

**Т. К. КУРАНДА**, заввідділу

**Н. Ю. ШВЕД**, канд. хім. наук, завсектору

**А. Б. ОСАДЧА**, с. н. с.

**Н. І. ВАВІЛІНА**, с. н. с.

## АНАЛІЗ СВІТОВИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ НАУКИ ЗА НАПРЯМАМИ МОРСЬКИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Резюме.** Світовий океан відіграє надзвичайно важливу роль у життєдіяльності людства, має вирішальне значення для прискореного розвитку світової економіки, а також є вагомим фактором геополітики. Попри величезний потенціал саморегуляції, його стан нині швидко погіршується, здебільшого за участю людини. Проблема більш повного розуміння ролі океану у функціонуванні системи Землі, взаємодії людини і океану набуває в цих умовах особливого значення, що потребує відповідних досліджень у багатьох галузях наук. Одним зі шляхів виявлення прогалин у знаннях про світовий океан може стати всебічний аналіз світового масиву наукових праць за напрямками морських досліджень. Аналіз світових тенденцій розвитку науки за напрямками морських досліджень здійснювався на основі даних міжнародних платформ Web of Science та Research4Life. Аналіз проводився за шістьма умовними сферами морських досліджень: 1) екологія річок, морів, океанів, прибережних територій, екологічних наслідків діяльності людини; 2) рибальство і аквакультура, діяльність із використання водних середовищ; 3) морська інфраструктура; 4) геологія та освоєння морських мінеральних та енергетичних ресурсів; 5) виробництво машин, устаткування, обладнання; 6) управління водними (морськими, океанічними, річковими) ресурсами за показниками кількості публікацій, кількості цитувань, темпів зростання цих показників. За результатами наукометричного аналізу публікацій визначено найбільш актуальні напрями морських досліджень, до яких зокрема належать: “мікропластик”, “біорізноманіття”, “водні біоресурси”, “морські види”, “аквакультура”, “штучний інтелект”, “інтернет речей”, “зелені” та “розумні” порти, “морські вітряні електростанції”, “захист від корозії”, “блакитна економіка”, що підтверджується результатами аналізу. На особливу увагу заслуговує світовий досвід (зокрема і України) щодо наукових розробок із захисту океану від пластику. Створений вченими реєстр технологій, які зараз використовуються або розробляються для запобігання появі або збору пластикового забруднення, налічує 52 технології.

**Ключові слова:** морські дослідження, морська екосистема, біорізноманіття, водні ресурси, біологія та екологія моря, рибальство, аквакультура, блакитна економіка, управління водними ресурсами.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Океани та моря є невіддільною частиною життя в Європі та по всьому світу. Вони відіграють важливу роль як джерело продовольства, надійний захист від наслідків глобального потепління і платформа для нових людських досягнень.

Проте наша здатність ефективно використовувати ці ресурси перебуває під загрозою через забруднення, зміни клімату та надмірну експлуатацію. Для забезпечення сталого розвитку океанів і морів необхідними є дослідження та інновації, які відіграють вирішальну роль у забезпеченні кращого контролю, розуміння, захисту, збереження та використання морських та океанічних ресурсів.

Інтеграція цих досліджень у стратегію біо-економіки світу допомагає забезпечити сталий розвиток і налагодити співпрацю між країнами.

### АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Результати досліджень з морської тематики відображені в багатьох наукових працях зарубіжних і вітчизняних учених, присвячених питанням: впливу діяльності людини та змін клімату на морське біорізноманіття [1; 2]; зменшення шкоди навколишньому середовищу та біорізноманіттю пластиківими відходами [3–5]; оцінювання екологічного ризику фармацевтичних сполук для морських екосистем [6]; гарантування безпеки морського судноплавства [7]; розвитку та підвищення енергоефективності морських портів [8]; забруднення підземних вод [9]; розвитку морської стратегії держав у сучасних умовах [10].

Попри значну кількість наукових праць, чимало проблем щодо відновлення та збереження водного середовища розкрито не повною мірою, що потребує подальших досліджень.

**Мета** статті полягає в дослідженні наукових публікацій зарубіжних та вітчизняних вчених і визначенні найбільш актуальних напрямів розвитку науки з морської тематики.

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Десятиліття Організації Об'єднаних Націй, присвячене науці про океан в інтересах стало-го розвитку (далі — Десятиліття), Генеральна Асамблея ООН проголосила з метою стимулювання наукових досліджень і технологічних інновацій на підтримку більш здорового та стійкого океану. За змістом цілі Десятиліття (2021–2030 рр.) спрямовані на поглиблення наукового розуміння процесів, які відбуваються в океані, а також накопичення нових знань в результаті реалізації науково-дослідних програм, що надає можливість під час оцінювання масштабів загроз прийняти спільні рішення щодо відновлення стану морських екосистем у майбутньому [11].

Океан — це 71 % поверхні земної кулі, з яких дослідженими на сьогодні є лише 50 %.

Першочерговими заходами для визначення дієвих методів і підходів управління ресурсами морської екосистеми має бути наповнення бази даних про дно Світового океану (збирання нової та упорядкування наявної інформації). Найближчим часом у суспільства є можливість використовувати міждисциплінарні досягнення під час вивчення океану для розуміння його як глобальної екосистеми, а використання механізмів зеленого відновлення та інвестування в морські дослідження піднесе на новий рівень розуміння блакитної екосистеми [12].

Аналіз результатів морських досліджень, які опубліковані в зарубіжних та вітчизняних наукових періодичних виданнях, засвідчує, що останніми роками морські дослідження проводяться за багатьма напрямками, зокрема: екосистема океану, біорізноманіття, енергетичні ресурси моря, вплив клімату на водні ресурси, якість води, мала гідроенергетика, рибне господарство, аквакультура, дослідницька інфраструктура, портова інфраструктура, логістика тощо.

Таблиця 1

**Публікаційна активність за сферами морських досліджень**

Назва сфери	Платформа Research4Life		Платформа Web of Science			
	Кількість публікацій за 5 років 2017–2021, од.	Темпи зростання кількості публікацій, %	Кількість публікацій за 5 років 2017–2021, од.	Темпи зростання кількості публікацій, %	Кількість цитувань публікацій за 5 років, од.	Темпи зростання кількості цитувань публікацій, %
1. Екологія річок, морів, океанів, прибережних територій, екологічних наслідків діяльності людини	1 517 721	117,8	137 724	133,3	1 402 959	3125,2
2. Рибальство і аквакультура, діяльність із використання водних середовищ	1 432 577	111,2	58 969	132,1	414 418	3680,8
3. Морська інфраструктура	198 281	131,3	17 061	99,7	76 121	3038,1
4. Геологія та освоєння морських мінеральних та енергетичних ресурсів	257 492	117,4	71 639	132,2	498 088	3014,7
5. Виробництво машин, устаткування, обладнання	128 875	139,4	9064	153,5	64 616	5318,2
6. Управління водними (морськими, океанічними, річковими) ресурсами	948 609	110,3	20 258	160,2	185 949	2816,5

За результатами наукометричного аналізу стану публікаційної активності за шістьма сферами морських досліджень найбільш результативними щодо кількості наукових публікацій виявилися сфери № 1, 2, та 4 (табл. 1).

Темпи найбільш активного зростання кількості публікацій у 2022 р. проти 2021 р. спостерігаються за сферами № 1, 5 та 6 (рис. 1).

Аналіз кількості публікацій і цитувань, а також темпів зростання цих показників за напрямками сфери морських досліджень **“1. Екологія річок, морів, океанів, прибережних територій, екологічних наслідків діяльності людини”** свідчить, що найкраща публікаційна активність спостерігається за напрямками “1.3. Біорізноманіття” — 35,5 % від загальної кількості публікацій сфери і “1.1. Морська екосистема” (34,4 %). Однак найвищі показники щодо темпів зростання як кількості публікацій, так і цитувань належать напрямку “1.2. Екологія річок, морів, океанів” (рис. 2).

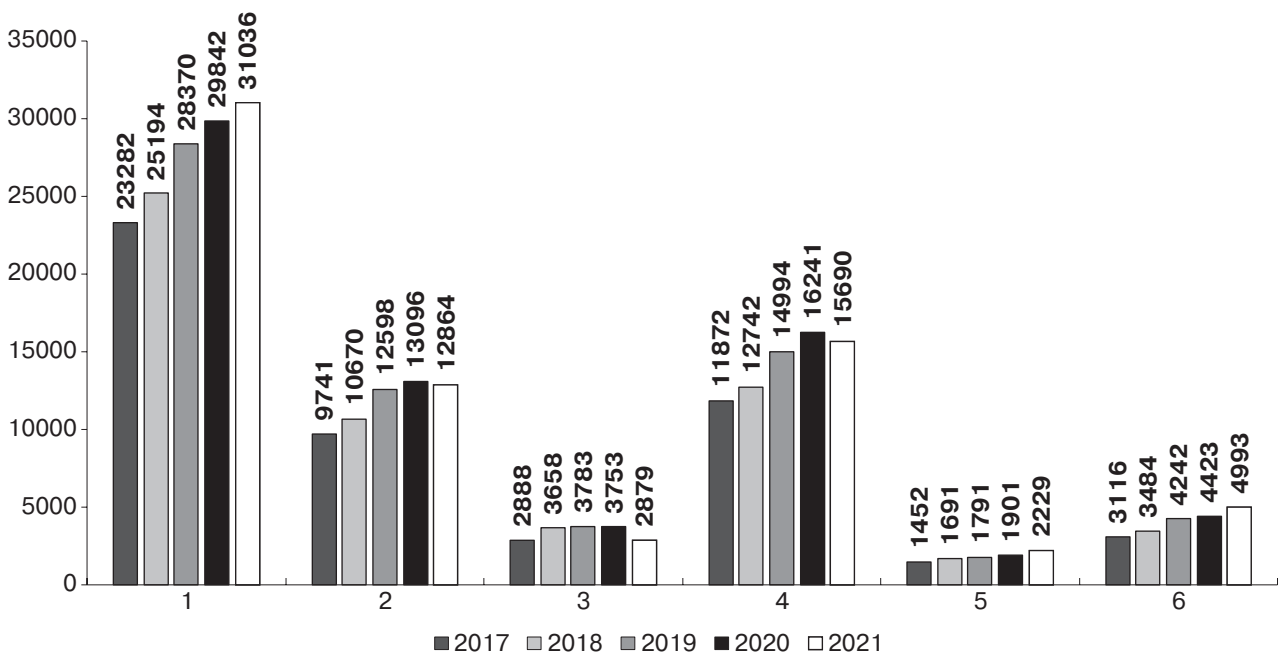
Найбільш актуальними виявилися такі піднапрями, як “забруднення пластиком” та “біорізноманіття”.

Пластикові відходи накопичуються в океані із загрозливою швидкістю. Підраховано, що щорічно у водні екосистеми потрапляє 19–23 млн т

пластику, який становить 80 % усього морського сміття, знайденого від поверхневих вод до глибоководних відкладень [13].

Потрапивши в довкілля пластик біологічно не розкладається, а поступово накопичується у вигляді відходів. Щороку мільйони тонн сміття потрапляють у світовий океан і скупчуються в окремих його районах. Одна з найвідоміших антропогенних пластикових плям знаходиться у північній (субтропічній) частині Тихого океану, зазвичай у ЗМІ її називають Великою тихоокеанською сміттевою плямою (Great Pacific Garbage Patch, GPP). Розташований між 135°–155° західної довготи та 35°–42° північної широти, за площею цей гігантський “пластиковий суп” вдвічі більший за Україну, площа якої становить 603 628 км<sup>2</sup>, і містить у шість разів більше пластику, аніж важить уся біомаса планктону Світового океану. Близько 54 % сміття надходить з суші Північної Америки та Азії, решта — з нафтових платформ, пасажирських і вантажних суден, які скидають сміття прямо у воду або втрачають його [14].

Існує багато ідей щодо очищення пластику в океанах, включаючи вилучення пластикових частинок у гирлах річок перед входом в океан та очищення океанських круговоротів. Українськими



1. Екологія річок, морів, океанів, прибережних територій, екологічних наслідків діяльності людини.
2. Рибальство і аквакультура, діяльність із використання водних середовищ.
3. Морська інфраструктура
4. Геологія та освоєння морських мінеральних та енергетичних ресурсів.
5. Виробництво машин, устаткування, обладнання.
6. Управління водними (морськими, океанічними, річковими) ресурсами.

Рис. 1. Динаміка кількості публікацій на платформі Web of Science за сферами досліджень



**Рис. 2.** Оцінка актуальності публікацій за показниками темпів зростання кількості публікацій і цитувань у розрізі напрямів сфери дослідження “Екологія річок, морів, океанів, прибережних територій, екологічних наслідків діяльності людини” за період 2017–2021 рр.

вченими з Національного університету кораблебудування була запропонована дослідницька ініціатива з утилізації пластику за допомогою системи суден (Ocean Plastic Utilisation Ships System — OPUSS). Головною метою проекту є всебічна оптимізація процесу очищення океану — з точки зору комерційної привабливості та екологічної ефективності. Проект спрямований на використання кругових (або замкнених) та якомога коротших логістичних схем очищення морів та океанів. Завдяки цьому підвищується загальна ефективність процесу очищення морів та океанів. Скорочення логістичних ланцюгів може полягати у використанні продуктів переробки безпосередньо на судах-збирачах або плавучих комплексах переробки — “на воді” — якнайближче від місць збирання/переробки пластику до кінцевих споживачів продуктів переробки. Наприклад, використовується такий ланцюг: 1) збирання та сортування пластику; 2) переробка на паливо та додаткові продукти; 3) використання палива для підтримання процесу збирання/переробки пластику або транспортування додаткових продуктів до кінцевих споживачів [15].

Оскільки пластикові відходи накопичуються в океані із загрозливою швидкістю, то потреба в ефективних і стійких рішеннях для розв’язання цієї проблеми є гострою. Однак на сьогодні цим технологіям присвячено мало публікацій,

а інформація про різні технологічні розробки є розрізною. З метою усунення цієї прогалини вчені створили реєстр технологій, які зараз використовуються чи розробляються для запобігання появи або збору пластикового забруднення. Було визначено 52 такі технології. З них майже 60 % зосереджено саме на зборі макропластикових відходів, які вже знаходяться у водних шляхах. Цей перелік технологій (<https://nicholasinstitute.duke.edu/plastics-technology-inventory>) є вичерпним і надійним джерелом інформації про стан доступних технологій для розв’язання цієї глобальної проблеми, який можна використовувати як дорожню карту для політиків, новаторів і дослідників, щоб допомогти у визначенні сильних і слабких сторін чинних технологічних підходів [16].

Пластик має залишатися на першому місці в політичному порядку денному в Європі та в усьому світі не лише для мінімізації витоку пластику та забруднення, а й для сприяння сталому зростанню та стимулюванню як “зеленої”, так і “блакитної” економіки.

Серед факторів, які загрожують морському біорізноманіттю в усьому світі, науковці визначають глобальне потепління, забруднення морського середовища мікропластиком, фармацевтичними препаратами, пестицидами тощо.

Зміна клімату впливає на прісноводні та морські екосистеми, а підвищення температури

ри океану та підкислення досі тривають. Навіть незначне підвищення температури впливає на життєвий цикл, фізіологію, поведінку, розподіл і структуру популяції водних біоресурсів, особливо риб. Останні дослідження показують, що деякі інфекційні захворювання риб поширюються набагато швидше з підвищенням температури. Водні біоресурси мають високу кумулятивну смертність від інфекційних захворювань, а патогени швидко прогресують. Саме тому вони можуть бути викликані зміною клімату, що призводить до географічного поширення вірулентних патогенів на об'єкти рибальства та аквакультури [17].

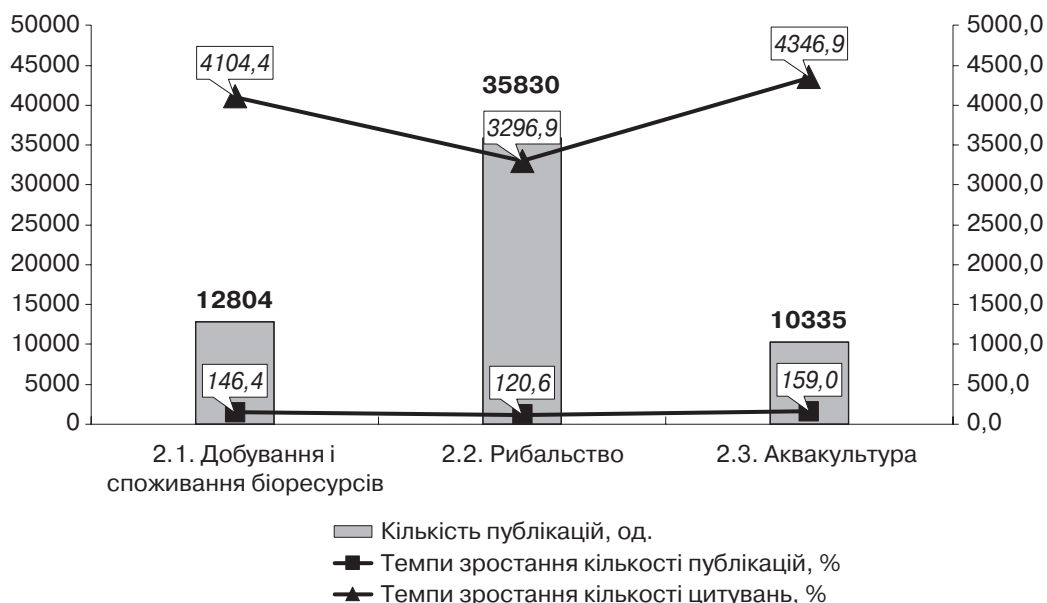
Найкраща публікаційна активність у межах сфери **“2. Рибальство і аквакультура, діяльність із використання водних середовищ”** спостерігається за напрямом досліджень “2.2. Рибальство” — 60,8 % від загальної кількості публікацій сфери, однак найвищі показники щодо темпів зростання як кількості публікацій, так і цитувань належать напрямку “2.3. Аквакультура” (рис. 3).

Ретроспективний аналіз зростання споживання продуктів світової аквакультури, здійснений FAO (Food and Agriculture Organization), засвідчує, що у досить короткий історичний термін “аквакультура” стає головним джерелом споживання риби людиною, перевищивши обсяг промислового рибальства. Відносний вклад аквакультури в загальний обсяг виробництва достатній для споживання в їжу риби у 1950-ті рр.

становив 4 %, а у 2018 р. — 52 %. Глобальним лідером виробництва продукції аквакультури став Китай, частка якого в загальному обсязі становить понад 90 %.

У цьому сегменті рибальства широко використовуються датчики збору оптичних (за допомогою відеокамер) і фізичних даних із метою моніторингу, наприклад, вирощення і здоров'я риб, оптимізації кормових режимів тощо. У секторі аквакультури важливу роль відіграють ДНК-технології, які використовуються для розведення риби та виявлення патогенних мікроорганізмів у системах раннього попередження. Окрім того, ДНК можна використовувати для підтвердження справжності конкретних продуктів зі збереженням даних у структурі на основі блокчейну [18].

Морські водорості, вирощені аквакультурою, можуть допомогти закрити прогнозований розрив у майбутніх потребах суспільства в харчуванні, водночас покращуючи екологічну стійкість. Виробництво продуктів харчування на основі морських водоростей може зробити більший внесок, ніж загальний світовий попит на білок, прогнозований на 2050 р., який коливається від 263,8 млн т на рік до 286,5 млн т на рік. Зазначена технологія також має важливі переваги в галузі харчування та екологічної стійкості в порівнянні з наземним сільським господарством. Морські водорості можуть забезпечити найкраще джерело високоякісного поживного білка, незамінних амінокислот та



**Рис. 3.** Оцінка актуальності публікацій за показниками темпів зростання кількості публікацій та цитувань у розрізі напрямів сфери дослідження “Рибальство й аквакультура, діяльність із використання водних середовищ” за період 2017–2021 рр.

інших мікроелементів у порівнянні з наземними рослинами [19].

У межах сфери досліджень **“3. Морська інфраструктура”** найкраща публікаційна активність спостерігається за напрямом досліджень **“3.1. Дослідницька інфраструктура”** — 93,2 % від загальної кількості публікацій сфери (темпи зростання кількості публікацій та цитувань — 94,0 % та 2927,4 % відповідно). Найвищі ж показники темпів зростання кількості публікацій та цитувань (238,9 % та 6634,5 % відповідно) має напрям досліджень **“3.2. Інфраструктура порту”** (при частці кількості публікацій 6,8 %).

Найбільш актуальними за сферою **“3. Морська інфраструктура”** виявилися такі піднапрями, як **“штучний інтелект”**, **“інтернет речей”**, **“зелені”** та **“розумні” порти**.

Швидкий розвиток штучного інтелекту значно сприяє навігації з метою уникнення зіткнень морських автономних надводних кораблів (MASS), що розширює можливості для скоординованих і взаємопов’язаних операцій. Досліджуються відповідні вказівки Міжнародної морської організації (IMO) і промислові кодекси кожної країни на MASS. Потім докладно розглядаються основні досягнення в галузі досліджень і розробок MASS та навігаційних технологій для уникнення зіткнень. Окрім того, композиції навігації для уникнення зіткнень, інспірованої когнітивної навігації, і технології електронної навігації аналізуються для ефективного систематичного з’ясування механізму та принципів у типових морських середовищах, завдяки чому висвітлюються тенденції в морських навігаційних системах для запобігання зіткненням [20].

Дослідження морських датчиків та інтернету речей (IoT) зросли в геометричній прогресії. Запропоновано легку та надійну модель для захисту морського середовища IoT від кібератак і зловмисних дій — оптимізований алгоритм Light Gradient Boosting Machine (Light-GBM), який охоплює техніку кодування міток для вибору найкращих функцій, налаштування гіперпараметрів і новий алгоритм для розробки моделі виявлення атак океану IoT. Оптимізована модель Light-GBM (як розширення традиційних методів) може впоратися з розподіленими IoT-атаками в глибоководних морських середовищах із низькою обчислювальною вартістю та з точністю виявлення 98,52 % [21].

Інтернет речей (IoT) у галузі морських технологій застосовується для отримання більшої кількості функцій та автоматизації операцій, пов’язаних з морем, а також для створення нових розумних пристроїв. У результаті цього традиційні порти та кораблі замінюються розумними портами і суднами. Запропоновано спеціа-

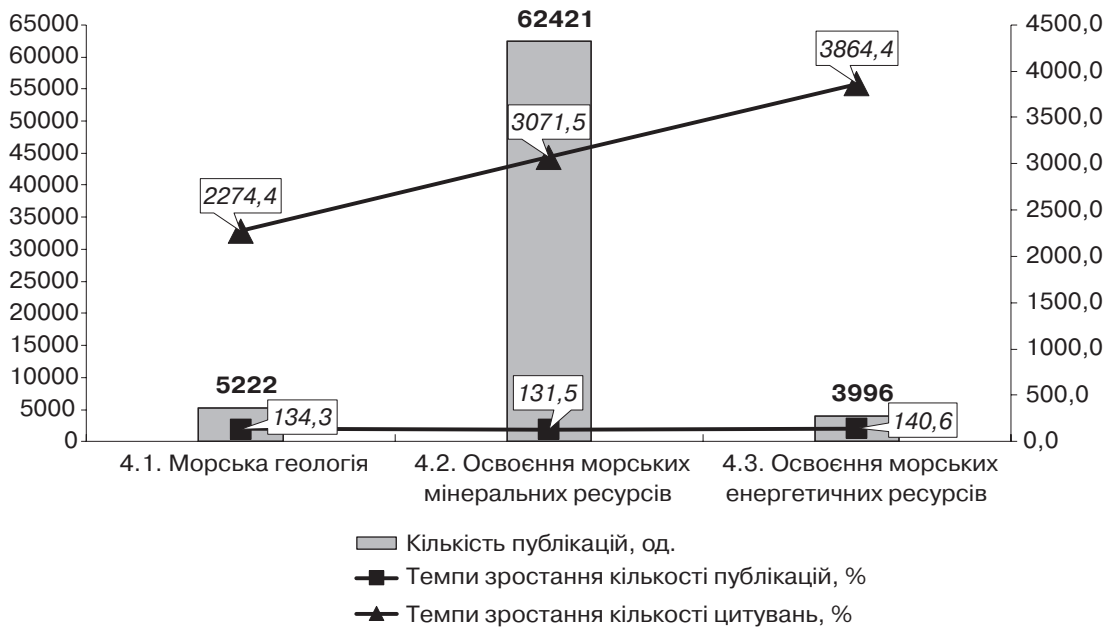
льну IoT-систему для автоматизації процедур зв’язку за допомогою датчиків шляхом пошуку доступного порожнього причалу, а також сповіщення про виявлення судна. Для Android було створено додаток **“Smart Ship Berthing”** [22].

Розвиток **“зеленого”** та **“розумного”** порту є значним прогресом у конкретному застосуванні енергозбереження та скорочення викидів, а також інтелектуальних технологій у портах і секторах морського судноплавства.

Порти характеризуються високим попитом на енергію та високою часткою викидів. Керуючись зростаючим усвідомленням потреб чистішого навколишнього середовища, сильнішою увагою до сталого розвитку та посиленням екологічних норм, порти змушені брати на себе відповідальність, коли йдеться про екологічні проблеми. У відповідь на це в останніх дослідженнях з’явилася концепція **“зелених портів”**. Водночас у контексті цифровізації термін **“розумні порти”** привертає дедалі більше уваги в останніх наукових дискусіях. Оскільки важлива рушійна сила екологічних морських операцій пов’язана з цифровізацією, то стверджується, що цифрові зусилля в портах мають поряд з автоматизацією внутрішніх логістичних процесів також сприяти зниженню викидів і потреби в енергії [23].

Останнім часом застосування відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) для систем розподілу електроенергії надзвичайно зростає. Цей прогрес приносить декілька переваг, з-поміж яких: енергетична стабільність і надійність, простіше технічне обслуговування, рентабельні джерела енергії та екологічність. Застосування ВДЕ в таких морських системах, як портові мережі, розгортання різних типів ВДЕ на основі силових електронних перетворювачів значно підвищує енергоефективність і зменшує використання вичерпного палива, що є серйозною загрозою для навколишнього середовища. Відповідно, порти отримують декілька ініціатив щодо підвищення їх енергоефективності шляхом розгортання різних типів ВДЕ на основі силових електронних перетворювачів. Розроблено інфраструктурну схему підвищення енергоефективності сучасних портів, включаючи інтелектуальні мікромережі морських портів [24].

Аналіз публікаційної активності за напрямом сфери **“4. Геологія та освоєння морських мінеральних та енергетичних ресурсів”** свідчить, що найбільша кількість публікацій спостерігається за напрямом **“4.2. Освоєння морських мінеральних ресурсів”** — 87,1 % від загальної кількості публікацій сфери, а найвищі показники щодо темпів зростання як кількості публікацій, так і цитувань належать напряму **“4.3. Освоєння морських енергетичних ресурсів”** (рис. 4).



**Рис. 4.** Оцінка актуальності публікацій за показниками темпів зростання кількості публікацій і цитувань у розрізі напрямів сфери дослідження “Геологія та освоєння морських мінеральних та енергетичних ресурсів” за період 2017–2021 рр.

Найбільш актуальним піднапрямом виявилися “морські вітряні електростанції”.

Офшорні вітряні електростанції (ОВЕ) є важливим джерелом відновлюваної енергії, що забезпечує 2,3 % попиту на електроенергію в Європейському Союзі.

Офшорні вітроенергетичні ресурси поки що не є повністю використаними відновлюваними джерелами енергії та можуть відігравати вирішальну роль у пом’якшенні наслідків зміни клімату шляхом виробництва відновлюваної електроенергії. Процеси планування, зокрема технічні, соціальні, екологічні, різні агенти та політичні проблеми, необхідні для розвитку морських вітроенергетичних проєктів [25].

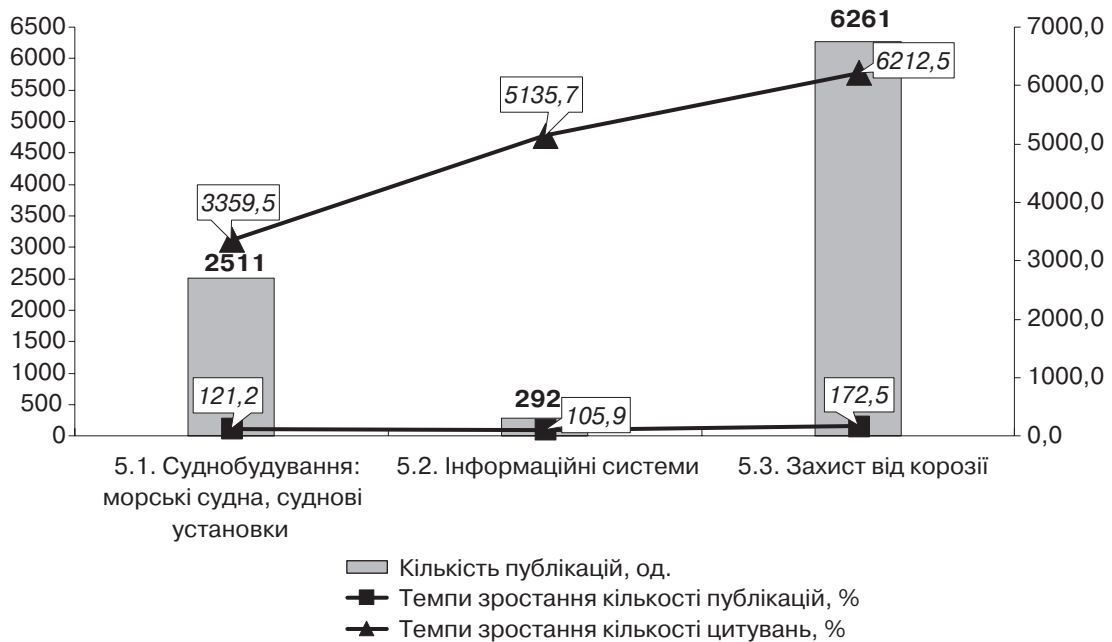
Швидкий розвиток ОВЕ стимулював дискусію про їх загальний соціально-економічний вплив. Розширення масштабу ОВЕ збільшує доступність електроенергії, але може витіснити рибальську діяльність і зменшити постачання продовольства. Щоб оцінити ці наслідки з макроекономічної точки зору, було розроблено обчислювану модель загальної рівноваги на прикладі Шотландії. Особливу увагу приділено розділеним секторам електроенергії та морепродуктів, їхньому взаємозв’язку з точки зору взаємозв’язку енергії та їжі, а також ефектам розподілу між групами домогосподарств. Результати показують, що через економічні зв’язки збільшення кількості ОВЕ матиме негативний, але обмежений вплив на сектори виробництва морепродуктів. Однак падіння вартості електро-

енергії матиме позитивний вплив на економіку загалом та принесе користь домогосподарствам із низькими доходами. Запропонована модель дає змогу підвищити обізнаність про взаємозв’язки між ОВЕ та виробництвом морепродуктів і застосовується до політики, що передбачає розвиток інших морських відновлюваних джерел енергії [26].

У межах сфери “**5. Виробництво машин, устаткування, обладнання**” перше місце як за кількістю публікацій (69,1 % від загальної кількості публікацій сфери), так і за темпами зростання публікацій та цитувань посідає напрям “5.3. Захист від корозії” (рис. 5).

Корозія є значною проблемою в багатьох промислових сферах. Особливо сильно піддається корозії обладнання, що контактує з агресивним середовищем. Найбільш поширене корозійне середовище — морська вода, що покриває понад 70 % земної поверхні. Більшість конструкційних матеріалів і сплавів руйнуються під дією морської води чи морського повітря. Тропічні умови є більш жорсткими в порівнянні з арктичними, а середні широти займають проміжне значення. Морській корозії піддаються: металева оббивка днищ судів, підводні трубопроводи, різні металоконструкції, що знаходяться у воді, металеві конструкції в портах тощо.

Серед інших стратегій, покриття нині є найважливішою технологією для антикорозійного захисту металевих поверхонь. Останнім часом



**Рис. 5.** Оцінка актуальності публікацій за показниками темпів зростання кількості публікацій і цитувань у розрізі напрямів сфери дослідження “5. Виробництво машин, устаткування, обладнання” за період 2017–2021 рр.

з’явилося багато розробок вдосконаленого покриття для захисту від корозії будь-якого типу: металеве, неорганічне, полімерне та наночастинкове.

Антикорозійні матеріали на основі графену проявляють відмінну хімічну інертність і непроникність, а також є перспективними і новими матеріалами для захисту металів від морської корозії. Визначено дві стратегії виготовлення матеріалів для захисту від корозії на основі графену. Для чистих графенових плівок менша кількість дефектів і низька провідність призводять до посилення антикорозійних властивостей. Для графенових композитних покриттів поліпшення дисперсності графену в матриці покриття і зміцнення довговічності роблять їх більш ефективними для захисту від корозії. Ізоляція дуже бажана для уникнення електрохімічних реакцій для захисту від сильної морської корозії на пізніх стадіях. У перспективі правильно підготовлене графенове композитне покриття може слугувати довгостроковим антикорозійним матеріалом для морських застосувань [27].

Силанові покриття повсюдно використовувалися для захисту бетонної конструкції від води та агресивних іонів у морському середовищі. Модифіковані силанові емульсії створюють більш високі гідрофобні ефекти на поверхні бетону [28].

Інгібітор корозії часто обирають як метод захисту від корозії для різних галузей промис-

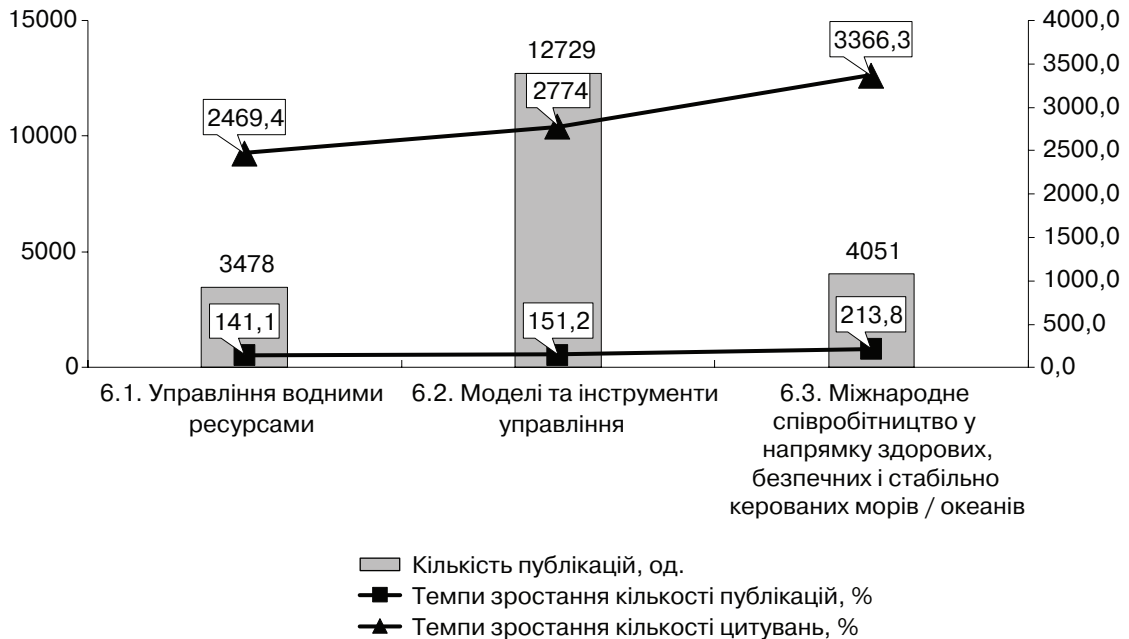
ловості по всьому світу. Розробка екологічно чистих інгібіторів корозії стала актуальною проблемою через різні екологічні норми, які застосовуються декількома країнами. Проте лабораторне дослідження було б виснажливим, дорогим і тривалим процесом. Тому штучна нейронна мережа (ШНМ) широко використовується для прогнозування результату на основі експериментальних значень. Отримані висновки стануть важливим інструментом для розробки моделі з єдиною метою прогнозування швидкості корозії, щоб забезпечити точний час для ремонту та графіку технічного обслуговування [29].

За напрямами сфери “**6. Управління водними (морськими, океанічними, річковими) ресурсами**” краща публікаційна активність спостерігається за напрямом досліджень “6.2. Моделі та інструменти управління!” — 62,8 % від загальної кількості публікацій сфери, найкращі ж показники темпів зростання публікацій і цитувань — “6.3. Міжнародне співробітництво в напрямі здорових, безпечних і стабільно керованих морів/океанів” (рис. 6).

Найактуальнішим виявився піднапрямок “**блукитна економіка**”.

У той час, коли людство дедалі більше розуміє важливість дослідження екосистем узбережжя та океану, політики та дослідницькі установи в усьому світі, які займаються проблемами океану та прибережних регіонів, вимагають





**Рис. 6.** Оцінка актуальності публікацій за показниками темпів зростання кількості публікацій та цитувань у розрізі напрямів сфери дослідження “6. Управління водними (морськими, океанічними, річковими) ресурсами” за період 2017–2021 рр.

подальшого та вдосконаленого аналізу “блакитної економіки”. Попри те, що “блакитна економіка” є відносно новою концепцією, існує багато можливостей для подальшого її розвитку, включаючи взяття на себе глобальної відповідальності щодо захисту морського екологічного середовища, зміцнення міжнародної комунікації та обміну досягненнями, а також сприяння встановленню глобальних “блакитних партнерств”.

“Блакитна економіка” сприяє пом’якшенню наслідків зміни клімату, розвиваючи морську відновлювану енергетику, декарбонізуючи морський транспорт та озеленюючи порти.

Ініціативи “блакитної економіки” або “блакитного зростання” розглядають океан як новий економічний кордон і передбачають узгодження з соціальними цілями та проблемами дрібно-масштабного рибальства (ДМР). Поглиблений аналіз виявляє принципові відмінності в ідеологіях, пріоритетах і підходах. Масштабні економічні інтереси та інтереси збереження навколишнього середовища ставлять під загрозу значні переваги, які забезпечує ДМР для продовольчої безпеки близько чотирьох мільярдів споживачів у всьому світі, а в країнах, що розвиваються, постає ключовим джерелом поживних мікроелементів і білка для більш ніж мільярда споживачів із низьким рівнем доходу. Запропоновані методи дають змогу дослідити, як управління океаном може краще враховувати соціальні аспекти рибальства [30].

Морське просторове планування (МПП), що спрямоване на зміну клімату в океані, є глобальним прагненням підтримувати економічне зростання, продовольчу безпеку та стійкість екосистем. Моделювання кліматичних змін (КЗ) океану може стати ключовим інструментом підтримки прийняття рішень для МПП, але традиційний аналіз моделювання та комунікаційні проблеми заважають їх широкому застосуванню. Застосовано специфічні для МПП аналізи моделювання клімату океану, розглядаючи питання про те, як захист природи та рибальство можуть бути адаптовані до КЗ. Виявлено, що запланований розподіл цих видів діяльності може стати нежиттєздатним під час реалізації політики через КЗ, що призведе до недосягнення цілей сталості та блакитного зростання. Було оцінено значні кліматичні зміни на рівні екосистем в компонентах океану, які лежать в основі визначених ділянок і рибальської діяльності, що відображає різну величину змін у бентосних і пелагічних, а також прибережних і морських середовищ існування. Використовуючи природний розподіл кліматичної стійкості в екосистемах океану, такі адаптивні до клімату стратегії просторового управління можна розглядати як природні рішення для обмеження впливу КЗ на екосистеми океану та залежні від них сектори блакитної економіки, прокладаючи шлях до кліматично розумного МПП [31].

## ВИСНОВКИ

Завдяки морським і водним дослідженням та інноваціям ми можемо зробити наступний важливий крок у напрямі захисту та відновлення морських і прісноводних екосистем, а також боротьби з забрудненням. Окрім того, можливість перетворити блакитну економіку на вуглецево-нейтральну та циклічну несе потенціал для розвитку стійких і екологічно чистих процесів у водному секторі.

Важливо зазначити, що морські та водні дослідження та інновації є не просто окремими частинами діяльності, а частиною стратегії біо-економіки Європейського Союзу. Результати цих досліджень можуть стати основою для розробки політики, а також виявлення прогалин і бар'єрів у поточних підходах.

Сучасні виклики, зокрема зміна клімату, втрата біорізноманіття, мають глобальний характер і вимагають спільних зусиль вчених і дослідників з усього світу. Співпраця щодо розв'язання цих проблем дасть змогу забезпечити збереження та стійкий розвиток важливих водних і морських ресурсів для майбутніх поколінь.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. O'Hara C. C. At-risk marine biodiversity faces extensive, expanding, and intensifying human impacts [Electronic resource] / C. C. O'Hara, M. Frazier, B. S. Halpern // *Science*. — 2021. — No. 372 (6537). — P. 84. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000636049300059>. <https://doi.org/10.1126/science.abe6731>.
2. Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate [Electronic resource] / Sala Enric, Mayorga Juan, Bradley Darcy et al. // *Nature*. — 2021. — Vol. 592. — Issue 7854. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000629906100007>.
3. Marine plastic pollution [Electronic resource] // IUCN. Issue Brief. — Access mode: <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-plastic-pollution>.
4. Savoca M. S. Plastic ingestion by marine fish is widespread and increasing [Electronic resource] / M. S. Savoca, A. G. McInturf, E. L. Hazen // *Global Change Biology*. — 2021. — Vol. 27. — Issue 10. — P. 2188–2199. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000616363200001>. <https://doi.org/10.1111/gcb.15533>.
5. Environmental pharmaceuticals and climate change: The case study of carbamazepine in *M. galloprovincialis* under ocean acidification scenario [Electronic resource] / Mezzelani Marica, Nardi Alessandro, Bernardini Ilaria et al. // *Environment International*. — 2021. — Vol. 146. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000604625600005>. — <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106269>.
6. Pharmaceuticals in the marine environment: What are the present challenges in their monitoring? [Electronic resource] / Branchet Perrine, Arpin-Pont Lauren, Piram Anne et al. // *Science of the Total Environment*. — 2021. — Vol. 766. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000617676800048>. — <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142644>.
7. A path planning strategy unified with a COLREGS collision avoidance function based on deep reinforcement learning and artificial potential field [Electronic resource] / Li Lingyu, Wu Defeng, Huang Youqiang, Yuan Zhi-Ming // *Applied Ocean Research*. — 2021. — Vol. 113. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000672806500001>. — <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102759>.
8. Згама А. Сучасні тенденції розвитку морегосподарського комплексу в Україні та світі [Електронний ресурс] / А. Згама, Д. Зятіна // *Фінансове право*. — 2021. — № 2. — С. 158–163. — Режим доступу: <https://hdl.handle.net/11300/24294>.
9. Крайнюков О. М. Вплив нафтохімічного забруднення на якість підземних вод (на прикладі Балакліївського району Харківської області) / О. М. Крайнюков, А. Й. Лур'є, В. М. Прибилова, І. А. Кривицька // *Екологічні науки*. — 2022. — Вип. 1 (40). — С. 17–22. — <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.3>.
10. Морська стратегія держави. Розвиток та реалізація морського потенціалу України [Електронний ресурс] // *Матеріали Міжнародного наукового форуму (Київ, 19–20 травня 2021 р.)*. — Київ : НУОУ ім. Івана Черняхівського, 2021. — 204 с. — Режим доступу: <https://nuou.org.ua/assets/documents/mor-strat-derzh.pdf>.
11. The Science we need for the ocean we want: the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021–2030) [Electronic resource]. — IOC/BRO/2018/7 REV. — 23 p. — Access mode: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf00002651981654/5000>.
12. Шевченко І. В. Від цілей сталого розвитку до дій “Десятиліття” / І. В. Шевченко // *Океанографічний журнал*. — 2020. — № 2 (13). — С. 38–46.
13. *Environment U. N.* Drowning in Plastics — Marine Litter and Plastic Waste [Electronic resource] / U. N. Environment // *Vital Graphics*. — 21.10.2021. — Access mode: <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>.
14. Чи можна пластикovu пляшку перетворити знову на нафту, газ чи вугілля? [Електронний ресурс] // УКРІНФОРМ. Мультимедійна платформа іномовлення України. — Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3295306-ci-mozna-plastikovu-plasku-peretvoriti-znovu-na-naftu-gaz-ci-vugilla.html>.
15. Жуков Ю. Д. Проект Opuss: перші результати і дорожня карта розвитку [Електронний ресурс] / Ю. Д. Жуков, О. В. Зівенко. — Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/355184373\\_OPUSS\\_PROJECT\\_FIRST\\_RESULTS\\_AND\\_ROADMAP\\_OF\\_DEVELOPMENT](https://www.researchgate.net/publication/355184373_OPUSS_PROJECT_FIRST_RESULTS_AND_ROADMAP_OF_DEVELOPMENT).
16. Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution / E. Schmaltz, E. C. Melvin, Z. E. F. Diana, et al. // *Environment International*. — 2020. — Vol. 144. — P. 106067. — <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>.
17. The impact of climate change on fish infectious diseases / Yu. Rud, O. Zaloilo, L. Buchatsky, I. Hrytsyniak // *Fisheries Science of Ukraine*. — 12/2020. — Issue 4(54). — P. 78–110 — <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.078>.

18. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. — Rome : FAO, 2020. — P. 186–187. — <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
19. Transforming the Future of Marine Aquaculture: A Circular Economy Approach [Electronic resource] / H. Greene Charles, M. Scott-Buechler Celina, L. P. Hausner Arjun et al. // *Oceanography* (Washington, D. C.). — 2022. — Vol. 35. — Issue 2. — P. 26–34. — Access mode: <https://go.exlibris.link/x51Gz4tb>. — <https://doi.org/10.5670/oceanog.2022.213>.
20. Collision-avoidance navigation systems for Maritime Autonomous Surface Ships: A state of the art survey [Electronic resource] / Zhang Xinyu, Wang Chengbo, Jiang Lingling et al. // *Ocean Engineering*. — 2021. — Vol. 235. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000685280300001>. — <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109380>.
21. An enhanced intelligent model: To protect marine IoT sensor environment using ensemble machine learning approach [Electronic resource] / Tiwari, Dimple, Bhati Bhoopesh Singh, Nagpal Bharti et al. // *Ocean Engineering*. — 2021. — Vol. 242. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000730063400003>. — <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110180>.
22. *Kamolov A.* An IoT-Based Ship Berthing Method Using a Set of Ultrasonic Sensors / A. Kamolov // *Sensors* (Basel, Switzerland). — 2019. — Vol. 19. — Issue 23. — <https://doi.org/10.3390/s19235181>.
23. Towards Green and Smart Seaports: Renewable Energy and Automation Technologies for Bulk Cargo Loading Operations [Electronic resource] / Philipp Robert, Prause Gunnar, Olaniyi Eunice O., Lemke Florian // *Environmental and climate technologies*. — 2021. — Vol. 25. — No. 1. — P. 650–665. — Access mode: <https://go.exlibris.link/CNbjfLTF>. — <https://doi.org/10.2478/rtuct-2021-0049>.
24. Future Greener Seaports: A Review of New Infrastructure, Challenges, and Energy Efficiency Measures [Electronic resource] / Sadiq Muhammad; Ali Syed Wajahat, Terriche Yacine et al. // *DOAJ*. — 2021. — Vol. 9. — P. 75568–75587. — Access mode: <https://go.exlibris.link/pSNGf2rm>. — <https://doi.org/10.1109/access.2021.3081430>.
25. Suitable site selection for offshore wind farms in Turkey's seas: GIS-MCDM based approach [Electronic resource] / Genc Mustafa Serdar, Karipoglu Fatih, Koca Kemal, Azgin Sukru Taner // *Earth Science Informatics*. — 2021. — Vol. 14. — Issue 3. — P. 1213–1225. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000656374900002>. — <https://doi.org/10.1007/s12145-021-00632-3>.
26. Energy-food nexus in the marine environment: A macroeconomic analysis on offshore wind energy and seafood production in Scotland [Electronic resource] / Qu Yang, Hooper Tara, Swales J. Kim et al. // *Energy Policy*. — 2021. — Vol. 149. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000615306000035>. — <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112027>.
27. *Wen G.* A Review of Graphene-Based Materials for Marine Corrosion Protection [Electronic resource] / Wen Gang, Bai Pengpeng, Tian Yu // *Journal of bio- and tribo-corrosion*. 01/01/2021. Vol. 7. — Access mode: <https://go.exlibris.link/d5DNdSRG>. — <https://doi.org/10.1007/s40735-020-00456-6>.
28. Investigation of composite silane emulsion modified by in-situ functionalized graphene oxide for cement-based materials [Electronic resource] / Hou Dongshuai, Wu Cong, Yin Bing et al. // *Construction and Building Materials*. — 2021. — Vol. 304. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000696606000004>. — <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124662>.
29. Multilayer Perceptron Model for the prediction of corrosion rate of Aluminium Alloy 5083 in seawater via different training algorithms [Electronic resource] / F. Zulkifli, S. Abdullah, M. J. Suriani et al. // 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering (CENVIRO). 2020. — *Electr Network*. 2021. — Vol. 646. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000685535200058>. — <https://doi.org/10.1088/1755-1315/646/1/012058>.
30. Securing a Just Space for Small-Scale Fisheries in the Blue Economy [Electronic resource] / J. Cohen Philippa, H. Allison Edward, L. Andrew Neil et al. // *Frontiers in Marine Science*. — 2019. — Vol. 6. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000465451100001>.
31. Bright spots as climate-smart marine spatial planning tools for conservation and blue growth [Electronic resource] / M. Queiros Ana, Elizabeth Talbot, J. Beaumont Nicola et al. // *Global Change Biology*. — 2021. — Vol. 27. — Issue 21. — P. 5514–5531. — Access mode: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000692752800001>. — <https://doi.org/10.1111/gcb.15827>.

## REFERENCES

1. O'Hara, C. C., Frazier, M., & Halpern, B. S. (2021). At-risk marine biodiversity faces extensive, expanding, and intensifying human impacts. *Science*, 372 (6537), 84. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000636049300059>. <https://doi.org/10.1126/science.abe6731>.
2. Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R. B., Atwood, T. B., & Auber, A. et al. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, 592 (7854). Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000629906100007>.
3. Marine plastic pollution. IUCN. Issue Brief. <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/marine-plastic-pollution>.
4. Savoca, M. S., McInturf, A. G., & Hazen, E. L. (2021). Plastic ingestion by marine fish is widespread and increasing. *Global Change Biology*, 27 (10), 2188–2199. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000616363200001>. <https://doi.org/10.1111/gcb.15533>.
5. Mezzelani, M., Nardi, A., Bernardini, I., Milan, M., Peruzza, L., & d'Errico, G. et al. (2021). Environmental pharmaceuticals and climate change: The case study of carbamazepine in *M. galloprovincialis* under ocean acidification scenario. *Environment International*, 146. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000604625600005>. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106269>.
6. Arpin-Pont, Lauren, Piram, A., Boissery, P., Wong-Wah-Chung, P., & Doumenq, P. (2021). Pharmaceuticals in the marine environment: What are the present challenges in their monitoring? *Science of the Total Environment*, 766. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000617676800048>. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142644>.

7. Li, L. Y., Wu, D. F., Huang, Y. Q., & Yuan, Z. M. (2021). A path planning strategy unified with a COLREGS collision avoidance function based on deep reinforcement learning and artificial potential field. *Applied Ocean Research*. 113. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000672806500001>. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102759>.
8. Zghama, A., & Ziatina, D. (2021). Suchasni tendentsii rozvytku morehospodarskoho kompleksu v Ukraini ta sviti [Modern trends in the development of the maritime complex in Ukraine and the world]. *Finansove pravo* [Finance law]. 2, 158–163. Retrieved from: <https://hdl.handle.net/11300/24294> [in Ukr.].
9. Krainiukov, O. M., Lurie, A. I., Prybylova, V. M., & Kryvytska, I. A. (2022). Vplyv naftokhimichnoho zabrudnennia na yakist pidzemnykh vod: na prykladi Balakliivskoho raionu Kharkivskoi oblasti [The influence of petrochemical pollution on the quality of groundwater: on the example of Balakliiv district of Kharkiv region]. *Ekologichni nauky* [Environmental sciences]. 1 (40), 17–22. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.3> [in Ukr.].
10. (2021). Morska stratehiia derzhavy. Rozvytok ta realizatsiia morskoho potentsialu Ukrainy [Maritime strategy of the state. Development and realization of maritime potential of Ukraine]. *Materialy mizhnarodnoho naukovofo forumu* [Proceedings of the International Scientific Forum]. Kyiv, P. 204. Retrieved from: <https://nuou.org.ua/assets/documents/mor-strat-derzh.pdf> [in Ukr.].
11. The Science we need for the ocean we want: the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021–2030). IOC/BRO/2018/7 REV, 23 p. Retrieved from: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf00002651981654/5000>.
12. Shevchenko, I. V. (2020). Vid tsilei staloho rozvytku do dii “Desiatylittia” [From Sustainable Development Goals to “Decade” Actions]. *Okeanohrafichnyi zhurnal* [Oceanographic journal]. 2 (13), 38–46. [in Ukr.].
13. Environment, U. N. (2021). Drowning in Plastics — Marine Litter and Plastic Waste. *Vital Graphics*. Retrieved from: <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>.
14. Chy mozna plastykovu pliashku peretvoryty zнову na naftu, haz chy vuhillia? [Can a plastic bottle be turned back into oil, gas or coal?]. UKRINFORM. Retrieved from: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3295306-ci-mozna-plastikovu-plasku-peretvoriti-znovu-na-naftu-gaz-ci-vugilla.html> [in Ukr.].
15. Zhukov, Yu. D., Zivenko, O. V. Proekt Opuss: pershi rezultaty i dorozhnia karta rozvytku [The Opuss project: first results and development roadmap]. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/355184373\\_OPUSS\\_PROJECT\\_FIRST\\_RESULTS\\_AND\\_ROADMAP\\_OF\\_DEVELOPMENT](https://www.researchgate.net/publication/355184373_OPUSS_PROJECT_FIRST_RESULTS_AND_ROADMAP_OF_DEVELOPMENT) [in Ukr.].
16. Schmaltz, E., Melvin, E. C., Diana, Z., Gunady, E. F., Rittschhof, D., & Somarelli, J. A., et al. (2020). Plastic pollution solutions: emerging technologies to prevent and collect marine plastic pollution. Dunphy-Daly. *ENVIRONMENT INTERNATIONAL*. 144, p. 106067. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106067>.
17. Rud, Yu., Zaloilo, O., Buchatsky, L., & Hrytsyniak, I. (2020). The impact of climate change on fish infectious diseases. *Fisheries Science of Ukraine*. 12 (4(54)), 78–110. <https://doi.org/10.15407/fsu2020.04.078>.
18. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. FAO. 2020, 186–187. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>.
19. Greene, Ch. H., Scott-Buechler, C. M., Hausner, A. L. P., Johnson, Z. I., Lei, X. G., & Huntley, M. E. (2022). Transforming the Future of Marine Aquaculture: A Circular Economy Approach. *Oceanography (Washington, D.C.)*. 35 (2), 26–34. Retrieved from: <https://go.exlibris.link/x51Gz4tb>. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2022.213>.
20. Zhang, X. Y., Wang, C. B., Jiang, L., Lanxuan, A., & Yang, R. (2021). Collision-avoidance navigation systems for Maritime Autonomous Surface Ships: A state of the art survey. *Ocean Engineering*. Vol. 235. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000685280300001>. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.109380>.
21. Tiwari, D., Bhati, B. S., Nagpal, B., Sankhwar, S., & Al-Turjman, F. (2021). An enhanced intelligent model: To protect marine IoT sensor environment using ensemble machine learning approach. *Ocean Engineering*. Vol. 242. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000730063400003>. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2021.110180>.
22. Kamolov, A. (2019). An IoT-Based Ship Berthing Method Using a Set of Ultrasonic Sensors. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 19 (23). <https://doi.org/10.3390/s19235181>.
23. Philipp, R., Prause, G., Olaniyi, E. O., & Lemke, F. (2021). Towards Green and Smart Seaports: Renewable Energy and Automation Technologies for Bulk Cargo Loading Operations. *Environmental and climate technologies*. 25 (1), 650–665. Retrieved from: <https://go.exlibris.link/CNbjLTF>. <https://doi.org/10.2478/rtuec-2021-0049>.
24. Muhammad, S., Wajahat, A. S., Terriche, Ya., Mu-tarrif, M. U., Hassan, M. A., & Hamid, Kh. et al. (2021). Future Greener Seaports: A Review of New Infrastructure, Challenges, and Energy Efficiency Measures. *DOAJ*. 9, 75568–75587. Retrieved from: <https://go.exlibris.link/pSNGf2rm>. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3081430>.
25. Genc, M. S., Karipoglu, F., Koca, K., & Azgin, S. T. (2021). Suitable site selection for offshore wind farms in Turkey’s seas: GIS-MCDM based approach. *Earth Science Informatics*. 14 (3), 1213–1225. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000656374900002>. <https://doi.org/10.1007/s12145-021-00632-3>.
26. Qu, Y., Hooper, T., Swales, J. K., Papathanasopoulou, E., & Austen, M. C. et al. (2021). Energy-food nexus in the marine environment: A macroeconomic analysis on offshore wind energy and seafood production in Scotland. *Energy Policy*. Vol. 149. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000615306000035>. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112027>.
27. Wen, G., Bai, P., & Tian, Yu. (2021). A Review of Graphene-Based Materials for Marine Corrosion Protection. *Journal of bio- and tribo-corrosion*. 7. Retrieved from: <https://go.exlibris.link/d5DNdSRG>. <https://doi.org/10.1007/s40735-020-00456-6>.
28. Hou, D. S., Wu, C., Yin, B., Hua, X. J., Xu, H. F., & Wang, X. P. et al. (2021). Investigation of composite silane emulsion modified by in-situ functionalized graphene oxide for cement-based materials. *Construction and Building Materials*. Vol. 304. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000696606000004>. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124662>.

29. Zulkifli, F., Abdullah, S., Suriani, M. J., Kamaludin, M. I. A., & Nik, W. B. W. (2020). Multilayer Perceptron Model for the prediction of corrosion rate of Aluminium Alloy 5083 in seawater via different training algorithms. *3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering (CENVIRON)*. Electr Network. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000685535200058>. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/646/1/012058>.
30. Cohen, P. J., Allison, E. H., Andrew, N. L., Cinner, J., Evans, L. S., & Fabinyi, M. et al. (2019). Securing a Just Space for Small-Scale Fisheries in the Blue Economy. *Frontiers in Marine Science*. Vol. 6. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000465451100001>.
31. Queiros, A. M., Talbot, E., Beaumont, N. J., Somerfield, P. J., Kay, S., & Pascoe, C. et al. (2021). Bright spots as climate-smart marine spatial planning tools for conservation and blue growth. *Global Change Biology*. 27(21), 5514–5531. Retrieved from: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000692752800001>. <https://doi.org/10.1111/gcb.15827>.

**T. K. KURANDA**, Head of Department

**N. Yu. SHVED**, Head of Sector

**A. B. OSADCHA**, Senior Researcher

**N. I. VAVILINA**, Senior Researcher

## GLOBAL TRENDS ANALYSIS OF SCIENCE DEVELOPMENT IN THE AREAS OF MARINE RESEARCH

**Abstract.** *The world ocean plays an extremely important role in the life of mankind, has crucial importance for the accelerated development of the world economy, and is an important factor in geopolitics. Despite the huge potential of self-regulation, its condition is rapidly deteriorating today, mostly with the participation of humans. The problem of a more complete understanding of the role of the ocean in the functioning of the Earth system, the interaction of human and the ocean acquires special importance in these conditions, which requires appropriate research in many fields of science. One of the ways to identify gaps in knowledge about the world ocean can be a comprehensive analysis of the global array of scientific works in the areas of marine research. The global trends analysis of science development in the areas of marine research was carried out on the basis of data from the international platforms Web of Science and Research4Life. The analysis was carried out according to six conventional areas of marine research: (1. Ecology of rivers, seas, oceans, coastal areas, ecological consequences of human activity; 2. Fishing and aquaculture, water use activities; 3. Marine infrastructure; 4. Geology and development of marine mineral and energy resources; 5. Production of machines and equipment; 6. Management of water (sea, ocean, river) resources by indicators of publication number, citation number, growth rates of these indicators. According to the results of the scientometric publication analysis, the most relevant areas of marine research were determined, which include: "microplastics", "biodiversity", "aquatic biological resources", "marine species", "aquaculture", "artificial intelligence", "Internet of Things", "green" and "smart" ports, "offshore wind farms", "corrosion protection", "blue economy", which is confirmed by the results of the analysis. The world experience deserves special attention, including Ukraine's scientific developments on protecting the ocean from plastic. The scientists' list of technologies currently in use or being developed to prevent or collect plastic pollution includes 52 technologies.*

**Keywords:** *marine research, marine ecosystem, biodiversity, water resources, marine biology and ecology, fisheries, aquaculture, blue economy, water resources management.*

### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Куранда Тетяна Костянтинівна** — завідділу, ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (044) 521-00-02; kuranda@uintei.kiev.ua; ORCID: 0000-0002-5913-4113

**Швед Наталія Юрївна** — канд. хім. наук, завсектору, ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (044) 521-00-29; nataly.shved@icloud.com; ORCID: 0000-0001-6597-1682

**Осадча Анастасія Борисівна** — с. н. с., ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03150; +38 (044) 521-00-29; osadcha@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0001-5151-2901

**Вавіліна Ніна Іванівна** — с. н. с., ДНУ «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації», вул. Антоновича, 180, м. Київ, Україна, 03680; +38 (097) 292-41-42; vavilina@uintei.kiev.ua; ORCID: 0000-0002-4861-2810

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Kuranda T. K.** — Head of Department of Ukrainian Institute for Scientific Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (044) 521-00-02; kuranda@uintei.kiev.ua; ORCID: 0000-0002-5913-4113

**Shved N. Yu.** — PhD in Chemistry, Head of Sector Ukrainian Institute for Scientific Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (044) 521-00-29; nataly.shved@icloud.com; ORCID: 0000-0001-6597-1682

**Osadcha A. B.** — Senior Researcher of Ukrainian Institute for Scientific Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03680; +38 (044) 521-00-29; osadcha@ukrintei.ua; ORCID: 0000-0001-5151-2901

**Vavilina N. I.** — Senior Researcher of Ukrainian Institute for Scientific Technical Expertise and Information, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; +38 (097) 292-41-42; vavilina@uintei.kiev.ua; ORCID: 0000-0002-4861-2810