

УДК 551

[https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1\(46\).332414](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.1(46).332414)

А.Є. Кузьменко¹, аспірантка,

С.М. Шаталін², ст. викладач,

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова,
кафедра морської геології, гідрогеології, інженерної геології та палеонтології
пров. Шампанський, 2, м. Одеса, 65058, Україна

¹annzno18@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-3240-1362>

²shatalin@onu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-1596-0800>

РІВНЕВИЙ РЕЖИМ ЧОРНОГО МОРЯ ПРИ АНАЛІЗІ ДИНАМІКИ ЗМІН БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЗЗ НА ПРИКЛАДІ ДІЛЯНКИ УЗБЕРЕЖЖЯ В РАЙОНІ С. ЛЕБЕДІВКА

У роботі представлені результати дослідження динаміки берегової лінії в межах північно-західного узбережжя Чорного моря на прикладі ділянки біля с. Лебедівка з використанням ДЗЗ. Проаналізовано вплив рівневого режиму моря на точність визначення довгострокових змін берегової лінії. Показано необхідність врахування коливань рівня моря під час аналізу берегової динаміки за супутниковими знімками.

Ключові слова: північно-західна частина узбережжя Чорного моря, берегові процеси, рівневий режим моря, дистанційне зондування Землі.

ВСТУП

Узбережжя Чорного моря є зоною активного розвитку небезпечних екзогенних геодинамічних процесів, серед яких особливе місце посідають абразія, зсуви та обвали. Найбільш актуальною є проблема абразії берегів в мілководній північно-західній частині узбережжя, в межах якої інтенсивність для різних ділянок узбережжя і періодів спостережень змінюється в широких межах. Абразійна підрізка хвилями в свою чергу створює умови для руйнування схилів та сприяє поширенню обвальних та зсувних процесів. Цим процесам приділено достатньо уваги, і вони ґрунтовно висвітлені у низці наукових робіт (Дранніков, 1960.; Зелінський та ін., 1993; Cherkez et al., 2021). Натомість процес розмиву акумулятивних берегових форм рельєфу, який також є широко розповсюдженим на цій території, досі залишається поза увагою, хоча лише на окремих пересипах та ділянках узбережжя спостерігається поступове зміщення берегової лінії у бік моря.

За останні десятиліття значно зменшилась кількість інструментальних досліджень берегових процесів в українському Причорномор'ї, що пояснюється як економічними труднощами, так і ускладненнями, спричиненими військовими діями.

Разом з тим, дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) виступає в цьому випадку як ефективний інструмент моніторингу довгострокових змін берегової лінії, дозволяючи простежити просторові й часові тенденції її переміщення, а також здійснювати кількісну оцінку втрат або приросту прибережних територій (Cherkez et al., 2022; Medinets V.I. et al., 2022). Особливе значення при такій оцінці має фактор коливання рівня моря, який істотно впливає на положення берегової лінії та зумовлює її короткострокові зміщення.

Методика розрахунку показників переміщення берегової лінії за допомогою модуля цифрової системи аналізу берегової лінії DSAS широко застосовується для відстеження її динаміки. Водночас, дана методика не враховує варіації рівня моря, що спостерігаються у дні отримання супутникових знімків. Це може впливати на точність визначення фактичного положення берегової лінії, створювати потенційні похибки в аналізі та потребує подальшого дослідження.

Актуальність теми зумовлена необхідністю моніторингу за динамікою абразійних і акумулятивних процесів північно-західної частини узбережжя Чорного моря у зв'язку з постійним його руйнуванням. У сучасних умовах ДЗЗ стає одним із небагатьох доступних джерел інформації для дослідження змін берегової лінії, що і викликає необхідність удосконалення методики моніторингу узбережжя з використанням ДЗЗ та аналізу його можливостей.

Метою статті є оцінка ролі рівневого режиму моря під час аналізу динаміки змін берегової лінії за даними супутникових знімків та визначення необхідності її урахування під час аналізу.

Для досягнення поставленої цілі необхідно вирішити наступні задачі:

- Провести аналіз гідрометеорологічних показників режиму моря, що можуть впливати на положення берегової лінії, в районі північно-західного узбережжя Чорного моря;
- Удосконалити методику досліджень динаміки змін берегової лінії за довгостроковий період з використанням даних ДЗЗ шляхом вирівнювання рівневих впливів;
- Оцінити можливості фіксації на супутникових знімках середньої роздільної здатності (10 м) переміщення берегової лінії які відбуваються за рахунок зміни рівня води в морі;
- Провести розрахунок похибки результатів аналізу динаміки змін берегової лінії за супутниковими знімками, що виникає за рахунок постійної зміни рівня моря.

Об'єкт дослідження – берегова лінія північно-західного узбережжя Чорного моря в районі с. Лебедівка Одеської області.

Предмет дослідження – рівень моря та вплив його змін на визначення положення берегової лінії за супутниковими знімками.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У процесі дослідження використовувались знімки супутникових комплексів Sentinel-2 (із відкритого джерела Copernicus Open Access Hub) та WorldView-2 (із джерела Махар) (табл. 1), батиметричні дані з карти Navionics Sonar Chart (TM) та гідрометеорологічні дані Чорного моря Державної гідрометеорологічної служби України, що охоплюють період з 2012 по 2023 рр.. Обробку та аналіз даних здійснено комп’ютерним методом із залученням програмного забезпечення Statistica та Microsoft Office Excel, QGIS Desktop 3.16.3, ArcMap10.5.

Обробка супутникових знімків для визначення положення берегової лінії здійснювалася із застосуванням програмного забезпечення QGIS Desktop 3.16.3 в напіваавтоматичному режимі. Для розмежування водної та суходільної поверхні був застосований нормалізований диференційований водний індекс (NDWI), розрахований на основі показників відбиття у ближньому інфрачервоному діапазоні спектра.

Таблиця 1
Знімки використані для визначення положення берегових ліній

Рік	Дата	Супутниковий комплекс	Роздільна здатність*, м	Джерело
2013	04.05	WorldView-2	1.84 (0.46)	Махар
2015	03.09	WorldView-2	1.84 (0.46)	Махар
2016	23.08	WorldView-2	1.84 (0.46)	Махар
2017	02.12	WorldView-2	1.84 (0.46)	Махар
2019	21.06	WorldView-2	1.84 (0.46)	Махар
2021	18.06	WorldView-2	1.84 (0.46)	Махар
2023	21.07, 05.08, 20.08, 30.08, 09.09	Sentinel-2	10	Copernicus Open Access Hub

* Роздільна здатність – мультиспектральні шари (панхроматичні шари)

Розрахунок статистичних характеристик динаміки переміщення берегової лінії виконувався з використанням програмного пакету ArcMap10.5 та модуля цифрової системи аналізу берегової лінії – DSAS, за допомогою якого проводився автоматизований розрахунок показників динаміки змін берегової лінії.

Основою для розрахунку статистичних характеристик є лінії, що називають трансектами, які побудовано перпендикулярно до берегової лінії на однаковій відстані одна від одної. У даному дослідженні для ділянки протяжністю 2,88 км трансекти були розташовані з інтервалом 20 м для аналізу знімків середньої роздільної здатності, а для ділянки протяжністю 3,15 км – з інтервалом 10 м для аналізу знімків високої роздільної здатності. За результатами розрахунків для кожної трансекти можна отримати ряд показників, які характеризують динаміку руху берегової лінії в місці, де трансекта її перетинає. У межах цього до-

слідження буде проаналізовано показник WLR (weighted linear regression rate) – зважений коефіцієнт лінійної регресії. Він обчислюється методом найменших квадратів з урахуванням усіх фіксованих положень берегової лінії у межах трансекти та врахуванням невизначеності, що зумовлена просторовою роздільною здатністю супутникових знімків. Результат виражається в метрах за рік і дозволяє отримати узагальнену оцінку тенденції руху берегової лінії впродовж досліджуваного періоду (Himmelstoss, Henderson, Kratzmann & Farris, 2021, p. 50).

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Режим Чорного моря в межах північно-західного узбережжя відзначається значною сезонною мінливістю гідрометеорологічних параметрів, які безпосередньо впливають на положення берегової лінії, зафіксованої на супутникових знімках. З огляду на це, виникає необхідність у детальному аналізі рівневого та хвильового режимів, які здатні зумовлювати короткострокові зміщення берегової лінії.

Рівневі дані для північно-західного узбережжя Чорного моря, використані в дослідженні, були отримані Державною гідрометеорологічною службою України шляхом вимірювань за рейкою. Такі спостереження здійснюються в умовах, де хвильовий вплив мінімальний – у захищених ділянках узбережжя або спеціально обладнаних місцях. Рівень фіксується кілька разів протягом певного проміжку часу, після чого обчислюється середнє значення, що дозволяє зменшити вплив короткочасних коливань, зумовлених хвильовими процесами. Такий підхід забезпечує наближення до реального рівня моря, що дозволить більш точно оцінювати його вплив на положення берегової лінії, зафіксованої на супутникових знімках.

За десятилітній період (2012–2022 рр.) рівень Чорного моря в районі північно-західного узбережжя коливався в межах від 436 до 552 см за Балтійською системою, з середнім значенням – 496 см. Результати аналізу засвідчили чітко виражену сезонну змінність рівня моря. Відбувається зростання рівня з початку листопада до кінця червня з максимальними значеннями в травні-червні, а потім зниження з початку липня до початку листопада, з мінімальними значеннями – в жовтні.

Аналіз середніх сезонних амплітуд рівня моря показав, що найбільші коливання рівня моря спостерігаються в зимовий період – у середньому амплітуда становить 64 см. Восени амплітуда у середньому становить 59 см, навесні – 47 см, тоді як у літній період вона є найменшою і становить у середньому 37 см.

Щодо хвильового режиму, слід зазначити, що найбільшу повторюваність мають хвилі південного (27%) та північного (19%) напрямів. Повторюваність хвиль північно-західного напрямку складає 13%, східних – 12%, західних – 10%, північно-західних та південно-східних – по 7%. Найменшу повторюваність мають південно-західні хвилі (5%). Середня висота хвиль – 0,375 м. Більша кількість випадків вітрових хвиль зустрічається з квітня по вересень (73–83

випадки на місяць), значно менше випадків – з жовтня по березень (39–56 випадки на місяць).

Таким чином, для виконання досліджень динаміки змін берегової лінії на узбережжі Чорного моря за допомогою супутникових знімків найбільш сприятливими є знімки за літній період. Саме в цей час спостерігається найменша сезонна амплітуда коливань рівня моря, що знижує вплив переміщень берегової лінії за рахунок зміни рівня моря на точність аналізу. Крім того, літній період також має оптимальні умови для застосування нормалізованого диференційованого водного індексу (NDWI), за допомогою якого ідентифікується положення лінії розмежування суші та води на супутникових знімках.

Оцінка впливу рівневого режиму моря на аналіз динаміки змін берегової лінії за супутниковими знімками з роздільною здатністю 10 м

Наступним завданням у рамках дослідження є оцінка необхідності врахування рівневого режиму моря під час аналізу динаміки змін берегової лінії з використанням супутникових знімків з роздільною здатністю 10 м. Такий вибір зумовлений тим, що саме знімки такої роздільної здатності є загальнодоступними та дозволяють здійснювати моніторинг значних за площею прибережних територій, що є особливо актуальним для масштабних регіональних досліджень.

З метою такої оцінки було відібрано п'ять супутникових зображень з роздільною здатністю 10 м, отриманих у межах одного теплого періоду 2023 року, при чому рівень моря на кожному знімку був різним (табл. 2). Такий підхід дозволяє знехтувати змінами, пов'язаними з абразійно-аккумулятивними процесами, які за короткий проміжок часу мають незначний вплив.

Таблиця 2

**Знімки використані для оцінки необхідності
врахування рівневого режиму моря**

Супутниковий комплекс	Дата	Рівень моря (см)
Sentinel-2	21.07.2023	525
Sentinel-2	05.08.2023	521
Sentinel-2	20.08.2023	515
Sentinel-2	30.08.2023	530
Sentinel-2	09.09.2023	508

* Дані про рівні моря з станції Цареградське гирло (за матеріалами Державної гідрометеорологічної служби України).

Місцем для проведення оцінки було обрано ділянку узбережжя в районі с. Лебедівка (рис. 1). Такий вибір зумовлений відносною простотою берегового рельєфу: дана ділянка має пологий підводний схил та чітко виражену берегову лінію без складних форм. Це дозволяє мінімізувати вплив локальних морфо-

логічних особливостей на результати аналізу та зосередитися саме на оцінці впливу рівневих змін на фіксацію лінії берега за супутниковими даними.

За допомогою батиметричних даних карти Navionics Sonar Chart (TM) отримано величину ухилу підводного схилу та розраховано відстань, на яку переміститься берегова лінія при зміні рівня води на 1 см. Поправка для ділянки, що аналізується та знаходиться в межах кореневої частини пересипу, який відокремлює групу Тузловських лиманів, складає 0,85 м на 1 см зміни рівня моря.



Рис. 1. Карта-схема розташування району дослідження

Показники реального переміщення зафіксованого супутниковими знімками було розраховано на ділянці 2,9 км для 144 трансект на відстані 20 м одна від одної. На основі отриманих даних було проведено аналіз, результати якого показують, що хоча в день з максимальним рівнем моря берегова лінія загалом зміщена в бік суші порівняно з лінією в день з мінімальним рівнем, простежити однозначну залежність між підвищенням рівня моря та зміщенням берегової лінії в бік суші для всіх випадків не вдалося. Це підтверджують і середні значення відстані переміщення берегової лінії відносно лінії з мінімальним рівнем моря (табл. 3).

Таблиця 3

Середні значення показників реального переміщення зафіксованого супутниковими знімками

Дата	Рівень моря (см)	Розрахована відстань переміщення берегової лінії від лінії з мінімальним рівнем моря (м)	Отримана з використанням ДЗЗ відстань переміщення берегової лінії від лінії з мінімальним рівнем моря (м)
21.07.2023	525	14,45	8,4
05.08.2023	521	11,05	12,5
20.08.2023	515	5,95	6,7
30.08.2023	530	18,7	12,6

Для виявлення загальної тенденції було побудовано графік залежності величини зміщення берегової лінії від зміни рівня моря (рис. 2). Отримане рівняння регресії демонструє позитивний зв'язок між цими величинами – тобто зі збільшенням рівня моря фіксується більша відстань зміщення лінії в бік суші. Коефіцієнт кореляції становить 0,64, що свідчить про наявність помірного прямого зв'язку. Це підтверджує, що рівень моря справляє вплив на положення берегової лінії. Кутовий коефіцієнт рівняння регресії становить 0,51, що вказує на середнє зміщення берегової лінії на 0,51 м при зміні рівня моря на 1 см. Це значення дещо відрізняється від показника, розрахованого за батиметричною картою, що може пояснюватися специфікою самої карти, яка більше орієнтована на глибоководні ділянки. Крім того, на результат могли вплинути обмеження просторової роздільної здатності супутникових зображень.

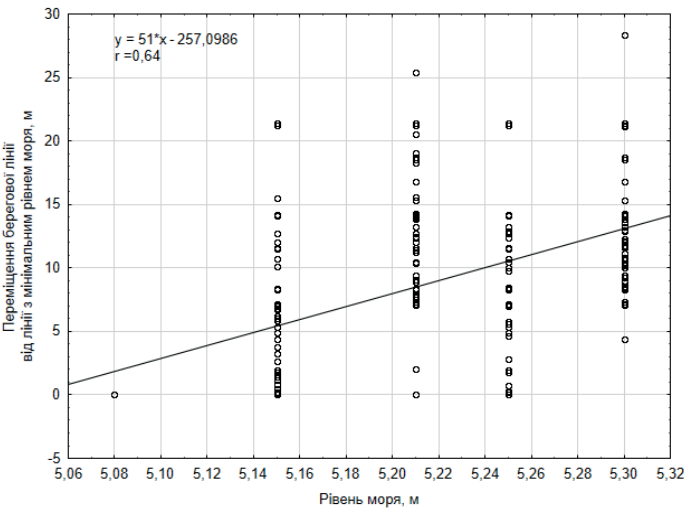


Рис. 2. Графік залежності величини зміщення берегової лінії від зміни рівня моря

Розрахунок показників зміщення берегової лінії з урахуванням змін рівня моря. Наступним завданням дослідження є розрахунок показників зміщення берегової лінії з урахуванням змін рівня моря. Метою цього етапу є порівняння отриманих результатів із показниками, розрахованими без врахування рівневого режиму. Такий підхід дозволяє оцінити вплив змін рівня моря на точність визначення довгострокових тенденцій зміни положення берегової лінії.

Для аналізу ділянки в районі с. Лебедівка довжиною 3,15 км було використано знімки високої роздільної здатності за 2013–2021 рр. та отримано показники переміщення берегових ліній з використанням модуля цифрової системи аналізу берегової лінії DSAS для трансект проведених через кожні 10 м (рис. 3).

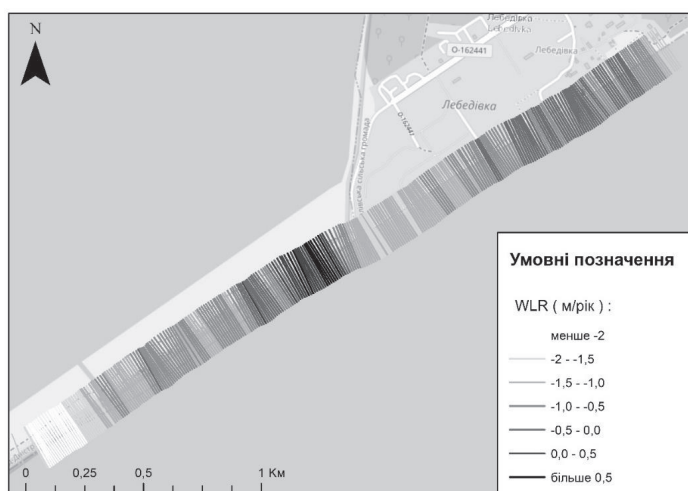


Рис. 3. Просторовий розподіл показника WLR на ділянці в районі с. Лебедівка

Далі за аналогічною до попереднього прикладу методикою розраховано поправки, які необхідно зробити для кожної лінії, враховуючи рівень моря того дня. З огляду на особливості рельєфу, для трансект, що знаходяться в межах кореневої частини пересипу, яка відокремлює групу Тузловських лиманів, поправка складає 0,85 м на 1 см зміни рівня моря, для трансект в межах корінного берегу – 1,04 м на 1 см зміни рівня моря.

Після введення поправок знову було розраховано WLR для порівняння з значеннями WLR отриманими з використанням модуля цифрової системи аналізу берегової лінії DSAS, що не враховує рівень моря. В результаті розрахунку отримано показники, які на 1,6 м/рік більші для трансект № 15–203 (в межах кореневої частини пересипу) та на 2 м/рік – для трансект № 203–330 (в межах корінного берегу). Слід зазначити, що рівнева похибка є індивідуальною для кожного випадку і залежить як від різниці величин рівнів моря у дати, коли зроблено супутникові знімки, так і від морфології узбережжя. На ділянках

із пологим дном навіть незначна зміна рівня води спричиняє суттєве зміщення берегової лінії, що значно підвищує імовірність похибки при аналізі.

Зважаючи на те, що типові значення показника WLR для північно-західного узбережжя Чорного моря (за виключенням дельти Дунаю) (Cherkez et al., 2022, р. 4), як правило, не перевищують перших кількох метрів на рік, виявлені розбіжності в 1,6–2 м/рік між скоригованими та нескоригованими розрахунками є суттєвими. Такі відхилення свідчать про те, що ігнорування рівневого режиму моря при аналізі динаміки берегової лінії за супутниковими знімками може призводити до суттєвих похибок у визначенні швидкості її зміщення.

Водночас, незважаючи на суттєвість рівневого впливу, результати розрахунків без його урахування не можна вважати некорисними. Попри все, вони формують уявлення про загальну просторову динаміку берегової лінії та дозволяють порівнювати поведінку різних її ділянок між собою. У разі відсутності точних даних про рівень моря такі розрахунки залишаються цінним джерелом інформації, особливо за умови використання супутникових знімків, отриманих у літній період, коли рівень є найбільш стабільним.

ВИСНОВКИ

За десятилітній період дослідження гідрометеорологічних показників рівень Чорного моря коливається в широких межах з чітко вираженою сезонною змінністю.

Найбільш вдалим періодом для дослідження динаміки берегової лінії за супутниковими знімками є літній період, коли амплітуда коливань рівня моря найменша, що знижує ризик похибок у разі відсутності рівневих даних. Літній період також забезпечує найкращі умови для використання індексу NDWI з метою точного визначення лінії розмежування суші та води.

Побудована залежність між рівнем моря та зміщенням берегової лінії, яке зафіксоване на супутникових знімках, вказує на наявність помірного позитивного зв'язку ($r = 0,64$): із підвищенням рівня моря берегова лінія зміщується в бік суші. Це підтверджує вплив рівня моря на положення берегової лінії, зафіксованої на супутникових знімках. Водночас, через обмежену кількість використаних знімків, отримані результати слід розглядати як попередні, які потребують подальшої перевірки для статистичної достовірності.

Порівняння показників швидкості переміщення берегової лінії для ділянки біля с. Лебедівка в 2013–2021 рр., отриманими без урахування рівня моря (з використанням модулю DSAS), та показників, розрахованих з поправкою на рівень моря, вказує, що введення цих поправок суттєво вплинуло на підсумкові показники швидкості переміщення берегової лінії. Їх розбіжність зі значеннями, отриманими без урахування рівня моря, сягає 1,6–2 м/рік. Це підтверджує важливість врахування рівневих коливань, особливо на ділянках із пологим дном, де навіть незначна зміна рівня води може спричинити значне горизонтальне зміщення берегової лінії. Хоча слід зазначити, що рівнева похибка є індивідуальною для кожного випадку і залежить як від різниці вели-

чин рівнів моря в ті дні, коли зроблено супутникові знімки, так і від морфології узбережжя. Але зважаючи на те, що типові значення показника швидкості переміщення берегової лінії для північно-західного узбережжя Чорного моря (за виключенням дельти Дунаю) не перевищують перших кількох метрів на рік, можливість наявності відхилень в 1,6–2 м/рік між скоригованими та нескоригованими розрахунками свідчать про те, що ігнорування рівневого режиму моря при аналізі динаміки берегової лінії за супутниковими знімками може призводити до суттєвих похибок у визначенні швидкості її зміщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Дранніков А. М. Одеські зсуви (типи, причини їх утворення та заходи боротьби з ними) // Тр. Одес. ун-ту. Сірий. геол. і геогр. наука. Одеса, 1960. Т. 150, вип. 7. С. 15–23.
- Зелінський І. П., Корженевський Б. А., Черкез Е. А., Шатохіна Л. Н., Ібрагімзаде Д. Д., Цокало Н. С. Зсуви північно-західного узбережжя Чорного моря, їх вивчення та прогноз. Київ: Наукова думка. 1993, 227 с.
- Himmelstoss E. A., Henderson R. E., Kratzmann M. G., Farris A. S. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report. 2021. 2021–1091, 104. DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr20211091>
- Cherkez E. A., Kozlova T. V., Shatalin S. N., Medinets V. I., Medinets S. V., Soltys I. E. Landslides at the North-Western Black Sea Coast (Ukraine) and the Engineering & Geological Effectiveness of Landslide Prevention Works. In Third EAGE Workshop on Assessment of Landslide Hazards and impact on communities 2021 (September 2021). European Association of Geoscientists & Engineers. Vol. 2021, p. 1–5.
- Cherkez E. A., Medinets V. I., Shatalin S. M., Kuzmenko A. Y., Kuzmenko O. Y., Kozlova T. V., Medinets S. V., Soltys I. E. Coastline Change Assessment using Very High Resolution Satellite Images: Case Study of the Lebedivka Village Area (Ukraine). In XVI International Scientific Conference ‘Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment’ (November 2022). European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2022, P.1–5.
- Medinets V. I., Cherkez E. A., Pavlik T. V., Shatalin S. M., Kozlova T. V., Kuzmenko A. Y., Kuzmenko O. Y., Medinets S. V., Soltys I. E. Long-Term Changes of the Shoreline Dynamics in the Ukrainian North-Western Black Sea (NWBS) in 1980–2020. 2022.

REFERENCES

- Drannikov, A. M. (1960). Odeski zsuvy (typy, prychyny yikh utvorennia ta zakhody borotby z nymy) (Odessa landslides: Types, causes of their formation and measures to combat them). Proceedings of Odessa University. Series of Geological and Geographical Sciences, 150(7), 15–23.
- Zelinsky, I. P., Korzhenevsky, B. A., Cherkez, E. A., Shatokhina, L. N., Ibragimzade, D. D., Tsokalo, N. S. (1993). Zsuvy pivnichno-zakhidnoho uzberezhzhia Chornoho moria, yikh vyvchennia ta prohoz. (Landslides of the northwestern Black Sea coast: Their study and forecast). Kyiv: Naukova Dumka.
- Himmelstoss E. A., Henderson R. E., Kratzmann M. G., Farris A. S. (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.1 user guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021–1091, 104 p. DOI: <https://doi.org/10.3133/ofr20211091>
- Cherkez E. A., Kozlova T. V., Shatalin S. N., Medinets V. I., Medinets S. V., Soltys I. E. (2021). Landslides at the North-Western Black Sea Coast (Ukraine) and the Engineering & Geological Effectiveness of Landslide Prevention Works. In Third EAGE Workshop on Assessment of Landslide Hazards and impact on communities 2021 (September 2021). European Association of Geoscientists & Engineers. Vol. 2021, p. 1–5.
- Cherkez E. A., Medinets V. I., Shatalin S. M., Kuzmenko A. Y., Kuzmenko O. Y., Kozlova T. V., Medinets S. V., Soltys I. E. (2022). Coastline Change Assessment using Very High Resolution Satellite Images: Case Study of the Lebedivka Village Area (Ukraine). In XVI International Scientific Conference ‘Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment’ (November 2022). European Association of Geoscientists & Engineers. Volume 2022, P.1–5.
- Medinets V. I., Cherkez E. A., Pavlik T. V., Shatalin S. M., Kozlova T. V., Kuzmenko A. Y., Kuzmenko O. Y., Medinets S. V., Soltys I. E. (2022). Long-Term Changes of the Shoreline Dynamics in the Ukrainian North-Western Black Sea (NWBS) in 1980–2020.

Надійшла 12.04.2025

A. Y. Kuzmenko

S. M. Shatalin

Odesa I. I. Mechnikov National University,

Department of Marine Geology, Hydrogeology, Engineering Geology and

Paleontology

2 Shampanskyi Ln, Odesa, 65058, Ukraine

SEA LEVEL REGIME OF THE BLACK SEA IN THE ANALYSIS OF SHORELINE DYNAMICS BASED ON REMOTE SENSING DATA: A CASE STUDY OF THE COASTAL AREA NEAR LEBEDIVKA

Abstract

Problem Statement and Purpose. Under current conditions, remote sensing has become one of the few accessible sources of information for studying shoreline displacement, emphasizing the need to improve coastal monitoring methods using remote sensing data and to analyze their capabilities. This study aims to assess the role of sea level regime in the analysis of shoreline dynamics based on satellite imagery and to determine the necessity of accounting for the sea level variations in such analyses.

Data & Methods. The study used satellite imagery from Sentinel-2 and WorldView-2 satellite systems, bathymetric data from the Navionics Sonar Chart (TM) map, and hydrometeorological data of the Black Sea from the State Hydrometeorological Service of Ukraine. The delineation of water and land surfaces on satellite imagery was performed using the Normalized Difference Water Index (NDWI). Statistical characteristics of shoreline displacement dynamics were calculated using the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) module.

Results. It was found that the water level of the Black Sea varies significantly with clearly defined seasonal patterns. Accordingly, the most appropriate period for analyzing shoreline dynamics based on satellite images is summer, when the amplitude of sea level fluctuations is minimal, reducing the risk of errors in the absence of sea level data. The relationship between sea level and shoreline displacement, as observed in satellite imagery, shows a moderate positive correlation: an increase in sea level corresponds to landward shoreline displacement. This confirms the influence of sea level on shoreline positioning in satellite-based analyses. A comparison of shoreline change rates in the Lebedivka area for the period 2013–2021, calculated using DSAS without sea level correction, and the adjusted results that account for sea level fluctuations, revealed a significant difference. This highlights that ignoring sea level regime in satellite-based shoreline dynamics assessments can lead to substantial errors in determining the rate of shoreline movement.

Key words: northwestern Black Sea coast, coastal processes, sea level regime, remote sensing.