УДК 656.62:504.4
DOI https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/16

Биковець Н.П.
Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

Кірсанова В.В.
Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

Черкас О.А.
Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ ДЛЯ ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХІВ: ТЕНДЕНЦІЯ ЗМІНИ РІВНЯ ВОДИ РІЧКИ ДУНАЙ

Результати вимірів за останні кілька десятків років чітко відображають підвищення температури на нашій планеті, причиною якого вважається парниковий ефект. Процес глобального потепління незворотній, його можна лише уповільнити, якщо утримати середньорічне підвищення температури на рівні 1,5°С. Про це свідчать дані багатьох досліджень, проведених всесвітніми організаціями зі збереження навколишнього середовища. Глобальне потепління істотно впливає на клімат Землі, і ця дія буде лише посилюватися, незалежно від того до якої міри вдасться скоротити викиди парникових газів. Тепліший клімат призведе до посилення екстремальних явищ: коливань температури, злив, повеней, а також підвищення рівня моря, що, у свою чергу, відобразиться на динаміці внутрішніх водних шляхів (ВВШ) річок.

Визначено, що, за прогнозами експертів, після 2050 року для ВВШ р. Дунай найбільш вірогідними наслідками потепління будуть зниження рівня стоку влітку та збільшення стоку взимку. Зміна рівня води в річці впливає на величину транспортних витрат. Так, у посушливі роки порівняно з «дощовитими» роками, збільшення сукупних транспортних витрат може становити 6–7%. Необхідно врахувати, що використання внутрішнього водного транспорту стає практично неможливим при рівні води нижче за 1,6 м. У статті простежується тенденція до зменшення водного стоку р. Дунай. Проведений аналіз температури повітря в м. Ізмаїлі Одеської області за останні 50 років підтвердив підвищення середньорічної температури більше ніж на 1,5°С. Стрімке зростання температури почалося з 1997 року: середньорічна температура повітря не опускалася нижче позначки в 10°С. Проте кількість опадів у цьому регіоні залишається майже незмінною.

Динаміка зміни клімату призведе до неминучих наслідків, що потребує проведення низки адаптаційних заходів для належного функціонування ВВШ. Найбільш перспективними вважаються заходи з упровадження плоскодонних корпусів, модернізації дрібних суден для постійної експлуатації й із формування караванів.

Ключові слова: *зміна клімату, рівень води, внутрішні водні шляхи, адаптаційні заходи.*

Постановка проблеми. Сучасна динаміка кліматичної системи чітко фіксує явище довгострокової тенденції щодо підвищення середньорічної температури повітря. Відчутні зміни більш складнішого характеру в атмосферних опадах. Згідно з прогнозами, у майбутньому ці тенденції збережуться або навіть посиляться. Серед побічних наслідків зростання температури найбільш негативним є значне підвищення середнього рівня моря. За період із 1860-х років показник рівня став вищий приблизно на 0,2 м. Та, на жаль, цей процес неухильно прискорюється. Щодо прогнозів, то Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) проведено дослідження, у результаті яких виявлені такі наслідки глобального потепління: до кінця XXI століття температура повітря підвищиться на 1,5–3,7°С (залежно від сценарію) [1]. Таке зростання температури може призвести до подальшого істотного підвищення рівня моря від 0,26 м до 0,82 м. Деякі дослідження приводять ще більш високі цифри. Крім підвищення рівня моря, зміни кліматичних умов призведуть до коливання частоти, інтенсивності, тривалості й часу виникнення екстремальних погодних і кліматичних явищ, таких як урагани, штормове нага-

няння води, повені, посухи та аномальна жара. Серед перелічених тенденцій однією з найбільш виражених є зростання частоти й інтенсивності злив. Подібна тенденція збережеться й надалі, за прогнозами IPCC, до 2100 року інтенсивні зливові дощі залежно від географічного положення району випадатимуть кожні 4–15 років. У свою чергу, інтенсивні зливи призведуть до розливів річок особливо в Центральній і Східній Європі та в Центральній Азії. Такі явища, як аномальна жара та посуха, будуть частішати й посилюватися.

Збільшення в атмосфері концентрації парникових газів (далі – ПГ), які здатні поглинати теплове випромінювання, відбиване земною поверхнею, й тим самим посилювати акумуляцію тепла, є головною причиною глобального потепління. Кількість ПГ в атмосфері неухильно зростає. Процес глобального потепління може прискоритися за рахунок позитивного зворотного зв'язку, а саме: у результаті явищ, що викликані зміною клімату й температури, що, у свою чергу, призводять до подальшого підвищення температури. Отже, згідно зі Спеціальною доповіддю IPCC, опублікованою в жовтні 2018 року, головним завдання світового суспільства є утримання глобального потепління на рівні 1,5°C [2]. У доповіді висвітлюються та порівнюються наслідки від глобального потепління на 1,5°C із 2°C й більше. Отже, необхідно впроваджувати перехідні процеси в різних сферах: енергетичних, промислових, земельних, будівельних, транспортних, міських. Ці дії передують виникненню багатьох проблем: так, на внутрішніх водних шляхах (далі – ВВШ) можливі такі проблеми, як призупинення судноплавства, замулювання, зміна морфології річок, ушкодження берегів і протипаводкових споруд. Відмічається підвищена чутливість цієї галузі інфраструктури до наслідків зміни клімату. Перерахуємо основні з них: 1) підвищення рівня моря призведе до скорочення масштабів днопоглиблювальних робіт, модернізації причалів, мостових переходів; 2) неможливість швартови та скупчення суден є наслідком штормового нагаяння, вітрів; 3) результатом посилення опадів є замулювання, розширення днопоглиблювальних робіт; 4) з іншого боку, зменшення опадів призводить до обмеження внутрішнього судноплавства. Отже, порушення найбільш важливих ланок внутрішніх транспортних мереж може зробити порт непридатним до функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Через зниження рівня води в періоди аномальної жари можуть серйозно постраждати ВВШ. Хоча, згідно з прогнозами до 2050 року, транспортні можливості ВВШ Європи через зміну клімату істотно не скоротяться, проте в другій половині XXI століття через зменшення стоку річок можуть виникнути серйозні проблеми [3–4]. Це може призвести до скорочення періоду навігації, зменшення вантажопідйомності, зростання витрат на паливо (т/км) і збільшення випадків посадки суден на мілину.

За фінансової підтримки Міністерства екології, стійкого розвитку та енергетики Франції у 2013 році розпочато науково-дослідний проект під назвою «GEPET-Eau» (Gestion Efficiente Prédictive ET adaptative de la ressource en Eau des voies navigables dans un contexte de changement climatique) [5]. Цей проект спрямовано на допомогу в досягненні цілей Національного плану адаптації до зміни клімату, що стосуються розвитку транспорту. Цей підхід передбачає моделювання водних шляхів, яке дає змогу прогнозувати рівень води та проводити адаптаційні заходи. Загалом ідеться про можливість управляти водними ресурсами різних водозбірних басейнів. Проект переслідує дві мети: по-перше, забезпечити збереження визначеного рівня води для більш інтенсивного використання мережі ВВШ як альтернативи наземному транспорту; по-друге, підвищити ефективність управління водними ресурсами.

Оцінювання дії зміни клімату на внутрішній водний транспорт (далі – ВВТ), а також на потенційні адаптаційні заходи також проведене в рамках проекту «ECCONET» [6]. Основне завдання ECCONET полягало в тому, щоб координувати зусилля так, щоб результати були правильними, надійними, з достатньою мірою визначеності й передусім ясними та зрозумілими для політиків, зацікавлених сторін, галузей і широкої громадськості. Проект являє собою цільове дослідження, присвячене вивченню коридору Рейн-Майн-Дунай (РМД), з приділенням основної уваги проблемі зниження рівня води. Установлено, що середньорічні втрати від зниження рівня води в річках становили близько 28 млн. євро, а у 2003 році, коли рівень води був екстремально низьким, вони досягли 91 млн. євро [7]. На основі різних кліматичних моделей підготовлені прогнози, результати яких не відображають істотних наслідків від зниження рівня води в коридорі РМД до 2050 року, проте у Верхньому Дунаї ця проблема може дещо загостритися. За оцінками цього дослідження, у посушливі роки порівняно з «дощовитими» роками збільшення сукупних транспортних витрат може становити на 6–7% [8].

Науковцями щойно представлених проектів рекомендовано можливі заходи адаптації до наслідків зміни клімату. Першим кроком у цьому напрямі разом із відповідними політичними заходами є проведення чітко орієнтованих досліджень чинників уразливості, емпіричних досліджень та оцінок прогнозованих ризиків і пов'язаних із ними витрат.

Розгляд заходів адаптації для ВВШ з технічного боку виявив залежність останніх від гідрології ріки та її динаміки. Прогнози, наприклад, відносно більш засушливого літа та більш вологої зими вказують на вірогідність помітних наслідків для ВВШ особливо після 2050 року [3]. Такі наслідки пов'язані зі зниженням рівня стоку влітку (наприклад, у середній течії Рейну, каналі РМД і верхній течії Дунаю) та збільшенням стоку взимку. Проте прогнозують і деякі позитивні наслідки, одні з них пов'язані з можливим зменшенням льодового покрову, інші – зі збільшенням тривалості періодів підвищення рівня води і стоку в річках: у цьому разі зростуть не лише екологічні чинники, а й з'явиться тенденція до використання суден із більшою вантажомісткістю.

Зміна рівня води в річках безпосередньо пов'язана з транспортними витратами. Так, у разі зменшення рівня води з 4 до 2 метрів транспортні витрати на 1 т/км збільшуються приблизно втричі. При рівні води нижче за 1,6 м використання ВВТ стає практично неможливим [3]. Отже, у рамках цього сектора основна увага приділяється питанням інфраструктури та автономності транспортного господарства.

Постановка завдання. Метою статті є визначення наслідків впливу глобального потепління на ефективність роботи мережі ВВТ річки Дунай через зміни рівню води, а також потенційних заходів щодо адаптації ВВТ до зміни клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою забезпечення захисту ВВТ від наслідків глобального потепління міжнародна співпраця країн-учасниць має бути ширшою порівняно з іншими видами транспорту, оскільки дія кліматичних чинників на річки неминуче зміщується вниз за течією. Тому європейський проект «ECCONET» має на меті об'єднати експертні знання 10 партнерів із 5 країн Європи щодо поточних/майбутніх природних умов (наприклад, метеорології, гідрології) інфраструктури, експлуатації, обслуговування та економічної діяльності для оцінювання дії зміни клімату на європейську транспортну мережу й особливо на мережу ВВШ річок Рейн і Дунай [6]. У таблиці 1 зазначено вплив зміни клімату на основні ВВШ в країнах Європейського Союзу (ЄС) [9].

Дунай – це друга за протяжністю річка в Європі довжиною 2860 км. Дунай протікає по території десяти держав: Німеччини, Австрії, Словаччини, Угорщини, Хорватії, Сербії, Болгарії, Румунії, України, Молдови – і впадає в Чорне море, утворюючи болотисту дельту на кордоні Румунії та України. Дунай і його прибережна територія є найбільшою судноплавною артерією, тому коливання рівня води на окремих ділянках Дунаю дуже відчутне для море-господарського комплексу. Ці коливання залежать від таких гідрометеорологічних факторів: кількості опадів, величини снігового покрову, характеру погоди в період танення снігу, режиму вітрів тощо. Водночас значний вплив на коливання рівнів чинять такі чинники, як подовжній ухил водної поверхні, форма русла, інтенсивність руслових деформацій, наявність шлюзів, льодові явища тощо.

Незважаючи на складний загалом режим рівнів, на Дунаї чітко простежуються періоди

Таблиця 1

Визначення характеру впливу зміни клімату на ВВШ

Явище	Проміжок часу	Характер впливу на ділянках:		
		середня течія Рейну	канал РМД	верхня течія Дунаю
Мінімальний стік	1950–2005 рр.	Позитивний	---	Позитивний
	2050 р.	---	Невідомий	Негативний
	2090–2100 рр.	Негативний	Негативний	Негативний
Максимальний стік	1950–2005 рр.	---	---	---
	2050 р.	Негативний	---	---
	2090–2100 рр.	Негативний	---	Невідомий
Наявність льоду	1950–2005 рр.	Позитивний	Позитивний	Позитивний
	2050 р.	---	Позитивний	Позитивний
	2090–2100 рр.	---	Позитивний	Позитивний
Видимість	1950–2005 рр.	Позитивний	Позитивний	Позитивний
	2050 р.	Невідомий	Невідомий	Невідомий
	2090–2100 рр.	Невідомий	Невідомий	Невідомий

повені, межені й зимовий період. На Верхньому Дунаї найвищі рівні спостерігаються на початку літа (червень), найнижчі – взимку (грудень-лютий). На ділянці Середнього Дунаю до впадання великих припливів (Драви, Тиси й особливо Сави) режим рівнів зберігається близьким до Верхнього Дунаю, проте амплітуда коливань рівнів дещо згладжена. На Нижньому Дунаї найвищі рівні спостерігаються в період весняної повені (квітень-травень) та найнижчі – восени (вересень-жовтень) [10]. У таблиці 2 представлені рівні води р. Дунай за основними водовимірювальними постами.

Треба зазначити, що для періоду з 2004 по 2013 рр. зафіксована тенденція до зменшення водного стоку в середньому на 0,41 км^3/рік [11]. Для української частини р. Дунай чітко відображена картина зниження рівня води згідно з даними з посту Рені басейну Дунаю за період з 2013 по 2020 рр. (рис. 1) [12].

Зміна клімату – одна з найбільших загроз добробуту людства та природи по всьому світі. Дунай не виняток. За останні 20 років природні лиха стають усе частішими. Найвищі рівні води в Дунаї зафіксовані протягом останнього десятиліття. Так, у червні 2013 року рівень води

Таблиця 2

Характерні показники рівнів води р. Дунай за основними водовимірювальними постами

Водовимірювальний пост	Відстань від гирла	Характерний рівень води, см		
		Найнижчий	Найвищий	середній багатолітній
Регенсбург *(Німеччина)*	2376	47	656	226
Хофкирхен *(Німеччина)*	2257	174	698	307
Лінц *(Австрія)*	2135	30	962	253
Вена *(Австрія)*	1929	12	861	283
Братислава *(Словенія)*	1869	106	984	350
Будапешт *(Угорщина)*	1646	51	845	315
Мохач *(Угорщина)*	1447	82	984	429
Бездан *(Сербія)*	1425	-77	776	264
Богоєво *(Сербія)*	1367	-30	817	300
Турну-Северин *(Румунія)*	931	-76	843	314
Лом *(Болгарія)*	743	38	914	430
Русе *(Болгарія)*	496	-19	888	386
Олтениця *(Румунія)*	430	-110	784	292
Силістра *(Болгарія)*	375	-106	822	358
Хиршова *(Румунія)*	252	-93	727	296
Ізмаїл *(Україна)*	93	-30	420	170
Тулча *(Румунія)*	72	-45	477	182

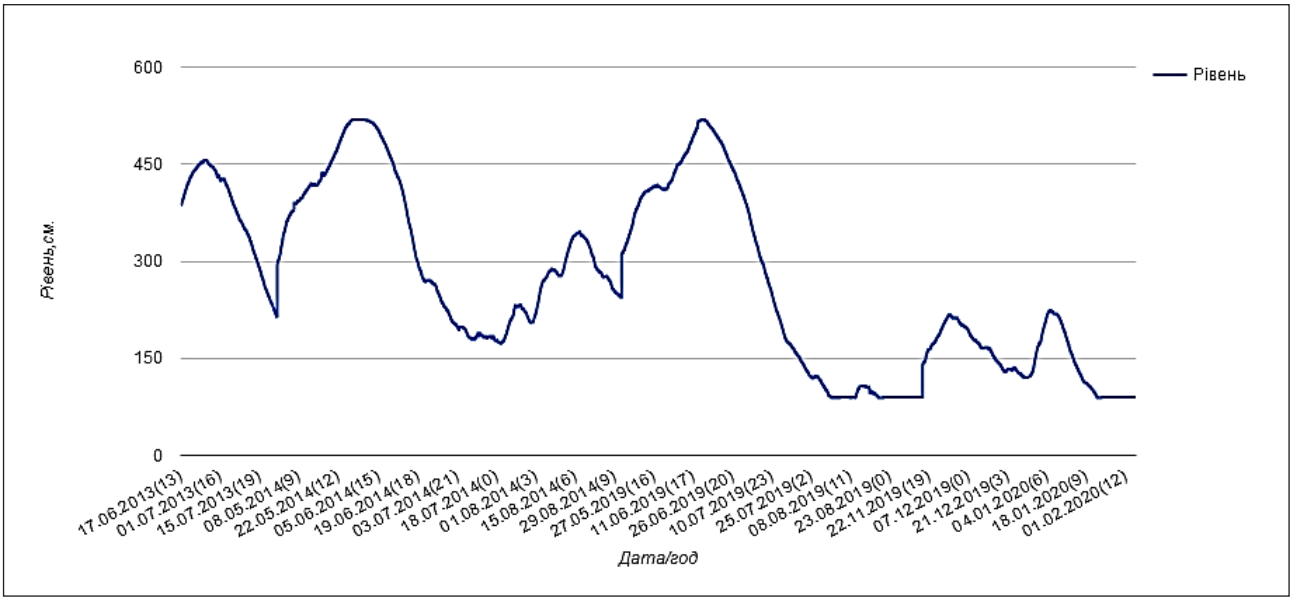

Рис. 1. Графік рівнів води (пост Рені басейну Дунаю)

в р. Дунай досяг найвищої позначки за останні 500 років. Річки Ельба, Рейн і їх притоки також вийшли з берегів, тому величезні території центральної Європи виявилися затоплені [13].

Згідно з прогнозом IPCC, середня температура повітря до 2050 року підвищиться на 1–1,5°C. Це призведе до збільшення числа спекотних днів і скорочення снігового періоду. Прогнозується зменшення стоку Дунаю всього лише на 5%, при цьому маленькі річки втратять 5–25% води, особливо влітку.

Аналіз даних температури повітря за останні 50 років у м. Ізмаїлі Одеської області (місце розташування метеорологічної станції в Ізмаїлі – широта 45,37; довгота 28,85 і висота над рівнем моря 30 м) уже чітко відображує підвищення середньорічної температури на 1,5°C за проміжок часу з 1970 по 2019 рр. [14] (рис. 2).

З аналізу оброблених даних випливає таке: з 1997 року середньорічна температура повітря не опускалась нижче позначки в 10°C, вона, навпаки, стрімко почала підвищуватися. Значення показника знаходяться в межах від найнижчої температури в 10,8°C (2003 рік) до найвищої – у 13,2°C (2019 рік). Через зростання температури

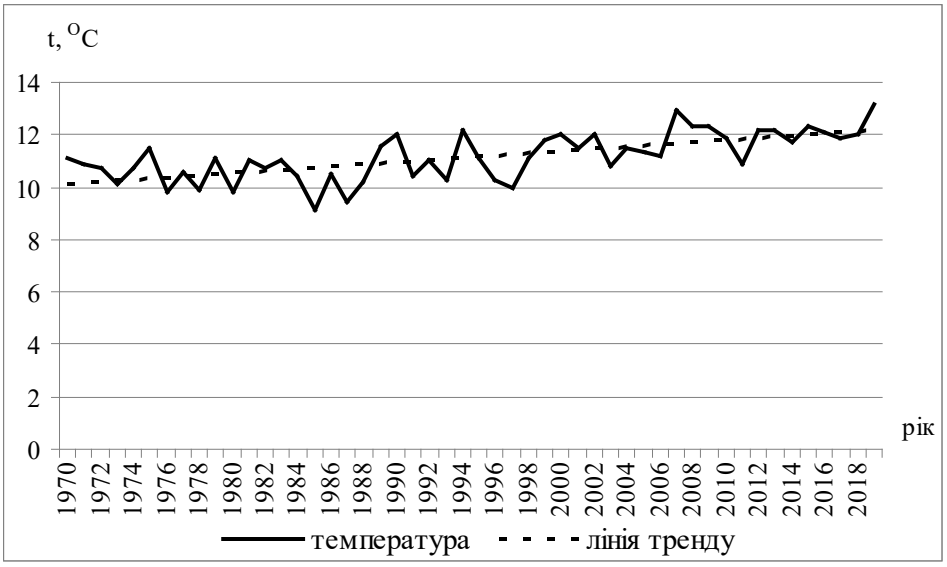

Рис. 2. Середньорічна температура повітря в м. Ізмаїлі з 1970 по 2019 рр.

Таблиця 3

Заходи з адаптації флоту та їх попередня оцінка

№	Заходи	Основний ефект	Попередня оцінка
Іа	Легка конструкція	Зниження власної ваги, що забезпечить зменшення осадки судна	Необхідні додаткові дослідження з метою пошуку технічних рішень
Іб	Регульовані судна тунельного типу	Судноплавство на обмілілих ділянках	У поєднанні з Іа
Ів	Плоскодонні корпуси	Зменшення осадки з 1,7 до 1,4 м	Перспективний підхід, особливо стосовно технології використання буксирів-штовхачів
IIа	Невеликі судна замість великих суден	Невеликі судна менш чуттєві до зміни рівнів води	Іде урозріз з очікуваним результатом
IIб	Модернізація нових суден для постійної (безперервної) експлуатації	Підвищення продуктивності	Перспективний підхід
IIв	Каравани суден	Перерозподіл вантажу	Перспективний підхід завдяки ефекту масштабу
IIIа	Стратегічний союз між ВВШ та іншими видами транспорту	Співпраця з представниками інших видів транспорту	Реалізація ускладнюється через обмежену пропускну здатність залізничних шляхів і високу вартість

Рис. 3. Середньорічна кількість опадів у м. Ізмаїлі з 1970 по 2019 рр.

повітря прогнозується підвищення температури води на 2°С.

Рівень води в річках та озерах безпосередньо залежить від кількості опадів у цьому регіоні. На рис. 3 представлена середньорічна кількість опадів за проміжок часу з 1970 по 2019 рр. Судячи з лінії тренду, можемо сказати, що кількість опадів залишається майже незмінною [15].

Але якщо розглянути окремо по місяцях динаміку опадів протягом зазначеного періоду, то перед нами постає чітка картина або зростання кількості опадів, які призводять до паводків і підтоплень, або зменшення, наслідком чого є посухи.

Зниження рівня води через посухи призводить до таких наслідків: погіршення умов навігації, збільшення числа аварійних ситуацій (посадка на мілину), збільшення витрати палива з розрахунку на т/км, а також низької швидкості течії та інтенсивного замулювання. З іншого боку, підвищення рівня води або повені можуть бути причинами короткочасного призупинення судноплавства, зміни морфології річок, характеру донних відкладень у руслі, утворення берегових відкладень та ушкодження доріг уздовж водних шляхів, берегів і протипаводкових конструкцій. Та, нарешті, утворення льоду на ВВШ також може призводити до призупинення судноплавства, створювати проблеми під час експлуатації шлюзів і викликати ушкодження навігаційних знаків [9].

Динаміка зміни клімату призведе до неминучих наслідків, готовність до яких обов'язкова. Пропонується впроваджувати такі заходи: з боку адаптації флоту ВВШ – це впровадження легких конструкцій, регульованих суден тунельного типу, плоскодонних корпусів; з боку інфраструктури – проведення днопоглиблювальних робіт, проектування водних шляхів. У зв'язку з тенденцією зміни рівня води необхідно підвищити ефективність прогнозування та реагування, а також налаштувати співпрацю з представниками інших видів транспорту. За результатами проведених первинних досліджень виявлено, що найбільш перспективними вважаються заходи з упровадження плоскодонних корпусів, модернізації дрібних суден для постійної експлуатації й формування караванів (таблиця 3) [9].

Ураховуючи проблеми, пов'язані зі зміною рівня води, науковці Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» (ДІ НУ «ОМА») розглядають питання щодо вжиття заходів для проектування річкових суден, які мають відповідати зазначеним вимогам. Проектними рішеннями є:

– самохідне річкове судно-суховантаж із секцією-приставкою;

– варіант баржевозу-площадки з обмеженою осадкою;

– судно-баржевіз для ВВШ річка-море-річка;

– полегшені понтон-площадки для подолання з вантажем кам'янистих перекатів у період межені.

Розроблення конкретних проектних рішень з оновлення річкового й морського транспорту України – це реальна можливість відновити конкурентоздатну галузь перевезення вантажів водним транспортом.

Висновки. З огляду на прогнози Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, основний вплив глобального потепління на ВВТ буде відчутний

з 2050 року. Головним чином наслідки будуть пов'язані зі зниженням рівня води в річці влітку та суттєвим збільшенням узимку. Запропоновані адаптаційні заходи передусім пов'язані з адаптацією річкового флоту, з моніторингом і реабілітацією донної морфології річки або каналів. Через кліматичні зміни деградація русла річки триватиме прискореними темпами, тому бездіяльність щодо морфологічних змін ВВШ може призвести до пошуку нових заходів з адаптації морфології річкового русла. Очікуване збільшення амплітуди коливань рівнів води, що прогнозується особливо після 2050 року, може стати джерелом проблем, вирішення яких потребуватиме комплексного планування водних шляхів, відповідних інвестицій, технічного обслуговування та управління.

Список літератури:

1. Изменение климата. URL: https://www.un.org/ru/sections/issues-depth/climate-change/index.html (дата звернення: 08.05.2020).

2. Глобальное потепление на 1,5°C: Резюме для политиков. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. 2019. 26 с. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9958 (дата звернення: 08.05.2020).

3. Siedl N. Waterway infrastructure adaptation. Presentation at the UNECE. *International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change* (Greece, Alexandropoulos, 24–26 June 2012). URL: http://www.unece.org/ileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/09_Ms_Siedl.pdf (дата звернення: 15.05.2020).

4. Европейская экономическая комиссия организации объединенных наций. Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp5/publications/climate_change_2014r.pdf (дата звернення: 15.05.2020).

5. Duviella E. Gestion Efficiente Prédictive ET adaptative de la ressource en Eau des voies navigables dans un contexte de changement climatique (GEPET-Eau). URL: http://www.gip-ecofor.org/doc/drupal/gicc/RI_GEPETEAU_EDuviella.pdf (дата звернення: 12.05.2020).

6. ECCONET. Effects of climate change on inland waterway networks. URL: https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/research-projects/econnet (дата звернення: 17.05.2020).

7. Jonkeren O., Rietveld P. and Ommeren J van. Climate change and inland waterway transport: Welfare effects of low water levels on the river Rhine. *Journal of Transport Economics and Policy*. 2007. V. 41 (3). P. 387–411.

8. European Environmental Agency (EEA). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. *An indicator-based report* (Copenhagen, Denmark, 2012) 300 p. (ISBN 978-92-9213-346-7). URL: http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012 (дата звернення: 17.05.2020).

9. Heyndrickx C., Breemersch T. Climate change and adaptation to inland waterways. Presentation at the UNECE. *International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change* (Greece, Alexandropoulos, 24–26 June 2012). URL: (http://www.unece.org/ileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/11_Mr_Heyndrickx.pdf) (дата звернення: 15.05.2020).

10. Режим уровней и расхода воды. URL: http://www.danube-river.info (дата звернення: 02.05.2020).

11. Оценка влияния стока реки Дунай на отдельные гидрологические характеристики северо-западной части Черного моря в 2004–2013 гг. / Е.И. Газетов, О.Р. Андрианова, В.И. Мединец, Р.Р. Белевич, В.Н. Морозов. *Вісник ОНУ. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2015. Т. 20. Вип. 4. С. 22–34.

12. Український гідрометеорологічний центр. Автоматичні гідрологічні станції. URL: http://hydro.meteo.gov.ua/#graph (дата звернення: 04.05.2020).

13. Повінь у Європі. Рівень води у Дунаї досяг найвищої позначки за останні 500 років. URL: https://tyzhden.ua/Gallery/81582 (дата звернення: 28.04.2020).

14. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Измаиле. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/33889.htm (дата звернення: 28.04.2020).

15. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Измаиле. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/33889_2.htm (дата звернення: 29.04.2020).

Bykovets N.P., Kirsanova V.V., Cherkas O.A. CONSEQUENCES OF GLOBAL WARMING FOR INLAND WATERWAYS: THE TREND OF CHANGING THE WATER LEVEL OF THE DANUBE RIVER

The results of measurements over the past few decades clearly reflect the temperature increase on our planet, which is caused by the greenhouse effect. The process of global warming is irreversible, it can only be slowed down if the average annual temperature rise is kept at 1.5°C. This is evidenced by the data of many researches conducted by world environmental organizations. Global warming significantly affects the Earth's climate, and this action will only intensify, regardless of the extent to which it is possible to reduce greenhouse gas emissions. A warm climate will lead to increased extreme events: fluctuations of

temperature, rainfalls, floods, as well as rising sea levels, which in turn will affect the dynamics of inland waterways (IW) of rivers.

It is determined that according to experts' forecasts, after 2050, the most probable consequences of global warming for the Danube river will be the decrease in summer and the increase in winter. River breathing affects the amount of transport costs. Thus, in dry years, compared to the "rainy" years, the increase in total transport costs can be 6–7%. It should be noted that the use of inland water transport becomes practically impossible at a water level below 1.6 m. The article deals with a tendency of decrease of the Danube River. The analysis of air temperature in Izmail, Odessa region for the last 50 years confirmed an increase in average annual temperature by more than 1.5°C. The rapid rise in temperature began in 1997 – the average annual air temperature did not fall below 10°C. However, rainfall in the region remains almost unchanged.

The dynamics of climate change will lead to inevitable consequences, which requires a number of adaptation measures for the proper functioning of the IW. The most promising measures are the introduction of flat-bottomed hulls, modernization of small vessels for permanent operation and the formation of caravans.

Key words: *climate change, water level, inland waterways, adaptation measures.*