УДК 551.515.2:656.61
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.5-68.47

ОЦІНКА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ СУДНОВИХ АВАРІЙ У ПІВНІЧНІЙ АТЛАНТИЦІ ЗА ДАНИМИ РЕАНАЛІЗУ ERA5

Семергей-Чумаченко А.Б. (orcid.org/0000-0001-8718-4073),
Шепель В.В. (orcid.org/0000-0002-3734-3731)
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова
вул. Всеволода Змієнко, 2, 65082, м. Одеса
asemergey2016@gmail.com, victoriya.shepel@gmail.com

У статті представлено методологічний підхід до кількісної оцінки взаємозв'язку між метеорологічними умовами та аварійністю морських суден в Північній Атлантиці на основі поєднання даних реаналізу ERA5 та архівних записів про реальні морські інциденти. Актуальність дослідження зумовлена зростаючою частотою екстремальних метеорологічних явищ у регіоні на тлі глобального потепління та відсутністю систематичних підходів до кількісного зіставлення архівних даних про аварії із даними реаналізу. Дослідження базується на даних реаналізу ERA5 з часовою дискретністю 6 годин для акваторії 20–70°N, 80°W–10°E за 2014–2019 рр., а також на структурованому датасеті Naval_v2, що містить задокументовані суднові аварії із координатами, датою та типом інциденту. Після просторово-часової фільтрації для аналізу відібрано 21 випадок аварії, кожному з яких методом найближчого сусіда зіставлено відповідні значення швидкості вітру та тиску ERA5. Випадки розподілені на дві категорії – пов'язані з погодними умовами (n=9) та інші типи аварій (n=12) – для порівняльного аналізу з використанням t-тесту Уелча. Виявлено односпрямовану тенденцію до вищих значень швидкості вітру (6,61 проти 5,29 м/с) та нижчого тиску (1011,5 проти 1012,4 гПа) для погодозалежних аварій, проте різниця не досягла статистичної значущості (p=0,500 та p=0,860 відповідно), що пояснюється малим обсягом вибірки та переважно прибережним і портовим розташуванням більшості інцидентів (86%). Встановлено, що широкі категорії типу аварії мають обмежену придатність як індикатор погодної зумовленості інциденту. Результати підкреслюють цінність підходу для подальших досліджень із розширеною вибіркою даних. *Ключові слова*: зміна клімату, Північна Атлантика, штормова активність, реаналіз ERA5, зміна клімату, безпека судноплавства, морські інциденти.

Assessment of Meteorological Conditions of Ship Accidents in the North Atlantic Based on ERA5 Reanalysis Data. Semerhei-Chumachenko A., Shepel V.

This paper presents a methodological approach to the quantitative assessment of the relationship between meteorological conditions and vessel accident rates in the North Atlantic, based on the combination of ERA5 reanalysis data and archival records of real maritime incidents. The relevance of the study is driven by the increasing frequency of extreme meteorological events in the region amid global warming, and by the lack of systematic approaches to quantitatively matching archival accident data with reanalysis data. The study is based on ERA5 reanalysis data at 6-hour temporal resolution for the area 20–70°N, 80°W–10°E over 2014–2019, as well as on the structured Naval_v2 dataset, which contains documented vessel accidents with coordinates, date, and incident type. After spatiotemporal filtering, 21 accident cases were selected for analysis, each matched via the nearest-neighbor method to the corresponding ERA5 wind speed and pressure values. The cases were divided into two categories – weather-related (n=9) and other accident types (n=12) – for comparative analysis using Welch's t-test. A unidirectional trend was found toward higher wind speed values (6.61 vs. 5.29 m/s) and lower pressure (1011.5 vs. 1012.4 hPa) for weather-related accidents, though the difference did not reach statistical significance (p=0.500 and p=0.860), which is explained by the small sample size and the predominantly coastal and port location of most incidents (86%). It was established that broad accident-type categories have limited suitability as an indicator of weather-related causation. The results underscore the value of the proposed approach for further studies with an expanded data sample. *Key words*: climate change, North Atlantic, storm activity, ERA5 reanalysis, maritime safety, marine incidents.

Постановка проблеми. Зміна клімату суттєво трансформує характер атмосферної циркуляції у Північній Атлантиці, зумовлюючи зміщення штормових треків, зростання інтенсивності позатропічних циклонів та збільшення повторюваності екстремальних вітрових і хвильових явищ. Оскільки Північна Атлантика є одним із найбільш завантажених морських коридорів світу, зміни режиму небезпечних гідрометеорологічних умов у цьому регіоні мають безпосередній вплив на безпеку мореплавства. Втім, попри значну кількість досліджень штормової активності та окремо статистики морських аварій, комплексний аналіз, який би кількісно оцінював внесок кліматичних змін штормового режиму у формування ризику суднових інцидентів, залишається недостатньо розробленим – наявні бази даних

© Семергей-Чумаченко А.Б., Шепель В.В., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

про аварії рідко супроводжуються верифікованими метеорологічними параметрами на момент події.

Використання даних реаналізу ERA5, які забезпечують просторово й часово узгоджені ряди метеопараметрів за багаторічний період, дозволяє подолати це обмеження шляхом систематичного зіставлення архівних записів про реальні інциденти зі штормовими індексами. Таким чином, актуальною є проблема кількісної оцінки взаємозв'язку між змінами клімату та рівнем аварійності суднового транспорту у Північній Атлантиці, вирішення якої сформує наукову основу для вдосконалення систем прогнозу морських ризиків.

Актуальність дослідження визначається зростаючою частотою та інтенсивністю екстремальних гідрометеорологічних явищ у Північній Атлантиці на тлі глобальної зміни клімату, що потребує наукового переосмислення підходів до оцінки морських ризиків. Судноплавство залишається основним способом міжконтинентального вантажоперевезення, а регіон дослідження – один із найінтенсивніших і водночас найнебезпечніших маршрутів через високу повторюваність позатропічних циклонів, тому навіть незначне зміщення штормових трендів здатне суттєво вплинути на безпеку мореплавства та економічні втрати галузі.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано згідно з цілями та завданнями, що сформульовані в науково-дослідних роботах кафедри метеорології та кліматології факультету гідрометеорології і екології Одеського Національного Університету імені І.І. Мечникова (ФГМіЕ ОНУ ім. І.І. Мечникова) «Модернізація методів прогнозу небезпечних явищ погоди для різних регіонів України» (№ ДР 0125U000647, 2025-2029 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Комплексний звіт Всесвітньої метеорологічної організації за 2025 р. вказує, що період 2015–2025 рр. є найтеплішим 11-річчям за всю історію спостережень, а сам 2025 рік став другим або третім найтеплішим роком з показником близько +1,43 °C відносно доіндустріального рівня [1]. Уперше до звіту включено новий ключовий кліматичний індикатор – дисбаланс енергії Землі, який засвідчив рекордне накопичення тепла в кліматичній системі за 2001–2025 рр., причому близько 90% надлишкової енергії акумулюється Світовим океаном [1]. Це підтверджує інтенсифікацію енергообміну між океаном та атмосферою, що безпосередньо впливає на штормогенез та умови судноплавства у Північній Атлантиці.

Власні попередні дослідження авторів встановили тенденції до потепління північно-західної частини Північної Атлантики (регіони Гренландії та Ньюфаундленду), зсув фаз Північноатлантичного коливання (NAO) та пов'язану з ним перебудову ядра позатропічної штормової зони і зміщення осі струминної течії на північ [2; 3].

Дослідження Wang et al. на основі ансамблевого реаналізу XX століття виявило статистично значущі довгострокові тренди та низькочастотну мінливість активності позатропічних циклонів у Північній Атлантиці, підтверджуючи посилення штормової активності в окремі періоди спостережень [4]. Огляд Bricheno et al. узагальнює сучасні прогнозні та ретроспективні оцінки змін штормового та хвильового режиму для акваторії Великої Британії та Ірландії, вказуючи на зростання повторюваності екстремальних штормових епізодів в останні десятиліття [5]. У свою чергу, дослідження Poo & Yang акцентує на практичних наслідках кліматичної мінливості для функціонування судноплавних мереж, наголошуючи на необхідності підвищення їхньої стійкості до штормових ризиків [6].

Класичне дослідження Guedes Soares et al. присвячене безпосередньо частоті аварій суден за важких погодних умов саме у Північній Атлантиці, встановлюючи зв'язок між географічним розподілом аварій та зонами підвищеної хвильової небезпеки [9]. Пізніша робота Zhang et al. розвиває цей підхід на глобальному матеріалі, зіставляючи місця аварій суден із розподілом хвильової небезпеки за океанічним хвильовим атласом та виокремлюючи роль зибу (swell) як самостійного фактора ризику, що є методологічним орієнтиром для запропонованого в цій статті підходу поєднання архівних записів про інциденти з кліматичними індексами реаналізу [10].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попри значний доробок у вивченні окремо кліматичних трендів Північної Атлантики та окремо факторів суднової аварійності, комплексні дослідження, які кількісно пов'язують довгострокові зміни штормового режиму (на основі реаналізу ERA5) з архівними даними про реальні морські інциденти, залишаються нечисленними, що й зумовлює актуальність цієї роботи.

Мета дослідження полягає у кількісній оцінці взаємозв'язку між гідрометеорологічними умовами (швидкістю вітру, атмосферним тиском) та рівнем аварійності суднового транспорту в Північній Атлантиці на основі просторово-часового зіставлення даних реаналізу ERA5 з архівними записами про реальні морські інциденти.

Новизна полягає у вперше здійсненому для регіону Північної Атлантики точковому просторово-часовому зіставленні реальних архівних записів про суднові аварії (Naval_v2) з відповідними метеорологічними умовами за даними реаналізу ERA5 на момент кожного конкретного інциденту. На відміну від попередніх досліджень, які розглядали аварійність суден та кліматичні характеристики штормів переважно окремо або на основі агрегованих/усереднених показників, у роботі застосовано метод найближчого сусіда для прямого зіставлення координат і дати кожної аварії з локальними значеннями

швидкості вітру та атмосферного тиску, що дало змогу здійснити кількісне порівняння гідрометеорологічних умов між категоріями аварій різного походження (погодозалежні та інші) за допомогою статистичного тестування (t-тест Уелча), а не лише якісно констатувати можливий зв'язок, як це здійснювалося в частині попередніх досліджень

Методологічне значення дослідження полягає у розробленні та апробації підходу до просторово-часового зіставлення даних реаналізу ERA5 з архівними записами про реальні морські інциденти, що поєднує точкову прив'язку координат і дат аварій до відповідних метеорологічних умов (швидкість вітру, атмосферний тиск) на момент події методом найближчого сусіда з подальшим порівняльним статистичним аналізом (t-тест Уелча) між категоріями аварій різного походження. Запропонований підхід дозволяє перейти від якісної констатації можливого зв'язку між погодними умовами та аварійністю суден до кількісної оцінки цього зв'язку на рівні конкретних задокументованих випадків. Розроблена методика може бути використана як універсальний інструмент для аналогічних досліджень в інших акваторіях Світового океану за умови розширення обсягу вибірки, а також для вдосконалення систем прогнозування морських ризиків та підтримки прийняття рішень у сфері безпеки судноплавства.

Загальнонаукове значення дослідження полягає дослідження полягає у поглибленні розуміння механізмів взаємозв'язку між кліматичними змінами та безпекою критично важливої транспортної інфраструктури Світового океану.

Викладення основного матеріалу. Дослідження базується на двох масивах даних за період 2014–2019 рр. Кліматологічну основу становлять дані реаналізу ERA5 (Copernicus Climate Data Store) [7] – зональна та меридіональна компоненти вітру на висоті 10 м (u10, v10) та середній тиск на рівні моря (msl), отримані з часовою дискретністю 6 годин (00, 06, 12, 18 UTC) для акваторії Північної Атлантики в межах 20–70°N, 80°W–10°E. Просторова роздільна здатність становить 0,25°×0,25° (201×361 вузлів сітки), загальний обсяг часового ряду – 8764 термінів спостережень без пропусків.

Дані про реальні морські інциденти отримано з відкритого структурованого датасету Naval_v2 [8] (Kaklis et al., 2021), який містить 249 задокументованих випадків аварій суден за 1983–2020 рр. на основі офіційних звітів морських розслідувань (NTSB, MAIB, DMAIB та ін.), включно з координатами місця події, датою, типом аварії та супутніми гідрометеорологічними параметрами. Після фільтрації за просторовими межами досліджуваного регіону та часовим періодом, що відповідає доступним даним ERA5 (2014–2019 рр.), для аналізу було відібрано 21 випадок аварії. Кожному інциденту було зіставлено найближчі за просторовою локацією та часом значення швидкості вітру й атмосферного тиску з масиву ERA5 методом найближчого сусіда (nearest neighbor).

Для подальшого аналізу випадки аварій було розподілено на дві категорії за характером первинної причини: «пов'язані з погодними умовами» (Sinking Heavy Weather, Heavy-weather, Flooding, Capsizing, Capsizing and sinking, Capsizing/Listing; n=9) та «інші» (Collision, Grounding, Fire, тощо; n=12), що дозволило порівняти гідрометеорологічні умови між групами аварій різної природи.

Аналіз 21 випадку суднових аварій у Північній Атлантиці за 2014–2019 рр. виявив тенденцію до вищих значень швидкості вітру для аварій, класифікованих як пов'язані з погодними умовами (6,61 ± 4,75 м/с; n=9), порівняно з іншими типами аварій (5,29 ± 3,70 м/с; n=12), проте різниця не є статистично значущою (t=0,691; p=0,500) за результатами t-тесту Уелча. Аналогічне порівняння за середнім тиском на рівні моря не виявило змістовної різниці між групами (1011,5 та 1012,4 гПа відповідно). Відсутність статистичної значущості пояснюється обмеженим обсягом вибірки, високою гетерогенністю типів інцидентів у межах кожної категорії та переважно прибережним/портовим характером більшості задокументованих аварій (рис. 1), що знижує чутливість до штормових індексів відкритого океану.

Просторовий розподіл проаналізованих інцидентів (Рис. 1) демонструє виразну неоднорідність географічного поширення аварій у межах досліджуваного регіону. Абсолютна більшість випадків (18 з 21) зосереджена в прибережній зоні східної частини Північної Атлантики – вздовж узбережжя Великої Британії, Ірландії, Франції та Піренейського півострова, а також поблизу Канарських островів.

Лише один випадок зафіксовано у відкритій акваторії західної частини регіону (судно Carnival Pride поблизу Балтимора) та один – у крайній південно-західній частині досліджуваної акваторії, з максимальним зафіксованим значенням швидкості вітру (17,4 м/с), що відповідає випадку загибелі судна El Faro під час проходження тропічного циклону Хоакін у жовтні 2015 р.

Кольорове кодування точок за швидкістю вітру ERA5 на момент аварії наочно демонструє, що переважна більшість прибережних інцидентів відбувалася за відносно спокійних гідрометеорологічних умов (2–6 м/с), тоді як підвищені значення швидкості вітру (>9 м/с) зафіксовано лише для поодиноких випадків. Такий просторовий патерн опосередковано пояснює відсутність статистично значущої різниці між категоріями аварій (підрозділ вище): переважання портових і навколопортових інцидентів, спричинених здебільшого навігаційними та експлуатаційними факторами, а не штормовими умовами, знижує загальну чутливість вибірки до штормових індексів ERA5.

Порівняльний аналіз гідрометеорологічних умов між двома категоріями суднових аварій (рис. 2) виявив односпрямовану, проте статистично незна-

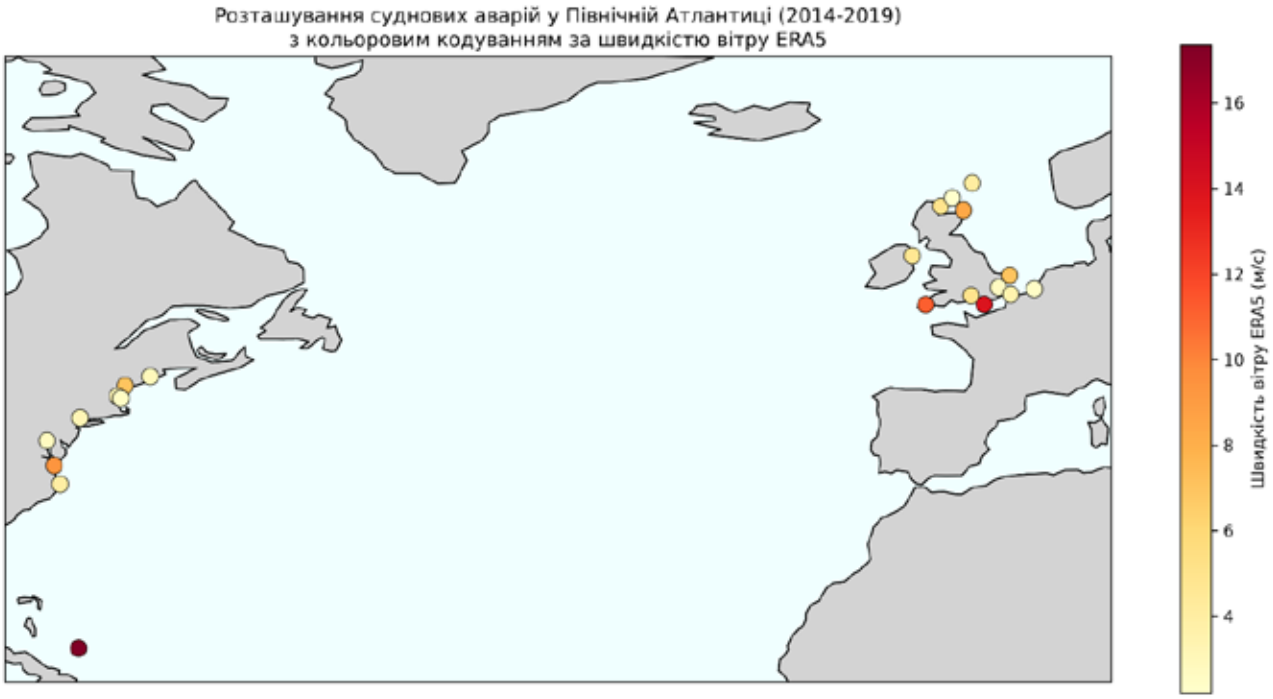


Рис. 1. Розташування суднових аварій у Північній Атлантиці (2014–2019) з кольоровим кодуванням за швидкістю вітру ERA5

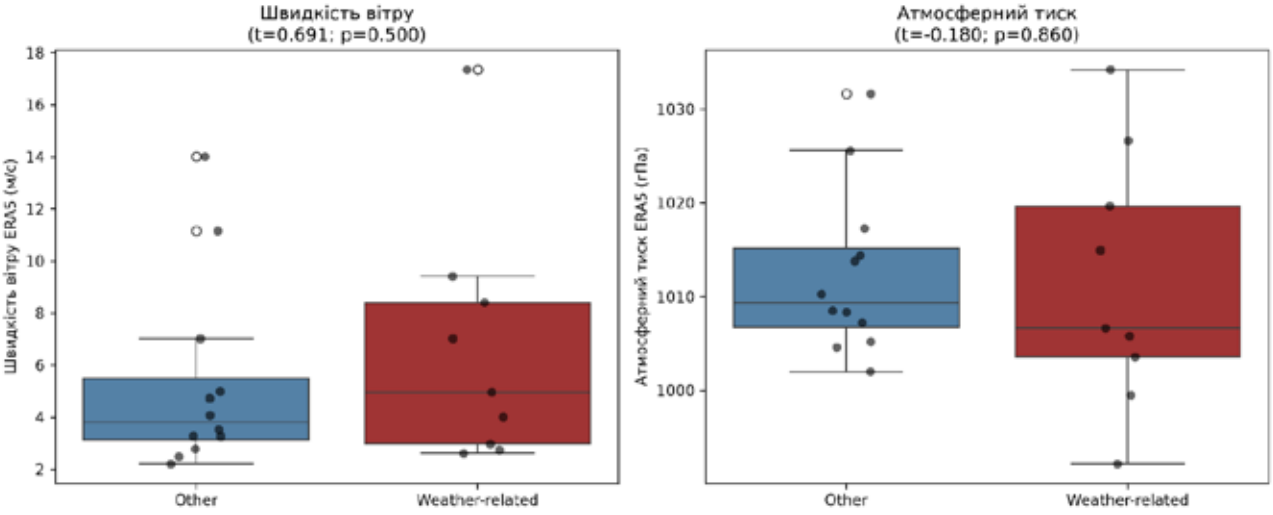


Рис. 2. Розподіл швидкості вітру (ліворуч) та атмосферного тиску на рівні моря (праворуч) за даними ERA5 для двох категорій суднових аварій: пов'язаних з погодними умовами (n=9) та інших типів (n=12)

чущу тенденцію за обома досліджуваними параметрами. Медіанна швидкість вітру ERA5 для аварій, класифікованих як пов'язані з погодними умовами, була вищою порівняно з іншими типами інцидентів, а розподіл значень у цій категорії характеризувався ширшим міжквартильним розмахом (3,0–8,4 м/с проти 3,2–5,5 м/с), що включав екстремальне значення 17,4 м/с (випадок El Faro). Різниця середніх значень не досягла статистичної значущості (t=0,691; p=0,500).

Аналогічна картина спостерігається для атмосферного тиску на рівні моря: попри дещо нижче медіанне значення в категорії погодозалежних аварій (1006,3 гПа проти 1009,4 гПа), загальний розкид значень у цій групі виявився суттєво ширшим – від екстремально низького (985 гПа, також відповідає випадку El Faro) до аномально високого (1034 гПа), тоді як розподіл тиску для «інших» аварій був компактнішим (1002–1025 гПа). Різниця середніх значень тиску також не є статистично значущою (t=-0,180; p=0,860).

Виявлений широкий розкид значень у категорії погодозалежних аварій, попри її менший обсяг (n=9), свідчить про високу гетерогенність первинних причин у межах цієї групи: поряд із випадками, безпосередньо зумовленими екстремальними штормовими умовами (Sinking Heavy Weather), до категорії потрапляють й інциденти (Capsizing, Flooding), що могли статися за відносно спокійної погоди внаслідок конструктивних або експлуатаційних факторів. Це вказує на обмежену придатність широких категоріальних класифікацій типу аварії як самостійного індикатора погодної зумовленості інциденту та підкреслює необхідність точкового, а не групового аналізу зв'язку між гідрометеорологічними умовами та кожним конкретним випадком.

Отримані результати частково узгоджуються, а частково контрастують із висновками попередніх досліджень, розглянутих у огляді літератури. З одного боку, виявлений напрямок тенденції (вищі значення швидкості вітру та нижчий тиск для погодозалежних аварій) відповідає загальній логіці класичних робіт Guedes Soares et al. та Zhang et al., які встановили зв'язок між зонами підвищеної хвильової небезпеки та географічним розподілом суднових аварій у Північній Атлантиці [9; 10]. З іншого боку, відсутність статистичної значущості в нашому дослідженні контрастує з переконливішими результатами цих робіт, що можна пояснити принциповою відмінністю методологічних підходів: згадані дослідження оперували значно більшими вибірками (десятки років спостережень) та здебільшого фокусувалися на аваріях у відкритому океані, тоді як 86% випадків (18 з 21) у нашій вибірці зосереджені в прибережній та портовій зоні (Рис. 1), де аварійність частіше зумовлена навігаційними, технічними та людськими факторами, а не безпосередньо штормом.

Це узгоджується з висновком [6] щодо необхідності диференційованого підходу до оцінки кліматичних ризиків судноплавних мереж залежно від типу маршруту та інфраструктури: транзитні коридори в океані та прибережні/портові зони мають принципово різну чутливість до штормів. У контексті виявлених у нашому огляді літератури довгострокових трендів штормової активності Північної Атлантики [4; 5] отримані результати не заперечують гіпотезу про зростання кліматично зумовленого ризику для судноплавства, але вказують на те, що цей зв'язок, ймовірно, проявляється нерівномірно – переважно для трансатлантичних рейсів та суден, що потрапляють у зону дії інтенсивних позатропічних циклонів (як у випадку El Faro), тоді як для портових інцидентів превалюють інші фактори ризику.

Окремої уваги заслуговує методологічне обмеження, пов'язане з характером зіставлення даних: у дослідженні використано точкові значення метеопараметрів ERA5 на момент фіксації аварії, тоді як реальний розвиток морської катастрофи (особливо типу «Sinking Heavy Weather» чи «Capsizing») часто є результатом кумулятивного впливу штормових умов протягом попередніх годин або навіть діб, а не миттєвого стану атмосфери. Це може призводити до недооцінки фактичного внеску погодного фактору та частково пояснює слабкість виявленого статистичного зв'язку.

Обмеження дослідження. Ключовим обмеженням є малий обсяг вибірки (n=21), зумовлений тим, що використаний датасет Naval_v2 [8], попри високу якість документування окремих випадків, не є спеціалізованою базою даних для регіону Північної Атлантики і охоплює лише обмежену кількість інцидентів у заданих просторово-часових межах. Додатковим обмеженням є висока гетерогенність категорії «типу аварії» – об'єднання в одну групу різних за механізмом подій (від раптового затоплення під час шторму до поступового накопичення несправностей) знижує статистичну потужність порівняння.

Головні висновки.

1. Встановлено односпрямовану, проте статистично незначущу тенденцію до вищих значень швидкості вітру (6,61 проти 5,29 м/с; t=0,691; p=0,500) та нижчого атмосферного тиску (1011,5 проти 1012,4 гПа; t=-0,180; p=0,860) для аварій, класифікованих як пов'язані з погодними умовами, порівняно з іншими типами інцидентів.

2. Виявлено, що переважна більшість проаналізованих випадків (86%) зосереджена в прибережній та портовій зоні регіону, що є ключовим фактором, який обмежує чутливість вибірки до штормових індексів відкритого океану та пояснює відсутність статистичної значущості отриманих відмінностей.

3. Апробований у роботі методологічний підхід – поєднання даних реаналізу ERA5 з точковою прив'язкою координат і дат реальних інцидентів – довів свою придатність для кількісної оцінки кліматично зумовлених ризиків судноплавства.

4. Отримані результати підкреслюють необхідність розмежування трансатлантичних та прибережних інцидентів при подальшому вивченні впливу зміни клімату на безпеку судноплавства.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати вказують на доцільність розширення вибірки за рахунок залучення додаткових джерел даних про морські інциденти (USCG MISLE, EMSA EMCIP) для підвищення статистичної потужності аналізу, а також перехід від точкового зіставлення до аналізу часових рядів штормових індексів за 24–72 години, що передують аварії. Перспективним є також роздільний аналіз для відкритоокеанських та прибережних/портових інцидентів, що дозволить коректніше ізолювати внесок власне кліматичного фактора від навігаційних та експлуатаційних причин аварійності.

Література

1. State of the Global Climate 2025. Geneva: World Meteorological Organization, 2026. WMO-No. 1391. URL: https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate/state-of-global-climate-2025
2. Семергей-Чумаченко А. Б., Шегель В. В. Changes in meteorological characteristics of the North Atlantic under global warming. Український гідрометеорологічний журнал. 2025. № 34-35. С. 18–31. DOI: https://doi.org/10.32782/uhj.34-35.2025.02
3. Семергей-Чумаченко А. Б., Шепель В. В. Вплив підвищення температури повітря та океану у Північній Атлантиці на трансокеанічне судноплавство. Екологічні науки. 2025. № 6(63). С. 282–289. DOI: https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.6-63.44
4. Wang X.L., Feng Y., Compo G.P., Swail V.R., Zwiers F.W., Allan R.J., Sardeshmukh P.D. Trends and low frequency variability of extra-tropical cyclone activity in the ensemble of twentieth century reanalysis. *Climate Dynamics*. 2013. Vol. 40 (11-12). P. 2775–2800. DOI: https://doi.org/10.1007/s00382-012-1450-9
5. Bricheno L.M., Woolf D., Valiente N.G., Makrygianni N., Chowdhury P., Timmermans B. Climate change impacts on storms and waves relevant to the UK and Ireland. *MCCIP Science Review*. 2025. 24 p. DOI: https://doi.org/10.14465/2025.reu09.str
6. Ching-Pong Poo M., Yang Z. Optimising the resilience of shipping networks to climate vulnerability. Maritime Policy & Management. 2024. Vol. 51, № 1. P. 15–34. DOI: https://doi.org/10.1080/03088839.2022.2094488
7. Hersbach H., Bell B., Berrisford P., et al. The ERA5 global reanalysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 2020. Vol. 146. P. 1999–2049. DOI: https://doi.org/10.1002/qj.3803 (Last accessed: 05.07.2026)
8. Kaklis D., Varlamis I., Sardianos C., et al. Shipping Accidents Dataset (Naval / Naval_v2): Data-Driven Directions for Assessing Accident's Impact and Improving Safety Onboard. Data. 2021. Vol. 6, № 12. Art. 129. DOI: https://doi.org/10.3390/data6120129. Dataset: Zenodo. URL: https://zenodo.org/records/5592999 (Last accessed: 25.06.2026)
9. Guedes Soares C., Bitner-Gregersen E.M., Antão P. Analysis of the frequency of ship accidents under severe North Atlantic weather conditions. Design and Operation for Abnormal Conditions II. 2001. Vol. 2. P. 221–230.
10. Zhang M., et al. Global ship accidents and ocean swell-related sea states. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2017. Vol. 17. P. 2041–2051. DOI: https://doi.org/10.5194/nhess-17-2041-2017

Дата першого надходження статті до видання: 16.07.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 18.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 09.11.2026