

# Про формування наносів на давніх і сучасних косах Кілійської (пізньоголоценової) дельти Дунаю

Юрій Д. Шуйський , Галина В. Вихованець, Лілія В. Гижко, Людмила В. Орган

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

## Реферат

У роботі представлено результати виконаного авторами гранулометричного аналізу берегових наносів в районі розпорошення вздовжберегового потоку наносів на підставі масового взірцювання на давніх реліктових та сучасних акумулятивних формах на березі Жебріянської бухти в межах гирлової області Дунаю (це завдання ніколи не вирішувалося). Застосовані стандартні методи літодинамічних досліджень. В статті наведені результати дослідження зразків піщаних відкладів на давніх реліктах і на піщаних косах сьогодення («грінду» – з румунського grîndu: загальновізнаний міжнародний термін: віялоподібна генерація хвильових валів на ділянках розпорошення вздовжберегових потоків наносів) в північній частині гирлової області Дунаю. Для цього використані 24 взірці (рівнозначно – зразки): 12 на вершинах еолових пагорбів та 12 – між пагорбами та грядями. Додатково на середній частині Жебріянської коси був відпрацьований типовий береговий пересік, на якому було вилучено 24 взірці, відповідно до рис мікрорельєфу. Вперше в береговій літературі зроблені співставлення гранулометричного складу наносів, якими побудовані давні та сучасні генерації хвильових піщаних валів в межах Кілійської частини дельти Дунаю. Отримані взірці були оброблені в лабораторії стандартними методами водного та решетового аналізу. Результати обробки були винесені на гістограми та інші види графічного зображення, що дозволило співставити та проаналізувати співвідношення складу найновіших та реліктових грінду. Доведено, що давні генерації грінду живилися наносами з тих джерел і за тими ж закономірностями, що й сучасні. Обидва вони складені тими ж мінералами, серед яких максимальний вміст мають кварц, кальцит, польові шпати, магнетит, з відповідною щільністю (2,6-2,7 г/см<sup>3</sup>, підвищена у кальцита). Останніми десятиріччями зникли з пляжів та меж грінду т.з. «карпатський гравій», що є частками з рано-голоценової тераси давнього Дністра, яка в наші дні розташована на дні Чорного моря в середовищі хвильового впливу. Синтетичний склад сучасних відгилків грінду характеризується пониженим вмістом фракцій  $\geq 0,5$  мм та  $\leq 0,1$  мм. Керуючою є фракція 0,25-0,5 мм (56-61%), хоча на давній реліктовій формі вона може сягати 69-75%. Пересічна концентрація другої за значенням фракції 0,1-0,25 мм є на диво стійкою на грінду різного віку, а саме 20-22%, в т.ч. на пляжах, на вершинах валів та в міжвалових пониженнях. На формах різного віку дуже схожою виявилась форма частинок, провідне значення мають бали обкатаності № 3-4. Гранулометричний склад на ділянці розпорошення потоку наносів дозволяє визначити поведінку частинок гірських порід в рухомому водному середовищі, будову відкладів та осадових порід прибережно-морського, дельтового та еолового походження.

## Ключові слова

Дельта Дунаю, Жебріянська бухта, наноси, пляж, коса, пересип, пісок

Надійшла до редакції: 1 жовтня 2020 / Прийнята: 8 грудня 2020

## Sediment composition within relict and modern spits of the Late-Holocene Kiliya delta of the Danube

Yuriy D. Shuisky, Galina V. Vykhovantz, Liliya V. Gyzhko, Ljudmila V. Organ

Odessa I. I. Mechnikov National University, 2, Dvoryanskaya str., Odessa, 65082, Ukraine

## Abstract

The authors aimed to perform granulometric analysis of coastal sediments in the area of scattering of long-shore drift in the Jebriani bay within the Danube delta on the basis of mass sampling on the ancient relict and modern accumulative forms. The present study used the standard lithodynamic research methods. The paper presents the study results of sand deposit samples on ancient relict and modern sandy spits ('grindu') in the northern part of the mouth of the Danube. Overall, 24 samples were analyzed: 12 samples were collected on the tops of the aeolian hills and the other 12 – between the hills and ridges. In addition to this at the middle part of the Jebriani spit a typical cross-section was made, where 24 samples were retrieved based on microrelief features. For the first time in coastal literature, comparisons of the granulometric composition of sediments which compose ancient and modern generations of wave shafts within the Kiliya part of the Danube Delta have been carried out. The obtained samples were processed in the laboratory using standard methods of water and sieve analysis. The results were presented in the form of histograms and other types of graphics which allowed to us to compare and analyze the ratio of the composition of the relict and recent grindu. The obtained results revealed that ancient generations of grindu were composed of sediments from the same sources and in accordance to the same laws as modern ones. They are both composed of the same minerals, among which the primary role is taken by quartz, calcite, feldspar, magnetite, with a corresponding density (2.6-2.7 g/cm<sup>3</sup>, increased in calcite). In recent decades, the so-called beaches and borders of the grindu have disappeared. "Carpathian gravels", which are fragments of the Early-Holocene terrace of the ancient Dniester, are today located at the bottom of the Black Sea in offshore environment. The synthetic composition of modern grindu branches is characterized by a reduced content of fractions  $\geq 0.5$  mm and  $\leq 0.1$  mm. The primary fraction is 0.25-0.5 mm (56-61%), although in the ancient relict form it reaches 69-75%. The average concentration of the second fraction of 0.1-0.25 mm is surprisingly stable in the grindu of different ages, namely 20-22%, including on the beaches, on the tops of the shafts and in the inter-shaft lowlands. The shapes of particles are very similar on the forms of different ages, rounding points value 3-4 are of leading importance. The particle size distribution in the area of sediment flow scattering allows to determine the behaviour of rock particles in a moving marine environment, the structure of sediments and sedimentary rocks of coastal, marine and aeolian origin.

## Keywords

Danube delta, Jebriani bay, shore drift, beach, spit, beach-barrier, sand

Received: 1 October 2020 / Accepted: 8 December 2020

## 1. Вступ

В роботі вперше отримані результати масового визначення гранулометричного складу наносів на давніх та сучасних грядах хвильової природи в Жебріянській бухті, на Жебріянській косі, в складі її давньої частини (*grindu* – з румунської – віялоподібна генерація хвильових валів на ділянках розпорошення вздовжберегових потоків наносів). Для співставлення використані матеріали фракційного аналізу сучасних пляжів на ділянці розпорошення Північно-західного вздовжберегового потоку наносів на північно-західному березі бухти. Цей потік живиться абрадованим осадовим матеріалом від руйнування глин, супісків, суглинків, лесових шарів. В складі потоку наносів цей матеріал добре вимивається та з нього вивільнюється крупнозерниста частина, що витрачається на побудову пляжів, акумулятивних терас, підводного схилу (наноси «хвильового поля»).

В процесі розвитку географічні тіла та процеси змінюються, в тому числі і в береговій зоні Чорного моря, інших морів на дельтових узбережжях. Підвищеної інтенсивності зміни відбуваються і в дельті Дунаю. Разом із змінами рельєфу, ґрунтів, рослинності тощо, змін зазнають відклади на давніх та на сучасних формах рельєфу. Для встановлення цих змін нами були взяті зразки на сучасних та на реліктових берегових формах, що дозволило провести співставлення між ними.

## 2. Матеріали та методи

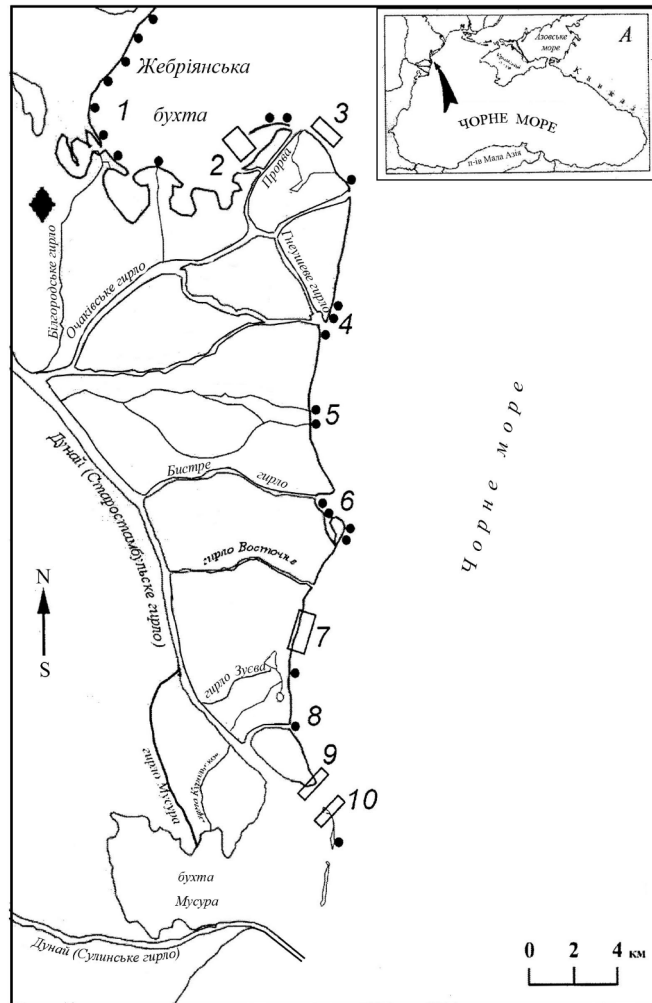
В натурних умовах використовувалися методи польових маршрутних та стаціонарних досліджень. Роботи виконувалися на ділянках: а) на типовій частині піщаної поверхні реліктової тераси, що утворена еоловими горбами давнього пересипу Дунайської коси («*grindu*» – з румунської мови, пояснення в Анотації і у Вступі), тут були узяті взірці на вершинах пагорбів (12 шт.) та в низинах між пагорбами (12 шт.); б) на сучасній піщаній терасі «Волчек» і на сучасній Жебріянській косі, в межах підводного схилу, пляжу та еолових пагорбів (рис. 1). Взірцювання на профілях було не в окремих точках на великій площі, а масовим, на основних типових елементах рельєфу *grindu*. Довжина ділянки, що досліджена, становить  $\approx 15$  км. Всього маємо 45 взірців, що дозволяє отримати надійні переконливі результати, які можна застосовувати для обґрунтування практичних завдань.

В лабораторії взірці були промиті водою у стандартних стаканах, просушені, а згодом просіяні на стандартному 10-кратному наборі решет що за звичаєм використовуються в морській геоморфології, гідрології, лімнології та в фізичному берегознавстві (Shuisky et al., 2015). В кожному взірці було отримано 10 провідних фракцій, з яких були побудовані графіки розподілу, визначені медіана, відсортованість,

ведуча фракція, відхилення від пересічного тощо. Всі графіки були накладені, що дозволило отримати їх результативне поле кривих та типові криві для ділянки пробовідбору як і у попередніх випадках. Все дозволило встановити закономірності будови та розповсюдження давніх та сучасних прибережно-морських наносів при формуванні складних кіс в північній частині гирлової області Дунаю. В даному разі використовувалася низка загальнотеоретичних методів дослідження. Серед них методи графічні, картографічні, географічних співставлень, аналізу, математичної статистики, діалектичні.

## 3. Аналіз попередніх публікацій

Перші спеціально виконані визначення розмірів та розподілу наносів були здійснені під час складання морських навігаційних карт і налаштування судноплавних каналів у другій половині XIX століття. Ці визначення не були систематичними, послідовними, масовими. Вони не відрізнялися цифрою, а найчастіше були якісними, зокрема позначалися як «пісок», «мул», «глина», «замулений пісок» й т.і. (Petrescu, 1963). Ще в роботах V.P. Zenkovich (1960) бачимо загальні схеми розвитку Жебріянської коси та суміжного *grindu*. Як тільки коса утворить віялоподібну генерацію хвильових валів, починає формуватися наступна, більш молода, яка живиться наносами з тих же джерел, як показано на рис. 2. На цій схемі наростки валів на поверхні дельти є давніми, реліктовими (рис. 2, Б), попередніми по відношенню до сучасних Жебріянських (рис. 2, А). В подальших публікаціях зустрічаються окремі, вкрай нечисленні кількісні величини, що характеризують розміри давніх та сьогодняшніх наносів (Geology of Shelf., 1982). Немає задовільної інформації про гранулометричний склад наносів в *grindu* та уздовж морської окрайки Кілійської частини дельти (Shuisky, 2003). Навіть у фундаментальній новій монографії (Mikhaylov, Morozov, 2004) досить розгорнуто викладається кількість дунайських наносів, що скидаються в море, але вкрай поверхнево точиться мова про їх гранулометричний та речовинний склад, як і в найновіших детальних роботах (Mikhaylova et al. 2019). Такий рівень дослідженості на застарілих даних не може задовольнити сучасні запити практичної діяльності суспільства, особливо – Дунайського регіону. Відтак, можна визначити мету статті: виконати аналіз гранулометричного дослідження берегових наносів на ділянці розпорошення вздовжберегового потоку піщаних наносів на підставі масового взірцювання на давніх реліктових та сучасних акумулятивних формах на березі Жебріянської бухти в межах гирлової області Дунаю. Для досягнення цієї мети треба вирішити наступні основні завдання: 1) визначити склад та зробити аналіз наносів на реліктових піщаних косах;



**Рис. 1.** Картохема розподілу ділянок взірцювання уздовж морської окрайки Кілійської частини дельти Дунаю (показані на фрагменті А). Цифри – ділянки: 1 – ординарної берегової зони, де розпоршується вздовжбереговий піщаних потік; Крупні чорні точки – старі ділянки вилучення зразків на берегових пересіках; Ділянки 2 – відбору зразків на барах і косах поблизу порта та судноплавного каналу; чотирьохкутники вказують на ділянки взірцювання на піонерних формах дельтового рельєфу; 3 – Таранової коси; 4 – гирла Гнеушева річища; 5 – гирла річищ Отножного та Піщаного; 6 – гирла Бистре та о. Птичий; 7 – на острові Кубану; 8 – гирло протоки Циганка; 9 – ділянка на косі з класу вільних на березі Старо-Самбульського гирла; 10 – місця масового пробовідбору піску.

2) визначити склад та зробити аналіз наносів на сучасних найновіших піщаних формах берегового рельєфу; 3) визначити форму та рівень затирання давніх та сучасних наносів; 4) встановити основні закономірності формування наносів в двох названих групах.

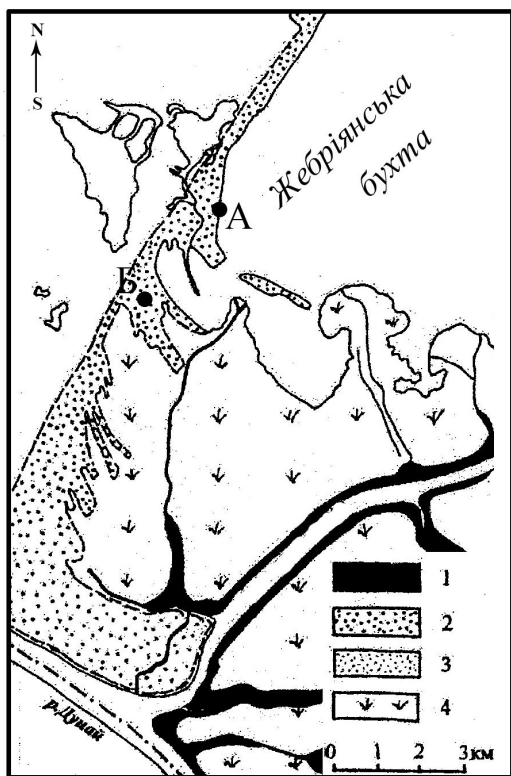
**4. Результати та їх обговорення**

Ця частина статті викладається відповідно до названих завдань. Їх теоретичні обговорення будуть ураховані в підсумках.

**4.1.** Після початку зародження і формування Жебріянської бухти 1,5-1,3 тисячі років тому поверхня тодішньої грінду вийшла з-під дії морських хвиль. З того часу вона зазнала сильного вітрового впливу. Наноси почали перевиюватися, включилися механізми масового дотикання часток, стали втрачатися найтонші фракції, подрібнюватися моллюсковий детрит, відбувся глибокий загальний

міксинг піщаної товщі. Останніми кількома роками виконувався масовий відбір зразків на реліктовому грінду, на поверхні типових піщаних форм, наприклад, на типовому поперечному профілі (див. рис. 1, ділянка 1). Половину було вилучено з вершин еолових гряд та пагорбів, іншу половину – з міжгрядових понижень.

На вершинах провідною фракцією виявилася піщана 0,25-0,5 мм, з пересічною концентрацією 71,35%. Максимум становив 80,22%, а мінімум 60,61%. Отже, відхилення від пересічного по максимуму становить +8,87%, а по мінімуму –10,74%. Ці величини вказують на високий ступінь природної рівноваги основної маси наносів, хоча проявляється невелика тенденція до зменшення розміру часток. На це непрямо вказує співвідношення між найменшими фракціями – 0,1 мм та > 0,5 мм, а саме 5,39% до 1,63%, як це трапляється в береговій зоні (Shuisky et al., 2015). Вцілому, фракційний склад наносів відповідає складу типового еолового матеріалу в умовах розвитку берегових піщаних дюн (рис.



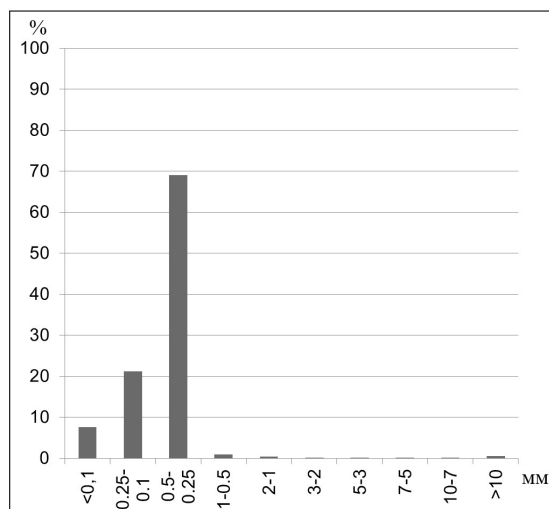
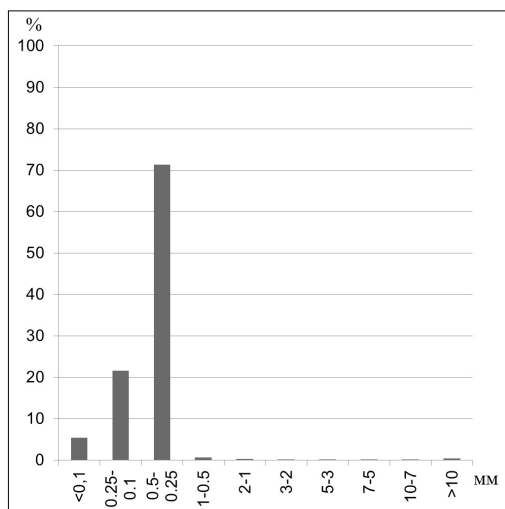
**Рис. 2.** Розташування давніх реліктових ґрінду верхнього голоцену на півночі Кілійської частини дельти Дунаю: 1 – прирічищні берегові гряди; 2 – різні генерації хвилювих валів в складі реліктового ґрінду (на південний захід від ділянки Б включно); 3 – піщані тераси «Волчек» і «Сасик»; 4 – плавні в межах дельти; А – місце відбору зразків на сучасному відгалуженні коси; Б – те ж саме, на давньому реліктовому відгалуженні (з роботи G.V. Vykhovanetz (2003), з додатками).

з А), де майже завжди зустрічається провідна фракція. Типовою формою полігону розподілу є одновершинний, буває, що двовершинний, бо підвищені значення вмісту можуть показувати фракції  $\geq 10$  мм (до 13% в незначному числі зразків).

Така ж велика кількість зразків була вилучена з міжгрядових понижень, де вітровий режим та

еолово-вітрова переробка наносів відрізняються. Виявилося, що як і на вершинах еолових форм (рис. 3 Б) провідною є фракція 0,25-0,5 мм з пересічною концентрацією в 69,07%, майже стільки ж, що і на вершинах пагорбів (різниця 2,28%). Трохи більше виявилося фракцій  $\geq 0,5$  мм (2,12%) та  $\leq 0,1$  мм (7,63%) при тому, що тип гістограми на вершині А залишився тим, що і на пониззі Б (див. рис. 3). Цю схожість ми пояснюємо тим, що на давній ґрінду та на сучасній прибережно-морській піщаній терасі історично склалося однакове джерело поповнення наносами, а під час вітрового міксингу поверхні ґрінду склад поверхневих наносів опинявся майже однорідним. Взагалі, в міжвалових пониженнях фракційна будова взірців більш різноманітна, а відхилення від пересічної величини більш стійке. Разом з цим, нами були вилучені кілька взірців (переважно на вершинах еолових гряд), в яких вміст алеврито-пелітових фракцій дорівнював  $\approx 22\%$ , – майже в 3 рази більший за пересічну величину. Вершини зазнають більш сильного вітрового впливу, тому більша вірогідність втрати найменших фракцій – 0,1 мм, як це буває взагалі на берегових дюнах.

Тут же треба зауважити, що ручне колонкування піщаного поля давніх ґрінду на дослідженій площі показало його товщину 3,5-5,0 м. Це може вказувати, що прорив довгого пересипу Дунайської затоки (Zenkovich, 1960; Shuisky, 2003) має джемєтинський вік, за E.N. Neveškiy, як підкреслює (Shnyukov et al., 1982). Спочатку це дало початок інтенсивного заповнення алювієм дна з морського боку пересипу, як це відбувається і зараз біля видовжених барів і кіс на узбережжях як припливних, так і неприпливних морів. А вже потім, коли прилегло дно стане міліним, створюється середовище для появи нової, наступної частини великої дельти. Зокрема, такий літодинамічний механізм склався в дельтах Міссісіпі, Оріноко, Нілу. На таких мілинах зростає площа дельт, зокрема – і Дунаю.



**Рис. 3.** Типові гістограми розподілу пересічних значень окремих фракцій у зразках, які були вилучені в межах еолових пагорбів реліктового ґрінду: А – на вершинах пагорбів; Б – в пониженнях між пагорбами.

**4.2.** Масовим було взірцювання на північному березі Жебріянської бухти, де склалася ділянка розпорошення піщаного вздовжберегового потоку наносів протягом минулих 100-150 років. Зараз це є велика ділянка № 1 активного рельєфоформування, де утворюються нові, «сьогоднішні» грінду. Взірці були представлені елементарними частинками наносів типового прибережно-морського походження, які живляться переважно процесами донної та берегової абразії між м. Большой Фонтан та бухтою. Разом із тим, для співставлень із наносами ділянки № 1 на рис. 1, ми виконали взірцювання матеріалу дельтового походження. Його взірці були отримані на 9 окремих ділянках від №2 до №10 (див. рис. 1).

Основне значення нами надається ділянці № 1, де утворюється сучасне грінду за тими ж закономірностями, які призвели до виникнення реліктового грінду. Ділянка включає в себе південний «кут» пересипу Сасик, терасу «Волчек» та Жебріянську косу. Вони є акумулятивними формами, які окремими накатними валами нарощуються досьогодні, наприклад, як показано на див. рис. 2 А. Взірці відбиралися в середній частині тераси «Волчек». Протягом останніх 50 років ця тераса сягла ширини на 132 м більше. Таким чином, пересічна швидкість нарощування тераси дорівнює 2,7 м/год. Така динаміка свідчить про суто сучасний процес «поточного дня» в накопиченні піщаних наносів, а не про довготривалу акумуляцію валів на рис. 4. На додаток, на наведеному пересіку довжиною 275 м взято 22 взірці, на кожному висотному елементі прибережно-морської фації. Тому гранулометричний склад наносів на «свіжих» пляжах та на реліктових валах (рис. 1 Б) може бути порівняним з великим показником достовірності.

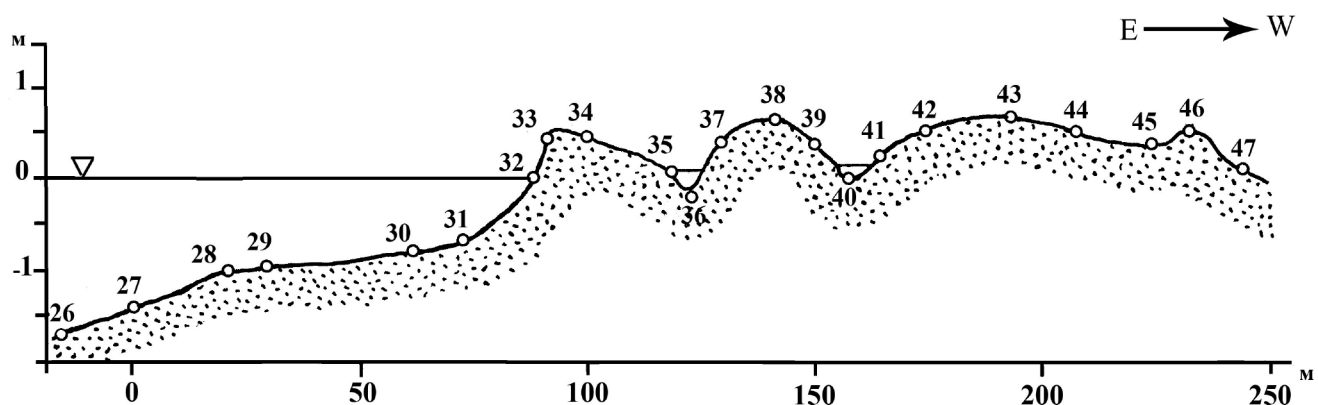
Раніше було доведено (Vykhovanets, 2003; Shuisky, 2003), що Жебріянська коса нарощує довжину кожного наступного хвильового валу, але одночасно кожний наступний вал відхиляється на схід, відповідно до змін величин результативного вектору вітро-хвильової енергії  $E$  та вздовжберегового хвильового потоку Трез. Відповідно, розвивається

сукупність викривлених берегових валів, у вигляді генерації з формою віяла, тобто нове грінду. Кожний вал відокремлюється від суміжного міжваловим пониззям. Наочне знайомство із такими валами показало, що склад наносів на кожному з них є індивідуальним, а найбільш типовим є останній, наймолодший вал. Тому саме через нього був виконаний пересік за правилами, що загально прийняті (рис. 5). Відбір зразків піску був на кожному елементі рельєфу і урахував кожну мікроформу хвильового та еолового рельєфу. На цій підставі була побудована схема розподілу провідних фракцій від  $\leq 0,1$  мм до 0,5 мм (див. рис. 5, 1-24).

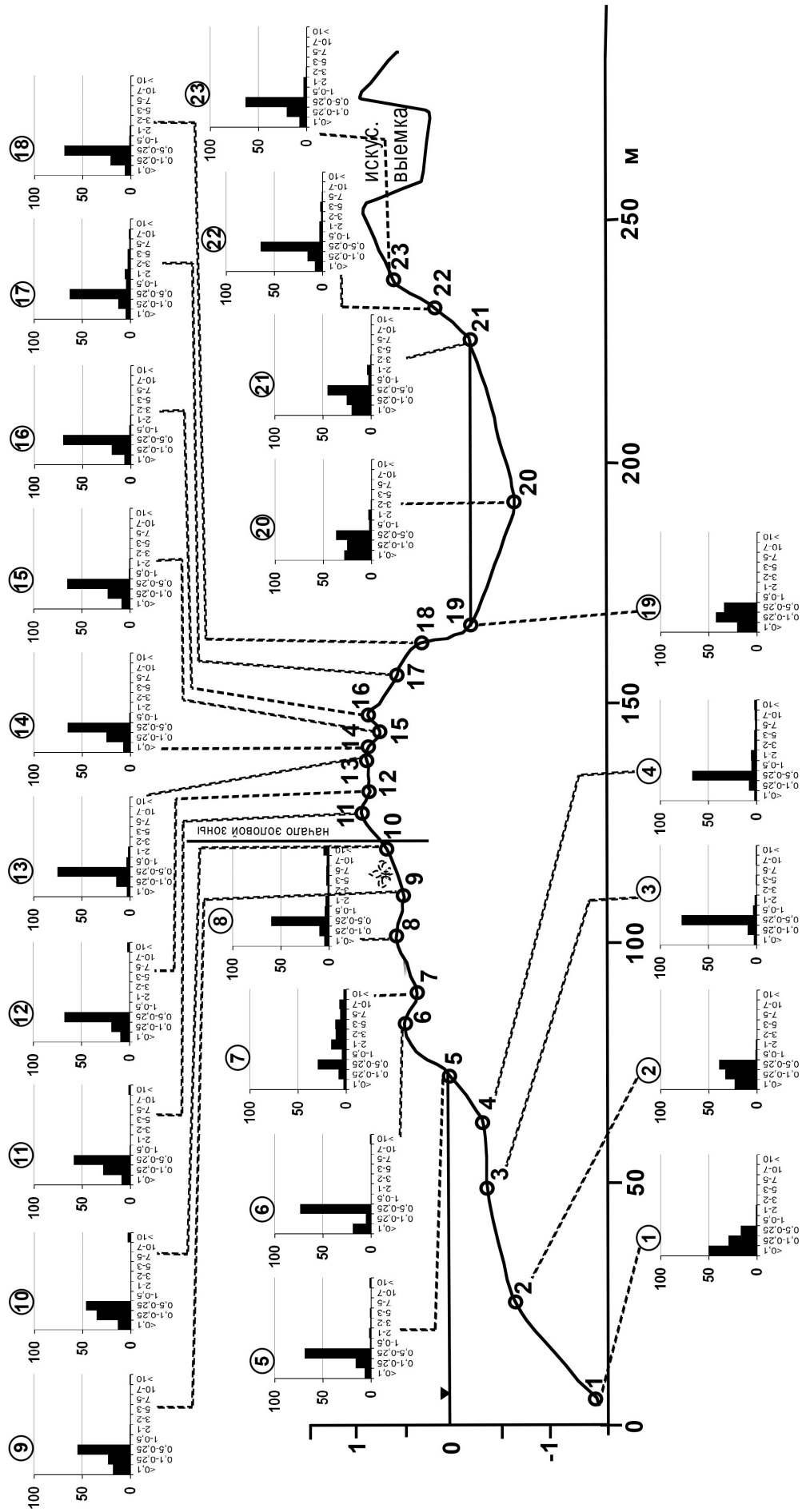
Вона показала, що з глибини 2 м до ординату моря наноси стають більш крупними та підвищується вміст чурупкового детриту  $\text{CaCO}_3$  (наноси  $\geq 0,5$  мм до 23% у взірцях № 4-6). В смузі дії нахату і до підсхилку еолової гряди між точками 9-10 (висота до 0,8-1,0 м) помітно підвищується вміст фракції 0,1-0,25 мм (31-37% при пересічному значенні 21%), що типowo для еолового осередку піщаних форм рельєфу на північних берегах Чорного моря. Оскільки еолова смуга на грінду розвивається переважно під впливом вітрів з боку моря, то в подальшому, до міжвалового пониззя (між точками 9-19) у ньому між двома сусідніми грядами залягають наноси, що перевиані еоловим відсортуванням. І тільки на узрізі міжвалової озероподібної водойми (точки 19-21) маємо підвищену великість наносів за причиною значної концентрації чурупкового детриту ( $\text{CaCO}_3$  – до 65%).

Отже, виявилось, що наноси на зовнішній гряді «сьогоднішнього» грінду мають багато в чому спільного з тими, якими складена аналогічна реліктова форма.

**4.3.** Загальний вигляд сучасної форми «сьогоднішнього дня», що нарощується та поступово утворює особливу генерацію хвильових валів (див. рис. 5), підказує, що літодинамічний процес на ній має схожість з давнім (рис. 2, 2). Цю схожість ще V.P. Zenkovich (1960) пов'язував з ділянками кінцевого розпорошення вздовжберегових потоків наносів, а до них якраз і відноситься кут Жебріянської



**Рис. 4.** Типовий розподіл точок взірцювання на пересіку піщаних акумулятивних форм сучасного грінду на березі Жебріянської бухти для отримання достовірного результату щодо гранулометричного складу наносів. З лівого боку трикутник вказує перешийний рівень моря.



**Рис. 5.** Центральна частина Жебринської коси на березі одноім'яної бухти. Числові шкали – глибини, горизонтальна – довжина перерізу (в метрах). Шкала гістограм: горизонтальна – розміри фракцій (мм), вертикальна – проценти. Нумери гістограм та точок пробовідбору співпадають: 1–4 – взірці на підводному схилі моря; 5–9 – надводна частина пляжу; 9–18 – еолова гряда з трав'яним покривом; 19–20–21 – міжвалове пониження. Профіль розташований на місці третьої розташованій на напрямку від північного сходу на південний захід на рис. 1, ділянка 1 в Жебринській бухті, дата 25.06.2019 року.

бухти. Найновіша генерація типу грінду несе на собі переважно піщані фракції, але з домішками чурупки, з концентрацією пересічно 15-20%, що значно менше, ніж протягом 60-70 років ХХ століття. Зменшення ми пояснюємо суттєвими погіршеннями фізико-географічних умов на північно-західному узбережжі Чорного моря. Окрім зростання забруднень морської та дунайської води, почав відчуватися сильний дефіцит піщаних пляжів та природних уламків скельних порід – середовища мешкання пляжоутворюючих моллюсків, про що попереджав академік Ю.П. Зайцев у середині 90-х років на доповіді в Одеському Домі вчених. Сьогодні нерегульована та «дика» забудова берегів зробила дійсністю сценарій великого гідробіолога.

На підставі лабораторної обробки взірців див. рис. 5, зразки 1-24, директивною фракцією виявилася 0,25-0,5 мм, як і на давній грінду (див. рис. 1 та 2). Але її концентрація виявилася набагато меншою, тільки 58,66%. В цілому різниця пересічних величин дорівнює 12%, що оцінюється як суттєва величина. Разом із цим, на молодій грінду найменших фракцій – 0,1 мм майже в 2 рази більше, аніж в складі реліктових, бо вони ще не до кінця пройшли вітрову (еолову) переробку наносів. Одночасно майже в 5,5 разів більше суми фракцій > 0,5 мм, як виявилось. Відтак, для максимальних значень маємо відхилення від пересічної величини, що дорівнює 19,44%, а для мінімальних – майже в 2 рази більше, 41,92%. Виходить, що літодинамічна рівновага в дослідженій береговій зоні може бути сягнутою за рахунок будь-якого механізму скорочення мінімальних концентрацій. В даному разі найбільш вірогідним нам бачиться активізація процесу інжекції, тобто вилученню у відкрите море найменших фракцій наносів (зависі) під впливом згінно-нагінних вітрових ундуляцій рівня моря.

В той же час для нас несподіваним стало майже повне співпадіння на гістограмах значень пересічних концентрацій всього фракційного ряду на реліктовому давньому грінду та на сучасному найновому валу-відгиллі поточного грінду, що формується сьогодні. Першочергово, це відноситься до фракції дрібного піску (0,1-0,25 мм), яка на пересіку сягнула 20,11%. Крайні значення дорівнюють 42,93% за максимумом та 5,37% за мінімумом. Природно, що вони суттєво, в рази, перевищують значення найкрупніших фракцій  $\geq 0,5$  мм. Всі крупніші за 0,5 мм, в розрахунку на одну фракцію із 7, пересічно становлять 1,416% на сучасних пляжах і терасах, а на давніх – 0,233% на вершинах реліктових пагорбів та 0,302% в міжвалових пониззях. Отже, виходячи із наведених співвідношень та концентрацій різних фракцій, ми вважаємо, що найбільше достовірним індикатором літодинамічних процесів рельєфоутворення у розташуванні та формуванні пляжів, кіс, терас є вміст суми керівних фракцій від  $\leq 0,1$  до 0,5 мм в сфері дії гідрогенних факторів, в межах північно-західного вздовжберегового потоку наносів, між

мисом Большой Фонтан та Жебріянською бухтою. Ось чому на схемі розподілу окремих фракцій у першому наближенні ми показуємо розподіл саме керівних фракцій у складі взірців за №№ 1-24 (див. рис. 5).

Це досить для того, щоби були відображені певні літодинамічні закономірності в районі розпорощення потоку наносів і формування новго грінду. На осередку формування хвильових генерацій грінду до основних відносяться: а) найкрупніші фракції локалізовані на підводному схилі на глибинах від 2 м до 0 (до ординару); б) найбільш інтенсивний процес перетворення осадкового матеріалу в прибережно-морські наноси відбувається на відзначках від -2 м до +1 м під впливом накатного потоку; в) на надводному пляжі, який відчуває дію синоптичних коливань рівня моря, переважають крупні наноси хвильових валів та дрібні наноси між валами; г) верхня частина пляжу поступово переходить в еолові пагорби та гряди, причому, керівне становище посідають керівні фракції 0,5-0,25 мм (вміст 29-46%) та 0,25-0,1 мм (23-35%); д) на піщаних акумулятивних формах, що розташовані на лиманних та дельтових узбережжях хвильові процеси завжди супроводжуються наявністю еолових процесів рельєфоутворення; е) розподіл рис гранулометричного складу наносів визначає будову фізико-географічних систем на поверхні піщаних кіс-генерацій типа «грінду».

**4.4.** Формування гранулометричних властивостей прибережно-морських наносів є важливим літодинамічним процесом, бо саме цими наносами складаються форми рельєфу берегового походження (Vykhovanets, 2003; Shuisky et al., 2015). При цьому важливе місце посідають процеси дрібнення та затирання часток наносів та набуття ними рис сферичності. А це підвищує їх гідравлічну крупність. Вони є невід'ємною частиною гранулометричності твердих часток у водному середовищі, в даному разі – мінеральних наносів в морській воді, що рухається. При цьому гранулометричні якості є близькою аналогією гідравлічним якостям. Тому нами були ураховані не тільки різні фракції наносів (їх розміри, визначені на решетах), але й їх щільність ( $г/см^3$ ). Для цього, поряд із визначеннями форми та сферичності частинок наносів, виявлялась наявність деяких мінералів.

В районі наших досліджень наносоутворюючим мінералом є кварц, із щільністю  $2,65 г/см^3$ , з вмістом до 60%. Інші мінерали є менш рухомими у зв'язку із більшою щільністю в одних і тих же фракціях (наприклад, мусковіт – до  $3 г/см^3$  чи кальцит – до  $2,75 г/см^3$ ). Вони проходять меншу дистанцію за однаковий час, але при цьому частіше занурюються вглиб товщі наносів уздовж берегів в напрямку Жебріянської бухти. Кварц та фельд-шпати надають світлого кольору, а моріон – темного.

На наш подив, серед тисяч проглядів зерен наносів і визначення балів округленості під мікроскопом нами були визначені окремі зерна обсидіана. Цей

мінерал є нетиповим для Придунав'я. Вважаємо його присутність алювіальним скидом у басейні Дуная та його притоків, що дрениують вулканічні породи Альп, Карпат та ін. Звернемо увагу, що саме зерна стійкого обсидіану, завдяки їх фізичним властивостям, зберігають неправильну гострокутну форму під час перенесення водним потоком на найдовгі дистанції. З іншого боку, в районі досліджень найважливішими породоутворюючими мінералами є кварц та кальцит. Можна зафіксувати, що серед знайдених мінералів кварц має підвищену твердість, майже 7, а кальцит 3 за шкалою Мооса. Тому пояснюємо слабке невелике затирання у частинок кварца й підвищене затирання у частинок кальцита. Виявилося, що за шкалою В.А. Апродова форма частинок піщаних наносів за формою округленості лежить між 3,07 та 3,85 пересічно із 100 визначень у кожному взірці. Крайні значення становлять від 1 до 5, найчастіше зустрічаються округленості 3 і 4 бали. Відтак, гранулометричні властивості наносів на старій і найновій грінду складаються з пісків середньозернистих та дрібнозернистих, помірної округленості, невеликої кутуватості, переважно суттєвої твердості і підвищеної щільності. Саме такі наноси притаманні товщам найновіших акумулювативних форм хвильової природи в дослідженій частині дельти.

## 5. Висновки

Грінду є невід'ємним елементом структури Кілійської дельти Дунаю, на відміну від дельт таких річок, як Дністер, Камчія, Дніпро, Ріоні. Порушення процесу формування грінду відповідно спричиняє ушкодження всій системі дельти, а перш за все – шкоди зазнає субстрат дельти, на якому поселяються рослини і тварини певних видів.

Будь-яка забудова на поверхні грінду порушує стійкість дельти взагалі. Зокрема, якщо розпочати забудову пересипу озера Сасик та тераси «Волчек», які розташовані на ділянці розпорошення Північно-західного уздовжберегового потоку наносів, то це призведе до зникнення живлення нових грінду на Стенцовсько-Жебринській частині дельти. Відтак, не викликає сумнівів у порушеннях структури того субстрату, в якому розвиваються унікальні біологічні асоціації.

Фракція, що є ведучою, домінуючою виявилася середньозернистою піщаною на реліктових і на грінду сьогодення. На обох грінду другою за значенням є фракція дрібнозернистого піску. На третьому місці розмістилася сукупність алевритопелітових фракцій. В загальному порядку склад та співвідношення в цілому розрізняються несуттєво за всіма гранулометричними показниками, що пояснюється одними й тими ж джерелами живлення наносами, подібними прибережно-морськими процесами трансформації, схожими

уздовжбереговими потоками хвильової енергії, аналогічними механізмами дії роздрібнення та округленості.

Достовірність та об'єктивність отриманих результатів та висновків обумовлені тим, що дослідження були прямими натурними, в природних умовах, безпосереднім пробовідбором. Кількість зразків була достатньою, вони були отримані та оброблені в лабораторії за однією та тією ж методикою, з використанням одних і тих же технічних засобів.

## ORCID iD

Yuriy Shuisky  <https://orcid.org/0000-0001-5308-0233>

## Список посилань

- Vykhovanets, G.V. (2003). Aeolian factor impact to dynamic of the Danube delta. *Bulletin of Odessa I. I. Mechnikov National University. Ecology Ser.*, 8 (11), 29–54. [Выхованец, Г.В. (2003). Влияние эолового фактора на развитие дельты Дуная. *Вісник Одеського національного університету. Екологія*, 8 (11), 29–56].
- Zenkovich, V.P. (1960). *Morphology and Dynamics of the Black Sea Coasts*. II. Moscow: USSR Acad. Sci. Publ. Co. [Зенкович, В.П. (1960). *Морфология и динамика советских берегов Черного моря*. II. Москва: издательство Академии наук СССР].
- Mikhaylov, V.N. & Morozov, V.N. (Eds.). (2004). *Hydrology of the Danube Delta*. M.: GEOS. [Михайлов, В.Н., Морозов, В.Н. (ред.). (2004). *Гидрология дельты Дуная*. М.: ГЕОС].
- Mikhaylova, M.V., Kravtsova, V.I. & Morozov, V.N. (2019). Long-years evolution of marine margin of the Danube Delta. *Water Resources*, 46 (5), 474–484. [Михайлова, М.В., Кравцова, В.И., Морозов, В.Н. (2019). Многолетние изменения морского края дельты Дуная. *Водные ресурсы*, 46 (5), 474–484].
- Petrescu, I. G. (1963). *Delta of Danube: origin and evolution*. Moscow: IL Publ. House. [Петреску, И.Г. (1963). *Дельта Дуная: происхождение и развитие*. М.: ИЛ].
- Snyukov, E.F. (Ed.). (1982). *The Shelf Geology of Ukrainian SSR. Environment. History and Methods of Research*. Kiev: Naukova Dumka. [Шнюков, Е.Ф. (ред.). (1982). *Геология шельфа Украинской ССР. Среда. История и методика изучения*. Киев: Наукова думка].
- Shuisky, Yu.D. (2003). Hydro-Morphological characteristics of evolution of contemporary Kiliya delta of the Danube river. *Bulletin of Odessa I. I. Mechnikov National University. Ecology Ser.*, 8 (11), 4–17. [Шуйский, Ю.Д. (2003). Гидролого-морфологические черты формирования современной Килийской дельты Дуная. *Вісник Одеського національного університету. Екологія*, 8 (11), 4–17].
- Shuisky, Yu.D., Vykhovanets, G.V., Murkalov, A.B., Gyzhko, L.V. (2015). *Practikum by Coastal Sciences (for students physical-geographers of classical universities)*. Odessa: Bakhva Publ. Co. [Шуйский, Ю.Д., Выхованец, Г.В., Муркалов, А.Б., Гыжко, Л.В. (2015). *Практикум по береговедению (2-е изд.)*. Одесса: Бахва.].