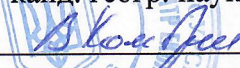


УДК 504.064.2, 504.05, (262.5)  
КП 87.03.15.25, 87.03.15.27  
№ держреєстрації 0122U201795  
Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ  
НДУ «УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР ЕКОЛОГІЇ МОРЯ» (УКРНЦЕМ)  
65009, м. Одеса, Французький бульвар, 89; Тел: 8-0482-636-622;  
факс: 636-673; e-mail: acsem@te.net.ua, www.sea.gov.ua

ЗАТВЕРДЖУЮ

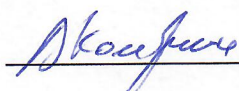
Виконуючий обов'язки директора  
УкрНЦЕМ, заступник директора з науки,  
канд. геогр. наук, старш. наук. співроб.

  
Віктор КОМОРИН  
«19» січня 2024 р.



ЗВІТ  
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ  
ОПРАЦЮВАННЯ ПЛАНУ ДІЙ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ ТА ПІДТРИМАННЯ  
«ДОБРОГО» ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АЗОВСЬКОГО ТА ЧОРНОГО МОРІВ  
(проміжний)

Науковий керівник НДР  
Виконуючий обов'язки директора  
УкрНЦЕМ, заступник директора з науки, к.  
геогр. н., с. н. с.

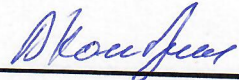


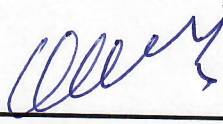
  
В.М. Коморін

2023

Рукопис закінчено 28 грудня 2023 р.

Результати НДР розглянуто Вченою Радою УкрНЦЕМ  
протокол № 6 від 29.12.23 р.

## СПИСОК АВТОРІВ

<p>Науковий керівник НДР Виконуючий обов'язки директора УкрНЦЕМ, заступник директора з науки, канд. геогр. н., с. н. с.</p>	<p> _____ (підпис) <u>28.12.2023</u> _____ (дата)</p>	<p>В.М. Коморін (вступ, розділ 1, розділ 2, розділ 3, висновки)</p>
<p>Відповідальний виконавець:</p>		
<p>Начальник відділу наукових основ морського природокористування та управління станом навколишнього середовища, канд. хім. наук</p>	<p> _____ (підпис) <u>28.12.2023</u> _____ (дата)</p>	<p>М. Ю. Павленко (вступ, висновки)</p>
<p>Виконавець Завідувач сектором оцінки впливу на навколишнє середовище, екологічної експертизи та аудиту, канд. техн. наук</p>	<p> _____ (підпис) <u>28.12.2023</u> _____ (дата)</p>	<p>Л. В. Мацокін (Додаток 1, технічна редакція)</p>
<p>мол. науков. співроб.</p>	<p> _____ (підпис) <u>28.12.2023</u> _____ (дата)</p>	<p>А.О. Мальована (технічна редакція)</p>

## РЕФЕРАТ

Звіт про НДР (проміжний): сторінок 115 ; таблиць 17, формул 17, рисунків 12, додатків 1.

Об'єкт дослідження – Азовське та Чорне моря.

Предмет дослідження – заходи для досягнення та підтримання «доброго» екологічного стану Азовського та Чорного морів.

Мета НДР – підготовка проекту Плану дій для досягнення та підтримання «доброго» екологічного стану Азовського та Чорного морів на базі заходів, запропонованих центральними та місцевими органами виконавчої влади.

Аналіз та обробка пропозицій до Плану дій здійснювалася з використанням сучасних підходів в теорії управління екосистемними ризиками, адаптованих до морських акваторій, що дозволило оцінити потенційну ефективність і визначити пріоритетність заходів різного характеру (технічних, правових, науково-дослідних, організаційних).

Розроблено математичну модель, яка дозволяє оцінити ефективність заходів щодо зменшення рівня екологічного ризику для морських екосистем.

Напрацьований проект Плану дій слід розглядати як проміжний варіант, оскільки через військові дії в приморських областях України на даний час неможливо остаточно визначити вартість реалізації запропонованих заходів, як і сам перелік необхідних заходів.

Робота остаточно буде завершена після закінчення військових дій на території України

Ключові слова: АЗОВСЬКЕ МОРЕ; ЧОРНЕ МОРЕ; «ДОБРИЙ» ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН; ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК; ЕКОСИСТЕМНИЙ РИЗИК; ЕКОСИСТЕМНІ ПОСЛУГИ; ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ; МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень і скорочень .....	5
Вступ.....	6
1.1 Екосистемний підхід як наукова основа управління морським природокористуванням .....	9
1.2 Теоретико-методологічні аспекти оцінки екосистемних ризиків .....	12
1.3 Класифікація та характеристика екосистемних ризиків моря .....	18
1.4 Термінологічний апарат у галузі екосистемного підходу в управлінні екосистемними ризиками .....	18
1.5 Основні принципи та підходи в управлінні морськими екосистемними ризиками .....	20
1.6 Концептуальна модель управління екосистемними ризиками моря .....	25
1.7 Стратегії управління екосистемними ризиками.....	28
1.8 Методологічний підхід до управління екосистемними ризиками .....	33
1.9 Гіпотези та напрямки розвитку теорії .....	41
2 Математична модель управління екосистемними ризиками моря.....	44
2.1 Загальний опис моделі та її параметризація .....	44
2.2 Розрахунки на базі моделі управління екосистемними ризиками моря.....	57
2.3 Результати чисельних експериментів для морських вод України .....	59
2.4 Використання результатів чисельних експериментів для оптимізації витрат на природоохоронні заходи .....	75
3 Ранжування заходів з відновлення морських екосистем на основі теорії управління морськими екосистемними ризиками .....	80
Висновки .....	92
Перелік джерел посилання .....	94

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

E	-	стан морської екосистеми
F	-	вплив зовнішніх факторів
I	-	інтегральний показник екосистемних послуг
S	-	ефективність системи управління екосистемними ризиками
St	-	показник впливу користувачів екосистемних послуг
M	-	показник рівня ефективності системи моніторингу
MSP	-	Marine Spatial Planning (Морське просторове планування)
MPA	-	Marine Protected Areas (Створення захищених морських областей)
EBM	-	Ecosystem-Based Management (Управління на основі екосистемного підходу)
ICZM	-	Integrated Coastal Zone Management (Інтегроване управління прибережними зонами )
MSFD	-	Marine Strategy Framework Directive (Директива ЄС з морської стратегії)
ЗМЗ	-	захищені морські зони
ДЕС	-	добрий екологічний стан
ЕП	-	екосистемний підхід
КМУ		Кабінет Міністрів України
ОВНС		оцінка впливу на навколишнє середовище
ОВД		оцінка впливу на довкілля

## ВСТУП

Розроблення проекту Плану дій для досягнення та підтримання «доброго» екологічного стану Азовського і Чорного морів (надалі План) проводиться на виконання розпорядження Кабінету Міністрів України від 11 жовтня 2021 р. № 1240 «Про схвалення Морської природоохоронної стратегії України» (надалі Стратегія). Згідно пункту 2 вказаного розпорядження Міністерству захисту довкілля та природних ресурсів разом із заінтересованими центральними та місцевими органами виконавчої влади належить розробити та подати у шестимісячний строк з дня припинення чи скасування воєнного стану в Україні Кабінету Міністрів України План дій для досягнення та підтримки "доброго" екологічного стану Азовського і Чорного морів на шість років, розроблений відповідно до схваленої цим розпорядженням Стратегії.

Розроблення Плану дій на період 2022-2027 років було започатковане Міндовкілля паралельно з процедурою затвердження Стратегії і у жовтні 2021 року перший варіант Плану, точніше блок заходів Плану, розроблений Міндовкілля, був направлений центральним та регіональним органам виконавчої влади разом із запитом на розроблення пропозицій до Плану (лист Міндовкілля № 25/8-12/23450-21 від 04.11.2021).

Опрацювання пропозицій, що надходили до Міндовкілля, було доручено УкрНЦЕМ в рамках виконання теми НДР. Пропозиції надійшли в основному від облдержадміністрацій приморських областей. Частка пропозицій міністерств і відомств в загальному пакеті була незначною. У зв'язку з обмеженими строками підготовки пропозиції були подані в незавершеному вигляді як за формою, так і за змістом. Розробниками планувалось їх подальше дороблення (консультації із співвиконавцями, розроблення та уточнення техніко-економічних обґрунтувань тощо), однак російська військова агресія і окупація приморських регіонів перервала цю роботу. Тим не менше, надані

матеріали (понад 200 сторінок тексту і таблиць) були опрацьовані УкрНЦЕМ і сформовані у вигляді першої редакції проекту Плану дій, який був представлений Міндовкілля в рамках звіту з відповідної НДР за 2022 рік.

Зважаючи на незавершеність підготовки наданих (довоєнних) пропозицій, а також на значні руйнування інфраструктури приморських регіонів України, що завдало великої (на сьогодні ще не оціненої) екологічної шкоди природним екосистемам на суші і на морі, слід визнати, що проект Плану дій потребуватиме суттєвих уточнень і змін. Тому КМУ прийняв розпорядження № 680-р від 04.08.2023 про перенесення строків виконання завдань, пов'язаних з розробленням та виконанням Плану дій, на післявоєнний період.

Однак, у зв'язку з необхідністю ініціювання процесу формування майбутньої міжнародної програми відновлення морського довкілля Чорного і Азовського морів, на розширеній нараді за участю Міністра захисту довкілля та природних ресурсів України Руслана Стрільця, що проходила 15 листопада 2023 року в Одеській обласній державній адміністрації, було прийнято рішення сформулювати попередній план заходів з відновлення морської екосистеми, який буде представлений Міністерством на міжнародних форумах з метою забезпечення підтримки західних партнерів. З цією метою УкрНЦЕМ доручено провести збір та узагальнення пропозицій щодо конкретних заходів з відновлення морської екосистеми від державних адміністрацій та установ, наукових та освітніх закладів і окремих провідних науковців, діяльність яких пов'язана з дослідженнями екологічних та економіко-екологічних проблем морів та прибережних територій. Зведений перелік опрацьованих пропозицій заходів до Плану дій, що надійшли в УкрНЦЕМ у 2023 році, наведений у Додатку. Слід зазначити, що даний перелік також може бути скоригований і суттєво доповнений з урахуванням повоєнних реалій.

Аналіз та обробка пропозицій до Плану дій, зокрема ранжування запропонованих заходів відповідно до їх пріоритетності, здійснювалися з використанням сучасних підходів в теорії управління екосистемними ризиками, адаптованих до морських акваторій. З цією метою була розроблена математична модель, яка дозволила оцінити ефективність заходів стосовно зменшення рівня екологічного ризику для морських екосистем.

Загальна концепція моделі базується на індексі здоров'я океану, розробленому Halpern B.S. et al. (2012), що включає 10 цілей, пов'язаних із станом морських екосистем та їх використанням людиною [1]. Ці цілі охоплюють такі аспекти, як біологічне різноманіття, чистоту води, товарні ресурси, морепродукти, карбоновий складник, туризм та рекреацію, береговий захист, морські ланцюги живлення, особливі місця в морі та живучість спільнот.

Важливою властивістю моделі є те, що з її допомогою можна порівнювати ефективність заходів різного характеру (технічних, економічних, організаційно-правових, науково-дослідних), і таким чином визначати їх пріоритетність щодо фінансування та строків реалізації.



# 1 ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УПРАВЛІННЯ ЕКОСИСТЕМНИМИ РИЗИКАМИ МОРЯ

## 1.1 Екосистемний підхід як наукова основа управління морським природокористуванням

Науковою основою розроблення планів дій для досягнення та підтримання «доброго екологічного стану» Азовського та Чорного морів є теоретико-методологічні засади інтегрованого управління прибережно-морськими акваторіями і територіями на основі екосистемного підходу та виявлення екологічних ризиків, породжуваних розвитком суспільства і господарської діяльності, а також природними процесами і явищами.

На міжнародному рівні, обговорення доцільності впровадження екосистемного підходу (ЕП) особливо активізувалося з середини 90-х років після проведення Саміту Землі – Конференції ООН «Ріо-92», зокрема, на нарадах Конференції сторін, що входять до «Конвенції про біологічне різноманіття». Проте, офіційне затвердження ЕП, як домінуючої стратегії комплексного управління земельними, водними та живими ресурсами, що забезпечує їх збереження та стале використання на справедливій основі, відбулося тільки у 2000 році на П'ятій нараді «Конвенції про біологічне різноманіття». Важливим рішенням даної наради була рекомендація щодо упровадження ЕП в управлінні природокористуванням та охороною навколишнього середовища на основі 12-ти принципів взаємопов'язаних та взаємодоповнюючих один одного [2]. Щодо прибережно-морського природокористування найбільш актуальними є наступні:

- управління екосистемами здійснюється у встановлених межах їх природного функціонування і впливів, що зачіпають її;
- збереження здоров'я, структури і функцій екосистеми та ключових процесів в цілях підтримки екосистемних послуг;
- урахування функціональних взаємозв'язків видів у межах екосистеми, зокрема, визнання важливості взаємозв'язків і взаємовпливу як між цільовими (використовуваними для промислу), так і нецільовими видами біоресурсів;

- з урахуванням мінливості часових характеристик і можливості настання відтермінованих наслідків функціонування екосистем цілі управління екосистемою мають бути довготривалими;
- одним з першочергових завдань ЕП є збереження структури функцій екосистеми з метою підтримання екосистемних послуг;
- урахування наявності/можливості взаємовпливів та взаємозв'язків з іншими екосистемами (повітряними, наземними і морськими);
- дотримання обережних та адаптивних підходів в управлінні, виходячи з балансу екологічних, соціальних та економічних перспектив сталого розвитку з урахуванням нових знань про динаміку морських процесів, зміни природних, включно зі зміною клімату, і соціально-економічних факторів;
- до управління на основі ЕП мають бути залучені усі зацікавлені суспільні групи і наукові дисципліни.

Вказані принципи охоплюють усі аспекти ЕП без нав'язування одного жорсткого підходу. Це передбачає свободу вибору ЕП для конкретної ситуації і певних обставин. Середньострокова програма ЮНЕП на період 2018-2021 рр. [3] містить заклик до країн, урядів і міжнародних організацій здійснювати "екосистемний підхід" *належним чином*, оскільки не існує єдиного шляху впровадження цього підходу. Його реалізація залежить від місцевих, районних, національних, регіональних та глобальних умов. Інакше кажучи, кожна країна, що омивається морями, має прагнути зберегти «здоров'я» морських екосистем, виходячи із загальних принципів, але водночас вносячи в них корективи з урахуванням власних особливостей: природних, стану наукового потенціалу та організаційно-економічних умов.

Екосистемний підхід вимагає гнучкого адаптивного управління, що враховує як комплексну і динамічну природу екосистем, так і відсутність повного розуміння механізмів їх функціонування. Процеси в екосистемах часто мають нелінійний характер, а їх результати нерідко бувають відтермінованими, внаслідок чого відсутність строгих закономірностей може створювати певну неясність чи призводити до несподіваних результатів.

Управління має бути досить гнучким, щоб вчасно реагувати на труднощі, що виникають, і використовувати у своїй тактиці елементи «навчання в процесі роботи». Вжиття заходів може бути необхідним навіть у тому разі, коли остаточний зв'язок причини і наслідку ще науково не встановлений повною мірою.

Міжнародна рада з дослідження моря (ICES) закріпила таке робоче визначення поняття «екосистемний підхід»: «всебічне комплексне управління діяльністю людини на основі найкращих наукових знань про екосистему та її динаміку з метою виявлення та вжиття заходів щодо факторів, які мають вирішальне значення для здоров'я морської екосистеми, тим самим забезпечення стійкого використання екосистемних товарів і послуг та підтримання цілісності екосистеми» [4]. Проте в науковій літературі не вщухає дискусія щодо сутності ЕП і методології його реалізації як в цілому, так і в окремих секторах економіки.

В українському екологічному законодавстві відсутнє визначення поняття «екосистемний підхід», однак термін такий в законодавство вже проник і його правова вага зростає. Так, якщо в Стратегії державної екологічної політики до 2020 року [5] «впровадження екосистемного підходу в управлінську діяльність» є одним із багатьох завдань для реалізації цілі 5 «Припинення втрат біологічного та ландшафтного різноманіття і формування екологічної мережі», то в Стратегії державної екологічної політики до 2030 року [6] ЕП проголошується основним інструментом реалізації державної екологічної політики: «метою державної екологічної політики є досягнення доброго стану довкілля шляхом запровадження екосистемного підходу до всіх напрямів соціально-економічного розвитку України».

Практичне впровадження ЕП як наукової основи прибережно-морського природокористування та морського просторового планування поки що не набуло необхідного розвитку не тільки в Україні, а й у всьому ЄС [7, 8]. Це пов'язано як з теоретичними, так і з практичними складнощами, у тому числі з відсутністю інформації та обмеженістю наукових знань про екосистемні

процеси, відсутністю законодавчого та методичного забезпечення, необхідних для реалізації цього процесу. У деякій мірі це також пов'язано з консерватизмом управлінців, недостатнім розумінням сутності ЕП, нехтуванням принципу широкої участі всіх зацікавлених сторін. Існує безліч різновидів екосистемного підходу. В практиці управління прибережно-морським природокористуванням найчастіше застосовується екосистемний підхід, який передбачає інтегроване управління прибережними зонами (або прибережними територіями), інтегроване управління водними ресурсами (або ресурсами річкових басейнів) та морське просторове планування. Незважаючи на те, що ці підходи офіційно не називаються «екосистемними», всі передбачені ними процедури планування та управління спираються на єдину систему принципів.

## 1.2 Теоретико-методологічні аспекти оцінки екосистемних ризиків

Важливою складовою будь-яких екологічних оцінок та прогнозів, що здійснюються на основі екосистемного підходу, є оцінка «екосистемного ризику», який є найважливішою і найбільш складною для оцінювання складовою «екологічного ризику». В пануючій сьогодні ідеології раціонального природокористування на першому місці стоять інтереси людини як користувача, а екосистема є експлуатованим об'єктом. З цієї причини їхня взаємодія зводиться тільки до завдання зниження шкоди, що завдається при експлуатації. Вартісну оцінку шкоди екосистемі встановити неможливо через складність функціонування, пролонговані ефекти та нелінійний характер розвитку екосистем. Необхідно здійснити перехід від констатації порушень екосистем, що вже відбулися, до превентивних оцінок їх можливого виникнення, тобто, до виявлення екологічних ризиків та загроз. Відповідно до концепції екологічної безпеки на основі екологічного ризику, повністю усунути негативний вплив техногенного об'єкта на екосистеми та здоров'я населення неможливо. Тому прийняття оптимального (з точки зору

охорони природи) рішення означає економічно та соціально обґрунтовану мінімізацію зазначеного негативного впливу.

В українському законодавстві термін «екосистемний ризик» не набув поширення, а точніше, відсутній, він також малопоширений у вітчизняній і зарубіжній науковій літературі. Натомість в українському екологічному законодавстві присутні терміни «екологічний ризик» та «ризик для навколишнього середовища».

Вперше в українському законодавстві термін «екологічний ризик» з'явився в державних будівельних нормах ДБН А.2.2-1-95, де «оцінка екологічного ризику проектованої діяльності» розглядалася, як одне із завдань *«комплексної оцінки впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище... за умов реалізації комплексу заходів щодо забезпечення нормативного стану довкілля»*. Ніяких рекомендацій чи посилань на методика для оцінки екологічного ризику, як і визначення терміну «екологічний ризик», вищеназваний нормативний акт не містив. В результаті відтоді і по цей час єдиним способом оцінки (точніше умовної оцінки) екологічного ризику при проведенні оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС), а потім і оцінки впливу на довкілля (ОВД), була і залишається якісна експертна оцінка, в основі якої знаходиться оцінка ступеня відхилення прогнозних показників впливу на довкілля та якості довкілля від їх нормативних значень (ГДК, ГДС, ГДВ та ін.).

У новій редакції державних будівельних норм ДБН А.2.2-1-2003 до комплексу *«заходів щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та його безпеки»* включені наступні:

- визначення *«кількісних та якісних показників оцінки рівнів екологічного ризику»*;
- визначення *«ступеня екологічного ризику планованої діяльності»*;
- *«оцінка ризику впливу планованої діяльності на навколишнє середовище»*.

Оновлений нормативний акт також не містить ніяких рекомендацій щодо оцінки «екологічного ризику», а щодо оцінки «ризиків впливу планованої діяльності на навколишнє середовище» зазначено, що ця оцінка включає також «оцінку ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення» та «оцінку соціального ризику впливу планованої діяльності». Для двох останніх прикладені методичні рекомендації, а оцінка ризику впливу планованої діяльності на «навколишнє середовище» методикою не забезпечена, тобто, за замовчуванням залишається той же метод недопущення перевищення ГДК. Кроком вперед в плані наближення до упровадження методології оцінки ризику в ОВНС і ОВД стало включення в ДБН А.2.2-1-2003 розділу «Основні терміни і визначення», який містить визначення терміну «ризик». В останній редакції державних будівельних норм ДБН А.2.2-1-2021 усі положення, що стосуються ризиків, залишилися незмінними.

Незважаючи на те, що поняття ризику широко і давно відоме та застосовується в різних галузях людської діяльності, в науковій літературі досі не існує загальноприйнятого визначення. Навіть українське чинне законодавство по-різному трактує поняття «ризик» (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Визначення терміну «ризик» в законодавстві України

Визначення терміну	Джерело
Ризик - імовірність виникнення будь-якої небезпечної події протягом певного періоду або за певних обставин;	Закон України № 2245-III від 18.01.2001 «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
Ризик - кількісна міра безпеки, що враховує ймовірність виникнення негативних наслідків від здійснення господарської діяльності та можливий розмір втрат від них;	Закон України № 877-V від 05.04.2007 «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності».
Ризик - ступінь імовірності певного негативного впливу на навколишнє середовище, який може відбутись в певний час або за певних обставин від планованої діяльності.	<b>ДБН А.2.2-1:2021</b> «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)». – затв. наказом Мінрегіону України № 366 від 30.12.2021,

У визначеннях екологічного ризику також є різночитання. В різних країнах до екологічних ризиків відносять ризики, які, по суті справи, призначаються бути такими. Наприклад в США досить чітко виділяють

ризиків медичні і ризиків екологічні. Однак в Англії, Франції, і Нідерландах, наприклад, такого різкого розділення немає [9]. В Україні ситуація неоднозначна. З одного боку, ДСТУ 2156-93 «Безпечність промислових підприємств» надає таке визначення: *«екологічний ризик - ймовірність негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, які спричиняють незворотну деградацію екосистем»*, тобто, екологічний ризик відноситься до навколишнього середовища і не стосується впливу на здоров'я людини. А з іншого боку, як зазначено в ДБН А.2.2-1-2021, «ризик впливу на здоров'я» та «соціальний ризик впливу техногенної діяльності» розглядаються як складові «ризиків впливу на навколишнє середовище». Із контексту випливає, що скоріш за все терміни «екологічний ризик» та «оцінка ризику впливу планованої діяльності на навколишнє середовище» розглядаються в ДБН як синоніми.

Різноманіття визначень термінів у сфері оцінки ризиків і складність їх систематизації обумовлена не тільки їх специфічністю в різних галузях використання (природокористуванні, техніці, політиці медицині та ін.), а й недотриманням єдиних принципів термінотворення. Наприклад, в роботі [11] розглядаються загальноживані назви ризиків: природні (що пов'язані з проявом стихійних сил), техногенні (що надходять від технічних об'єктів), екологічні (пов'язані із забрудненням навколишнього середовища). Якщо перші два типи ризиків однозначно характеризують суб'єкт дії, то третій не має чіткого визначення. Причиною забруднення навколишнього середовища можуть бути як природні сили (виверження вулкану, буря тощо), так і техногенні об'єкти. То що тоді розуміти під екологічним ризиком? Відсутність єдиного системологічного підходу до термінотворення породжує невиправдане різнотлумачення понять. Особливо це стосується такого принципового питання як відношення до суб'єкта та об'єкта дії. Ризик виникає для когось чи чогось, а не ризик від чогось. Вплив може бути сильним, але й екосистема стійкою і для неї не виникає ризику від цього впливу. Для виявлення і оцінки ризику впливу на довкілля, необхідно не силу впливу

заміряти, а реакцію довкілля на цей вплив, наприклад за допомогою моніторингу стану довкілля (екосистеми, чи окремих компонентів або видів - біоіндикація). Отже ризик не від суб'єкта, ризик для об'єкта (для здоров'я людини, для стану екосистеми тощо).

Такий висновок дозволяє оцінити коректність нині широко використовуваних словосполучень стосовно ризику. Не викликають сумніву такі терміни, як індивідуальний, колективний, соціальний, територіальний чи припустимий ризику, які однозначно визначають об'єкт впливу. Інша справа – ризик природний (пов'язаний з проявом стихійних сил природи ) чи ризик техногенний (пов'язаний із загрозами, що походять від технічних систем. Ці терміни характеризують не об'єкт, а суб'єкт ризику і тому не можуть вважатися коректними (незважаючи на офіційне використання поняття техногенний ризик). Вони стануть коректними при зміні змістового навантаження: природний ризик характеризує загрозу природним компонентам, а техногенний – рівень ризику для діяльності техніки внаслідок зовнішніх, зокрема природних, впливів. В рамках такого підходу автор роботи [11] запропонував варіант класифікації екологічних ризиків за прив'язкою їх до об'єкта. (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Екологічні ризики і об'єкти ризиків [11]

Найменування ризиків	Об'єкт ризику	Особливості ризику
Екосистемний	Екологічна система	Ризик часткової чи повної втрати функціональності екосистеми
Груповий	Популяція	Ризик захворювання чи смерті сукупності живих організмів – популяції тварин чи рослин, людського соціуму
Індивідуальний	Окремі особини	Ризик захворювання чи смерті людини, тварин, рослин
Природний абіотичний	Природна абіотична складова екосистеми	Ризик часткової чи повної втрати функціональності будь-якої природної складової екосистеми, крім організму та популяції
Господарський	Штучна абіотична складова екосистеми	Ризик часткової чи повної втрати функціональності підприємства. споруди, механізму, транспортного засобу тощо

Оскільки майже кожен компонент екологічної системи залежно від варіанта ситуації може бути як суб'єктом, так і об'єктом дії, обґрунтованим є віднесення понять (небезпека, безпека, ризик) тільки до об'єкта дії.



### 1.3 Класифікація та характеристика екосистемних ризиків моря

Екосистемні ризики моря можуть бути класифіковані за різними критеріями з відповідними характеристиками, а саме:

***за джерелами загроз:***

- антропогенні ризики, пов'язані з людською діяльністю;
- природні ризики, пов'язані з природними процесами та явищами;

***за просторовим масштабом впливу:***

- локальні ризики, що впливають на конкретну морську область або екосистему;
- регіональні та/або глобальні ризики, що впливають на моря або на океани;

***за часовим масштабом впливу:***

- короткострокові ризики, що виявляються швидко, але можуть мати обмежений вплив;
- довгострокові ризики, які можуть бути менш очевидними на початку, але мають значний та тривалий вплив;

***за рівнем впливу на біорізноманіття:***

- генетичний рівень, що включає зменшення генофонду та мутації;
- рівень живого організму, що включає зміни в фізіологічних процесах морських організмів;
- популяційний рівень, що включає зміни в популяції виду;
- видовий рівень, що включає загрозу вимирання виду;
- біоценозний рівень, що включає зміни в структурі та функціонуванні спільноти організмів;
- екосистемний рівень, що включає широкомасштабні зміни в морських екосистемах.

Ця класифікація дозволяє більш детально вивчати та розуміти різноманітність та характер ризиків, що впливають на морські екосистеми.

#### 1.4 Термінологічний апарат у галузі екосистемного підходу в управлінні екосистемними ризиками

Визначення та узгодження термінологічного апарату є, як правило, першим кроком при проведенні будь-якого аналізу, питання термінологічної дисципліни є, можливо, чи не найважливішим, принаймні на початковому етапі створення концепції. Тому, задля запровадження взаємоузгодженого термінологічного апарату в даному Звіті, нижче наведено пояснення щодо вживання найбільш уживаних термінів у галузі екосистемного підходу та оцінки екосистемного ризику, які вже вживалися у даному звіті та вживатимуться в процесі розроблення моделі управління екосистемними ризиками :

***морська екосистема*** - визначає базові компоненти системи управління ризиками. Морська екосистема має важливе значення для надання екосистемних послуг та забезпечення біологічної різноманітності. Розуміння її стану та вразливості є ключовим для формування стратегії управління ризиками;

***здоров'я екосистеми*** - визначається її структурою, функціонуванням та біологічним складом морської екосистеми. Стабільність екосистеми виявляється у здатності екосистеми до підтримки своїх функцій та збереження рівноваги при зовнішніх та внутрішніх змінах [24]. Біорізноманіття моря визначається наявністю різноманітних видів та їх взаємодією, включаючи продукційні ланцюги та взаємодію між видами;

***екосистемні функції*** - представляють потенціал екосистеми надавати корисні послуги. Це може включати різноманітні процеси та властивості екосистеми, такі як цикли речовин та енергії, здатність до самовідновлення після нанесених пошкоджень та здатність підтримувати біорізноманіття на певному рівні;

**екосистемні послуги** – охоплюють широкий спектр корисних ресурсів та функцій, які надає морська екосистема. Вони включають харчування, регулювання клімату, очищення води, рекреаційні можливості та багато іншого. Врахування структури та якості цих послуг допомагає визначити, які ризики можуть вплинути на екосистему та користувачів послуг;

**оцінка морських екосистемних послуг** визначає економічну та соціальну цінність послуг, які надає екосистема [28-31]. Оцінка ґрунтується на аналізі функцій екосистеми та процесів в ній, а також на визначенні ступеня залежності суспільства від цих послуг;

**вигоди для людей** – це користь, яку люди отримують від екосистемних послуг. Це може бути фізичне здоров'я від чистого повітря та води, безпека від небезпеки зсуву ґрунту, економічна користь від продуктів екосистем або психологічні та культурні вигоди від природи, яка додає значення нашому життю.

**користувачі екосистемних послуг** – це поняття включає тих, хто користується послугами, наданими морською екосистемою. Користувачі мають вплив на стан екосистеми через свою діяльність, таку як рибальство, туризм, промислова діяльність тощо. Управління ризиками повинно враховувати вплив користувачів та сприяти їх відповідальній поведінці;

**суб'єкт управління екосистемними ризиками** - відповідає за реалізацію стратегії управління ризиками. Він забезпечує збір інформації про морську екосистему та екосистемні послуги, формування стратегії управління та прийняття відповідних рішень. Суб'єкт управління також залучає користувачів екосистемних послуг до процесу, враховуючи їхні потреби та цінності. Суб'єкт управління може функціонувати на місцевому, національному та міжнародному рівнях;

**морський екологічний моніторинг** - є важливою складовою системи управління екосистемними ризиками. Екологічний моніторинг передбачає систематичний збір, аналіз та оцінку даних про стан морського середовища [25-27]. Оцінка екологічного стану морського середовища включає визначення

гідрофізичних, гідрохімічних та біологічних показників стану довкілля, які дозволяють визначити комплексні індикатори якості води, включаючи рівень забруднення, біорізноманіття, засміченість та інші. Це допомагає виявляти зміни, встановлювати тенденції та оцінювати ефективність заходів управління ризиками.

**фактори впливу** включають природні та антропогенні чинники, що впливають на стан екосистеми та ризики, пов'язані з нею [32]. Природні фактори охоплюють природні процеси, такі як кліматичні зміни, екстремальні погодні умови та природні лиха. Антропогенні фактори включають вплив людської діяльності, такий як забруднення, перелов рибних ресурсів, привнесення інвазійних видів флори та фауни та інші антропогенні дії. Ці фактори можуть взаємодіяти між собою, підсилюючи або послаблюючи їхні наслідки для екосистеми та ризики, пов'язані з нею;

**стресор** – потенційно шкідливий фактор, що може впливати на екосистему; може бути хімічною речовиною, фізичним фактором, біологічним агентом або комбінацією цих факторів;

**рецепієнти** – організми, групи організмів або цілі екосистеми, які можуть бути під впливом стресора;

**наслідки** – потенційні зміни в рецепторах внаслідок впливу стресора; можуть бути прямі або непрямі і включати шкоду людському здоров'ю, екосистемам або втрату біорізноманіття;

**ймовірність** – шанс, що стресор спричинить певні наслідки;

**невизначеність** – визнання обмежень у нашому знанні про екологічні ризики; може виникати через недостатність даних, варіативність природних систем або неоднозначність у наукових моделях і прогнозах;

**ідентифікацію ризиків** - визначення потенційних загроз та визначення їх впливу на морські екосистеми;

**моніторинг ризиків** - систематичне спостереження за станом морських екосистем та ідентифікація змін, що можуть впливати на ризики;

**оцінка ризиків** - визначення ймовірності та потенційного впливу ризиків на морські екосистеми;

**реагування на ризики** - впровадження заходів для зменшення ризиків та мінімізації їх негативного впливу на морські екосистеми;

**стратегія відновлення екосистеми** - розробка та реалізація планів відновлення морських екосистем після виникнення ризикових подій;

**вплив на біорізноманіття** - збереження та забезпечення біологічного різноманіття в морських екосистемах;

**залучення сторін** - врахування думок, потреб та цінностей всіх зацікавлених сторін у процесі управління екосистемними ризиками.

**екосистемний ризик** - визначається як комплексне розуміння складних взаємодій та взаємозалежностей у межах екосистем, а також різних стресорів і факторів, які можуть порушити їх функціонування [19]. Враховується вразливість екосистем перед різними загрозами, такими як забруднення, втрата середовища існування, перелов рибних ресурсів, поширення інвазивних видів, зміна клімату і т. ін.

## 1.5 Основні принципи та підходи в управлінні морськими екосистемними ризиками

Теорія управління морськими екосистемними ризиками базується на стратегічному балансі принципів адаптивного управління, використання екосистемного підходу, а також використання сучасних технологій, таких як математичні моделі, геоінформаційні системи, системи управління базами даних, тощо.

Адаптивне управління передбачає гнучкий підхід до управління, який дозволяє вносити зміни на основі відгуків системи та нових даних [33, 34]. Цей підхід визнає нестійкість та невизначеність екосистеми, а також необхідність навчання на основі досвіду.

Екосистемний підхід зосереджується на взаємодії між різними компонентами екосистеми та на тому, як ці взаємодії формують загальну структуру та функції екосистеми [32]. Він допомагає враховувати взаємопов'язаність та мінімізувати небажані наслідки втручання в екосистему.

Концепція також враховує впливи людини на ці складові. Безпосереднє використання екосистемних послуг, таке як вилов риби або будівництво гідроспоруд, може мати вплив на їх подальшу доступність. Опосередкований вплив через діяльність людини, таку як, наприклад, забруднення, також може мати значущий вплив на екосистемні функції та послуги.

Для класифікації та опису екосистемних ризиків моря використовується системний аналіз. Цей метод дозволяє систематизувати наявні дані та інформацію, використовуючи об'єктивні та науково обґрунтовані критерії [20].

Методологічний підхід дослідження також включає використання математичних методів та сучасних інформаційних технологій. Зокрема, запропоновано алгоритм використання існуючих програм для математичного моделювання задач управління екосистемними ризиками в морських акваторіях [21].

Щодо вивчення стабільності морських екосистем, в даному дослідженні застосовується підхід, заснований на аналізі стійкості за показниками Ляпунова [22]. Даний метод використовує математичні моделі екосистем для оцінки якості моделі біологічного угруповання або екосистеми та її здатності відповідати на запитання про стійкість реального угруповання.

В основі підходу, представленого в цій роботі, лежить модифікація методу DPSIR (Drivers-Pressures-State-Impacts-Responses), який використовується для дослідження взаємозв'язків між людською діяльністю, станом екосистем та їх наслідками [23].

Методи аналізу вразливості, кількісної оцінки, оцінки ймовірності ризику та сценарний аналіз дозволяють отримати детальну інформацію про ризику та їх значущість для морської екосистеми.

Сучасні технології, зокрема інформаційні технології та географічне планування, відіграють важливу роль у ефективному управлінні екосистемними ризиками. Вони допомагають збирати, обробляти та аналізувати великі обсяги даних, що дозволяє краще розуміти стан екосистеми та ризики, а також розробляти та впроваджувати ефективні стратегії управління [35-80]. Нижче будуть обговорені існуючі моделі та комп'ютерні програми для моделювання морських екосистем та їх окремих компонент.

Запропонована теорія базується на принципах відповідальності, запобіжності та інтеграції особливостей екологічного менеджменту в систему управління ризиками. Основною метою є забезпечення сталого розвитку морських екосистем та міцності (резилентності) перед емерджентними ризиками.

Міждисциплінарність, наукова обґрунтованість, міжнародна співпраця, превентивні дії, прозорість, об'єктивність, пропорційність та регулятивне управління - це ключові принципи, які допомагають реалізувати цю теорію в практиці.

Табл. 1.3 ілюструє взаємозв'язки принципів і структурних елементів системи управління екосистемними ризиками. Вона вказує, що принцип адаптивного управління потребує адаптації стратегій у відповідь на зміни в екосистемі, принцип біорізноманіття акцентується на важливості зберігання біорізноманіття для резилентності, а принцип використання відповідних показників вимагає адекватних метрик для оцінки ефективності управління ризиками.

Таблиця 1.3 – Взаємозв'язок принципів із структурними елементами системи управління екосистемними ризиками

<b>Принцип</b>	<b>Взаємозв'язок з структурними елементами системи управління екосистемними ризиками</b>
Принцип адаптивного управління	Суб'єкт управління: адаптація стратегій управління залежно від змін стану морської екосистеми.
Принцип біорізноманіття	Морська екосистема: збереження та відновлення біорізноманіття як ключового ресурсу для резилентності екосистем.
Принцип визначення і використання відповідних показників	Морський екологічний моніторинг: використання відповідних показників для виміру ефективності управління.
Принцип використання інформаційних технологій	Морський екологічний моніторинг: використання технологій для підтримки управління ризиками, включаючи моніторинг та передбачення.
Принцип відповідальності	Користувачі екосистемних послуг: визначення та прийняття відповідальності за вплив на морську екосистему.
Принцип географічного планування	Суб'єкт управління: використання просторового планування для координації управління ресурсами і ризиками.
Принцип екосистемного підходу	Суб'єкт управління: розгляд екосистеми як цілого при визначенні стратегії управління.
Принцип "Забруднювач платить"	Користувачі екосистемних послуг: встановлення прецедентів для зменшення забруднення або відновлення забруднених областей.
Принцип запобіжності	Суб'єкт управління: превентивні заходи для уникнення потенційних ризиків.
Принцип інтеграції особливостей екологічного менеджменту в систему управління ризиками	Суб'єкт управління: інтеграція екологічних пріоритетів в загальну стратегію управління ризиками.
Принцип інтегрованого управління	Суб'єкт управління: координація різних видів управління для досягнення цілісного підходу.
Принцип міждисциплінарності	Суб'єкт управління: використання широкого спектру наукових дисциплін для розуміння і управління екосистемами.
Принцип міжнародної співпраці	Суб'єкт управління: співпраця між різними країнами або регіонами для управління транскордонними ризиками.
Принцип міцності (резилентності)	Морська екосистема: підтримка та зміцнення резилентності екосистем для управління ризиками.
Принцип моніторингу та оцінки	Морський екологічний моніторинг: систематичний збір і аналіз даних для оцінки ефективності управління.
Принцип наукової обґрунтованості	Суб'єкт управління: використання наукових даних і досліджень для прийняття обґрунтованих рішень.
Принцип превентивної дії	Суб'єкт управління: превентивні дії для уникнення потенційних ризиків.
Принцип прозорості та об'єктивності	Суб'єкт управління: відкритість і об'єктивність в процесі прийняття рішень.
Принцип пропорційності	Суб'єкт управління: пропорційність дій до рівня ризику.
Принцип регулятивного управління	Суб'єкт управління: встановлення правил і норм для зменшення ризиків.
Принцип сталого розвитку	Всі елементи: використання ресурсів екосистеми таким чином, щоб вони задовольняли поточні потреби, не погрожуючи при цьому потребам майбутніх поколінь.



## 1.6 Концептуальна модель управління екосистемними ризиками моря

Концептуальна модель управління екосистемними ризиками моря є важливим інструментом, що відображає ключові компоненти теорії та їх взаємозв'язки. Вона допомагає розуміти структуру та характеристики цієї теорії і сприяє її подальшому впровадженню на практиці. Ця модель враховує складність взаємодій між соціо-економічними системами та морськими екосистемами, а також ризики, що виникають внаслідок цих взаємодій.

Основні компоненти концептуальної моделі включають фактори впливу, такі як природні та антропогенні чинники, які впливають на стан морських екосистем та ризики, пов'язані з ними. Вона також враховує поняття здоров'я екосистеми, стабільності екосистеми та біорізноманіття як ключові компоненти, які визначають стан та функціонування морських екосистем.

Ця модель покликана забезпечити сталість соціо-економічних систем та морських екосистем, забезпечуючи ефективне управління ризиками. Вона надає базовий фреймворк для аналізу, розуміння та управління ризиками, пов'язаними зі змінами у морських екосистемах. Подальше впровадження цієї моделі на практиці допоможе розробляти та впроваджувати стратегії та заходи, спрямовані на збереження та стале використання морських ресурсів для забезпечення нашого майбутнього благополуччя.

Концептуальна модель управління екосистемними ризиками моря базується на використанні системи даних моніторингу стану екосистеми та аналізу факторів впливу. Ці дані становлять основу для розпізнавання ризиків, оцінки їх імовірності та потенційних наслідків.

На основі цієї інформації розробляються стратегії управління ризиками, спрямовані на попередження ризиків, мінімізацію шкоди в разі виникнення негативних подій та відновлення екосистеми до здорового стану. Ці стратегії включають конкретні дії та заходи, що враховують особливості морської екосистеми та впливу антропогенних чинників.

Реалізація стратегій управління ризиками передбачає активну участь суб'єкта управління, який виконує заплановані дії та впроваджує необхідні заходи. Важливою складовою процесу є постійний моніторинг та оцінка стану екосистеми, що дозволяє визначити ефективність застосованих стратегій та, у разі необхідності, внести корективи.

Необхідною умовою для забезпечення ефективності системи управління ризиками є її постійна адаптація та оновлення, що базуються на оцінюванні ефективності стратегій та врахуванні змін в стані морської екосистеми та впливі факторів ризику.

Отже, система управління екосистемними ризиками моря базується на даних комплексного екологічного моніторингу і включає етапи розпізнавання ризиків, оцінки ризиків, розробки стратегій, реалізації стратегій та постійне оновлення і адаптацію (рис. 1.1). Такий підхід дозволяє забезпечити ефективне управління ризиками та збереження стійкості морських екосистем.

Функціональні характеристики концептуальної моделі управління екосистемними ризиками моря, вказані нижче, відображають ключові аспекти її функціонування.

**Цілі моделі.** Цільова спрямованість моделі полягає в прогнозуванні майбутніх екосистемних ризиків, визначенні ефективних стратегій управління ризиками та наданні підтримки прийняття рішень стосовно вибору оптимальних стратегій управління. Модель допомагає зрозуміти можливі наслідки дій та прийняти обґрунтовані рішення щодо мінімізації ризиків та забезпечення стійкого розвитку морських екосистем.

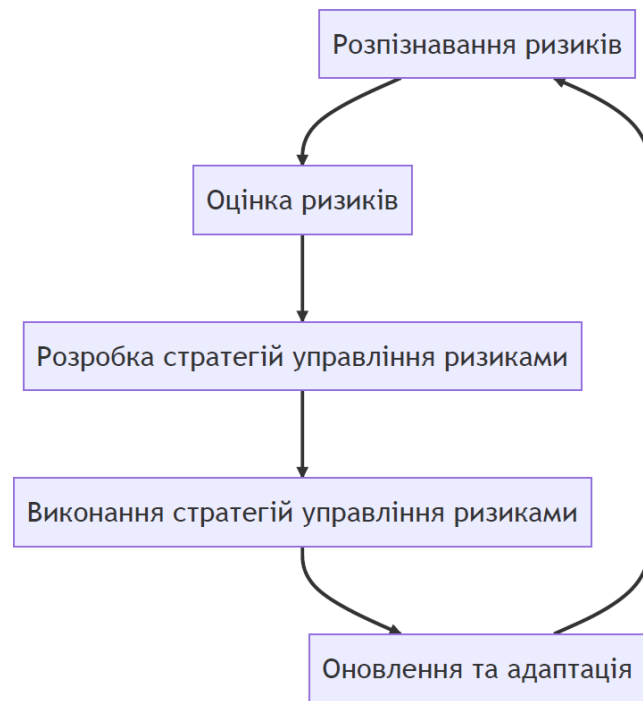


Рисунок 1.1 - Загальна модель управління ризиками

**Використання моделі.** Концептуальна модель використовується для аналізу екосистемних ризиків, оцінки ефективності стратегій управління ризиками, моделювання сценаріїв змін у ризиках та розробки нових стратегій управління. Це дозволяє систематично досліджувати взаємозв'язки та наслідки різних варіантів управління ризиками та сприяє розробці науково обґрунтованих рекомендацій та політик управління екосистемними ризиками моря.

**Поведінка моделі.** Функціональні характеристики моделі відображають певні аспекти її поведінки. Системність позначає те, що модель розглядає морську екосистему як цілісну структуру, ураховуючи взаємозв'язки між її компонентами. Динамічність означає здатність моделі відтворювати часову динаміку екосистемних ризиків з урахуванням змін в середовищі. Проактивність передбачає визначення стратегій для прогнозування та мінімізації потенційних ризиків. Адаптивність моделі проявляється у її

здатності адаптуватися до змін умов та нових даних, що забезпечує актуальність та відповідність дійсності.

Ці функціональні характеристики є ключовими для розуміння та використання концептуальної моделі управління екосистемними ризиками моря. Вони сприяють здійсненню ефективного аналізу ризиків, розробці стратегій та прийняттю обґрунтованих рішень для забезпечення стійкого розвитку морських екосистем.

### 1.7 Стратегії управління екосистемними ризиками

Існує низка стратегій управління екосистемними ризиками моря, які враховують різноманітні аспекти і вимоги сталого використання морського довкілля.

*Морське просторове планування (Marine Spatial Planning, MSP)*. Підхід передбачає розробку плану використання морського простору з урахуванням різних видів діяльності та інтересів стейкхолдерів. MSP дозволяє враховувати конфлікти між різними користувачами морського простору (наприклад, рибалки, туризму, виробництва енергії) та забезпечує збалансоване управління ресурсами та охорону екосистем [81].

*Створення захищених морських областей (Marine Protected Areas, МРА)*. МРА - це особливі морські зони, де регулюється або обмежується людська діяльність з метою збереження морського біорізноманіття та екосистемних процесів [82]. Встановлення МРА допомагає зберегти важливі морські середовища, сприяє відновленню вимерлих або зникаючих видів та підтримує стійке функціонування морських екосистем.

*Управління на основі екосистемного підходу (Ecosystem-Based Management, ЕВМ)*. ЕВМ є холістичним підходом до управління морськими екосистемами, де розглядається система в цілому, а не окремі складові частини [83]. Підхід враховує взаємозв'язки між різними видами, процесами та

екологічними функціями, сприяє збереженню біорізноманіття, відновленню екосистем та забезпеченню стійкого використання природних ресурсів.

*Управління ресурсами.* Підхід включає регулювання використання окремих ресурсів, наприклад, при рибальстві та аквакультурі, контроль незаконного, недекларованого та нерегульованого рибальства, моніторинг стану рибних запасів та впровадження науково обґрунтованих квот та обмежень [84]. Додатково, враховується вплив інших діяльностей, які можуть негативно впливати на морські екосистеми, такі як нафтогазова промисловість та транспорт.

*Інтегроване управління прибережними зонами (Integrated Coastal Zone Management, ICZM).* Цей підхід є холистичним, зосередженим на управлінні територіями прибережних зон, які включають морські та берегові екосистеми. ICZM враховує екологічні, соціальні та економічні аспекти, сприяє сталому розвитку, збереженню біорізноманіття та екосистемної резилентності [85].

*Директива ЄС з морської стратегії (Marine Strategy Framework Directive, MSFD).* Директива є ключовим інструментом для забезпечення сталого розвитку морського середовища в Європейському Союзі [86]. MSFD вимагає від держав-членів розробки і впровадження координованих стратегій для досягнення та збереження доброго екологічного стану своїх морських вод. Цей підхід включає базову оцінку морського середовища, визначення «доброго екологічного стану» та розробку морських стратегій.

*«Блакитне зростання» (Blue Growth).* Підхід, запроваджений Європейським Союзом, що поєднує стале використання морських ресурсів та розвиток морських секторів, таких як енергетика, рибальство, туризм та біотехнології [87]. Основна мета "блакитного зростання" полягає в стимулюванні економічного розвитку, збереженні морського середовища та забезпеченні стійкості морських екосистем.

Ці стратегії забезпечують комплексний підхід до управління екосистемними ризиками моря, забезпечуючи збалансоване використання морського довкілля, збереження біорізноманіття та стійкий розвиток морських

екосистем. Врахування цих підходів допомагає забезпечити належне функціонування морського середовища та збереження його ресурсів для майбутніх поколінь.

Порівняльний аналіз методів, які використовуються у стратегіях управління екосистемними ризиками, наведено в табл. 1.2.

Стратегії управління ризиками можуть бути адаптовані до контексту управління екосистемними ризиками шляхом [88-90]:

*уникнення ризику* - відмова від діяльності, яка може пошкодити екосистему;

*прийняття ризику* - якщо потенційна вигода переважає потенційні екосистемні втрати;

*мінімізація ризику* - застосування практик, що зменшують негативний вплив на екосистему.

*передача ризику* - страхування або угоди про поділ ризику з користувачами.

Кожну стратегію управління ризиками слід розглядати з огляду на унікальні обставини, контекст і цінності зацікавлених сторін.

Стратегії управління ризиками можуть бути реалізовані через різні інструменти: MSP, MPA, EBM, управління ресурсами, систему відповідно до вимог Директива ЄС з морської стратегії.

Ці стратегії інтегрують різні підходи до управління екосистемними ризиками, забезпечуючи збереження екосистем та сталість морського середовища.

На діаграмі, представленій на рис. 1.4, відображені зв'язки між різними підходами до управління морським довкіллям та стратегіями управління ризиками, які вони використовують. Наприклад, стратегія морського просторового планування може включати ідентифікацію ризиків, моніторинг ризиків та реагування на ризики. Зауважимо, що деякі стратегії можуть використовувати кілька методів управління ризиками одночасно, підкреслюючи комплексний підхід до управління екосистемними ризиками.

Цей комплексний підхід сприяє досягненню сталого управління екосистемними ризиками та збереженню морських екосистем для майбутніх поколінь.

Таблиця 1.4 – Порівняльний аналіз методів, що використовуються кожним підходом для окремих етапів управління екосистемними ризиками

Підхід	Ідентифікація ризиків	Моніторинг ризиків	Оцінка ризиків	Реагування на ризики	Відновлення екосистеми	Вплив на біорізноманіття	Залучення сторін
Морське просторове планування	SWOT-аналіз, експертні оцінки	Моніторинг стану морського середовища, збір та аналіз даних	Оцінка впливу різних видів діяльності на екосистему	Розробка протоколів та процедур для попередження ризиків	Відновлення природних ресурсів, відновлення біорізноманіття	Збереження біорізноманіття, запобігання втраті видів	Залучення зацікавлених сторін до процесу планування
Створення захищених морських областей	Аналіз біорізноманіття, ідентифікація загроз	Моніторинг стану захищених областей, оцінка ефективності заходів	Оцінка впливу людської діяльності на захищену зону	Розробка та впровадження стратегій збереження та відновлення	Відновлення біорізноманіття, реставрація пошкоджених екосистем	Захист різноманітних видів, збереження природних процесів	Залучення громадськості та зацікавлених організацій до планування
Управління на основі екосистемного підходу	Аналіз екосистемних зв'язків та взаємодій	Моніторинг екосистемних процесів та показників	Оцінка стану екосистеми та визначення ризиків	Розробка та впровадження заходів для збереження та відновлення екосистеми	Відновлення рівноваги та стабільності екосистеми	Збереження біорізноманіття, забезпечення сталого розвитку	Залучення всіх зацікавлених сторін до процесу управління
Управління ресурсами	Моніторинг стану ресурсів, аналіз даних	Моніторинг використання ресурсів, контроль вилову риби	Оцінка стану ресурсів та їх природної продуктивності	Регулювання добового вилову, обмеження діяльності, яка негативно впливає на ресурси	Відновлення природної продуктивності, відновлення рівноваги в рибальських ресурсах	Збереження біорізноманіття, стале використання ресурсів	Залучення стейкхолдерів до процесу управління ресурсами
Директива ЄС з морської стратегії	Аналіз стану морських вод, ідентифікація проблем	Моніторинг екологічного стану, збір та аналіз даних	Оцінка стану морського середовища, впливу діяльності на екосистему	Розробка та впровадження стратегій збереження та покращення стану морського середовища	Відновлення морського середовища, відновлення біорізноманіття	Збереження різноманітних морських видів, залучення громадськості	Залучення зацікавлених сторін до процесу впровадження директиви
Стратегія "Блакитного зростання"	Аналіз потенціалу морського сектора, ідентифікація можливостей	Моніторинг розвитку морського сектора, аналіз показників	Оцінка економічного впливу морського сектора, стійкості розвитку	Підтримка та стимулювання сталого розвитку морського сектора	Відновлення економічної стійкості та зростання, створення робочих місць	Вплив на зайнятість та економічний розвиток, залучення бізнесу та інновацій	Залучення бізнесу та громадськості до розвитку морського сектора



## 1.8 Методологічний підхід до управління екосистемними ризиками

Загальна модель управління ризиками в морських екосистемах, що наведена вище, надає систематичний та цілеспрямований підхід до забезпечення сталого розвитку та мінімізації впливу природних та антропогенних факторів на ці екосистеми.

Етапи розробки методології управління екосистемними ризиками наведені на рис.1.3.

Методика управління екосистемними ризиками передбачає:

*встановлення цілей:* використовуючи вимоги зацікавлених сторін та наукові індикатори, формулюються цілі SMART, які охоплюють екосистемні ризики;

*ідентифікацію ризиків:* використовуються наявні дані для виявлення потенційних ризиків;

*оцінку ризиків:* застосовується математичне моделювання для визначення імовірності та потенційного впливу ризиків;

*створення стратегій управління ризиками:* після оцінки ризиків розробляються стратегії управління, що враховують кожен ризик і можуть включати такі складові: зниження, передачу, уникнення або прийняття ризику, з урахуванням їх вартості, впливу та ефективності;

*визначення оптимальної стратегії управління:* застосовуються оптимізаційні техніки для вибору найкращої стратегії управління кожним ризиком, що може включати аналіз чутливості, моделювання сценаріїв та стохастичне оптимізаційне моделювання.

Ці кроки слугують основою використання концептуальної моделі управління морськими екосистемними ризиками.

Центральна мета управління екосистемними ризиками - забезпечення стійкості морської екосистеми, тобто підтримання екосистемних функцій, біологічного різноманіття, послуг екосистеми та стабільності у змінних умовах, і її самовідновлення при пошкодженні.

Стосовно морських екосистем стійкість розглядається на трьох рівнях:

- стабільність регіону* - географічний регіон повинен залишатися стабільним незважаючи на вплив глобальних біогеохімічних циклів;
- збереження біологічного угруповання* - угруповання, що складається з різних популяцій, повинно зберігати свою чисельність видів;
- стабільність популяцій* - популяції в угрупованні мають бути стабільними без різких коливань.

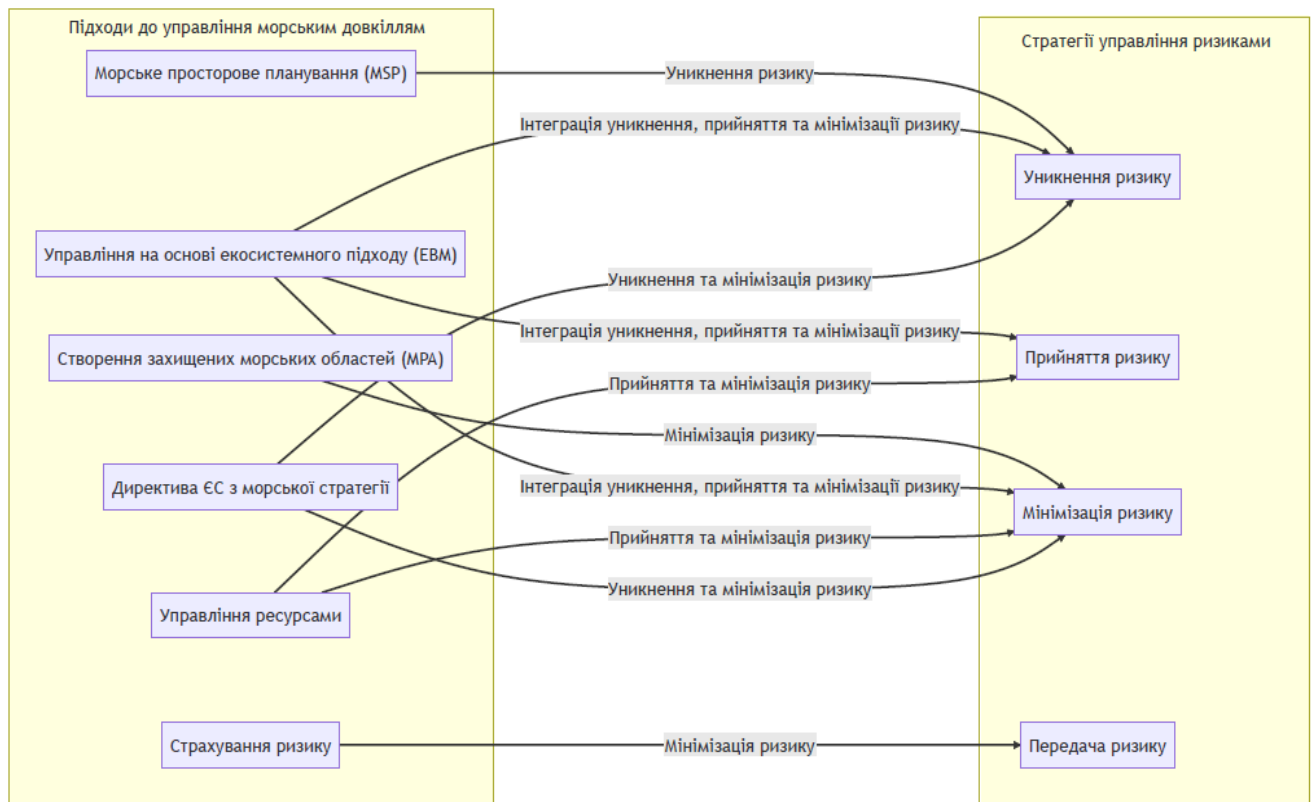


Рисунок 1.2 – Зв'язки між підходами до управління морським довкіллям та стратегіями управління ризиками

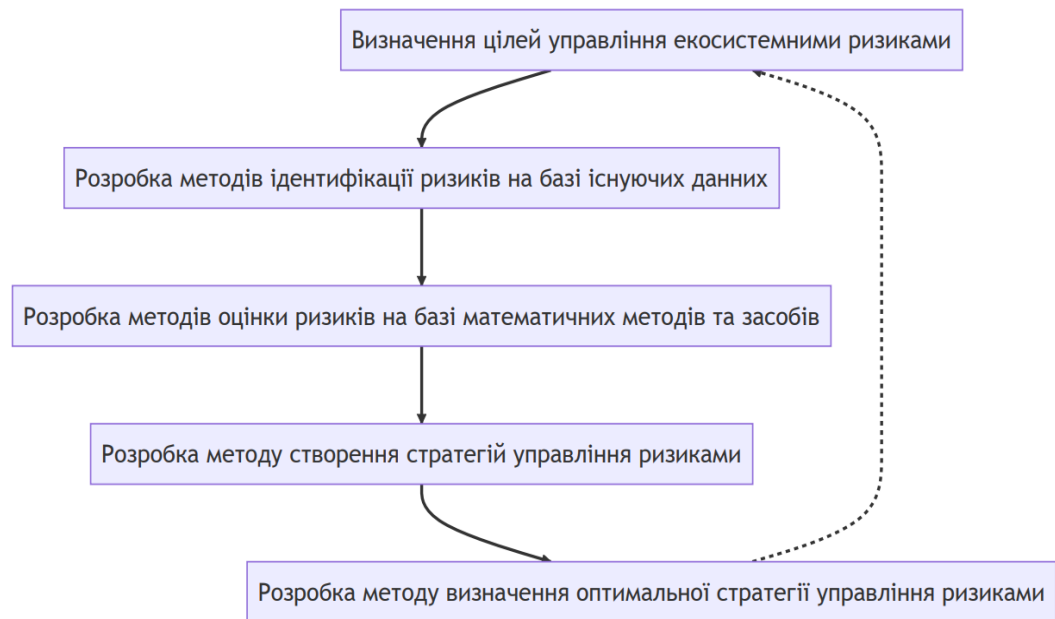


Рисунок 1.3 – Основні етапи розробки методології управління екосистемними ризиками

При визначенні цілей управління ризиками потрібно враховувати потреби різних суб'єктів, щоб забезпечити баланс між захистом екосистеми та задоволенням потреб суспільства.

Управління екосистемними ризиками має такі цілі.

1. *Збереження біорізноманіття* – стосується видового складу, генетичної різноманітності та екосистемної структури.
2. *Мінімізація негативного впливу* – охоплює обмеження забруднення, раціональне використання ресурсів і контроль за хімічними речовинами.
3. *Збереження екосистемних послуг* – підтримка послуг, що надаються морськими екосистемами, таких як очищення води, регуляція клімату і рекреаційні послуги.
4. *Стале використання ресурсів* - ресурси екосистеми використовуються в межах, які зберігають їх для майбутніх поколінь.
5. *Захист здоров'я і благополуччя* - зменшення ризиків, пов'язаних з морськими екосистемами, що впливають на людей, включаючи контроль якості води і управління ризиками здоров'я морських організмів.

На етапі ідентифікації ризиків, різні підходи та методи можуть бути використані для виявлення ризику. Ці програми, хоча і мають обмеження, є потужними інструментами для управління екосистемними ризиками. Їх точність та ефективність залежать від якості даних та припущень, які використовуються при моделюванні. Результати повинні бути інтерпретовані обережно і підтверджуватися реальними даними.

Оцінка екосистемних ризиків передбачає створення відповідної математичної моделі, яка враховує цілі оцінки, вразливість екосистеми, фактори впливу, користувачів послуг та інші елементи. Модель включає фізичні, біологічні, хімічні та соціо-економічні процеси екосистеми, параметри вразливості до загроз, а також потреби і можливості управління. Результатом є прогнозування ризиків, оцінка впливу факторів та управління, обґрунтоване прийняття рішень та підтримка стану екосистеми.

Математичне моделювання в екології, починаючи з роботи Р. Мея [21], використовувало прості інструменти, але з розвитком науки та технологій, стало більш деталізованим. Для аналізу морських екосистем застосовуються такі математичні та інформаційні методи:

- статистичний аналіз для виявлення тенденцій мінливості характеристик екосистеми;
- імітаційні моделі для прогнозування реакцій на зміни;
- мережевий аналіз для вивчення екологічних мереж;
- дистанційне зондування для збору даних про екосистеми;
- ГІС для просторового аналізу даних;
- динамічні системи для аналізу складних, змінних систем;
- штучний інтелект та машинне навчання для аналізу великих наборів даних і прогнозування змін;
- бази даних для управління даними про екосистеми.

Процес математичного моделювання, який наведений на рис. 1.4, дозволяє аналізувати складні взаємодії в морських екосистемах та прогнозувати їхню поведінку в різних умовах. Використання математичних

моделей дозволяє покращити розуміння ризиків та екологічних процесів у морських екосистемах і сприяє розробці ефективних стратегій управління для збереження та сталого використання морських ресурсів.

Доступні існуючі програми для використання математичного моделювання при виконанні завдань управління екосистемними ризиками в морі наведені в табл. 1.5. Ці програми використовують різні підходи та моделі для моделювання динаміки морських екосистем та оцінки впливу людської діяльності та змін навколишнього середовища [35-80].

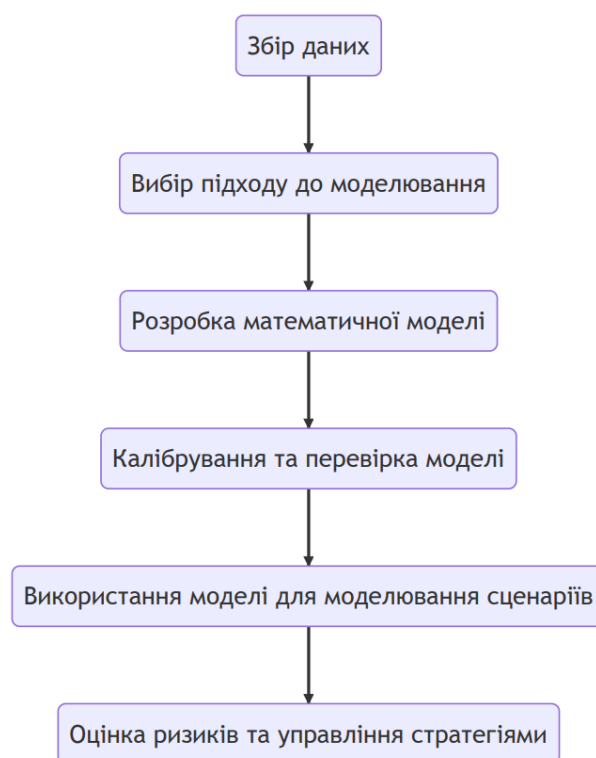


Рисунок 1.4 – Процедура використання математичного моделювання в методології управління екосистемними ризиками моря.

Таблиця 1.5 – Існуючі моделі та комп'ютерні програми для моделювання морських екосистем та їх окремих компонент. Моделі та їх опис можливо знайти за наступними посиланнями: [35-80]

Основний об'єкт моделювання	Назва моделі/комп'ютерної програми
Гідрофізичні процеси	ADCIRC, CMSWave, Delft3D, EFDC, ELCIRC, FVCOM, MIKE21, MIKE21/3, POM, SELFE, SWAN, TELEMAC, WAM, WAVEWATCH III
Біохімічні процеси	COMF, ERSEM, M3, MSVPA, ROMS
Гідрометеорологічні процеси	Copernicus Marine Service, ECOMSED, GOTM, GROMS, HEM-GOM, ODV
Екосистемні процеси	AQUATOX, APECOSM, Atlantis, Bio-ORACLE, COPEPOD, DEB-IBM, DEB, ECOSMO, Ecopath with Ecosim (EwE) модель, GEMSS, MARES, MAREMIP, MIKE ECO Lab, MIMES, OSMOSE, SEA, SEAMAP, SEAPODYM, SeaBASS, STELLA, MICE

Ефективне управління екосистемами, зокрема морськими, потребує впровадження збалансованого підходу, який об'єднує різноманітні методи: від математичного моделювання до збору польових даних і включення відгуків від зацікавлених сторін. У цьому контексті модель AQUATOX є одним з успішних інструментів для аналізу впливу людської діяльності на водні екосистеми, такі як Чорне море [21].

Щодо вивчення стійкості таких екосистем, розгляд стійкості за показниками Ляпунова є найбільш привабливим підходом. Вона базується на математичних моделях екосистем і дозволяє оцінювати, наскільки "хорошою" є модель біологічного угруповання або екосистеми, і наскільки вона здатна відповідати на питання про стійкість реального угруповання.

Поняття стійкості за Ляпуновим передбачає, що невелике початкове відхилення в системі з часом не збільшується, а навіть може зменшуватися, що свідчить про асимптотичну стійкість системи. Завдяки аналізу показників Ляпунова, можна отримати важливу інформацію про динаміку системи, включаючи режими, розмірності атратора і ентропію системи.

Інші форми стійкості, такі як орбітальна стійкість, стійкість по Пуассону, та стійкість по Лагранжу, також важливі, але стійкість за показниками Ляпунова надає найбільш всебічний і точний аналіз для оцінки стійкості морських екосистем.

На рис. 1.5 представлена блок-схема методу створення стратегій управління ризиками, який містить наступні етапи:

- аналіз вразливості: оцінює чутливість морської екосистеми до ризиків, вивчаючи її екологічні процеси та біорізноманіття;
- визначення ймовірності ризику: оцінює ймовірність і потенційний вплив ризикових подій на екосистему за допомогою аналізу даних;
- кількісна оцінка: проводить кількісну оцінку ризиків за допомогою статистичних аналізів та математичного моделювання;
- мультикритеріальний аналіз: використовує методи прийняття рішень для врахування різних критеріїв ризику;
- ймовірнісно-статистичний аналіз: застосовує статистичні методи і ймовірнісні розрахунки для оцінки ризиків;
- моделювання та симуляція: використовує математичні моделі для аналізу ризиків та прогнозування ризикових сценаріїв;
- аналіз сценаріїв: розробляє сценарії ризикових подій і їх впливу на екосистему для розробки стратегій реагування;
- реагування на ризики: розробка та впровадження стратегій і заходів для мінімізації ризиків.

Розглянуті етапи управління ризиками створюють комплексний метод для ідентифікації, оцінки та управління ризиками морських екосистем, мета якого - забезпечити їх стійкість

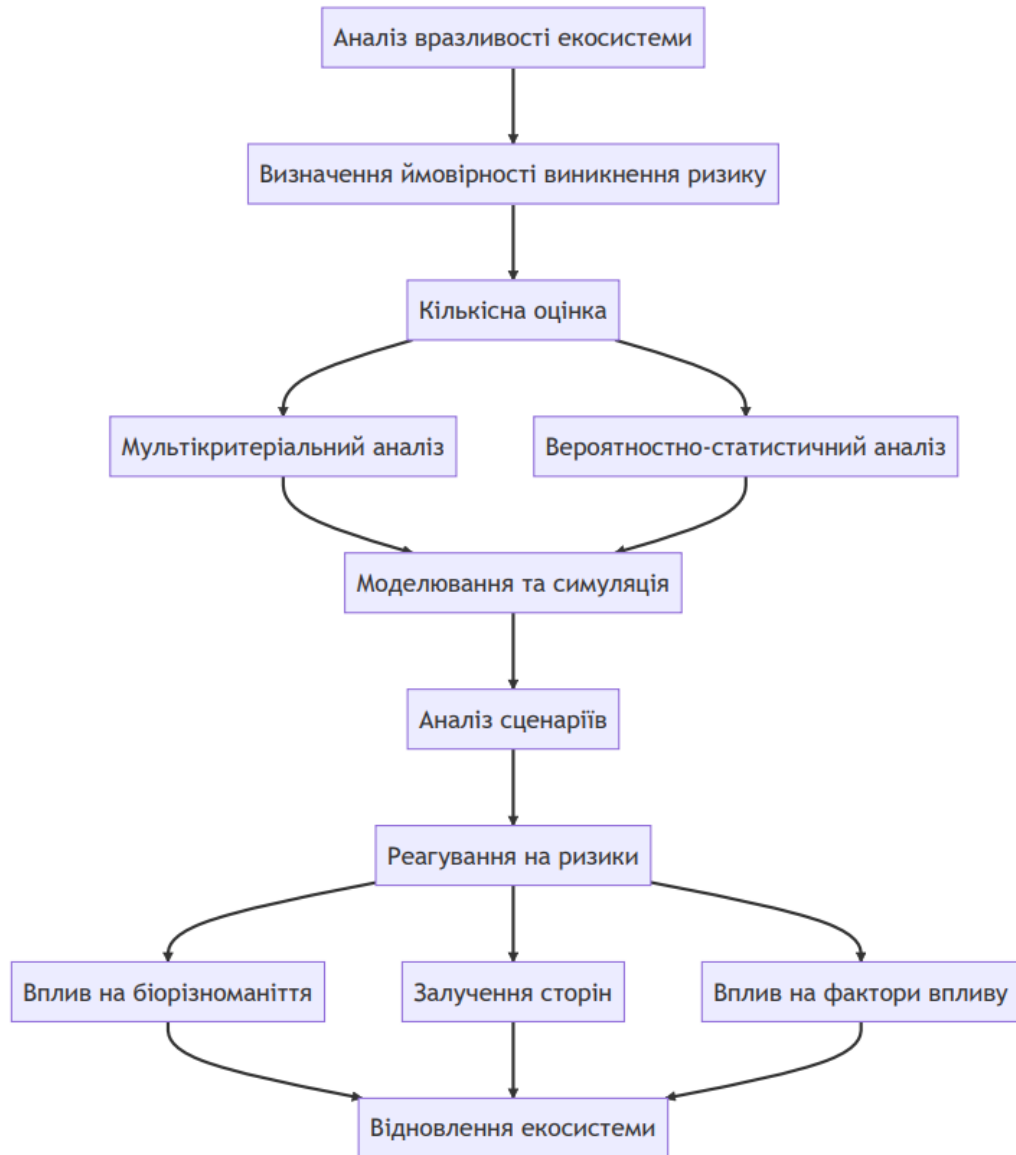


Рисунок 1.5 – Блок-схема поетапного методу створення стратегій управління ризиками

### 1.9 Гіпотези та напрямки розвитку теорії

Екосистема є складною системою, що включає в себе живі організми та їхню взаємодію з неживою природою. Ця взаємодія формує енергетичні потоки, трофічну структуру та кругообіг речовин у системі. Однак, дослідження екосистем стикається зі складнощами через їхню ієрархічність, багатоманітність елементів та складну взаємодію між різними організмами.



Водні екосистеми, зокрема, мають особливості, які ускладнюють системний аналіз. Вони характеризуються хаотичною динамікою та непередбачуваністю стану. Це означає, що точний стан водних екосистем важко передбачити, особливо з урахуванням слабкої детермінованості та постійної еволюції. Класичні імовірнісні підходи до моделювання не завжди ефективні у водних середовищах, оскільки навіть незначні зміни можуть мати значний вплив на систему.

Для дослідження водних екосистем використовують гіпотезу про взаємодію двох форм просторово-часової організації біоти. Перша форма – це нерівноважний потік, який прагне до рівноваги, а друга форма – це стан нестійкої рівноваги окремих елементів потоку. Екосистеми можуть еволюціонувати через накопичення нових властивостей біоспільноти, які можна описати диференціальними рівняннями.

Важливим аспектом вивчення екосистем є розуміння впливу антропогенних факторів на систему. Навіть невеликі зовнішні впливи можуть спричинити радикальні зміни в екосистемі. Це може відбуватися через активацію клітинних або генно-молекулярних механізмів, які призводять до змін у структурі та функціонуванні системи. Навіть слабкі зовнішні впливи можуть спричинити біфуркацію – якісну зміну структури системи та вибір нових шляхів розвитку через флуктуації та випадкові обставини.

Для ефективного управління екосистемними ризиками моря пропонується використовувати екосистемний підхід (ЕП). ЕП враховує комплексність екосистем та їхню взаємодію з людьми. Цей підхід спрямований на збереження та стале використання земельних, водних та живих ресурсів у справедливий спосіб. Він визнає, що благополуччя людей залежить від здоров'я і стійкості екосистем.

ЕП також враховує, що екосистеми є динамічними і реагують на різні драйвери та тиск у різних масштабах. Він намагається підтримувати або відновлювати структуру та функції екосистем, враховуючи потреби та цінності всіх зацікавлених сторін. ЕП сприяє міжсекторальній координації та

співпраці, а також навчанню та інноваціям. Він підтримує адаптивне управління, участь зацікавлених сторін та отримання знань.

Проте, впровадження ЕП також залежить від доступності та якості даних, розробки адекватних методів оцінки, розробки ефективних механізмів координації та управління, а також вирішення конфліктів та компромісів. Дослідження у цьому напрямку допоможуть розуміти, як ЕП може бути ефективно застосовано в різних контекстах та масштабах, і як воно може сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

Теорія управління екосистемними ризиками моря може бути використана для перевірки різних гіпотез шляхом проведення експериментів та досліджень. Ці дослідження включають збір даних, створення моделей, спостереження за змінами в екосистемах та аналіз впливу різних факторів. За допомогою таких методів можуть бути перевірені перелічені нижче гіпотези.

*Гіпотеза про забруднення* стверджує, що зменшення рівня забруднення в морях призводить до поліпшення стану морської біоти та зменшення ризику для екосистеми. Щоб перевірити цю гіпотезу, можна здійснювати моніторинг забруднення в морських водах, проводити дослідження залежності між рівнем забруднення та станом екосистеми.

*Гіпотеза про вплив кліматичних змін* стверджує, що існує зв'язок між кліматичними змінами, такими як глобальне потепління та підняття рівня моря, та збільшенням екосистемних ризиків в морях. Для перевірки цієї гіпотези можна аналізувати довготривалі зміни в екосистемах та спостерігати їх реакцію на кліматичні фактори.

*Гіпотеза про захищені морські зони (ЗМЗ)* стверджує, що збільшення кількості та ефективності ЗМЗ призводить до зменшення екосистемних ризиків моря. Для перевірки цієї гіпотези можна проводити дослідження в захищених морських зонах та порівнювати їх стан з незахищеними ділянками.

*Гіпотеза про надмірне риболовство* стверджує, що існує зв'язок між надмірним риболовством та збільшенням екосистемних ризиків моря. Для перевірки цієї гіпотези необхідно досліджувати стан рибних запасів, вивчати

зміни в екосистемах після зменшення риболовного тиску та аналізувати взаємозв'язок між риболовством та станом екосистеми.

Перевірка цих гіпотез допоможе встановити наукові основи управління екосистемними ризиками моря та розробити ефективні стратегії збереження та сталого використання морських ресурсів.

## 2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ЕКОСИСТЕМНИМИ РИЗИКАМИ МОРЯ

### 2.1 Загальний опис моделі та її параметризація

В цьому розділі запропонована спрощена система рівнянь, яка відображає взаємозалежність між такими елементами як морська екосистема, система управління екосистемними ризиками, фактори впливу на екосистему, користувачі екосистемних послуг та екосистемні послуги.

Введемо наступні змінні:

$E$  – інтегральний показник стану морської екосистеми;

$F$  - інтегральний показник впливу на екосистему зовнішніх факторів;

$I$  – інтегральний показник екосистемних послуг;

$S$  – показник ефективності системи управління екосистемними ризиками;

$St$  – показник користувачів екосистемних послуг;

$M$  – показник рівня ефективності системи моніторингу.

Розглянемо більш детально показники та їх можливі визначення для морської екосистеми.

Такі інтегральні показники моделі, як показник стану морської екосистеми, показник стану екосистемних послуг та показник впливу користувачів екосистемних послуг, виразимо через відповідні складові індексу здоров'я океану, що оцінює стан морського середовища та його здатність підтримувати різноманітні форми життя [1].

Загалом індекс здоров'я океану обчислюється на основі 10 цілей щодо використання морських ресурсів та щодо стану морських екосистем:

- біологічне різноманіття – збереження та зміцнення морського біологічного різноманіття;

- чисті води – забезпечення чистих морських вод, що не впливають негативно на інші цілі;
- товарні ресурси – забезпечення використання та вилову морських ресурсів у сталій манері;
- морепродукти – забезпечення стійкого вилову морепродуктів та споживання;
- карбоновий складник – збереження біологічного вуглецю в морському середовищі;
- туризм та рекреація – підтримка туризму та рекреації, що поліпшують досвід людей;
- береговий захист – забезпечення природного захисту від берегової ерозії та інших природних стихій;
- морська мережа живлення – підтримка рівноваги в харчових ланцюгах морського життя;
- особливі місця в морі – збереження особливих місць з природними, культурними чи історичними цінностями;
- живучість спільнот – підтримка стійких і продуктивних морських спільнот, які здатні пристосуватися до змін.

В контексті даної моделі, частина цілей відповідає компоненті показників стану морської екосистеми, частина – показникам, що характеризують екосистемні послуги та їх користувачів (див табл. 2.1). Наприклад, інтегральний показник стану морської екосистеми враховує ряд різних показників, включаючи біологічне різноманіття, якість води, доступ до морських ресурсів та стійкість екосистеми.

Величина кожної цілі та підцілі нормується від 0 до 100, де 100 відображає кращий можливий стан для даної цілі.

Таблиця 2.1. – Співсталення складових моделі управління екосистемними ризиками моря із цілями та підцілями моделі для розрахунку індексу здоров'я океану відповідно до методики [1]

Складова моделі	Ціль / підціль
E – показник стану морської екосистеми-	Біорізноманіття (BD): Характеристика оселищ (HAB); Характеристика видів (SPP)
	Зберігання вуглецю (CS)
	Якість води (CW)
I – показник стану екосистемних послуг	Використання продукції, яка видобувається з морських рослин та тварин
	Туризм і відпочинок
	Збереження культурної спадщини Збереження видів, занесених в червону книгу Охорона та відновлення природоохоронних акваторій та територій
	Промислове рибальство (FIS); Марикультура (MAR)
	Любительська та спортивна риболовля (AO)
	Роль природних формувань, які захищають від руйнування морське узбережжя (CP)
St – показник користувачів екосистемних послуг	Прибережне життя і економіка (LE): Заробіток (LIV) Економіка (ECO)

Показник  $I_{reg}$  (індекс відповідної складової для кожного регіону) обчислюється як середнє зважене всіх оцінок ( $G$ ) для кожної цілі ( $g$ ):

$$I_{reg}^i = \sum_{g=1,N} w_g G_g / \sum_{g=1,N} w_g, \quad (2.1)$$

де  $w_g$  - вага для кожної цілі.

Для глобальної оцінки, ваги цілей ( $w_g$ ) приймалися рівними. В ідеалі, ці ваги повинні бути виведені емпірично. Деталі можуть варіюватися від регіону до регіону і від часу до часу, в залежності від наявних даних, наукових знань та методологічних змін.

Бал цілі ( $G$ ) є середнім між поточним станом ( $x$ ) та очікуваним станом у майбутньому ( $x^{^F}$ ):

$$G = (x + x^{^F}) / 2, \quad (2.2)$$

Поточний стан ( $x$ ) - це стан цілі відносно до контрольної точки ( $X_R$ ):

$$x_i = X / X_R, \quad (2.3)$$

$X_R$  визначається відповідно до контексту (напр., максимальний сталий виріб, порівняння з іншим регіоном, історичні значення, відомі або встановлені цілі).

Очікуваний стан цілі ( $x^{^F}$ ) залежить від поточного стану ( $x$ ), недавніх тенденцій ( $T$ ), поточних тисків ( $p$ ), та стійкості ( $r$ ) до цих тисків:

$$x^{^F} = [1 + \beta T + (1 - \beta)(r - p)] x, \quad (2.4)$$

Тут  $\beta$  (відповідно до [1]  $\beta$  прийнято 0.67) відображає важливість тренду порівняно зі стійкістю та тиском.

Міри тиску та стійкості допомагають зрозуміти очікуваний стан, враховуючи інформацію за рамками недавніх тенденцій. Такі міри можуть відображати кумулятивні ефекти, які ще не проявлені в трендах, або вплив поточних рівнів стійкості та тиску на майбутній стан.

Оцінка тиску, позначена як  $p$ , відображає сумарний тиск, який впливає на ціль і негативно впливає на значення її оцінки. Оцінки тиску відрізняються

в межах від 0 до 1 і розраховуються для кожного регіону та цілі, і включають як екологічні ( $pE$ ), так і соціальні тиски ( $pS$ ). Вони обчислюються за формулою:

$$p = \gamma * pE + (1 - \gamma) * pS, \quad (2.5)$$

Параметр  $\gamma$  являє собою відносну вагу екологічного та соціального тиску, яка дорівнює 0.5 для глобальної оцінки. У більшості цілей на глобальному рівні немає чітких доказів на користь нерівномірного зважування екологічного та соціального тиску. На регіональному або місцевому масштабах можуть бути докази на користь нерівномірного зважування на окрему ціль і  $\gamma$  слід відповідно коригувати.

Екологічний тиск оцінюється через п'ять широких, глобально важливих категорій екологічних стресорів: рибальський тиск, знищення природних місць оселищ, зміни клімату (включаючи кислотність морської води), водне забруднення та внесення видів (інвазивні види та генетичні впливи). Кожна категорія тиску може включати декілька стресорів. Інтенсивність кожного стресору в кожному регіоні шкалюється від 0 до 1, де 1 вказує на найвищий стрес.

Чутливість кожної цілі або підцілі до кожного стресору (або, коли це можливо, до елемента цілі, наприклад, конкретного місця обітання) визначається і ранжується як маючи "високий" (оцінка = 3), "середній" (оцінка = 2), "низький" (оцінка = 1) або "немає" (оцінка = NA) вплив. Де це можливо, визначення цих рангів базується на літературних даних, а в інших випадках - на колективному експертному судженні. Ранги тиску базуються на приблизних оцінках глобальної середньої інтенсивності та частоти стресору. Цей підхід може призвести до переоцінки або недооцінки для різних місць на планеті, але для вирішення такої варіації в значущий спосіб потребувало б використання значно більшої кількості даних, ніж в наявності, та можливостей для їх аналізу на масштабі окремого регіону або місця.

Соціальні тиски відображають неефективність уряду та соціальних інститутів. Вони розглядаються для кожного регіону і міряються на шкалі від



0 до 1, де 1 вказує на найвищий тиск. Загальний соціальний тиск розраховується як середнє значення відповідних соціальних стресорів, використовуючи формулу:

$$pS = \sum_{i=1, N} z_i / N, \quad (2.6)$$

де  $z_i$  - це виміри соціального тиску, специфічні для цілі.

З урахуванням моделі для оцінки індекса здоров'я океану нами створено систему явних разностных рівнянь (разностные уравнения представляют собой аналоги дифференциальных уравнений, в которых изменения переменных оцениваются на конечных интервалах времени) для моделювання динаміки системи управління екосистемними ризиками.

$$1. E(t + \Delta tE) = k * E(t) + c\_e * (S(t + \Delta tS) - S(t)) - a\_e * (F(t + \Delta tF) - F(t)) - b\_e * (St(t + \Delta tSt) - St(t)), \quad (2.7)$$

- Стан екосистеми  $E$  моделюється в результаті процесів самовідновлення системи відповідно до коефіцієнту  $k$ , зміну стану системи управління ризиками, зовнішніх факторів та користувачів екосистемних послуг, кожна з яких множиться на свій ваговий коефіцієнт ( $c\_e$ ,  $a\_e$  і  $b\_e$  відповідно).

$$2. I(t + \Delta tI) = I(t) + e\_I * (E(t + \Delta tE) - E(t)) + f\_I * (S(t + \Delta tS) - S(t)) - g\_I * (F(t + \Delta tF) - F(t)), \quad (2.8)$$

- Стан екосистемних послуг  $I$  моделюється за допомогою змін у стані екосистеми, системи управління ризиками та зовнішніх факторів, кожна з яких множиться на свій ваговий коефіцієнт ( $e\_I$ ,  $f\_I$  і  $g\_I$  відповідно).

$$3. St(t + \Delta tSt) = St(t) + g1\_st * (I(t + \Delta tI) - I(t)) - g2\_st * (F(t + \Delta tF) - F(t)) + g3\_st * (M(t + \Delta tM) - M(t)), \quad (2.9)$$

- Динаміка користувачів екосистемних послуг  $St$  моделюється за допомогою змін у стані екосистемних послуг, зовнішніх факторах та системі моніторингу, кожна з яких множить на свій ваговий коефіцієнт ( $g1\_st$ ,  $g2\_st$  і  $g3\_st$  відповідно).

$$4. F(t + \Delta tF) = \text{normal}(a\_f, F\_t0) + t * b\_f - c\_f * (S(t + \Delta tS) - S(t)), \quad (2.10)$$

- Динаміка зовнішніх факторів  $F$  описується як нормальний розподіл з параметрами середнього відхилення -  $a\_f$  та середнього значення зовнішнього фактору  $F(t=0) = F\_t0$  і з змінами у часі  $t * b\_f$  та скоригований на різницю між поточним і передбачуваним станами системи управління ризиками.

$$5. \sigma(t + \Delta t\sigma) = (100/141.42) * \text{sqrt}((((100 - I(t)) + (100 - E(t)))/2)^2 + ((F(t) + St(t))/2)^2), \quad (2.11)$$

- Невизначеність  $\sigma$  вимірюється за допомогою квадратного кореня з середнього квадрату відхилень від 100 для стану екосистемних послуг  $I$  і стану морської екосистеми  $E$ , а також середнього значення суми зовнішніх факторів  $F$  та користувачів екосистемних послуг  $St$ .

$$6. M(t + \Delta tM) = E_{con} * (h4\_m * N/N\_max + h5\_m * P/P\_max + h6\_m * D/D\_max) * 100, \quad (2.12)$$

- Рівень ефективності системи моніторингу  $M$  моделюється як доля економічної спроможності здійснити моніторинг та заходи для досягнення або підтримки доброго екологічного стану (ДЕС) від необхідної загальної суми -  $E_{con}$  відповідно до отриманої інформації від системи моніторингу, відмножений на суму відносної кількості станцій моніторингу  $N$ , кількості параметрів  $P$  та максимальної дискретності вимірювань  $D$ , усе це множиться на вагові коефіцієнти  $h4\_m$ ,  $h5\_m$ ,  $h6\_m$  відповідно.

$$7. S(t + \Delta tS) = S(t) + f1\_s * (M(t + \Delta tM) - M(t)) - f2\_s * (\sigma(t + \Delta t\sigma) - \sigma(t)), \quad (2.13)$$

- Ефективність системи управління ризиками  $S$  моделюється як різниця між поточним і передбачуваним станами системи моніторингу і різниця між поточним і передбачуваним станами невизначеності, кожна з яких множиться на свій ваговий коефіцієнт ( $f1\_s$  і  $f2\_s$  відповідно).

В наведеній динамічній моделі управління екосистемними ризиками критично важливі взаємодії між різними компонентами. Стан морської екосистеми ( $E$ ) у взаємодії з зовнішніми факторами ( $F$ ), користувачами екосистемних послуг ( $St$ ) і системою управління екосистемними ризиками ( $S$ ) створює сложену систему, яка відображає як внутрішні, так і зовнішні динаміки.

Зовнішні фактори ( $F$ ) в даній моделі відносяться до зовнішніх впливів на екосистему, які не залежать від безпосередньої взаємодії користувачів екосистемних послуг ( $St$ ). Вони можуть включати:

1. **Кліматичні зміни:** Це включає зміни у шаблонах погоди, такі як температура, опади, рівень моря та екстремальні погодні явища. Кліматичні зміни можуть впливати на екосистему, змінюючи

характеристики морського середовища і, як результат, впливаючи на здатність екосистеми виконувати її функції.

2. **Природні катастрофи:** Це може включати вулканічну активність, землетруси, повені, цунамі, пожежі та інші природні події, які можуть мати значний вплив на екосистему, змінюючи її структуру та функції.
3. **Біологічні інвазії:** Введення інвазивних видів може значно вплинути на екосистему, змінюючи взаємозв'язки між видами та змінюючи функціонування екосистем.
4. **Геологічні зміни:** Це можуть бути зміни у ландшафті внаслідок ерозії, осідання або інших геологічних процесів, які можуть впливати на екосистему.

Всі ці зовнішні фактори впливають на стан екосистеми (E), але вони відділені від дій користувачів екосистемних послуг (St), таких як рибалка, туризм або інші форми людської діяльності, які безпосередньо використовують та впливають на ресурси екосистеми.

Система управління екосистемними ризиками (S) є важливим елементом цієї моделі і відіграє центральну роль у взаємодії між різними компонентами. Вона покликана забезпечувати стійкість екосистеми, реагуючи на різні фактори і зміни у середовищі.

Управління ризиками відображає та контролює вплив різних зовнішніх факторів (F), регулюючи їх вплив на стан екосистеми (E). Зовнішні фактори можуть включати різні природні та антропогенні впливи, включаючи кліматичні зміни, забруднення, людську діяльність тощо. Система управління ризиками повинна бути достатньо гнучкою, щоб адаптуватися до цих змін і забезпечувати стійкість екосистеми.

Система управління ризиками також тісно пов'язана з користувачами екосистемних послуг (St). Користувачі є активними учасниками екосистеми, і їх дії та вплив можуть значною мірою впливати на стан екосистеми. Управління ризиками включає в себе контроль та оптимізацію впливу користувачів на екосистему, з метою забезпечення її стійкості.

Наостанок, система управління ризиками тісно взаємодіє з системою моніторингу (М). Моніторинг є ключовим елементом для ефективного управління ризиками, оскільки він дозволяє ідентифікувати та вчасно реагувати на потенційні загрози. Ефективність системи моніторингу впливає на швидкість і точність відгуку системи управління ризиками.

У сукупності, система управління ризиками відіграє важливу роль у взаємодії та балансуванні різних елементів екосистеми, враховуючи при цьому економічні фактори та зовнішні впливи.

Характеристики показників та коефіцієнтів математичної моделі управління екосистемними ризиками наведена в табл. 2.2.

Початкові значення показників моделі та базові значення коефіцієнтів визначені на базі даних, представлених на сайті Ocean Health Index (<https://oceanhealthindex.org/>). Для всіх коефіцієнтів у першому наближенні прийнято рівноважність впливів факторів на відповідні змінні.

В наступному підрозділі представлені основні аспекти використання концептуальної та математичної моделей управління екосистемними ризиками моря.

Таблиця 2.2 – Характеристика показників та коефіцієнтів математичної моделі управління екосистемними ризиками для українських вод Чорного моря

Позначення	Опис	Діапазон значень	Початкове/ прийняте значення	Одиниці виміру
$E(t)$	Стан екосистеми в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	74,3	Відносна шкала (0-100)
$F(t)$	Вплив зовнішніх факторів в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	43,8	Відносна шкала (0-100)
$St(t)$	Користувачі екосистемних послуг в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	37,6	Відносна шкала (0-100)
$S(t)$	Система управління екосистемними ризиками в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	20,0	Відносна шкала (0-100)
$\sigma(t)$	Невизначеність в системі в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	35,0	Відносна шкала (0-100)
$I(t)$	Стан екосистемних послуг в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	53,9	Відносна шкала (0-100)
$M(t)$	Рівень ефективності системи моніторингу в момент часу $t=0$	Від 0 до 100	10	Відносна шкала (0-100)
$\Delta t$	Проміжок часу, протягом якого відбувається зміна	Від 0 до $+\infty$	1	Рік
$K$	Коефіцієнт самовідтворення екосистеми	Від 1 до 2	1	Безрозмірний
$a_e$	Коефіцієнт впливу зовнішніх факторів на стан екосистеми	Від 0 до 1	0,4	Безрозмірний
$b_e$	Коефіцієнт впливу користувачів послуг на стан екосистеми	Від 0 до 1	0,4	Безрозмірний
$c_e$	Коефіцієнт впливу системи управління на стан екосистеми	Від 0 до 1	0,2	Безрозмірний

Позначення	Опис	Діапазон значень	Початкове/ прийняте значення	Одиниці виміру
a_f	Середньоквадратичне відхилення функції нормального розподілу значень зовнішнього фактору F	Від 0 до 20	4	Відносна шкала
b_f	Коефіцієнт часового впливу на зміни зовнішнього фактору F	Від 0 до 10	0	
c_f	Коефіцієнт впливу системи управління на значення зовнішнього фактору	Від 0 до 1	0	Безрозмірний
d1	Коефіцієнт, що характеризує вклад зовнішніх факторів у невизначеність	Від 0 до 1	1	Безрозмірний
d2	Коефіцієнт, що характеризує вклад користувачів послуг у невизначеність	Від 0 до 1	1	Безрозмірний
d3	Коефіцієнт, що характеризує вклад системи управління у невизначеність	Від 0 до 1	1	Безрозмірний
d4	Коефіцієнт впливу різниці кількості користувачів екосистемних послуг на невизначеність $\sigma$	Від 0 до 1	1	Безрозмірний
e_I	Коефіцієнт впливу змін у стані екосистеми на стан екосистемних послуг	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний
f_I	Коефіцієнт впливу змін у системи управління ризиками на стан екосистемних послуг	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний
e_g	Коефіцієнт впливу змін у зовнішніх факторах на стан екосистемних послуг	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний
f1_s	Коефіцієнт впливу стану екосистемного моніторингу та ефективності досягнення ДЕС на систему управління	Від 0 до 1	0,7	Безрозмірний
f2_s	Коефіцієнт впливу невизначеності на систему управління	Від 0 до 1	0,4	Безрозмірний
g1_st	Коефіцієнт впливу стану екосистемних послуг на користувачів послуг	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний
g2_st	Коефіцієнт впливу зовнішніх факторів на кількість користувачів послуг	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний
g3_st	Коефіцієнт впливу рівня моніторингу на користувачів послуг	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний

Позначення	Опис	Діапазон значень	Початкове/ прийняте значення	Одиниці виміру
Econ	доля економічної спроможності здійснити моніторинг та заходи для досягнення або підтримки доброго екологічного стану (ДЕС) від необхідної загальної суми - відповідно до отриманої інформації від системи моніторингу	Від 0 до 1	0,1	Безрозмірний
h4	Коефіцієнт впливу кількості виконаних станцій моніторингу N на рівень моніторингу	Від 0 до 1	0,3	Безрозмірний
h5	Коефіцієнт впливу кількості вимірюваних параметрів P на рівень моніторингу	Від 0 до 1	0,3	Безрозмірний
h6	Коефіцієнт впливу дискретності вимірювань D на рівень моніторингу	Від 0 до 1	0,3	Безрозмірний



## 2.2 Розрахунки на базі моделі управління екосистемними ризиками моря

Розглянемо застосування правил використання концептуальної моделі управління ризиками, що була представлена у Розділі 1, з урахуванням розроблених в цьому розділі методологічних основ та математичної моделі.

В таблиці 2.3. наведені складові математичної моделі, представленої в попередньому підрозділі, необхідні до мінімізації та максимізації відповідно до кожної із цілей управління екосистемними ризиками морських екосистем

Ось декілька сценаріїв, які можна розглянути при використанні нашої моделі для прогнозування:

- 1. Базовий сценарій:** сценарій передбачає продовження поточних тенденцій без будь-яких додаткових втручань. Це включає поточний рівень антропогенного впливу, поточні кліматичні тенденції та поточні політики управління.
- 2. Оптимістичний сценарій:** сценарій включає максимально можливі втручання для поліпшення ситуації, включаючи суттєві зміни в політиці управління та широкомасштабні заходи з адаптації до зміни клімату. В нашому випадку зменшення значень коефіцієнтів, що характеризують позитивні складові рівняння для зовнішніх факторів впливу ( $a_f$ ,  $b_f$ ) і збільшення коефіцієнту  $E_{con}$ , що характеризує економічну спроможність здійснення екосистемного моніторингу та заходів по досягненню ДЕС на базі даних моніторингу та коефіцієнту  $c_f$ , що показує на скільки система управління впливає на зовнішні фактори.
- 3. Песимістичний сценарій:** у сценарії розглядаються найгірші можливі наслідки, якщо ніякі втручання не будуть здійснені, та антропогенний вплив та зміна клімату збільшують значень коефіцієнтів, що характеризують позитивні складові рівняння для зовнішніх факторів впливу ( $a_f$ ,  $b_f$ ). При цьому коефіцієнт  $E_{con}$  залишається невинувато малим.

Таблиця 2.3. - Складові математичної моделі, необхідні до мінімізації та максимізації відповідно до кожної із цілей управління екосистемними ризиками морських екосистем

Ціль	Складові до максимізації	Складові до мінімізації
Збереження біорізноманіття морських екосистем	$c_e * (S(t + \Delta tS) - S(t))$ - вплив управління ризиками на стан екосистеми	$a_e * (F(t + \Delta tF) - F(t))$ - вплив зовнішніх факторів на стан екосистеми, $b_e * (St(t + \Delta tSt) - St(t))$ - вплив користувачів на стан екосистеми
Запобігання негативному впливу на морські екосистеми	$c_f * (S(t + \Delta tS) - S(t))$ - вплив управління ризиками на зовнішні фактори	$a_e * (F(t + \Delta tF) - F(t))$ - вплив зовнішніх факторів на стан екосистеми, $b_e * (St(t + \Delta tSt) - St(t))$ - вплив користувачів на стан екосистеми
Збереження екосистемних послуг морських екосистем	$e_I * (E(t + \Delta tE) - E(t))$ - вплив стану екосистеми на послуги, $g1_{st} * (I(t + \Delta tI) - I(t))$ - вплив послуг на користувачів	$g_I * (F(t + \Delta tF) - F(t))$ - вплив зовнішніх факторів на послуги
Підтримка сталого використання ресурсів морських екосистем	$e_I * (E(t + \Delta tE) - E(t))$ - вплив стану екосистеми на послуги, $g1_{st} * (I(t + \Delta tI) - I(t))$ - вплив послуг на користувачів, $f1_s * (M(t + \Delta tM) - M(t))$ - вплив моніторингу на управління ризиками	$a_e * (F(t + \Delta tF) - F(t))$ - вплив зовнішніх факторів на стан екосистеми, $g2_{st} * (F(t + \Delta tF) - F(t))$ - вплив зовнішніх факторів на користувачів
Захист здоров'я та благополуччя людини	$g1_{st} * (I(t + \Delta tI) - I(t))$ - вплив послуг на користувачів, $f1_s * (M(t + \Delta tM) - M(t))$ - вплив моніторингу на управління ризиками, $f1_s * (M(t + \Delta tM) - M(t))$ - вплив моніторингу на управління ризиками	$g2_{st} * (F(t + \Delta tF) - F(t))$ - вплив зовнішніх факторів на користувачів, $f2_s * (\sigma(t + \Delta t\sigma) - \sigma(t))$ - вплив невизначеності на управління ризиками

Кожний з цих сценаріїв дає важливу інформацію, яка може допомогти при виборі оптимальної стратегії управління ризиками. Порівняння

результатів цих сценаріїв може допомогти визначити, які стратегії є найефективнішими та найбільш вартими впровадження.

Були проведені чисельні експерименти для розрахунку поведінки системи для морських вод України та для південного океану на 120 років уперед із змінами у значеннях коефіцієнтів  $a_f$ ,  $b_f$ ,  $c_f$ ,  $E_{con}$ , наведених у табл. 2.4.

### 2.3 Результати чисельних експериментів для морських вод України

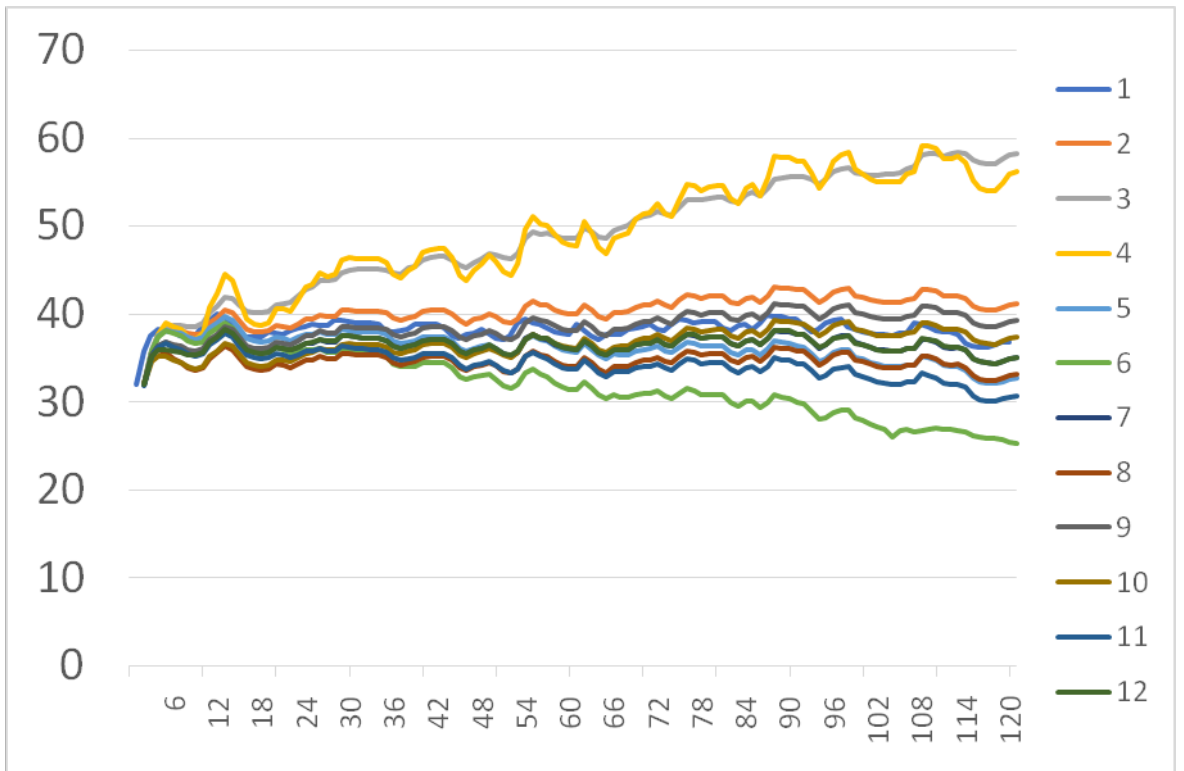
В табл. 2.5 наведені отримані максимальні значення невизначеності  $\sigma$  та середні значення для E, I, F, ST, S, M. Результати розрахунків представлені на рис. 2.4.

Табл. 2.4 - Значення коефіцієнтів  $a_f$ ,  $b_f$ ,  $c_f$ ,  $E_{con}$  для чисельних експериментів для морських вод України

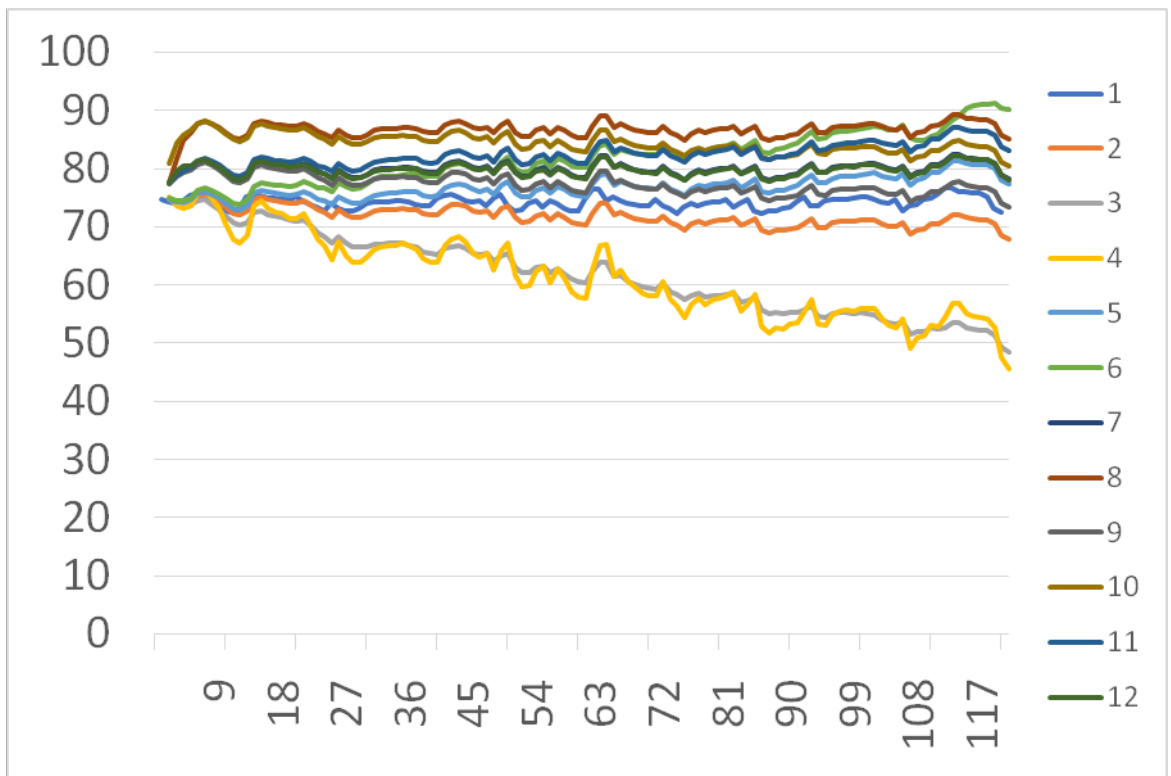
№	Сценарій	$a_f$	$b_f$	$c_f$	$E_{con}$
1	Варіація 1 - Базовий сценарій	4	0	0	0.1
2	Варіація 2	4	0.1	0	0.1
3	Варіація 3	4	0.5	0	0.1
4	Варіація 4	10	0.5	0	0.1
5	Варіація 5	4	-0.1	0	0.1
6	Варіація 6	4	-0.3	0	0.1
7	Варіація 7	4	0	0	0.5
8	Варіація 8	4	0	0	1
9	Варіація 9	4	0.1	0	0.5
10	Варіація 10	4	0.1	0	1
11	Варіація 11	4	-0.1	0	0.5
12	Варіація 12	4	0	0.5	0.5

Табл. 2.5 – Результати чисельних експериментів для морських вод України: отримані ммаксимальні значення невизначеності  $\sigma$  та середні значення для E, I, F, ST, S, M

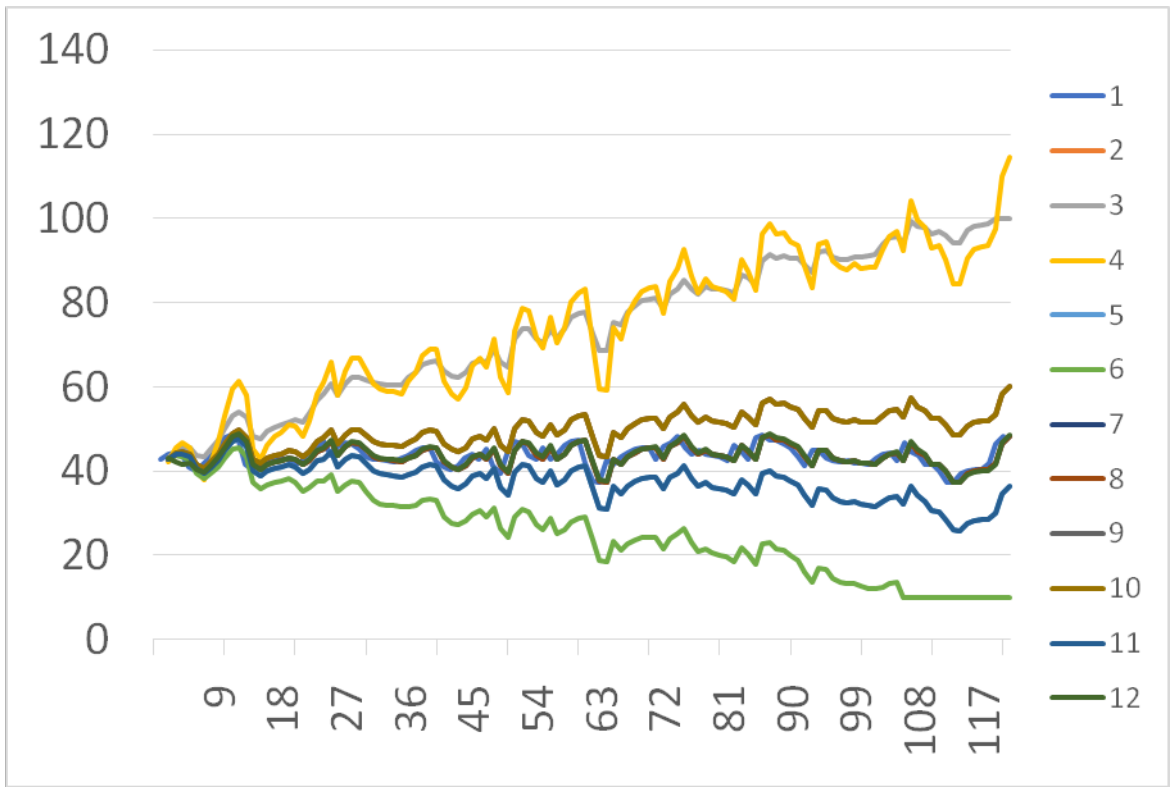
№	Сценарій	$\sigma_{\max}$	E середнє	I середнє	F середнє	ST середнє	S середнє	M середнє
1	Варіація 1 - Базовий сценарій	40,0	74,3	54,0	43,7	37,7	21,1	10,0
2	Варіація 2	43,0	71,8	53,1	49,8	37,0	20,3	10,0
3	Варіація 3	58,4	61,8	49,3	74,3	34,2	16,8	10,0
4	Варіація 4	59,0	61,5	49,3	74,2	34,2	16,8	10,0
5	Варіація 5	39,7	76,8	55,0	37,5	38,4	22,0	10,0
6	Варіація 6	38,9	81,7	56,8	25,5	39,8	23,6	10,0
7	Варіація 7	38,2	79,9	57,4	43,7	38,5	49,7	49,7
8	Варіація 8	36,3	86,6	61,6	43,7	39,4	84,9	98,9
9	Варіація 9	41,2	77,4	56,5	49,8	37,7	48,8	49,7
10	Варіація 10	39,3	84,4	60,7	49,8	38,7	84,3	99,3
11	Варіація 11	37,8	82,4	58,4	37,5	39,2	50,5	49,7
12	Варіація 12	38,3	79,8	57,4	43,6	38,5	49,7	49,7



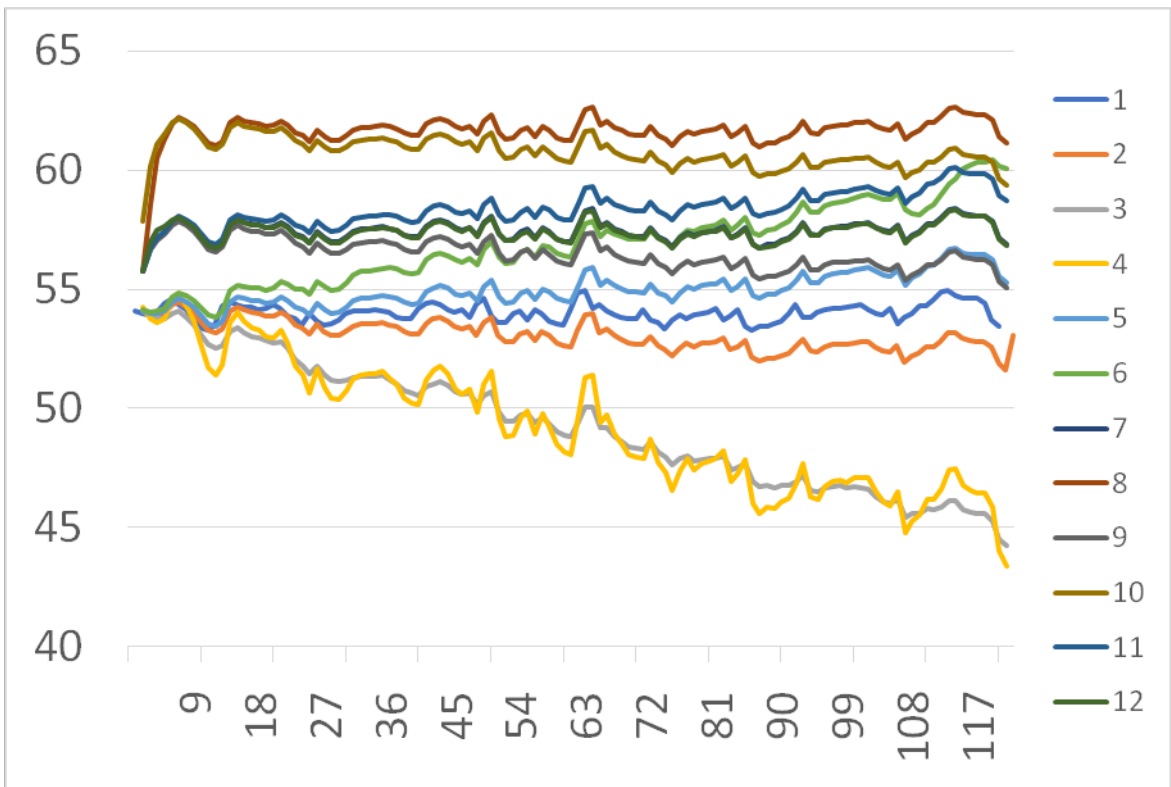
a)



b)



B)



r)

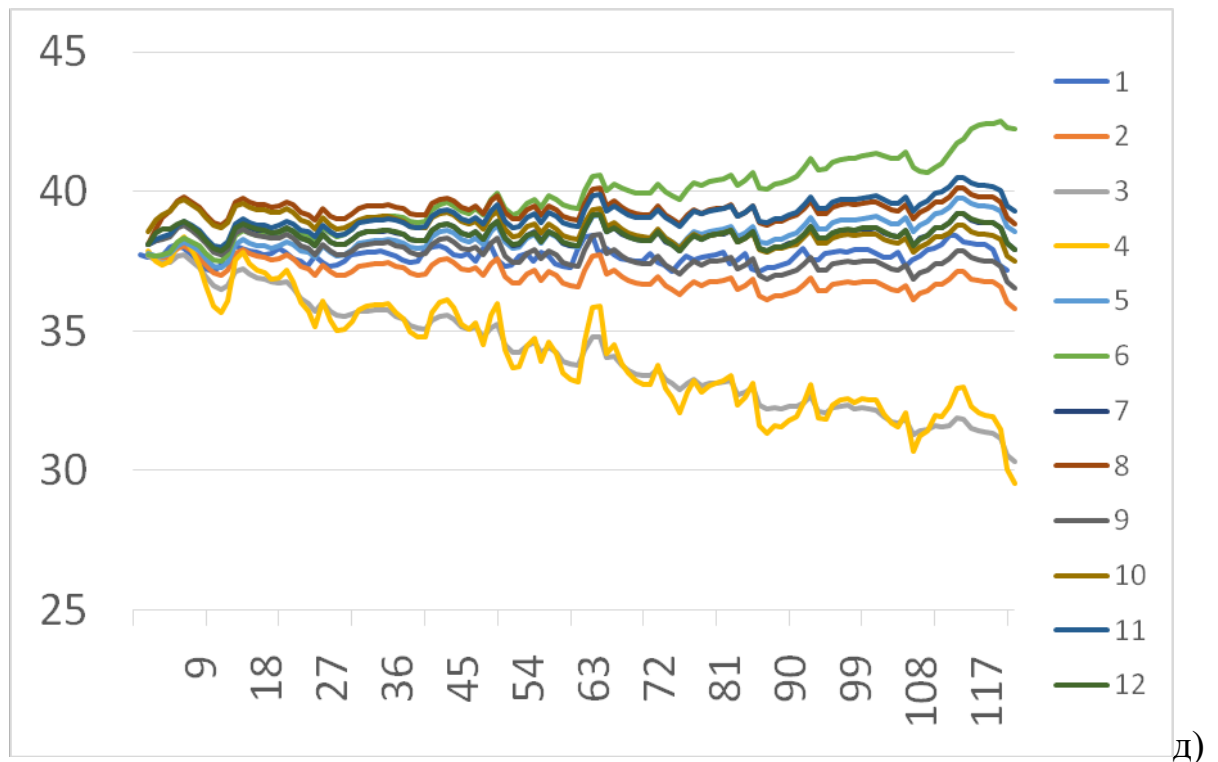


Рис. 2.4 - Результати розрахунків для морських вод України: невизначеності (а), стану морської екосистеми E (б) та зовнішніх факторів впливу F (в), екосистемних послуг I(г) та користувачів екосистемних послуг St (д).

Наші експерименти виконані з різними значеннями параметрів  $a_f$ ,  $b_f$ ,  $c_f$  та  $E_{con}$ . Давайте розглянемо вплив кожного з цих параметрів на різні аспекти системи управління екосистемними ризиками.

Параметр  $a_f$  відповідає за середнє відхилення зовнішніх факторів. Зміна цього параметра з 4 до 10 в сценаріях 3 та 4 призводить до збільшення невизначеності ( $\sigma$ ) та зменшення середніх значень E, I та St. Це можна пояснити тим, що велике відхилення зовнішніх факторів може призвести до порушення стійкості екосистеми.

Параметр  $b_f$  відповідає за зміну зовнішніх факторів у часі. При зростанні цього параметра від 0 до 0,5 (сценарії 2 та 3) ми бачимо збільшення невизначеності та зниження середніх значень E, I та St. Це може вказувати на те, що зростання зовнішніх факторів може вплинути на стійкість екосистеми. Однак, зменшення  $b_f$  до -0,1 або -0,3 (сценарії 5 та 6) призводить до

зменшення невизначеності та покращення середніх значень  $E$ ,  $I$  та  $St$ , що вказує на збільшення стійкості екосистеми при зменшенні впливу зовнішніх факторів.

Параметр  $c_f$ , який відображає різницю між поточним і передбачуваним станами системи управління ризиками, має базове значення 0 у всіх сценаріях, крім сценарію 12, де він дорівнює 0,5. Проте, в даному наборі даних ми не бачимо змін цього параметра, що не дозволяє нам аналізувати його вплив.

$Econ$  - економічна спроможність здійснити моніторинг. Цей параметр збільшується від 0,1 до 1 в сценаріях 7-12. При зростанні цього параметра ми бачимо покращення середніх значень  $E$ ,  $I$ ,  $St$ ,  $S$  та  $M$ . Це може свідчити про те, що збільшення економічних ресурсів на моніторинг може покращити стан екосистеми та ефективність системи управління ризиками.

Загалом, дані демонструють важливість збалансованого управління екосистемами. Потрібно враховувати зовнішні фактори та забезпечити достатню економічну спроможність для проведення моніторингу, щоб підтримувати стійкість екосистеми і ефективність системи управління ризиками.

Математично цільова функція представляє собою вираз, який потрібно максимізувати або мінімізувати, з урахуванням певних обмежень. В залежності від задачі це може бути простий вираз або більш складний.

Оскільки наводите кілька цілей, можливо знадобиться використовувати багатоцільову оптимізацію. В такому випадку цільова функція може виглядати так:

$$GF(x) = w_1E(x) + w_2 I(x) + w_3S(x) - w_4ST(x) - w_5F(x), \quad (2.14)$$

де:

- $x$  є вектором рішень (тобто набором ваших варіантів втручання);
- $E(x)$  є функцією, яка вимірює стан морської екосистеми;
- $I(x)$  є функцією, яка вимірює стан екосистемних послуг;



- $S(x)$  є функцією, яка вимірює ефективність системи управління екосистемними ризиками;
- $w_1, w_2$  та  $w_3$  - ваги, які вказують на важливість кожної цільової функції (сума ваг обов'язково повинна дорівнювати 1).

Значення ваг  $w_1, w_2$  та  $w_3$  відображують важливість кожного компоненту системи. Крім того, нам знадобиться обмежити рішення  $x$ , щоб вони були реалістичними та відповідали бюджету, ресурсам та іншим обмеженням.

Завдання складається із необхідності знайти вектор рішень  $x$ , який мінімізує функцію невизначеності  $\sigma$  і максимізує функцію загального блага  $GF$ .

Це можна виразити як дві окремі задачі оптимізації:

1. Мінімізувати  $\sigma(x)$ .
2. Максимізувати:  $GF(x)$

Ці дві задачі представляють собою багатоцільову оптимізацію, де ми хочемо знайти компроміс між мінімізацією невизначеності і максимізацією загального блага. Рішення цієї задачі буде складатися з вектора рішень  $x$ , який найкраще задовольняє обидві цілі.

Прийняті коефіцієнти для розрахунку  $GF(x)$  для кожної із зазначених цілей наведені у табл. 2.6.

Табл. 2.6 - Прийняті коефіцієнти для розрахунку GF(x) для кожної із зазначених цілей

Ціль	Завдання	w1	w2	w3	w4	w5
<b>Збереження біорізноманіття морських екосистем (GF1(x))</b>	Для досягнення цієї цілі, слід максимізувати позитивний вплив управління ризиками на стан екосистеми, мінімізувати вплив зовнішніх факторів та вплив користувачів на екосистему	0,3	0,05	0,3	0,05	0,3
<b>Запобігання негативному впливу на морські екосистеми(GF2(x))</b>	Щоб запобігти негативному впливу на морські екосистеми, треба змаксимізувати вплив управління ризиками на зовнішні фактори і мінімізувати вплив зовнішніх факторів та вплив користувачів на стан екосистеми	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
<b>Збереження екосистемних послуг морських екосистем(GF3(x))</b>	Для збереження екосистемних послуг слід максимізувати вплив стану екосистеми на послуги і вплив послуг на користувачів, мінімізуючи вплив зовнішніх факторів на послуги	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1
<b>Підтримка сталого використання ресурсів морських екосистем (GF4(x))</b>	Включає максимізацію впливу стану екосистеми на послуги, вплив послуг на користувачів та вплив моніторингу на управління ризиками. Також слід мінімізувати вплив зовнішніх факторів на стан екосистеми та вплив зовнішніх факторів на користувачів	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1
<b>Захист здоров'я та благополуччя людини (GF5(x))</b>	Для досягнення цієї цілі потрібно максимізувати вплив послуг на користувачів та вплив моніторингу на управління ризиками, мінімізуючи вплив зовнішніх факторів на користувачів та вплив невизначеності на управління ризиками	0,05	0,3	0,3	0,3	0,05

Результати розрахунку GF(x) для кожної із цілей відповідно до розрахованих раніше сценаріїв наведені у табл. 2.7.

Табл. 2.7 - Результати розрахунку GF(x) для кожної із цілей

№	Сценарій	$\sigma_{\max}$	GF1(x)	GF2(x)	GF3(x)	GF4(x)	GF5(x)
1	Варіація 1 - Базовий сценарій	40,0	48.08	45.37	47.82	40.78	44.06
2	Варіація 2	43,0	45.94	43.57	47.12	40.52	43.06
3	Варіація 3	58,4	37.67	39.57	41.38	34.98	35.94
4	Варіація 4	59,0	37.48	39.42	41.23	34.88	35.82
5	Варіація 5	39,7	51.05	46.96	49.61	41.92	45.72
6	Варіація 6	38,9	55.21	47.67	52.28	42.86	47.86
7	Варіація 7	38,2	73.33	60.37	74.45	56.65	59.52
8	Варіація 8	36,3	98.64	72.79	99.56	70.27	73.34
9	Варіація 9	41,2	72.22	60.34	73.43	56.30	59.44
10	Варіація 10	39,3	98.61	73.19	99.54	70.09	73.52
11	Варіація 11	37,8	74.27	59.97	75.50	57.00	60.00
12	Варіація 12	38,3	73.33	60.28	74.45	56.52	59.44

Усі розглянуті сценарії мають свої сильні та слабкі сторони в контексті різних цілей. Наприклад, деякі сценарії найкраще підходять для досягнення цілі збереження біорізноманіття, інші - для підтримки сталого використання ресурсів морських екосистем, і т.д.

Зокрема, сценарій 3 та сценарій 4 виявилися найефективнішими для запобігання негативного впливу на морські екосистеми. Це може бути важливим, якщо основна пріоритетна ціль - мінімізувати негативний вплив на морське середовище.

Іншим ключовим висновком є те, що сценарії 7, 8, 9, 10, 11 та 12 є найкращими для досягнення цілі збереження екосистемних послуг морських екосистем. Це підкреслює їх потенційну важливість в контексті збереження екосистем і їхніх послуг для людства.

Щодо забезпечення здоров'я та благополуччя людини, найкращим варіантом є сценарій 6. Цей сценарій може бути особливо корисним в ситуаціях, коли головною пріоритетною ціллю є збереження здоров'я та благополуччя людини.

В кінцевому підсумку, оптимальний сценарій залежить від пріоритетних цілей. Кожен сценарій може бути найкращим варіантом для певних цілей, але може бути менш ефективним для інших. Таким чином, при виборі сценарію слід враховувати різноманітність цілей та їх пріоритети.

1. **Мінімізація невизначеності ( $\sigma_{max}$ ):** У цьому контексті найкращими варіантами є Варіація 8 і Варіація 10, оскільки обидва сценарії мають найнижчі значення невизначеності ( $\sigma_{max}$ ). Це означає, що вони є найбільш стійкими, і їхні результати будуть більш передбачуваними.
2. **Максимізація  $GF(x)$  за всіма цілями:** Якщо важливо оптимізувати всі цілі одночасно, то Варіація 8 і Варіація 10 знову виходять на передній план. Вони максимізують  $GF(x)$  за всіма цілями і є найкращим вибором для загальної оптимізації.
3. **Окремі цілі:** Якщо керувати окремими цілями, то кілька сценаріїв виходять на передній план. Наприклад, Варіація 7 і Варіація 9 є найкращими для першої, третьої та п'ятої цілей, хоча їхні загальні результати менш вражаючі за інші сценарії.
4. **Сценарії з нижчими показниками:** Сценарії 2, 5, 6, 11 і 12 не є оптимальними з точки зору жодної з цілей і мають більшу невизначеність. Це означає, що результати цих сценаріїв менш передбачувані.

Таким чином, при виборі стратегії управління морською екосистемою, яка б оптимізувала всі цілі та мінімізувала невизначеність, варто вибирати варіацію 8 або варіацію 10. Необхідно зазначити, що в розглянутих сценаріях доля економічної спроможності здійснити моніторинг та заходи для

досягнення або підтримки доброго екологічного стану (ДЕС) дорівнювала максимально можливому значенню.

2.4 Результати чисельних експериментів для Південного океану, характеристики якого використовуються як глобальні фонові по відношенню до Чорного моря

Базові значення коефіцієнтів такі ж як і у табл. 2.2.

В табл. 2.8 наведені початкові значення показників моделі.

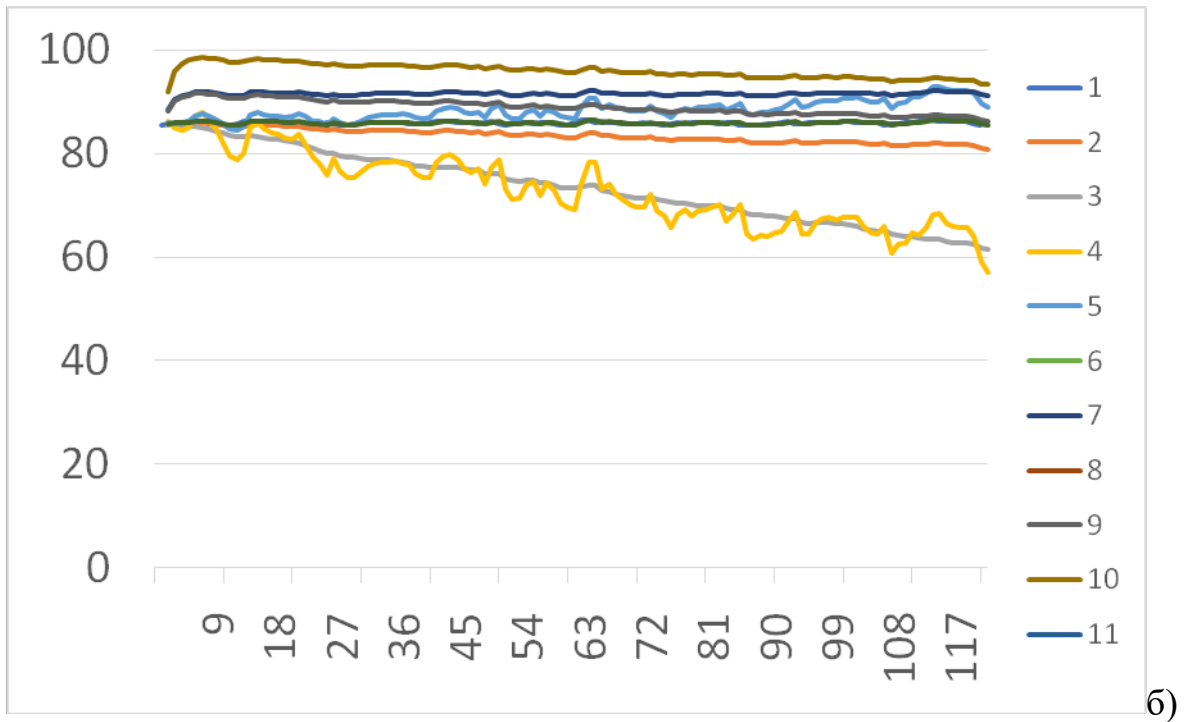
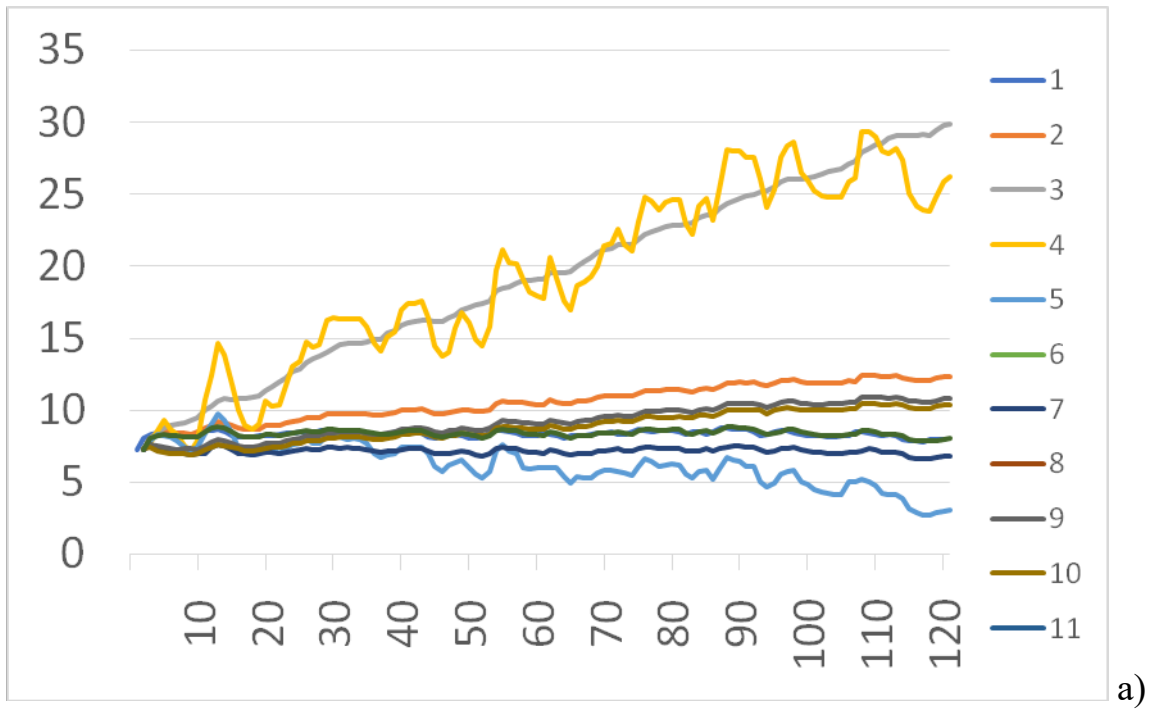
Таблиця 2.8 – Початкові значення показників математичної моделі управління екосистемними ризиками для Південного океану

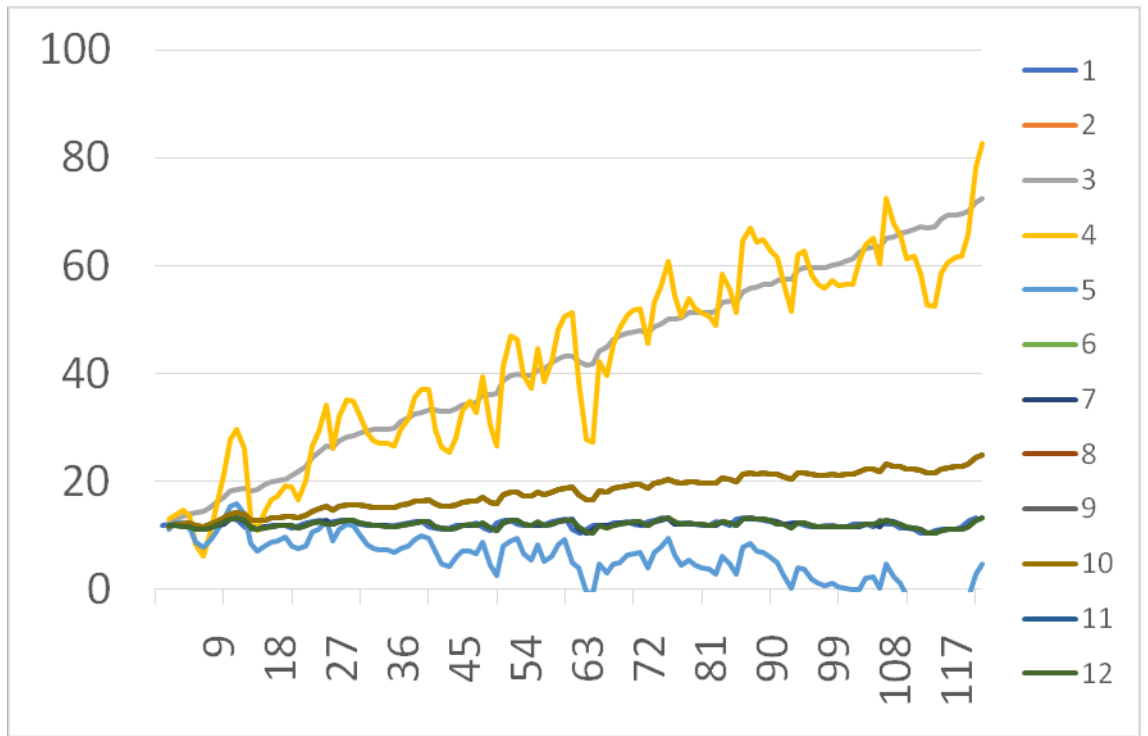
Позначення	Опис	Початкове/ прийняте значення
$E(t)$	Стан екосистеми в момент часу $t=0$	85,2
$F(t)$	Вплив зовнішніх факторів в момент часу $t=0$	12,1
$St(t)$	Користувачі екосистемних послуг в момент часу $t=0$	5,6
$S(t)$	Система управління екосистемними ризиками в момент часу $t=0$	50,0
$\sigma(t)$	Невизначеність в системі в момент часу $t=0$	8,0
$I(t)$	Стан екосистемних послуг в момент часу $t=0$	97,6
$M(t)$	Рівень ефективності системи моніторингу в момент часу $t=0$	1.5

В табл. 2.9 наведені отримані максимальні значення невизначеності  $\sigma$  та середні значення для E, I, F, ST, S, M. Результати розрахунків представлені на рис. 2.5.

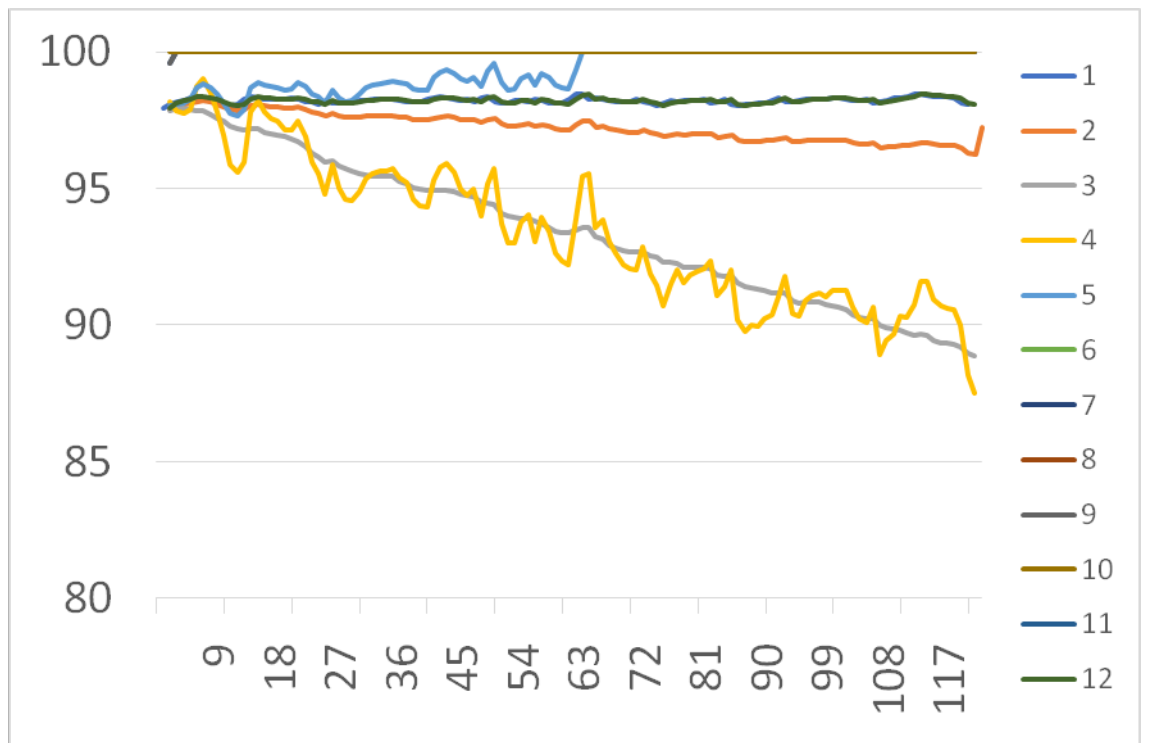
Табл. 2.9 – Результати чисельних експериментів для морських вод України: отримані ммаксимальні значення невизначеності  $\sigma$  та середні значення для E, I, F, ST, S, M

№	Сценарій	$\sigma_{\max}$	E середнє	I середнє	F середнє	ST середнє	S середнє	M середнє
1	Варіація 1 - Базовий сценарій	8,8	86,0	98,2	12,0	5,8	55,4	10,0
2	Варіація 2	12,4	83,5	97,3	18,1	5,0	55,2	10,0
3	Варіація 3	29,8	73,5	93,5	42,7	2,3	50,8	10,0
4	Варіація 4	29,3	73,0	93,4	42,4	2,1	50,8	10,0
5	Варіація 5	9,7	88,3	99,3	5,7	6,5	56,1	10,0
7	Варіація 7	7,6	91,5	100,0	12,0	6,5	83,5	49,7
9	Варіація 9	89,0	100,0	18,1	5,8	82,7	49,7	10,9
10	Варіація 10	95,9	100,0	18,1	6,7	99,9	99,3	10,5
12	Варіація 12	85,9	98,2	12,0	5,8	55,2	10,0	8,8



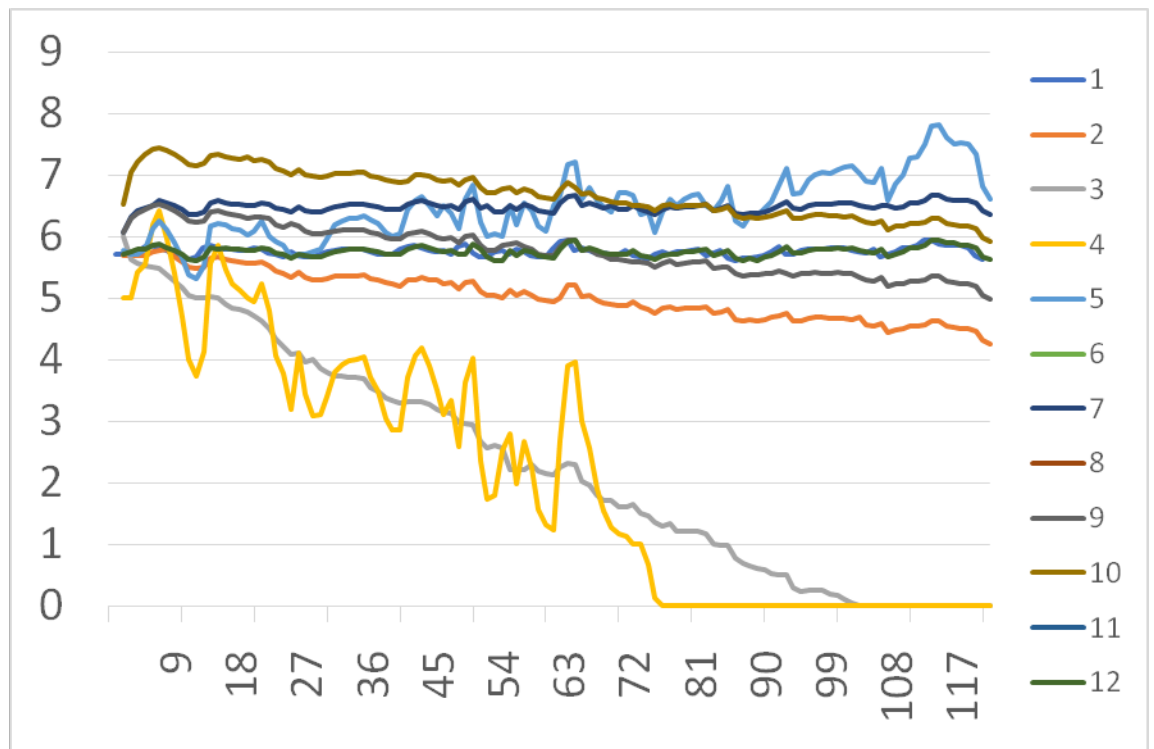


B)



r)





д)

Рис. 2.5 - Результати розрахунків для морських вод Південного океану: невизначеності (а), стану морської екосистеми E (б) та зовнішніх факторів впливу F (в), екосистемних послуг I(г) та користувачів екосистемних послуг St (д).

Розглянемо задачу оптимізації, яка передбачає необхідність:

- 1) Мінімізувати  $\sigma(x)$ .
- 2) Максимізувати:  $GF(x)$

Коефіцієнти для розрахунку  $GF(x)$  для кожної із зазначених цілей взяті з табл. 2.9.

Результати розрахунку  $GF(x)$  для кожної із цілей відповідно до розрахованих раніше сценаріїв наведені у табл. 2.10.

Табл. 2.10. - Результати розрахунку  $GF(x)$  для кожної із цілей

	Сценарій	$\sigma \max$	$GF1(x)$	$GF2(x)$	$GF3(x)$	$GF4(x)$	$GF5(x)$
1	Варіація 1 -	40,0	17.6	-5.39	21.5	6.78	12.3

	Базовий сценарій						
2	Варіація 2	43,0	16.0	-7.94	21.5	5.1	12.1
3	Варіація 3	58,4	4.19	-19.3	23.5	-1.03	15.3
4	Варіація 4	59,0	4.09	-19.4	23.5	-1.13	15.3
5	Варіація 5	39,7	19.5	-3.85	20.1	8.62	10.6
7	Варіація 7	38,2	22.1	-1.23	20.4	11.2	10.8
9	Варіація 9	41,2	17.5	-5.48	21.7	6.66	12.4
10	Варіація 10	39,3	24.6	0.23	20.8	13.7	11.1
12	Варіація 12	38,3	21.9	-1.4	20.4	11.0	10.8

**Мінімізувати  $\sigma(x)$ :** найменше значення  $\sigma(x)$  знаходиться в сценарії "Варіація 7" і становить 38,2. Отже, "Варіація 7" є найоптимальнішим сценарієм з погляду мінімізації  $\sigma(x)$ .

**Максимізувати  $GF(x)$ :** для кожного індивідуального  $GF(x)$ , найвищі значення визначаються наступним чином:

- збереження біорізноманіття морських екосистем ( $GF1(x)$ ): найкращий результат для цієї цілі досягнуто в "Варіація 10", де  $GF1(x) = 24.6$ .
- запобігання негативному впливу на морські екосистеми ( $GF2(x)$ ): для цієї цілі потрібно максимізувати  $GF2(x)$ , оскільки вище значення вказує на менший негативний вплив. "Варіація 10" має найкращий результат з  $GF2(x) = 0.23$ .
- збереження екосистемних послуг морських екосистем ( $GF3(x)$ ): для цієї цілі найкращими є "Варіація 3" та "Варіація 4", обидві з яких мають  $GF3(x) = 23.5$ .
- підтримка сталого використання ресурсів морських екосистем ( $GF4(x)$ ): "варіація 10" знову виходить на перше місце з  $GF4(x) = 13.7$ .

- Захист здоров'я та благополуччя людини (GF5(x)): найкращі результати для цієї мети досягнуто в "Варіація 3" та "Варіація 4", обидві з яких мають  $GF5(x) = 15.3$ .

Виходячи з цих результатів, "Варіація 10" здається найкращою для більшості цілей, особливо для збереження біорізноманіття, запобігання негативного впливу та підтримки сталого використання ресурсів. Однак, якщо основний пріоритет - це збереження екосистемних послуг або захист здоров'я та благополуччя людини, то "Варіація 3" або "Варіація 4" можуть бути кращим вибором.

#### 2.4 Використання результатів чисельних експериментів для оптимізації витрат на природоохоронні заходи

На рис. 2.6 представлені результати експериментів. Нумерація результатів окремих експериментів відповідає нумерації відповідних сценаріїв, що представлені в Додатку 4.

Для кількісної оцінки загального впливу факторів на стан морських екосистем використаємо показник екосистемного ризику, який може бути вираженим функцією взаємозв'язку факторів впливу з параметрами стану екосистеми у евклідовому просторі, який використовується в роботі [81]:

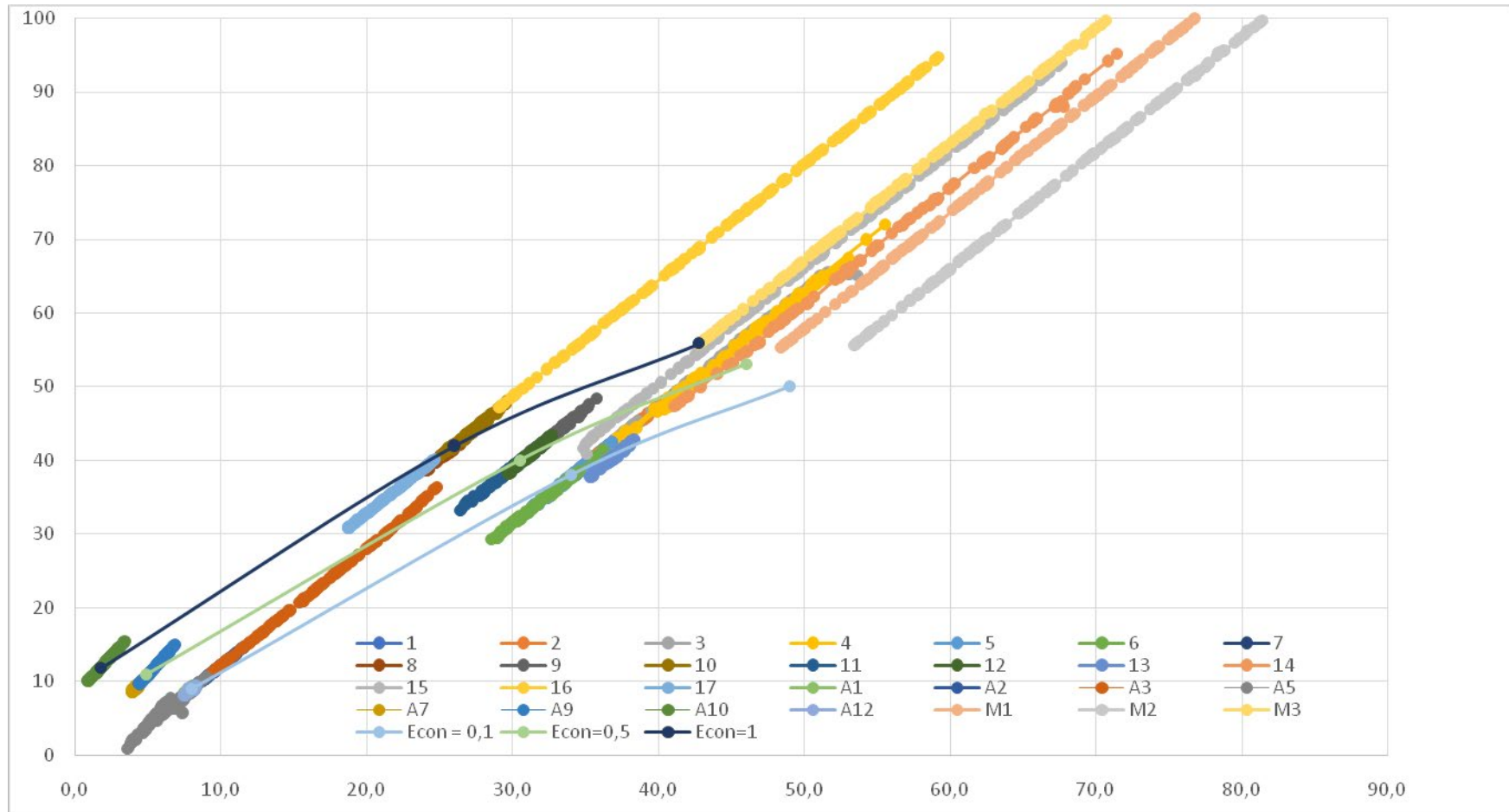
$$R = \sqrt{FS^2 + EI^2} \quad (2.15)$$

де  $FS$  – інтегральний фактор впливу, що в нашому випадку дорівнює  $(F+ST)/2$ ;

$EI$  – інтегральний обернений показник стану екосистеми, що показує рівень її пошкодження і в нашому випадку дорівнює  $(E_{100}+I_{100})/2$ , де  $E_{100} = 100-E$ ;  $I_{100} = 100-I$ .

Узагальнення всіх проведених експериментів представлено на номограмі на рис. 2.7.

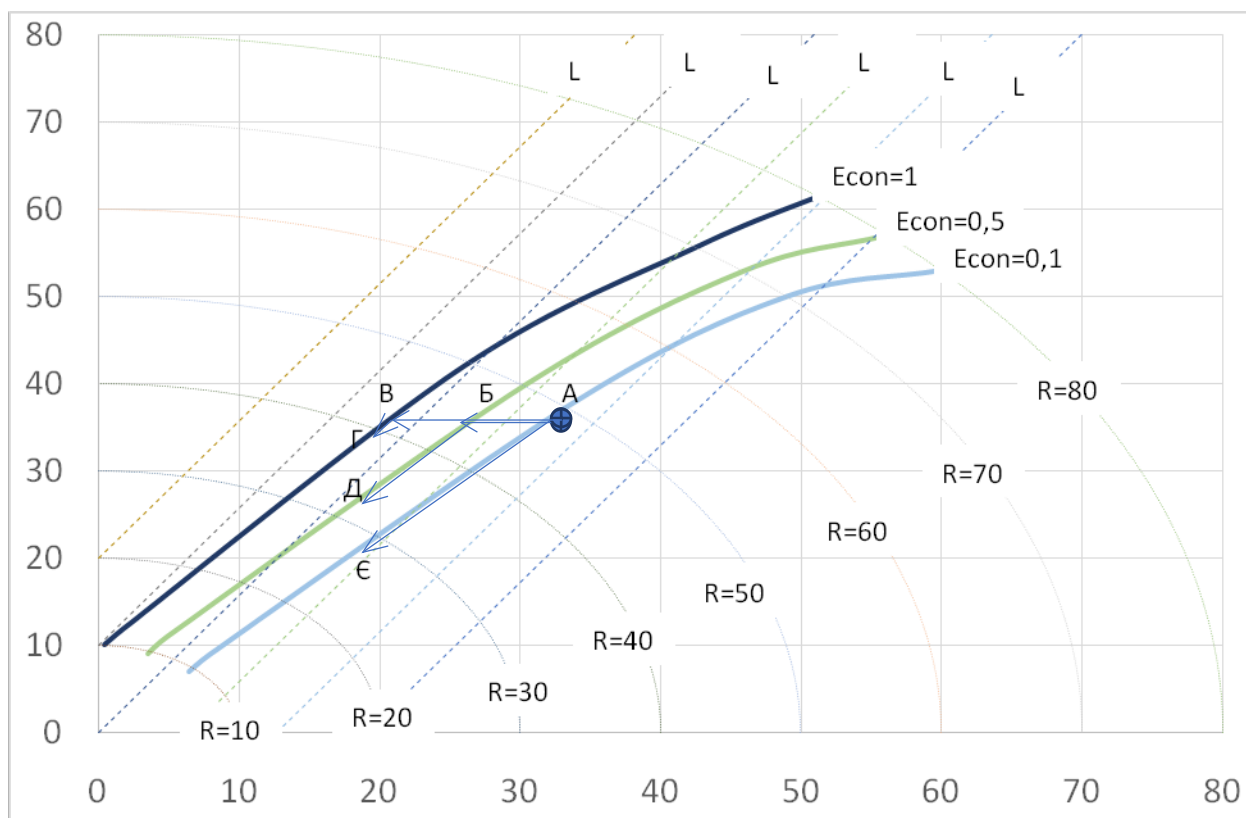
FS



ЕІ

Рис. 2.6 - Результати експериментів з моделлю управління екосистемними ризиками. Нумерація результатів окремих експериментів відповідає нумерації відповідних сценаріїв, що представлені в Додатку 4.

FS



EI

Рис. 2.7 – Номограма рішень системи управління екосистемними ризиками в залежності від інтегрального фактору впливу (FS), інтегрального оберненого показника стану екосистеми (EI) та економічної спроможності (Econ).

На діаграмі рис. 2.9. відображені:

- дві осі: ось Y, яка розташовує значення  $FS = (F+ST)/2$ , та ось X, де розташовано  $EI = (E_{100}+I_{100})/2$ . В представленій моделі екосистемний ризик характеризується показником невизначеності  $\sigma$ .
- лінії, що об'єднують рішення для однакових значень коефіцієнта Econ, який є ключовим по впливу на результати обчислення. Він представляє долю економічної спроможності здійснити моніторинг та вжити заходів для досягнення або підтримки доброго екологічного стану (ДЕС) від необхідної загальної суми, згідно з інформацією, отриманою від системи моніторингу.

Цей коефіцієнт впливає на ефективність системи моніторингу та, відповідно, на управління екосистемними ризиками.

- лінії L на діаграмі відображають рівняння  $y = 1.575 x + b$ . Результати чисельних експериментів показали, що саме вздовж цих ліній проходить результат розрахунків, який змінюється залежно від початкових умов та значення b.

За допомогою діаграми продемонструємо метод оптимізації витрат при прийнятті рішень щодо поліпшення стану довкілля при певному впливі факторів.

На сьогоднішній день, екосистеми української частини Чорного моря мають екосистемний ризик рівний 50, представлений точкою A(33.5; 37.1) на діаграмі при  $E_{con}=0.1$ . Якщо фінансування системи екологічного моніторингу залишиться без змін, то ми досягнемо рівня  $(E_{100}+I_{100})/2$ , що дорівнює 20, лише через 120 років, при умові постійного впливу зовнішніх факторів. При збільшенні фінансування до 50% від необхідного ( $E_{con}=0.5$ ), цей показник буде досягнуто за 50 років, а при повному фінансуванні – за 10 років.

На сьогодні система моніторингу моря отримує 20 млн грн щорічно, хоча потреба складає в середньому щорічно 200 млн грн. За  $E_{con}=0.1$  потребуємо 2400 млн грн, за  $E_{con}=0.5$ : 5000 млн грн, та за  $E_{con}=1$ : 2000 млн грн для досягнення необхідного стану. Важливо розуміти, що ці розрахунки не включають інфляцію та інші економічні ризики.

Давайте порахуємо сумарні витрати з урахуванням інфляції 10% на рік для обох варіантів:

1. Варіант: 20 млн грн щорічно впродовж 120 років:

$$V_{120} = \sum_{k=0}^{119} (20 (1 + i)^k), \quad (2.16)$$

де  $V_{120}$  - сумарні витрати за 120 років,

$i$  - інфляція (10% або 0,1),

$k$  - порядковий номер року.

$V_{120}$  є сумою геометричної прогресії з  $n = 120$  та  $q = 1 + i$ , яку можливо розрахувати за формулою:

$$W = a (q^n - 1)/(q - 1), \quad (2.17)$$

де  $a$  - перший член прогресії (20 млн грн у нашому випадку),  $q$  - знаменник прогресії (1,1),  $n$  - кількість членів прогресії (120).

$$W = 20 (1.1^{120} - 1)/0.1]$$

$$W \sim 670\,536,68 \text{ млн грн}$$

2. Варіант: 200 млн грн щорічно впродовж 10 років:

Використовуючи аналогічний підхід, але змінивши  $a$  на 200 млн грн та  $n$  на 10:

$$W = 200 (1.1^{10} - 1)/0.1$$

$$W \sim 2\,594,64 \text{ млн грн}$$

Тепер різниця між двома варіантами. Різниця дорівнює:

$$670\,536,68 \text{ млн грн} - 2\,594,64 \text{ млн грн} = 667\,942,04 \text{ млн грн}$$

Таким чином, при інфляції 10% на рік, різниця в сумарних витратах між 20 млн грн щорічно впродовж 120 років та 200 млн грн щорічно впродовж 10 років становить 667 942,04 млн грн., тобто більш ефективно з економічної точки зору та доцільно для забезпечення природоохоронних завдань необхідно впровадити екологічний моніторинг зразу і повністю.

## З РАНЖУВАННЯ ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ МОРСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ УПРАВЛІННЯ ЕКОСИСТЕМНИМИ РИЗИКАМИ МОРСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

План заходів відновлення морських екосистем, запропоновані академічними та освітніми установами, що представлені у Додатку 1, був підданий систематичній оцінці за допомогою математичної моделі. Ця модель базується на принципах теорії управління екосистемними ризиками моря, детально описаній у розділі 1. Оцінювання ефективності різних заходів визначалося на основі змін у показнику невизначеності ( $\Delta \sigma$ ), який визначено у розділі 2.

У процесі дослідження були використані певні припущення. Початкові параметри моделі корелюють з даними, використаними для розрахунку Індексу Здоров'я Океану, відповідно до методології Halpern B.S. та інших (2012), які представлені для України на сайті <https://oceanhealthindex.org>, а також у розділі 2. Використана оціночна п'ятибальна шкала відображає потенційний вплив кожного заходу на ефективність системи управління екосистемними ризиками, де максимальне можливе значення оцінки становить 50 одиниць.

З урахуванням того, що вартість заходу, яка перевищує оптимальну суму, зменшує ефективність заходу, можна використати модифіковану оцінку ефективності заходу ( $E'_z$ ). Ця оцінка бере до уваги не тільки експертну оцінку важливості заходу ( $E_z$ ), але й різницю між орієнтованою вартістю заходу ( $C$ ) та оптимальною сумою ( $C_z$ ) для даного рівня ефективності, а саме:

$$E'_z = E_z \left( 1 - h \left| \frac{C - C_z}{C_z} \right| \right) \quad (3.1)$$

де  $h$  - коефіцієнт, що визначає чутливість ефективності до відхилень від оптимальної вартості (прийнятий: 0,67).



Показник невизначеності ( $\Delta \sigma$ ) в даному випадку відображає на скільки зменшиться екосистемний ризик при впровадженні відповідного заходу.

Результати ранжування заходів з відновлення морських екосистем на основі теорії управління екосистемними ризиками морського середовища представлені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати ранжування заходів з відновлення морських екосистем на основі теорії управління екосистемними ризиками морського середовища

Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Забезпечення виконання Програми державного моніторингу вод (у частині діагностичного моніторингу прибережних і морських вод Чорного та Азовського морів)	300 000,00	5	0,5310	81,16	68,03	42,00	42,81	33,93	37,17	38,00	4,44
Реконструкція споруд фізико - механічної очистки стічних вод на очисних спорудах господарськопобутової каналізації у м. Білгород-Дністровському Одеської області	248 496,49	2	0,3906	78,37	63,67	43,00	41,29	35,33	27,34	28,00	3,04
Реконструкція скидного каналу від Хаджибейського лиману до КНС-25 у м. Одесі	238 252,27	2	0,3800	78,30	63,42	43,00	41,19	35,40	26,60	28,00	2,97
Обґрунтування створення нових та розширення існуючих об'єктів ПЗФ у морських акваторіях згідно з міжнародними рекомендаціями (ІММА – рекомендації МСОП для китоподібних тощо), зокрема в акваторіях Азовського і Чорного морів,	3 000,00	5	0,3320	78,68	62,69	42,60	40,82	35,47	23,24	32,00	2,90

Захід	Орієнтована на вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	E <sub>z</sub>	E	I	F	St	σ	M	S	Δσ
Керченської протоки, включно з акваторіями АР Крим і м. Севастополя, з позначенням режимів охорони і специфічними обмеженнями											
Адаптація по умов українського сектора Чорного моря інструментів моделювання для оцінки ефективності стратегій досягнення доброго екологічного стану морських вод в після воєнний період	3 000,00	5	0,3320	78,68	62,69	42,60	40,82	35,47	23,24	32,00	2,90
Реконструкція з'єднувального каналу між Тилігульським лиманом і Чорним морем на території Комінтернівського (нині Одеського) району Одеської області	37 357,91	4	0,2906	79,11	62,11	42,20	40,52	35,50	20,34	36,00	2,87
Будівництво та введення в експлуатацію з'єднувальних гідротехнічних споруд Тузлівські лимани – Чорне море		4	0,2640	78,93	61,48	42,20	40,27	35,67	18,48	36,00	2,70
Виявлення причин загибелі морських тварин	7 000,00	5	0,3347	77,98	62,34	43,00	40,77	35,68	23,43	28,00	2,69
План заходів з моніторингу і контролю інвазійних видів	1 000,00	5	0,3307	77,95	62,25	43,00	40,73	35,71	23,15	28,00	2,66
Рекомендації щодо районів розміщення, та визначення інженерних параметрів екологічно позитивних конструкцій (штучних рифів) у північно-західній частині Чорного моря	1 200,00	4	0,2649	77,78	60,84	42,84	40,14	36,04	18,54	29,60	2,33

Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Ранжування районів за небезпечністю накопичення морського мусору, та рекомендації з запобігання негативним наслідкам	250,00	4	0,2642	77,78	60,83	42,84	40,14	36,05	18,49	29,60	2,32
Відбудувати та обладнати Науково-дослідну станцію «Острів Зміїний» ОНУ імені І.І. Мечникова, знищену бомбардуваннями внаслідок бойових дій, та надати їй міжнародний статус	80 000,00	4	0,3210	77,02	61,53	43,48	40,54	36,06	22,47	23,20	2,31
Облаштувати науково-навчальну Морську станцію ОНУ імені І.І. Мечникова та обладнати її причал	160 000,00	3	0,3254	76,91	61,55	43,56	40,57	36,08	22,78	22,40	2,29
План заходів з моніторингу і контролю підводного шуму та його реалізація в частині досліджень	4 200,00	4	0,2670	77,51	60,73	43,00	40,13	36,13	18,69	28,00	2,24
Визначення пріоритетних акваторій та об'єктів вирощування для розвитку національної марикультури на прибережжі Чорного моря та у солонуватих водоймах Причорномор'я	350,00	4	0,2642	77,49	60,67	43,00	40,11	36,14	18,50	28,00	2,23
Підготовка науково-практичних рекомендацій щодо здійснення оцінки ризику, моніторингу та контролю поширення чужорідних видів в морських екосистемах	320,00	4	0,2642	77,49	60,66	43,00	40,11	36,14	18,50	28,00	2,23

Захід	Орієнтована на вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Підготовка пропозицій щодо створення переліків небезпечних чужорідних видів морських екосистем України	180,00	4	0,2641	77,49	60,66	43,00	40,11	36,14	18,49	28,00	2,23
Обґрунтування створення нових та покращення існуючих засобів відлякування китоподібних від рибальських сіток, тестування дослідних зразків	7 000,00	4	0,2690	77,23	60,61	43,16	40,12	36,21	18,83	26,40	2,16
Науково-дослідні роботи з спостережень та досліджень (інженерногеологічні, гідрогеологічні, метеорологічні, геофізичні, гідрологічні і батометричні морські дослідження, динаміки берегової лінії) інженерногеодинамічного стану берегових територій Одеської області	4 000,00	4	0,2668	77,22	60,56	43,16	40,10	36,22	18,68	26,40	2,15
Оцінка впливу зміненого після руйнування дамби Каховської ГЕС стоку Дніпра на гідроекологічні характеристики Дніпровсько-Бузького пригирлового району Чорного моря на підставі моделювання	2 000,00	4	0,2654	77,21	60,53	43,16	40,08	36,23	18,58	26,40	2,14

Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Визначення та обґрунтування стратегії досягнення доброго екологічного стану морського середовища в Одеському районі північно-західної частини Чорного моря на підставі результатів математичного моделювання	3 000,00	4	0,2661	77,21	60,55	43,16	40,09	36,23	18,63	26,40	2,14
Визначення перспектив відновлення водних ресурсів малих та середніх річок Північно-Західного Причорномор'я у післявоєнний період	2 000,00	4	0,2654	77,21	60,53	43,16	40,08	36,23	18,58	26,40	2,14
Розроблення робочого проекту будівництва з'єднувальних гідротехнічних споруд Тузлівські лимани – Чорне море (з отриманням експертного звіту, з розробкою та проведенням ОВД)	3 500,00	4	0,2665	77,22	60,56	43,16	40,09	36,23	18,65	26,40	2,14
Науково-дослідні роботи з попередньої оцінки інженерногеодинамічного стану берегових територій Одеської області та розробки програми їх комплексних спостережень та досліджень.	2 000,00	4	0,2654	77,21	60,53	43,16	40,08	36,23	18,58	26,40	2,14

Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Науково-дослідні роботи з обґрунтування довгострокового прогнозу та раціонального втручання в природні геологічні процеси на прибережних територіях Одеської області, та з підготовки експертних висновків та рекомендації	2 000,00	4	0,2654	77,21	60,53	43,16	40,08	36,23	18,58	26,40	2,14
Дистанційний пошук і картування районів розташування надводних, підводних мін та боєприпасів, включно з акваторіями АР Крим і м. Севастополя	1 000,00	4	0,2647	77,20	60,51	43,16	40,08	36,24	18,53	26,40	2,13
Наукове обґрунтування будівництва з'єднувальних гідротехнічних споруд Тузлівські лимани – Чорне море	500,00	4	0,2644	77,20	60,50	43,16	40,07	36,24	18,50	26,40	2,13
Реконструкція КНС-1 з добудовою блоку повної біологічної очистки стічних вод по технології BIOTAL продуктивністю 200 м <sup>3</sup> /добу з введенням першої черги продуктивністю 100 м <sup>3</sup> /добу в с. Бритівка Шабівської сільської ради Білгород-Дністровського району Одеської області	12 869,92	3	0,2082	77,82	59,74	42,60	39,66	36,27	14,58	32,00	2,10

Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Будівництво колектора зливної каналізації довжиною 925м від вул. Данченка до вул. 1 Травня в м. Чорноморськ Одеської області	13 944,43	3	0,2091	77,82	59,76	42,60	39,67	36,27	14,64	32,00	2,10
Капітальний ремонт каналізаційного колектору Ду 800мм за адресою: Одеська область, м. Чорноморськ, вул. 1 Травня частково) – парк Молодіжний - 2 черга	4 412,46	3	0,2015	77,77	59,58	42,60	39,60	36,32	14,11	32,00	2,05
Реконструкція аварійного скиду від КНС-25 до Чорного моря у м. Одесі	423 501,53	2	0,2272	77,23	59,78	43,00	39,76	36,39	15,91	28,00	1,98
Створити навчально-науковий комплекс «Морська біотехнологія»	100 000,00	3	0,2776	76,58	60,41	43,56	40,12	36,40	19,43	22,40	1,97



Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Створення науково-інформаційних центрів	100,00	4	0,2641	76,62	60,17	43,48	40,01	36,44	18,48	23,20	1,93
Створити навчально-науковий комплекс Інтегрованого управління берегової смуги і прибережних морських вод	48 000,00	3	0,2362	76,29	59,43	43,56	39,73	36,67	16,53	22,40	1,70
Протизсувні заходи в прибережній зоні в районі 9-го мікрорайону м. Чорноморська Одеського району Одеської області	743 030,70	2,5	0,1821	76,73	58,61	43,10	39,32	36,75	12,75	27,00	1,62
Будівництво каналізаційних очисних споруд м. Теплодар Одеського району Одеської області		2	0,1320	76,56	57,52	43,00	38,87	37,03	9,24	28,00	1,34

Захід	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою	$E'_z$	E	I	F	St	$\sigma$	M	S	$\Delta \sigma$
Придбання зливної станції рідких відходів для впровадження системи збирання та утилізації рідких відходів, що утворюються на території Чорноморської територіальної громади	3 591,22	2	0,1357	75,87	57,20	43,40	38,82	37,26	9,50	24,00	1,11
Буйкова станція "Буй DB600"	2 705,15	2	0,1348	75,86	57,18	43,40	38,81	37,27	9,44	24,00	1,10
Забезпечення екологічно безпечного перевезення, оброблення/ видалення відходів та небезпечних хімічних речовин (ртуті металевої і її відходів та ртутних термометрів )	483,09	2	0,1325	75,85	57,12	43,40	38,79	37,28	9,28	24,00	1,09

Аналіз результатів ранжування заходів з відновлення морських екосистем, оснований на показнику  $\Delta \sigma$ , відіграє ключову роль у визначенні ефективності заходів з точки зору зменшення невизначеності в морській екосистемі. Показник  $\Delta \sigma$ , що відображає зміну невизначеності, є важливим індикатором, який дозволяє оцінити вплив втручань на екосистему. Вищі значення  $\Delta \sigma$  свідчать про значний вплив заходу на зменшення невизначеності, що є індикатором підвищеного розуміння стану екосистеми та ефективності заходів щодо її відновлення.

Серед аналізованих заходів, виявлення причин загибелі морських тварин вирізняється як найбільш ефективний, демонструючи найвищу зміну в невизначеності. Цей захід покращує розуміння ключових проблем морської екосистеми та сприяє розробці цілеспрямованих відповідей на них. Також важливим є обґрунтування створення нових і покращення існуючих засобів відлякування китоподібних від рибальських сіток, яке також показує високу зміну невизначеності, вказуючи на його важливість для зменшення конфліктів між рибальством та збереженням морських видів.

Інші заходи, хоча і демонструють меншу зміну невизначеності, все ж є суттєвими у контексті комплексного підходу до управління морською екосистемою. Це включає ініціативи, пов'язані зі створенням захищених морських територій, адаптацією стратегій управління після воєнних подій, моніторингом підводного шуму та контролем інвазійних видів.

Ефективність відновлення морських екосистем залежить не лише від індивідуальної ефективності кожного заходу, але й від їх взаємодії та інтеграції у загальну стратегію управління. Інтеграція різноманітних заходів сприяє створенню багатогранного підходу, що враховує всі аспекти морської екосистеми та її збалансованого управління.

У підсумку, аналіз показника  $\Delta \sigma$  дозволяє виділити найбільш ефективні заходи для зменшення невизначеності та покращення стану морської екосистеми. Це є надзвичайно важливим для розробки та впровадження відповідних стратегій управління, що враховують всі аспекти екосистемного підходу.

## ВИСНОВКИ

В роботі сформульовані сучасні теоретично-методологічні основи такого науково-практичного напрямку як створення та функціонування системи управління екосистемними ризиками моря. Для цього було проведено аналіз та оцінка актуальних концепцій та стратегій управління якістю морського середовища.

Після критичного аналізу наукової літератури стало очевидним, що поняття "екосистемний ризик" еволюціонувало від уявлення про екологічні ризики для окремих природних ресурсів та об'єктів до більш широкого розуміння його впливу на загальну структуру та функціонування екосистем. Сучасне визначення "екосистемного ризику" зосереджується на ймовірності та обсязі шкідливого впливу на цілісність та стабільність екосистем, відрізняючись від "екологічного ризику", що акцентується на впливах на окремі елементи екосистем.

Управління екосистемними ризиками моря вимагає комплексного підходу, спрямованого на збереження і стійкість екосистем та забезпечення відповідних екосистемних послуг. З цією метою була розроблена концептуальна модель, яка включає ідентифікацію, оцінку та стратегії управління ризиками, які можуть бути впроваджені на практичному рівні при вирішенні прикладних задач.

Виявлено різні типи екосистемних ризиків, які мають відмінні характеристики за джерелами загроз, масштабами впливу, часовими рамками та рівнями впливу на біорізноманіття. Ці характеристики можуть бути використані для класифікації ризиків та створення бази для їх аналізу та управління в морських екосистемах.

Стратегії управління екосистемними ризиками включають різні підходи до управління морським довкіллям, такі як морське просторове планування, створення захищених морських областей, управління на основі екосистемного підходу, управління ресурсами, Директива ЄС з морської стратегії та "Блакитне зростання". Ці стратегії спрямовані на забезпечення балансу між екологічними викликами та економічними потребами.

Теорія управління екосистемами моря містить різні гіпотези та напрямки розвитку, спрямовані на врахування хаотичної динаміки та непередбачуваності стану

екосистем. Ці гіпотези становлять основу для подальшого дослідження та розвитку теорії управління екосистемними ризиками моря. Вони потребують проведення експериментів, досліджень, моделювання та аналізу даних для перевірки їх обґрунтованості та відповідності реальним умовам.

Для ранжування ефективності заходів запропонованим математична модель управління екосистемними ризиками моря. Аналіз результатів ранжування заходів відновлення морських екосистем, виходячи з показника  $\Delta\sigma$  (зміна невизначеності), демонструє, що найбільш ефективні заходи виявилися ті, які вносять значний вклад у зменшення невизначеності у морській екосистемі. Зокрема, заходи, такі як виявлення причин загибелі морських тварин і обґрунтування відлякування китоподібних від рибальських сіток, показали високу зміну в  $\Delta\sigma$ , що свідчить про їхній значний вплив на зменшення невизначеності в екосистемі.

Інші заходи з меншою зміною  $\Delta\sigma$  також важливі для комплексного підходу до управління морською екосистемою, що включає ініціативи зі створення захищених морських територій, моніторингу підводного шуму та контролю інвазійних видів.

У цілому, аналіз  $\Delta\sigma$  дозволяє виділити ключові заходи, які ефективно сприяють зменшенню невизначеності та поліпшенню управління морською екосистемою, що є важливим для розробки інтегрованих стратегій відновлення.

1. Halpern B.S. et al. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488(7413), 615-620.
2. Decisions adopted by the conference of the parties to the Convention on Biological Diversity at its Fifth Meeting. - Annex III. -Nairobi, 15-26 May 2000. - P.103-107.
3. UNEP medium term strategy 2018–2021. – URL: <https://www.unep.org/resources/unep-medium-term-strategy> – 21.12.2023.
4. ICES. 2004. Report of the Thirteenth ICES Dialogue Meeting: Advancing scientific advice for an ecosystem approach to management: collaborating amongst managers, scientists, and other stakeholders. — ICES Cooperative Research A3. Report. — No. 267. — 61 p. – 21.12.2023.
5. Закон України № 2818-VI від 21.12.2010 «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року». – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17#Text>. – 21.12.2023.
6. Закон України № 2697-VIII від 28.02.2019 «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>. – 21.12.2023.
7. Ecosystem-based approach. The European Maritime Spatial Planning Platform. — URL: <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/faq/ecosystem-based-approach>. – 21.12.2023.
8. Ефимов Ю. Н. Экосистемный подход к управлению рыболовством . – Труды ВНИРО, 2010. – Т. 149. – С. 58-65. – URL: <http://dspace.vniro.ru/handle/123456789/7180?show=full>. – 21.12.2023.
9. Титова Г. Д. Проблемы становления экономики морских экосистем. – Вестник Российской академии естественных наук (СПб), 2012. – Т. 16(2). – С.120-124. – 21.12.2023.
10. Карлин Л. Н., Абрамов В. М. Управление энвиронментальными и экологическими рисками. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 332 с.
11. Добровольський В.В. Екологічний ризик: причинно-наслідкові зв'язки в екосистемі – URL: <http://ecology.chdu.edu.ua/article/view/64566>. – 21.12.2023.

12. Aven T. Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*. 2016. 253(1), p. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.-15.12.2023>.

13. Bland L. M., Rowland J. A., Regan T. J., Keith D. A., Murray N. J., Lester R. E., Linn M., Rodríguez J. P., & Nicholson E. Developing a standardized definition of ecosystem collapse for risk assessment. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2018. 16(1), p. 29-36 1. [https://doi.org/10.1002/fee.1747\\_-21.12.2023](https://doi.org/10.1002/fee.1747_-21.12.2023).

14. Fischhoff B., Lichtenstein S., Slovic P., Derby S., & Keeney R. *Acceptable Risk*. Cambridge University Press. 1981. 185 p.

15. Renn, O. *Risk Governance: Coping with Uncertainty in a Complex World*. Earthscan. 2008. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6799-0\\_-21.12.2023](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6799-0_-21.12.2023).

16. Harremoës P., Gee, D., MacGarvin M., Stirling A., Keys, J., Wynne B., & Vaz S. G. *The Precautionary Principle in the 20th Century: Late Lessons from Early Warnings*. Earthscan. 288 p.

17. Valderrábano, M., Nelson, C., Nicholson, E., Etter, A., Carwardine, J., Hallett, J. G. & Botts, E. Using ecosystem risk assessment science in ecosystem restoration: a guide to applying the Red List of Ecosystems to ecosystem restoration. IUCN Global Ecosystem Management Programme. 2021. [https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.19.en\\_-21.12.2023](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.19.en_-21.12.2023).

18. Suter II, G. W., et al. Assessing and managing multiple risks in a changing world — The Roskilde recommendations. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 2018. [https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20820.19842\\_-21.12.2023](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20820.19842_-21.12.2023).

19. Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*. 2014. 26, 152-158. [https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002\\_-21.12.2023](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002_-21.12.2023).

20. Elliott, M., Borja, Á., & Cormier, R. Managing marine resources sustainably: A proposed integrated systems analysis approach. *Ocean & Coastal Management*. 2020. 197, 105315. [https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105315\\_-21.12.2023](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105315_-21.12.2023).

21. Komorin, V. Assessment of the Black sea shelf ecosystem sustainability with

mathematical simulation method. *Geographia Technica*. 2021. Vol. 16, Issue 2, p. 19–28. [https://doi.org/10.21163/GT\\_2021.162.02](https://doi.org/10.21163/GT_2021.162.02)

22. Justus, J. *Ecological and Lyapunov Stability*. *Philosophy of Science*. 2008. 75(4), p. 421-436. <https://doi.org/10.1086/595836>– 21.12.2023.

23. Maxim, L., Spangenberg, J. H., & O'Connor, M. An analysis of risks for biodiversity under the DPSIR framework. *Ecological Economics*. 2009. 69(1), p. 12-23. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.03.017>– 21.12.2023.

24. Rapport, D. J., Costanza, R., & McMichael, A. J. Assessing ecosystem health. *Trends in Ecology & Evolution*. 1998. 13(10), p. 397-402. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01449-9](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01449-9)– 21.12.2023.

25. Slobodnik J. et al., *National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2016: Final Scientific Report / J. Slobodnik, B. Alexandrov, V. Komorin, A. Mikaelyan, A. Guchmanidze, M. Arabidze, A. Korshenko, S. Moncheva.* – Dnipro: Seredniak T.K. 2020. URL: [https://emblasproject.org/wp-content/uploads/2022/03/EMBLAS-II\\_NPMS\\_JOSS\\_2016\\_ScReport\\_ISBN-978-617-7953-60-8-2.pdf](https://emblasproject.org/wp-content/uploads/2022/03/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2016_ScReport_ISBN-978-617-7953-60-8-2.pdf)– 21.12.2023.

26. Slobodnik J. et al., *12-Months National Pilot Monitoring Studies in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2016-2017: Final Scientific Report/ J. Slobodnik, V. Medinets, B. Alexandrov, V. Komorin, A. Mikaelyan, A. Guchmanidze, M. Arabidze, A. Korshenko.* – Dnipro: Seredniak T.K.2020. URL: [https://emblasproject.org/wp-content/uploads/2022/03/EMBLAS-II\\_NPMS\\_12\\_months-2016\\_2017\\_ISBN-978-617-7953-58-5.pdf](https://emblasproject.org/wp-content/uploads/2022/03/EMBLAS-II_NPMS_12_months-2016_2017_ISBN-978-617-7953-58-5.pdf)– 21.12.2023.

27. Slobodnik J. et al. *National Pilot Monitoring Studies and Joint Open Sea Surveys in Georgia, Russian Federation and Ukraine, 2017: Final Scientific Report / J. Slobodnik, B. Alexandrov, V. Komorin, A. Mikaelyan, A. Guchmanidze, M. Arabidze, A. Korshenko.* – Dnipro: Seredniak T.K. 2020. URL: [https://emblasproject.org/wp-content/uploads/2022/03/EMBLAS-II\\_NPMS\\_JOSS\\_2017\\_ScReport\\_ISBN-978-617-7953-62-2.pdf](https://emblasproject.org/wp-content/uploads/2022/03/EMBLAS-II_NPMS_JOSS_2017_ScReport_ISBN-978-617-7953-62-2.pdf)– 21.12.2023.

28. De Groot R.S, 2010. *Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making //*



Ecological Complexity. 2010. Vol. 7. P. 260-272. – 21.12.2023.

29. Edward B. Barbier. Marine ecosystem services // *Current Biology*. 2017. Volume 27, Issue 11, 5 June 2017, P. R507-R510. – 21.12.2023.

30. Liqueste C. et al. Current Status and Future Prospects for the Assessment of Marine and Coastal Ecosystem Services: A Systematic Review // *Review of Marine and Coastal Ecosystem Services*. 2013. – Vol. 8, Is. 7. – 15 p. – 21.12.2023.

31. Maes J. et al. An indicator framework for assessing ecosystem services in support of the EU Biodiversity Strategy to 2020/ *Ecosystem Services* 17. 2016. P. 14-23: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>. – 10.09.2018. – 21.12.2023.

32. Odum, Eugene P.. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia: W. B. Saunders Company. 1953. 383 p.

33. Aps, R., Herkül, K., Kotta, J., Cormier, R., Kostamo, K., Laamanen, L., ... & Varjopuro, R. Marine environmental vulnerability and cumulative risk profiles to support ecosystem-based adaptive maritime spatial planning. *ICES Journal of Marine Science*. 2018. 75(7), p. 2488-2500. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy101>. – 21.12.2023.

34. Rilov, G., Mazaris, A. D., Stelzenmüller, V., Helmuth, B., Wahl, M., Guy-Haim, T., ... & Katsanevakis, S. Adaptive marine conservation planning in the face of climate change: What can we learn from physiological, ecological and genetic studies?. *Global Ecology and Conservation*. 2019. 17 p. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00566>. – 21.12.2023.

35. ADCIRC. Retrieved from <https://adcirc.org/> – 21.12.2023.

36. APECOSM. Retrieved from <https://apecosm.org/> – 21.12.2023.

37. AQUATOX. United States Environmental Protection Agency. Retrieved from <https://www.epa.gov/ceam/aquatox> – 21.12.2023.

38. Atlantis. CSIRO. Retrieved from <https://research.csiro.au/atlantis/> – 21.12.2023.

39. Bio-ORACLE. Retrieved from <https://bio-oracle.org/> – 21.12.2023.

40. CMS-Wave. Aquaveo. Retrieved from <https://www.aquaveo.com/software/sms-cms-wave> – 21.12.2023.

41. COPEPOD. NOAA Fisheries. Retrieved from <https://www.st.nmfs.noaa.gov/copepod/> – 21.12.2023.
42. Copernicus Marine Environment Monitoring Service. Retrieved from <https://marine.copernicus.eu> – 21.12.2023.
43. COMF. British Oceanographic Data Centre. Retrieved from [https://www.bodc.ac.uk/projects/data\\_management/comf/](https://www.bodc.ac.uk/projects/data_management/comf/) – 21.12.2023.
44. COMSOL Multiphysics® Software. COMSOL Inc... Retrieved from <https://www.comsol.com> – 21.12.2023.
45. DEB-IBM. DEB Theory Wiki. Retrieved from <http://www.debtheory.org/wiki/index.php?title=DEB-IBM> – 21.12.2023.
46. Delft3D Flexible Mesh Suite (Delft3D FM). Deltares. Retrieved from <https://www.deltares.nl/en/software/delft3d-flexible-mesh-suite/> – 21.12.2023.
47. DEB Theory Wiki Main Page. DEB Theory Wiki. Retrieved from [http://www.debtheory.org/wiki/index.php?title=Main\\_Page](http://www.debtheory.org/wiki/index.php?title=Main_Page) – 21.12.2023.
48. ECOMSED Model System for Estuaries and Coastal Watersheds . ECOMSED Model System for Estuaries and Coastal Watersheds . Retrieved from <http://ecomsed.org/> – 21.12.2023.
49. Ecopath with Ecosim - EwE . Ecopath with Ecosim - EwE . Retrieved from <http://ecopath.org/> – 21.12.2023.
50. ECOSMO Model System for Estuaries and Coastal Watersheds . Southern California Coastal Water Research Project Authority . Retrieved from <http://www.sccwrp.org/ecosmo-model/> – 21.12.2023.
51. Environmental Fluid Dynamics Code (EFDC). United States Environmental Protection Agency . Retrieved from <https://www.epa.gov/exposure-assessment-models/environmental-fluid-dynamics-code-efdc> – 21.12.2023.
52. Using 2D Models for Tidal Current Forecasting . Hydro International . Retrieved from <https://hydro-international.com/content/article/using-2d-models-for-tidal-current-forecasting> – 21.12.2023.
53. ERSEM: European Regional Seas Ecosystem Model . ERSEM: European Regional Seas Ecosystem Model . Retrieved from

<http://ecomarres.com/downloads/ERSEM.pdf> – 21.12.2023.

54. FVCOM: Finite Volume Community Ocean Model . FVCOM: Finite Volume Community Ocean Model . Retrieved from <http://fvcom.smast.umassd.edu/> – 21.12.2023.

55. GEMSS: Global Earth-system Management and Sustainability System . GEMSS: Global Earth-system Management and Sustainability System . Retrieved from <http://earthsystemgovernance.org/gemss/> – 21.12.2023.

56. GOTM: General Ocean Turbulence Model. GOTM: General Ocean Turbulence Model . Retrieved from <http://gotm.net/> – 21.12.2023.

57. GROMS: Global Register of Migratory Species . GROMS: Global Register of Migratory Species . Retrieved from <http://groms.eu/> (дата звернення: 15.06.2023)

58. M3: Modular Ocean Model 3 . M3: Modular Ocean Model 3 . Retrieved from <http://m3.soest.hawaii.edu/> – 21.12.2023.

59. MARES: Marine Ecosystem Health and Conservation . MARES: Marine Ecosystem Health and Conservation . Retrieved from <http://mares-eu.org/> – 21.12.2023.

60. MareMIP: Marine Ecosystem Model Intercomparison Project . MareMIP: Marine Ecosystem Model Intercomparison Project . Retrieved from <http://www.maremip.eu/> – 21.12.2023.

61. MATLAB® Software . MathWorks® Software . Retrieved from <https://www.mathworks.com/products/matlab.html> – 21.12.2023.

62. MICE Toolset for Integrated Ecosystem Assessments in the ICES Area . International Council for the Exploration of the Sea . Retrieved from <https://www> – 21.12.2023.

63. MIKE 21. DHI. Retrieved from <https://www.dhigroup.com/marine-water/software/mike-21> – 21.12.2023. (дата звернення: 15.06.2023)

64. MIKE 3. DHI. Retrieved from <https://www.dhigroup.com/marine-water/software/mike-21-3> – 21.12.2023.

65. MIKE ECO Lab. DHI. Retrieved from <https://www.dhigroup.com/marine-water/software/mike-eco-lab> – 21.12.2023.

66. MIMES: Multiscale Integrated Models of Ecosystem Services .MIMES: Multiscale Integrated Models of Ecosystem Services . Retrieved from <http://mimesproject.org/> .- 21.12.2023.

67. MIKE ECO. URL: <https://www.dhigroup.com/marine-water/software/mike-eco-lab> (дата звернення: 15.06.2023) .- 21.12.2023.

68. Ocean Data View (ODV). Alfred Wegener Institute, Helmholtz Centre for Polar and Marine Research. Retrieved from <https://odv.awi.de/> .- 15.06.2023.

69. OSMOSE: Object-oriented Simulator of Marine ecOSystems Exploitation . European Commission Joint Research Centre. Retrieved from <https://ec.europa.eu/jrc/en/osmose>.- 15.06.2023.

70. ROMS: Regional Ocean Modeling System . ROMS: Regional Ocean Modeling System . Retrieved from <https://www.myroms.org/> .- 21.12.2023.

71. SBEACH: Storm-induced BEAch CHange Model. U.S Army Engineer Research and Development Center. Retrieved from <https://chl.erdcdren.mil/sbeach/> .- 21.12.2023.

72. SEAPODYM: Spatial Ecosystem And Population Dynamics Model. NOAA Fisheries Southwest Fisheries Science Center Retrieved from <https://swfsc.noaa.gov/textblock.aspx?Division=FED&ParentMenuId=215&id=2065> .- 21.12.2023 )

73. SEAPODYM: Spatial Ecosystem And Population Dynamics Model . SEAPODYM: Spatial Ecosystem And Population Dynamics Model Retrieved from <https://seapodym.github.io/> . 15.06.2023

74. SeaBASS: SeaWiFS Bio-optical Archive and Storage System . NASA Goddard Space Flight Center . Retrieved from <https://seabass.gsfc.nasa.gov/>.- 15.06.2023

75. SELFE: Semi-implicit Eulerian-Lagrangian Finite Element model for cross-scale ocean circulation . SELFE: Semi-implicit Eulerian-Lagrangian Finite Element model for cross-scale ocean circulation . Retrieved from <https://sourceforge.net/projects/selfe/> .- 21.12.2023.

76. STELLA® Professional Software . isee systems inc... Retrieved from

<https://www.iseesystems.com/store/products/stella-professional.aspx> – 21.12.2023.

77. SWAN: Simulating WAVes Nearshore Model . SWAN: Simulating WAVes Nearshore Model . Retrieved from <http://swanmodel.sourceforge.net/> (дата звернення: 15.06.2023)

78. TELEMAC-MASCARET System . TELEMAC-MASCARET System . Retrieved from <http://www.opentelemac.org/> – 21.12.2023.

79. WAVEWATCH Model System . NOAA National Centers for Environmental Prediction Environmental Modeling Center Marine Modeling and Analysis Branch . Retrieved from <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/> – 21.12.2023.

80. WAVEWATCH III® Model System . NOAA National Centers for Environmental Prediction Environmental Modeling Center Marine Modeling and Analysis Branch Retrieved from <http://polar.ncep.noaa.gov/waves/wavewatch/> – 21.12.2023.

81. Marine Spatial Planning. MSPGLOBAL2030. Retrieved from <https://www.mspglobal2030.org/wp-content/uploads/2020/04/Marine-Spatial-Planning-1.pdf> – 21.12.2023.

82. Humphreys, J., & Clark, R. W. E. (2020). A critical history of marine protected areas. In *Science, Policy and Management* (pp. 1-12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102698-4.00001-0> – 21.12.2023.

83. Ecosystem-based approach. The European Maritime Spatial Planning Platform. Retrieved from <https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/faq/ecosystem-based-approach> – 21.12.2023.

84. Levine, A., & Lopez-Carr, D. Marine resource management: Culture, livelihoods, and governance. *Applied Geography*. 2015. 59, p. 56-59. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.016> – 21.12.2023.

85. Botero, C. M., Milanes, C. B., & Robledo, S. 50 years of the Coastal Zone Management Act: The bibliometric influence of the first coastal management law on the world. *Marine Policy*. 2023. 150, 105548. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105548> – 21.12.2023.

86. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17

June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance). Official Journal of the European Union, L 164, 19-40. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32008L0056> \_– 21.12.2023.

87. From blue growth to sustainable blue economy: a new approach for the EU. Interreg Europe. 2021. URL: <https://interregeurope.eu/policy-learning-platform/news/from-blue-growth-to-sustainable-blue-economy-a-new-approach-for-the-eu/> \_– 21.12.2023.

88. Roux, M. J., Duplisea, D. E., Hunter, K. L., & Rice, J. Consistent Risk Management in a Changing World: Risk Equivalence in Fisheries and Other Human Activities Affecting Marine Resources and Ecosystems. *Frontiers in Climate*. 2022. # 3. URL: <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.781559> \_– 21.12.2023.

89. Mynott, F., Lonsdale, J., & Stamford, T. Developing an Ecological Risk Assessment to Effectively Manage Marine Resources in Data-Limited Locations: A Case Study for St Helena Sand Extraction. *Frontiers in Marine Science*. 2021. #8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.645225> \_– 21.12.2023.

90. Borja, A., Elliott, M., Andersen, J. H., Berg, T., Carstensen, J., Halpern, B. S., Heiskanen, A.-S., Korpinen, S., Lowndes, J. S., Martin, G., & Rodriguez-Ezpeleta, N. Evaluation of ecosystem-based marine management strategies based on risk assessment. *Biological Conservation*. 2016. #200. p. 448-459. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.06.012> \_– 21.12.2023.

91. Viktor Komorin (2021). Assessment of the Black sea shelf ecosystem sustainability with mathematical simulation method// *Geographia Technica*, Vol 16, Issue 2, 2021, pp. 19-28 DOI: 10.21163/GT\_2021.162.02, URL: [http://technicalgeography.org/index.php/on-line-first/378-02\\_komorin](http://technicalgeography.org/index.php/on-line-first/378-02_komorin) \_– 21.12.2023.

## ДОДАТОК. ПРОПОЗИЦІЇ ДО ПЛАНУ ЗАХОДІВ З ВІДНОВЛЕННЯ МОРСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5- бальною шкалою
Обґрунтування створення нових та розширення існуючих об'єктів ПЗФ у морських акваторіях згідно з міжнародними рекомендаціями (ІММА – рекомендації МСОП для китоподібних тощо), зокрема в акваторіях Азовського і Чорного морів, Керченської протоки, включно з акваторіями АР Крим і м. Севастополя, з позначенням режимів охорони і специфічними обмеженнями	УкрНЦЕМ	3 000	Необхідна передумова для охорони рідкісних видів з позначенням конкретних заходів для кожної акваторії	Покращення біологічної продуктивності та стану рибних ресурсів через відновлення трофічних мереж; передумова для територіального планування і менеджменту в рамках європейської інтеграції	5
Дистанційний пошук і картування районів розташування надводних, підводних мін та боєприпасів, включно з акваторіями АР Крим і м. Севастополя	УкрНЦЕМ	1 000	Внесок у безпеку угруповань рідкісних видів, зниження підводного шуму, безпеки на морі	Необхідна передумова для відновлення господарської діяльності на морі	5
Виявлення причин загибелі морських тварин	УкрНЦЕМ	7 000 3 500 . на обладнання і 3 500 в рік на	Внесок у безпеку угруповань рідкісних видів	Необхідна передумова для планування і менеджменту, інших заходів	5

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
		реалізацію в частині досліджень			
Обґрунтування створення нових та покращення існуючих засобів відлякування китоподібних від рибальських сіток, тестування дослідних зразків	УкрНЦЕМ	7 000 на 4 роки; практична реалізація пов'язана з доступом до акваторії	Внесок у безпеку угруповань рідкісних видів	Необхідна передумова для розвитку рибальства, територіального планування і менеджменту в рамках європейської інтеграції	4
План заходів з моніторингу і контролю підводного шуму та його реалізація в частині досліджень	УкрНЦЕМ	700 на розроблення і 3 500 в рік на реалізацію в частині досліджень, решта – на виконання замовлень господарчих суб'єктів на конкурсній основі	Внесок у безпеку угруповань рідкісних видів, зниження підводного шуму, безпеки на морі	Необхідна передумова територіального планування і менеджменту в рамках європейської інтеграції	4
Створення науково-інформаційних центрів	УкрНЦЕМ у співробітництві	100	Внесок у безпеку угруповань рідкісних видів, екосистем	Збільшення рекреаційного ресурсу	4
План заходів з моніторингу і контролю інвазійних видів	УкрНЦЕМ	1 000	Внесок у безпеку угруповань рідкісних видів, екосистем	Покращення біологічної продуктивності та стану рибних ресурсів через відновлення трофічних мереж	5
Оцінка впливу зміненого після руйнування дамби Каховської ГЕС стоку Дніпра на гідроекологічні характеристики Дніпровсько-Бузького пригирлового	Одеський державний екологічний університет	2 000	Зміни характеру впливу стоку Дніпра на гідрологічний і гідроекологічний режими Дніпровсько-Бузького лиману і Дніпровсько-	Якість морських вод в північній частині північно-західного узбережжя Чорного моря та її вплив на екосистемні послуги	4 – значний довготривалий вплив на гідроекологічні характеристики і природні ресурси



Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
району Чорного моря на підставі моделювання			Бузького пригирлового району північно-західної частини Чорного моря	(біологічну продуктивність, рекреаційні ресурси і т.і.)	північно-західної частини Чорного моря
Адаптація по умов українського сектора Чорного моря інструментів моделювання для оцінки ефективності стратегій досягнення доброго екологічного стану морських вод в після воєнний період	Одеський державний екологічний університет	3 000	Моделювання зміни показників якості морських вод з урахуванням впливу сукупності природних чинників впливу дозволяє визначити, яку ефективність буде мати реалізація тих чи інших природоохоронних заходів і таким чином визначити оптимальну стратегію досягнення доброго екологічного стану морських вод в після воєнний період.	Прогнозування якості морських вод за визначеним переліком її показників та оцінка впливу на різні екосистемні послуги, які визначаються цими показниками (зокрема, біологічну продуктивність, рекреаційні послуги і т.і.)	5 - значний довготривалий вплив на гідроекологічні характеристики і природні ресурси українського сектора Чорного моря.
Визначення та обґрунтування стратегії досягнення доброго екологічного стану морського середовища в Одеському районі північно-західної частини Чорного моря на підставі результатів математичного моделювання	Одеський державний екологічний університет	3 000	Наближення до доброго екологічного стану морського середовища, поліпшення якості морських вод шляхом науково-обґрунтованого нормування антропогенного навантаження на морську екосистему	Поліпшення якості морських вод для різних цілей використання ресурсів морського середовища та підвищення ефективності надання відповідних екосистемних послуг	4 – довготривалий вплив на формування якості вод і надання екосистемних послуг в Одеському рекреаційному районі північно-західної частини Чорного моря
Визначення перспектив	Одеський державний	2 000	Зміни стану водних	Розвиток меліорації в	4 – вплив у

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
відновлення водних ресурсів малих та середніх річок Північно-Західного Причорномор'я у післявоєнний період	екологічний університет		ресурсів малих та середніх річок Північно-Західного Причорномор'я чинять вплив на водні екосистеми лиманів, оскільки є важливою складовою їх водних балансів. Подальше зменшення стоку річок в результаті глобального потепління, неефективного управління ресурсами та водогосподарських перетворень, а також погіршення їх гідрохімічного статусу визначає характер відновлення та подальшого розвитку зрошувальних меліорацій у післявоєнний період.	південних регіонах України, які не зазнали руйнувань внаслідок військових дій, якість води в квазізакритих морських лиманах для різних видів природокористування та надання екосистемних послуг (меліоративного сільського господарства, рибництва, рекреаційних ресурсів)	масштабах морських лиманів Північно-Західного Причорномор'я та їх водосбірних басейнів.
Визначення пріоритетних акваторій та об'єктів вирощування для розвитку національної марикультури на прибережжі Чорного моря та у солонуватих водоймах Причорномор'я	ДУ «ІМБ НАН України»	350	Збільшення фільтраційних властивостей біоценозів, зменшення рівня біогенного забруднення вод. Досягнення Доброго Екологічного стану.	Біологічна продуктивність, рибні ресурси, рекреаційні ресурси, якість води, сталий розвиток місцевих громад. Розвиток голубої економіки	5
Рекомендації щодо районів розміщення, та визначення інженерних параметрів екологічно позитивних	ДУ «ІМБ НАН України» Одеській	1 200	Збільшення площ популяцій та оселищ організмів -фільтра торів. Підвищення	Біологічна продуктивність, підвищення екологічного статусу	5

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
конструкцій (штучних рифів) у північно-західній частині Чорного моря	Національний Університет ім. І.І. Мечникова		рекреаційного потенціалу прибережної частини моря, розвиток риболовного аматорства. Підвищення категорії екологічного статусу класу.	прибережних морських екосистем, сталий розвиток місцевих громад. Розвиток голубої економіки.	
Підготовка науково-практичних рекомендацій щодо здійснення оцінки ризику, моніторингу та контролю поширення чужорідних видів в морських екосистемах	ДУ «ІМБ НАН України»	320	Збереження природного біорізноманіття, зменшення загроз для видів, оселищ та екосистем	Підвищення біобезпеки, підвищення показників екологічного стану морського середовища, запобігання економічним збиткам	5
Підготовка пропозицій щодо створення переліків небезпечних чужорідних видів морських екосистем України	ДУ «ІМБ НАН України»	180	Збереження природного біорізноманіття, зменшення загроз для видів, оселищ та екосистем	Підвищення біобезпеки, підвищення показників екологічного стану морського середовища, запобігання економічним збиткам	4
Ранжування районів за небезпечністю накопичення морського мусору, та рекомендації з запобігання негативним наслідкам	ДУ «ІМБ НАН України»	250	Збереження природного біорізноманіття, Підвищення категорії екологічного статусу класу. Підвищення рекреаційного потенціалу	Підвищення біобезпеки, підвищення показників екологічного стану морського середовища, запобігання економічним збиткам	4
Відбудувати та обладнати Науково-дослідну станцію «Острів Зміїний» ОНУ імені І.І. Мечникова, знищену бомбардуваннями внаслідок бойових дій, та надати їй	ОНУ імені І.І. Мечникова	2,0 млн Євро 84 000	Покращення екологічного стану Чорного моря завдяки рішенням та заходам органів влади, прийнятим на підставі отриманої	Нова якість екосистемних послуг та використання біологічних і мінеральних чорноморських	5

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
міжнародний статус			сучасної інформації про якість морського середовища та стан біологічних ресурсів.	ресурсів. Забезпечення поточною сучасною інформацією про якість морського середовища та стан біологічних ресурсів.	
Облаштувати науково-навчальну Морську станцію ОНУ імені І.І. Мечникова та обладнати її причал	ОНУ імені І.І. Мечникова	4,0 млн Євро 168 000	Новий рівень якості підготовки та підвищення кваліфікації кадрів морських екологів, біологів та геологів для забезпечення морських програм з природоохоронної діяльності.	Надання високого рівня освітніх послуг з підготовки кадрів морських екологів, біологів, біотехнологів та геологів.	5
Придбати та обладнати науково-навчальне судно для проведення навчання та морських досліджень в прибережних водах Чорного моря	ОНУ імені І.І. Мечникова	3,0 млн Євро 126 000	Отримання інформації про стан морського середовища та біологічних ресурсів Чорного моря	Надання високого рівня послуг з проведення експедиційних досліджень в прибережних водах Чорного моря та підготовки кадрів морських екологів, біологів, біотехнологів та геологів.	5
Створити навчально-науковий комплекс «Морська біотехнологія»	ОНУ імені І.І. Мечникова	2,5 млн. Євро 105 000	Новий рівень якості підготовки та підвищення кваліфікації кадрів морських біотехнологів і створення та розвиток морських фермерських господарств	Надання високого рівня послуг з підготовки кадрів морських біотехнологів та консультаційних послуг з створення морських фермерських	5

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
				господарств.	
Створити навчально-науковий комплекс Інтегрованого управління берегової смуги і прибережних морських вод	ОНУ імені І.І. Мечникова	1,2 млн. Євро 50 400	Проведення навчання та сучасних експедиційних досліджень для: -оцінки екологічної ефективності існуючих берегозахисних і протизсувних заходів; -обґрунтування та планування берегозахисних заходів з урахуванням екологічної безпеки прибережних морських вод	Нова якість екосистемних послуг, відновлення та використання всіх прибережних морських ресурсів з урахуванням вимог Директиви ЄС з морського просторового планування в Україні для відновлення морської інфраструктури України	5
Створення програми спеціального моніторингу та досліджень стану морської екосистеми (та її складових), здійснення наукових досліджень, підготовка практичних рекомендацій відтворення довкілля, в першу чергу за наслідками підриву дамби Каховської ГЕС та щорічного «цвітіння» моря, та їх реалізація	НДУ «Український науковий центр екології моря», ДУ «Інститут морської біології НАН України», Одеський державний екологічний університет, центральні та місцеві органи влади	Немає даних	Зменшення антропогенного впливу на Чорне море, в першу чергу за наслідками підриву дамби Каховської ГЕС та щорічного «цвітіння» моря	Якість води, біологічна продуктивність, рибні ресурси	4
Придбання та установка приладів (комплексів) автоматизованого оперативного контролю стану морської води	НДУ «Український науковий центр екології моря», ДУ «Інститут морської біології НАН України», Одеський державний	Немає даних	Отримання оперативної незалежної інформації про стан води та даних для аналізу та для підготовки управлінських рішень	Якість води	4

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5- бальною шкалою
	екологічний університет				
Реконструкція КНС-1 з добудовою блоку повної біологічної очистки стічних вод по технології BIOTAL продуктивністю 200 м <sup>3</sup> /добу з введенням першої черги продуктивністю 100 м <sup>3</sup> /добу в с. Бритівка Шабівської сільської ради Білгород-Дністровського району Одеської області	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, Шабівська сільська рада Білгород-Дністровського району, Одеської області	Всього: 12 869,924  (12 269, 924 – державний бюджет; 600 - бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх об'єднань)	Поліпшення стану водних ресурсів	Якість води	4
Капітальний ремонт каналізаційного колектору Ду 800мм за адресою: Одеська область, м. Чорноморськ, вул. 1 Травня частково) – парк Молодіжний - 2 черга	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, Чорноморська міська рада, Одеського району, Одеської області	Всього: 4 412, 461 (2 205, 000 – обласний бюджет, 2 207, 461 - бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх об'єднань)	Поліпшення стану водних ресурсів	Якість води	4
Будівництво колектора зливної каналізації довжиною 925м від вул. Данченка до вул. 1 Травня в м. Чорноморськ Одеської області	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, Чорноморська міська	Всього: 13 944, 429 (13 623, 129 – обласний бюджет, 321, 300 – бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх	Поліпшення стану водних ресурсів	Якість води	4

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
	рада, Одеського району, Одеської області	об'єднань)			
Реконструкція споруд фізико - механічної очистки стічних вод на очисних спорудах господарсько-побутової каналізації у м. Білгород-Дністровському Одеської області	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, Білгород-Дністровська міська рада, Білгород-Дністровського району, Одеської області	Всього: 248 496, 493  (197 868, 013 – обласний бюджет,  25 314, 240 - бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх об'єднань,  25 314, 240 – інші джерела)	Поліпшення стану водних ресурсів	Якість води	5
Будівництво каналізаційних очисних споруд м. Теплодар Одеського району Одеської області	МКП "Теплодарводоканал"	Визначається розробленою та затвердженою проектно-кошторисною документацією березень 2024 року	Поліпшення стану водних ресурсів	Поліпшення якості води	5
Забезпечення екологічно безпечного перевезення, оброблення/ видалення відходів та небезпечних хімічних речовин (ртуті металевої і її відходів та ртутних термометрів )	Науково-дослідна установа «Український науковий центр екології моря» Департамент екології та природних ресурсів	Всього: 483, 091  (338, 164 – державний бюджет,  144, 927 - обласний бюджет)	Усунення ризиків забруднення довкілля небезпечними речовинами	Якість води, біологічна продуктивність	5

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
	Одеської обласної державної адміністрації,				
Придбання зливної станції рідких відходів для впровадження системи збирання та утилізації рідких відходів, що утворюються на території Чорноморської територіальної громади	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації, Чорноморська міська рада, Одеського району, Одеської області	Всього: 3 591, 224 (1 795, 612 – обласний бюджет, 1 795, 612 - бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх об'єднань)	Усунення джерел потенційного забруднення довкілля	Якість морської води	4
Реконструкція скидного каналу від Хаджибейського лиману до КНС-25 у м. Одесі	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 238 252, 270 (238 252, 270 інші джерела)	Усунення джерел потенційного забруднення довкілля	Якість води	4
Реконструкція аварійного скиду від КНС-25 до Чорного моря у м. Одесі	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 423 501, 528 (423 501, 528 інші джерела)	Усунення джерел потенційного забруднення довкілля	Якість води	4
Буйкова станція "Буй DB600"	Департамент екології та природних ресурсів Одеської	Всього: 2 705, 150 (2 705, 150 – інші джерела)	Проведення автоматичного моніторингу стану морської	Якість води, рекреаційні ресурси приморського лиману	3



Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
	обласної державної адміністрації		води у точці водозабору гідротехнічної споруди до Куяльницького лиману		
Реконструкція з'єднувального каналу між Тилігульським лиманом і Чорним морем на території Комінтернівського (нині Одеського) району Одеської області	Регіональний ландшафтний парк "Тилігульський" Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 37 357, 911 (30 357, 911 – державний бюджет, 7 000 - бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх об'єднань)	Здійснення водообміну та регулювання міграції риби між Тилігульським лиманом і Чорним морем	Якість води, рибні ресурси	4
Наукове обґрунтування будівництва з'єднувальних гідротехнічних споруд Тузлівські лимани – Чорне море	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 500 (500 – інші джерела)	Здійснення водообміну та регулювання міграції риби між Тузлівськими лиманами і Чорним морем	Якість води, рибні ресурси	4
Розроблення робочого проекту будівництва з'єднувальних гідротехнічних споруд Тузлівські лимани – Чорне море (з отриманням експертного звіту, з розробкою та проведенням ОВД)	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 3 500 (3 000 – державний бюджет, 500 – обласний бюджет)	Здійснення водообміну та регулювання міграції риби між Тузлівськими лиманами і Чорним морем	Якість води, рибні ресурси	4
Будівництво та введення в експлуатацію з'єднувальних гідротехнічних споруд	Департамент екології та природних	Визначається розробленою та затвердженою	Здійснення водообміну та регулювання міграції риби між	Якість води, рибні ресурси	3

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5-бальною шкалою
Тузлівські лимани – Чорне море	ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	проектно-кошторисною документацією	Тузлівськими лиманами і Чорним морем		
Протизсувні заходи в прибережній зоні в районі 9-го мікрорайону м. Чорноморська Одеського району Одеської області	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації Чорноморська міська рада	Всього: 743 030, 700  (516 607, 683 – бюджети територіальних громад сіл, селищ, міст та їх об'єднань,  226 423, 017 – інші джерела)	Попередження зсувів у прибережній смузі у море	Рекреаційні ресурси	2
Науково-дослідні роботи з попередньої оцінки інженерногеодинамічного стану берегових територій Одеської області та розробки програми їх комплексних спостережень та досліджень.	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 2 000, 000  (2 000 грн державний бюджет)	Попередження зсувів у прибережній смузі у море	Рекреаційні ресурси	2
Науково-дослідні роботи з спостережень та досліджень (інженерногеологічні, гідрогеологічні, метеорологічні, геофізичні, гідрологічні і батометричні морські дослідження, динаміки берегової лінії) інженерногеодинамічного стану берегових територій	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 4 000  (4 000 грн обласний бюджет)	Наукові дослідження щодо стану берегових територій Одеської області	Рекреаційні ресурси	2

Назва заходу	Автор заходу (установа)	Орієнтована вартість заходу, тис. грн	Вплив на екосистему	Вплив на екосистемні послуги	Оцінка важливості заходу за 5- бальною шкалою
Одеської області					
Науково-дослідні роботи з обґрунтування довгострокового прогнозу та раціонального втручання в природні геологічні процеси на прибережних територіях Одеської області, та з підготовки експертних висновків та рекомендації	Департамент екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації	Всього: 2 000  (2 000 обласний бюджет)	Попередження зсувів у прибережній смузі у море	Рекреаційні ресурси	2