

УДК 551.351.352 (262.5)

DOI: 10.18524/2303-9914.2023.1(42).282236

**Ю. Д. Шуйський**<sup>1</sup>, доктор геогр. наук, проф.**Г. В. Вихованець**<sup>2</sup>, доктор геогр. наук, проф.**Л. В. Гижко**<sup>3</sup>, канд. геогр. наук, доцент

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

кафедра фізичної географії, природокористування та ГІС-технологій,

вул. Дворянська 2, Одеса-82, 65082, Україна

e-mail: physgeo\_onu@ukr.net

<sup>1</sup>ORCID <http://orcid.org/0000-0001-5308-0233><sup>2</sup>ORCID <http://orcid.org/0000-0003-0373-1362><sup>3</sup>ORCID <https://orcid.org/0000-0002-3710-8942>

## РОЗПОДІЛ НАНОСІВ НА ГОЛОВНИХ ГИРЛАХ КІЛІЙСЬКОЇ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ ТА ЇХ СЕДИМЕНТАЦІЙНЕ ЗНАЧЕННЯ

Стік наносів є одним із головних факторів, який визначає формування дельти в гирловій області річки. Для подальшого аналізу стоку наносів у провідних річищах Кілійської частини дельти Дунаю були вилучені зрізні наносів та донних відкладів у найважливіших дельтових річищах, що досліджені. Всього було вилучено та оброблено до 427 зрізів уздовж морської окрайки на виході зі Очаківського, Прорви, Гнеушева, Бистрого та Старо-Стамбульського гирл. Зрізи досліджувалися за допомогою водного та ситового аналізів, визначення їх форми та карбонатності. Розраховувалися пересічні значення характеристик наносів, величини їх статистичних показників. Зрізи вибиралися у два етапи: під час дії межні та під час дії весняної повені. Провідними є алевритові фракції (0,1–0,01 мм), найчастіше 80–90%, великою є частка субколлоїдної фракції, значно меншою є концентрація піщаних та більш крупних фракцій (до 5–10%) на різних ділянках. Взагалі, під час повені кількість наносів є більшою. Невелика частина наносів утворює первинні форми еолового рельєфу. Склад дельтових відкладів формується гідрологічними та морськими процесами протягом всього часу утворення Кілійської частини дельти. Для осадових шарів дельтового типу характерними є фракції < 0,1 мм (провідний розмір  $S_0 = 0,055-0,45$  мм). Другою за масою є фракція 0,25–0,1 мм, пересічний вміст від 1,57% до 25,84% на різних ділянках. Сума фракцій > 1,0 мм становить від 0,06 до 3,69%. Зустрічаються фації з іншим фракційним складом осадових шарів.

**Ключові слова:** Дунай, дельта, річище, наноси, гранулометричний склад, каламутність, графіки.

### ВСТУП

Дельтове узбережжя у північно-західній частині Чорного моря є класичним, воно представлено правильною дельтою Дунаю (рис. 1). Його дослідження виявляють багато загальних закономірностей започаткування, розвитку, будови, системних природних рис. Стік наносів є одним із провідних факторів, який визначає формування гирлової області Дунаю. Відповідно, спрямовується роз-

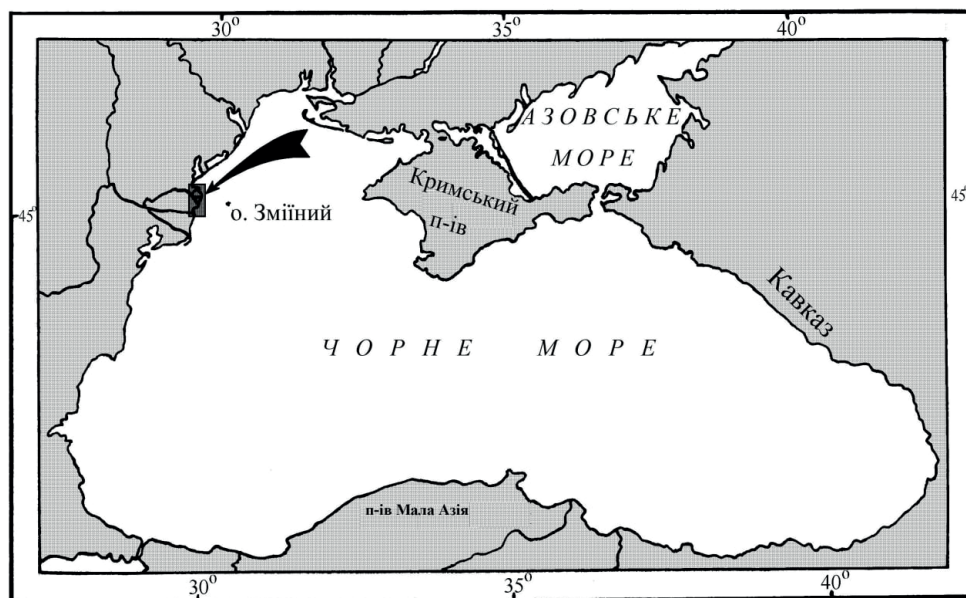


Рис. 1. Схема географічного становища дослідженої частини гирлової області Дунаю (позначено темним чотирикутником та чорною стрілкою) на узбережжі Чорного моря.

виток інших процесів, переважно – морфолого-гідрологічних. Під їх сукупним впливом утворюється дельтовий наносний конус, на який діє сукупність морських гідрогенних факторів, які перероблюють річкові відклади і сприяють появі прибережно-морського рельєфу, переважно у вигляді хвилових піщаних валів та їх генерацій (румунська назва «grindu» – грінду). На поверхню дельти впливає дія вітрів, які над навколоріччними валами та над грінду спричиняють еолову переробку пісків та алевритових часток. Відтак, склалася досить складна природна система, яка потребує ретельних спостережень під впливом антропогенного фактору, змін клімату, водного балансу моря, дельтового рельєфу тощо. Такий підхід визначає *актуальність* теми нашої статті.

Дослідження величин стоку наносів робили багато вчених протягом різних періодів за останні майже 2 століття, у зв'язку із великим господарським значенням всієї дельти та її окремих частин, динамічної Кілійської – в тому числі. Ми зупиняємося на найбільш кваліфікованих вимірах групою дослідників із Дунайської Гідрометеорологічної обсерваторії (далі – ДГМО) та їх попередників. Вони вважають, що витрати завислих наносів коливаються від 42 до 84 млн т/рік, а пересічно – 65 млн т/рік до моменту суттєвих антропогенних порушень. Але із середини ХХ ст. стік зависі у пониззі р. Дунай помітно зменшився в результаті відкладів наносів у водосховищах та інших відстійниках. За висновками більшості дослідників Дунай зазнає помітних антропогенних впливів (Бездольний, 2007; Черой, 2009). Провідні дослідження виконувалися в межах дельти Кілій-

ського гирла Дунайської гирлової області для встановлення розподілу наносів та визначення практичного значення цих процесів. Відтак, *об'єктом* наших досліджень є динамічна Кілійська частина дельти Дунаю, а *предметом* – встановлення закономірностей розподілу наносів на її морській окрайці та на узмор'ї. Це дозволить краще зрозуміти процеси формування осадової товщі відкладів дельтового типу в певних природних умовах. До того, матеріали та висновки цієї роботи використовуються в кількох напрямках інженерно-господарської діяльності, відповідно до відомих практичних аспектів (Шуйський, 2022).

*Мета роботи* криється у встановленні та в аналізі закономірностей розподілу дунайських річкових наносів, після їх переходу крізь дельту, в процесі хвильової диференціації на узмор'ї та впливу гідрогенного фактору. Ці закономірності мають суттєве практичне значення, пояснюють динаміку морської окрайки дельти та формування відкладів дельтового типу.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В роботі ми додержуємося того понятійного апарату, який склався у дельтознавстві, у вченні про гирлові області річок та в геоморфології (Михайлов та ін., 1986, 2004). Нами використані матеріали багаторічних маршрутних та стаціонарних досліджень на морській окрайці та на узмор'ї Кілійської дельти. Для співставлень ми запозичили результати деяких інших авторів. Виконано відбір взірців наносів у провідних дельтових гирлах (в Кілійському, Очаківському, Прорві, Бистрому та Старо-Стамбульському) та на узмор'ї уздовж всієї морської окрайки дельти (рис. 2). Всього вилучено кілька сотень взірців протягом останніх 10–20 років. Всі вони були оброблені в навчальній аналітичній лабораторії кафедри фізичної географії, природокористування та ГІС-технологій за однією методикою (методи Л. Б. Рухіна та Н. В. Логвіненка). Фракційний аналіз зроблено на 11 стандартних решетах, каламутність води вивчалася в стандартних 1-літрових градуйованих стаканах із виділенням 3-х фракцій в солонуватій морській воді: 0,05–0,01 мм, 0,01–0,001 мм та < 0,001 мм при певних температурах води. Проводилася статистична обробка вказаної фракційної групи та визначення карбонатності вилучених наносів на кальциметрі Шрайбнера.

Обробка отриманих матеріалів проводилася методами польових (морських) описів, стаціонарних повторних зйомок, нівелювально-осадових профілів, відбору взірців води та донних наносів під час повеней та меженей. Виявлені провідні гранулометричні характеристики, серед них: фракційний склад, також значення медіани  $Md$  мм, коефіцієнта сортування  $S_p$ , коефіцієнта асиметрії  $S_k$ , провідна фракція  $C_{0,05}$ , % геометричного вигляду полів кумулятивних кривих, кривих розподілу. Використовувалися методи: картографічний, порівняльно-географічний, табличний, фотографічний (в тому числі – космічної зйомки), топо-геодезичний, геоінформаційних технологій. Методологічною основою роботи було вибрано положення філософії природознавства та методів діалектики природи, а також методологічні аспекти берегознавства.

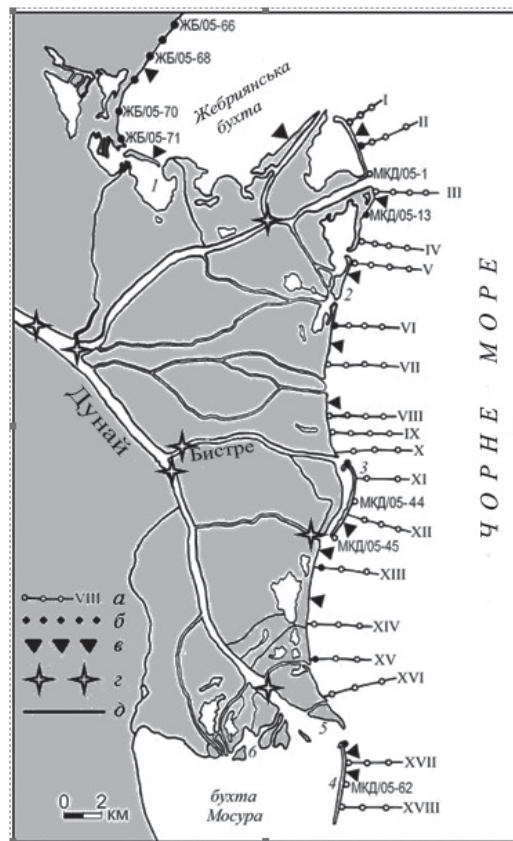


Рис. 2. Картошхема фактичного матеріалу взірцювання в Кілійській дельті Дунаю та на узмор'ї: а – морфометричний пересік та точки взірцювання, римські цифри – номери пересіків, ЖБ/05–68 и МКД/05–45 – індекси та номери взірців; б – проби, які оброблялися мінералогічному аналізу; в – типові ділянки для вимірних пересіків; г – ділянки відбору водної зависі в річищах дельти; д – берегова лінія.

Острови: 1 – Білгородський; 2 – Гнеушев;  
3 – Птичий; 4 – бар Нова Земля; 5 – Циганський;  
6 – Курильські.

жають, бо пересічно становлять від 80% до 97% протягом різних фаз водності. Найвищі значення притаманні переважно періодам повені, а найнижчі – межені на Дунаї (Гідрологія дельти Дунаю, 2004). Тому пояснення формування складу дельтових наносів багато в чому обумовлені залежністю  $R = f(Q)$ , що віддзеркалено графіком (рис. 3). Він відображає закономірність: чим більше стік води, тим більше наносів виноситься до узмор'я. Тут річкові наноси із дельтових річищ переходять у середовище гідрогенної переробки, гідравлічної диференці-

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

**Загальні положення.** Ми виходимо з того, що Кілійський дельтовий конус, в тому числі також і морська окрайка, живляться з одного джерела, з одного з головних гирл в дельтовій області. Після цього від Вилковського розгалуження наноси рухаються крізь окремі водотоки, різної довжини, ширини, глибини, із різними швидкостями течій протягом повеней, межені, перехідних фаз водного режиму, різним реагуванням на згінно-нагінні явища. Кожне дельтове річище дренує товщі відкладів із різним складом. Тому ми дійшли попереднього висновку про те, що кожне «живе» дельтове гирло повинно скидати на узмор'я наноси різного складу. Це потребує розгляду того складу наносів, які були зустрінуті навколо кожного із головних гирлів з урахуванням дельтової літологічної трансформації.

Роботи О.І. Чероя (2009) та інших дослідників (Гідрологія дельти Дунаю, 2004) показали, що еволюційно склався поділ дунайських наносів на групу завислих та групу утягнутих донних. Як нами доведено, межа між ними лежить на величині зерна близько до 0,05 мм, причому, завислі абсолютно переважають,

ації у морському хвильовому полі. Синхронний вплив дельтових та морських факторів дельтоформування призвів до утворення відкладів дельтового типу, які відрізняються від відкладів річкового та відкладів прибережно-морського походження. Все це дозволило нам розробити динамічну модель еволюції морської окрайки даної дельти.

Провідні положення моделі ґрунтуються на впливі різних фаз взаємодії річки та моря. Під час повеней на морську окрайку та на узмор'я дельти викидаються найбільші кількості наносів. Якщо в цей час на морі встановлюється штільова погода, то

максимальною є вірогідність активної акумуляції наносів на підводному схилі та уздовж зовнішнього берега (позиція А). В таких умовах берег нарощується та висувається в бік моря. В разі дії межені на Дунаї та впливу морського хвильового шторму складається максимально можливий розмив морського берегу дельти із одночасним відступом берегової лінії та зменшенням об'єму Кілійської дельти (позиція Б). Між цими двома природними позиціями (А – Б) складаються проміжні комбінації: різні співвідношення з різними кількісними значеннями А та Б. Якщо вони є кількісно рівнозначущими, то майже завжди встановлюється певна літодинамічна рівновага, а морська окрайка зазнає відносно стабільне становище. Відтак, морська окрайка дельти не може нарощуватися безперервно. Тому вона періодично нарощується та розмивається. В залежності від співвідношень фаз А та Б протягом десятків чи сотень років, морська окрайка зазнає горизонтальних коливань, а остаточне становище обумовлюється інтегральним, комплексним впливом річкових та морських факторів.

Але разом із названими ситуаціями, чим ближче до дії результативного вектору штормових хвиль по нормалі відносно експозиції ділянки морської окрайки, тим встановлюється більша вірогідність вітрового підпору гирлових частин дельтових річищ. Такий гідрологічний підпір гальмує швидкість стокових течій Кілійської дельти, а протягом меженей він є суттєвим, значним, чітким за показниками синхронних перепадів рівнів води в морі та в дельті. Відбу-

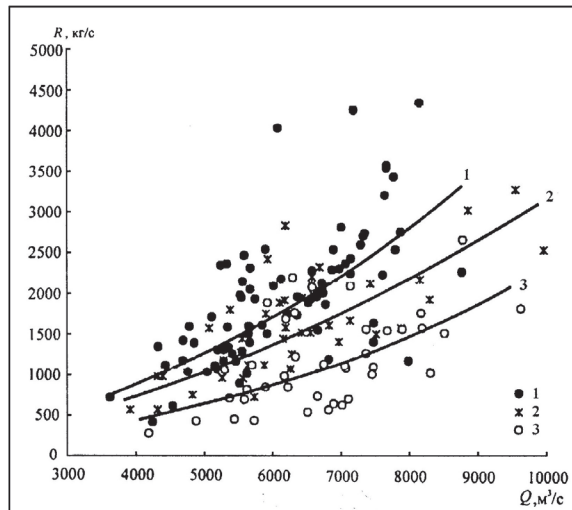


Рис. 3. Графіки зв'язку пересічних річних витрат води ( $Q$ ,  $m^3/c$ ) та завислих наносів ( $R$ ,  $кг/с$ ) в дельті Дунаю. Виміри здійснені у вершині дельти протягом періодів 1840–1920 рр. (1), 1921–1960 рр. (2), 1961–2002 рр. (3); за матеріалами роботи О.І. Чероя (2009).

вається гальмування руху наносів в море, в найбільшій кількості – пелітових та субколлоїдних фракцій. За своїми фізичними властивостями, такі наноси мають лягти на дно дельтових річищ та швидко там закріпитися, опинитися під впливами ущільнення. Навіть, подальші зростання швидкостей руслових течій не в змозі скинути в море всю масу дрібних фракцій, які відклалися. Тому прогресивне накопичення цих наносів може замулювати дельтові гирла, в залежності від співвідношень А та Б. Часто утворюються річищні осередки, як підводні, так і надводні, відбувається розгалуження річищ, осередки заростають рослинністю, закріплюються. В цьому разі проявляється дуже чітка взаємодія річкових та морських факторів дельтоутворення, як ми вважаємо. Саме вони лягли в основу викладеної тут моделі, що є результатом наших натурних та аналітичних досліджень. Вважаємо, що саме запропонована модель в першу чергу регулює формування різних літогенних фацій та склад наносів в різних частинах дельти.

Відповідно до закономірностей, які відображаються графіками (рис. 3), стік наносів буває різним не тільки в Дунаї взагалі, але також в окремих річищах його Кілійської частини. Саме такі зміни формують живлення окремих районів та ділянок морської окрайки найновішої Кілійської дельти. Змінилися кількості наносів, які скидаються в море з окремих дельтових гирл, особливо – провідних. Зокрема, 50–60 років тому Очаківське гирло виносило 37,4% наносів, відносно кількості на створі Вилкова, Бистре 17,3%, а Старо-Стамбульське 40,1%. Решта припадає на інші дельтові річища. За даними Дунайської ГМО, в 2020 р. Очаківське гирло виносило 22,6%, Бистрий 34,7%, Старо-Стамбульське 40,8%. Якщо протягом 60-х років ХХ століття Кілійським гирлом проходило майже 60% дунайської води, то на початку 20-х років ХХІ століття – лише до 47%. Подібні явища притаманні динамічним дельтам на фоні антропогенного впливу. Такі зміни обумовлені впливом руслового подовження окремих річищ, відмиранням дрібних річищ, перехопленням води Тульчинським гирлом та штучними ериками, багаторічним відносним ліфтингом рівня Чорного моря.

**Вплив потоків хвильової енергії.** Багато років тому Ю. Д. Шуйський (1968) довів, що на морфологічнодинамічну еволюцію дельти Дунаю суттєвий вплив спричиняють уздовжберегові потоки вітро-хвильової енергії. Для цього він використав результати довгорічного періоду інструментальних спостережень на гідрометеорологічних постах «Приморське», «Суліна» та «Острів Зміїний». Використовувалися вітроенергетичні методи Р. Я. Кнапса та Н. Д. Шишова, які призначалися виключно для піщано-алевритових наносів, що панують навколо зовнішніх берегів дельти. Як і інші природні фактори, у хвильовому полі моря потоки наносів значною мірою впливають на розподіл наносів на морській окрайці та узмор'ї Кілійської дельти Дунаю.

Поточним часом вже минуло більше півстоліття від перших розрахунків. З'являється додаткова інформація про гідрометеорологічний режим за даними вимірювань на тих же берегових постах. Це дозволило отримати більш досто-

вірні результати тими ж, але удосконаленими вітроенергетичними методами (Вихованець та ін., 2006; Вихованець, Орган, 2018). Розрахунки проводилися на 12 вузлових ділянках Жебринського, Очаківського, Центрального, Старо-Стамбульського дельтових районів Кілійської дельти (рис. 4). Причому, з урахуванням складу наносів, морфометричних рис берегів та підводного схилу, коливання вітрового режиму.

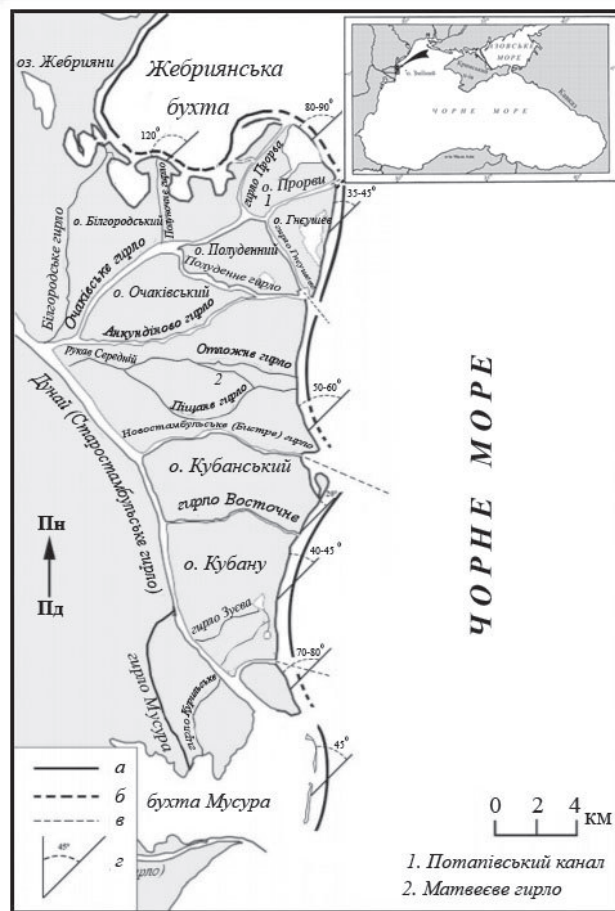


Рис. 4. Схематичний розподіл уздовж морської окрайки Кілійської дельти Дунаю ділянок із домінуючим уздовжним (а) та поперечним (б) інтегральним рухом наносів в прирізівій смузі підводного схилу. Інші позначення: в – результативний напрямок струменя стокової річкової течії на узмор'ї; г – кут  $\varphi^\circ$  між береговою лінією та румбом NE:45°. Фрагмент у верхньому правому куті рисунку показує загальне розташування об'єкту дослідження.

В природі берегової зони морів, дельтового типу в тому числі, склалося тверда залежність від хвиленергетичних елементів, від експозиції берегової лінії відносно інтегрального напрямку вектору енергії  $E_{рез}$ . Важливо, що в да-

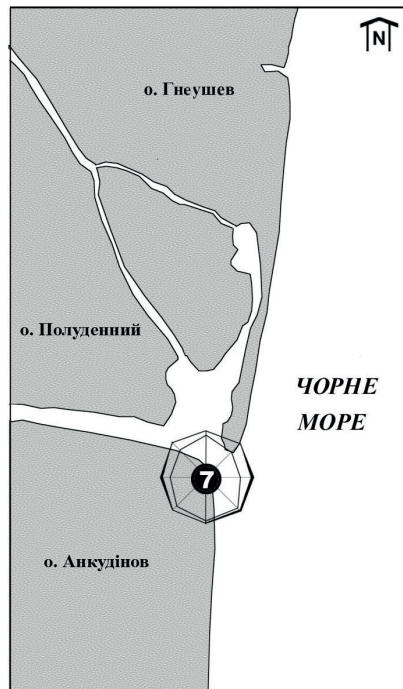
ному разі треба виявляти співвідношення між уздовжбереговою силою руху наносів  $T$  та «лобовою силою» по нормалі до лінії берегу  $B$ , як показано на рис. 4 а та б. Чим більше різниця між  $T$  та  $B$ , при  $T > B$ , тим сильніше переважає уздовжбереговий рух наносів. І навпаки, при різниці, в якій  $T < B$ , переважає рух наносів по нормалі, з підводного схилу до берега (Шуйський та ін., 2009, 2015). Перевага та домінування  $B$  означає найбільшу вірогідність акумулятивних процесів, накопичення наносів та нарощення дельти. Якщо домінують явища під впливом  $T$ , то це є індикатором динамічної рівноваги чи розмивів берегів, транзитного руху наносів. Відтак, протягом десятків років зміни гідрометеорологічного режиму ведуть до змін берегів дельти.

Експозиція  $E$ , співвідношення  $T$  та  $B$  значною мірою регулюються кутом  $\varphi^\circ$  між результативним напрямком  $E$  та експозицією дотичної на березі в пункті розрахунку (рис. 4 з). Його оптимальна величина, яка обумовлює найбільші наносорухісні можливості хвильового потоку, становить  $\varphi^\circ = 45^\circ$ . Над акваторією Північно-західного гідрографічного району Чорного моря протягом минулих десятиліть склався північно-східний потік вітрової та хвильової енергії, який домінує протягом року. Його напрямок ситуативно коливається в інтервалі від  $40^\circ$  до  $60^\circ$ , і це дало можливість встановити кути між берегом на ділянках розрахунку та вектором  $E$  (рис. 4 з). Відхилення вектора на різних ділянках морської окрайки, таким чином, регулює співвідношення  $T$  та  $B$ , а відтак прямо впливає на розподіл наносів, на перевагу акумуляції та розмиву. Треба додати, що регулювання наносорухісної спроможності хвильового потоку сприяє вплив потоку стокової течії (рис. 4 в). Струмień течії розпорошує хвильовий потік і виконує роль «гідравлічної буни», але при цьому скидає за межі дельти значну частину завислих наносів, особливо під час повеней та послаблених хвилювань. Тому після крупних дельтових гирл на південь можуть виникнути сприятливі умови акумуляції наносів, в додаток до змінень кута  $\varphi^\circ$ .

На схемі можна бачити (рис. 4), що вершина Жебриянської бухти є осередком акумуляції наносів на віддалені коси та на Белгородському барі. Тут сходяться дві зустрічні гілки окремих потоків наносів. На ділянці між Прорвою та Потапівським гирлом склався також осередок акумуляції, і одним із індикаторів є Таранова «коса» (бар) та облямовуючий ланцюг первинних барів. Далі на південь вигин берегу змінює кут  $\varphi^\circ$  на близький до  $30^\circ$ , де він сприяє помітній акумуляції у вигляді піщаної коси в точці «0-й км» (рис. 5).

Рис. 5А показує напрямок зростання коси Гнеушової на південь, відповідно до напрямку уздовжберегового потоку хвильової енергії та наносів. На цій ділянці Очаківського району традиційно коси мають спрямування на південь, зокрема раніше коси Необарова, Желанна, а сьогодні – Потапівська. Її виникнення та еволюція відбувається майже завжди під впливом багатого джерела наносів із Очаківського гирла. Цим шляхом пішла і Гнеушева коса навпроти Лазаркіна рівчака, зараз вона досягла траверсу «0-вого км». Наявність відносно великої кількості піщаних наносів на південній половині о. Птичого





*Рис. 5. Форми рельєфу на морській окрайці Кілійської дельти Дунаю:  
А – Гнеушева коса у 2018 р.; Б – ділянка інтенсивної акумуляції наносів на о. Птичому південніше гирла Бистрого. Ділянки складені дрібними пісками та алевритовими фракціями в умовах сильного хвильового впливу.*

ми пояснюємо дуже вузькою підводною терасою (ширина до 550 м), досить великою кількістю виносу піщаних фракцій по Бистрому, підвищеною інтенсивністю хвильового впливу, що сприяє сильному виносу зависі та відповідній концентрації пісків на Птичому. Ця особливість седиментації притаманна цій дуже динамічній ділянці морської окрайки. Саме розташування кіс та барів на окрайці дельти веде до седиментаційної диференціації поверхні цих первинних форм рельєфу. Виявилось, що різний склад наносів та вологість наносного шару є несхожими уздовж нових кіс та барів, а саме: а) уздовж морського пляжу; б) уздовж центральної смуги, найбільш високої, часто із еоловими мікроформами; в) уздовж тилової смуги на плавневому боці кожної такої форми. Визначена диференціація нового первинного субстрату корінним чином впливає на первинне заселення рослинами та тваринами (в тому числі бентосними) піонерних форм та подальшу екологічну еволюцію цих ботаніко-зоологічних систем дельтового типу.

Для описів еолового переміщення піщано-алевритових наносів на її поверхні наведено інтегральну розу вітрів та відповідну розу вітропіщаних зрушень наносів на стаціонарній ділянці № 7, де ведуться багаторічні прямі вимірювання. Вони показують домінуюче зміщення з південного сходу на північний захід. В даному разі відносно крупні наноси опиняються в прилеглих плавнях, що насичує глії цими частинками, впливаючи на склад осадового матеріалу.

Цей процес діє на кількох ділянках Очаківського району дельти. Зокрема, його ми спостерігали також на південній частині о. Птичого (рис. 5 Б), де відбувається суттєве відмивання піщано-алевритових фракцій та їх визволення від завислих дуже таких фракцій. Тому також спостерігаємо суттєвий вплив еолових явищ на відносно широкому пляжі.

Із просуванням на південь величина кута  $\varphi^{\circ}$  зростає до величини  $45^{\circ}$ , але тут берегова лінія вигибається на схід і утворює висуванець берегової лінії перед Бистрим гирлом. На цій ділянці втручається гідротехнічна огорожа для захисту суднового ходу від замулювання, і, природно, висуванець нарощується терасою «вхідного кута заповнення». Одночасно цією спорудою блокується стокова течія з Бистрого, створюється «хвильова затінь», а тому виникають сприятливі умови для акумуляції наносів. Вона призводить до появи о. Птичого, який стійко наростився трохи не доходячи до гирла Восточного. Відповідно, також і течія з Восточного гирла є певною перешкодою, яка відхиляє наноси в бік моря, блокує південний берег гирла підводним висуванцем коси (рис. 6). Тому і саме гирло відхиляється на південь, і при цьому сприяє зароджуванню нового пляжу та нової коси, яка подібна Потапівській та Гнеушевій косам за напрямком дистальної кінцівки.

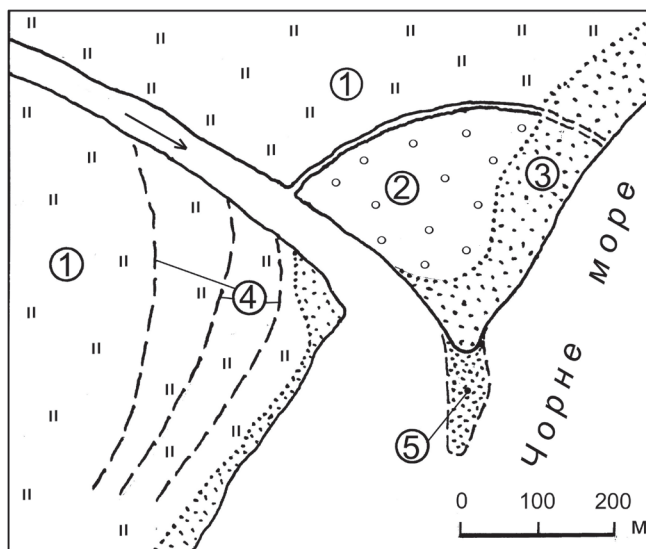


Рис. 6. Ділянка виходу до Чорного моря гирла Восточного:

1 – площа плавнів дельти, яка вкрита трав'яною, чагарниковою та дерев'яною рослинністю; 2 – підвищена частина дельти із рослинністю луків; 3 – піщано-алевритові пляжі; 4 – давні алеврито-пелітові вали хвильового генезису серед плавнів; 5 – підводне продовження пляжів як початок формування блокуючої коси.

Підвищена частина дельти облямовується з півночі давнім ериком, що відмирає.

Але уздовж берегів о. Кубанського та о. Кубану берег відхиляється на захід, кут  $\varphi^\circ$  зменшується до  $20^\circ$ , активізується розмивна властивість хвильового потоку, що призводить до угнутості берегу біля відмерлого Зуєва гирла. При цьому хвильовий потік набирає певної маси наносів і уздовж о. Циганського зростання кута  $\varphi^\circ$  до майже  $65^\circ$ . Виникає широка коса, яка живиться цими наносами, але домінуючим джерелом є виноси Старо-Стамбульського гирла, бо матеріал з огороженого Сулінського каналу розпорошується за межами ізобати  $-20$  м та майже повністю рухається на південь (Шуйський, Жмуд, 2015).

На продовженні напрямку коси, на підводній окрайці скиду, при різкому загасанні хвиль, що рухаються в бік дельтового берегу, склалися умови для виникнення острівної форми – бар Нова Земля. На шляху подовження її дистальної кінцівки виникли довгі ( $\approx 14$  км) парні захисні моли порту Суліна при вході в Сулінське гирло, вони змінили дельтовий рельєф в межах Старо-Стамбульського району (Шуйський, Жмуд, 2015). Південна частина видовженого острова розвертається та зміщується на захід, у бік бухти Мусура, а це суттєво зменшує кут  $\varphi^\circ$ , фактично до  $< 25^\circ$ . Одночасно острів частково блокує вихід води зі Старо-Стамбульського гирла, вода шукає виходу і знаходить його в Циганському гирлі та в протоці між Циганською косою та північною окрайкою Нової Землі. Така ситуація впливає на новий розподіл стокових течій, дельтових наносів, на появу нових осередків акумуляції, на суттєву перебудову дельтового рельєфу в південному районі Кілійської дельти.

Як бачимо, розподіл дельтових наносів на морській окрайці дельти є складним. Він помітно впливає на морфологію та динаміку дельти. Треба чекати суттєвих відмінностей наносів на різних ділянках, про що пишуть деякі автори (Михайлов та ін., 1986; Черой, 2009). Це змушує проаналізувати склад наносів в трьох різних районах – Очаківському (Північному), Центральному та Старо-Стамбульському (Південному).

**Аналіз складу наносів в Очаківському районі.** За даними розрахунків за методом Р.Я. Кнапса, Г.В. Вихованець встановила, що протягом минулих трьох десятиліть Очаківський дельтовий район розташований від кута Жебриянської бухти, далі між висуванцем гирла Полуночного та Гнеушевим островом, до давнього Лазаркіна ерика. Цей дельтовий район живиться майже повністю річковими наносами, переважно з гирл Прорва, Шабаш, Полуночне та із Технічного каналу. Але певне виключення становить Белгородський бар, який поступово приєднується до утворення найновішого етапу Жебриянського грінду та вже майже повністю відокремив Солоний кут від акваторії Жебриянської бухти. На нього впливає надходження наносів із Північно-західного уздовжберегового потоку (Вихованець та ін., 2006). Разом із тим, на ділянці бару ще сьогодні суттєво діє процес хвильової диференціації, що можна бачити на прикладі інтегрального складу наносів на Білгородській ділянці у вершині кута бухти (таблиця 1).

Таблиця 1

**Інтегральний фракційний склад наносів на вузлових ділянках  
морської окрайки Кілійської дельти Дунаю в 2019 році**

Назви дельтових ділянок	Фракційні інтервали для наносів, мм					$Md$ , мм	$S_0$	$S_k$	$C_0$ , %%	$CaCO_3$ %%
	> 1,0	1,0– 0,5	0,5– 0,25	0,25– 0,10	< 0,1					
Белгородська	0,55	0,03	4,84	25,84	68,74	0,075	1,93	1,07	68,74	8,3
Очаківська	0,18	2,11	1,59	5,87	90,25	0,06	1,80	0,81	90,25	9,6
Гнеушева	0,06	0,03	0,63	1,57	97,71	0,05	1,75	0,70	97,60	6,3
«0-вий км»	0,22	0,37	2,58	12,51	84,32	0,051	1,76	0,69	84,32	5,2
Циганська	2,01	0,48	1,86	7,57	88,06	0,055	1,61	0,88	88,15	5,5
Нова Земля	3,69	0,51	3,58	5,95	86,27	0,054	1,62	0,96	86,27	4,6

Взірці наносів, що були вилучені з названого бару, були оброблені в лабораторії за стандартною методикою. В наведеній таблиці вміщені пересічні по бару результати. Вони показали, що взагалі переважають фракції, менші за 0,1 мм, бо вони складають пересічно 68,74%, при крайніх значеннях від 52,4% до 82,08%. Сума фракцій  $\geq 1,0$  мм присутня в кількості не більше 0,6–0,9%, хоча в дуже нечисленних точках взірцювання, переважно в малих еолових «закущових» горбках можна було зустріти більше крупних часток. Другою за концентрацією виявилася фракція дрібного піску, пересічно 25,84% в цілому по надводній частині бару. Це суттєво більше у порівнянні з іншими ділянками дельти, а нами пояснюється впливом наносів із коси. На підводному схилі, переважно на глибинах 1–2 м, бувають помітні частинки черепашкового детриту. Це явище є типовим для Жебриянської бухти, де інтенсивно змішуються річкові та солонуваті морські води, швидко та зненацька змінюються гідроекологічні умови.

Названі характеристики складу наносів в куті Жебриянської бухти, на Белгородській ділянці, впливають на значення  $Md$ ,  $S_0$ ,  $S_k$ ,  $C_0$  та  $CaCO_3$ , як показано в таблиці 1. Вони відображають помітний вплив річкових завислих наносів, але із певним впливом елементарного уздовжберегового потоку наносів, з помітним впливом теригенних карбонатів. Дещо порушується відсортованість наносів відносно типових значень. Вона менша за ту, що виявилася на інших ділянках, вважаємо – під впливом змішування морських та річкових наносів. Значення  $Md$  (мм) близько до загальних інтегральних на всій морській окрайці, при меншому значенні  $S_0$  і більшій концентрації ведучої фракції (пересічно 90,25%). Разом із тим, помітно меншими є концентрації суми крупних фракцій та більшому вмісту  $CaCO_3$ , що нами пов'язується із посиленням впливом завислих наносів дельти.

Різка зміна контуру берегової лінії, експозиції відносно  $E$  та кута  $\varphi^\circ$  призвела до тривалого багаторічного нарощування дельтового берегу та стійкого формування берегових кіс. Відтак, проявився підсилений вплив крупного Потапівського гирла та Прорви. Аналіз багатьох взірців дозволив дійти висновку, що пересічні значення вмісту наносів  $< 0,1$  мм тут максимальні при мінімальному значенні фракцій  $> 1,0$  мм (лише 0,06%) серед усіх ділянок дослідженої морської окрайки. При цьому  $Md = 0,047$  мм, а  $S_0 = 1,75$ . Це вказує на інтенсивний поперечний рух наносів та досить сильну хвильову переробку наносів. Такий склад наносів принципово відрізняється від складу на попередніх ділянках дельтового берегу, бо умови седиментації є іншими.

**Аналіз складу наносів у Центральному районі.** Від Гнеушева гирла і на південь до гирла Циганського дельтові відклади формуються в умовах генерального руху наносів у південному напрямку, підвищеної сили впливу морських хвиль та стійкого напрямку дії фактору  $T_{рез}$ , певних змін кута  $\varphi^\circ$ . Вже на ділянці Піщаного гирла (осередок 0-вого км) простежується відповідний напрямок коси та гирлового бару Восточного (рис. 5 А, б), що є геоморфологічним індикатором напрямку уздовжберегового потоку наносів.

Для південної половини о. Птичого та ділянці Восточного гирла (рис. 5) на приурізівій смузі переважають фракції 0,5–0,25 мм (пересічно  $\approx 60\%$ ), при крайніх значеннях від 9% до 78%. Але вміст фракцій  $> 1,0$  мм становить лише 5,89%, що близько до відповідних інтегральних концентрацій на ділянці Нової Землі. Незвично низькі значення вмісту фракцій  $< 0,1$  мм (68,31%), що ми пояснюємо впливом великої крутості підводного схилу, суттєво сильного впливу морських хвилювань та інтенсивного виносу завислих частинок. В той же час на хвильових пляжах цих ділянок панують дрібні та середні фракції піску (0,5–0,1 мм), до 50% від всієї маси взірців. Відповідно, еолові утворення рельєфу, що живляться переважно пляжовим матеріалом (до 65,80%), складені саме такими двома фракціями, як і в цілому уздовж зовнішньої окрайки Кілійської дельти. Більш крупні фракції присутні в кількості 2–3% в умовах значного блокування впливу плавневих дуже дрібних наносів за допомогою широкої смуги рослинності (рис. 5 Б).

В південному напрямку підвищуються концентрації фракцій  $> 0,5$  мм, але взагалі майже в 2 рази зменшуються концентрації фракції 0,25–0,1 мм. Стійкою є тенденція до зменшення провідних фракцій 0,1–0,01 мм та карбонатності наносів. Зростає ступінь відсортованості наносів, їх більшість стає ближче до кулькоподібної та із затертими кутами.

Як і в межах Очаківського дельтового району, в Центральному районі дельти навколишні фізико-географічні умови активно впливають на склад дельтових наносів, створюють седиментаційне різноманіття. Різний склад наносів веде до різної щільності шару осадов, із різними величинами вмісту води, переважно від 1% до 5%. Відповідно формуються конкретні фаціальні осеред-

ки ботанічно-зоологічного субстрату. Тому на різних ділянках зустрічаємо заселення первинних територій дельти різними рослинами та тваринами. До речі, саме цю природну особливість рекомендуємо урахувати в першу чергу при визначенні впливу судноплавства в дельті на екологічне довкілля. Якщо водні шляхи не порушують формування субстрату, то судноплавство не утворює критичного негативного впливу, при зберіганні незмінними інших фізико-географічних умов.

**Аналіз складу наносів в Старо-Стамбульському районі.** В цьому дельтовому районі ми дослідили різні ділянки найбільше ретельно: зокрема, Циганську та барову Нова Земля. Вони віддзеркалюють загальний вплив найбільшого гирла Кілійської дельти і є важливим осередком формування наносів дельтового типу наприкінці Дунайського уздовжного потоку наносів.

На Циганській ділянці (рис. 2, профілі XV та XVI) склад наносів схожий із тим, який було виявлено на інших ділянках фронтального берегу дельти. Але фактичні гранулометричні значення відрізняються, хоча і не багато. Найбільшу масу посідають фракції  $< 0,1$  мм, що призвело до значень  $Md = 0,055$  мм, при тому, що  $S_0 = 1,62$ . Це вказує на високу відсортованість наносів, які проходять сепарацію в дельтових гирлах та в хвильовому полі узмор'я. Значення трохи ближчі до найвищої відсортованості наносних часток, аніж на всіх інших ділянках морської окрайки. Як і на решті ділянок, провідними є фракції алеврітопелітові, вміст яких становить пересічно  $C_0 = 88,06\%$  за даними обробки 23 взірців (крайні значення 72,9–95,47%). Найменші частинки притаманні тильному боку берегового рельєфу, а найкрупніші локалізувалися по центру пересіку, де зустрінуті первинні еолові «закущові» горбки заввишки до 30–40 см. Другою за масою є фракція 0,25–0,1 мм, з концентраціями від 2,00% до 13,41%, пересічна величина дорівнює 7,57%. При цьому сума фракцій, що крупніші за 1,0 мм, концентруються в кількості лише 2,01%, це майже в 40 разів більше, аніж у всіх тонких фракцій, разом узятих.

Важливо, що піщані фракції на ділянці Циганській добре затерті. Ступінь їх округлення дорівнює 4 балів, що природно в умовах дуже далекого шляху пересування в річищі Дунаю. Також треба брати до уваги, що більшість річкових наносів може перевідкладатися в річищах, в тому числі і в старицях, на заплаві, на борівій терасі протягом тривалого часу. Але вони ще до відкладення вже зазнали затирання, зрізання більшості кутів, а вже подальше їх втягування в річковий потік може гарантовано наблизити їх до кулькової форми. Більшість таких наносів мають дуже добру гідравлічну великість.

Якщо побудувати велику кількість полігонів розподілу, а потім підрахувати форму кривої розподілу, то визначиться інтегральна форма отриманого поля кривих. В даному разі вона повторює типове поле для всієї окрайки дельти. Його форма дуже наближена вигляду букви «Г», яка позначає тип розподілу із перевагою дрібних частинок і дуже малим внеском найкрупніших фракцій.

Такий склад здатен утворювати товщі осадів із суттєвим насиченням водою. Вплив хвильових та згінно-нагінних коливань рівня призводить до дуже малої висоти піонерного рельєфу, складеному тонким алеврито-пелітовим матеріалом на дельтовому узмор'ї. Висота цих «піонерних» форм в 2,0–2,5 рази менша, за висоту піщаного хвильового рельєфу. Така особливість притаманна всім ділянкам навколо морського контура дельти, що досліджена (рис. 2).

На відміну від піщаних пляжів та хвильових піщаних валів на північно-західному березі Жебриянської бухти, які суттєвим чином живляться вапняковим матеріалом, найбільше поширені фракції на Циганській ділянці такого живлення не мають. Ці особливості ведуть до різних концентрацій  $CaCO_3$ . В складі наносів Жебриянської бухти панують значення  $CaCO_3$ , що становлять 15–20% від маси взірців, а на Циганській ділянці – від 1% до 11%, пересічно 5,5%. Ця різниця є одним із показників складу відкладів дельтового типу в межах Кілійської частини дельти. Вміст карбонатного матеріалу має ураховуватися в процесі оцінки осадового субстрату для рослин і тварин.

**Аналіз складу наносів зі Старо-Стамбульської ділянки.** Ця ділянка живиться наносами з того ж гирла, що і Циганська. Тому ми чекали дуже схожих результатів водного та ситового аналізів вилучених взірців. Всього було вилучено майже 60 взірців на барі Нова Земля, а цього досить для отримання достовірної надійної інформації. На двох нівелірних пересіках взято 52 взірці, а уздовж берегової лінії – ще 11, для визначення закономірностей уздовжберегового розподілу наносів, які скидаються зі Старо-Стамбульського гирла, а в невеликій кількості вони надходять з півночі в потоці наносів.

Механічні аналізи отриманих взірців показали, що найбільший їх вміст, як і на попередніх ділянках, припав на найдрібніші алеврито-пелітові фракції – менше 0,1 мм. Крайні значення становили від 50,56% до 97,08% із пересічною концентрацією 88,27%. Хоча за пересічними значеннями концентрація наносів, що домінують, тут майже однакова, але крайні відрізняються суттєво. Це свідчить про менш сильний розкид значень і більш оптимальні значення  $S_k$ , а седиментаційний процес більше сталий. Практично збігаються значення коефіцієнту сортування наносів, що є однією із ознак єдиного джерела наносів. Також виявлена незначна різниця між узагальненою великістю наносів на обох ділянках Старо-Стамбульського дельтового району.

Разом із тим, друга за масою фракція 0,25–0,1 мм суттєво відрізняється у порівнянні з тією, що знайдена на Циганській ділянці. Тут вона майже на 20% більша, вважаємо за рахунок більше сильного впливу хвиль над значно більш крутим підводним схилом. Такий висновок підтверджується концентрацією фракцій  $> 1,0$  мм (таблиця 1), майже в 1,8 разів більшої, бо в цих хвильових умовах сильніше виносяться в море дрібніші фракції. А більш крупні накопичуються інтенсивніше. При постачанні наносів із одного і того ж джерела на досліджені дві ділянки представлена різниця є суттєво значущою під впливом морських факторів.

## ВИСНОВКИ

Загальне взірцювання в Кілійській дельті Дунаю виконувалось на рівні літологічних фацій річищ, прирічищних валів, нових хвильових валів на морському березі, на еолових горбках та грядах. Фаціальні характеристики наносів визначалися пересічно із кількох взірців у кожній фації, для запобігання випадковості, хибам, непорозумінням, для дотримання репрезентативності. Для камеральної обробки застосовувалися численні взірці з надводної та підводної частин берега, до 20 на профілях кожної із 6 дельтових ділянок навколо морської окрайки Кілійської дельти. Такий підхід забезпечив абсолютну достовірність та надійність кінцевого результату і вперше дозволив визначити основні показники осадових відкладів дельтового типу на прикладі Кілійської дельти як натурального експериментального полігону.

Загальні визначення дельт висунення на низьких рівнинах стверджують, що дельтовий конус виносу складений алювіальними наносами. Але в дослідженій дельті значне місце посідають прибережно-морські фації хвильової та еолової дії. До того ж найновіший річковий осадовий матеріал під час проходження крізь дельтові водотоки (особливо – по суттєво довгим) змінюється. Тому на дельтовому узмор'ї в межах морського хвильового поля опиняються дещо зміненого складу наноси. Тому в дельті Дунаю можна визначити кілька фаціальних середовищ: а) типово річкове; б) алювіально-дельтове; в) прибережно-морське із відсепарованими наносами; г) еоловий осередок впливу вітрового фактору; д) типове морське на зовнішній смузі узмор'я. Всі названі особливості рекомендуємо ураховувати під час аналізу стоку дунайських наносів на дно Чорного моря та визначення швидкостей дельтової седиментації.

В роботі викладені основні положення літодинамічної моделі формування осадових відкладів дельтового типу в умовах розташування на дуже низькій рівнині, щедрого надходження річкових наносів, крутого підводного схилу, неприпливного моря та сильного хвильового впливу. Уздовж берегової окрайки панують фракції 0,1–0,01 мм, із інтегральним  $Md = 0,048$  мм та різко пониженими є концентрація фракцій  $> 1,0$  мм. Меншим є вміст  $CaCO_3$  у порівнянні із наносами в Жебриянській бухті на ділянці кінцевого розпорошення сильного уздовжберегового потоку піщаних наносів.

В межах дослідженої дельтової природної системи навколишні фізико-географічні умови активно впливають на склад дельтових наносів, створюють седиментаційне різноманіття сітки фацій та урочищ. Різний склад наносів веде до різної щільності шару осадів, із різними величинами вмісту води, переважно від 1% до 5%, із різним впливом річкових та морських факторів, вкрай малою висотою над пересічним рівнем моря. Відповідно формуються конкретні фаціальні осередки ботанічно-зоологічного субстрату на ділянках домінуючого впливу цих факторів. На нових частинах дельти одні фаціальні осередки заселяються першими, на інших – пізніше, а на третіх – у останню чергу життєвого ритму. Тому на різних ділянках зустрічаємо заселення первинних територій дельти різними рослинами та тваринами в різні частини теплого періоду року.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Бездольний В. В. Відродження глибоководного суднового ходу Дунай–Чорне море на українській частині дельти р. Дунай. Аналітичні матеріали. Київ: ДП Дельта-лоцман, 2007. 70 с.
- Выхованец Г. В., Орган Л. В. Основные закономерности изменения морского края Килийской дельты Дуная // Материалы Международной конференции «Современные направления развития физической географии: научные и образовательные аспекты в целях устойчивого развития». Отв. ред. М. М. Ермолович. Минск: Изд-во БГУ, 2019. С. 34–41.
- Вихованець Г. В., Черой О. І., Орган Л. В. Основні закономірності розвитку потоків наносів уздовж морської окрайки Кілійської дельти Дунаю // Причорноморський Екологіч. Бюл. 2006. № 3–4 (22–23). С. 49–58.
- Гідрологія дельти Дунаю / Під редакцією В. М. Михайлова. М.: Вид-во ГЕОС, 2004. 448 с.
- Михайлов В. Н., Розов М. М., Чистяков А. А. Речные дельты. Гидрологоморфологические процессы. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 280 с.
- Черой О. І. Стік води, наносів і морфологічні процеси у гирловій області річки Дунай // Автореф. дис. на здобуття наук. Ступеня канд. геогр. наук: 11.00.07 – гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Одеса: ОДЕКУ, 2009. 17 с.
- Шуйський Ю. Д. О динамике морского края Килийской дельты реки Дунай // *Oceanology Intern. Journal*. 1968. V. 8. № 5. P. 858–864.
- Шуйський Ю. Д. Практичні аспекти в берегознавстві. Одеса: Вид-во Бондаренко М. А., 2022. 300 с.
- Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Гишко Л. В., Орган Л. В. Про формування наносів на давніх і сучасних косах Кілійської (пізньоголоценої) дельти Дунаю // Фізична географія та геоморфологія. Київ. 2020. Вип. 3–4 (101–102). С. 52–60.
- Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В., Муркалов О. Б., Гишко Л. В. Практикум із берегознавства. Одеса: Вид-во Бахва, 2015. 104 с.
- Шуйський Ю. Д., Выхованец Г. В., Орган Л. В. К вопросу о режиме вдольберегового перемещения наносов в береговой зоне морей // Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки. 2009. Том 14. Вип. 16. С. 201–216.
- Шуйський Ю. Д., Жмуд М. Т. До питання про вплив портових споруд Суліни на динаміку дельти Дунаю // Науковий Вісник Чернівецького університету. Географія. 2015. Вип. 762–763. С. 67–75.

## REFERENCES

- Bezdolnyi, V.V. (2007). Vidrozhennia hlybokovodnoho sudnovocho khodu Dunai–Chorne more na ukrainiskii chastyni delty r. Dunai. Analytychni materialy. (Revival of the abyssal waterway of the Danube–Chorne Sea on the Ukrainian part of the delta of the river. Danube. Analytical materials) Kyiv: DP Delta-lotsman. 70 [in Ukrainian].
- Vykhovanetz, G.V., Organ, L.V. (2019). Osnovnye zakonornosti izmeneniya morskogo kraja Kiliiskoi delty Dunaya (The main regularities of changes in the sea edge of the Kiliya Delta of the Danube) *Proceedings of the International Conference «Modern trends in the development of physical geography: scientific and educational aspects for sustainable development.»* M.M. Yermolovich. Minsk: BGU Publ. 34–41 [in Russian].
- Vykhovanetz, H.V., Cheroi, O.I., Orhan, L.V. (2006). Osnovni zakonornosti rozvytku potokiv nanosiv uzdovzh morskoi okraiki Kiliiskoi delty Dunaiu (The main regularities of the development of sediment flows along the sea edge of the Kili Danube Delta) *Black Sea Ecological Buletin*. № 3–4 (22–23). 49–58 [in Ukrainian].
- Mykhailov V.M. Hidrolohiia delty Dunaiu (2004). (Hydrology of the Danube Delta). M.: HEOS Publ. 448 [in Ukrainian].
- Mykhailov, V.N., Rohov, M.M., Chystiakov, A.A (1986). Rechnye delty. Gidrologomorfologicheskie protsessy. (River deltas. Hydrologomorphological processes). L.: Gidrometeoizdat. 280 [in Russian].
- Cheroi, O.I. (2009). Stik vody, nanosiv i morfolohichni protsessy u hyrlovii oblasti richky Dunai (Flow of water, sediments and morphological processes in the estuary region of the Danube River). Abstract of the dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Geographical Sciences: 11.00.07 – land hydrology, water resources, hydrochemistry. Odessa: OSENU. 17 [in Ukrainian].
- Shuisky, Yu.D. (1968). O dinamike morskogo kraja Kiliiskoi delty reki Dunai (On the dynamics of the sea region of the Kiliya Delta of the Danube River) *Oceanology Intern. Journal*. Is. 8. 858–864. [in Russian]
- Shuisky, Yu.D. (2022). Praktychni aspekty v berehoznastvi (Practical aspects in coastal studies). Odessa: Bondarenko M. A. Publ. 300 [in Ukrainian].
- Shuisky, Yu.D., Vykhovanetz, G.V., Hyzhko, L.V., Organ L. V. (2020). Pro formuvannia nanosiv na davnykh i suchasnykh kosakh Kiliiskoi (pizn'oholotsenoi) del'ty Dunaiu. (Sediment composition within relict and modern

spits of the Late-Holocene Kiliya delta of the Danube). *Physical Geography and Geomorphology*. Issue 3–4 (101–102). 52–60 [in Ukrainian].

Shuisky, Yu.D., Vykhoivanetz, H.V., Murkalov, O.B., Hyzhko L.V. (2015). *Praktykum iz berehoznavstva* (Practicum from coastal studies. Odessa). Odessa: Bakhva Publ. 104 [in Ukrainian].

Shuisky Yu.D., Vykhoivanetz G.V., Organ L.V. (2009). K voprosu o rezhime vdolberegovogo peremeshcheniya nanosov v beregovoii zone morei. (On the issue of the regime of long-range sediment movement in the coastal zone of the seas) *Odessa National University Herald. Geography and Geology*. V. 14. Issue 16. 201–216 [in Russian].

Shuisky, Yu.D., Zhmud, M.T. (2015). Do pytannia pro vplyv portovykh sporud Suliny na dynamiku delty Dunaiu. (About impact of Sulina sea-port hydrotechnical constructions to dynamic of Danube delta) *Scientific Herald of Chernivtsy University. Geography*. Issue 762–763. 67–75 [in Ukrainian].

Надійшла 11.04.2023

**Yu. D. Shuisky**

**G. V. Vykhoivanetz**

**L. V. Hyzhko**

Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Department of Physical Geography and Nature Management,  
and Geoinformation Technology  
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine

## **DISTRIBUTION OF SEDIMENTS AT THE MAIN MOUTHS OF THE KILIA DENEUBE DELTA AND THEIR SEDIMENTATION VALUE**

### **Abstract**

**Purpose:** In the article the *basic purpose* is determination and analysis by distribution natural conformities of deltaic sediments after its movement across every arm, under impact of sea waves separation and influence of the coastal hydrogenetic factors. The noted peculiarities have important practical significance. Additionally, they explain the marine margin dynamics and sediment forming of deltaic types.

**Data & Methods:** This article is based on natural datum of sedimentary material sampling around of marine margin of the dynamical Danube delta, *NW* Coast of the Black Sea. The sampling was made in region from head of Zhebriyan bay in north side to Musura bay in south side during 2010–2020 period in different environment and synoptical conditions. Laboratory elaborations were made with representative instruments usage and mathematical methods of treatment. Samples of suspended and coarse drifts were elaborated and analyzed within conditions of different sides of marine margin of the Delta.

**Results:** The general definitions of protruding deltas state that the delta cone of protrusion is composed of alluvial sediments. But in the studied delta, a significant place is occupied by coastal-marine facies of wave action. In addition, the newest river sedimentary material changes during the passage through deltaic watercourses (especially long ones). Therefore, on the delta coast within the marine wave field, sediments with a slightly changed composition appear. Therefore, several facies environments can be defined in the Danube delta: a) typically riverine; b) alluvial-delta; c) coastal sea with separated sediments; d) aeolian center of influence of the wind factor; e) typical marine on the outer strip of the sea. We recommend that all the mentioned features be taken into account during the analysis of the Danube's flow

sediments to the bottom of the Black Sea and the determination of sedimentation rates. The main paper outlines provisions of the lithodynamic model of delta-type sediments' formation in the conditions of a generous influx of river sediments, a steep underwater slope, a non-tidal sea and strong wave action. Fractions of 0.1–0.01 mm dominate along the coastal edge, with integral  $Md = 0.048$  mm, and the concentration of fractions  $> 1.0$  mm is sharply reduced. The content of  $CaCO_3$  is lower in comparison with sediments in Zhebriyansk Bay in the area of final dispersion of a strong alongshore flow of sand sediments. Within the studied deltaic natural system, the surrounding physical and geographical conditions actively influence the composition of delta sediments, create a sedimentary diversity of the facies network and tracts. The different composition of sediments leads to different density of the sediment layer, with different amounts of water content, mostly from 1% to 5%, different influence of river and sea factors. Accordingly, specific facies cells of the botanical and zoological substrate are formed in the areas of dominant influence of these factors. In the new parts of the delta, some cells settle first, others later, and the third – last in the life cycle. Therefore, in different areas, we meet the settlement of the primary territories of the delta by different plants and animals that are located in different parts of the warm period of the year.

**Keywords:** Danube, delta, arm, sediments, granulometric composition, suspension, graphs.