого боку, гіпотеза (6) вказує на суттєве значення літодинамічного режиму поперечних міграцій наносів.

Саме тому, відповідно до наших досліджень на неприпливних морях, ми дійшли висновку, що, в процесі утворення підводних піщаних валів, всі літоди-

намічні процеси діють в суцільному комплексному впливі, і вони органічно всі разом щільно пов'язані. Берегова зона, як дуже складний природний комплекс, повністю впливає на утворення і розвиток всього прибережно-морського рельєфу. Цей фізико-географічний принцип є загальним в береговій зоні Світового океану, і його завжди доцільно додержуватися при дослідженнях берегової зони морів, в тому числі – і підводних піщаних валів.

Сьома гіпотеза та пов'язані з нею генетичні особливості належать відомому досліднику піщаної берегової зони на неприпливних морях, переважно на Балтійському, інженеру Рудольфу Я. Кнапсу. Він наводив морфодинамічні докази, які ґрунтувалися на багаторічних натурних інструментальних дослідженнях, що підводні вали формуються в умовах активного впливу вздовжберегових хвильових течій протягом штормів. Ці течії локалізовані уздовж міжвалових улоговин і спрямовані під певним кутом в бік моря. Таким чином, такі течії відносяться до компенсаційних та близьких до них, а також до типу розривних, при виникненні переважно кулісних підводних валів (рис. 4).

На Чорному морі цей тип валів був уперше описаний на початку 60-х років XX століття (Шуйский, 1963), а потім – на піщаних берегах Балтійського моря (Шуйский, 1971). Нами вказувалося, що в склад валів будь-якого типу входить наносний матеріал найбільшої крупності, а без впливу хвильових течій утворення валів неможливе, що було підтверджене протягом найближчих поточних років З. Прушаком, Л. Качмареком, Г. Рожинським, Х. Йенсеном, М. Ларсоном, О. Бассом та ін.

Гіпотеза Кнапса стверджує: найбільшого розвитку і повноти вздовжберегові вали зазнають під час підходу «променю хвилі» під гострим кутом до загальної експозиції берегів. В результаті діє концентрація компенсаційного відтоку в міжвалових мікро-улоговинах, послаблена діє донна протитечія, а вали набувають найрельєфнішу форму. Якщо ж хвильові течії суттєво послаблені, чи зовсім відсутні, то вали рухаються до берега, примикають до нього, нарощують берегову лінію. Наразі, особливо великого значення концепція (7) надає впливу хвильових течій на схили валів та їх підтримку в умовах розташування кулісних валів та дії скісних хвилювань.

Як і майже всі гіпотези (концепції), ця ураховує один чи кілька процесів формування валів, але не комплекс, який включає велику кількість та якість прибережно-морського рельєфоутворення. Тому погляди Кнапса зазнали значної критики від початку висловлення цієї гіпотези, зокрема від Н. А. Айбулатова. Таку ситуацію ми відносимо до методологічних помилок авторів, які нехтують надважливою властивістю природи берегової зони: системністю, різноманіттям прояву та комплексною будовою, щільною взаємодією одного фактору із усіма та усіх з якимось одним. Як і решта гіпотез, вони ураховують лише один фактор, процес чи механізм прибережно-морського рельєфоутворення.

Восьма концепція вважається найбільш досконалою та продуктивною, за поглядами Є. М. Єгорова, В. В. Лонгінова та П. Брууна, вона ґрунтується на

інших (гідродинамічних) генетичних особливостях. Сьогодні, серед інших фахівців, її розвивають переважно представники напрямку фізичного моделювання, які вивчають зміни наносорушійних гідродинамічних імпульсів уздовж профілю берегової зони.

Цей напрямок започаткували К. Фольбрехт та В. В. Лонгінов (1958) ще протягом 50-х років XX століття. Цікаво, що до наших часів гіпотеза (8) суттєво не спростована світовою прибережно-морською наукою, і вже багато десятиліть існує в своїй основі як задовільна, хоча і не дотримується принципу комплексності. Вона активно використовується географами-берегознавцями в різних галузях практики. Тому вважаємо за доцільне стисло викласти її провідні положення.

Гіпотеза (8) побудована на урахуванні гідрофізичних процесів змінення моменту мас речовини в береговій зоні морів (суцільна лінія) та його елементів уздовж профілю (рис. 5). Представлені процеси пояснюються безперервним підвищенням негативної складової, але одночасно із підвищенням прямої складової моменту мас. Відповідно до все більшого підвищення напівзавислих та сальтованих частинок наносів над поверхнею підводного схилу при наближенні до смуги руйнування (в бік берегу), невпинно зростає негативна складова, а, разом із тим, зростання позитивної складової гальмується. Зростання негативної складової продовжується впритул до смуги руйнування вітрових хвиль (рис. 5). Названа комбінація змін кривих і призводить до змін результативного руху наносів з прямого на зворотний в межах смуги руйнування хвиль. В нижній частині підводного схилу бачиться негативне («від'ємне») переміщення піщаних наносів в умовах позитивного сумарного моменту мас, яке дослідники пояснюють впливом сили тяжіння. Разом із тим, авторами гіпотези нічого не говориться про баланс наносів, як загальний, так і локальний.

Вплив кількох фізичних факторів сильного взаємовпливу та режиму руху наносів є істотним і веде до утворення в зовнішній зоні руйнування хвиль акумулятивної форми. Саме вона живиться наносами від берегу та від підводного схилу, назустріч та одночасно. Численні матеріали природних спостережень та лабораторних експериментів в цілому підтверджують реальність саме закономірності за кривими змінення фізичних моментів мас та відповідної зміни сумарного наносорушійного ефекту на поперечному профілі підводного схилу. Отже, за даними авторів гіпотези (8) динаміка профілю залежить від асиметрії хвильових рухів морської води в придонному шарі. Ще більшою є залежність від підвищення хвильових швидкостей над дном, разом із наближенням до смуги руйнування хвиль. В даному разі асиметрія хвильових швидкостей («*імпульсів*») забезпечує надходження наносів до берега в межах нижнього поверху схилу, а продовження нарощування цих швидкостей («імпульсів») до та після «*нейтральної смуги*» спричиняє підвищення піщаних часток вище по схилу.

Більшість дослідників (В. Лонгінов, В. Хомицький, І. Леонтьєв, Н. Айбулатов, З. Прушак, О. Басс та ін.) позитивно оцінює теорію (8), їм вона вважається

найбільше послідовною, статурною, повноцінною, закінченою, у порівнянні із (1–7). Ця гіпотеза та особливості, що витікають з неї, є своєрідним елементом, який об'єднує інші гіпотези: В.П. Зенковича, І.О. Леонтьєва, В. Баскома, К. А.М. Кінг та В.В. Вільямса, Т.Р. Скотта.

Таким чином, провідні гіпотези розвитку підводних валів побудовані на кількох окремих природних процесах, переважно гідрогенних, у вигляді певних припущень. Серед них ми визначили:

- розподіл розмірів вітрових хвиль та швидкостей хвильових течій;
- значення крутості підводного схилу, що вкритий наносами;
- значення розмірів та гідравлічної крупності наносів берегової зони;
- деякі процеси трансформації хвиль та розпорошення хвильової енергії;
- певні окремі процеси руху наносів різної гідравлічної великості в осередку піщаної берегової зони;
- величини крутості вітрових хвиль під час штормів у осередку розпорошення;
- активна дія надходжень піщаних наносів рухом уздовж берегової лінії та під впливом режиму поперечних посувів наносів;
- природа підводних валів є різною, бо одна їх кількість рухається з підводного схилу до берега, інша – від берега у бік моря, а третя є динамічно стабільною.

Як можна бачити, основні гіпотези та відповідні особливості формування підводних валів виступають самі по собі, окремо від загального системного фізико-географічного процесу розвитку берегової зони морів. Це свідчить про те, що до цього часу порушується один із основних загальногеографічних – принцип комплексності (системності). Таке порушення особливо несприятливе для дуже складного багатофакторного географічного середовища – берегової зони моря (океану).

Підводні вали в межах літодинамічної системи

Як відомо (Болдырев, 1961; Зенкович, 1962), на неприпливних морях в береговій зоні, піщані підводні вали є надійним індикатором режиму вздовжберегового потоку наносів в межах літодинамічних систем («чарунок»).

В межах регіону Чорного моря, літодинамічна система, яка розташована між м. Великий Фонтан та Жебриянською бухтою (Північно-західний піщаний потік наносів), використовується нами як експериментальний полігон (Шуйский, Выхованец, 1989). Він розвивається в умовах загального гострого дефіциту піщаних наносів, на відміну від деяких інших, розташованих в межах берегових система Кінбурнська-Покровська-Довгий та Тендра-Джарилгач. Протягом минулого століття дефіцит наносів, в межах досліджуваної системи, зазнав суттєвого зростання під впливом антропогенного фактору (Шуйский, Выхованец, 2011). Але, нами зафіксовано, що по трасі потоку наносів, загальні морфологічні та динамічні рис підводних валів, збереглися в районах зародження, транзиту та остаточного розпорошення піщаного вздовжберегового

потоку наносів. Відповідно, схема розвитку хвиль і хвильових течій є різною, в залежності від напрямку дії та потужності хвилювань (рис. 2), які формують кулісні та паралельні підводні вали.

Взагалі, науково-дослідні та навчальні установи України майже не досліджували формування, рельєф та його зміни у підводних піщаних валів, окрім науковців одеської наукової школи берегознавства при ОНУ імені І.І. Мечникова (Г.Н. Аксентьєв, І.А. Правоторов, Ю.Д. Шуйський, Г.В. Вихованець, О.Б. Муркалов та О.В. Давидов). Для цього були використані сприятливі об'єкти, зокрема Північно-західний потік піщаних наносів між мисом Великий Фонтан та Жебріянською бухтою. Він допомагає виявити процеси формування підводних валів в районах зародження, транзиту та розпорошення потоку, бо саме із належністю до цих районів різними авторами завжди пов'язувалися процеси формування (Шуйский, Выхованец, 1983).

За В.П. Зенковичем, Р.Я. Кнапсом, В.Л. Болдирєвим, Є.Н. Єгоровим, В.І. Будановим в районі зародження потоку можуть зустрічатися 1, максимум 2 вали, в районі транзиту – до 2–4, а в районі розпорошення та акумуляції наносів – до 4–7 валів. Науковцями одеської школи ще у 80-ті роки виявлено, що такий розподіл притаманний районам елементарного природного живлення наносами. А Північно-західний потік зазнає гострого природного дефіциту наносів. До того ж, минулими 30–35 роками дефіцит суттєво підвищився за штучними причинами. Відтак, сьогодні ситуація виглядає інакше, що показали наші натурні дослідження в різних районах берегової зони.

Перш за все, залежність між районами потоку наносів та елементарними процесами формування підводних валів, за гіпотезами (1–8), була втрачена минулими десятиріччями. Маємо обґрунтовано вважати, що вона діє для природних умов. Одночасно виявилась залежність від балансу наносів: взагалі вали існують там, де є скупчення пісків, тобто на ділянках проміжного та остаточного розпорошення піщаного потоку, де крутість підводного схилу сягає 0,009–0,021 на трасі вивченого потоку наносів Чорного моря, а хвильовий вплив дуже активний.

Піщані підводні вали відсутні там, де зустрічається широкий підводний схил, крутість якого не перевищує 0,0083. Прикладом можуть бути північна та східна частини Каркінітської затоки. Тут наноси постачаються процесами малоактивної абразії глинистих кліфів, які дають до 15% піщаних фракцій. Вони надходять в умовах послабленого хвильового впливу, згінно-нагінних процесів, водонасичення глин (суглинків), дії процесів інжекції, виносу піщаного матеріалу далеко від берегів. Сама продуктивність живлення є вкрай недостатньою. І хоча зберігаються механізми впливу прямих та зворотних хвильових імпульсів, розподілу хвильових течій (гіпотези 1–4, 5), але в умовах відсутності накопичень пісків підводні вали не виникають і не розвиваються.

На деяких ділянках дослідженого потоку наносів крутість підводного схилу сягає 0,03. На них може бути лише один розташований біля зрізу підводний вал

на глибинах 0,5–0,7 м, а найчастіше чітко окреслені вали відсутні. Піски, які сюди поступають, переважно скочуються по крутому схилу на глибину, подалі від нейтральної смуги («лінії», за П. Карнал'я). Тому підводний вал утворитися не може. Для цього немає піщаного середовища, а найчастіше виникає підводна абразійна поверхня. Наразі, потрібний розрахунок балансу наносів, незалежно від того, про який район потоку йдеться. Але жодна гіпотеза чи концепція (1–8) не ураховує баланс пляжоутворюючих наносів.

Майже увесь фактичний матеріал наших досліджень переконує, що підводні вали є такими рухомими (динамічними) формами на поверхні підводного схилу, які спрямовані на зниження напруги енергетичного хвильового потенціалу між двома рухливими тілами із різною щільністю. Цей процес веде до збалансованої дисипації хвильової енергії, до денівеляції нагонового синоптичного рівня води та до компенсаційного скидання нагінної призми води у відкрите море. Для цього можуть діяти окремі процеси, в залежності від конкретних умов протягом різного часу та на різних ділянках берегової зони, відповідно до закону географічної локальності.

Наші регулярні розрахунки результативного вектору хвильової енергії E та вздовжберегового руху наносів $T_{рез}$ показали, що вони змінюються кожні 9–13 років. Відтак, на різних ділянках по трасі потоку змінюється літодинамічний процес, який впливає на морфо- та літодинаміку розвитку підводних валів. Цю генетичну особливість не ураховували автори гіпотез (1–8), а тому їх проробки не були комплексними (системними).

На більшості ділянок піщаної берегової зони Чорного та Азовського морів вагомим джерелом для формування підводних валів була біогенна складова (молюскові чурупки). Протягом минулих 3–4 десятків років їх надходження зменшилося в рази, під впливом екологічного ушкодження середовища мешкання. Вплив цього фактору також не був урахований авторами гіпотез (1–8). Відповідно, не були враховані біогенні генетичні особливості динаміки підводних піщаних валів на Чорному та Азовському морях.

ВИСНОВКИ

Головний висновок – всі форми прибережно-морського рельєфу, в тому числі й підводні піщані вали, виникають і розвиваються під комплексним впливом генетичної сукупності факторів, процесів та механізмів у береговій зоні морів. Разом із тим, ніхто з дослідників не застосував основний географічний принцип комплексності (системності). Ця робота повинна бути виконана у наступний час іншими працівниками-географами.

Лабораторні експерименти на фізичних моделях в глибоких басейнах та гідравлічних лотках (в т.ч. і «широких») до сьогодні не показали надійних та достовірних результатів щодо започаткування та розвитку підводних піщаних валів в береговій зоні моря, в умовах трансформації вітрових хвиль та активних процесів літодинаміки. Відтак, найбільше достовірними та об'єктивними

є результати натурних досліджень на типових стаціонарних ділянках протягом двох-трьох десятиліть.

Дослідження підводних піщаних валів показують реальні, надійні, достовірні результати при застосуванні прибережно-морської методики, у відповідному масштабі часу («короткотермінового», «екзогенного») та на типовій ділянці берегової зони. При цьому важливо застосовувати наукові положення загального та локального балансу піщаних наносів в береговій зоні моря в межах всієї траси піщаного потоку.

У різних районах літодинамічної системи («чарунки») є ділянки, де підводні вали утворюються, а є ті, де вони відсутні. Виявилося, що найбільш чіткі риси валів та їх найбільша кількість притаманна ділянкам скупчення пісків. Прикладами можуть бути піщані підводні схили в Жебриянській бухті, уздовж Покровської коси, біля західної віддальниці Тендрівської коси, навпроти Донузлавського пересипу на Чорному морі, уздовж Бірючого острова та Федотової коси на Азовському морі, тощо. На цих ділянках зустрічаються від 3 до 5 валів до глибин 5–6 м. Як правило, глибше містяться алевритові та пелітові наноси, які несприятливі для утворення валів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Болдырев В. Л. Подводные песчаные валы как индикаторы вдольберегового перемещения наносов // Труды Института океанологии АН СССР. 1961. Т. XLVIII. С. 59–70.

Зенкович В. П. Основы учения о развитии морских берегов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 710 с.

Лонгинов В. В. Динамика береговой зоны бесприливных морей. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 380 с.

Лонгинов В. В. Опыт определения наносодвижущего действия волнения по данным наблюдений над трансформацией волн в береговой зоне // Труды Института океанологии АН СССР. 1958. Том XXVIII. С. 136–157.

Шуйский Ю. Д. Некоторые вопросы динамики кулисных подводных валов // Развитие новых исследований природных ресурсов: Отв. ред. С. Т. Белозоров. Одесса: Изд-во Од. Гос. университета, 1963. С. 42–44.

Шуйский Ю. Д. Некоторые данные промерно-грунтовых работ в береговой зоне Восточной Балтики // Новые исследования береговых процессов. Под ред. В. П. Зенковича. М.: Изд-во Наука, 1971. С. 127–136.

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

Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В. Природа Причерноморских лиманов. Одесса: Изд-во Астропринт, 2011. 275 с.

Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В. Режим вдольбереговых потоков наносов в Северо-западной части Черного моря // Известия ВГО. 1983. Том 115. Вып. 5. С. 420–429.

Шуйский Ю. Д., Выхованец Г. В. Экзогенные процессы развития аккумулятивных форм в береговой зоне Северо-западной части Черного моря. М.: Изд-во Недра, 1989. 198 с.

Bloomhead D. S., P. G. King Extracting qualitative dynamics from experimental data // Physica D Journal. 1986 Vol. 20. P. 218–246.

Hagen G. Handbuch der Wasserbaukűnst // Das Meer Zaitschrift (Berlin). 1863. Bd. 3. Teil 1.– 145 p.

Hunt A. R. On the action of waves on sea-beaches and sea-bottom // Science Proceedings Royal Dublin Society. 1885. Vol. 4. P. 45–93.

Larson M. Dynamics of longshore bars / M. Larson, N. Krauss // Proc. ICCE92, ASCE: By ed. Zb. Pruszak.– Gdańsk, 2003. Pp. 2219–2232.

Różyński G. S. Coastal Nearshore Morphology in Terms of Large Data Sets. Gdańsk: IBW Pol. Akad. Sci. Publ. Co., 2003. 170 p.

REFERENCES

Boldyrev, V. L. (1961). Podvodnye peschanye valy kak indikatory vdolberegovogo peremeshcheniya nanosov [Submarine sandbars as indicators of sediment transport along the coast]. *Trudy Instituta okeanologii AN SSSR*. T. XLVIII. 59–70 [in Russian].

Zenkovich, V. P. (1962). *Osnovy ucheniya o razvitii morskikh beregov* [*Fundamentals of the doctrine of the development of sea coasts*].M.: Izd-vo AN SSSR. 710 s [in Russian].

Longinov, V. V. (1963). *Dinamika beregovoy zony besprilivnykh morey* [*Dynamics of the coastal zone of non-tidal seas*]. M.: Izd-vo AN SSSR. 380 s [in Russian].

Longinov, V.V. (1958). Opyt opredeleniya nanosodvizhushchego deystviya volneniya po dannym nablyudeniy nad transformatsiey voln v beregovoy zone [Experience in Determining the Nano-Propulsion Action of Waves Based on Observational Data on Wave Transformation in the Coastal Zone]. *Trudy Instituta okeanologii AN SSSR*. Tom XXVIII. 136–157 [in Russian].

Shuisky, Yu. D. (1963). Nekotorye voprosy dinamiki kulisnykh podvodnykh valov [Some questions of the dynamics of recurved nearshore bars] // *Razvitie novykh issledovaniy prirodnykh resursov*: Otv. red. S. T. Belozorov. Odessa: Izd-vo Od. Gos. universiteta. 42–44 [in Russian].

Shuisky, Yu. D. (1971). Nekotorye dannye promerno-gruntovykh rabot v beregovoy zone Vostochnoy Baltiki [Some data of surveying and groundwork in the coastal zone of the Eastern Baltic]. *Novye issledovaniya beregovykh protsessov.* Pod red. V. P. Zenkovicha. M.: Izd-vo Nauka. 127–136.

Shuisky, Yu. D. (2008). Rozpodil nanosiv na poperechnykh profiliakh pidvodnoho skhylu Chornoho moria [Distribution of sediments on the transverse profiles of the underwater slope of the Black Sea]. *Prychornomors'kyi Ekolohichnyi biuleten'*. 1 (27). 156–169. [in Ukraine].

Shuisky, Yu. D., Vykhovanetz, G. V. (2011). *Priroda Prichernomorskikh limanov* [*Nature of the Black Sea limans*]. Odessa: Izd-vo Astroprint. 275. [in Russian].

Shuisky, Yu. D., Vykhovanetz, G. V. (1983). Rezhim vdolberegovykh potokov nanosov v Severo-zapadnoy chasti Chernogo morya [Regime of alongshore sediment flows in the northwestern part of the Black Sea]. *Izvestiya VGO*. 115. 5. 420–429. [in Russian].

Shuisky, Yu. D., Vykhovanetz G. V. (1989). *Ekzogennye protsessy razvitiya akkumulyativnykh form v beregovoy zone Severo-zapadnoy chasti Chernogo morya* [*Exogenous Processes of Development of Accumulative Forms in the Coastal Zone of the North-Western Part of the Black Sea*]. M.: Izd-vo Nedra. 198. [in Russian].

Bloomhead, D. S., King, P. G. (1986). Extracting qualitative dynamics from experimental data. *Physica D Journal.* Vol. 20. 218–246.

Hagen, G. (1863). *Handbuch der Wasserbaukűnst*. Das Meer Zaitschrift (Berlin). 1863. Bd. 3. Teil 1. 145 p.

Hunt, A. R. (1885). On the action of waves on sea-beaches and sea-bottom. *Science Proceedings Royal Dublin Society*. Vol. 4. 45–93.

Larson, M., Krauss, N. (2003). Dynamics of longshore bars. *Proc. ICCE92, ASCE*: By ed. Zb. Pruszak. Gdańsk. 2219–2232.

Różyński, G. S. (2003). *Coastal Nearshore Morphology in Terms of Large Data Sets*. Gdańsk: IBW Pol. Akad. Sci. Publ. Co. 170 p.

Надійшла 24.04.2022

Ю. Д. Шуйский[1], доктор геогр. наук, проф.
Г. В. Выхованец[1], доктор геогр. наук, проф.
А. В. Давыдов[2], канд. геогр. наук, доцент
[1]кафедра физической географии, природопользования и ГИС-технологий,
Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,
ул. Дворянская 2, Одесса-82, 65082, Украина
[2]кафедра географии и экологии,
Херсонский государственный университет,
ул. Университетская 27, Херсон-13, 73013, Украина

ПРИРОДНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ГИПОТЕЗЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОДВОДНЫХ ВАЛОВ В БЕРЕГОВОЙ ЗОНЕ НЕПРИЛИВНЫХ МОРЕЙ

В статье рассматривается происхождение, морфология и динамика уникальных форм прибрежно-морского рельефа в береговой зоне неприливных морей, в условиях влияния гидрогенного фактора, исключительно сильного потенциала механической энергии, достаточно больших запасов песчаных наносов (фракции 0,05–1,00 мм), активного влияния волновых импульсов и волновых течений в зоне дисипации энергии, активного наносообмена между берегом и подводным склоном. Показано, что этот вопрос имеет давнюю историю научных исследований в разных странах в связи с важным практическим значением. Среди природных особенностей названных форм исследователи различают 8 ведущих, которые проявляются только в прибрежной зоне. В других элементах экзогенной части географической оболочки они нигде не встречаются и не определяют уникальность прибрежной зоны морей. Авторы этих вариантов создают свои гипотезы на отдельных частях природных прибрежно-морских явлений. До наших дней исследователи избегали сложных, систематических подходов к этой теме. Поэтому в статье представлены рекомендации по улучшению теории зарождения и развития подводных валов.

Ключевые слова: береговая зона, волновой режим, подводный вал, краткая история исследований, теория рельефообразования.

Yu. D. Shuisky[1]
G. V. Vykhovanetz[1]
A. V. Davydov[2]
[1]Odessa I. I. Mechnikov National University,
Department of Physical Geography and Nature Management,
and Geoinformation Technology
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine
physgeo_onu@ukr.net
[2]Khersons State University,
Department of Geography & Ecology
svobodny.polet2012@gmail.com

NATURAL FEATURES AND HYPOTHESES OF ORIGIN NEASHORE BARS IN THE COASTAL ZONE OF NON-TIDAL SEAS

Abstract
Problems of the research. The article considers the origin, morphology and dynamics of unique forms of coastal-marine relief in the coastal zone of non-tidal seas, under the influence of the hydrogen factor, an exceptionally strong potential

of mechanical energy, sufficiently large reserves of sand deposits (fractions of 0.05–1.00 mm), active influence of wave impulses and wave currents in the zone of energy dissipation, active nanoexchange between the shore and the underwater slope. It is shown that this issue has a long history of scientific research in different countries due to its important practical significance. Long years we researching the alongshore sand drifting between C. Bol. Fontain in North to Jebriyan Bay in South as a experimental natural object of the North-Western part of the Black Sea.

Theoretical elaborations and methods. Among the natural features of the named landforms, the researchers distinguish 8 leading ones, which are manifested only in the environment of the coastal zone. Therefore, the purpose of the article is to consider the genetic hypotheses of the formation of underwater sand bars in the coastal zone of the seas over the past 100 years, and on this basis – to outline, evaluate, analyze several hypotheses about the formation of bars, show their positives and disadvantages, name the genetic features for the physical geographical. coastal environments

As part of the eight most important and most common features, we have identified the following: distribution of wind wave sizes and wave current velocities; the value of the steepness of the underwater slope covered with sediments; value of sediment sizes and hydraulic value of coastal zone sediments; some processes of wave transformation and dispersion of wave energy; certain individual processes of sediment movement of different hydraulic magnitudes in a cell of a sandy coastal zone; steepness of wind waves during storms in the spray source; active action of sand drifts by movement along the coastline and under the influence of the regime of transverse sediments; the nature of underwater swells is different, because one of them moves from the underwater slope to the shore, another – from the shore towards the sea, and the third is dynamically stable.

Main results and conclusions. As can be seen, the main hypotheses and the corresponding features of the formation of underwater swells act on their own, separately from the general process of development of the coastal zone of the seas. Such a principle does not meet the elementary requirements for the definition and evaluation of complex geographic natural systems. This is especially true for the coastal zone of the seas, where all the genetic components of the continental, oceanic, and coastal-marine types interact closely in a complex. They act unanimously. It is from such positions, according to this principle, that underwater sand bars and other coastal-marine landforms should be investigated.

In other elements of the exogenous part of the geographic envelope, they are not found anywhere and determine the uniqueness of the coastal zone of the seas. The authors of these variants build their hypotheses on separate parts of natural coastal phenomena. Until now, researchers have avoided complex, systematic approaches to this topic. Therefore, the article provides recommendations for improving the theory of the genesis and development of underwater swells within different sites of alongshore sand drifting.

Key words: Coastal zone, wave regime, nearshore bars, short history of research, relief genesis theory, natural peculiarities.