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

ЗСУВНІ ПРОЦЕСИ В БЕРЕГОВІЙ ЗОНІ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ В МЕЖАХ УКРАЇНИ: ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ

Кваліфікаційна робота (проєкт)

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: здобувач 2 курсу 05-213 групи
Спеціальності 103 Науки про Землю
Освітньо-професійної програми
«Науки про Землю»
Перепелиця Артем Максимович

Керівник к.геогр.н. Омельченко Н.В.
Рецензент к.геогр.н., доцент,
Центральноукраїнський державний університет
імені Володимира Винниченка, Онойко Ю. Ю.

Івано-Франківськ – 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ....3
ВСТУП....4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У БЕРЕГОВІЙ ЗОНІ....7
1.1. Поняття зсувних процесів та їх класифікація....7
1.2. Геологічні та геоморфологічні умови формування зсувів....10
1.3. Природні та антропогенні фактори активізації зсувних процесів....13
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ....16
2.1. Географічна характеристика району дослідження....16
2.2. Геолого-геоморфологічні умови узбережжя....20
2.3. Гідрометеорологічні умови....22
РОЗДІЛ 3. СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАСЛІДКИ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я....25
3.1. Поширення та динаміка зсувів у Північно-західному Причорномор'ї....25
3.2. Вплив зсувних процесів на природні комплекси та господарську діяльність....35
3.3. Заходи моніторингу та запобігання розвитку зсувів у береговій зоні....41
ВИСНОВКИ....44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ....46

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення / позначення	Розшифрування
абр.	абразія (руйнування берегів морем)
г.в.	ґрунтові води
ГІС	геоінформаційні системи
ЕГП	еколого-геологічні процеси
інж.-геол.	інженерно-геологічний
м	метр
$м^2$	квадратний метр
$м^3$	кубічний метр
мм	міліметр
НГП	небезпечні геологічні процеси
оп.	опади
ПЗЧМ	Північно-західна частина Чорного моря
р.	рік
с/г	сільськогосподарський
СНиП	будівельні норми і правила
тект.	тектонічний
тис.	тисяча
укріпл.	укріплення
урб.	урбанізація

ВСТУП

Берегова зона північно-західної частини Чорного моря в межах України є складною природно-техногенною системою, в якій поєднуються інтенсивні геодинамічні процеси, активне господарське освоєння та високий рівень природних ризиків. Одним із найбільш небезпечних і поширених явищ у межах цієї території є зсувні процеси, що призводять до деформації берегових схилів, руйнування інфраструктури, втрати земельних ресурсів та погіршення екологічного стану узбережжя. Вивчення причин, механізмів розвитку та наслідків зсувів є важливим завданням сучасних наук про Землю [6].

Актуальність теми зумовлена зростанням інтенсивності зсувних процесів у прибережній зоні, що пов’язано як із природними чинниками (геологічна будова, гідрогеологічні умови, морська абразія, кліматичні зміни), так і з антропогенним впливом (урбанізація, забудова схилів, порушення дренажу, нераціональне землекористування). Вагомий внесок у дослідження генезису зсувних та геоморфологічних процесів регіону належить таким видатним ученим, як М. Ф. Веклич [4], П. Ф. Гожик [6], Ю. Д. Шуйський [27], О. Ю. Митропольський [14] та В. П. Палієнко [17]. У їхніх працях закладено фундаментальні теоретико-методологічні засади вивчення геодинаміки берегової зони. Питання інженерно-геологічної стійкості схилів, механіки ґрунтів та забезпечення екологічної безпеки територій знайшли ґрунтовне відображення у наукових дослідженнях Г. І. Рудька [18], О. М. Адаменка [19], О. С. Коврова [11] та О. М. Шашенка [25].

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами полягає у відповідності дослідження сучасним напрямам вивчення небезпечних геологічних процесів, що реалізуються в межах державних та регіональних програм моніторингу геологічного середовища, охорони узбережжя та забезпечення екологічної безпеки.

Метою дослідження є комплексний аналіз зсувних процесів у береговій зоні північно-західної частини Чорного моря в межах України, встановлення основних причин їх виникнення та оцінка наслідків для природного середовища і господарської діяльності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

1. Проаналізувати сучасний стан вивчення зсувних процесів у прибережній зоні;

2. Охарактеризувати природні умови формування зсувів у досліджуваному регіоні;

3. Визначити основні природні та антропогенні чинники розвитку зсувних процесів;

4. Дослідити просторове поширення та динаміку зсувів;

5. Оцінити екологічні та соціально-економічні наслідки зсувних явищ;

6. Запропонувати рекомендації щодо зниження ризиків та запобігання розвитку зсувів.

Об’єктом дослідження є зсувні процеси в береговій зоні північно-західної частини Чорного моря.

Предметом дослідження є причини виникнення, механізми розвитку та наслідки зсувних процесів у межах досліджуваної території.

Методи дослідження включають комплекс загальнонаукових і спеціальних методів, зокрема: аналіз і узагальнення наукових джерел – для визначення теоретичних засад проблеми; геоморфологічний аналіз – для вивчення форм рельєфу та процесів їх трансформації; картографічний метод – для дослідження просторового поширення зсувів; порівняльно-географічний метод – для зіставлення умов розвитку зсувних процесів у різних ділянках узбережжя; польові спостереження (за наявності) – для уточнення фактичного стану схилів; статистичні методи – для обробки та інтерпретації отриманих даних .

Наукова новизна одержаних результатів полягає у комплексному підході до оцінки зсувних процесів у північно-західній частині Чорного моря, уточненні

ролі антропогенних чинників у їх активізації, а також у систематизації сучасних даних щодо поширення та динаміки зсувів у межах України.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання отриманих висновків для вдосконалення системи моніторингу небезпечних геологічних процесів, планування забудови прибережних територій, розробки заходів інженерного захисту та зниження ризиків руйнування берегових схилів

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, переліку умовних позначень, трьох розділів, висновків та списку використаних джерел, який налічує 35 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 48 сторінок, з яких основний текст займає 42 сторінки. Робота ілюстрована 7 рисунками та містить 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У БЕРЕГОВІЙ ЗОНІ

1.1. Поняття зсувних процесів та їх класифікація

Зсувні процеси є одним із найбільш поширених і небезпечних екзогенних геологічних явищ, що проявляються у переміщенні мас гірських порід вниз по схилу під дією сили тяжіння. Вони формуються внаслідок порушення рівноваги між утримуючими та зсувними силами у масиві порід і часто супроводжуються деформацією рельєфу, зміною гідрогеологічних умов та руйнуванням природних і техногенних об’єктів.

У науковій літературі поняття зсуву трактується як складний багатофакторний процес, розвиток якого залежить від поєднання геологічних, гідрогеологічних, геоморфологічних і кліматичних умов. Значний внесок у формування теоретичних уявлень про зсувні процеси зробили такі дослідники, як М. Ф. Веклич [4], О. Ю. Митропольський [14], які розглядали зсуви як результат взаємодії природних і антропогенних чинників у межах геосистем.

На ранніх етапах розвитку наукової думки зсуви розглядалися переважно як локальні геоморфологічні явища, пов’язані зі специфікою рельєфу. Згодом, із розвитком інженерної геології та геоморфології, було встановлено їх системний характер, а також тісний зв’язок із гідрогеологічними умовами, зокрема з рівнем ґрунтових вод та водонасиченням порід.

Сучасні дослідження акцентують увагу на комплексному підході до вивчення зсувів, враховуючи як природні фактори (літологія, тектонічна будова, клімат), так і антропогенний вплив (будівництво, меліорація, зміна дренажу території).

Класифікація зсувних процесів є важливим елементом їх дослідження, оскільки дозволяє систематизувати різноманіття форм і механізмів їх прояву.

Для систематизації різноманіття зсувних явищ та кращого розуміння умов їх формування доцільно використовувати класифікаційні підходи. Узагальнення існуючих наукових підходів дозволяє виділити основні ознаки, за якими здійснюється поділ зсувних процесів, що відображено на рисунку 1.1.

Рисунок 1.1 – Класифікація зсувних процесів у береговій зоні [25]

Як видно з рисунка 1.1, класифікація зсувних процесів базується на кількох ключових критеріях: глибині розвитку, швидкості переміщення, генезисі та морфологічних особливостях. Такий підхід дозволяє комплексно охарактеризувати зсувні явища та враховувати їхню багатофакторність.

Особливе значення для берегової зони мають процеси, що поєднують природні та антропогенні чинники, оскільки саме вони найчастіше призводять

до активізації зсувів у межах освоєних територій. Крім того, швидкість розвитку процесів є критично важливим параметром при оцінці ризиків та плануванні заходів інженерного захисту [9].

Наведена класифікація створює теоретичну основу для подальшого аналізу причин виникнення та розвитку зсувних процесів у береговій зоні північно-західної частини Чорного моря.

Поряд із загальною класифікацією, важливим аспектом дослідження зсувних процесів є встановлення умов їх формування та механізмів розвитку. Зсуви виникають унаслідок порушення рівноваги схилу, коли зсувні сили перевищують сили, що утримують масив гірських порід. Такий стан може бути спричинений як природними, так і антропогенними чинниками.

До природних чинників належать геологічна будова території, літологічний склад порід, наявність слабких прошарків (глин, лесів), тектонічні порушення, а також гідрогеологічні умови. Особливу роль відіграє водонасичення порід, яке призводить до зменшення їхньої міцності та підвищення пластичності. Атмосферні опади, танення снігу та підйом рівня ґрунтових вод часто виступають тригерами активізації зсувів [33].

У межах берегових зон значний вплив має морська абразія, яка спричиняє підмив підніжжя схилів і формує умови для втрати їх стійкості. Поєднання абразійних та гравітаційних процесів обумовлює формування так званих абразійно-зсувних систем, характерних для узбережжя Чорного моря [27].

Антропогенний вплив також відіграє суттєву роль у розвитку зсувних процесів. Неконтрольована забудова схилів, порушення природного дренажу, витоки води з інженерних мереж, надмірне навантаження на ґрунти та нераціональне землекористування значно прискорюють процеси дестабілізації схилів. У багатьох випадках саме діяльність людини виступає ключовим фактором активізації зсувів [10].

Сучасні підходи до вивчення зсувних процесів передбачають їх розгляд як динамічних геосистем, що розвиваються у часі та просторі. Це вимагає застосування комплексних методів дослідження, включаючи геоморфологічний

аналіз, інженерно-геологічні дослідження, дистанційне зондування Землі та математичне моделювання.

Водночас аналіз наукових джерел свідчить про наявність низки дискусійних та недостатньо вивчених питань. Зокрема, потребують уточнення закономірності просторово-часової динаміки зсувів у прибережних зонах, роль кліматичних змін у їх активізації, а також взаємодія природних і техногенних факторів у конкретних регіональних умовах.

Теоретичні основи дослідження зсувних процесів свідчать про їх складний, багатофакторний характер, що обумовлює необхідність комплексного підходу до їх вивчення. Це створює підґрунтя для подальшого аналізу особливостей розвитку зсувів у північно-західній частині Чорного моря, який буде розглянуто в наступних підрозділах роботи.

1.2. Геологічні та геоморфологічні умови формування зсувів

Формування та розвиток зсувних процесів безпосередньо залежать від геологічної будови території та її геоморфологічних особливостей. Саме ці чинники визначають ступінь стійкості схилів, характер їх деформацій та ймовірність активізації небезпечних геологічних процесів.

Геологічні умови є базовим фактором формування зсувів. Важливе значення має літологічний склад порід, їх фізико-механічні властивості та умови залягання. Найбільш схильними до зсувних процесів є товщі, складені слабозв’язаними та водочутливими породами, зокрема лесами, суглинками, глинами, мергелями. Наявність у геологічному розрізі чергування водопроникних і водотривких шарів створює умови для накопичення води на контактах порід, що призводить до формування поверхонь ковзання.

Особливу роль відіграють структурно-тектонічні умови. Тектонічні порушення (тріщини, розломи) знижують міцність порід і сприяють

проникненню води вглиб масиву. Це, у свою чергу, послаблює зв’язки між частинками порід і підвищує ризик їх зсуву. Крім того, нахил шарів у бік схилу є додатковим фактором нестійкості, оскільки полегшує переміщення порід під дією сили тяжіння [25].

Гідрогеологічні умови тісно пов’язані з геологічною будовою і суттєво впливають на розвиток зсувів. Підвищення рівня ґрунтових вод, інфільтрація атмосферних опадів та техногенне зволоження сприяють зниженню зчеплення між частинками ґрунту та збільшенню порового тиску. У результаті цього зменшується стійкість схилів і створюються умови для формування зсувних тіл.

Геоморфологічні умови визначають морфологію схилів та їх динаміку. Найбільш уразливими є круті та високі схили, де гравітаційні сили мають максимальний вплив. Важливими характеристиками є кут нахилу, висота схилу, його експозиція, а також ступінь розчленованості рельєфу. Схили зі складною морфологією, наявністю терас, уступів і ерозійних форм частіше піддаються зсувним процесам.

У межах берегової зони додатковим фактором виступає взаємодія суходолу з морем. Морська абразія спричиняє підмив підніжжя схилів, що порушує їхню рівновагу та провокує зсуви. Особливо інтенсивно ці процеси проявляються в умовах активної хвильової діяльності та підвищення рівня моря. У північно-західній частині Чорного моря це поєднується з поширенням лесових відкладів, які характеризуються високою пористістю та схильністю до просідання і розмивання [30].

Не менш важливим є вплив сучасних геоморфологічних процесів, таких як ерозія, делювіальні та пролювіальні відклади, які змінюють конфігурацію схилів і сприяють їх дестабілізації. Розвиток ярів, змив ґрунтів і накопичення пухких відкладів створюють додаткові умови для виникнення зсувів.

Аналіз літературних джерел свідчить, що, незважаючи на достатній рівень вивченості геологічних і геоморфологічних чинників, залишається актуальною проблема комплексної оцінки їх взаємодії в умовах конкретних регіонів. Зокрема, недостатньо досліджено роль локальних геологічних структур, змін

гідрогеологічного режиму та сучасних кліматичних тенденцій у формуванні зсувних процесів у береговій зоні [7].

Геологічні та геоморфологічні умови є визначальними у формуванні зсувів, оскільки вони створюють передумови для виникнення та розвитку цих процесів. Їх комплексний аналіз є необхідною умовою для прогнозування зсувної небезпеки та розробки ефективних заходів щодо стабілізації схилів.

Важливим аспектом є також інженерно-геологічні властивості порід, зокрема показники міцності на зсув, кут внутрішнього тертя та зчеплення. Саме ці параметри визначають граничний стан схилу та його здатність протистояти гравітаційним навантаженням. У разі перевищення критичних значень навантаження або зниження міцності порід відбувається ініціація зсувного процесу. Особливо небезпечними є ситуації, коли у розрізі присутні водонасичені глинисті горизонти, які виступають як потенційні поверхні ковзання.

Суттєве значення має також стратиграфічна неоднорідність товщ. Чергування лесових, суглинистих та глинистих відкладів із прошарками пісків формує складну гідрогеологічну систему, де можливе накопичення води на контактах шарів. Такі умови є типовими для північно-західного Причорномор’я і значною мірою визначають поширення зсувних процесів у регіоні [26].

З геоморфологічної точки зору важливим є еволюційний стан берегових схилів. Молоді, активно формовані схили характеризуються підвищеною нестійкістю через незавершеність процесів їх стабілізації. Натомість більш давні, стабілізовані схили можуть знову активізуватися під впливом зовнішніх факторів, зокрема змін рівня моря або антропогенного навантаження.

Окремої уваги заслуговує вплив кліматичних чинників, які опосередковано визначають геоморфологічні умови. Зміни режиму атмосферних опадів, збільшення інтенсивності зливових дощів, чергування періодів зволоження та висушування призводять до циклічної зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів. Це сприяє поступовому накопиченню деформацій у масиві порід і підвищує ймовірність раптової активізації зсувів [3].

У межах північно-західної частини Чорного моря специфічною особливістю є поєднання абразійних, ерозійних і гравітаційних процесів. Берегові уступи постійно зазнають впливу хвильової діяльності, що призводить до їх підрізання та втрати стійкості. Одночасно з цим відбувається накопичення делювіальних відкладів на схилах, які є менш стійкими і легко залучаються у зсувні процеси.

Крім того, необхідно враховувати роль підземних вод у формуванні напірних умов. У випадках, коли водоносні горизонти перекриті слабкопроникними шарами, можливе виникнення гідростатичного тиску, що додатково знижує ефективні напруження у породах. Це є одним із ключових механізмів глибинних зсувів.

Геологічні та геоморфологічні умови формування зсувів є складною багаторівневою системою взаємопов’язаних факторів. Їх аналіз дозволяє не лише пояснити причини виникнення зсувних процесів, але й визначити найбільш уразливі ділянки берегової зони, що є критично важливим для подальшого прогнозування та управління геологічними ризиками [31].

1.3. Природні та антропогенні фактори активізації зсувних процесів

Зсувні процеси в береговій зоні Північно-західної частини Чорного моря є результатом складної взаємодії природних умов та господарської діяльності людини. Інтенсивність і частота прояву зсувів визначаються сукупністю факторів, які впливають на стійкість схилів, змінюють їхню структуру та гідрогеологічний режим.

До основних природних чинників належать геологічна будова території, рельєф, кліматичні умови та гідрологічні процеси.

Геологічна будова відіграє ключову роль у формуванні зсувонебезпечних ділянок. У межах північно-західного узбережжя поширені лесові, глинисті та

лесоподібні породи, які характеризуються низькою водостійкістю та схильністю до розмокання. Наявність водоносних горизонтів і слабкопроникних прошарків сприяє накопиченню підземних вод, що зменшує міцність ґрунтів і підвищує ризик зсувів [26].

Рельєф території також має істотне значення. Берегові схили, особливо круті та терасовані ділянки, є потенційно нестійкими. Висота схилів, їхня крутизна та ступінь розчленованості визначають гравітаційні сили, що діють на масив гірських порід.

Кліматичні умови, зокрема кількість і інтенсивність опадів, є важливим тригером активізації зсувів. Тривалі або інтенсивні дощі призводять до насичення ґрунтів вологою, підвищення парового тиску та зниження ефективного тертя між частинками породи. Додатково впливають цикли замерзання-танення, які спричиняють фізичне руйнування порід і послаблення структурних зв’язків.

Гідрологічні процеси, включаючи абразію узбережжя, хвильову діяльність та підземний стік, також сприяють розвитку зсувів. Підмивання підніжжя схилів хвилями призводить до втрати опори, що може викликати обвалення верхніх масивів.

Антропогенний вплив значно посилює природну нестійкість схилів і часто виступає безпосереднім чинником активізації зсувів [35].

Будівництво в прибережній зоні, зокрема спорудження житлових будинків, доріг, інженерних комунікацій, призводить до перевантаження схилів додатковими масами та зміни природного балансу сил. Вирубка рослинності для забудови або господарського використання зменшує кореневе укріплення ґрунтів, що суттєво знижує їхню стійкість.

Неправильне водовідведення та порушення дренажних систем сприяють накопиченню поверхневих і підземних вод у товщі схилів. Це підвищує зволоження порід і створює умови для їхнього зсуву.

Гірничодобувна діяльність, кар’єрні розробки та планування територій змінюють природну геометрію схилів, формуючи штучні уступи та порушуючи

природну рівновагу. Також вплив має неконтрольоване навантаження від транспортної та рекреаційної інфраструктури [15].

У більшості випадків зсувні процеси є наслідком одночасної дії природних і антропогенних чинників. Природні умови формують потенційну зсувонебезпечність території, тоді як діяльність людини часто виступає каталізатором, що запускає або прискорює розвиток процесу.

Оцінка та прогнозування зсувної небезпеки в межах берегової зони України потребує комплексного аналізу як природних геологічних і гідрологічних умов, так і ступеня антропогенного навантаження на територію.

РОЗДІЛ 2

ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ БЕРЕГОВОЇ ЗОНИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЧОРНОГО МОРЯ

2.1. Географічна характеристика району дослідження

Північно-західна частина Чорного моря в межах України охоплює прибережні території Одеської, Миколаївської та частково Херсонської областей і є важливим природно-географічним регіоном із складними умовами формування берегової зони. Досліджувана територія характеризується значною протяжністю узбережжя, різноманітністю геоморфологічних форм і активними сучасними геодинамічними процесами [34].

Географічне положення району визначається його розташуванням у межах південної частини Східноєвропейської рівнини, на стику суходолу та морського басейну. Узбережжя має переважно акумулятивно-абразійний тип, що зумовлює формування як низьких піщаних кіс і пересипів, так і високих крутих берегових уступів. До характерних елементів берегової зони належать лимани (Дністровський, Тилігульський, Хаджибейський), коси, пересипи та терасовані схили [3].

Рельєф території в основному рівнинний, з поступовим зниженням у напрямку до моря. Водночас у межах узбережжя спостерігається значна розчленованість, зумовлена розвитком ярів, балок і долин тимчасових водотоків. Саме ці форми рельєфу часто виступають осередками формування зсувних процесів, оскільки сприяють концентрації поверхневого стоку та перезволоженню порід.

Клімат району помірно континентальний із відчутним впливом Чорного моря. Характеризується теплим літом, відносно м’якою зимою та нерівномірним

розподілом атмосферних опадів протягом року. Значну роль у формуванні берегових процесів відіграють вітрові умови, які визначають хвильову діяльність моря. Переважаючі північні та північно-західні вітри сприяють розвитку абразійних процесів на окремих ділянках узбережжя.

Гідрографічна мережа представлена великими річками, зокрема Дністром, Південним Бугом та Дніпром, які впадають у Чорне море та формують потужні алювіальні відклади. Важливою особливістю є наявність численних лиманів, що являють собою затоплені гирла річок і відіграють значну роль у перерозподілі наносів та формуванні берегової лінії.

Берегова зона характеризується складною динамікою, що зумовлена взаємодією морських, континентальних та антропогенних процесів. Абразія, акумуляція, зсуви, ерозія та підтоплення є основними чинниками трансформації узбережжя. У межах крутих берегів особливо поширені зсувні процеси, які часто активізуються під впливом хвильового підмиву та зволоження порід.

Антропогенне навантаження на досліджуваний регіон є значним. Інтенсивна забудова прибережних територій, розвиток портової інфраструктури, рекреаційне освоєння та сільськогосподарська діяльність призводять до порушення природної рівноваги геосистем. Це, у свою чергу, сприяє активізації небезпечних геологічних процесів, зокрема зсувів.

Географічні умови північно-західної частини Чорного моря визначають складний характер формування берегової зони та створюють передумови для розвитку зсувних процесів. Комплексна характеристика регіону є необхідною основою для подальшого аналізу причин і механізмів активізації зсувів у межах досліджуваної території [12].

Для більш наочного уявлення просторового положення району дослідження на рисунку 2.1 наведено карту північно-західної частини Чорного моря. Вона відображає конфігурацію берегової лінії, основні елементи рельєфу та гідрографічної мережі, що мають безпосередній вплив на формування зсувних процесів.

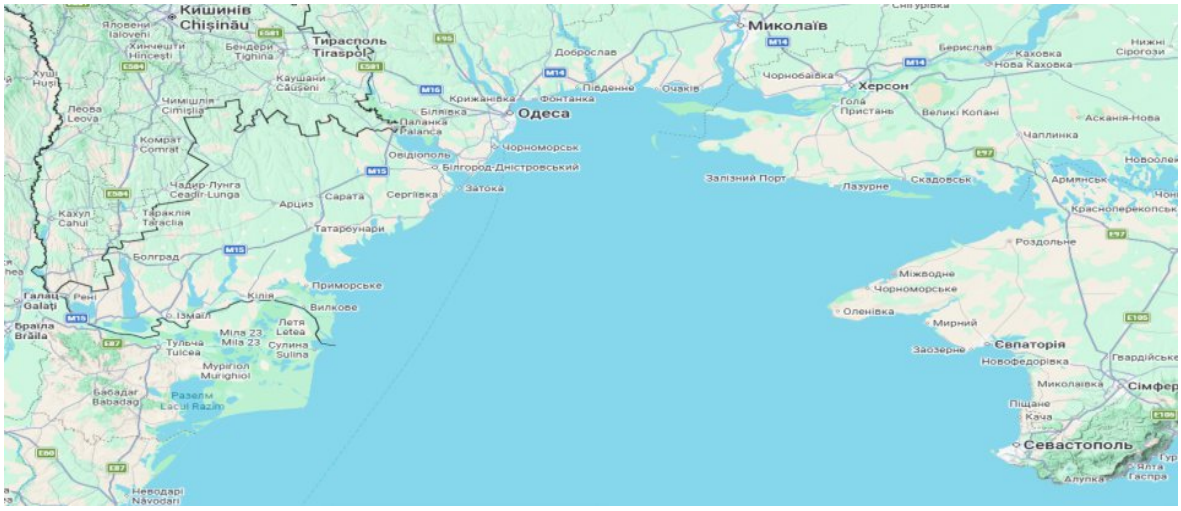

Рисунок 2.1 – Географічне положення північно-західної частини Чорного моря [28]

Аналіз картографічних матеріалів свідчить, що берегова зона досліджуваного регіону є неоднорідною за своєю морфологією. Тут поєднуються ділянки високих абразійних берегів із крутими схилами та низькі акумулятивні форми рельєфу, представлені пересипами і косами. Найбільш зсувонебезпечними є саме ділянки з високими береговими уступами, де активно проявляються процеси підмиву та гравітаційного переміщення порід [25].

Особливістю північно-західного узбережжя є значна кількість лиманів, які глибоко врізаються в суходіл і формують складну конфігурацію берегової лінії. Такі умови сприяють локалізації зсувних процесів, оскільки схили лиманних берегів часто мають підвищену крутість і складені нестійкими відкладами.

Крім того, важливим фактором є наявність широкої прибережної смуги, яка зазнає постійного впливу морських процесів. Вітрове хвилювання, штормові явища та сезонні коливання рівня моря спричиняють інтенсивну переробку берегів. У результаті цього відбувається підрізання схилів і формування умов для їх подальшої дестабілізації [8].

Слід також відзначити, що сучасний стан берегової зони значною мірою визначається антропогенним впливом. Уздовж узбережжя розташовані великі

населені пункти, рекреаційні комплекси та об’єкти транспортної інфраструктури. Їх функціонування супроводжується зміною природного рельєфу, додатковим навантаженням на схили та порушенням природного дренажу, що підвищує ризик розвитку зсувних процесів.

Географічне положення та природні особливості північно-західної частини Чорного моря формують складні умови розвитку берегових процесів. Поєднання природних і антропогенних факторів зумовлює високу динамічність цієї території та визначає її як зону підвищеного геологічного ризику, що потребує детального дослідження у контексті зсувних процесів [35].

Важливою характеристикою району дослідження є його чітка просторова диференціація за умовами розвитку берегових процесів. У межах північно-західного узбережжя Чорного моря можна виділити окремі ділянки, що відрізняються за морфологією берегів, інтенсивністю абразії та ступенем розвитку зсувних явищ. Зокрема, найбільш активні зсувні процеси спостерігаються в межах високих лесових берегів Одеського узбережжя, де поєднуються несприятливі геологічні та гідрогеологічні умови [34].

Суттєву роль відіграє також шельфова зона, яка впливає на характер хвильової діяльності. Невелика глибина шельфу в північно-західній частині моря сприяє трансформації хвиль і підсиленню їх руйнівної дії на берег. У періоди штормів це призводить до інтенсивного підмиву підніжжя схилів, що є одним із ключових факторів ініціації зсувів.

Крім того, значення має сучасна тенденція змін рівня Чорного моря. Коливання рівня води, як короткочасні (штормові нагони), так і довготривалі, впливають на положення базису ерозії та активність абразійних процесів. Підвищення рівня моря сприяє посиленню руйнування берегів і, відповідно, активізації зсувних процесів [16].

Необхідно також враховувати роль поверхневого стоку, який формується внаслідок атмосферних опадів. Умови слабкого природного дренажу та значна розораність території сприяють накопиченню води на схилах, що призводить до

їх перезволоження. У поєднанні з інтенсивною ерозійною розчленованістю це створює передумови для формування як поверхневих, так і глибинних зсувів.

У контексті господарського освоєння території важливим є також розвиток інженерної інфраструктури вздовж узбережжя. Будівництво доріг, будівель і гідротехнічних споруд часто супроводжується зміною природного рельєфу, підрізанням схилів та додатковим навантаженням на них. За відсутності належних інженерно-геологічних заходів це може призводити до порушення стійкості схилів і активізації зсувних процесів.

Географічна характеристика району дослідження свідчить про його складну природну організацію та високу чутливість до зовнішніх впливів. Просторова неоднорідність умов, поєднання морських і континентальних процесів, а також значний антропогенний тиск формують передумови для інтенсивного розвитку зсувних явищ, що потребує їх детального подальшого аналізу в межах даної роботи.

2.2. Геолого-геоморфологічні умови узбережжя

Геолого-геоморфологічні умови узбережжя північно-західної частини Чорного моря є визначальними у формуванні сучасних берегових процесів, зокрема зсувів. Вони відображають складну взаємодію геологічної будови, морфології рельєфу та динаміки екзогенних процесів, що протікають у прибережній зоні.

Геологічна будова узбережжя представлена переважно осадовими відкладами неогенового та четвертинного віку. У розрізі широко поширені лесові та лесоподібні суглинки, глини, піски, мергелі, які характеризуються різними фізико-механічними властивостями. Особливістю є наявність лесових товщ, що мають високу пористість, водочутливість та схильність до просідання

і розмивання. Саме ці породи є одними з найбільш нестійких і відіграють ключову роль у розвитку зсувних процесів [7].

Важливим фактором є стратиграфічна неоднорідність відкладів. Чергування водопроникних (піски) і водотривких (глини, суглинки) шарів створює умови для накопичення підземних вод на контактах порід, що сприяє формуванню поверхонь ковзання. Такі умови є типовими для берегових схилів регіону і обумовлюють їх підвищену зсувонебезпечність.

З геоморфологічної точки зору узбережжя характеризується поєднанням абразійних та акумулятивних форм рельєфу. Абразійні береги представлені високими крутими уступами, які активно руйнуються під впливом хвильової діяльності моря. Акумулятивні форми включають піщані коси, пересипи та пляжі, які формуються внаслідок перенесення і накопичення наносів.

Берегові схили мають різну крутість і висоту, що визначає їх стійкість. Найбільш небезпечними є круті схили висотою понад 20–30 м, складені лесовими та глинистими породами. Вони часто розчленовані ярами та балками, які сприяють концентрації поверхневого стоку і додатковому зволоженню порід.

Суттєвий вплив на формування геоморфологічних умов має морська абразія. Підмив підніжжя схилів призводить до втрати їх опори та формування нестійких масивів порід. У поєднанні з гравітаційними процесами це спричиняє розвиток абразійно-зсувних комплексів, які є характерною рисою узбережжя північно-західної частини Чорного моря [31].

Крім того, важливу роль відіграють сучасні екзогенні процеси, такі як площинна та лінійна ерозія, дефляція, делювіальні накопичення. Вони змінюють морфологію схилів, сприяють формуванню пухких відкладів і створюють додаткові умови для виникнення зсувів [17].

Необхідно також враховувати вплив гідрогеологічних умов, які тісно пов’язані з геологічною будовою. Підвищення рівня ґрунтових вод, інфільтрація атмосферних опадів та техногенне зволоження призводять до зниження міцності порід і підвищення їх рухливості. Це є одним із ключових чинників активізації зсувних процесів у прибережній зоні.

Геолого-геоморфологічні умови узбережжя північно-західної частини Чорного моря формують складну систему факторів, що визначають розвиток зсувних процесів. Поєднання нестійких порід, складної будови схилів, активної морської абразії та сучасних екзогенних процесів обумовлює високу зсувонебезпечність території та потребує детального її дослідження [16].

2.3. Гідрометеорологічні умови

Гідрометеорологічні умови є одним із визначальних природних чинників, що формують просторово-часову мінливість та інтенсивність розвитку зсувних процесів у береговій зоні Північно-західної частини Чорного моря. Вони охоплюють сукупність атмосферних і гідрологічних процесів, які взаємодіють між собою та з геологічним середовищем, впливаючи на стійкість берегових схилів.

Клімат регіону характеризується як помірно континентальний із морським впливом. Для нього властиві тепле літо, відносно м’яка зима та значна мінливість погодних умов протягом року. Середньорічна кількість атмосферних опадів становить орієнтовно 350–500 мм, причому їх розподіл є нерівномірним у часі. Найбільша кількість опадів припадає на теплий період року, часто у вигляді інтенсивних злив, що мають значний вплив на зволоження ґрунтів.

Температурний режим відіграє важливу роль у процесах фізичного вивітрювання. У зимовий період часті коливання температури навколо 0 °C спричиняють цикли замерзання та відтавання води в порах ґрунтів. Це призводить до їх розущільнення, утворення мікротріщин і поступового зниження міцності масиву [19].

Вітровий режим регіону є досить активним і характеризується переважанням вітрів північних та північно-західних напрямків. Сильні вітри сприяють формуванню хвиль значної енергії, які здійснюють абразійний вплив

на берегову лінію. Хвильова ерозія призводить до підрізання підніжжя схилів, що є одним із ключових механізмів втрати їх стійкості.

Гідрологічний режим Чорного моря включає сезонні та короткочасні коливання рівня води, зумовлені вітровим нагоном, атмосферним тиском і циркуляцією водних мас. Під час штормів рівень води може істотно підвищуватися, що посилює гідродинамічний вплив на берегові схили та активізує процеси абразії.

Важливим компонентом є також підземні води, рівень яких тісно залежить від кількості опадів та інфільтраційних процесів. Підвищення рівня ґрунтових вод призводить до збільшення порового тиску та зменшення ефективного напруження в ґрунтах, що безпосередньо знижує їх стійкість і сприяє виникненню зсувів.

Таблиця 2.1 - Сезонні особливості гідрометеорологічних умов та їх вплив на зсувні процеси [34]

Сезон	**Основні гідрометеорологічні фактори**	**Вплив на зсувні процеси**
Зима	Коливання температури, опади у вигляді снігу, замерзання/відтавання	Ослаблення структури ґрунтів
Весна	Танення снігу, підвищене зволоження, нестабільні температури	Активізація зсувів через перенасичення водою
Літо	Інтенсивні зливи, високі температури, випаровування	Короткочасна, але різка активізація
Осінь	Тривалі дощі, підвищена вологість	Поступове накопичення вологи в ґрунтах

Окрему роль відіграють екстремальні гідрометеорологічні явища — сильні зливи, шторми, різкі підвищення рівня моря. Вони виступають тригерними механізмами, які запускають зсуви на вже підготовлених схилах. Найбільш небезпечними є ситуації, коли декілька факторів діють одночасно: наприклад, тривалі опади у поєднанні з високим рівнем ґрунтових вод і хвильовою абразією.

Важливим є також територіальна неоднорідність гідрометеорологічних умов. У межах узбережжя спостерігаються локальні відмінності у впливі вітрових потоків, хвильової енергії та кількості опадів, що зумовлює нерівномірний розвиток зсувних процесів. Додатковим фактором є експозиція схилів, їх крутизна та захищеність від хвильового впливу [23].

У сучасних умовах важливого значення набуває врахування кліматичних змін. Зростання частоти інтенсивних опадів, збільшення кількості екстремальних погодних явищ та коливання температурного режиму можуть у перспективі призводити до підвищення активності зсувних процесів у прибережній зоні.

Таким чином, гідрометеорологічні умови є комплексним чинником, який не лише формує фонові умови існування берегових схилів, але й визначає їхню реакцію на зовнішні впливи.

РОЗДІЛ 3

СУЧАСНИЙ СТАН ТА НАСЛІДКИ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ У МЕЖАХПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я

3.1. Поширення та динаміка зсувів у Північно-західному Причорномор'ї

Зсувні процеси в Північно-західному Причорномор'ї мають широке поширення та є характерними для ділянок узбережжя з розчленованим рельєфом, наявністю лесових, глинистих та пухких осадових порід, а також значними ухилами берегових схилів. Найбільш активно вони проявляються на ділянках абразійного узбережжя, де відбувається постійна взаємодія морських і суходільних процесів [8].

Просторовий розподіл зсувів є нерівномірним і залежить від геолого-геоморфологічних умов, ступеня антропогенного навантаження та гідрометеорологічних факторів. Найбільша концентрація зсувів спостерігається на ділянках із:

- крутизною схилів понад критичні значення;
- наявністю слабких водонасичених ґрунтів;
- активною береговою абразією;
- порушеним природним дренажем.

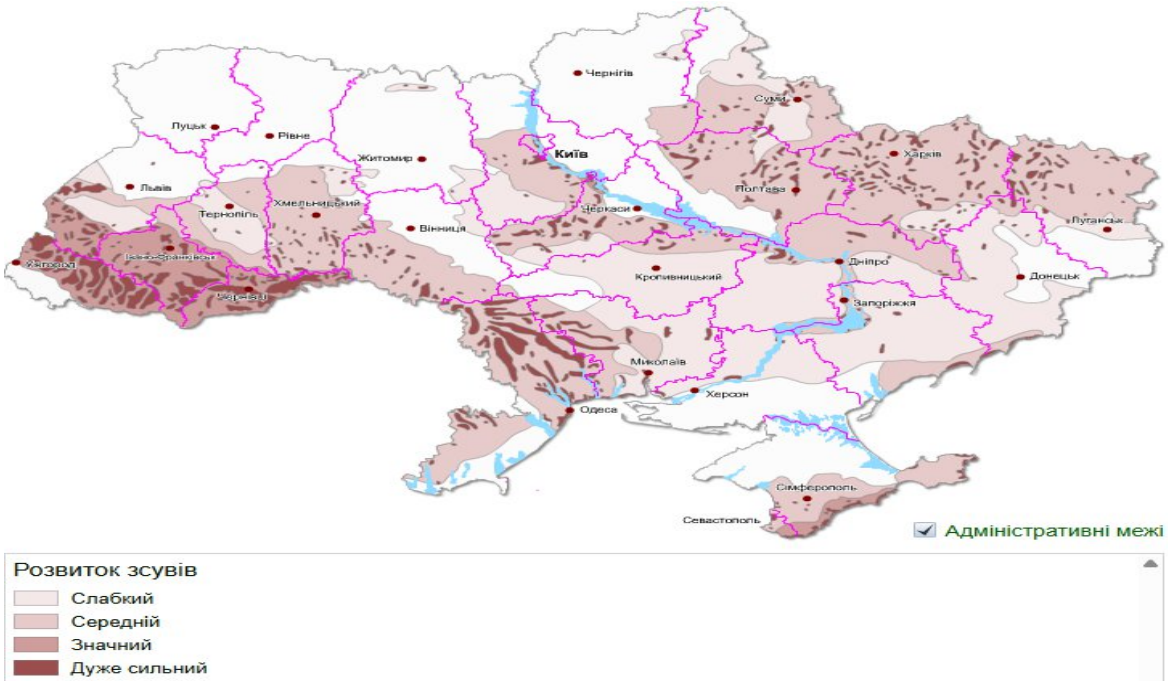

Рисунок 3.1 – Поширення та інтенсивність розвитку зсувних процесів на території України [16]

На рисунку 3.1 відображено територіальне поширення зсувних процесів на території України з їх диференціацією за ступенем інтенсивності розвитку. Виділено чотири категорії: слабкий, середній, значний та дуже сильний розвиток зсувів.

Аналіз картографічного матеріалу свідчить про чітку просторову нерівномірність поширення зсувних процесів. Найбільш інтенсивний розвиток зсувів (значний і дуже сильний) приурочений до територій із складними геолого-геоморфологічними умовами, зокрема до гірських районів Карпат та Криму, а також до окремих ділянок уздовж узбережжя Чорного моря.

У межах Північно-західного Причорномор’я (Одеська, Миколаївська та частково Херсонська області) простежується переважно середній та значний рівень розвитку зсувів. Це пояснюється поширенням лесових і глинистих відкладів, значною крутизною берегових схилів та активною абразійною діяльністю моря. Окремі ділянки узбережжя характеризуються підвищеною

концентрацією зсувних проявів, що пов’язано з поєднанням природних факторів та інтенсивного антропогенного впливу [13].

Центральні та північні райони України здебільшого відзначаються слабким або середнім розвитком зсувних процесів, що обумовлено більш сприятливими умовами рельєфу та геологічної будови. Водночас локальні осередки підвищеної зсувної активності можуть формуватися в долинах річок та на схилах ярів і балок.

Карта підтверджує, що Північно-західне Причорномор’я належить до регіонів із підвищеною зсувною небезпекою, де поєднання природних умов і антропогенного навантаження створює передумови для активного розвитку зсувних процесів.

Динаміка зсувних процесів у регіоні характеризується як нестабільна та імпульсна. Активізація зсувів часто відбувається у періоди підвищеної вологості ґрунтів, інтенсивних опадів або штормової активності. У таких умовах відбувається швидке зниження міцності ґрунтового масиву та зростання гідростатичного тиску, що призводить до втрати рівноваги схилів.

Особливістю сучасної динаміки є чергування фаз активізації та відносної стабілізації зсувів. У періоди відносно сприятливих погодних умов зсувні процеси можуть уповільнюватися, однак повністю не припиняються, оскільки зберігається вплив довготривалих факторів, зокрема хвильової абразії та інфільтрації атмосферних опадів.

Важливу роль у просторово-часовій динаміці відіграє антропогенний фактор. Урбанізація прибережних територій, будівництво інженерних споруд, зміна природного водовідведення та вирубка рослинності призводять до порушення природної рівноваги схилів. Це сприяє локальній концентрації зсувів та збільшенню їх частоти на окремих ділянках узбережжя.

Динаміка зсувних процесів також залежить від тривалості та інтенсивності впливу гідрометеорологічних умов. Короткочасні екстремальні події, такі як сильні зливи або шторми, можуть викликати раптові зсуви, тоді як тривале

накопичення вологи в ґрунтах і поступове підрізання схилів морськими хвилями формують умови для повільних, але масштабних деформацій [21].

У сучасних умовах спостерігається тенденція до збільшення частоти проявів зсувних процесів, що може бути пов’язано як із природними кліматичними змінами, так і з посиленням антропогенного навантаження на прибережну зону. Це зумовлює необхідність системного моніторингу та оцінки зсувної небезпеки з урахуванням комплексної взаємодії всіх чинників.

Таким чином, поширення та динаміка зсувів у Північно-західному Причорномор’ї мають складний і багатофакторний характер, визначаючись поєднанням природних умов і діяльності людини. Просторові закономірності їх розвитку та часові коливання активності є важливими для розуміння сучасного стану берегової зони та прогнозування подальших змін.

Для більш детальної характеристики зсувних процесів у межах Північно-західного Причорномор’я доцільно здійснити їх узагальнену типізацію за морфологічними ознаками, умовами формування та ступенем сучасної активності. Такий підхід дозволяє систематизувати різноманітні прояви зсувів та виділити основні закономірності їх розвитку в межах досліджуваної території. Узагальнена класифікація наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Узагальнена характеристика зсувів у Північно-західному Причорномор'ї [22]

Тип зсуву	**Умови формування**	**Основні ознаки**	**Ступінь активності**
Обвально-зсувні	Круті схили, абразійна діяльність моря, слабкі породи	Різкі уступи, обриви, відрив блоків порід	Переважно активні
Пластичні (повзучі)	Водонасичені глинисті та лесові відклади, пологі та середні схили	Плавні деформації, тріщини, повільне зміщення масиву	Потенційно активні / повільно активні
Блокові зсуви	Наявність шаруватих порід із площинами ослаблення	Зміщення великих блоків уздовж площин ковзання	Активні або рецидивні
Делапсивні (опливини)	Перезволожені ґрунти, інтенсивні опади	Розтікання ґрунтової маси, відсутність чіткої площини ковзання	Тимчасово активні
Антропогенно активізовані	Будівництво, підрізання схилів, порушення дренажу	Локальні деформації, тріщини, просідання	Активні / вторинно активні

Представлена узагальнена класифікація свідчить про значну різноманітність зсувних процесів у межах досліджуваного регіону, що зумовлено варіабельністю геолого-геоморфологічних та гідрометеорологічних умов. Водночас простежується чітка залежність між типом зсуву, особливостями геологічної будови території та ступенем антропогенного впливу [6].

Аналіз таблиці дозволяє зробити висновок, що найбільш небезпечними з точки зору розвитку є обвально-зсувні та антропогенно активізовані типи, оскільки вони характеризуються високою швидкістю розвитку та значними обсягами переміщення масиву. У свою чергу, повзучі та делапсивні зсуви, хоча й розвиваються повільніше, можуть слугувати індикаторами потенційної нестійкості схилів і передувати більш масштабним деформаціям.

Типізація зсувів є важливим інструментом для оцінки їх сучасного стану та прогнозування подальшого розвитку, що має практичне значення для планування природокористування та інженерного захисту берегових територій.

Додатково до вже викладеного, у межах власного аналізу було приділено увагу якісній оцінці ступеня активності зсувів, що дозволило умовно диференціювати їх за рівнем сучасної динаміки на активні, стабілізовані та потенційно активні. Активні зсуви характеризуються наявністю свіжих деформацій рельєфу, оголених поверхонь зміщення, тріщин розриву та ознак сучасного переміщення масиву. Стабілізовані зсуви мають згладжений рельєф, часткове заростання рослинністю та відсутність ознак сучасної рухомості, однак можуть повторно активізуватися за несприятливих умов.

У ході дослідження також встановлено, що морфологічні ознаки зсувів (формування уступів, валів випирання, западин та зсувних тіл) можуть використовуватися як індикатори стадії розвитку процесу. Наявність виражених зсувних уступів і чітких меж зсувного тіла свідчить про відносно недавню активізацію, тоді як згладжені форми та відсутність різких перепадів рельєфу характерні для більш давніх утворень.

Окрему увагу в роботі приділено просторовим закономірностям повторної активізації зсувів. Встановлено, що значна частина сучасних зсувних проявів приурочена до раніше існуючих зсувних тіл, що свідчить про рецидивний характер процесів у регіоні. Це пояснюється тим, що зсувні маси зберігають внутрішню нестійкість, а зміна зовнішніх умов (зволоження, підрізання підніжжя, техногенне навантаження) може призводити до повторного зміщення.

Також у межах аналізу було відзначено роль локальних гідрогеологічних умов у формуванні просторової неоднорідності зсувів. Ділянки з утрудненим поверхневим стоком та накопиченням води в пониженнях рельєфу демонструють вищу схильність до розвитку зсувних процесів. У таких умовах відбувається локальне перезволоження ґрунтового масиву, що сприяє формуванню зон ослаблення та площин ковзання [22].

Окремо слід зазначити, що у процесі аналізу було враховано вплив берегової орієнтації відносно домінуючих вітрових напрямків. Ділянки узбережжя, відкриті для прямого впливу штормових вітрів і хвиль, зазнають більш інтенсивної абразії, що, у свою чергу, прискорює деградацію схилів і

активізацію зсувів. Навпаки, ділянки, частково захищені природними або штучними бар'єрами, демонструють відносно нижчу інтенсивність процесів.

Важливим результатом є також встановлення взаємозв'язку між темпами розвитку зсувів та змінами у водному балансі території. Підвищення кількості опадів або зміна їх режиму (перехід до більш інтенсивних, але короткочасних подій) призводить до швидшого насичення ґрунтів вологою, що збільшує ймовірність втрати стійкості схилів. У довгостроковій перспективі такі зміни можуть впливати на загальну тенденцію зростання зсувної активності в регіоні.

Доповнення результатів аналізу показало, що крім просторового розподілу та сезонної динаміки, важливими характеристиками зсувних процесів є їх стадійність, рецидивність, морфологічні ознаки та залежність від локальних гідрогеологічних і метеорологічних умов. Це дозволяє більш детально оцінити сучасний стан зсувної небезпеки та врахувати внутрішню структуру процесів при подальшому аналізі [24].

З наукової точки зору поширення та динаміка зсувів у межах Північно-західного Причорномор'я можуть бути інтерпретовані в рамках системного підходу до аналізу екзогенних геоморфологічних процесів. У цьому контексті зсув розглядається як відкрита динамічна система, стан якої визначається співвідношенням сил, що сприяють зміщенню масиву, та сил опору. Критичний стан схилу настає у випадку порушення цього балансу, що зумовлюється як поступовими змінами (накопичення вологи, ерозія підніжжя), так і раптовими впливами (інтенсивні опади, штормові навантаження, техногенні втручання).

З позицій геоморфологічного районування, зсувні процеси в регіоні мають чітку приуроченість до морфоструктурних елементів узбережжя, зокрема до ділянок абразійно-акумулятивних берегів, де поєднуються активні процеси руйнування та перенесення уламкового матеріалу. В межах таких зон формується специфічний морфодинамічний режим, для якого характерна висока чутливість до змін зовнішніх факторів.

Зсувні процеси супроводжуються деформацією ґрунтового масиву, утворенням тріщин, уступів та зміщенням блоків порід униз по схилу. У межах

зсувних тіл спостерігається порушення цілісності поверхневого шару, формування обривів та оголення нижчих геологічних горизонтів. Подібні морфологічні ознаки є типовими для активних або нещодавно активізованих зсувів.

Рисунок 3.2 – Розвиток зсувного процесу на береговому схилі Північно-західного Причорномор’я [17]

На рисунку 3.2 представлено характерний приклад активного зсувного процесу в межах берегової зони Чорного моря. Видно значне відступання берегового уступу, формування вертикальної стінки зриву та деформацію поверхні прибережної території.

Морфологічна будова зсуву свідчить про наявність чітко вираженої зсувної бровки, вздовж якої відбулося відокремлення масиву порід від основного

схилу. Нижня частина характеризується накопиченням зміщених ґрунтових мас, що формують зсувне тіло з нерівномірною структурою поверхні [28].

Даний випадок ілюструє типову ситуацію для абразійних берегів, де поєднання хвильового впливу, перезволоження ґрунтів та гравітаційних процесів призводить до поступового руйнування схилу. Особливої уваги заслуговує роль підрізання підніжжя схилу морськими хвилями, що зменшує опірність масиву та сприяє втраті рівноваги [7].

Окрім природних факторів, на розвиток подібних процесів впливає антропогенне освоєння прибережної зони, зокрема забудова територій поблизу бровки схилу, що додатково підвищує навантаження на нестійкі ділянки. У результаті такі території стають зонами підвищеної зсувної небезпеки, де ризик подальшої активізації процесів залишається високим.

Наведений приклад наочно демонструє механізм розвитку зсуву та підтверджує складний характер взаємодії природних і антропогенних чинників у межах берегової зони Північно-західного Причорномор’я [8].

Додатковим науковим аспектом є застосування концепції граничної рівноваги схилів, відповідно до якої стійкість схилу визначається співвідношенням його геометричних параметрів, фізико-механічних властивостей порід та гідрологічних умов. Зміна будь-якого з цих параметрів може призводити до переходу системи з квазістабільного стану в нестабільний, що проявляється у формі зсуву. У цьому контексті важливим є врахування коефіцієнта стійкості схилів, який відображає запас міцності ґрунтового масиву.

З урахуванням просторово-часового аналізу, зсувні процеси в регіоні можуть бути охарактеризовані як полігенетичні та поліциклічні, тобто такі, що формуються під впливом сукупності різночасових факторів і проходять через повторювані цикли активізації та стабілізації. Це зумовлює складність їх прогнозування та необхідність використання комплексних методів дослідження, включаючи дистанційне зондування Землі, геоінформаційне моделювання та польові інженерно-геологічні спостереження [26].

Науковий аналіз сучасного стану зсувних процесів передбачає не лише їх опис і картографування, але й встановлення причинно-наслідкових зв'язків між структурними елементами геосистеми, що дозволяє перейти від якісної характеристики до кількісної оцінки зсувної небезпеки та ризику.

Для наочного відображення причинно-наслідкових зв'язків між основними чинниками розвитку зсувних процесів доцільно представити узагальнену структурну схему їх формування та активізації. Така схема дозволяє систематизувати вплив природних і антропогенних факторів та простежити механізм переходу від окремих умов до безпосереднього виникнення зсувного процесу.

Рисунок 3.3 – Схема факторів формування та активізації зсувних процесів у Північно-західному Причорномор'ї [21]

Рисунок 3.3 відображає узагальнений механізм формування зсувних процесів, у якому природні, антропогенні та гідрометеорологічні чинники виступають як взаємопов'язані елементи єдиної системи. Їх сукупний вплив призводить до зміни напружено-деформованого стану ґрунтового масиву та зниження його стійкості.

Зі схеми видно, що зсувний процес є результатом не дії окремого фактора, а їх комплексної взаємодії, де кожен із чинників може виступати як тригер або як кумулятивний елемент, що поступово підвищує ймовірність втрати стійкості схилу. Такий підхід підкреслює необхідність врахування інтегрального впливу всіх груп факторів при оцінці зсувної небезпеки та прогнозуванні розвитку небезпечних геоморфологічних процесів [30].

3.2. Вплив зсувних процесів на природні комплекси та господарську діяльність

Зсувні процеси у береговій зоні Північно-західної частини Чорного моря є одним із ключових факторів трансформації природного середовища та обмеження господарського використання територій. Їхній вплив має комплексний характер і проявляється як у зміні природних компонентів ландшафтів, так і у значних соціально-економічних наслідках.

Для наочного узагальнення впливу зсувних процесів доцільно розглянути їх як комплексний фактор, що одночасно змінює як природні компоненти території, так і умови господарського освоєння. Зсуви виступають інтегральним геоморфологічним процесом, який поєднує механічне переміщення мас ґрунту, порушення структури рельєфу та трансформацію екологічних умов. У результаті цього формується система взаємопов’язаних наслідків, що охоплюють природні комплекси та різні види господарської діяльності [27].

Для систематизації зазначених впливів наведено узагальнену схему їхнього прояву.

Рисунок 3.4 – Вплив зсувних процесів на природні комплекси та господарську діяльність [23]

Рисунок 3.4 демонструє, що зсувні процеси мають багатокомпонентний вплив, який умовно можна поділити на дві основні групи – вплив на природні комплекси та вплив на господарську діяльність. У межах природного середовища зсуви призводять до деформації рельєфу, руйнування ґрунтового покриву, зміни гідрологічного режиму та деградації рослинності, що в сукупності сприяє зниженню біорізноманіття та активізації ерозійних процесів.

З боку господарської діяльності наслідки зсувів проявляються у пошкодженні будівель та інженерної інфраструктури, деформації транспортних шляхів і комунікацій, втраті сільськогосподарських земель та обмеженні можливостей забудови. Додатково зростають витрати на інженерний захист територій, а також знижується рекреаційна привабливість прибережних районів.

Зсувні процеси формують складну систему взаємозалежних природних і соціально-економічних наслідків, що потребує комплексного врахування при плануванні територій та реалізації заходів протизсувного захисту.

Зсуви суттєво змінюють морфологію берегової зони. У результаті зміщення мас ґрунту та порід відбувається руйнування схилів, формування

зсувних тіл, терасування рельєфу та утворення зсувних уступів. Це призводить до перебудови природних ландшафтів, втрати їхньої цілісності та стабільності [29].

Одним із важливих наслідків є деградація ґрунтового покриву. Під час зсувів відбувається змивання та переміщення родючого шару ґрунту, що знижує його агрономічну цінність. У зонах активізації зсувів ґрунти часто зазнають перемішування з підстилаючими породами, що погіршує їх фізико-хімічні властивості [22].

Зсувні процеси також впливають на гідрологічний режим території. Порушення природної структури схилів сприяє зміні напрямків поверхневого стоку, утворенню застійних зон води та підвищенню рівня зволоження ґрунтів. Це, у свою чергу, може активізувати подальші деформації схилів і сприяти розвитку вторинних зсувів.

В екосистемах спостерігається зміна рослинного покриву. Внаслідок зсувів відбувається знищення природної рослинності, що виконує стабілізуючу функцію для ґрунтів. На порушених ділянках формується вторинна рослинність, часто менш стійка та біологічно бідніша. Це призводить до зниження біорізноманіття та зміни структури екосистем.

Крім того, зсуви можуть спричиняти замулення прибережної смуги моря, зміну берегової лінії та впливати на гідродинамічні процеси в прибережній зоні. Це може мати довготривалі наслідки для прибережних екосистем, зокрема для водних біоценозів.

Господарська діяльність у регіонах, де активно розвиваються зсувні процеси, зазнає значних обмежень та ризиків. Насамперед це стосується будівництва та експлуатації інфраструктури. Зсувонебезпечні території характеризуються нестабільністю ґрунтової основи, що ускладнює зведення житлових будинків, доріг, інженерних споруд та інших об’єктів. У багатьох випадках необхідне проведення дорогих протизсувних заходів (дренаж, підпірні стінки, терасування, укріплення схилів).

Таблиця 3.2 – Основні наслідки зсувних процесів для природних комплексів і господарства [19]

Сфера впливу	**Наслідок**	**Характер впливу**	**Наслідки у довгостроковій перспективі**
Природні комплекси	Деградація ґрунтів	Фізичне переміщення та руйнування	Зниження родючості
Природні комплекси	Зміна рельєфу	Морфологічна перебудова	Формування зсувних форм
Природні комплекси	Зміна водного режиму	Порушення дренажу	Перезволоження
Господарство	Руйнування інфраструктури	Механічний вплив	Аварійність територій
Господарство	Втрата земель	Деформація поверхні	Скорочення угідь
Господарство	Обмеження будівництва	Небезпека зсувів	Підвищення вартості освоєння

Аналіз таблиці 3.2 дозволяє зробити висновок, що зсувні процеси мають різноспрямований і комплексний вплив як на природні комплекси, так і на господарську діяльність. У природному середовищі основними наслідками є деградація ґрунтового покриву, зміна морфології рельєфу, порушення гідрологічного режиму та зниження біорізноманіття. Ці процеси мають накопичувальний характер і можуть призводити до подальшої дестабілізації екосистем.

З точки зору господарського використання територій, найбільш суттєвими є втрати сільськогосподарських угідь, обмеження забудови, а також пошкодження інженерної інфраструктури, зокрема транспортних шляхів і будівель. Це зумовлює підвищення витрат на будівництво та експлуатацію об’єктів, а також необхідність впровадження спеціальних інженерно-геологічних заходів для стабілізації схилів [11].

Наслідки зсувних процесів мають як екологічний, так і економічний вимір, що підтверджує необхідність їх врахування при територіальному плануванні, природокористуванні та розробці заходів з інженерного захисту територій.

Зсуви можуть призводити до пошкодження або руйнування об’єктів інфраструктури. Це включає деформацію дорожнього полотна, обриви

комунікацій, руйнування будівель та споруд. Такі процеси створюють додаткові витрати на ремонт і відновлення, а також підвищують рівень аварійності територій.

У сільському господарстві зсувні процеси спричиняють втрату земельних ресурсів та зниження їх продуктивності. Ділянки, охоплені зсувами, часто стають непридатними для обробітку через зміну рельєфу, ерозійні процеси та деградацію ґрунтів. Це особливо актуально для прибережних районів, де сільськогосподарські угіддя обмежені.

Зсуви також впливають на рекреаційну діяльність і туризм. Руйнування природних ландшафтів, пляжних зон та небезпека перебування на схилах знижують привабливість територій для відпочинку. У результаті це може призводити до економічних втрат у сфері туризму [9].

Окремо слід відзначити вплив зсувів на планування територій. Наявність зсувонебезпечних ділянок вимагає врахування геологічних і геоморфологічних умов при розробці містобудівної документації, зонування територій та визначення допустимого навантаження на схили. Недостатній облік цих факторів може призвести до підвищення ризиків аварійних ситуацій [8].

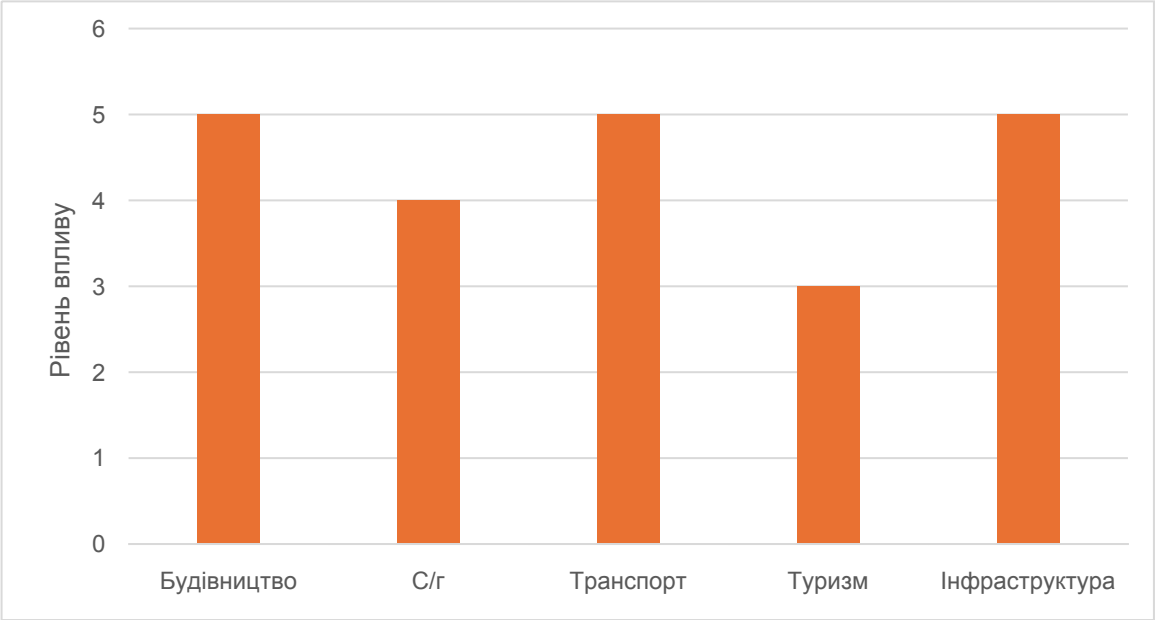

Рисунок 3.5 – Рівень впливу зсувів на господарську діяльність [1]

Аналіз рисунку 3.5 свідчить, що рівень впливу зсувних процесів на різні види господарської діяльності є неоднорідним і залежить від специфіки функціонування відповідних галузей. Найвищий ступінь впливу спостерігається для будівництва, транспортної інфраструктури та інженерних комунікацій, що пояснюється їх безпосередньою залежністю від стабільності геологічного середовища.

Сільське господарство також зазнає суттєвого впливу, насамперед через втрату продуктивних земель та зміну їх фізико-механічних властивостей. У свою чергу, рекреаційна сфера характеризується середнім рівнем впливу, що проявляється у зниженні привабливості територій, порушенні ландшафтної цілісності та обмеженні доступу до окремих ділянок узбережжя.

Загалом результати демонструють, що зсувні процеси виступають вагомим обмежувальним фактором розвитку господарського комплексу прибережних територій. Це зумовлює необхідність врахування зсувонебезпечності при плануванні територій, розміщенні об’єктів інфраструктури та реалізації заходів із запобігання та мінімізації негативних наслідків [7].

Зсувні процеси чинять багатогранний вплив на природні комплекси та господарську діяльність у Північно-західному Причорномор'ї. Вони призводять до трансформації рельєфу, деградації ґрунтів, зміни екосистем і гідрологічного режиму, а також створюють значні обмеження для будівництва, сільського господарства, рекреації та розвитку інфраструктури. У зв'язку з цим важливого значення набуває системний моніторинг зсувних процесів і впровадження ефективних заходів інженерного захисту територій.

3.3. Заходи моніторингу та запобігання розвитку зсувів у береговій зоні

Ефективне управління зсувонебезпечними територіями берегової зони Північно-західної частини Чорного моря передбачає поєднання систематичного моніторингу геодинамічних процесів із комплексом інженерно-технічних, організаційних та природоорієнтованих заходів, спрямованих на запобігання активізації зсувів або мінімізацію їх наслідків.

Моніторинг зсувних процесів є базовою складовою системи попередження. Він включає регулярне спостереження за станом схилів, аналіз змін їх морфології та фіксацію деформацій [8].

Основними методами моніторингу є:

Інженерно-геодезичні спостереження – вимірювання зміщень поверхні ґрунту за допомогою реперів, марок та сучасних GNSS-технологій;

Дистанційне зондування Землі – використання супутникових знімків та аерофотозйомки для виявлення змін рельєфу, тріщин та зон просідання;

Геофізичні методи – електророзвідка, сейсморозвідка та інші методи для визначення внутрішньої будови схилів і зон ослаблення;

Гідрогеологічний моніторинг – контроль рівня підземних вод, їх динаміки та ступеня насичення ґрунтів;

Інклінаційні та деформаційні спостереження – встановлення датчиків для реєстрації нахилів та мікрорухів масиву.

Важливою складовою є створення геоінформаційних систем (ГІС), які дозволяють інтегрувати дані різних типів, виконувати просторовий аналіз та прогнозувати розвиток зсувних процесів.

Заходи запобігання розвитку зсувів поділяються на пасивні та активні.

До пасивних заходів належать:

- обмеження або заборона забудови на зсувонебезпечних ділянках;
- раціональне землекористування з урахуванням геоморфологічних умов;
- регулювання вирубки рослинності та збереження природного рослинного покриву, який зміцнює ґрунти;
- встановлення зон санітарного та інженерного захисту.

Активні інженерні заходи включають:

- дренажні системи для зниження рівня ґрунтових вод і зменшення порового тиску;
- підпірні стінки, палі та анкери для механічного укріплення схилів;
- терасування схилів з метою зменшення крутизни та перерозподілу навантаження;
- укріплення берегів за допомогою габіонів, георешіток та інших конструкцій;
- інженерне водовідведення поверхневих вод (канави, лотки, зливові системи).

Особливу роль відіграють біотехнічні заходи, що поєднують інженерні рішення з використанням рослинності. Висадження дерев, кущів та трав’яного покриву сприяє зміцненню ґрунтів за рахунок кореневих систем, зменшенню ерозії та покращенню водного режиму схилів [1].

У сучасній практиці також застосовуються прогностичні моделі розвитку зсувів, які базуються на аналізі факторів стійкості схилів (кут нахилу, літологія, гідрологічні умови, антропогенне навантаження). Такі моделі дозволяють оцінювати ризики та планувати превентивні заходи.

Ефективна система запобігання зсувам у береговій зоні повинна ґрунтуватися на безперервному моніторингу, комплексному аналізі природних і

антропогенних факторів та впровадженні поєднання інженерних і природоорієнтованих рішень [19].

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було досліджено зсувні процеси в береговій зоні Північно-західної частини Чорного моря в межах України, визначено їх основні причини, закономірності поширення та наслідки для природних комплексів і господарської діяльності.

1. Аналіз сучасного стану вивчення проблеми підтвердив, що зсувні процеси в прибережній зоні є складною та динамічною геосистемою. Сучасні дослідження доводять, що їхній розвиток залежить не лише від природних факторів, а й від стрімкого зростання антропогенного навантаження на берегову лінію.

2. У результаті проведеного аналізу встановлено, що формування та активізація зсувних процесів зумовлюється сукупною дією природних і антропогенних факторів. До основних природних чинників належать геологічна будова території, зокрема наявність лесових та глинистих відкладів, складні гідрогеологічні умови, вплив морської абразії, а також кліматичні фактори, зокрема інтенсивні опади та сезонне перезволоження ґрунтів. Водночас антропогенний вплив, пов’язаний із забудовою прибережних територій, порушенням природного дренажу, надмірним зволоженням ґрунтів і нераціональним землекористуванням, суттєво підсилює нестійкість схилів.

3. Досліджено, що зсувні процеси мають чітко виражену просторову диференціацію та найбільш активно проявляються на ділянках із крутим розчленованим рельєфом, інтенсивним впливом морських хвиль і високим рівнем ґрунтових вод. Установлено, що розвиток зсувів супроводжується деформацією берегових схилів, утворенням зсувних тіл і уступів, що призводить до трансформації рельєфу прибережної зони.

4. Оцінка впливу зсувних процесів показала, що вони суттєво змінюють природні комплекси, спричиняючи деградацію ґрунтового покриву, зміну гідрологічного режиму, порушення рослинного покриву та зниження

біорізноманіття. Крім того, зсуви впливають на прибережні морські екосистеми через процеси замулення та зміну берегової лінії.

5. Встановлено, що зсувні процеси мають значний негативний вплив на господарську діяльність. Вони призводять до пошкодження та руйнування будівель і споруд, деформації транспортної та інженерної інфраструктури, втрати сільськогосподарських земель, а також обмежують можливості подальшої забудови та рекреаційного використання територій. Це зумовлює зростання економічних витрат на відновлення та захист територій.

6. У роботі обґрунтовано необхідність впровадження комплексу протизсувних заходів, зокрема інженерного укріплення схилів, регулювання поверхневого та підземного стоку, раціонального планування забудови та здійснення постійного моніторингу стану зсувонебезпечних територій.

Зсувні процеси в береговій зоні Північно-західного Причорномор’я є складним природно-антропогенним явищем, що потребує системного підходу до дослідження, прогнозування та управління з метою мінімізації їх негативного впливу на природне середовище та господарську діяльність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андріанова О. Р., Батирев О. А., Рощин Л. М. Зміни на узбережжі західної частини Чорного моря у зв'язку з кліматичними факторами // Вісник Одеського національного університету. Серія: Географічні та геологічні науки. 2022. Т. 26, № 2 (39). С. 11–21. URL: https://onu.edu.ua (дата звернення: 17.04.2026).
2. Арешкович О. О. Напружено-деформований стан ґрунтової основи зсувонебезпечної території : дис. … канд. техн. наук : 05.23.02. Київ, 2007. 179 с.
3. Бойко К. Є. Геологічні умови формування сучасних зсувів південного берега Криму // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія. 2015. Вип. 43. С. 33–38.
4. Веклич М. Ф. Палеогеоморфологія України. Київ : Наукова думка, 1966. 311 с.
5. Гаврилюк Р. В., Берлінський М. А. Небезпечні морські гідрологічні явища в північно-західній частині Чорного моря // Вісник Одеського національного університету. 2019. Т. 24, № 2 (35). С. 26–39. URL: https://onu.edu.ua (дата звернення: 17.04.2026).
6. Гожик П. Ф., Митропольський О. Ю. Геологічні процеси в Чорному морі та їх екологічні наслідки. Київ : НАН України, 2001. 300 с.
7. Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І. Природно-ресурсний потенціал України. Київ : Нічлава, 2005. 360 с.
8. ДБН В.1.1-3-97. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення. Київ, 1997.
9. Ковров О. С. Екологічна небезпека зсувів у національному та регіональному контексті // Збірник наукових праць НГУ. 2018. № 53. С. 278–290.
10. Ковров О. С. Екосистемний підхід при рекультивації техногенних ландшафтів // Збірник наукових праць НГУ. 2013. № 40. С. 194–203.
11. Ковров О. С., Колесник В. Є. Прогнозна оцінка зсувонебезпеки в регіонах України. Екологічні науки. 2018. № 1 (20). С. 32–38.
12. Кравець О. Я. Використання геоінформаційних технологій для дослідження зсувних процесів // Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Т. 30, № 2. С. 113–117. URL: https://doi.org/10.36930/40300219 (дата звернення: 17.04.2026).
13. Мадерич В. С. та ін. Чисельне моделювання змін рівня Чорного і Азовського морів. Системи підтримки прийняття рішень. Київ, 2017. С. 44–45.
14. Митропольський О. Ю., Безбородов А. А., Овчинников Є. І. Геохімія Чорного моря. Київ : Наукова думка, 1982. 312 с.

15. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році. Київ : МНС України, 2007. 210 с.
16. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2011 році. Київ : МНС України, 2012. 256 с.
17. Палієнко В. П. Геоморфологія України. Київ : Наукова думка, 2004. 480 с.
18. Рудько Г. І., Адаменко О. М. Екологічна геологія. Київ : Либідь, 2009. 432 с.
19. Рудько Г. І., Адаменко О. М. Екологічний моніторинг геологічного середовища. Львів : ЛНУ, 2001. 260 с.
20. Рудько Г. І., Адаменко О. М. Інженерна геологія. Київ : Манускрипт, 2001. 368 с.
21. Тимченко О. М. Визначення порушень стійкості схилів і укосів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. 2013. № 89. С. 108–114.
22. Тимченко О. М. Обґрунтування принципів призначення захисних заходів на зсувонебезпечних ділянках автомобільних доріг : автореф. дис. канд. техн. наук. Київ, 2015. 20 с.
23. Третяк А. М. Землекористування в Україні: теорія і практика. Київ : ТОВ «ЦЗРУ», 2012. 448 с.
24. Тучковенко О. А., Тучковенко Ю. С. Оцінка змін гідроекологічного режиму Тилігульського лиману. Водні біоресурси та аквакультура. 2021. № 2 (10). С. 176–186. URL: https://doi.org/10.32851/wba.2021.2.15 (дата звернення: 17.04.2026).
25. Шашенко О. М., Сдвижкова О. О., Гапєєв С. М. Деформованість та міцність масивів гірських порід. Дніпро : НГУ, 2008. 224 с.
26. Шашенко О. М., Пустовойтенко В. П. Механіка ґрунтів. Київ : Новий друк, 2008. 128 с.
27. Шуйський Ю. Д. Геоморфологія морських узбереж. Одеса : ОНУ, 2000. 350 с.
28. Dolukhanov P. M., Yanko-Hombach V. V. The Black Sea Flood Question: Changes in Coastline, Climate and Human Settlement. Dordrecht : Springer, 2007. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5302-3 (дата звернення: 17.04.2026).
29. European Environment Agency. European Climate Risk Assessment. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2024. URL: https://www.eea.europa.eu (дата звернення: 17.04.2026).
30. European Environment Agency. Landslides in Europe: hazard and risk assessment. Copenhagen : EEA, 2020. URL: https://www.eea.europa.eu (дата звернення: 17.04.2026).
31. Fell R. et al. Landslide risk management. London : CRC Press, 2005. URL: https://doi.org/10.1201/9781439833711 (дата звернення: 17.04.2026).

32. Guzzetti F. et al. Landslide inventory maps: New tools for an old problem // Earth-Science Reviews. 2012. Vol. 112. P. 42–66. URL: https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.02.001 (дата звернення: 17.04.2026).
33. Highland L. M., Bobrowsky P. Landslides – Disaster Risk Reduction. Berlin : Springer, 2008. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-540-69970-5 (дата звернення: 17.04.2026).
34. UNDRR. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022. Geneva, 2022. URL: https://www.undrr.org (дата звернення: 17.04.2026).
35. Wilson L. et al. Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office, 2021. URL: https://www.metoffice.gov.uk (дата звернення: 17.04.2026).