

УДК 551.435.1+627.157

DOI: 10.18524/2303-9914.2021.2(39).246187

**О. Б. Муркалов**, канд. геогр. наук

**О. О. Стоян**, канд. геогр. наук, доцент

**Ю. В. Демарьова**, магістр

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,  
кафедра фізичної географії, природокористування і геоінформаційних  
технологій,

вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

physgeo\_onu@ukr.net

## РЕЛЬЄФ ТА НАНОСИ З'ЄДНУВАЛЬНОГО КАНАЛУ ТИЛІГУЛЬСЬКИЙ ЛИМАН – ЧОРНЕ МОРЕ

Зростання антропогенного навантаження в басейні Тилігульського лиману на тлі змін клімату привело до загрози втрати цінних приморських ландшафтів. З метою збереження природної системи водойми було відновлено водообмін лиману з Чорним морем через з'єднувальний канал. Польові роботи проведені в 2020–2021 рр. дозволили отримати уявлення про морфологію та морфометрію рельєфу з'єднувального каналу. Дослідження проводились при закритій морській частині та запуску води в лиман. Встановлено, що рельєф незакріпленого піщаного каналу зазнає динамічних змін під впливом природних і антропогенних чинників.

**Ключові слова:** наноси, рельєф, Тилігульський лиман, Чорне море, штучний канал.

### ВСТУП

Антропогенний вплив на Причорноморські лимани в ХХІ сторіччі постійно зростає і стає вирішальним фактором розвитку та докорінного перетворення їх природних систем на тлі змін клімату. Згідно довготерміновому прогнозу, роль стоку річок у формуванні водно-сольового балансу Тилігульського лиману впродовж ХХІ сторіччя буде зменшуватись (Актуальные проблемы, 2011; Водні ресурси, 2014). Одним з заходів по збереженню і стабілізації природного стану водойми була реконструкція з'єднувального каналу для поповнення лиману морською водою (Актуальные проблемы, 2011; Водні ресурси, 2014; Тучковенко Ю., Иванов & Тучковенко О., 2012).

Природні особливості Тилігульського лиману обумовлені його географічним положенням в північно-західній частині Чорного моря. Лиман розташований в межах Дністровсько-Бугської степової області південно-степової провінції Причорноморської низовини між Одеською затокою та Березанським лиманом (рис. 1). Кліматичні умови, палеографічна історія розвитку та антропогенна діяльність в басейні лиману детально розглянуті в публікаціях (Молодых, Усенко & Палатная, 1984; Актуальные проблемы, 2011; Водні ресурси, 2014; Тучковенко, Кушнір & Лобода, 2015).



Рис. 1. Місце розташування ділянки досліджень на пересипу Тилігульського лиману (позначено заштрихованим квадратом).

Зараз лиман відділений від моря піщано-чурупковим пересипом середньою шириною 3,5 км. Через пересип прокладений сполучний канал, який забезпечує періодичний регульований водообмін лиману з морем. З каналом зв'язані солоні мілководні озера, які формують природне різноманіття внутрішньої частини пересипу. Оскільки на даний час канал функціонує в незакріпленому руслі (за виключенням морської і лиманної ділянок), його рельєф динамічно змінюється під впливом сукупності природних і антропогенних чинників.

Опубліковані матеріали, за винятком картографічних, не дозволяють отримати цілісне уявлення про рельєф каналу. В публікаціях наведені дані для різних його частин, дослідження проведені в різний час, тому їх важко порівнювати. Так на карті Де Рібаса зображена протока через пересип від Чорного моря до Тилігульського лиману (Гидрографическая Карта, 1793–1796). Зображені в каналі глибини дорівнюють 2–3 фути (0,6–0,9 м).

В зведенні Загоровського (1929 р.) (Зенкович, 1960) зазначено ширину протоки – 50–60 сажнів та глибину в морській частині – 2,5 сажнів. В напрямку лиману, за даними автора, ширина зменшується до 5–7 сажнів, а глибина дорівнює 1 аршин, влітку та восени води в ній немає.

На топографічній карті (зйомка 1982 року) умовними знаками показані: ширина каналу в східній частині 45–48 м, глибина – 1,5 м, рівень моря, каналу і лиману тотожні – мінус 0,4 м БС (Балтійської Системи висот), течія в каналі спрямована в море.

В статті П. В. Шекка (2004) наведена довжина каналу – 3,5 км та зазначено, що вузький і довгий канал не забезпечував в повній мірі водообмін лиману з Чорним морем.

В. В. Адобовським (Адобовский & Большаков, 2005) вказано, що канал відгороджений від моря тонкою піщаною перемичкою, яка штучно відкривається. Ширина каналу на прилиманній частині в залежності від рівня води дорівнює 20–25 м, а середня глибина 1,2–1,6 м. Швидкості течії води в каналі змінювались від 0,06 м/с до 0,73 м/с в залежності від витрат води і напрямку течії.

В монографії (Водні ресурси, 2014) наведена історія створення і використання штучного з'єднувального каналу. Зазначено, що він був введений в експлуатацію в 1958 році і мав наступні параметри: ширина 30 м, глибина 3 м, морська частина була обладнана шлюзом, відкривався канал навесні на декілька місяців. Наприкінці ХХ початку ХХІ ст. канал працював епізодично. Приморська частина каналу, після руйнування шлюзу на ділянці 500 м інтенсивно заносилася піском. Глибини в каналі при відмітці моря мінус 0,4 м БС на окремих ділянках зменшились до 0,25 м, а ширина до 20–25 м. Глибина водойм, розташованих на низинних ділянках пересипу та пов'язаних з каналом, дорівнює 0,25–1,0 м. В ХХІ ст. канал функціонує 3–4 місяці на рік з квітня по серпень від розчищення до занесення піском морської частини.

В публікації (Тучковенко, Кушнір & Лобода, 2015) надано рекомендації щодо його подальшої експлуатації. Одним із шляхів більш ефективного функціонування каналу авторами бачиться в збільшенні його глибини до мінус 2,0 м БС при рівні води мінус 0,11 м БС. За результатами математичного моделювання встановлено, що збільшення глибини на відміну від збільшення ширини, приведе до зростання швидкості течій.

В статті (Муркалов & Стоян, 2021) було звернуто увагу на зв'язок з'єднувального каналу з водоймами пересипу та формуванні її озерності.

Опубліковані матеріали свідчать про те, що експлуатація і реконструкція з'єднувального каналу має прямий вплив на геосистему гирлової частини Тилігульського лиману. Контроль і прогноз цих змін пов'язаний з практичними питаннями його експлуатації, організацією спостережень за динамічними змінами рельєфу каналу та реакцією заповідних приморських ландшафтів на антропогенне втручання. Отже проведене дослідження є новим та актуальним.

Головна мета – визначення морфологічних і морфо метричних характеристик сучасного рельєфу та гранулометричних характеристик відкладень з'єднувального каналу Тилігульський лиман-Чорне море в умовах штучного регулювання водообміну. Для досягнення головної мети до вирішення були поставлені наступні завдання:

1. Узагальнити опубліковані данні про рельєф з'єднувального каналу;
2. Провести польові дослідження і отримати морфометричні характеристики рельєфу каналу;
3. Дослідити гранулометричний склад наносів каналу.

Об'єктом проведеного дослідження є з'єднувальний канал Тилігульський лиман – Чорне море. Предметом дослідження – морфологічні і морфометричні параметри рельєфу та гранулометричні характеристики відкладів каналу.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В статті викладено результати польових досліджень проведених на пересипу Тилігульського лиману в 2020 р. та 2021 р. Польові роботи включали в себе проміри, картографування берегової лінії GPS приймачем, відбір проб води та наносів (рис. 2). Дослідження проводились при закритій та відкритій морській частині з'єднувального каналу. Рівень води в каналі під час проведення польових робіт дорівнював рівню лиману 07.09.2020 р. і моря 25.07.2021 р.

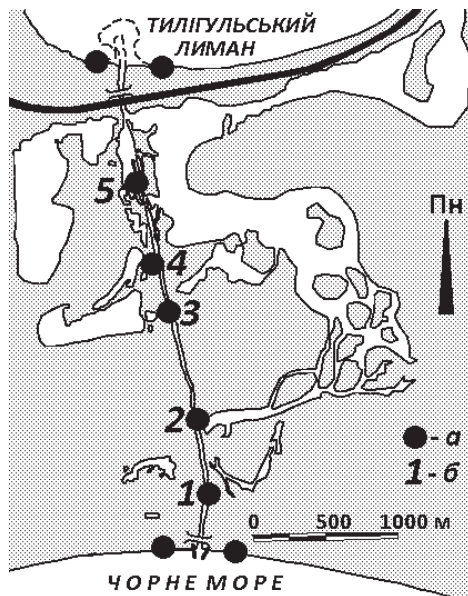


Рис. 2. Карта-схема фактичного матеріалу:  
а – місце розташування поперечних профілів і місць відбору проб наносів,  
б – номер профілю.

Проміри виконувались на 5 ділянках. Під час польових робіт в 2021 р. повторних промірів на профілях № 3, 4 не проводилось. Глибини визначались вздовж розміненого тросу нівелірною рейкою з п'яткою з точністю до 1 см згідно з методикою (Карасев & Шумков, 1985). Спостереження проводились в умовах штилю. Коливання рівня води, які контролювалися на тимчасовому рівнемірному посту, і вітро-хвилевих течій під час проведення промірів не зафіксовані.

Обробка результатів промірних робіт, побудова поперечних профілів і визначення за ними морфометричних характеристик рельєфу каналу виконані за методикою (Карасев & Шумков, 1985). Для поперечних профілів визначені:  $B$  – ширина каналу,  $F$  – площа поперечного перетину,  $H_{\text{макс}}$  – максимальна глибина,  $H_{\text{ср}}$  – середня глибина,  $\chi$  – змочений периметр.

Одночасно з промірами відібрано 19 проб наносів – на східному, західному березі, в центральній частині русла, а також в морській та лиманній частинах

пересипу. Проба відбиралась як середньозважена, маса кожної дорівнювала не менше 500 г. Вони були висушені, квартовані та промиті. Лабораторна обробка проб і визначення гранулометричного складу наносів проведена за стандартною методикою (ДСТУ, 1997). Гранулометричні коефіцієнти визначені графічним методом П. Д. Траска і статистичними методами (Шванов, 1969). Для характеристики великості наносів обчислені графічна медіана ( $M_d$ ) та їх середньоарифметичний розмір ( $\bar{X}$ ). Класифікація гранулометричних різновидів наносів виконана за (ДСТУ, 1997).

Глибини та ширина каналу наведені в футах, сажнях та аршинах переведені в метричну систему за (Салищев, 1982; Каменцева & Устюгов, 1975).

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що формування русла – саморегульований процес. Підгрунття саморегуляції – співвідношення транспортуючої здатності потоку та кількості наносів, які надходять до нього (Чалов, 2016). З'єднувальний канал Тилігульський лиман-Чорне море має незакріплене русло. В умовах штучного регулювання витрат води, впливу згонів та нагонів, пульсуючого надходження наносів з морської та лиманної частин каналу, морфодинамічні процеси ускладнюються. Саме тому, як показали польові дослідження, рельєф та гідравлічні характеристики русла каналу відрізняються по його довжині і зазнають змін в часі (таблиця 1).

Таблиця 1

#### Морфометричні характеристики поперечних профілів з'єднувального каналу Тилігульський лиман – Чорне море

№ профілю	B, м	F, м <sup>2</sup>	H <sub>ср</sub> , м	H <sub>макс</sub> , м	χ, м
<b>07.09.2020 р.</b>					
1	14,3	2,9	0,20	0,35	15,5
2	17,9	7,6	0,42	0,55	18,2
3	21,1	9,9	0,47	0,79	21,6
4	26,1	14,2	0,54	0,75	26,3
5	109,1*	27,3*	0,25*	0,21*	115,5*
<b>25.07.2021 р.</b>					
1	40,3	20,4	0,51	1,30	40,9
2	34,8	25,2	0,72	1,33	31,7
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	187,5*	136,2*	0,73*	1,32*	187,7*

\* Примітка: визначена ширина включає затоплену поверхню пересипу.

Профіль № 1 розташований на відстані 430 м від моря (рис. 3, профіль 1). Канал на цій ділянці має коритоподібний профіль. Він був ускладнений тілом піщаної акумулятивної форми, яка повністю перекривала канал ближче до моря. Вона була складена наносами, які надходять з морської частини перешийку. Ширина незамуленої частини каналу дорівнювала при закритій морській частині 10,2 м.

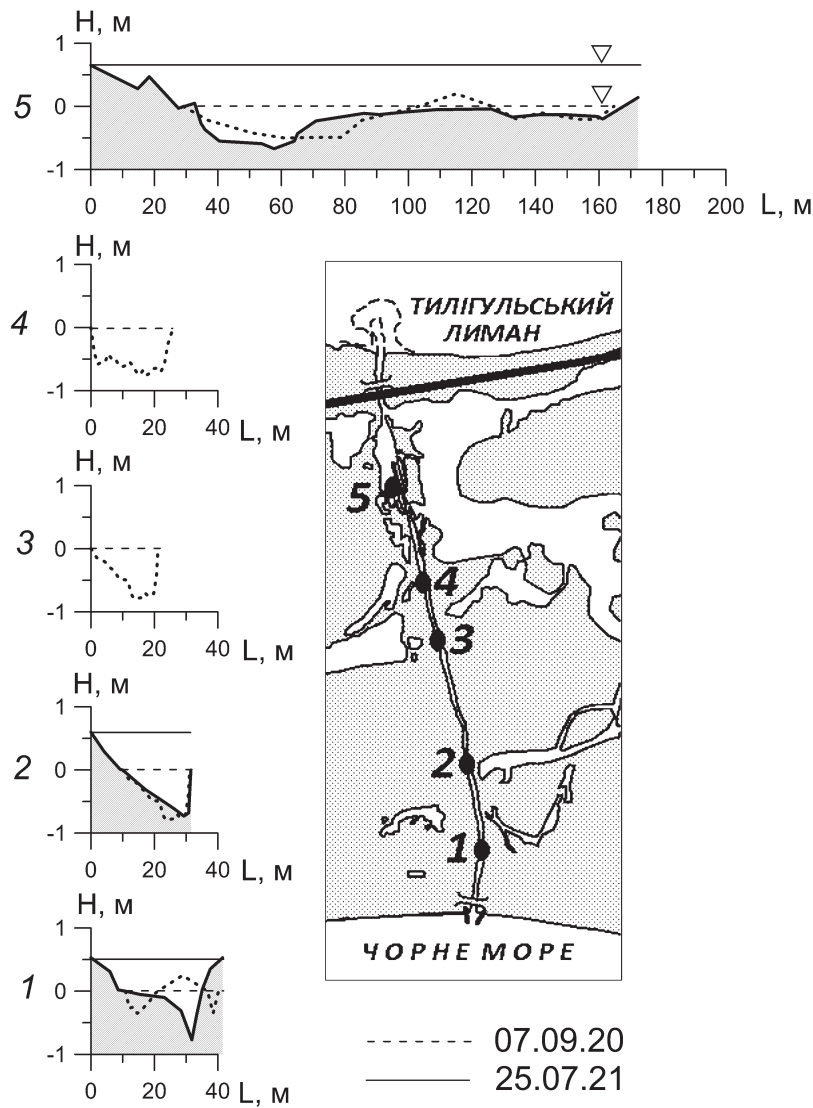


Рис. 3. Поперечні профілі з'єднувального каналу Тилигульський лиман – Чорне море: 1–5 номера профілів.

При запуску морської води рівень в каналі підвищився на 0,6 м. Ширина каналу на профілі № 1 зросла до 40,3 м (+26,0 м). Акумулятивна форма, яка перекривала канал, була розмита. На її місці у східного берега сформувалось заглиблення профілю, яке, ймовірно, відповідає найбільшим швидкостям потоку, з максимальними глибинами до 1,3 м (+0,95 м).

Профілі № 2, 3, 4 розташовані в межах прямолінійної ділянки каналу на відстані 960–2060 м від моря (рис. 3, профіль 2–4). Зі східного берега канал тут обмежений береговими відвалами ґрунтів днопоглиблення, з західного – насипом автомобільної дороги. Існуючі протоки та шляхові гідротехнічні споруди забезпечують водообмін з прилеглими мілководдями при високому рівні води. Форма поперечного профілю – коритоподібна. Ширина каналу на цій ділянці при низькому рівні води дорівнювала 17,9–26,1 м. При повторних промірах у 2021 р. максимальна глибина на профілі № 2 зросла до 1,33 м (+0,78 м), ширина дорівнювала 34,8 м (+16,9 м). Спостерігалось зміщення ділянки з більшими глибинами ближче до центральної частини профілю, внаслідок чого поперечний профіль стає більш симетричним, його форма стає V – подібною.

Рельєф каналу в межах профілю № 3 відрізнявся від суміжних ділянок (рис. 3, профіль 3). Він мав асиметричну форму, більші глибини відмічалися у східного берега. У західного берега сформувалася піщана відмілина. Дно каналу пласке, ускладнене невеликими за розмірами піщаними брижами.

Профіль № 5 розташований на відстані 2620 м від моря. В межах цієї ділянки брівки каналу не виражені в рельєфі. Потік вільно розтікається на широкій мілководній ділянці, що супроводжується затопленням низьких ділянок поверхні пересипу і зниженням його швидкості та транспортуючої здатності. Це приводить до акумуляції наносів на цій ділянці, зменшенню глибин та утворенню піщаних островів. В 2021 р. максимальна глибина на профілі дорівнювала 1,32 м (+1,11 м) (табл. 1). Збільшення глибини і швидкості потоку під час запуску морської води привело до розмиву піщаного осередку в центральній частині профілю. Рельєф дна став більш пласким. У західного берега глибини зросли внаслідок виробки коритоподібної форми поперечного профілю. В той же час рельєф дна східної частини майже не змінився.

Таким чином збільшення витрат води і швидкостей потоку в незакріпленому руслі каналу при запуску морської води супроводжується перебудовою русла каналу. Деформації рельєфу дна, викликані гідроморфологічними процесами дорівнюють на різних ділянках каналу 0,18–0,51 м.

За даними проведених польових досліджень та літературними матеріалами складена порівняльна таблиця ширини та глибини каналу (табл. 2).

Наноси морського пляжу пересипу Тилігульського лиману потрапляють з прибійної зони до з'єднувального каналу при запуску води. Тут відбувається їх більш глибока диференціація за крупністю. Відклади каналу представлені мілко піщаним та мілко-середньо піщаним гранулометричними різновидами. Ведучою фракцією в усіх пробах є 0,1–0,25 мм. Її вміст змінюється від 33,43%

до 96,3% (рис. 4). Мілко піщані наноси складають західний берег каналу – профілі № 2, 3, 4, та дно – профіль № 2. На інших ділянках наноси мілко-середньо піщані. В заглибленнях рельєфу дна піщані наноси перекриті шаром мулу потужністю до 0,2–0,3 м.

Таблиця 2.

**Ширина (В, м) та середня глибина ( $H_{cp}$ , м) з'єднувального каналу  
Тилігульський лиман – Чорне море**

Стан каналу	Джерело / Рік	В	$H_{cp}$
Природна протока	(Гидрографическая Карта, 1793–1796) / 1793–1796 рр.	-	0,6–0,9
	(Зенкович, 1960) / 1921 р.	10,7–14,9	0,7
Штучний з'єднувальний канал	(Водні ресурси, 2014) / 1958 р.	30	3,0
	(Топографічна карта) / 1982 р.	45–48	1,5
	(Водні ресурси, 2014) / 2000 р.	20–25	-
	(Адобовский & Большаков, 2005) / 2005 р.	20–25	1,2–1,6
	2020–2021*	14,3–40,3 (187,5)	0,20–0,73

\* Польові дослідження.

Зазначені різновиди наносів з'єднувального каналу характеризуються різним ступенем неоднорідності гранулометричного складу. Однорідні наноси ( $C_e \leq 3$ ) формують берега і дно каналу в межах профілів № 2, 3, 5. На інших ділянках вони неоднорідні ( $C_e > 3$ ).

В морській частині каналу вміст ведучої фракції 0,1–0,25 мм більше на 35,6%, в порівнянні з морським пляжем (рис. 5). По довжині каналу відмічається зменшення вмісту крупних фракцій за рахунок їх заміщення еоловою – 0,1–0,25 мм. В центральній частині каналу вміст фракції 0,1–0,25 мм зростає на 14,58%, в порівнянні з його морською частиною, та на 50,56%, в порівнянні з морським пляжем (рис. 5). Такі зміни вмісту фракції 0,1–0,25 мм свідчать, як про суттєвий вплив еолового фактору в наносообміні морської зони та центральної частини пересипу, так і про ймовірне транспортування водним потоком каналу давніх еолових відкладів пересипу, через які він був прокладений. В лиманній частині каналу, внаслідок потрапляння при нагонах чурупки з лиманних пляжів, зростає вміст крупних фракцій. Вміст фракції <0,1 мм збільшується на 11,31%, в порівнянні з центральною частиною. Це пов'язано як з падінням швидкості водного потоку в каналі при його підпорі з боку лиману, так і переносом зважених мулистих часток при нагонах з боку лиману.

На послаблення гідrogenної переробки наносів може вказувати, наприклад, вміст часток  $< 0,1$  мм. Вздовж дослідженої ділянки каналу вміст мілкої фракції зазнає значних змін від 1,58% до 38,38%. Мінімальний вміст фракції  $< 0,1$  мм відмічається на ділянках профілів № 2, 4–1,58%. Максимальний вміст 38,38% – в межах профілів № 3, 5 (рис. 5).

Такі зміни вмісту часток фракції  $< 0,1$  мм пов'язані з періодичним занесенням цієї ділянки морськими наносами та зменшенням транспортуючої здатності потоку на мілководдях в північній частині.

Крупність наносів також дозволяє побічно оцінити гідродинамічні умови ділянки. Чим більші швидкості водного середовища, тим крупніше наноси.

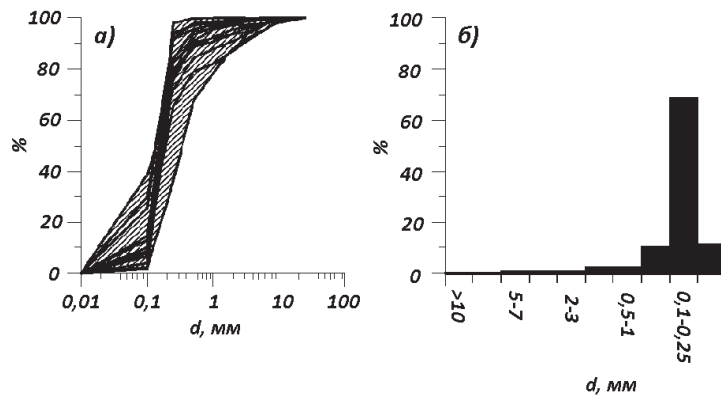


Рис. 4. Поле кумулятивних кривих (а) та гістограма узагальненого гранулометричного складу наносів (б) з'єднувального каналу Тилігульський лиман – Чорне море.

Одночасно з цим відбуваються процеси механічної диференціації відкладів, яка супроводжується виносом мілких часток і зростанням вмісту великих. Ці процеси тим складніше, чим більш неоднорідні наноси.

Осереднена для всієї дослідженої частини каналу  $M_d = 0,17$  мм і відповідає фракції мілкового піску. По довжині каналу  $M_d$  змінюється від 0,13 мм до 0,33 мм (рис. 5). Збільшення значень медіанного розміру наносів на окремих ділянках пов'язано із збільшенням вмісту чурупки та детриту. Для характеристики крупності наносів каналу більш обґрунтоване використання  $\bar{X}$  ніж  $M_d$  оскільки відклади неоднорідні. Середній розмір наносів  $\bar{X} = 0,50$  мм.  $\bar{X}$  змінюється від 0,17 мм до 1,13 мм.

Коефіцієнт відсортування відкладень каналу ( $S_o$ ) з морської і лиманної частин каналу зменшується до центральної з 3,86 та 1,87 (погано відсортовані) до 1,27 (помірно відсортовані) відповідно (рис. 5).

Наноси, які потрапляють з лиманної та морської частин, а також порушені відкладення ложа каналу формують строкатий склад донних відкладень. Вони характеризуються коефіцієнтами відсортування 1,32–1,37 (погано та помірно відсортовані).

Деформації рельєфу русла річок та каналів залежать, крім інших чинників, від співвідношення швидкості потоку та нерозмиваючої швидкості ( $V_n$ ) даної крупності наносів. Її можна отримати розрахунковим шляхом. Однією із застосованих при даному гранулометричному складі наносів є формула В. Н. Гончарова (Гришанин, Дегтярев & Селезнев, 1986), яка діє в усьому діапазоні великості часток піску і гравію:

$$V_n = 0,96 \sqrt{g} (d_{50} + 0,0014)^{0,3} \left( \frac{d_{50}}{d_{90}} h \right)^{0,2}, \quad (1)$$

де  $V_n$  – нерозмиваюча швидкість, м/с;  $d_{50}$ ,  $d_{90}$  – діаметр донних наносів за кривою гранулометричного складу, вмістом 50% і 90% відповідно, м;  $g$  – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>;  $h$  – глибина, м.

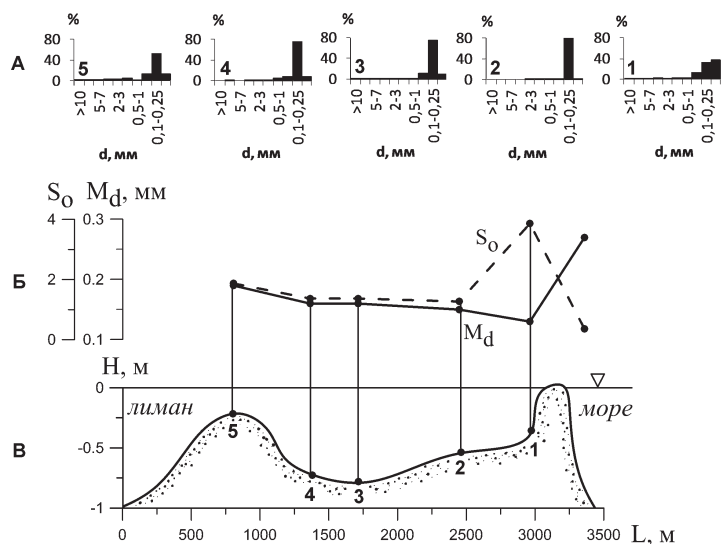


Рис. 5. Зміни гранулометричного складу відкладень вздовж вісі з'єднувального каналу Тилігульський лиман – Чорне море: А – гістограми гранулометричного складу; Б – медіанний діаметр ( $M_d$ ), коефіцієнт відсортуння ( $S_o$ ); В – повздовжній профіль; 1–5 – номери профілів.

Розрахунки за цією формулою (таблиця 3) показали, що нерозмиваюча швидкість наносів з'єднувального каналу зростає від 0,26 м/с при середній глибині каналу 0,2 м до 0,41 м/с при його глибині 2,0 м. Це доповнює висновки (Тучковенко, Иванов & Тучковенко, 2012; Тучковенко, Кушнір & Лобода, 2015) про переважаючий вплив на швидкості течій глибини та придонного тертя.

Згідно з дослідженнями Ц. Е. Мірцхулаві розмиваючі швидкості ( $V_p$ ) знаходяться в залежності від нерозмиваючих (Чалов, 2016):

$$V_p = 1,4 \cdot V_n, \quad (2)$$

Таблиця 3

**Розрахункові нерозмиваючі швидкості наносів ( $V_n$ )  
при глибині каналу ( $h$ )**

$V_n$ , м/с	$h$ , м			
	0,50	1,00	1,50	2,00
Мін.	0,22	0,25	0,28	0,29
Макс.	0,38	0,44	0,47	0,50
Ср.	0,31	0,36	0,39	0,41

При даній великості наносів розмиваючі швидкості потоку будуть дорівнювати при глибині 0,2 м і 2,0 м 0,37 м/с і 0,57 м/с.

Порівнявши розрахункові значення  $V_n$  і  $V_p$  з натурними дослідженнями В.В. Адобовського (Адобовский & Большаков, 2005) можна побачити, що швидкості виміряні в натурних умовах дуже варіюють, в залежності від витрат води. При максимальних витратах вони перевищують  $V_p$ , а при мінімальних – значно менші  $V_n$ . При експлуатації каналу в незакріпленому руслі в залежності від витрат води, рельєф буде дуже динамічним і зазнавати різноспрямованих деформацій, оскільки середні швидкості потоку будуть перевищувати нерозмиваючі для даної крупності наносів. Зменшення витрат води, відповідно і швидкостей потоку, сприятиме розвитку акумулятивних процесів.

### ВИСНОВКИ

Функціонування з'єднувального каналу Тилігульський лиман – Чорне море в незакріпленому руслі, в умовах штучного регулювання витрат води, періодичного надходження наносів з лиманної та морської частин на фоні дії гідрометеорологічних факторів супроводжується суттєвими лінійними та висотними деформаціями рельєфу каналу, які відрізняються на його окремих ділянках.

Морфометричні характеристики з'єднувального каналу Тилігульський лиман – Чорне море суттєво варіюють в залежності від коливань рівня води. При підйомі рівня води в каналі на 0,6 м  $B$ ,  $H_{cp}$ ,  $\chi$  – збільшуються в 2 рази,  $H_{макс}$  – в 4 рази та  $F$  – 5 раз відповідно.

Деформації рельєфу дна, викликані гідроморфологічними процесами значні і на різних ділянках каналу дорівнюють 0,18–0,51 м.

На гранулометричний склад наносів з'єднувального каналу впливають еолові процеси та наносообмін з морською та лиманною зонами пересипу, що приводить до зміни вмісту крупних та мілких фракцій. Сучасні відклади з'єднувального каналу представлені мілко піщаним та мілко-середньо піщаним гранулометричними різновидами. Ведучою фракцією в усіх пробах є 0,1–0,25 мм. Нерозмиваюча швидкість даної крупності наносів дорівнює 0,26 м/с та 0,41 м/с при середній глибині каналу 0,2 м та 2,0 м відповідно, що підтримує значні деформації рельєфу каналу в процесі його експлуатації.

Період експлуатації каналу впродовж якого його параметри повернуться майже до початкових можна в першому наближенні визначити в 20–25 років. Виходячи з цього експлуатація каналу повинна передбачати, при відсутності поточних ремонтних робіт, глибоку реконструкцію кожні 10–15 років для підтримання проектних параметрів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Адобовский В. В., Большаков В. Н. Влияние климатических факторов на водообмен Тилигульского лимана с морем. *Екологічна безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: Зб. наук. пр.* 2005. Вип. 12. С. 70–75.
- Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья: Коллективная монография / ред. Ю. С. Тучковенко, Е. Д. Гопченко. ОГЭК. Одесса: ТЭС, 2011. 224 с.
- Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилигульського лиману: Монографія / за ред. Ю. С. Тучковенка, Н. С. Лободи. ОДЕК. Одеса: ТЕС, 2014. 278 с.
- Гидрографическая Карта Северным берегам Черного моря, означающая ныне состоящую границу между устьями рек Днепра и Днестра, на коей показана глубина, отмели и фарватер; в пользу судоходства по Днепру, Бугу, Днестру и вдоль по берегам моря, с показанием способа как иметь коммуникацию по Черному Морю с городами и портами: Херсоном, Николаевым, Очаковым, Одессою и Овидиополем / по повелению Вице-Адмирала и Кавалера де Рибаса; Николаев, 1793–1796. 1 к.
- Гришанин К. В., Дегтярев В. В., Селезнев В. М. Водные пути: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1986. 400 с.
- ДСТУ Б В.2.1–2–96 (ГОСТ 25100–95). Основи та підвалини будинків і споруд. Грунти. Класифікація. [Чинний від 1997–04–01]. Вид. офіс. Київ: Держ. ком. України у справ. містобудув. і архіт., 1997. 51с.
- Зенкович В. П. Морфология и динамика Советских берегов Черного моря. М.: Изд-во АН СССР, 1960. Том II. (Северо – западная часть). 218 с.
- Каменцева Е. И., Устогов Н. В. Русская метрология. Учебное пособие. М.: «Высшая школа», 1975. 214 с.
- Карасев И. Ф. Шумков И. Г. Гидрометрия. Ленинград: Гидрометеониздат, 1985. 380 с.
- Молодых И. И., Усенко В. П., Палатная В. П. Геология шельфа УССР. Лиманы. Киев: Наукова думка, 1984. 176 с.
- Муркалов О. Б., Стоян О. О. Довготривалі зміни площі озер на пересипу Тилигульського лиману (Чорне море). *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки.* 2021. Т. 26, вип. 1(38). С. 55–66.
- Салищев Н. А. Картография. Москва: «Высшая школа», 1982. 271 с.
- Тучковенко Ю. С., Иванов В. А., Тучковенко О. А. Моделирование водообмена Тилигульского лимана с Черным морем. *Мор. гидрофиз. журн.* 2012. № 5. С. 42–58.
- Тучковенко Ю. С., Кушнир Д. В., Лобода Н. С. Оценка влияния условий водообмена с морем на изменчивость уровня и солёности воды в Тилигульском лимане. *Український гідрометеорол. журнал.* 2015. No 16. С. 232–241.
- Чалов Р. С. Русловые процессы (русловедение): учебник. Москва: ИНФРА-М, 2019. 569 с. DOI: [www. dx. doi. org/10.12737/XXXXXX](http://www.dx.doi.org/10.12737/XXXXXX).
- Шванов В. Н. Песчаные породы и методы их изучения. Л.: Недра, 1969. 248 с.
- Шекк П. В. История и современное состояние кефалеводства в северном Причерноморье. *Известия Музейного Фонда им. А. А. Браунера.* 2004. Том 1. № 2 С. 5–10.

## REFERENCES

- Adobovskiy, V.V. & Bolshakov, V.N. (2005). Vliyanie klimaticheskikh faktorov na vodoobmen Tiligul'skogo limana s morem (Influence of climatic factors on water exchange of Tyligul'skiy Liman with a Sea). *Ecological safety of off-shore and shelfy zones and complex use of resources of shelf: Collection of scientific works.* 12, 70–75. [in Russian].
- Issues of the day of Liman's of north-western black Sea Region: the Collective monograph.* (2011). (In Yu. S. Tuchkovenko, Ye. D. Gopchenko (Ed.). Odessa: TES. [in Russian].
- Water resources and hydroecological condition in Tyligul'skiy Liman: Monograph.* (2014). In Y. S. Tuchkovenko, N. S. Loboda (Ed.). Odessa: TES. [in Ukrainian]

Gidrograficheskaya Karta Severnym beregam Chernogo morya, oznachayushchaya nune sostoyashchuyu granitsu mezhdru ustyami rek Dnepra i Dnestra, na koeu pokazana glubina, otmeli i farvater; v polzu sudokhodstva po Dnepru, Bugu, Dnestru i vdol po beregam morya, s pokazaniem sposoba kak imet kommunikatsiyu po Chernomu Moru s gorodami i portami: Khersonom, Nikolaevym, Ochakovym, Odessoym i Ovidiopolem, masshtab v 1 sm. 4.2 km. (1793–1796). (Hydrographic Map of the Northern Shores of the Black Sea, signifying the current boundary between the mouths of the rivers of the Dnieper and Dniester, which shows the depth, shoals and fairway; in favor of shipping on the Dnieper, Bug, Dniester and along the seashore, with an indication of how to communicate on the Black Sea with cities and ports: Kherson, Nikolaev, Ochakov, Odessa and Ovidiopol). Vice-Admiral and Cavalier de Ribas (Ed.). Mykolaiv. [in Russian].

Grishanin, K.V., Degtyarev, V.V., Seleznev, V.M. (1986). *Vodnye puti: Uchebnik dlya vuzov. (Waterways: Textbook for universities)*. Moscow: Transport. [in Russian].

Derzhkommistobuduvannya (State Committee for Urban Development). (1997). *Osnovy ta pidvalny budynkiv i sporud. Grunty. Klasyfikatsiya (Foundations and foundations of buildings and structures. Soils. Classification) (DSTU B V.2.1–2–96)*. State standard of Ukraine.

Zenkovich, V.P. (1960). *Morfologiya i dinamika Sovetskikh beregov Chernogo morya. Tom. II. (Severo – zapadnaya chast). (Morphology and dynamics of the Soviet banks of the Black sea. Vol. II. (North is western part))*. Moscow: Publishing house of the USSR Academy of Sciences. [in Russian].

Kamentseva, Ye.I., Ustyugov, N.V. (1975). *Russkaya metrologiya. Uchebnoe posobie. (Russian metrology. Tutorial)*. Moscow: Vysshaya shkola publ. [in Russian].

Karasev, I.F., Shumkov, I.G. (1985). *Gidrometriya (Hydrometry)*. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ. [in Russian].

Molodykh I.I., Usenko, I.I., Palatnaya, V.P. & Kochubey, N.N. et al. (1984). *Geologiya shelfa USSR. Limany. (Geology of the shelf of the Ukrainian SSR. Limans)*. Kyiv: Scientific Thought. [in Russian].

Murkalov, O.B., Stoyan, O.O. (2021). Dovhotryvali zminy ploshchi ozer na peresypu Tylihulskoho lymanu (Chorne more). (Long-term changes in the area of lakes on the bar of the Tylihulskiy liman (Black sea)). *Odesa National University Herald. Series: Geography & Geology*. 26, 1(38), 55–65. [in Ukrainian].

Salishev, N.A. (1982). *Kartografiya (Cartography)*. Moscow: Vysshaya shkola publ. [in Russian].

Tuchkovenko, Yu.S., Ivanov, V.A. & Tuchkovenko, O.A. (2012). Modelirovanie vodoobmena Tiligul'skogo limana s Chernym morem (Design of water exchange of Tylihulskiy Liman with the Black sea). *Marine Hydrophysical Journal*. 5, 42–58. [in Russian].

Tuchkovenko, Yu.S., Kushnir, D.V. & Loboda, N.S. (2015). Otsenka vliyaniya usloviy vodoobmena s morem na izmenchivost urovnya i solenosti vody v Tiligul'skom limane. (Estimation of the influence of water exchange with the Sea conditions on the water level and salinity variability in the Tylihulskiy Liman lagoon). *Ukrainian hydrometeorological Journal*, 16, 232–241. [in Russian].

Chalov, R.S. (2016). *Ruslovye protsessy (ruslovedenie): uchebnoe posobie. (River-bed processes (channel studies): textbook)*. Moscow: INFRA-M. DOI: [www.dx.doi.org/10.12737/XXXXX](http://www.dx.doi.org/10.12737/XXXXX). [in Russian].

Shvanov, V.N. (1969). *Peschanye porody i metody ikh izucheniya. (Sandy rocks and methods of their study)*. Leningrad: Nedra Publ. [in Russian].

Shekk, P.V. (2004). Istoriya i sovremennoe sostoyanie kefalevodstva v severnom Prichernomore. (History and modern state of Mullet breeding are in north Black Sea Region). *News of Museum Fund of the Name A. A. Brauner*. 1(2), 5–10. [in Russian].

Надійшла 21.11.2121

**А. Б. Муркалов**, канд. геогр. наук

**А. А. Стоян**, канд. геогр. наук, доцент

**Ю. Г. Демарева**, магистр

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова,  
кафедра физической географии, природопользования  
и геоинформационных технологий,  
ул. Дворянская, 2, г. Одесса, 65082, Украина,  
physgeo\_onu@ukr.net

## **РЕЛЬЕФ И НАНОСЫ СОЕДИНИТЕЛЬНОГО КАНАЛА ТИЛИГУЛЬСКИЙ ЛИМАН – ЧЕРНОЕ МОРЕ**

### **Аннотация**

Рост антропогенной нагрузки в бассейне Тилигульского лимана на фоне изменений климата привел к угрозе потери ценных приморских ландшафтов. С целью сохранения естественной системы водоема был возобновлен водообмен лимана с Черным морем через соединительный канал. Полевые работы, проведенные в 2020–2021 гг., позволили получить представления о морфологии и морфометрии рельефа соединительного канала. Исследования проводились при закрытой морской части и запуске воды в лиман. Установлено, что рельеф незакрепленного песчаного канала испытывает динамические изменения под воздействием естественных и антропогенных факторов.

**Ключевые слова:** наносы, рельеф, Тилигульский лиман, Черное море, искусственный канал.

**O. B. Murkalov**

**O. O. Stoyan**

**Y. H. Demarova**

Odessa I. I. Mechnikov National University,  
Department of Physical Geography, Nature Management and  
Geoinformation Technology  
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine  
physgeo\_onu@ukr.net

## **RELIEF AND SEDIMENTS OF THE CONNECTING CHANNEL TILIGULSKYI LIMAN – BLACK SEA**

### **Abstract**

**Problems Statement and Purpose.** Tiligulskyi liman is located in the northwestern part of the Black Sea between the Odessa bay and the Berezansky liman. Operation and reconstruction of the connecting channel influence the geosystem of the estuarine part of the Tiligulskyi liman. Now the channel operates not reinforced and its relief changes dynamically influenced by the combination of natural and anthropogenic factors. Monitoring changes will make it possible to predict how the anthropogenic factors impact to reserved coastal landscapes. The main goal of the

research – to find out morphological and morphometric characteristics of the relief's current state and to define granulometric composition of sediments of the connecting channel Tiligulskyi liman – Black Sea in conditions of artificial regulation of water exchange.

**Data & Methods.** Field studies were carried out at the Tiligulskyi liman sand bar on 5 areas in 2020 and 2021. Performed: depth measurements, GPS coastline mapping, water and sediment sampling. Based on the field studies results the following was determined: B – width, F – cross-sectional area,  $H_{\max}$  – maximum depth,  $H_{\text{avg}}$  – average depth,  $\chi$  – wetted perimeter. Fifteen sediment samples were taken from the elements of the channel's relief. Granulometric coefficients are determined by the graphical method of PD Trask and by statistical methods.

**Results.** Functioning unforced connecting channel Tiligulskyi liman – Black Sea in conditions of artificial regulations of water consumption, periodical admission of sediment from liman and sea areas against the background of hydrometeorological factors leads to significant linear and vertical deformations of the canal relief. Because of its significant length morphological processes are different at each location.

Morphological characteristics of connecting channel Tiligulskyi liman – Black sea is highly different in depends of water level. When water level rises on 0.6 m – B,  $H_{\text{avg}}$ ,  $\chi$  gets higher twice,  $H_{\max}$  – 4 times, and F – 5 times.

Current sediments of connecting channel presented as small sand particles and fine to medium sandy granulometric varieties. Prevalent fraction size in all samples is 0.1–0.25 mm. Calculated by V.N. Goncharov's formula non-blurring sediment speed increases from 0.26 m/s (at canal depths 0.2) to 0.41 m/s (at canal depths 2.0 m), that leads to significant relief deformation during its operation.

Channel operation time, during which its characteristics will return to its natural condition will approximately 20–25 years. According this, canal should involve deep reconstruction for every 10–15 years without current repair works for maintaining the design parameters.

**Keywords:** sediments, relief, Tiligulskyi liman, Black Sea, artificial channel.