

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії та екології
Кафедра географії та екології

ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА ЯК ФАКТОР
РОЗВИТКУ БЕРЕГІВ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ
БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ (ЧОРНЕ МОРЕ, УКРАЇНА)

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконала: здобувачка 2 курсу 05-213М групи
Спеціальності 103 Науки про Землю
Освітньо-професійної програми
«Науки про Землю»
Хільченко Влада Борисівна

Керівник: к. геогр. н., доцент Котовський І. М.
Рецензент: в. о. заступника директора з
науково-дослідної роботи
НПП «Нижньодніпровський» Дзеркаль В. М.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ГІДРОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В БЕРЕГОВІЙ ЗОНІ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЧОРНОГО МОРЯ....	5
1.1. Вітрохвильовий режим.....	5
1.2. Нагони, хвильові течії та коливання рівня моря.....	8
1.3. Вздовж берегові потоки наносів.....	12
РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В АТМОСФЕРІ НА СТАН УЗБЕРЕЖЖЯ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ.....	16
2.1. Загальна характеристика «центрів дії атмосфери» в цьому регіоні	16
2.2. Особливості циклональної діяльності в цьому регіоні.....	23
2.3. Вплив штормів на морфодинамічні процеси	29
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	43

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження гідрометеорологічних явищ у Дніпровсько-Каркінітській береговій області Чорного моря є важливим для розуміння динаміки берегових процесів і впливу кліматичних змін на узбережжя. Береги цієї зони зазнають значних трансформацій під впливом вітрохвильового режиму, штормової активності, вздовжберегової міграції наносів та інших природних чинників. Вивчення цих процесів є актуальним у контексті збереження природних ресурсів, берегозахисту та адаптації до змін клімату.

Основна мета полягає в дослідженні впливу гідрометеорологічних процесів на стан берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області.

Для досягнення мети були поставлені **такі завдання:**

1. Охарактеризувати вітрохвильовий режим регіону.
2. Дослідити процеси нагонів, хвильових течій і коливання рівня моря.
3. Визначити особливості вздовж берегового перенесення наносів.
4. Надати загальну характеристику «центрів дії атмосфери» та їхній вплив на гідрометеорологічні умови.
5. Проаналізувати циклональну діяльність у регіоні та її особливості.
6. Оцінити вплив штормових процесів на морфодинамічні зміни берегової зони.

Об'єкт дослідження – Дніпровсько-Каркінітська берегова область Чорного моря.

Предмет дослідження – вплив гідрометеорологічних факторів на береги Дніпровсько-Каркінітської області.

Для проведення дослідження були використані **наступні методи:**

1. Аналіз метеорологічних і гідрологічних даних з архівних джерел та сучасних спостережень.
2. Картографічний метод для візуалізації змін берегової лінії.
3. Статистичний аналіз вітрових і хвильових режимів.
4. Порівняльний аналіз літературних джерел щодо аналогічних досліджень.

Наукова новизна роботи полягає у комплексному підході до вивчення впливу гідрометеорологічних явищ на розвиток берегової зони. У дослідженні уточнено параметри вітрохвильового режиму, визначено роль атмосферних центрів дії у формуванні берегових процесів та проведено детальний аналіз штормових змін морфодинаміки берегів.

Практичне значення одержаних результатів. Результати дослідження можуть бути використані у сфері берегозахисного проєктування, морської інженерії та екологічного моніторингу. Отримані дані сприятимуть удосконаленню методів прогнозування берегових змін, що є важливим для запобігання ерозії узбережжя та розробки адаптаційних стратегій у прибережних районах.

Апробація роботи. Основні результати дослідження були представлені у науковій статті під назвою «Вплив штормів на морфодинамічні процеси».

Структура роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 47 сторінок.

РОЗДІЛ 1.

ГІДРОДИНАМІЧНІ ПРОЦЕСИ В БЕРЕГОВІЙ ЗОНІ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЧОРНОГО МОРЯ

1.1. Вітрохвильовий режим

Вітрохвильовий режим в береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря є складним і багатофакторним процесом, що формується внаслідок взаємодії атмосферних явищ з гідрологічними умовами регіону. Генерація хвиль відбувається при прямому впливі вітрових імпульсів, коли енергія, передана від вітру до водної поверхні, трансформується у коливальні рухи, що характеризуються певними параметрами – висотою, періодом, довжиною хвилі та напрямком її поширення. У даній області вплив цих процесів посилюється через специфіку місцевого клімату, де поєднуються періоди інтенсивних атмосферних збурень із фазами спокійного стану, що визначає як короткочасну, так і середньострокову динаміку хвильового поля.

Локальна геоморфологія узбережжя Чорного моря відзначається значною різноманітністю рельєфних форм, які відіграють ключову роль у динаміці берегової зони та трансформації хвильових процесів. Узбережжя включає протяжні піщані пляжі, пологі акумулятивні форми, абразійні урвища, стрімкі скелясті ділянки, а також численні бухти, коси та лимани, що створюють складний морфологічний малюнок. Крім того, підводний рельєф також зазнає значних варіацій – від поступового зниження дна в шельфовій зоні до різких перепадів глибин поблизу підводних каньйонів та обвалених берегових структур [5, с. 37].

Унаслідок цього хвилі, що досягають берега, зазнають складних трансформацій. Під час взаємодії з нерівностями рельєфу відбуваються процеси рефракції – зміни напрямку розповсюдження хвиль унаслідок просторової неоднорідності глибини, дифракції – огинання хвилями перешкод, таких як рифи або штучні моліві конструкції, а також

розсіювання енергії. Ці процеси призводять до неоднорідного розподілу хвильового поля, що має значний вплив на ерозійні та акумулятивні процеси у прибережній зоні.

Особливо вираженими ці ефекти стають у районах, де глибина змінюється різко – наприклад, біля підводних схилів, у гирлах річок або в зонах штучних гідротехнічних споруд. У таких умовах можлива концентрація хвильової енергії в окремих точках, що може викликати прискорену ерозію берега або, навпаки, інтенсивне накопичення наносів у певних зонах. Такі особливості необхідно враховувати при інженерному плануванні берегозахисних конструкцій, проектуванні портових акваторій та оцінці ризиків прибережного будівництва [5, с. 49].

Крім природного впливу, трансформація хвиль у Чорному морі може підсилюватися антропогенними чинниками, такими як зміна берегової лінії внаслідок будівництва гідротехнічних споруд, добування піску та гравію, а також зміни гідрологічного режиму через зарегулювання річкового стоку. У комплексі всі ці фактори визначають динамічну рівновагу прибережної зони та впливають на довгострокові зміни її морфологічної будови.

Атмосферні умови регіону Чорного моря характеризуються значною мінливістю, яка проявляється у частих змінах напрямку та швидкості вітрових потоків. Це зумовлено як сезонними коливаннями баричної циркуляції, так і впливом локальних метеорологічних факторів, таких як циклонічна активність, грозові фронти, антициклони та регіональні бризи. Вітровий режим формується під впливом як глобальних синоптичних процесів, так і специфічних особливостей орографії узбережжя, що створює складну картину атмосферної динаміки.

Одним із ключових наслідків цієї мінливості є генерація хвильового руху, який безпосередньо залежить від таких параметрів, як

швидкість і тривалість дії вітру, а також довжина відкритої водної поверхні, по якій поширюється його вплив (фетч). Чим довше і сильніше дме вітер, тим більші амплітуда і довжина утворених хвиль. В акваторії Чорного моря, через його порівняно обмежені розміри у порівнянні з океанами, розвиток хвиль має певні обмеження, проте під час штормових періодів, особливо взимку, можуть виникати значні хвилі висотою до 5–7 метрів [9, с. 58].

Енергетичний спектр вітрохвильового режиму дозволяє детально аналізувати розподіл хвильової енергії за частотними компонентами, що дає змогу виявити домінуючі періоди та довжини хвиль у певних умовах. Високочастотні компоненти хвильового спектру, що відповідають короткоперіодним хвилям, швидко згасають, тоді як довгохвильові (низькочастотні) складові можуть поширюватися на великі відстані. Саме тому прогнозування морської динаміки потребує врахування як локальних вітрових умов, так і більш глобальних процесів, які можуть впливати на формування так званих «прибулих хвиль» (swell) з інших районів акваторії.

Наукові дослідження вітрохвильового режиму в цій області базуються на комплексному підході, який включає польові вимірювання, дистанційне зондування, лабораторні експерименти та чисельне моделювання. Використання сучасних методів дозволяє відтворити як загальні закономірності генерації хвиль, так і локальні особливості їх трансформації під впливом змінних метеорологічних умов та підводного рельєфу. Чисельні моделі, які враховують нелінійність процесів, дозволяють відтворити детальні патерни еволюції хвильового поля, забезпечуючи тим самим точне прогнозування поведінки морського середовища в умовах екстремальних погодних явищ.

Вивчення вітрохвильового режиму має важливе практичне значення для оцінки екологічних ризиків і розробки заходів щодо захисту узбережжя. Розуміння механізмів генерації, трансформації та

розподілу хвильової енергії дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо забудови прибережних територій, розміщення портових споруд та планування заходів з протидії ерозії. Інтеграція результатів польових досліджень і чисельного моделювання створює основу для розробки адаптаційних стратегій, що враховують вплив глобальних кліматичних змін на морське середовище регіону [10, с. 84].

Таким чином, вітрохвильовий режим у береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря відображає складну взаємодію атмосферних, гідрологічних та геоморфологічних процесів. Це є не лише предметом наукових досліджень, а й важливим інструментом для розробки заходів з охорони узбережжя, планування інфраструктури та управління природними ресурсами, що дозволяє забезпечити стабільний розвиток регіону в умовах мінливих кліматичних факторів.

1.2. Нагони, хвильові течії та коливання рівня моря

У береговій зоні Чорного моря, зокрема в регіоні Дніпровсько-Каркінітської області, спостерігається складна взаємодія процесів, що охоплюють нагони, хвильові течії та коливання рівня моря. Ці явища формуються під впливом сукупності атмосферних, гідрологічних та геоморфологічних факторів, які взаємодіють один з одним, створюючи динамічну систему прибережного середовища. Генерація хвиль починається із передачі енергії від вітрових імпульсів до водної поверхні, що визначає основні параметри хвильового поля, зокрема їх висоту, період та напрямок поширення. При наближенні хвиль до узбережжя, внаслідок взаємодії з нерівномірним морським дном та різноманітною геометрією узбережжя, відбувається їх трансформація, що супроводжується утворенням нагонів – локальних підйомів рівня моря, спричинених скупченням хвильової енергії.

Нагони води безпосередньо залежать від кількох ключових факторів: інтенсивності вітрових імпульсів, їхнього напрямку, тривалості

впливу та особливостей підводного і берегового рельєфу. Потужні та тривалі вітри, особливо штормові й ураганні, можуть спричиняти значне підвищення рівня води біля узбережжя через ефект вітрового нагону. Його масштаб визначається не лише силою вітру, а й формою берегової лінії, кутом підходу вітрових хвиль, глибиною прибережної зони та наявністю естуаріїв, бухт і лиманів, які можуть підсилювати або, навпаки, послаблювати цей ефект [9, с. 59].

Рельєф дна відіграє важливу роль у розподілі енергії нагонних хвиль. Наприклад, у районах із різкими перепадами глибини або наявністю підводних банок і мілин можливе фокусування хвильової енергії, що спричиняє локальне підвищення рівня води. Це явище може сприяти підтопленню низьких берегових ділянок, активізації процесів ерозії та порушенню природної рівноваги узбережжя. Навпаки, у зонах зі складною підводною топографією, де є численні рифи або штучні гідротехнічні споруди, відбувається часткове розсіювання хвильової енергії, що може знижувати інтенсивність нагону.

Один із ключових наслідків цих процесів – формування хвильових течій, які є результатом трансформації хвильової енергії у середньоденну гідродинамічну енергію. Такі течії здійснюють горизонтальне переміщення водних мас уздовж узбережжя, відіграючи важливу роль у перерозподілі наносів і формуванні морфологічної структури берегової лінії. Наприклад, у районах, де берегова лінія має вигнуту форму або де є підводні миси та коси, течії можуть спричиняти посилене відкладення осадового матеріалу, утворюючи піщані пляжі та нові акумулятивні форми. Натомість, у місцях з інтенсивними зворотними потоками може спостерігатися вимивання наносів, що призводить до берегової ерозії та відступу берегової лінії.

Динаміка нагонів і хвильових течій є важливим аспектом для оцінки стабільності берегової зони та прогнозування її подальшої еволюції. Вона має безпосереднє значення для інженерного

проектування берегозахисних споруд, розрахунку ризиків затоплення прибережних територій, а також для управління морськими екосистемами, оскільки процеси переміщення осадів можуть впливати на стан прибережних біотопів, у тому числі на коралові рифи, морські луки та нерестовища риб [12, с. 135].

Коливання рівня моря у береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря є результатом складної взаємодії зовнішніх атмосферних факторів і внутрішніх гідродинамічних процесів, які визначають режим руху водних мас у цій частині акваторії. Основними чинниками, що спричиняють такі зміни, є атмосферний тиск, інтенсивність і напрямок вітрових потоків, припливно-відпливні явища, зміни термохалінної структури води, а також особливості берегового та підводного рельєфу. Циклони та антициклони відіграють важливу роль у цих процесах. Циклонічні системи, що характеризуються зниженням атмосферним тиском, спричиняють підйом рівня моря через ефект інверсії тиску, коли зменшення атмосферного тиску викликає розширення водного стовпа. Водночас, сильні вітри, які супроводжують циклони, можуть посилювати нагінні процеси, що призводить до тимчасового затоплення низинних ділянок узбережжя. Натомість антициклони, що супроводжуються підвищенням тиском, спричиняють зниження рівня моря, оскільки додаткове навантаження на водну поверхню змушує воду відступати.

Вітрові імпульси є одним із ключових чинників формування коливань рівня моря в цьому регіоні. Сильні штормові вітри, спрямовані з відкритої акваторії Чорного моря у бік узбережжя, викликають накопичення води біля берегової лінії, що призводить до тимчасового підвищення рівня моря – явища, відомого як вітер-нагін. Навпаки, офшорні вітри, що дмуть від берега у відкрите море, сприяють зниженню рівня моря в прибережній зоні через винос водних мас у відкрите море. Важливу роль відіграє також геоморфологічна структура

берегової зони – наявність мілин, заток, лиманів, піщаних кіс та підводних підвищень може посилювати або, навпаки, згладжувати ефекти нагону. Наприклад, у вузьких затоках чи лиманах може спостерігатися ефект «стоячої хвилі», коли рівень води під впливом вітрового імпульсу коливається з високою амплітудою [8, с. 13].

Окрім миттєвих змін, викликаних погодними умовами, коливання рівня моря в цьому регіоні мають виражений сезонний характер. Взимку домінують північно-східні вітри, що сприяють зниженню рівня моря біля узбережжя за рахунок згінних процесів. Влітку вітри змінюють напрямок, а посилене випаровування та нагрівання води сприяють незначному підйому рівня моря. Весняно-осінні періоди характеризуються значними варіаціями рівня через активну зміну вітрового режиму та збільшення впливу річкових припливів з Дніпра. Внутрішні гідродинамічні процеси, такі як зміни температури і солоності води, впливають на густину водної маси, що своєю чергою спричиняє повільні вертикальні переміщення води та формування сезонних течій, які можуть змінювати рівень моря в довгостроковій перспективі.

Різкі коливання рівня моря, викликані вітровими нагонами та атмосферними процесами, мають важливі наслідки для узбережжя. Вони спричиняють посилення берегової ерозії, особливо в районах піщаних пляжів та дюн, що може призводити до втрати значних площ узбережжя. Періодичне підтоплення низинних територій створює загрозу для інфраструктури та прибережних екосистем, а також ускладнює господарську діяльність у регіоні. Крім того, переміщення наносів та трансформація берегової лінії можуть призводити до розширення або, навпаки, скорочення берегової смуги, що вимагає постійного моніторингу та адаптаційних заходів. Аналіз механізмів коливання рівня моря в Дніпровсько-Каркінітській області Чорного моря є важливим для розробки ефективних стратегій управління прибережними зонами,

прогнозування ризиків підтоплень та планування заходів берегозахисту [13, с. 112].

Наукові дослідження в даному регіоні базуються на комплексному підході, який включає польові вимірювання, супутникове зондування, лабораторні експерименти та чисельне моделювання. Ці методи дозволяють відтворити складну картину взаємодії хвиль, течій та коливань рівня моря, враховуючи нелінійність процесів та вплив локальних геоморфологічних особливостей. Результати таких досліджень мають велике практичне значення для розробки заходів з охорони узбережжя, планування інженерних споруд та забезпечення безпеки мореплавства. Інтеграція отриманих даних дозволяє не лише відслідковувати поточний стан берегової зони, а й прогнозувати її еволюцію в умовах змін клімату та підвищеної інтенсивності атмосферних явищ.

Отже, взаємодія нагонів, хвильових течій та коливань рівня моря в береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря визначається складною сукупністю природних процесів, що охоплюють як атмосферні, так і океанографічні фактори. Розуміння цих процесів є ключовим для формування наукової бази, необхідної для прийняття ефективних управлінських рішень у сфері охорони узбережжя та сталого розвитку регіону.

1.3. Вдзовж берегові потоки наносів

В узбережжі Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря відбувається складний процес переносу наносів вздовж узбережжя, що формується під впливом хвильових процесів і специфічної геоморфології регіону. Хвилі, що наближаються до узбережжя під кутом до берегової лінії, створюють асиметричний розподіл гідродинамічної енергії, завдяки чому виникають вздовж берегові течії, що спрямовують наносний матеріал вздовж берегової смуги. Інтенсивність і напрямок

таких течій залежить від багатьох чинників, зокрема від сили та кута падіння хвиль, характеристик вітрового режиму та локальних особливостей морського дна.

Різноманітність гідрографічних умов, зокрема течій, хвильових процесів та рівневих коливань, а також складна геометрія узбережжя у береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря спричиняють значну нерівномірність переносу наносів. Ці процеси визначають формування берегової лінії та її динаміку в різних часових масштабах.

На окремих ділянках узбережжя спостерігається інтенсивна акумуляція піщаного матеріалу, що сприяє утворенню та розширенню пляжів, мілин і пересипів. Це відбувається в зонах, де швидкість берегових течій зменшується, що призводить до осідання дрібнодисперсних частинок. Такі процеси найбільш характерні для затишних бухт, лиманів і зон з мілководними прибережними зонами, де хвильова активність є відносно слабкою. Наприклад, у районах з довгими піщаними косами, як-от Тендрівська та Джарилгацька коси, постійне накопичення наносів сприяє їх поступовому розширенню [6, с. 94].

Водночас, інші ділянки узбережжя зазнають інтенсивної ерозії, що пов'язано з дією штормових хвиль, сильних вздовж берегових течій і нерівномірного розподілу підводного рельєфу. У районах з крутими береговими схилами та недостатнім надходженням наносів спостерігається вимивання ґрунту, що може призводити до обвалів і поступового відступу берегової лінії. Особливо вразливими до ерозійних процесів є стрімкі береги та ділянки, де відсутні природні бар'єри у вигляді підводних банок або рифів.

Негативний вплив ерозії проявляється не лише у скороченні берегової смуги, а й у загрозі для інфраструктури та природних екосистем. Втрата пляжів і піщаних пересипів може призвести до зміни

циркуляції прибережних вод, що своєю чергою впливає на гідробіологічні умови та стан місцевої фауни й флори. У зонах активної ерозії також збільшується каламутність води, що впливає на фотосинтетичну активність водоростей і, як наслідок, на рівень кисню у водному середовищі.

Природні та сезонні коливання метеорологічних умов у береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря, зокрема зміни сили вітру і атмосферного тиску, істотно визначають динаміку прибережних течій, що, в свою чергу, має безпосередній вплив на розподіл наносів. Ці коливання можуть бути як короточасними, пов'язаними з інтенсивними атмосферними явищами, так і довготривалими, зумовленими сезонними змінами. Вітрові імпульси, що варіюються за силою та напрямком, здатні викликати значні коливання рівня моря та змінювати характер хвильових процесів, а зміни атмосферного тиску часто супроводжуються утворенням циклонів і антициклонів, що додатково впливають на динаміку водних мас [7, с. 50].

Зміна сили вітру є одним з найбільш суттєвих чинників, що впливає на формування прибережних течій. Потужні штормові вітри, що виникають внаслідок атмосферних фронтів, можуть не лише збільшувати інтенсивність нагонних процесів, але й змінювати напрямок течій, що переносить великі об'єми наносів в різні ділянки узбережжя. Наприклад, під час зимових штормів з північно-східного напрямку спостерігається інтенсивний згін води, що супроводжується виведенням частини піщаних наносів з прибережної зони в більш глибокі акваторії. Влітку, навпаки, вітри можуть сприяти зворотному процесу – накопиченню матеріалу на пляжах через послаблення хвильової активності.

Атмосферний тиск, як фактор зміни рівня моря, також має важливе значення. Циклони, які супроводжуються значним зниженням

атмосферного тиску, сприяють підвищенню рівня моря через ефект інверсії тиску, в той час як антициклони, з підвищеним тиском, можуть викликати зниження рівня води. Ці зміни тиску тягнуть за собою трансформацію течій і можуть посилювати або знижувати активність ерозійних процесів залежно від того, чи відбувається згін або нагін води.

Для наукового аналізу цих процесів використовується інтегрований підхід, який включає в себе кілька методів дослідження та моделювання. Польові спостереження дозволяють отримати точні дані про стан берегової лінії, динаміку прибережних течій та накопичення наносів. Для цього часто використовують прилади для вимірювання швидкості течій, напрямку вітру та рівня води. Дистанційне зондування, зокрема супутникові знімки та дані Лідар, дає змогу вивчити зміни ландшафтів на великих ділянках узбережжя та оцінити загальні тенденції в переміщенні наносів на довготривалих часових інтервалах.

Чисельне моделювання є важливою складовою частиною вивчення та прогнозування процесів переносу наносів. За допомогою комп'ютерних моделей можна змодельовати різні сценарії зміни гідродинамічних умов та вивчити вплив конкретних атмосферних явищ, таких як штормові вітри або циклонічні процеси, на формування берегових течій. Це дозволяє не тільки відтворити еволюцію берегових потоків наносів у минулому, але й здійснювати прогнозування їх змін у майбутньому з урахуванням нелінійності гідродинамічних процесів, таких як турбулентність течій або зміни температурно-солонцевої структури води [13, с. 116].

Отже, отримані результати сприяють розробці заходів з охорони узбережжя, оптимізації планування інженерних споруд і мінімізації ризиків, пов'язаних з ерозійними процесами, що набуває особливої актуальності в умовах зміни кліматичних факторів і підвищення впливу антропогенних чинників на прибережну зону.

РОЗДІЛ 2.

ВПЛИВ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ В АТМОСФЕРІ НА СТАН УЗБЕРЕЖЖЯ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ

2.1. Загальна характеристика «центрів дії атмосфери» в цьому регіоні

У регіоні, що охоплює територію Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря, атмосферна діяльність набуває особливої важливості з огляду на взаємодію морських і континентальних аеродромів, що створює умови для формування численних центрів дії атмосфери. Ці центри є областями, де зосереджуються інтенсивні процеси, пов'язані з формуванням опадів, розвитком циклонів і антициклонів, а також де відбувається активне перемішування повітряних мас, що впливає на регіональний клімат та погодні умови. Їхнє виникнення тісно пов'язане з наявністю різних факторів – від географічного розташування акваторії до специфіки поверхневого рельєфу і температурних контрастів між морською водою та суходолом.

Географічні умови Дніпровсько-Каркінітської області характеризуються унікальним поєднанням впливу великої річкової системи Дніпра та особливостей морського узбережжя Чорного моря, що зумовлює складну природну динаміку регіону. Гідрологічні процеси, кліматичні особливості та морські течії в цій зоні взаємопов'язані, утворюючи унікальні екосистеми та визначаючи умови для розвитку природних явищ.

Дніпро є основним джерелом прісної води, що потрапляє до акваторії Чорного моря в межах цієї області. Його води приносять значну кількість осадових наносів, органічних речовин та біогенних елементів, які впливають на якість води, солоність і структуру донних відкладень. Потоки прісної води формують локальні зони зниженої солоності, що

особливо помітно у гирловій частині Дніпра та прилеглих прибережних акваторіях. У цих ділянках створюються умови для розвитку естуарних екосистем, що є перехідними між прісноводними та морськими біоценозами [14, с. 101].

Крім того, потік річкової води впливає на гідродинаміку узбережжя, змінюючи напрямки та швидкість прибережних течій. Це, своєю чергою, визначає процеси накопичення або розмиву наносів, що впливає на стабільність берегової лінії. Висока концентрація завислих речовин у воді призводить до утворення мутних зон, які можуть змінювати температуру поверхневого шару води та зменшувати проникнення сонячного світла, впливаючи на морську флору і фауну.

Одним із ключових кліматичних факторів, що впливають на цей регіон, є взаємодія континентального повітря та морської маси. Тепловий контраст між суходолом і морем спричиняє утворення температурних градієнтів, які є основними чинниками для розвитку локальних атмосферних циркуляцій. Особливо це проявляється в теплому порі року, коли прогрітий суходіл створює висхідні потоки повітря, що сприяють формуванню локальних бризових циркуляцій.

У холодний період вплив морського повітря також залишається суттєвим: води Чорного моря виступають своєрідним терморегулятором, пом'якшуючи різкі температурні коливання. Водночас, у зимові місяці можливе утворення так званих холодних антициклонів, які сприяють різкому похолоданню та можуть призводити до формування нестабільних льодових утворень у прибережних акваторіях [22, с. 83].

Центри дії атмосфери – це локалізовані області підвищеного або зниженого атмосферного тиску, в межах яких спостерігається інтенсивне накопичення та перерозподіл енергії. Їхня динаміка та структура визначаються складними взаємодіями між повітряними масами різного походження, що мають відмінні температурні, вологісні та кінематичні характеристики. Формування таких центрів у береговій зоні

Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря обумовлене як великомасштабними синоптичними процесами, так і локальними чинниками, такими як особливості рельєфу, структура узбережжя та гідрологічний режим Дніпра. У регіоні спостерігається вплив основних циркуляційних систем, характерних для Чорноморсько-Каспійського регіону. Зокрема, над територією періодично проходять циклони Атлантичного походження, які приносять вологі повітряні маси, що сприяють розвитку опадів, посиленню вітрової активності та штормових явищ у прибережній зоні. Середземноморські циклони впливають переважно в зимовий період, зумовлюючи сильні вітри, штормові нагони води та значні коливання рівня Чорного моря. Сибірські антициклони взимку приносять холодне континентальне повітря, різке зниження температури та зменшення атмосферних опадів. Вплив цих антициклонів часто супроводжується сильними північно-східними вітрами, що сприяють активному переміщенню наносів уздовж берегової лінії. Окрім загальних циркуляційних процесів, важливу роль у динаміці атмосферних явищ відіграють локальні фактори. Взаємодія рівнинного рельєфу північного Причорномор'я з морськими процесами сприяє утворенню температурних градієнтів, що є основними детермінантами локальних вітрових режимів. Велика річкова система Дніпра формує зони підвищеної вологості та змінює тепловий баланс прибережної території, що призводить до утворення місцевих температурних контрастів, які можуть стимулювати конвекцію та розвиток хмарності. Геометрія берегової лінії, наявність кос, лиманів і заток впливають на формування бризових циркуляцій, що в теплу пору року створюють умови для локальних змін напрямку та швидкості вітру. У береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря періодично виникають як циклони, так і антициклони, які визначають погодні умови регіону. Циклонічні центри характеризуються пониженим тиском і є основними генераторами опадів, сильних вітрів і штормів. Вони можуть мати як

місцеве походження (утворюватися внаслідок посилення конвективних процесів), так і приходити з інших регіонів (наприклад, середземноморські або атлантичні циклони). Їхній вплив зазвичай супроводжується посиленням вітру, що може спричинити активізацію хвильових процесів та берегову ерозію, підвищенням рівня моря, що інколи призводить до затоплення низинних прибережних територій, високою хмарністю та значними атмосферними опадами, які впливають на гідрологічний режим регіону. Антициклонічні центри, навпаки, формують області підвищеного тиску, що зазвичай супроводжуються стабільною погодою, відсутністю опадів та слабкими вітрами. Їхня дія проявляється у формуванні ясної та сухої погоди в літній період, що сприяє підвищенню температури повітря та води, зменшенні вітрової активності, що впливає на транспорт наносів у прибережній зоні, а взимку – у сприянні різкому зниженню температури через інтенсивне нічне випромінювання тепла. Унаслідок взаємодії суходолу та моря в береговій зоні формуються бризові циркуляції, які є важливим фактором у перерозподілі тепла та вологості. Вдень морський бриз приносить прохолодніше повітря з моря на узбережжя, що знижує денну температуру, тоді як уночі береговий бриз сприяє охолодженню прибережних вод. Такі зміни мають значний вплив на локальні погодні умови та гідрологічні процеси. Центри дії атмосфери у береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря є ключовими регуляторами кліматичних та метеорологічних процесів регіону. Вони визначають напрямок розвитку синоптичних ситуацій, формують погодні умови та впливають на гідродинамічні процеси прибережної акваторії. Їхній вплив варіюється від короточасних штормових явищ до тривалих періодів антициклональної стійкості, що вимагає постійного моніторингу та прогнозування для ефективного управління природними ресурсами та мінімізації наслідків несприятливих погодних умов [25, с. 41].

Центри дії атмосфери в береговій зоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря є важливими елементами метеорологічної системи регіону, оскільки вони значною мірою визначають погодні умови і кліматичні процеси. Формування таких атмосферних центрів тісно пов'язане з низкою взаємодій між різними природними чинниками, серед яких ключовими є температурні контрасти між морською водою та континентальним повітрям, а також вплив теплового режиму поверхні. Ці механізми динамічно впливають на процеси накопичення та перерозподілу енергії в атмосфері, що, у свою чергу, визначає структуру та інтенсивність циклонічних і антициклонічних систем.

У прибережній зоні Чорного моря значний вплив на формування атмосферних центрів має різниця температур між поверхнею моря та континентальним повітрям. Вдень поверхня моря зазвичай нагрівається менш інтенсивно, ніж суходіл, через велику теплоємність води. Це створює температурний контраст, що веде до підвищеного атмосферного тиску над морем і зниження його над суходолом. Вночі цей контраст зменшується, оскільки морська вода охолоджується повільніше, ніж ґрунт. Така різниця температур сприяє утворенню циркуляційних процесів, які можуть призвести до формування як циклонів, так і антициклонів [29, с. 38].

Крім того, тепловий режим поверхні, який залежить не лише від сонячного опромінення, але й від процесів випаровування води з морської поверхні, є важливим фактором у створенні атмосферних центрів. Випаровування з водної поверхні має тенденцію до охолодження повітря в безпосередній близькості від моря, що може призводити до розвитку певних метеорологічних умов, зокрема – утворення хмарності та опадів. Таким чином, ці процеси також сприяють змінам атмосферного тиску, що є необхідною умовою для виникнення циклонічних центрів.

Важливим чинником є й вплив Дніпра на атмосферну динаміку в цьому регіоні. Вода Дніпра, що впадає в Чорне море, має низьку температуру порівняно з водою моря, що модифікує структуру повітряних мас у прибережній зоні. Річка формує зони підвищеної вологості, що сприяє зміні теплового балансу прибережної території. Цей процес призводить до утворення локальних температурних контрастів, які стимулюють розвиток конвективних процесів і, у свою чергу, утворення циклонічних центрів. Вплив річки також може посилювати локальні зміни напрямку та інтенсивності вітру, що впливає на динаміку атмосферних процесів.

Варто зазначити, що структурні особливості узбережжя, такі як наявність кос, лиманів і заток, також мають значний вплив на формування атмосферних центрів. Ці географічні елементи змінюють локальні циркуляційні потоки, створюючи умови для виникнення бризових процесів. Морський бриз вдень приносить прохолодне повітря з моря, знижуючи температуру, в той час як нічний береговий бриз сприяє охолодженню води в прибережних зонах. Ці зміни можуть бути особливо вираженими в літній період, коли температурні контрасти між суходолом і морем найбільш значні.

Механізми формування циклонічних і антициклонічних систем у береговій зоні Чорного моря складні та багатофакторні. Циклони в основному утворюються внаслідок зниження атмосферного тиску, спричиненого різницею температур між континентальним повітрям та водою моря. Це, в свою чергу, сприяє розвитку потужних атмосферних процесів, таких як штормові явища, підвищення рівня моря та інтенсивні опади. Антициклони, навпаки, утворюються в областях підвищеного тиску, де панує стабільна погода, низька хмарність і слабкі вітри. Вони можуть призводити до зниження температури в зимовий період і послаблення атмосферних процесів у регіоні [42, с. 13].

Вплив локальних чинників, таких як рельєф, структура узбережжя та температура води, визначає характер атмосферних центрів і значною мірою формує погоду в цьому регіоні. Оскільки ці чинники змінюються залежно від пори року та конкретних атмосферних умов, регіон потребує постійного моніторингу для прогнозування можливих змін у погодних умовах і ефективного управління природними ресурсами.

У таблиці 2.1 розглянемо методи досліджень, які використовуються для вивчення атмосферних процесів в Чорному морі, та їх роль у встановленні зв'язку між атмосферою динамікою і географічними особливостями регіону.

Таблиця 2.1

Методи дослідження атмосферної динаміки в Чорноморському регіоні

Метод дослідження	Опис методики	Роль у дослідженнях
Аналіз синоптичних карт	Використання карт, що показують розподіл атмосферного тиску, температури та інших метеорологічних параметрів.	Визначення короточасних змін в атмосферних процесах.
Супутникові дані	Збір даних за допомогою супутників, що дозволяє отримувати зображення земної поверхні та атмосферних явищ.	Моніторинг великомасштабних атмосферних процесів і змін.
Радіолокаційне спостереження	Використання радарів для вивчення атмосферних явищ, таких як дощ, снігопади та сильні вітри.	Дослідження динаміки вітрових потоків і зон з інтенсивними опадами.
Чисельне моделювання	Створення математичних моделей атмосферних процесів для прогнозування їх розвитку.	Прогнозування довгострокових тенденцій і кліматичних змін.
Моніторинг змін атмосферного тиску	Спостереження за змінами в атмосферному тиску для визначення циклонічних і антициклонічних процесів.	Встановлення зв'язку між атмосферою динамікою і погодними умовами.
Моніторинг температурних	Визначення різниці температур між морем і сушею для аналізу	Виявлення факторів, що впливають на утворення

аномалій	температурних контрастів.	атмосферних центрів.
Моніторинг напрямків вітрових потоків	Вивчення напрямку та швидкості вітру в різних шарах атмосфери.	Аналіз руху повітряних мас та їх взаємодії з географічними особливостями.

Джерело: створено автором на основі [15, с. 69; 21].

Вивчення центрів дії атмосфери є важливим для розуміння не лише синоптичної, а й кліматичної поведінки регіону. Атмосферні центри безпосередньо впливають на розподіл опадів, формування вітрового режиму і регулювання температурного балансу, що, у свою чергу, визначає якість морського середовища і стан прибережних екосистем. Результати досліджень дозволяють краще прогнозувати екстремальні погодні явища, оцінювати вплив кліматичних змін на економіку та забезпечувати належне управління природними ресурсами, що мають вирішальне значення для регіону.

Таким чином, атмосферні центри дії, що формуються в Дніпровсько-Каркінітській області, є результатом складної взаємодії географічних, кліматичних і гідрологічних чинників. Вони виступають як ключові елементи, які визначають локальні погодні умови, сприяють розвитку конвективних процесів і впливають на загальну динаміку атмосфери в межах Чорного моря. Розуміння їхніх особливостей дозволяє не лише вдосконалити синоптичне прогнозування, а й сприяє комплексному аналізу кліматичних змін, що є надзвичайно актуальним у контексті сучасних глобальних викликів.

2.2. Особливості циклональної діяльності в цьому регіоні

Циклональна діяльність у регіоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря є однією з ключових складових сучасної синоптичної картини, що визначає як короткочасні погодні умови, так і довгострокові кліматичні тенденції. Формування циклонів у цьому

районі обумовлено складною взаємодією глобальних атмосферних процесів та локальних факторів, серед яких важливе місце займає контраст температур повітря над морською поверхнею та континентальними ділянками, а також вплив річкових стоків, зокрема вод Дніпра, що змінюють термічний і вологісний баланс місцевого повітряного середовища.

У регіоні, де Чорне море виконує роль потужного термічного резервуара, відбувається безперервний теплообмін між морською поверхнею та атмосферою. Висока теплоємність води забезпечує акумуляцію сонячної енергії протягом теплої пори року, що сприяє підтриманню відносно високих температур навіть у холодний сезон. Це зумовлює інтенсивне випаровування, внаслідок якого значна кількість водяної пари надходить у приземний шар атмосфери, збагачуючи його вологою [23, с. 97].

У зимовий та осінній періоди, коли з північних широт проникають холодні континентальні повітряні маси, їх зіткнення з теплим і вологим повітрям морського походження стає каталізатором активних атмосферних процесів. У зоні контакту цих повітряних мас формуються різкі горизонтальні градієнти температури, що спричиняє розвиток термічних контрастів та бароклінічної нестійкості. Це є передумовою для генерації глибоких циклогенетичних процесів, які супроводжуються інтенсивним зниженням атмосферного тиску. Унаслідок цього спостерігається активне формування циклонічних систем, які характеризуються значним зростанням вертикальних швидкостей повітря та розвитком потужної конвекції.

Вертикальні рухи у циклонах сприяють конденсації водяної пари, що призводить до утворення хмарних систем великої товщини. Це, своєю чергою, спричиняє випадіння значної кількості атмосферних опадів, включаючи тривалі дощі, інтенсивні зливи, а в холодний період – снігопади. Окрім цього, різкі перепади тиску в межах циклону

створюють сильні вітри, які здатні змінювати циркуляційні умови не лише в прибережній зоні, а й у прилеглих континентальних районах. Усе це призводить до суттєвих змін мікроклімату в береговій частині Чорного моря, впливаючи на рівень вологості, температурні режими та загальну атмосферну динаміку регіону.

Особливості циклональної діяльності в Дніпровсько-Каркінітській області Чорного моря зумовлені складною взаємодією макро- та мікрокліматичних чинників, які визначають характер атмосферної циркуляції в цьому регіоні. Одним із ключових факторів є географічне положення цієї області, що знаходиться на межі впливу морських і континентальних повітряних мас. Це створює умови для формування значних температурних та вологісних градієнтів, які виступають каталізаторами атмосферної нестабільності. Контраст між холодними повітряними масами, що надходять із північного заходу та північного сходу, і теплими, насиченими вологою масами, які підіймаються над Чорним морем, сприяє утворенню зон підвищеної бароклінічності, що є сприятливим середовищем для розвитку циклонічних процесів [29, с. 44].

Різниця температур між морською поверхнею та суходолом у міжсезоння значно посилює термічні контрасти, особливо в осінньо-зимовий період, коли море повільніше охолоджується порівняно із суходолом. Це сприяє утворенню додаткової енергії для розвитку циклонів, оскільки нестабільність атмосфери зростає, а вертикальні рухи повітря стають інтенсивнішими. Висхідні потоки теплого і вологого повітря, підіймаючись над охолодженими масами, викликають активну конденсацію, що супроводжується виділенням прихованої теплоти і, відповідно, подальшим заглибленням циклону.

Локальні особливості рельєфу в регіоні також відіграють важливу роль у формуванні та еволюції циклонічних систем. Узбережжя Дніпровсько-Каркінітської області характеризується плавним схилом та

перехідними зонами між відкритою акваторією Чорного моря і суходолом, що створює специфічні умови для трансформації повітряних потоків. Наявність низькохвильового рельєфу сприяє зміні напрямку вітру, що, у свою чергу, впливає на динаміку атмосферного тиску та циркуляційні процеси. Вітрові потоки, проходячи через ці перехідні зони, можуть посилюватися або, навпаки, слабшати, що визначає інтенсивність циклону та можливість його подальшого розвитку або розпаду.

Додатковим чинником, що модифікує циклональну діяльність у цьому регіоні, є взаємодія морської і річкової води. Дніпро, впадаючи в Чорне море, приносить значні обсяги прісної води, яка змінює термохалінний баланс прибережної зони. Це впливає на температуру поверхневих вод і, відповідно, на характеристики повітряних мас, які підіймаються над цією ділянкою. Холодніші або, навпаки, тепліші водні маси можуть зумовлювати зміну вологості та енергетичних параметрів повітряних течій, що безпосередньо позначається на структурі циклону [26, с. 71].

Циклональна діяльність у Дніпровсько-Каркінітській області має складну динаміку, що проявляється як у короткострокових атмосферних збуреннях, так і в довготривалих кліматичних змінах. Короткострокові циклонічні процеси, що тривають від кількох годин до кількох днів, зазвичай супроводжуються різкою зміною погодних умов. Вони характеризуються стрімким падінням атмосферного тиску, що призводить до активної конвекції та формування потужних фронтальних систем. Ці системи спричиняють інтенсивні опади, включаючи зливи, снігопади або навіть град, а також раптові пориви вітру, швидкість яких може досягати штормових значень. Такі явища особливо небезпечні для судноплавства, оскільки сприяють утворенню високих хвиль і штормових нагонів, що можуть ускладнювати навігацію та створювати аварійні ситуації для морського транспорту.

Окрім цього, короткострокові циклони мають суттєвий вплив на прибережну інфраструктуру. Сильні вітри та великі опади можуть призводити до ерозії берегової лінії, підтоплення прибережних територій, пошкодження інженерних споруд і транспортних шляхів. Високі рівні опадів часто спричиняють різке підняття рівня води в річках та лиманах, що може призводити до паводків у низинних районах. Особливо вразливими є порти, нафтотермінали, гідротехнічні споруди та житлові райони, розташовані поблизу берегової лінії.

Довгострокові тенденції циклональної активності пов'язані з глобальними змінами атмосферної циркуляції, зокрема із взаємодією полярних і субтропічних повітряних мас, а також з особливостями кліматичних коливань, такими як Північноатлантичне коливання (NAO) та Ель-Ніньйо – Ла-Нінья. Під час позитивної фази NAO посилюється активність західного переносу, що може спричиняти збільшення кількості циклонів у регіоні. Натомість у негативній фазі спостерігається зменшення кількості циклонів, але вони можуть бути більш потужними та мати триваліший вплив [30, с. 31].

Також важливим фактором, що впливає на довготривалу зміну циклонічної активності, є потепління клімату, яке спостерігається впродовж останніх десятиліть. Зростання середньорічних температур спричиняє збільшення вологоємності повітря та посилення енергетичних ресурсів, доступних для розвитку циклонів. Це може призводити до збільшення кількості екстремальних погодних явищ, таких як супертайфуни, аномально сильні шторми та тривалі періоди зливових опадів.

Антропогенні чинники також відіграють значну роль у модифікації циклональної активності в регіоні. Зміни в землекористуванні, урбанізація та індустріалізація можуть впливати на локальний клімат, змінюючи характеристики підстильної поверхні. Наприклад, розширення міських агломерацій сприяє утворенню теплових островів, які змінюють

термічні градієнти та можуть впливати на регіональні атмосферні процеси. Забруднення атмосфери аерозолями та парниковими газами також може змінювати динаміку циклогенезу, оскільки зміни в хмароутворенні та радіаційному балансі впливають на енергетичні процеси, що відбуваються в атмосфері.

У таблиці 2.2 наведемо методи дослідження циклональної діяльності та їх застосування.

Таблиця 2.2

Методи дослідження циклональної діяльності та їх застосування

Метод дослідження	Опис	Мета використання
Аналіз синоптичних карт	Вивчення карт, що відображають розподіл атмосферного тиску, фронтальні зони та рух повітряних мас.	Визначення основних характеристик циклону, його траєкторії та впливу на погодні умови.
Супутникове спостереження	Використання знімків із метеорологічних супутників для моніторингу хмарності, температури поверхні та вологості.	Візуалізація розвитку циклонічних систем, оцінка їхньої структури та масштабу.
Радіолокаційні дані	Дані метеорологічних радарів, що відображають інтенсивність опадів, швидкість і напрямок вітру.	Оперативне виявлення штормів, оцінка кількості опадів і небезпеки екстремальних погодних явищ.
Чисельне моделювання	Комп'ютерне прогнозування атмосферних процесів на основі математичних рівнянь.	Визначення взаємозв'язку між тиском, температурою і вологістю, а також прогнозування погодних умов.

Джерело: створено автора на основі [22, с. 119; 30, с. 32].

Особлива увага приділяється аналізу взаємодії циклонічних процесів із морською поверхнею Чорного моря, адже саме морський термічний режим суттєво впливає на інтенсивність опадів і розвиток конвективних процесів. Випаровування з морської поверхні, яке стимулюється високою температурою води влітку, разом із холодними повітряними масами, що надходять з північних широт, забезпечує

потужний конвективний імпульс для розвитку циклонічних систем. Цей процес має вирішальне значення для формування опадів, що є основним джерелом водопостачання для природних екосистем і сільськогосподарських угідь регіону.

Також важливим аспектом є вплив циклональної діяльності на морські екосистеми та прибережні зони. Циклони сприяють інтенсивному перемішуванню водних мас, що впливає на розподіл поживних речовин, рівень кисню та температуру води, створюючи оптимальні умови для росту фітопланктону і розвитку біологічної продуктивності. Водночас сильні циклонічні збурення можуть негативно впливати на стан прибережних інфраструктур, спричиняти ерозію узбережжя і погіршення умов для рибальства, що підкреслює важливість моніторингу та прогнозування циклональної активності [23, с. 216].

Отже, особливості циклональної діяльності в регіоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря визначаються комплексною взаємодією географічних, термічних і вологісних факторів, що формують умови для виникнення та розвитку циклонічних систем. Ці процеси мають суттєвий вплив на локальний клімат, погодні умови, екологічний стан морського середовища та економічну діяльність прибережних територій. Систематичний аналіз і моніторинг циклональної активності сприяють не лише вдосконаленню синоптичного прогнозування, а й формуванню науково обґрунтованих стратегій управління природними ресурсами і мінімізації негативних наслідків екстремальних погодних явищ.

2.3. Вплив штормів на морфодинамічні процеси

В регіоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря штормові явища виступають як потужний двигун морфодинамічних процесів, що суттєво впливають на формування узбережжя та структуру осадових відкладів. Під час штормів активізується енергія хвиль, що

призводить до різкого зростання вертикальних і горизонтальних течій, що, у свою чергу, спричиняє інтенсивну ре-суспензію і перенесення осадового матеріалу. Раптові та короткочасні штормові події, які можуть тривати від кількох годин до кількох днів, створюють умови для швидкого змінення профілю пляжу, викликаючи як локальну ерозію, так і акумуляцію осадів у вигляді пляжних барів і відкладень на внутрішніх частинах узбережжя.

Морфодинамічні процеси відіграють ключову роль у формуванні берегової зони, що робить їх важливими для розуміння розвитку екосистем, управління прибережними територіями та прогнозування наслідків кліматичних змін. Одним із найпотужніших чинників, що впливають на ці процеси, є шторми. Під час штормів виникають значні зміни у хвильовій динаміці та приливно-відливних процесах, що призводить до ерозії берегової лінії, переміщення наносів та формування нових геоморфологічних структур.

Із підвищенням частоти та інтенсивності штормів, пов'язаних із глобальними кліматичними змінами, виникає нагальна потреба у вивченні їхнього впливу на морфодинаміку. Це знання необхідне для розробки методів захисту узбережжя, збереження природних ландшафтів та захисту інфраструктури прибережних територій. З огляду на це, вивчення взаємодії штормів із процесами берегової ерозії, переносу осадів та формування дна є важливим як з наукової, так і з практичної точки зору [28, с. 652].

Географічне розташування регіону, де зустрічаються впливи морської води, великомасштабних річкових стоків, зокрема з Дніпра, і континентального повітря, сприяє утворенню виразних температурних і вологосних градієнтів. Ці градієнти є каталізаторами для формування штормових хвиль, що характеризуються високою амплітудою і здатні до значного перемішування прибережних відкладів. Наявність широкого і пологого шельфу дозволяє хвилям набирати значну енергію, що веде до

посилення процесів ерозії та зміни конфігурації узбережжя. Таким чином, штормові події спричиняють як короткострокові трансформації, так і поступові довгострокові зміни в морфодинаміці, що можуть бути визначальними для розвитку пляжних систем і берегових структур.

Вплив штормів на морфодинамічні процеси має не лише геофізичне, а й екологічне та економічне значення, оскільки їхні наслідки відчутно позначаються на природних та антропогенних системах. Сильні штормові вітри та великі хвилі спричиняють інтенсивне перемішування водних мас, що супроводжується турбулентним потоком, підйомом і перенесенням значних обсягів осадів. Це призводить до ерозії пляжів, руйнування природних берегових утворень, таких як дюни, піщані коси та скелясті уступи, а також спричиняє порушення екосистем прибережних зон.

Штормові явища суттєво впливають на продуктивність рибних ресурсів, знижуючи біорізноманіття за рахунок змін у кормовій базі та деградації нерестовищ. Внаслідок збурення водних шарів може відбуватися викид токсичних речовин, накопичених у донних відкладах, що загрожує здоров'ю морських організмів і негативно позначається на якості води. Крім того, руйнування підводних екосистем, таких як коралові рифи або морські трав'яні угруповання, сприяє зміні структури морських біоценозів [2, с. 65].

З економічної точки зору, зміни, спричинені штормами, мають критичне значення для узбережних територій. Інтенсивне руйнування берегової лінії загрожує стабільності прибережної інфраструктури, зокрема портів, нафтотерміналів, туристичних комплексів та населених пунктів. Пошкодження причальних споруд, хвилерізів і дамб може спричинити суттєві фінансові втрати та підвищити витрати на ремонт і підтримку берегозахисних систем. Крім того, зміни у конфігурації берегової лінії можуть порушити судноплавні маршрути, що впливає на логістичні процеси та безпеку морських перевезень.

Повторні штормові події спричиняють диференціальне осадження матеріалу, що може сприяти формуванню нових пляжних структур, зміні ширини та профілю берегової смуги, а також трансформації берегових ландшафтів. В окремих випадках ці процеси можуть призводити до відновлення природних піщаних бар'єрів, проте частіше спостерігається деградація узбережжя, що потребує додаткових заходів для його стабілізації. Крім того, переформатування берегової лінії впливає на систему лиманів, проток та естуаріїв, змінюючи їхню гідрологію та біологічний режим.

Сучасні дослідження впливу штормів на морфодинаміку ґрунтуються на комплексному використанні різноманітних методів, що дозволяють отримати максимально точну картину змін, які відбуваються в прибережній зоні під дією екстремальних погодних явищ. До основних підходів, що застосовуються в цьому напрямку, належать аналіз супутникових знімків, польові вимірювання, радіолокаційні спостереження та чисельне моделювання.

Аналіз супутникових знімків, отриманих із космічних апаратів Sentinel, Landsat та інших платформ, дозволяє відстежувати довготривалі зміни берегової лінії, виявляти ділянки активної ерозії або акумуляції осадового матеріалу та оцінювати масштаби руйнувань після сильних штормів. Знімки у високій роздільній здатності дають змогу фіксувати зміни у конфігурації пляжів, дюн, лагун і дельт річок, що мають важливе значення для аналізу динамічних процесів у прибережній зоні [5, с. 273].

Польові вимірювання включають використання дронів для аерофотозйомки, геодезичних приладів для визначення змін рельєфу та датчиків для моніторингу рівня води, швидкості течій і концентрації завислих осадів. Безпілотні літальні апарати дозволяють оперативно отримувати тривимірні моделі рельєфу узбережжя, а підводні гідролокатори та ехолоти допомагають оцінювати стан донних відкладів та ступінь замулення морських акваторій. Також використовуються

автономні гідрологічні буйки, обладнані датчиками тиску та температури, що збирають дані про стан моря в реальному часі.

Радіолокаційні спостереження, що здійснюються за допомогою наземних та космічних радарів, дають змогу відстежувати висоту хвиль, напрямок і швидкість морських течій, що є ключовими параметрами для розуміння механізмів штормової динаміки. Радари з синтезованою апертурою (SAR) дозволяють отримувати точну інформацію навіть за складних погодних умов, що особливо важливо для прогнозування штормових процесів та їхнього впливу на берегову зону.

Чисельне моделювання базується на математичних моделях, що враховують складні взаємодії між вітром, хвилями, течіями та береговими структурами. Використання програмних комплексів, таких як Delft3D, SWAN, XBeach та інших, дозволяє проводити детальні симуляції розвитку морфодинамічних процесів під впливом різних штормових сценаріїв. Такі моделі дають змогу оцінити потенційний рівень ерозії, прогнозувати ймовірні зміни берегової лінії та визначати найбільш вразливі ділянки узбережжя [10, с. 139].

Отже, штормові події в регіоні Дніпровсько-Каркінітської області Чорного моря є важливим чинником, що визначає динаміку морфодинамічних процесів, сприяє трансформації берегової лінії і перерозподілу осадового матеріалу. Інтенсивність і характер цих процесів залежать від взаємодії синоптичних, географічних і гідродинамічних факторів, що формують місцеві умови і визначають як короткострокову, так і довгострокову еволюцію узбережжя. Комплексний аналіз цих явищ сприяє покращенню методів прогнозування екстремальних погодних умов та розробці заходів, спрямованих на збереження природного балансу прибережних територій у контексті змін клімату та зростання антропогенного навантаження.

ВИСНОВКИ

У результаті дослідження гідрометеорологічних явищ як фактору розвитку берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря в Україні, встановлено:

1. Вітрохвильовий режим регіону берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря в Україні є складним природним явищем, що формується під впливом регіональних кліматичних умов, рельєфу дна, берегової лінії та загальних закономірностей атмосферної циркуляції. Основним чинником, що визначає параметри хвильового режиму, є вітровий режим, який характеризується сезонними змінами, зокрема переважанням помірних і сильних вітрів з північного, північно-західного та західного напрямків. Ці вітри генерують хвилі, що відзначаються середньою висотою та періодом, які можуть досягати максимальних значень у штормові періоди, характерні для осінньо-зимового сезону.

Географічне розташування регіону, його відкритість у напрямку до основних вітрових потоків Чорного моря, а також специфіка прибережного рельєфу визначають різноспрямованість хвильових полів і можливі їхні інтерференційні явища. Дніпровсько-Каркінітська берегова область зазнає суттєвого впливу циклонічної активності, яка сприяє утворенню сильних штормових хвиль, що мають значний руйнівний вплив на берегову лінію. Нестабільні гідродинамічні процеси, викликані такими хвилями, сприяють перерозподілу донних відкладів, зміні морфології берегової зони та розвитку абразійних процесів, що є важливим фактором у формуванні сучасного берегового ландшафту.

Сезонна динаміка вітрохвильового режиму проявляється у зростанні штормової активності восени та взимку, коли часті та тривалі шторми спричиняють підвищену турбулентність водної маси і сприяють посиленню берегових руйнувань. Весняно-літній період

характеризується меншою висотою хвиль, що сприяє відновленню берегової зони за рахунок акумуляційних процесів. Водночас антропогенний вплив, зокрема будівництво гідротехнічних споруд та інші види господарської діяльності, можуть значно змінювати природний вітрохвильовий режим, призводячи до локальних змін берегової лінії та посилення ерозійних процесів.

Аналіз особливостей вітрохвильового режиму регіону дозволяє оцінювати його вплив на екологічний стан акваторії, навігаційну безпеку, розвиток прибережної інфраструктури та заходи берегозахисту. Врахування цих факторів є необхідним для ефективного планування природоохоронних заходів і мінімізації негативного впливу екстремальних хвильових процесів на господарську діяльність та екосистему Чорного моря.

2. Процеси нагонів, хвильових течій і коливання рівня моря в регіоні берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря формуються під впливом складної взаємодії атмосферних, гідродинамічних і геоморфологічних чинників. Нагонні явища є наслідком дії сильних вітрів, які спричиняють перерозподіл водних мас і локальні підвищення рівня моря. Найбільш виражені нагонні процеси спостерігаються під час штормів, коли тривалі й інтенсивні вітри переважно північного та північно-західного напрямків спричиняють значне накопичення води біля узбережжя. Такі процеси можуть призводити до затоплення низинних ділянок, зміни берегової лінії та активізації ерозійних процесів, що є особливо небезпечним для прибережних екосистем і населених пунктів.

Хвильові течії, що виникають унаслідок взаємодії вітрових хвиль із береговим рельєфом і підводними структурами, відіграють важливу роль у перерозподілі наносів і динаміці берегової зони. Вони залежать від параметрів хвильового режиму, зокрема висоти, періоду та напрямку хвиль, а також від конфігурації берегової лінії та глибини прибережних

вод. У Дніпровсько-Каркінітській області формуються як уздовжберегові, так і поперечні течії, які можуть сприяти руйнуванню берегів або, навпаки, їхній акумуляції залежно від локальних умов. Важливим фактором є також взаємодія хвильових течій із річковим стоком, особливо в місцях впадіння Дніпра та інших водотоків, що впливає на процеси седиментації та формування берегових відкладів.

Коливання рівня моря в регіоні зумовлені як короточасними метеорологічними факторами, так і довготривалими кліматичними тенденціями. Атмосферний тиск, вітер і штормова активність спричиняють тимчасові флуктуації рівня моря, які можуть бути значними під час циклонічних явищ. Довготривалі зміни рівня моря пов'язані з глобальними процесами, такими як кліматичне потепління, танення льодовиків і термічне розширення водних мас, що в перспективі може призвести до поступового підвищення рівня Чорного моря та зміни берегової лінії.

Синергія нагонних процесів, хвильових течій і коливань рівня моря формує динамічну систему, яка безпосередньо впливає на стан прибережних територій, розвиток навігації, рибальства та рекреаційної діяльності. Врахування цих гідродинамічних явищ є необхідним для ефективного планування заходів із берегозахисту, управління прибережними екосистемами та прогнозування можливих природних загроз у контексті зміни клімату.

3. Особливості вздовжберегового перенесення наносів у регіоні берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря визначаються складною взаємодією гідродинамічних, геологічних і метеорологічних чинників. Основним рушійним фактором цього процесу є вітрові хвилі та пов'язані з ними хвильові течії, які формують потоки наносів уздовж берегової лінії. Напрямок і інтенсивність перенесення наносів залежать від панівних вітрів, які у цьому регіоні здебільшого мають північний, північно-західний і західний напрямки,

сприяючи руху донних і прибережних відкладів у відповідному напрямку.

Рельєф морського дна та характер берегової лінії також значною мірою впливають на динаміку наносів. У місцях з м'якими, піщаними або супіщаними берегами спостерігається активне транспортування матеріалу, що призводить до ерозії одних ділянок і акумуляції наносів в інших. Це може спричиняти утворення кос, пересипів та інших акумулятивних форм рельєфу, що впливають на гідрологічний режим прибережної зони. У районах, де берегова лінія має складну конфігурацію або існують природні та штучні перешкоди, такі як мисові утворення, порти та гідротехнічні споруди, можливі зміни напрямку та швидкості вздовжберегових потоків, що спричиняє нерівномірний розподіл наносів.

Сезонні зміни погодних умов також позначаються на інтенсивності перенесення наносів. Восени та взимку, коли часті шторми спричиняють високу хвильову активність, відбувається посилена ерозія берегової зони та переміщення великої кількості матеріалу. Весняно-літній період, навпаки, характеризується більш стабільними умовами, що сприяють відновленню берегової лінії за рахунок акумуляції наносів. Водночас довготривалі зміни клімату, зокрема підвищення рівня моря, можуть спричинити зміщення балансу між ерозійними та акумулятивними процесами, що загрожує стабільності берегової зони.

Антропогенний вплив, включаючи будівництво портових споруд, хвилеломів та інших берегозахисних конструкцій, може суттєво змінювати природний режим перенесення наносів, сприяючи їхньому накопиченню в одних районах і дефіциту в інших. Це може призводити до посиленої ерозії узбережжя та необхідності здійснення заходів щодо регулювання берегових процесів. Урахування особливостей вздовжберегового перенесення наносів є критично важливим для забезпечення стабільності берегової лінії, збереження екосистем

прибережних акваторій та ефективного планування інженерних рішень, спрямованих на захист узбережжя від руйнування.

4. Центри дії атмосфери відіграють ключову роль у формуванні гідрометеорологічних умов регіону берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря, визначаючи напрямок і силу повітряних потоків, характер циркуляційних процесів, інтенсивність опадів і зміну атмосферного тиску. До основних центрів дії атмосфери, що впливають на даний регіон, належать Азорський антициклон, Сибірський антициклон, Ісландський мінімум, Середземноморські циклони та південно-східні континентальні повітряні маси.

Азорський антициклон є головним регулятором погодних умов у теплий період року, формуючи стійкі північно-західні та західні вітри, що сприяють встановленню сухої та малохмарної погоди, а також впливають на циркуляцію водних мас у прибережній зоні. У зимовий період на гідрометеорологічний режим регіону значний вплив має Сибірський антициклон, який приносить холодні континентальні повітряні маси, що призводять до різкого зниження температури, посилення східних і північно-східних вітрів та можливого утворення льодових явищ у мілководних частинах Чорного моря.

Ісландський мінімум і пов'язані з ним циклони є основними джерелами нестабільної погоди в осінньо-зимовий період. Вони викликають активну циклонічну діяльність, що супроводжується сильними вітрами, інтенсивними опадами та значними коливаннями рівня моря. Штормові циклони можуть спричиняти нагінні явища, посилювати хвильову активність і впливати на вздовжберегове перенесення наносів, що в комплексі визначає динаміку берегової лінії.

Середземноморські циклони також мають важливе значення для погодних умов регіону, особливо в осінньо-зимовий період, коли вони приносять вологе повітря, що сприяє випадінню значних опадів і підвищенню рівня води в Чорному морі. Їхній вплив може посилюватися

у зв'язку з глобальними кліматичними змінами, що може призвести до збільшення частоти екстремальних погодних явищ у регіоні.

Південно-східні континентальні повітряні маси, які формуються над внутрішніми районами Євразії, у літній період зумовлюють тривалі періоди спеки та суховіїв, що сприяє випаровуванню води з морської поверхні, зміні сольового балансу прибережних акваторій та посиленню бризової циркуляції.

Взаємодія цих центрів дії атмосфери визначає не лише сезонні погодні умови, а й довготривалі кліматичні тенденції регіону, включаючи зміни температурного режиму, рівня моря та інтенсивності штормової діяльності. Розуміння їхнього впливу є необхідним для прогнозування природних процесів, забезпечення безпеки мореплавства, управління водними ресурсами та розробки заходів із захисту узбережжя від негативних наслідків екстремальних погодних явищ.

5. Циклональна діяльність є одним із ключових чинників, що визначають гідрометеорологічні умови в регіоні берегів Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря. Циклони, які формуються під впливом глобальної атмосферної циркуляції, суттєво впливають на погодні умови, зміну рівня моря, динаміку хвильових процесів та інші гідродинамічні особливості акваторії. Основними типами циклонів, що впливають на цей регіон, є атлантичні, середземноморські та континентальні циклони, кожен з яких має власну специфіку та особливості впливу.

Атлантичні циклони, пов'язані з діяльністю Ісландського мінімуму, приносять нестійку погоду з посиленими вітрами, атмосферними опадами та значними коливаннями рівня моря. Вони найчастіше проявляються в осінньо-зимовий період, викликаючи потужні шторми, які сприяють активному розвитку нагонних явищ та посиленню хвильової діяльності. У результаті таких процесів відбувається

інтенсивна переробка берегової лінії, ерозія одних ділянок узбережжя та акумуляція наносів в інших.

Середземноморські циклони мають значний вплив на погодні умови регіону протягом усього року, але особливо в холодний сезон. Вони формуються в районі Середземного моря і рухаються в північно-східному напрямку, приносячи рясні опади, посилення вітру та підвищення рівня моря. Їхня дія часто супроводжується нагінними процесами, які можуть спричиняти підтоплення низинних ділянок узбережжя та негативно впливати на прибережну інфраструктуру.

Континентальні циклони, що виникають у східній частині Європи або над південним заходом Росії, впливають на регіон переважно влітку та восени. Вони характеризуються різкими змінами температури, що можуть спричиняти шквалисті вітри та локальні бурі, що впливають на навігацію, роботу портів і безпеку прибережних районів.

Взаємодія різних циклонічних систем створює складну картину атмосферної циркуляції в регіоні, що позначається на всіх аспектах гідрометеорологічного режиму. Часті проходження циклонів сприяють нерівномірному розподілу опадів, змінюють температурний баланс і визначають особливості руху водних мас у прибережній зоні. Особливо важливим є їхній вплив на рівневий режим Чорного моря, оскільки зміни атмосферного тиску та напрямку вітру можуть призводити до коливань рівня води, які суттєво впливають на стан берегової лінії та гідротехнічні споруди.

Аналіз особливостей циклональної діяльності має важливе значення для прогнозування екстремальних погодних явищ, запобігання негативним наслідкам штормів, розробки адаптаційних заходів щодо берегозахисту та покращення морегосподарської діяльності. Врахування закономірностей проходження циклонів дозволяє більш ефективно управляти прибережними ресурсами, мінімізувати ризики повеней і

забезпечити стійкість природних та антропогенних екосистем узбережжя.

6. Штормові процеси відіграють ключову роль у морфодинамічних змінах берегової зони Дніпровсько-Каркінітської берегової області Чорного моря, зумовлюючи інтенсивні перетворення берегової лінії, перерозподіл наносів та зміну гідродинамічного режиму. Основними факторами, що визначають інтенсивність впливу штормів, є сила і тривалість вітрового впливу, напрямок штормових хвиль, морфологічні особливості узбережжя та структурні характеристики берегових відкладів.

Під час штормів значно посилюється хвильова активність, що спричиняє ерозію берегів, переміщення наносів та зміни в структурі берегового профілю. Високі хвилі руйнують берегові схили, сприяючи зсувним процесам, а також розмивають піщані пляжі, що призводить до їх звуження або повної втрати. Особливо значущим є вплив нагінних процесів, які викликають підйом рівня моря, затоплення низьких ділянок узбережжя та зміни в циркуляції прибережних водних мас.

Динаміка штормових процесів визначає напрямки вздовжберегового перенесення наносів, що може сприяти як акумуляції осадового матеріалу в певних ділянках, так і його дефіциту в інших, що призводить до нерівномірного розвитку берегової зони. Відкладення наносів у зоні затишшя можуть формувати нові акумулятивні форми, такі як коси та бари, змінюючи гідроморфологічну структуру узбережжя. Однак в умовах інтенсивного штормового впливу спостерігається зниження рівня пляжів, що зменшує їхню здатність до самовідновлення після штормових подій.

Штормові явища також впливають на стійкість берегових екосистем, спричиняючи знищення рослинності, що закріплює піщані ділянки, зміну складу донних відкладів та порушення природного балансу між процесами акумуляції та ерозії. Часті та потужні шторми

можуть посилювати деградацію узбережжя, що створює ризики для інфраструктури, господарської діяльності та рекреаційного використання прибережних територій.

Довготривалий аналіз штормових процесів у регіоні свідчить про посилення їхнього впливу внаслідок глобальних кліматичних змін, що може призвести до збільшення частоти екстремальних погодних явищ, зростання інтенсивності хвильової дії та підвищення рівня моря. У зв'язку з цим необхідно розробляти ефективні заходи з управління береговими процесами, включаючи інженерні методи захисту узбережжя, контроль за розвитком прибережної зони та врахування морфодинамічних змін у плануванні територій. Вивчення впливу штормових процесів є важливим для прогнозування берегових змін, збереження екологічної рівноваги та забезпечення стійкого розвитку прибережної території.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бадюк О., Довгоп'ята Д. «Наслідки як після Чорнобильської катастрофи»: як війна впливає на стан Чорного та Азовського морів. 2024. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/novyny-pryazovyya-viyna-stand-chornoho-azovskoho-morya/33205623.html>
2. Бургаз М. І. Особливості формування іхтіоценозу Шаболатського лиману в умовах антропогенної трансформації водойми: дис... к-та біол. наук / ІМБ НАН України. Одеса, 2018. 189 с.
3. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману / за ред. Н.С. Лободи, Є.Д. Гопченка. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
4. Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: монографія / за ред. Ю. С. Тучковенко, Н. С. Лободи. Одеса: ТЕС, 2014. 276 с.
5. Гідрологічні та гідрохімічні показники стану північно-західного шельфу Чорного моря / Довідковий посібник. Київ: УкрНЦЕМ, 2008. 616 с.
6. Гриб О. М. Оцінка рівнів та мінералізації води Куяльницького лиману при його поповненні водами Чорного моря. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2015. Т. 1. С. 93-101.
7. Динаміка середньорічних показників температури повітря і кількості опадів в окремих ґрунтово-кліматичних зонах України. Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти: колективна монографія ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
8. Ель Хадрі Ю., Берлінський М. А., Сліже М. О. Сучасні кліматичні зміни в чорноморському регіоні. Вісник Харківського

національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія», 2021. Випуск 25. С. 8-19.

9. Заболоцька Т. М., Шпиг В. М. синоптичні умови утворення стихійних явищ погоди на території України. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2018. № 1 (48). С. 57-67.

10. Звіт про науково-дослідну роботу «Розроблення програми державного екологічного моніторингу морів України на 2019-2025 рр. відповідно до вимог Директив ЄС 2008/56/ЄС, 2008/105/ЄС» Науковий керівник В.М. Коморін. Рукопис УкрНЦЕМ, Одеса, 2018. 363 с.

11. Кисельова І. І. Моніторинг солоності прибережних вод Дніпровсько-Каркінітської берегової області: кваліфікаційна робота (проект) на здобуття ступеня вищої освіти «магістр». Херсонський державний університет. Херсон, 2021. 52 с.

12. Комаров В. О. Вплив штормової активності на морфодинамічні процеси в прибережних зонах. Київ: Наукова думка, 2018. 325 с.

13. Лебедев О. П. Моделювання берегової ерозії під впливом штормів. Геоморфологія та берегозахисні споруди, 2019. № 5(2). С. 112-124.

14. Лобода Н. С., Козлов М. О., Куза А. М. Прогностичні оцінки водних ресурсів Північно-Західного Причорномор'я у ХХІ сторіччі за набором кліматичних сценаріїв на базі моделі «клімат-стік». Річки та лимани Причорномор'я на початку ХХІ сторіччя: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 17-18 жовтня. Одеса. 2019. С. 100-102.

15. Матеріали 79-ї звітної наукової конференції професорсько-викладацького складу і наукових працівників факультету гідрометеорології і екології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (м. Одеса, 27–29 листопада 2024 р.). Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2024. 240 с.

16. Михайлов А. М. Морфодинамічні процеси прибережних зон під впливом кліматичних змін. Одеса: Приморське видавництво, 2020. 290 с.
17. Мінічева Г. Г., Соколов Є. В. Оцінка природної стійкості лиманів північно-західного Причорномор'я відповідно до принципів Водної Директиви ЄС. Наукові доповіді НУБіП України. 2014, 5 (47).
18. Петров І. В. Вплив антропогенних факторів на берегову ерозію. Екологічні дослідження узбережжя, 2022. № 12(3). С. 89-95.
19. Попова О. М. Морфометрія та топонімія гідрологічних об'єктів Національного природного парку «Тузловські лимани». Вісник ОНУ . Сер.: Географічні та геологічні науки. 2016. Т. 21. Вип. 2. С. 64-84.
20. Реутський, А. О. Сучасний стан берегоукріплюючого комплексу міста Одеси = The current of the coastal protection complex in Odessa : дипломна робота бакалавра / А. О. Реутський; наук. кер. Л. В. Орган; ОНУ ім. І. І. Мечникова, Геолого-геогр. ф-т, Каф.фізичної географії, природокористування та геоінформаційних технологій. Одеса, 2020. 70 с.
21. Саліхоглу Б., Юсел М. Стратегічна програма досліджень і інновацій для Чорного моря Автори: члени експертної групи у сфері Ініціативи «Блакитне зростання для досліджень та інновацій у Чорному морі». 10 квітня 2019 р. URL: <http://www.perseus-net.eu/>.
22. Семенова І. Г., Нажмудінова О. М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса, 2019. 212 с.
23. Сучасний стан водних біоресурсів та аквакультури України і Світу : матеріали наук.-практ. конф. молодих вчених з міжнародною участю; зб. наук. праць за ред. док. філос., к. г. н. Коржова Є. І. (Херсон, 31 жовтня 2023 р.). Херсон: ХДАЕУ, 2023. 152 с.

24. Теорія і методологія географічної науки: навч. посіб. М. Р. Влах, Л. І. Котик ; наук. ред. О. І. Шаблій. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2019. 344 с.
25. Теорія і практика берегознавства та природокористування: Збірник матер. II Всеукраїнської науково-практичної online-конференції (Одеса, 29-31 травня 2023 р.). Одес. нац. ун-т ім. І.І. Мечникова, 2023. Одеса: Бондаренко М. О., 2023. 154 с.
26. Тучковенко Ю. С., Козлов М. О. Водний баланс Хаджибейського лиману у сучасний період. Вісник Одеського державного екологічного університету. 2017. № 21. С. 66-77.
27. Тучковенко Ю. С., Хохлов В. М., Лобода Н. С. Вплив змін клімату на водний баланс квазізакритих лиманів північно-західного Причорномор'я. Український гідрометеорологічний журнал, 2022, № 29. С. 32-47.
28. Хільченко, В. Б. Вплив штормів на морфодинамічні процеси. Магістерські студії. Альманах. Херсон ; Івано-Франківськ : ХДУ, 2024. Вип. 24. С. 651-655.
29. Холярчук Д. І. Регіональна кліматологія. Навчальний посібник. Чернівці : Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2019. 168 с.
30. Хохлов В. М., Серга Е. М., Недострелова Л. В. Об'єктивний вибір симуляції з ансамблю регіональних кліматичних моделей. Український гідрометеорологічний журнал. 2021. № 28. С. 29-36. URL: <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.03>
31. Шуйський Ю.Д., Вихованець Г.В., Панкратенкова Д.О.. Основні риси антропогенного впливу в береговій зоні Чорного та Азовського морів у межах України. Український географічний журнал. 2019. № (1). С. 8-14.
32. Як підриєв Каховської ГЕС вплине на ЗАЕС та Крим: відповідь «Енергоатома» та військових. РБК-Україна. 6 червня 2023.

33. FitzGerald D. M., Penland S. Predicting Coastal Morphodynamics with Climate Change. *Global Environmental Change*, 2021. № 28(2). Pp. 205-216.
34. Johnson, M. L., Smith, R. Coastal Erosion and Sediment Transport: Impacts of Storms. *Journal of Coastal Research*, 2020, № 36(4). Pp. 789-801.
35. Murkalov A.B., Stoyan A.A., Skalenchuk E.V. Spatial distribution of hydrological elements in the middle part of the dry estuary during the summer period. *Bulletin of the Odessa National University*. 2018. Vol. 23. Iss. 1 (32). Pp. 33-42.
36. Rosati J. D., Dean R. G. Long-Term Modeling of Coastal Sediment Transport. *Journal of Coastal Engineering*, 2021, № 67(6). Pp. 675-690.
37. Shuisky Yu. D. History of development and methodology of coastal management. Monograph. Odessa, 2018. 456 p.
38. Shuisky Yu. D., Organ L. V. Pioneer landforms on the sea edge of the Kiliya delta of the Danube River. *Scientific Notes of the Vinnitsa State University. Series Geography*, 2017. Iss. 29, № 3-4. Pp. 15-25.
39. Shuisky Yu. D., Sinyuk A. N. Salinity in the Tiligul estuary in the fall of 2015 (Black Sea coast). *Bulletin of the Odessa National University. Geographical and geological sciences*, 2015. Vol. 20. Iss. 4 (27). Pp. 89-98.
40. Shuisky Yu. D., Vikhovanets G. V. Modern dynamics of sandy accumulative forms of relief in the coastal zone of the Black Sea. *Slovak Intern. Scientific Journal (Bratislava)*. Iss. 1, № 11. Pp. 22-32.
41. Vykhoivanets G. V., Pankratenkova D. O. Influence of the anthropogenic factor on the current state of the accumulative relief forms of the northwestern part of the Black Sea. *Bulletin of the Odessa National University*. 2018. Vol. 23. Iss.1 (32). Pp. 11- 32.