

УДК 551.435

[https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1\(46\).332724](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1(46).332724)

О. Б. Муркалов¹, канд. геогр. наук,

О. О. Стоян¹, канд. геогр. наук, доцент

О. О. Дмитриков², аспірант

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова,
кафедра фізичної географії, природокористування і геоінформаційних
технологій,

вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65082, Україна

²Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна,

кафедра фізичної географії та картографії

майдан Свободи 4, м. Харків, 61022, Україна

¹ physgeo_onu@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8439-737X>

² Oleg.Dmytrykov@student.karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0001-9717-2033>

МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЛЬЄФУ ВОДОЗБОРУ ВЕЛИКОГО АДЖАЛИЦЬКОГО ЛИМАНУ (ЧОРНЕ МОРЕ)

Формування лиманів північно-західної берегової області Чорного моря відбулося в голоцені. Сучасний рельєф лиманів представлений геоморфосистемами різного віку, генезису та ієрархії. Дослідження морфометричних характеристик рельєфу лиманів важливе для розуміння процесів морфо-літогенезу в системі зв'язків суша – гирлова водойма – море контактних природних систем лиманів на узбережжі північно-західної Частини Чорного моря. Отримано морфометричні характеристики рельєфу водозбору Великого Аджалицького лиману та проаналізовано їх просторовий розподіл.

Ключові слова: морфометричні характеристики, рельєф, водозбір, лиман.

ВСТУП

Формування північно західної лиманної берегової області Чорного моря відбулося в голоцені (Шуйський, 2000). Трансгресивне підняття рівня моря супроводжувалось затопленням широких гирлових ділянок річок, які утворилися в результаті сукупної дії ерозійних та денудаційних процесів на прилеглій до моря суші з подальшим відділенням їх акваторії від моря піщано-черепашковими пересипами.

Територія дослідження відноситься до Дністровсько-Бузької низовинної області, Одесько-Тилігульського фізико-географічного району (Національний атлас України, 2007). Басейн річки Великий Аджалик разом з Малим Аджалицьким лиманом, згідно гідрографічного районування, відноситься до району басейну річок Причорномор'я, та згідно водного господарського районування – до водогосподарської ділянки узбережжя Чорного моря між Дністровським лиманом та Дніпровським лиманом (включаючи ріку Тилігул з лиманом) (Хіль-

чевський, Гребінь та Забокрицька, 2024). На формування стоку у межах водозбору лиману значний вплив мають підстильна поверхня і рельєф місцевості. Суттєве значення також набуває господарська діяльність спрямована на регулювання водного режиму лиману і на водозборі. За даними досліджень науковців Одеського екологічного університету (ОДЕКУ) ріка Великий Аджалик зараз практично припинила своє існування, вода до лимана поступає переважно з його водозбору і бічного притоку з балок при випадінні опадів і таненні снігу (Большаков, Адобовський, Запороженко та Соколов, 2012). Площа водозбору басейну лиману дорівнює 50 км² (Большаков, Адобовський, Запороженко та Соколов, 2012). Акваторія Великого Аджалицького лиману складається з двох частин: малого і великого басейнів з'єднаних протокою (рис. 1). В північно-західній частині від акваторії лиману греблею відділений Олександрівський став.

В монографії (Молодих та ін., 1984) зазначено, що характерною рисою будови рельєфу території досліджень є переагліблені відносно сучасного базису ерозії на 40-50 м річкові долини та великі балки. Автори також зазначають, що твердий стік потрапляє в лимани з незначною за розмірами прибережної смуги в наслідок розвитку ерозійних процесів, руйнування берегів, дії постійних та тимчасових водотоків на водозбірній площі.

Вченими ОДЕКУ здійснено морфологічний опис лиману, проаналізовано гідро екологічний стан водойми, мінливість складових водно-сольового балансу в умовах штучно регульованого водообміну з морем для років різної водності (Актуальні проблеми, 2011; Тучковенко, Гопченко, Адобовський та Большаков, 2008). Важливим результатом досліджень є обґрунтування закономірності про дуже велику швидкість зміни природної системи та умов Великого Аджалицького лиману під дією зовнішніх впливів (Адобовський, 2012).

Результати досліджень геологічної будови, ландшафтів, морських берегів та топонімики представлені в публікаціях співробітників геолого-географічного факультету ОНУ імені І.І. Мечникова та зві-

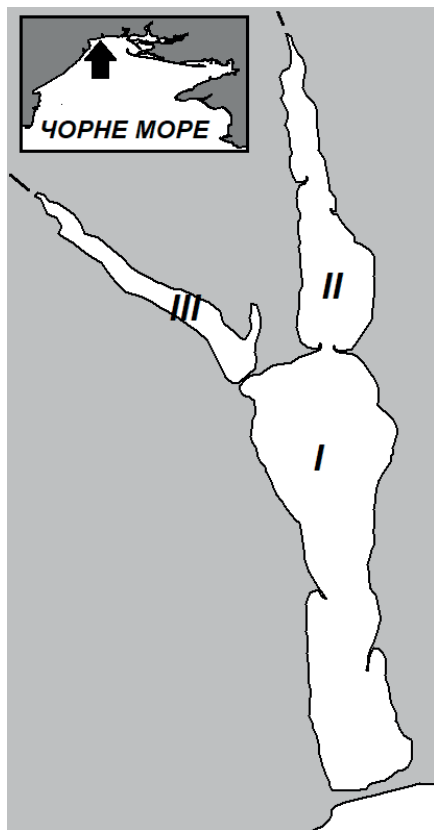


Рис. 1. Географічне положення (позначено стрілкою на врізці) та підрозділи акваторії Великого Аджалицького лиману (Тучковенко, Гопченко, Адобовський та Большаков, 2008): I – Великий басейн, II – Малий басейн, III – Олександрівський став

тах з НДР (Природа Одеської області, 1979; Зелинський та ін., 1993; Муркалов, Стоян, 2019).

В роботі (Соколов, 2015) автором підтримується висновок про те, що наявність лиманів в умовах посушливого клімату узбережжя північно-західної частини Чорного є азональним географічним об'єктом. Раніше такий висновок зроблено в роботах (Ястреб, Іванов та Хмара, 2007; Шуйський, Вихованець, 2011). З урахуванням геоморфологічних особливостей рельєфу водозбірної площі лиману пропонується виділення функціональних зон природно господарських режимів: берегохоронної, антропогенного контролю, господарської. Отримані їх осереднені морфометричні характеристики такі як: площа з врахуванням рельєфу, середня висота над рівнем моря, питомий об'єм заповнення, середній нахил.

Огляд наукових публікацій показав, що рельєф водозбору Великого Аджалицького лиману та його морфометричні характеристики виявились якісно менш дослідженими в порівнянні з гідрологічними елементами водних мас. Дослідження рельєфу водозбору важливе для розуміння процесів морфо-літогенезу в системі зв'язків суша – гирлова водойма – море природних систем узбережжя північно-західної Частини Чорного моря (Шуйський, Вихованець, 2011; Гишко, 2015). Особливо актуально дослідження геоморфосистем узбережжя, які поєднують різні генетичні форми і групи форм континентального рельєфу, лиманних і морських берегів. З огляду на те, що рельєф є одним із рівнозначних компонентів геосистем, його дослідження невід'ємне від дослідження ландшафтного покриву території (Гродзинський, 2014).

Головна мета проведеного дослідження – отримати оціночні морфометричні характеристики рельєфу водозбору Великого Аджалицького лиману. Об'єктом дослідження є рельєф водозбору Великого Аджалицького лиману. Предмет дослідження – морфометричні характеристики рельєфу водозбору Великого Аджалицького лиману: ухили поверхні, експозиція, глибина розчленування, густина горизонтального розчленування, форма схилів в профілі та їх просторовий розподіл.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження виконано з використанням карт Генерального штабу: L-36-38 Петровка, L-36-50 Одесса; масштаб 1:100000; Балтійська система висот; стан місцевості на 1981 – 1985 р.р.; видано 1987 р, 1983 р. Визначення геоморфометричних величин виконано за фрагментами ЦММ глобального масштабу роздільною здатністю одна кутова секунда (приблизно 30 м) (OpenTopography): ASTER (GDEM) v 3, ALOS World 3D – 30m Ellipsoidal (DSM) v 3.2 (AW3D30), NASADEM Digital Elevation Model, Shuttle Radar Topography Mission (SRTM GL1) Global 30 m Ellipsoidal, Copernicus Global Digital Elevation Models (Copernicus DEM).

Оціночні морфологічні характеристики рельєфу басейну Великого Аджалицького лиману отримані при застосуванні комплексу геоморфометричних (Geomorphometry, 2009) та геоморфологічних методів (Кравчук, 2006; Горішний, 2022). Розрахунки та картографування геоморфометричних величин виконано з використанням програмного забезпечення з відкритим вихідним кодом ГІС Saga v. 9.0.0 (Conrad O, 2015). В дослідженні прийняті градації ухилів для рівнинних країн (Кравчук, 2006; Горішний, 2022). Експозиція схилів визначена за 8 румбами. Показники густоти і глибини розчленування рельєфу отримані для комірок 500x500 м.

У відповідності з розробками (Tobler, 1987) масштаб побудованих з використанням ЦММ геоморфологічних карт – 1:60000 – 1:100000. Цей масштаб відповідає великомасштабним геоморфологічним картам (Спірідонов, 1985).

Для кожної ЦММ проведена її гідрологічна корекція і оцінена їх точність. Розрахунок відмінності висот ЦМР з топографічною картою за контрольними точками і горизонталями 0 м, 20 м, 25 м, 40 м, 50 м, 60 м виконано за загальноприйнятою методикою (П'яткова, Муркалов та Логвина, 2019; Geospatial Positioning Accuracy Standards). За результатами оцінки точності для проведення дослідження обрано ЦММ AW3D30 (Japan Aerospace Exploration Agency, 2021) з еліпсоїдальними висотами і меншою кількістю артефактів в порівнянні з іншими ЦММ. Середнє значення відмінностей висот ЦММ AW3D30 і топографічної карти $d = -0,42$ м (розходження висот від $-34,33$ м до $20,09$ м), середньоквадратична помилка місцезнаходження z – напрямку $RMSE_z = 6,84$. $RMSE_z$ ЦММ AW3D30 на 4% – 10% менше за інші ЦММ. $RMSE_z$ ЦММ AW3D30 та ЦММ SRTM – дорівнює 0,1%.

Відомо (ГГІ), що ЦММ не придатні для виконання точних морфометричних робіт, оскільки не відповідають необхідній точності в плані і по висоті, побудовані в різних системах висот, їх масштаб обмежений роздільною здатністю (30 м і більше), стан рельєфу зафіксований на час виконання зйомки. В той же час використання топографічних карт разом з доступними глобальними ЦММ на даному етапі дослідження виявилось корисним для формування загальних уявлень про рельєф досліджуваної території.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Рельєф водозбору Великого Аджалицького лиману представлений геоморфосистемами (Палієнко, 2010) різного віку і генезису. Широкі вододіли переходять в схили, які змінюються берегами лиману. В устьях балок та ярів сформувалися конуси виносу. В береговій зоні лиману поширені ділянки активної абразії, внаслідок чого сформувалися абразійно пообвалювальні та абразійно зсувні береги. На ділянках затухання абразійних процесів берегові схили розчленовані ерозійними формами. Акумулятивні форми рельєфу берегової зони лиману представлені косами та пляжами. Від моря Великий Аджалицький лиман відділений пересипом.

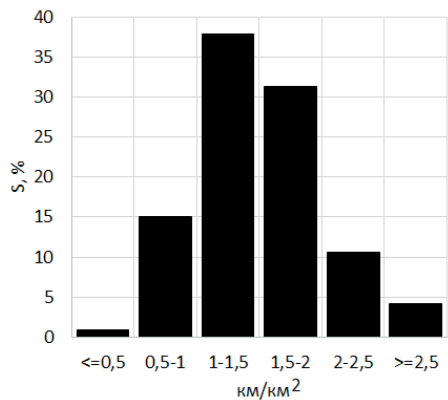


Рис. 2. Гістограма розподілу K по території водозбору Великого Аджалицького лиману у % площі



Рис. 3. Картосхема поля густоти горизонтального розчленування (км/км²) водозбору Великого Аджалицького лиману (ізолінії проведені через 0,5 км/км²)

Рзвиток флювіального рельєфу формує малюнок гідромережі і проводить до розчленування території. Коефіцієнт горизонтального розчленування (K) водозбору Великого Аджалицького лиману змінюється від 0,4 км/км² до 3,8 км/км². Середнє значення дорівнює 1,5 км/км². $K = 1-2$ км/км², що відповідає середньому значенню, характеризується 69,2% площі водозбору. Максимальне горизонтальне розчленування – $K > 2,0$ км/км² характеризує 14,8% території, мінімальним значенням $K < 1$ км/км² – 16% площі території (рис. 2).

Чисельно горизонтальне розчленування відрізняється в північній, центральній та південній частинах водозбору лиману (рис. 3). В північній та південній частинах K характеризується максимальними значеннями і змінюється від 1,5-2 км/км² до $\geq 2,5$ км/км² на півночі та півдні відповідно. В середній частині водозбору K переважно дорівнює 1-1,5 км/км². Значення K 2-2,5 км/км² в цій частині водозбору відповідають ділянкам поширення антропогенного рельєфу – забудови.

Вертикальне розчленування водозбору Великого Аджалицького лиману змінюється від 14 м/км² до 127 м/км². Гістограма розподілу площ по інтервалам значень вертикального розчленування асиметрична (рис. 4). Переважають за площею ділянки водозбору з значеннями вертикального розчленування ≤ 30 м/км² та 30-60 м/км² сумарною площею – 63,4% території. Площа водозбору з максимальними значеннями вертикального розчленування (>90 м/км²) займає 14,7%.

Водозбір лиману характеризується поступовим зростанням вертикального

розчленування території від вододільних просторів < 30 м/км² до урізу води – 30-90 м/км² відповідно (рис. 5). Значення вертикального розчленування 60-90 м/км² характерні як для схилів долини Великого Аджалицького лиману так і великих балок в його басейні. Максимальні значення вертикального розчленування > 90 м/км², характерні для приморської частини водозбору та верхівів лиману.

Схили в межах водозбірної площі Великого Аджалицького лиману мають різні кути нахилу і займають різну площу (рис. 6). В рельєфі переважають пласкі ділянки та слабопогі схи-ли – 77,24% площі. На пласкіта слабопохи-лі поверхні (0-1°) приходить-ся 35,50%

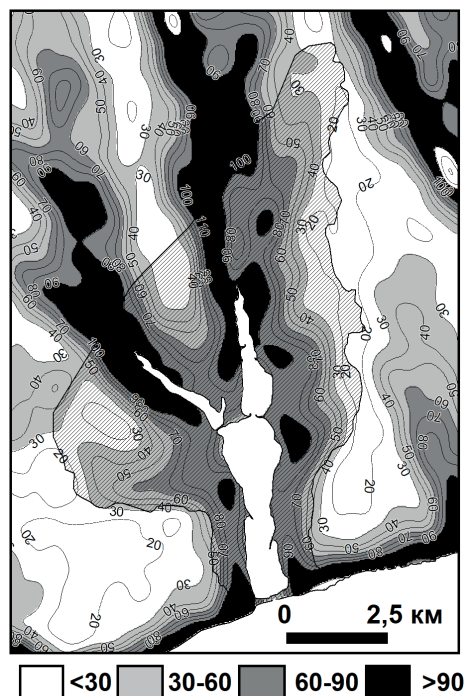


Рис. 5. Картосхема поля густоти вертикального розчленування (м/км²) водозбору Великого Аджалицького лиману (ізолінії проведені через 5 м/км²)

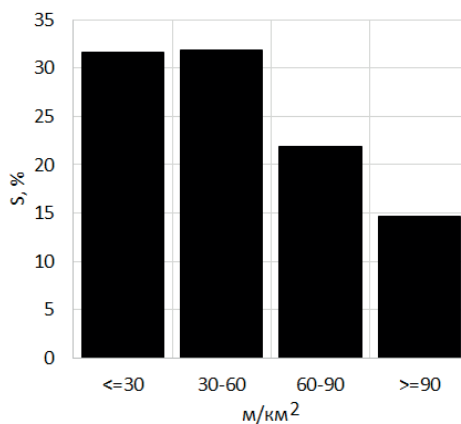


Рис. 4. Гістограма розподілу значень вертикального розчленування по території водозбору Великого Аджалицького лиману у % площі

полощі водозбору лиману. Слабо пологі схи-ли (1-3°) переважають в межах дослідженої території, їх площа становить 41,74%. На пологі (3-5°) схи-ли припадає 17,74% відповідно. Слабопокаті схи-ли (5-7°) займають площу 4,05% басейну. На покаті (7-10°) та схи-

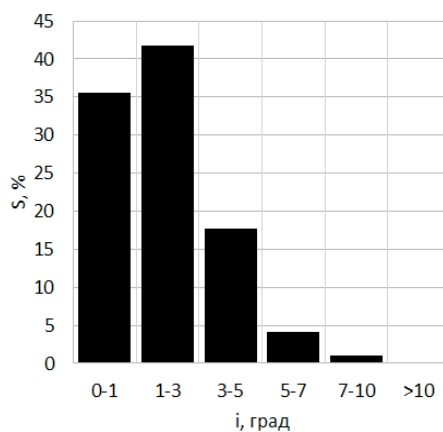


Рис. 6. Гістограма розподілу кутів нахилу у басейні Великого Аджалицького лиману у % площі

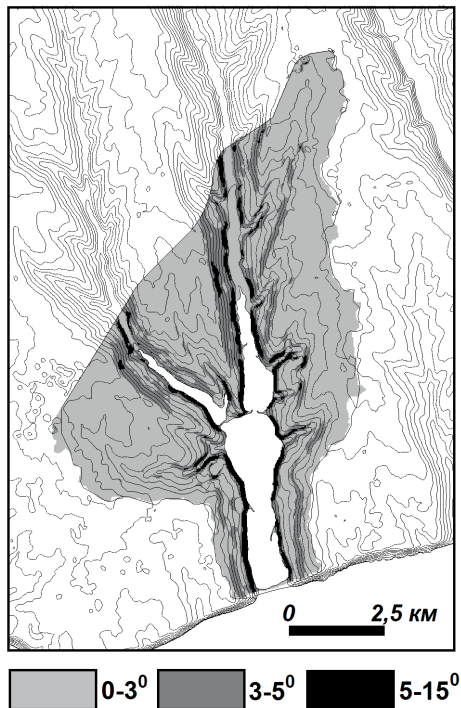


Рис. 7. Картосхема кутів нахилу поверхні (градуси) водозбору Великого Аджалицького лиману

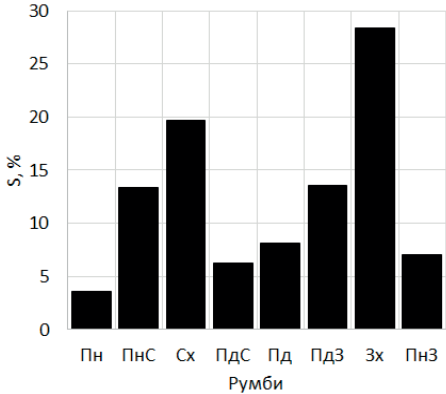


Рис. 8. Гістограма розподілу експозицій схилів у басейні Великого Аджалицького лиману у % площі

ли з кутами $>10^{\circ}$ (круті) приходить менше 1% території.

На водозборі Великого Аджалицького лиману кути нахилу поверхні відповідають різним елементам та групам форм рельєфу (рис. 7).

Ділянки поверхні басейну з кутами нахилу $0-1^{\circ}$ характерні для вододілів та широких пласких днищ великих балок і ярів. Пласким також є осушене дно лиману в північній частині території досліджень. Поверхня вододілів переходить в дуже пологі привододільні схили та схили великих балок і ярів з кутами нахилу $1-3^{\circ}$. Дуже пологі схили також пов'язані з майже горизонтальними поверхнями, утвореними виходами вапняку на денну поверхню в середній частині схилів долини лиману. Пологі схили відмічаються переважно в північній та північно-західній частині долини – північно-східні і східні схили лиману та Олександрівського ставу. Вони фрагментарно представлені на привододільних ділянках та в верхній частині схилів балок. Покаті та круті схили сформувались переважно на узбережжі – це активні, або відмерлі абразійні кліфи. За експозицією в басейні Великого Аджалицького лиману відмічається переважання за площею схилів західної (Зх) – 28,4% та східної (Сх) експозиції – 19,7% (рис. 8).

Гістограма має двохвершинну форму, що зумовлено загальним простяганням долини лиману з півночі на південь та переважанням площі її східної частини над західною.

В східній частині водозбору Великого Аджалицького лиману за площею переважають схили Зх експозиції (рис. 9). Вони утворюють в плані пірістий малюнок місцевості. Західна частина водозбо-

ру менш розчленована, диференціація схилів за експозицією менш виражена, але в цілому по території переважають схили Сх експозиції (рис. 9). Чергування на схилах водотоків різного порядку сформувало смугастий малюнок розповсюдження опуклих та ввігнутих ділянок (рис. 10). Закономірністю розподілу по водозбору ділянок поверхні за формою в профілі проявляється в наступному: плоскі рівні ділянки відповідають вододілам та привододільним схилам; опуклі та увігнуті схили чергуються у вигляді суцільних смуг шириною 100-130 м перпендикулярно урізу лиману, або тальвегам балок.



Рис. 10. Картосхема схилів водозбору Великого Аджалицького лиману за формою в профілі: 1 – плоскі рівні поверхні, 2 – ввігнуті, 3 – опуклі

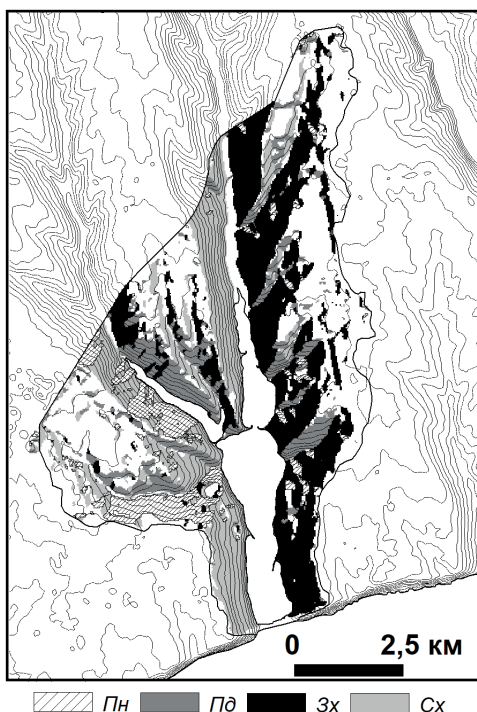


Рис. 9. Картосхема експозиції схилів водозбору Великого Аджалицького лиману

ВИСНОВКИ

Морфометричні характеристики рельєфу водозбору Великого Аджалицького лиману характеризуються значним просторовим різноманіттям, що підтверджує контрастність умов рельєфоутворення при формуванні території дослідження.

Морфометричні характеристики рельєфу суттєво відрізняються для верхів'їв, середньої частини та морського узбережжя лиману. Просторовий розподіл морфометричних характеристик по території водозбору Великого Аджалицького лиману визначається віддаленністю від водойми та висоти місцевості – головним чином ухилів. Експозиція та форма схилів в плані характеризуються самим складним розпо-

ділом, зумовленим тривалим розвитком ерозійної мережі в умовах коливання рівня лиману та моря.

Таким чином сучасний рельєф водозбору Великого Аджалицького лиману представлений геоморфосистемами різного рангу, віку та генезису – флювіальними, береговими, схиловими тощо. Геоморфосистеми взаємодіють між собою. Їх сучасна динаміка знаходить своє відображення в просторовому контрастному розподілі по території водозбору морфометричних характеристик рельєфу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Адобовський В. В. Регульований водобмін лиманів з морем і проблеми, що при цьому виникають. *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжлимання: сучасний стан, перспективи розвитку»*, ОДЕКУ, УКРМЕПА, 18 – 20 листопада 2015 р. Одеса: ТЕС, 2015. С. 7 – 9.

Актуальні проблеми лиманів північно-західного Причорномор'я: Колективна монографія / ред. Ю.С. Тучковенко, О.Д. Гопченко. ОГЕК. Одеса: ТЕС, 2011. 224 с.

Большаков В. М., Адобовський В. В., Запорожченко О. Т., Соколов О. В. Реакція мілководної водоюми на зовнішні дії (на прикладі Дофінівського лиману). *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Лимани північно-західного Причорномор'я: актуальні гідроекологічні проблеми та шляхи їх вирішення»*. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 160 с. С. 37-40.

Гижко Л. В. Фізико-географічні закономірності формування лиманів «Тузлівської групи» на північно-західному узбережжі Чорного моря: автореферат дис. ... канд. геогр. наук. 11.00.01. Одеса, 2015. 20 с.

Горішний П. Морфологічний аналіз рельєфу : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2022. 120 с.

Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія: Підручник. К.: Знання, 2014. 550 с.

Зелінський І. П., Корженевський Б. А., Черкез Є. А. та ін. Зсуви північно-західного узбережжя Чорного моря. Їх вивчення та прогноз. Київ: Наукова думка, 1993. 227 с.

Кравчук Я. С. Геоморфологічне картографування : навч. Посібник. Львів : видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. 176 с.

Молодих І. І, Усенко В. П., Палатна В. П. та ін. Геологія шельфа УРСР. Лимани. Київ: Наукова думка, 1984. 176 с.

Муркалов, О. Б., & Стоян, О. О. (2019). Виникнення і вживання топоніму великий Аджалицький лиман (Чорне море). *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*, 24(1(34)), 11–23. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1\(34\).169708](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1(34).169708)

Національний атлас України. Київ: ДНВП «Картографія», 2007. 440 с.

Палієнко В. П. Системний підхід в географічних дослідженнях: динамічні передумови організованості геоморфосистем. *Укр. геогр. журн.* 2010. № 2. С. 50–53.

Природа Одеської області. Ресурси, їх раціональне використання і охорона / [ред. Амброс Ю.О.]. Київ-Одеса: Вища школа, 1979. 144 с.

П'яtkова А. В., Муркалов О.Б., Логвина Ю.В. Вплив методу створення цифрової моделі рельєфу на результати розрахунків змиву ґрунту. *Вісник ОНУ. Серія географічні та геологічні науки*. 2019. Т. 24. № . 2(35). С. 52–66. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.2\(35\).183729](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.2(35).183729)

Соколов Є. В. Екосистеми лиманів північно-західного причорномор'я: цілісна оцінка та підходи до управління : дис. ... канд. біол. наук. 03.00.17. Одеса, 2015. 243 с.

Тучковенко Ю. С., Гопченко О. Д., Адобовський В. В., Большаков В. Н. Регулювання гідроекологічного режиму Дофінівського лиману. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2008. №3. С. 124 – 147.

Хільчевський В.К., Гребін В.В., Забокрицька М.Р. Управління річковими басейнами: навч. посібник К.: ДІА, 2024. 236 с.

Ястреб В.П., Іванов В.А., Хмара Т.В. До питання про класифікацію водойм зони сполучення суші та моря Азово-Чорноморського узбережжя. *Екологічна безпека прибережної зони та комплексне використання ресурсів шельфу*. Севастополь: ЕКОСП'ідрофізика. 2007. Вип. 15. З. 326-346.

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

Шуйський Ю. Д., Вихованець Г. В. Природа Причорноморських лиманів: монографія. Одеса: Астропринт, 2011. 276 с.

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Bohner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geosci. Model Dev.*, 8. 1991-2007. doi:10.5194/gmd-8-1991-2015.

Geomorphometry: Concepts, Software, Applications / by editing Tomislav Hengl, Hannes I. Reuter. 2009. 765 p.

Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) test methodology. FGDC, 1996. Retrieved from <https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/>.

Japan Aerospace Exploration Agency (2021). ALOS World 3D 30 meter DEM. V3.2, Jan 2021. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G94M92HB>. Accessed: 2022-11-18.

Lobanov G.V., Zvereva A.Y., Kohanko M.V., Novikova M.A., Polyakova A.V., Trishkin B.V. (2014). Gis application in morphological analysis of floodplain-channel complexes. *Problems of Continuous Geographic Education and Cartography*, (19), 62-66. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/3770>

Open Topography. URL: <https://opentopography.org/>

Tobler, W. (1987). Measuring Spatial Resolution. *Proceedings, Land Resources Information Systems Conference*, Beijing, 12–16.

REFERENCES

Abobovskiy, V. V. (2015). Rehulovanyi vodobmin lymaniv z morem i problemy, shcho pry tsomu vynykaiut (Adjusting of water exchange estuaries with a sea and arising up here problems, Ed. Mamganary). *Proceeding of the Vseukrainskoi naukovo-praktichnoi konferentsii «Prirodno – resursnyi potentsial Kuyalnitskogo ta Khadzhibeyskogo limaniv, teritorii mizhlimannya: suchasnyi stan, perspektivi rozvitku»* (ODEKU, UKRMEPA, 18 – 20 listopada 2015 r.). Odesa: TES, pp. 7 – 9. [in Ukrainian]

Aktualni problemy lymaniv pivnichno-zakhidnoho Prychornomoria. (2011). (Issues of the day of Liman's of north-western black Sea Region) In Yu.S. Tuchkovenko, Ye.D. Gopchenko Eds. Odesa: TES. [in Ukrainian]

Bolshakov, V. M., Adobovskiy, V. V., Zaporozhchenko, O. T., Sokolov, O. V. (2012). Reaktsiia milkovodnoi vodoimy na zovnishni dii (na prykladi Dofinivskoho lymanu). (The reaction of a shallow water body to external influences (using the example of the Dofynovsky Estuary). *Materialy Vseukrainskoi naukovo-praktichnoi konferentsii «Lymany pivnichno-zakhidnoho Prychornomor'ia: aktualni hidroekologichni problemy ta shliakhy yikh vyrishennia»*. Odesa: ODEKU, P. 37-40. [in Ukrainian]

Hyzhko, L.V. (2015). Fyzyko-heohrafichni zakonornosti formuvannia lymaniv «Tuzlivskoi hrupy» na pivnichno-zakhidnomu uzbezhzhii Chornoho moria: avtoreferat dys. ... kand. heohr. nauk. (Physico-geographical regularities of the formation of estuaries of the Tuzlov Group" on the northwestern coast of the Black Sea: abstract of the dissertation ... candidate of geographical sciences) 11.00.01. Odesa. [in Ukrainian]

Grodzynskiy, M. D. (2014). Ekologhiia landshaftiv (Landscape Ecology). Kyiv: Znannia. [In Ukrainian]

Horishnyi, P. (2022). Morfolohichniy analiz relievu. (Morphological analysis of relief). Lviv : LNU imeni Ivana Franka. [In Ukrainian]

Zelinskyi, I. P., Korzhenevskiy B. A., Cherkez E. A. ta in. (1993). Zsuvy pivnichno-zakhidnoho uzbezhzhzia Chornoho moria. (Landslides of the northwestern coast of the Black Sea. Their study and forecast). Kiev: Naukova Dumka. [In Ukrainian]

Kravchuk, Y. (2006). Heomorfolohichne kartohrafuvannia (Geomorphological mapping). Lviv: Ivan Franko Lviv Univ. Press. 176. [In Ukrainian]

Molodykh, I. I., Usenka V. P., Palatna V. P. ta in. (1984). Heolohiia shelfu URSR. Lymany. (Geology of the shelf of the Ukrainian SSR. Limans). Kyiv: Scientific Thought. [In Ukrainian]

Murkalov, O. B., & Stoian, O. O. (2019). Vynyknennia i vzhivannia toponimu velykyi Adzhalytskyi lyman (Chorne more). (The origins and use of the toponym Great Adzhalyk estuary (Black Sea)). *Odesa National University Herald. Geography and Geology*, 24(1(34)), 11–23. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1\(34\).169708](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.1(34).169708) [in Ukrainian]

Natsional'nyi atlas Ukrainy. (2007). (National Atlas of Ukraine.). Kyiv: DNVP «Kartography». [in Ukrainian]

Paliienko, V. P. (2010). Systemnyi pidkhid v heohrafichnykh doslidzhenniakh: dynamichni peredumovy orhanizovanosti heomorfosystem. (Systemic approach in geographical research: dynamic prerequisites for the organization of geomorphosystems). *Ukr. heohr. zhurn.* № 2. S. 50–53. [in Ukrainian]

Pryroda Odeskoi oblasti. Resursy, yikh ratsionalne vykorystannia i okhrona (1979). (The nature of the Odessa region. The resources and their rational use and protection). Kyiv – Odesa: Vishha shkola. [in Ukrainian]

Piatkova, A. V., Murkalov, O. B., Lohvyna, Yu. V. (2019) Vplyv metodu stvorennia tsyfrovoi modeli relievu na rezultaty rozrakhunkiv zmyvu igruntu (The influence of the method of creating a digital relief model on the results

of soil erosion calculations). *Odesa National University Herald. Geography and Geology*. V. 24. 2(35). 52–66. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.2\(35\).183729](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2019.2(35).183729) [in Ukrainian]

Sokolov, Ye. V. (2015). Ekosystemy lymaniv pivnichno-zakhidnoho prychornomoria: tsilnisna otsinka ta pidkholdy do upravlinnia. (Ecosystems of limas of the north-western black sea: comprehensive assessment and approaches to management): dis. ... kand. biol. nauk. 03.00.17. Odesa, 2015. 243 s. [in Ukrainian]

Tuchkovenko, Yu. S., Hopchenko, O. D., Adobovskiy, V. V., Bolshakov, V. N. (2008). Rehuliuвання hidroekologichnoho rezhymu Dofinivskoho lymanu. (Adjusting of the hydroecological mode of Dofinivka Estuary). *Ukrainskiy gidrometeorologichniy zhurnal*, №3, pp. 124 – 147. [in Ukrainian]

Khilchevskiy, V. K., Grebin, V. V., Zabokrytska, M. R. (2024). Upravlinnia richkovymi basinamy. (Management of river basins). Kyiv: DIA. [in Ukrainian]

Yastreba, V. P., Ivanov, V. A., Khmara, T. V. (2007). Do pytannia pro klasyfikatsiiu vodoim zony spoluchennia sushi ta moria Azovo-Chornomorskoho uzberezhzhia. (Regarding the classification of reservoirs in the land-sea interface zone of the Azov-Black Sea coast). *Ekologichna bezpeka pryberezhnoi ta shelfovoi zon ta kompleksne vykorystannia resursiv shelfu*. Sevastopol: EKOSIHidrofizyka. V. 15. P. 326-346. [in Ukrainian]

Shuisky, Yu. D. (2000). Typy berehiv Svitovoho okeanu. (Types of shores of the oceans) Odesa: Astroprint. [in Ukrainian]

Shuisky, Yu. D., Vykhovanets H. V. (2011). Pryroda Prychornomorskykh lymaniv: monohrafiia. (The nature of the Black Sea limans). Odesa: Astroprint. [in Ukrainian]

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Böhner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. *Geosci. Model Dev.*, 8. 1991-2007. doi:10.5194/amd-8-1991-2015.

Geomorphometry: Concepts, Software, Applications (2009). By editing Tomislav Hengl, Hannes I. Reuter. 765 p. Geospatial Positioning Accuracy Standards, Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) test methodology. FGDC, 1996. Retrieved from <https://www.fgdc.gov/standards/projects/accuracy/part3/>

Japan Aerospace Exploration Agency (2021). ALOS World 3D 30 meter DEM. V3.2, Jan 2021. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G94M92HB>.

Lobanov G.V., Zvereva A.Y., Kohanko M.V., Novikova M.A., Polyakova A.V., Trishkin B.V. (2014). Gis application in morphological analysis of floodplain-channel complexes. *Problems of Continuous Geographic Education and Cartography*, (19), 62-66. Retrieved from <https://periodicals.karazin.ua/pbgok/article/view/3770>

Open Topography. URL: <https://opentopography.org/>

Tobler, W. (1987). Measuring Spatial Resolution. Proceedings, *Land Resources Information Systems Conference*, Beijing, 12–16.

Надійшла 02.05.2025

O. B. Murkalov¹

O. O. Stoyan¹

O. O. Dmytrykov²

¹Odesa I. I. Mechnikov National University,

Department of Physical Geography, Nature Management and GIS-Technologies

2 Zmiiienka Vsevoloda St, Odesa, 65082, Ukraine

²V. N. Karazin Kharkiv National University,

Department of Physical Geography and Cartography

4 Svobody Sq, Kharkiv, 61022, Ukraine

physgeo_onu@ukr.net

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE WATERSHED RELIEF OF THE VELKYI ADZHLYK LIMAN (BLACK SEA)

Abstract

Problem statement. The current state of the Velykyi Adzhalyk Liman is determined by the physico-geographical conditions of its basin and the adjacent part of the Black Sea, which are shaped by its transitional position between land and sea. A review of scientific publications has shown that the relief and morphometric characteristics of the watershed of the Velykyi Adzhalyk Liman are less studied compared to

the hydrological elements of the water masses. Investigating the watershed relief is essential for understanding morpholithogenetic processes within the system of interactions among land, estuarine water bodies, and the sea, which are integral to the coastal systems of the northwestern Black Sea region. Given that relief is an equally important component of geosystems, its study is inseparable from the analysis of the landscape cover of the territory.

Data & Methods The study was conducted using topographic maps of the General Staff at a scale of 1:100,000. The determination of geomorphometric parameters was based on the AW3D30 Digital Elevation Model (DEM). Field surveys were also carried out. According to Tobler (1987), the scale of geomorphological maps produced using the DEM data corresponds to 1:60,000 – 1:100,000, which falls within the category of medium-scale geomorphological mapping. The evaluation of morphometric characteristics of the relief in the basin of the Velykyi Adzhalyk Liman was conducted using a combination of geomorphological (Kravchuk, 2006) and geomorphometric (Geomorphometry, 2009) methods. Calculations and mapping of morphometric indices were performed using the open-source GIS software SAGA v. 9.0.0. In this study, slope classifications appropriate for lowland regions were adopted. Slope aspect was determined using eight rhumbs. Indicators of dissection density and depth were calculated for 500×500 m grid cells.

Results The study of the morphometric characteristics of the watershed relief of the Velykyi Adzhalyk Liman revealed significant spatial variability, driven by both historical development and present-day dynamics. Morphometric parameters such as dissection density and depth differ considerably among the upper reaches, the middle section, and the coastal zone of the liman. Spatial analysis of morphometric attributes across the watershed indicated variations depending on elevation and distance from the water body, particularly in slope gradients. The aspect and planimetric shape of slopes exhibit the most complex spatial distributions, influenced by the general structure and historical evolution of the territory. Thus, the contemporary relief of the Velykyi Adzhalyk Liman watershed is composed of geomorphosystems of various ranks and origins, including fluvial, coastal, and slope-related systems. These geomorphosystems interact with one another, and their current dynamics are reflected in the spatial distribution of morphometric characteristics across the watershed.

Keywords: morphometric characteristics, relief, catchment, estuary.