

МОНІТОРИНГ ПРОЯВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН У ЧЕРЕМСЬКОМУ ПРИРОДНОМУ ЗАПОВІДНИКУ ТА АДАПТАЦІЯ ДО НИХ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ

І.В. Шумигай¹, П.М. Душко¹, Н.М. Манішевська²

¹Інститут агроєкології і природокористування НААН (м. Київ, Україна)
e-mail: innashum27@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0432-2651
e-mail: pdushko@hotmail.com; ORCID: 0000-0002-1408-0342

²Відокремлений структурний підрозділ «Боярський фаховий коледж
Національного університету біоресурсів і природокористування України»
(м. Боярка-2, Київська обл., Україна)
e-mail: manishevskan@ukr.net

Сьогодні проблеми зміни клімату відчутні в усіх регіонах світу, зокрема й в Україні. Кліматичні зміни, можуть мати як глобальний, так і регіональний характер. Різні регіони нашої країни, можуть мати різні зміни клімату, від вираженого та стрімкого — до проявлення змін із меншою інтенсивністю. У статті висвітлено головні прояви регіональних кліматичних змін у сучасний період на тлі глобальних процесів зміни клімату. Так, кількість атмосферних опадів для території Черемського природного заповідника у Волинській обл. упродовж 2014–2023 рр. змінилося неістотно, але помітно змінився характер та інтенсивність їх випадання. Дані проведених багаторічних спостережень засвідчують, що кількість опадів зазнає певних коливань без вираженої тенденції зростання чи зменшення. Загалом, проблеми клімату є чинником, що визначає функціонування водних екосистем. Останніми роками Україна повною мірою відчула наслідки зміни гідрологічного режиму річок — зросла як кількість стихійних лих, так і витрати на ліквідацію їх наслідків. Моделювання водних екосистем є основою для розв'язання багатьох практичних завдань, пов'язаних із підвищенням продуктивності водойм, поліпшенням якості води в них та здійсненням водоохоронних заходів на водозбірних площах. Побудовано проєкції зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов у Волинській обл. у 2021–2100 рр. відносно сучасного кліматичного періоду й проведено оцінку значимості та ймовірності очікуваних змін. Згідно з результатами моделювання в майбутньому продовжуватиметься зростання температури та відбуватиметься зміна кількості опадів упродовж року. Підвищення температури і зміна режиму зволоження призведуть до зміни водного стоку річок України і, відповідно, водопостачання окремих регіонів. Тому адаптація до зміни клімату є не тільки соціальною, а й економічною необхідністю. Важливим механізмом адаптації в умовах зміни клімату є забезпечення спостережень для сучасного моніторингу і прогнозування гідрометеорологічних процесів.

Ключові слова: перебудова погодно-кліматичних процесів, температура повітря, атмосферні опади, регіональна кліматична модель, проєкції зміни клімату, кліматичні періоди, прогноз тенденцій.

ВСТУП

Клімат нині розглядається як особливо важливий природний ресурс, який приносить користь країнам там, де він сприятливий, і збитки — де несприятливий. Зміна клімату, що відбулася, наразі проявляється у вигляді потепління і, можливо, в майбутньому посилиться, що зумовить перерозпо-

діл цього природного ресурсу серед різних країн і народів [1].

На території України процес потепління досить активний. Регулярний моніторинг за температурою повітря із року в рік, в Україні з 1901 р., дає змогу зробити статистично обґрунтованою характеристику схожості вікового ходу річної глобальної і регіональної температур повітря (рис. 1).

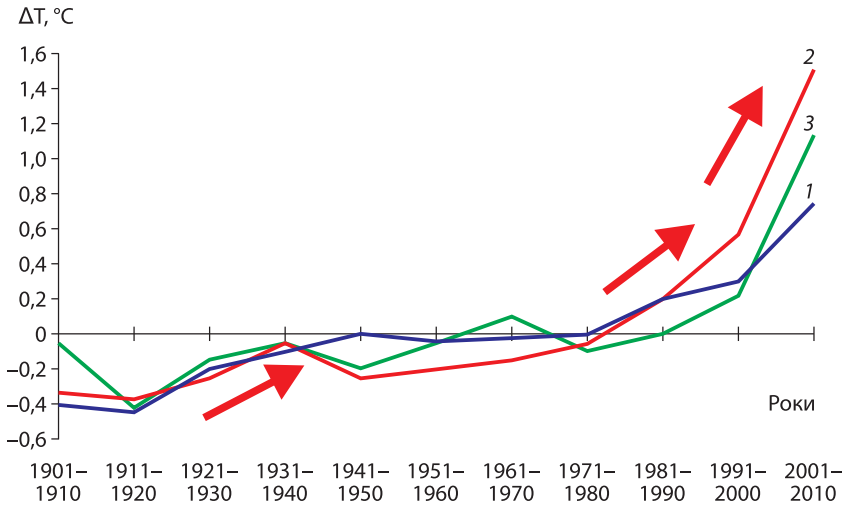


Рис. 1. Відхилення річної температури повітря ($^{\circ}\text{C}$) від кліматичної норми по десятиріччях за період 1901–2010 рр. [2]

Примітки: * по осі ординат наведена температура повітря у відхиленнях від кліматичної норми (1961–1990 рр.); ** по осі абсцис (роки з 1901 по 2013 рр.) – по десятиріччях; 1 – глобальна; 2 – регіональна (зона мішаних лісів, зона широколистяних лісів, лісостепова зона); 3 – степова зона.

На рис. 1 візуально чітко простежується зміна температури повітря за даними декількох часових періодів у XX–XXI ст. Перший етап активного глобального потепління в Україні розпочався з 1911 р. і досяг найбільшої інтенсивності в 30-х роках. Починаючи з 50-х років глобальний клімат перебував у відносному «спокої», а з 70-х років – процес потепління відбувався інтенсивніше. З 1991 р. спостерігалася активізація глобального й регіонального потепління. Щодо останніх десяти років XXI ст., простежується стрімке підвищення температури порівняно з усім попереднім періодом спостережень [2].

Як відомо, глобальні зміни клімату неоднаково проявляються у регіонах України, а їх вплив на стан довкілля стає дедалі відчутнішим і перетворюється на одну з ключових проблем. До основних наслідків змін клімату належить зміна гідрологічного режиму, кількості та якості водних ресурсів і забезпечення ними у різних галузях. Ці питання є актуальними в умовах існування дефіциту водних ресурсів [3].

Мета роботи присвячена питанням щодо моніторингу регіональних змін клі-

мату впродовж XXI ст., їх потенційного впливу на водні екосистеми Черемського природного заповідника (далі – Черемського ПЗ), найціннішого природоохоронного об'єкта Волинської обл., біота якого вже зазнає впливу, пов'язаного з наслідками перебудови погодно-кліматичних процесів, а також напрямам адаптації до зміни клімату на басейновому рівні.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання про зміну клімату привертало увагу багатьох дослідників ще за часів СРСР. Щодо України, то на цю проблему першим звернув увагу видатний метеоролог І.Є. Бучинський [4]. У 80-х рр. XX ст. за керівництва проф. К.Т. Логвинова [5] здійснювались дослідження щодо проблеми зміни клімату під впливом природних та антропогенних чинників регіонального й глобального масштабу, які, накладаючись один на одного підсилюють їхню дію. Крім того, також було розроблено методичні підходи щодо прогнозування змін клімату. Так, у своїх працях Брайян Фейген наводить результати, що були оприлюднені у

2001 р., пізніше опубліковано реконструкцію температур північної півкулі за останні 600, а надалі — 1000 років, скориставшись індикаторами, зокрема річними кільцями дерев, кернами льоду, а також показами інструментів за останні 150 років [6]. На сьогодні проблему зміни клімату досліджує велика кількість зарубіжних учених, серед яких К. Андерсон, Р. Бетс, Ф. Джонс, Д. Кейз, Дж. Крісті, Дж. Мітчел, В. Попе, І. Фунг, Г. Шельнхубер, Г. Шмідт.

Подальше поглиблення цього сценарію щодо прогнозу з урахуванням наявних коливань клімату до 2030 р. викладено у роботах М.Б. Барабаш, М.І. Кульбиди, Л.О. Єлістратової [7–9], впродовж 25 років (попередньо, кожні 5 років) здійснювали діагностичну оцінку змін клімату в Україні під впливом різних чинників.

У роботах В.Ф. Мартазінової та її учнів, зокрема О.К. Іванова, Д.Ю. Чайки, Т.О. Свєрдлик, В.А. Остапчук [10; 11], висвітлені причини, що пояснюють трансформацію клімату в Україні за різних чинників. Окрім того, проблему щодо прогнозних тенденцій змін у водних об'єктах в Україні досліджували численні закордонні вчені з Intergovernmental Panel on Climate Change [12; 13].

Щодо потенційного впливу кліматичних змін на природоохоронні території Волині зазначав С. Бойченко у своїй праці [14]. А детальний моніторинг наявних і потенційних екологічних проблем заповідних територій простежуються у певних працях В.В. Коніщука, Г.Й. Бумера, Ю.М. Возного, Б.Г. Проць та ін. [15–19], які проаналізували потребу й доцільність розширення гідроекологічного моніторингу у заповідниках у контексті змін клімату. Однак кліматичні особливості Черемського ПЗ та вплив на них регіональних змін клімату практично не досліджувалися.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Застосовували стандартну методологію обробки та аналізу архівної метеорологічної інформації. В результаті було розроблено та проаналізовано дані статистично-

графічного аналізу динаміки кліматичних показників у Черемському ПЗ (за архівною інформацією найближчої до території заповідника метеостанції Маневичі) впродовж 2014–2023 рр. Розглянуто такі метеорологічні параметри: середні, мінімальні й максимальні показники температури повітря та опадів. Було використано статистично-математичний метод, збудовано низку графіків та діаграм у програмі Excel.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Черемський природний заповідник — це єдиний заповідник у Волинській обл., був утворений у 2001 р. на основі низки природоохоронних об'єктів, що вже існували: Черемського державного заказника і трьох місцевих заказників: орнітологічного, загально-зоологічного та ботанічного. З 1978 р. частина цієї території була заказником із найбільшим на Волині збереженим неосушеним болотом [15].

Особливістю географічного положення є те, що по Черемському болотному масиву в східній частині проходить слабо виражена лінія вододілу між річками Стохід і Веселуха. Річки зазначеного регіону мають спокійну течію, незначний вріз русел (5–10 м), переважно в четвертинні утворення, і слабо виражені, переважно не сформовані до кінця долини, зі значним заболоченням, заплави і надзаплавні тераси яких поступово переходять у рівнину [20].

Територія Черемського ПЗ має помірно континентальний клімат із позитивним балансом вологи і західним перенесенням повітряних мас. Кліматичні особливості цього регіону характерні для Волинського Полісся, зони мішаних хвойно-широколистяних лісів, із притаманною м'якою зимою, нестійкими морозами, теплим літом і значною кількістю опадів [15].

За даними Маневичької метеостанції, найнижча середньомісячна температура повітря ($-3,5^{\circ}\text{C}$) буває в січні. Найтеплішим місяцем є липень ($+20,0^{\circ}\text{C}$). У Волинській обл. для Маневичького р-ну притаманні найвищі суми опадів. Цьому сприяють місцеві мікрокліматичні чинники: висока за-

лісненість території (57%) та прикордонне розташування Рівненської АЕС (на сході), в результаті діяльності якої виділяється велика кількість водяної пари, що підвищує ймовірність опадів навколо [21].

Однак в останні десятиліття такий типовий хід кліматичних процесів порушується за впливу глобальних змін клімату. Проаналізуємо детальніше, які саме зміни відбулися на цій території.

Перший етап дослідження ґрунтувався на моніторингу росту середньої за рік та місяць приземної температури повітря у Черемському ПЗ упродовж 2014–2023 рр. (рис. 2).

Цей аналіз засвідчив, що показники максимальної та мінімальної температури повітря в регіоні за останні десять років збільшилися на $1,0^{\circ}\text{C}$, які практично не викликають сумнівів. До того ж найбільший ріст максимальної температури відмічається влітку ($1,5^{\circ}\text{C}$), з максимумом ($2,0^{\circ}\text{C}$) у липні, а мінімальної – взимку ($1,5^{\circ}\text{C}$) з максимумом ($2,6^{\circ}\text{C}$) у січні. Навесні середня максимальна температура зросла на $1,0^{\circ}\text{C}$, а мінімальна – на $0,9^{\circ}\text{C}$. Восени екстремальна температура повітря змінилась неістотно ($0,5^{\circ}\text{C}$ відповідно), крім того, зростання мінімальної температури було більш істотно, ніж максимальної.

Зміни клімату стосуються не тільки температури, значної уваги потребує моніторинг за атмосферними опадами, адже очікується, що в деяких частинах країни річний рівень опадів у довгостроковій перспективі знизиться, а посушливість зросте.

Зміна кількості опадів, що випадають в області щороку малоімовірна. Аналіз динаміки атмосферних опадів упродовж останніх років за даними гідрометеорологічної станції регіону довів, що, попри наявність окремих маловодних років, середня річна кількість опадів збільшилася на 20–45 мм, що становить 3–10% від кліматичної норми. Однак середня місячна кількість опадів має дуже високу варіабельність. Збільшення кількості опадів спостерігається у січні, травні, липні. В інші місяці року кількість опадів зменшується (істотно – у лютому, червні, вересні) (рис. 3).

Спираючись на викладене вище, зазначаємо, що глобальна температура зростає, а характер опадів стає дедалі більш непередбачуваним. Очікується, що ці тенденції будуть проявлятися впродовж найближчих десятиліть.

Окрім того, останнім часом особливо значення набула проблема збереження водних ресурсів України, яка є однією з малозабезпечених водними запасами серед низки країн. Така ситуація вимагає повсякденної кваліфікованої роботи гідроекологів, спрямованої на пошук та практичне застосування науково обґрунтованих методів раціонального використання і охорони водних ресурсів країни [22].

На другому етапі виникла необхідність надати оцінку змін водних ресурсів за проєкціями кліматичних регіональних сценаріїв.

Для оцінки можливих змін регіонального клімату можна використати результати моделювання водних екосистем. Останні є основою для вирішення багатьох практичних завдань, пов'язаних із підвищенням продуктивності водойм, поліпшенням якості води в них та здійсненням водоохоронних заходів.

На основі регіональної моделі «клімат-стік», яка використовувалася для визначення стану водних ресурсів за сценаріями кліматичних змін із середини 90-х років ХХ ст., побудована проєкція зміни кліматичних характеристик та екстремальних погодних умов у багатьох регіонах країни, зокрема Волинській обл. на період 2021–2100 рр. Відповідно до цієї проєкції [23] до кінця ХХІ ст. у Волинській обл. можливо очікувати підвищення температури повітря впродовж усього року в середньому на $+3,2^{\circ}\text{C}$ (рис. 4). Результати моделювання свідчать, що найбільший ріст можливий взимку та восени. До того ж зростання мінімальної температури взимку буде більшим ніж максимальної ($1,4$ та $1,1^{\circ}\text{C}$ відповідно), хоча впродовж останніх двох десятиріч вона не змінювалась, а в деяких районах області відмічалась тенденція до її зниження.

Далі розглянуто основні кліматичні показники, які можуть істотно впливати

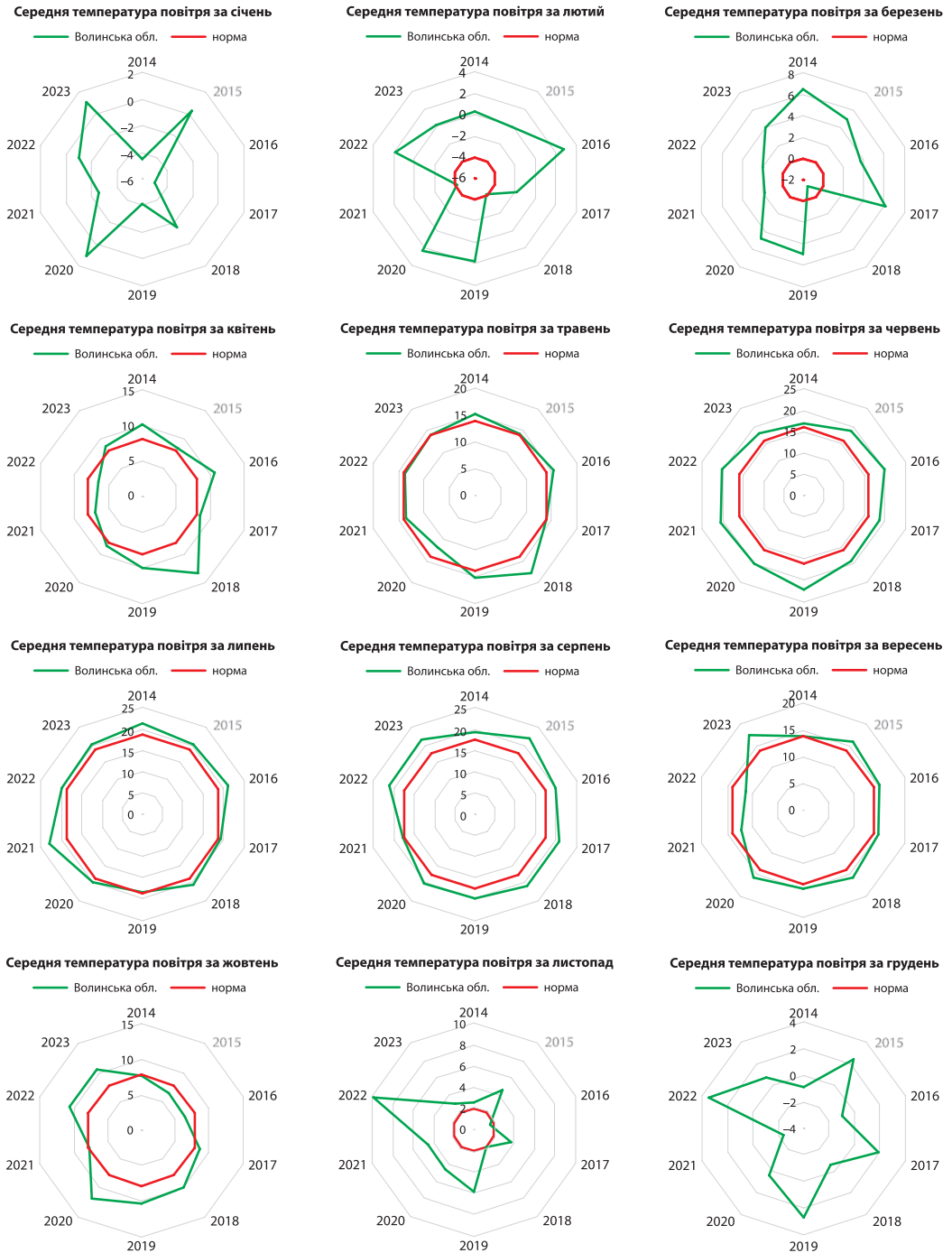


Рис. 2. Динаміка щомісячної середньої температури у Черемському ПЗ упродовж 2014–2023 рр.

Примітка: розроблена авторами на основі [21].

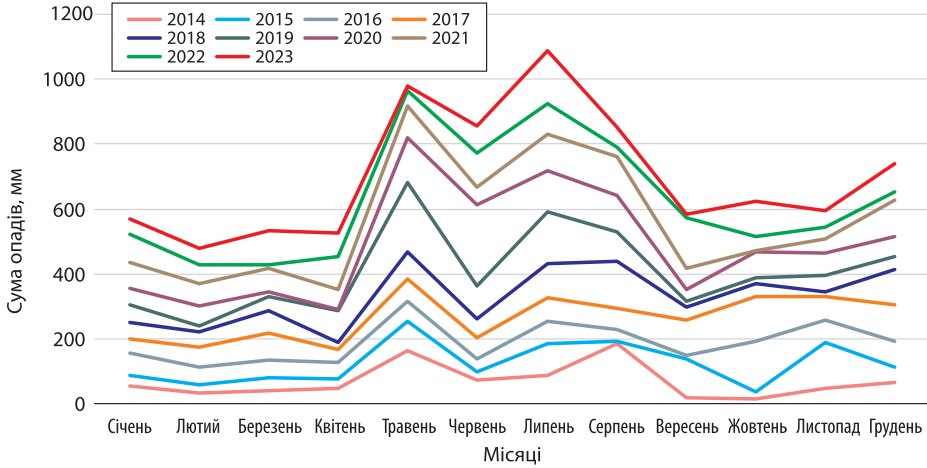


Рис. 3. Динаміка суми опадів у Черемському ПЗ упродовж 2014–2023 рр.

Примітка: розроблена авторами на основі [21].

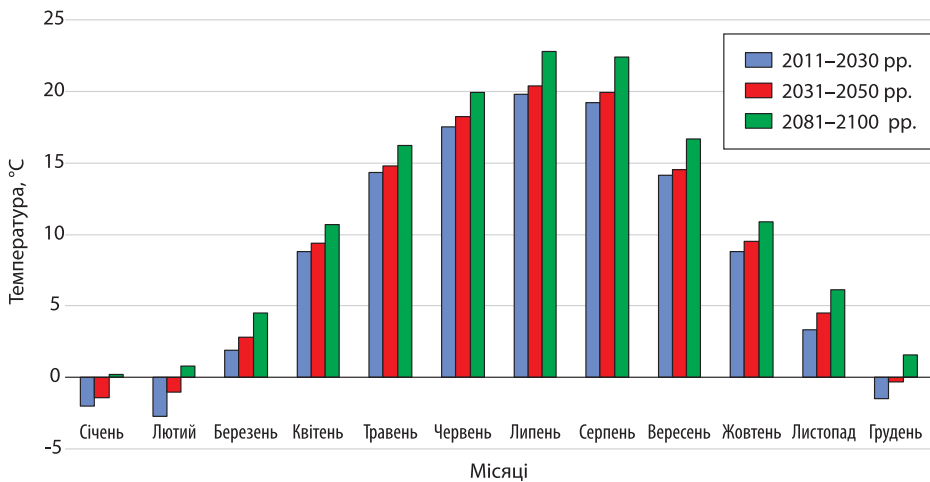


Рис. 4. Проєкції середньої річної температури на території Волинської обл. у три прогностичні періоди до кінця XXI ст.

Примітка: розроблена авторами на основі [23].

на зменшення водності екосистем, їх мінливість у часовому та регіональному просторі.

На рис. 5 показано річний хід кількості опадів у три прогностичні періоди.

Згідно з даними Українського гідрометеорологічного інституту [24], у період найближчого майбутнього (див. рис. 5) очікуються зміни місячних сум опадів різ-

них знаків як у сезонному ході, так і у просторовому вимірі. Основним наслідком трансформації сезонного ходу є зменшення літніх максимумів і кількості опадів у теплий період, а також збільшення та перерозподіл кількості опадів у холодний період унаслідок зростання сум у грудні–січні і зменшення у жовтні й листопаді. Втім, навіть за умови збереження річної кількості

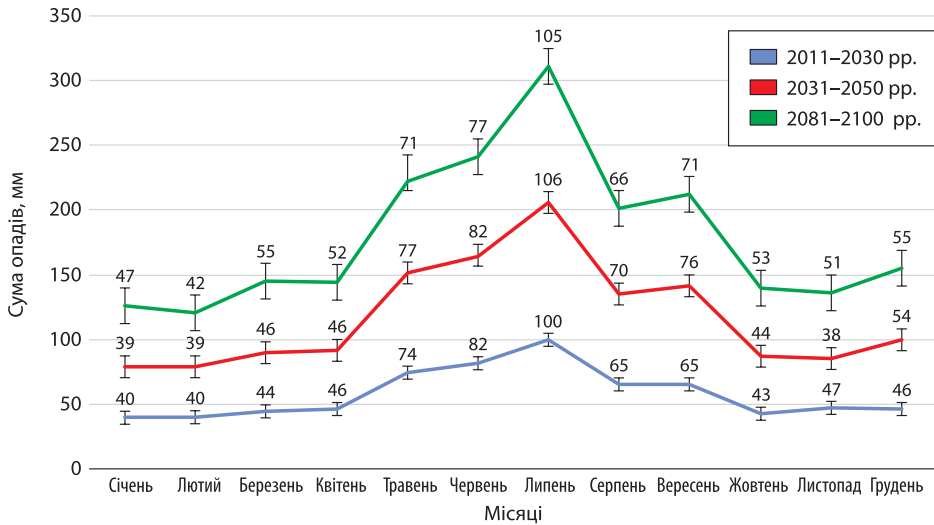


Рис. 5. Проекції суми опадів на території Волинської обл. у три прогностичні періоди до кінця XXI ст.

Примітка: розроблена авторами на основі [24].

опадів на рівні попереднього періоду, чи їх незначного збільшення, вагомим чинником зменшення водності є випаровуваність.

Загалом, аналіз змін кліматичних чинників та узагальнення результатів моделювання за найімовірнішими сценаріями дає змогу зробити такі висновки щодо кількісних та якісних змін водних ресурсів на території України.

Для водних екосистем України, зокрема у Волинській обл., імовірна зміна об'єму і сезонного розподілу стоку є одним із критичних наслідків зміни клімату. Як відомо, водно-тепловий баланс річкових басейнів є надто чутливим до кліматичних змін. Підвищення температури повітря та зміна характеру випадання опадів впливають не тільки на гідрологічний режим річок, а й на загальні запаси водних ресурсів. Це є серйозною загрозою для стабільності акумульованих запасів води у ставках. На базі результатів прогнозування кліматичних показників із використанням регіональної моделі REMO і водно-балансової моделі, запропонованої фахівцями Міжурядової групи зі зміни клімату (МГЕЗК) С.В. Сніжком та ін. [25], виконано розрахунки прогностичних характеристик водного стоку для

території України в XXI ст. та встановлено, що впродовж нинішнього століття для більшості адміністративних областей країни спостерігатиметься зменшення поверхневого водного стоку, що пов'язано з потеплінням (підвищенням приземних температур повітря, і збільшенням випаровуваності) і зменшенням кількості атмосферних опадів (рис. 6).

Особливої уваги потребують водні ресурси малих річок, водний стік яких поступово зменшується, а з середини століття може зовсім припинитися. Так, зниження середньої багаторічної величини річного стоку на 10% супроводжується значними змінами водних ресурсів, на 50% – їх руйнування (на 70% – безповоротне). Найбільший ризик від зміни клімату може виникнути за пошкодження водних ресурсів на 50% (коефіцієнти кліматичного ризику найбільші у цьому випадку). У маловодні і дуже маловодні роки ризик зменшення стоку річок до нуля (висихання) зростає у 5 разів [26].

З очікуваними змінами стоку пов'язано і можливе погіршення якості води. У разі зниження середнього і мінімального стоку до середини століття можна очікува-

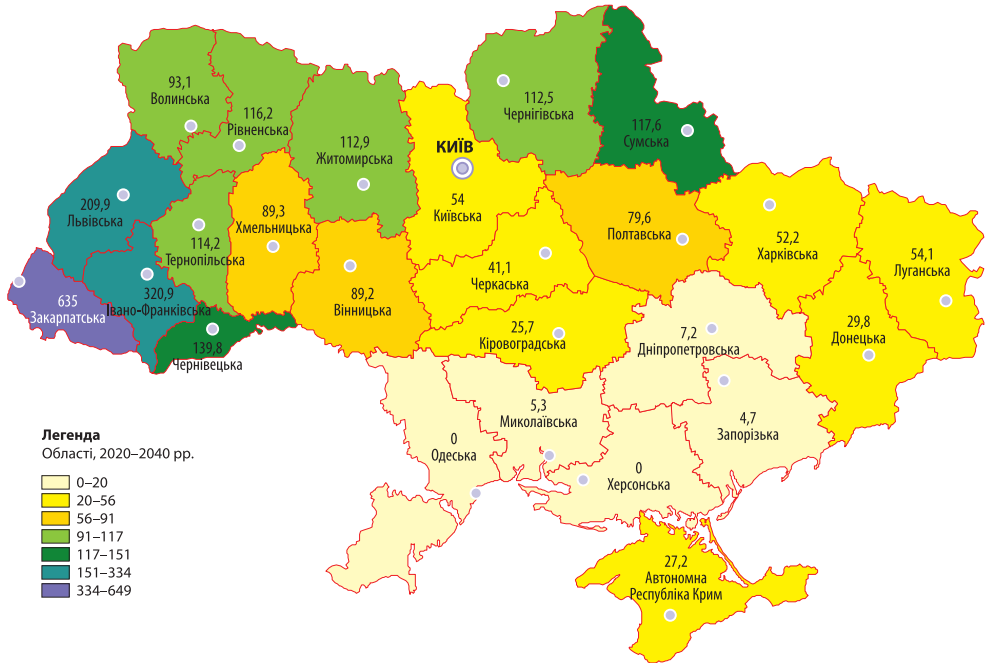


Рис. 6. Розподіл прогнозованих водних ресурсів у 2021–2040 рр. за адміністративними областями України (середній шар стоку за багаторічний період, мм) [25]

ти загального погіршення якості води за рахунок зниження здатності водотоків до розбавлення, особливо на малих річках, де зниження припливу не може бути компенсовано попусками з водосховищ. Підвищення температури води, зниження швидкості течії і водообміну неминуче призведуть до зменшення вмісту кисню і активізації несприятливих внутрішніх процесів у водоймах. Інтенсифікація опадів і паводків та підвищення температури взимку також можуть зумовити додаткове потрапляння у воду забруднювальних речовин із дощовим і сніговим стоком.

Під впливом кліматичних змін відбувається також спрощення структури угруповань гідробіонтів, скорочення їх видового різноманіття та чисельності популяцій багатьох видів аж до зникнення рідкісних, зниження вмісту кисню і біогенне забруднення водойм за рахунок масового розмноження водоростей («цвітіння води»).

Зміна температурного режиму і пов'язаної з ним динаміки гідрологічних про-

цесів є одним з важливих чинників перетворення іхтіофауни. Підвищення температури води може негативно позначитися на розмноженні і розвитку багатьох видів риб — особливо рідкісних (наприклад, зниклого холодолюбного чорноморського лосося) — з одночасною появою теплолюбних видів-оселенців (наприклад, золотої рибки і амурського чебачка). Обмілінням і скороченням площі плавневих озер у період посушливих років, що почастішали, пояснюють зниження чисельності фітофільних видів — плітки, коропа, карася та деяких інших [27; 28].

Однак на момент настання цих змін уже можливо не залишитися ані часу, ані ресурсів для адаптації до них. Тому в сучасний період потрібно планувати адаптацію не лише до очікуваних напрямів зміни клімату, а й до високої, як і раніше, невизначеності оцінок цих тенденцій. Останнє потребує як вищої гнучкості схем адаптації порівняно з традиційними підходами (наприклад, зміщення акценту із суто інженер-

ного захисту від паводків до відновлення природних річкових русел і заплав), так і постійної уваги до організації й удосконалення моніторингу гідрометеорологічних процесів та ознак впливу зміни клімату на природу й економіку.

Наразі адаптаційні групи заходів слід неодмінно якнайширше впроваджувати на всіх рівнях задля зменшення впливу зміни клімату, а саме на:

- зниження збитків від екстремальних паводків;
- зниження збитків від зменшення стоку;
- зниження збитків від погіршення якості води;
- підвищення стійкості водних і навколоводних екосистем;
- загальних заходів з адаптації до зміни клімату в басейні.

Частина зазначених заходів сформульована і має виконуватися у рамках національних, регіональних і галузевих програм.

Більшість програм призначена для розвитку відповідних галузей і напрямів на рівні країни (охорона навколишнього середовища, водне господарство, реагування на надзвичайні ситуації) або ділянок басейну (наприклад, плани та схеми захисту від паводків і експлуатації водогосподарських споруд). Як наслідок, такі програми зазвичай недостатньо враховують транскордонні інтереси басейну загалом, а також існуючі та прогнозовані кліматичні тенденції. Схожим чином і національні та галузеві плани й програми адаптації до зміни клімату не в змозі врахувати інтереси басейну як транскордонної системи.

Тому, важливе завдання адаптації на рівні басейну полягає у забезпеченні урахування загальнобасейнових інтересів зміни ступеня ризику, пов'язаного зі зміною клімату, в рамках існуючих механізмів і процесів, що мають власні цілі, відмінні від адаптації даного басейну [28; 29].

Інше важливе завдання — виявити і стимулювати пакет дій, виконання яких безпосередньо сприятиме підвищенню стійкості та адаптації басейну до зміни клімату. Особливу роль в обох випадках відіграють дії,

які можуть виконуватися з використанням наявних і перспективних механізмів басейнової координації та співробітництва.

Басейн починається із струмка, закінчується гирлом, а між ними — незліченна кількість приток і рукавів, боліт та стариць, сіл і міст, багато з яких сильніше за інших зазнають впливу зміни клімату. До них належать екосистеми дельти Дніпра, до яких і була спрямована перша адресна допомога. Щоб підвищити стійкість заплавної луки дельти до несприятливих умов, необхідно забезпечити обмін водою між ними і руслом Дніпра через численні канали — «єрики», які заросли очеретом і постійно забиваються мулом у сезон «великої води». Їх очищення буде одним із результатів проекту [28; 29].

Більш сильні повені в майбутньому завдадуть шкоди передусім майну, здоров'ю і життю людей. Служби з надзвичайних ситуацій допомогли підготувати життєво важливу інформацію про те, як запобігти й зменшити збитки від паводків, і донести її різними мовами до міст, сіл та жителів басейну. Для кількох ділянок, що особливо потерпають від повеней басейну, вперше були складені мапи зон затоплення під час паводків і оцінено їх розширення з урахуванням зміни клімату. Водночас фахівці вивчають можливість створення на затоплених ділянках штучних нерестовищ.

Першочергові дії учасниками проекту ENVSEC (Environment and Security Initiative — Ініціатива з довкілля та безпеки) були спрямовані на роботу в межах басейну загалом як з єдиною екологічною, гідрологічною і водогосподарською системою. Насамперед це — зміцнення спільної інформаційної бази [28; 29].

Крім того, важливим аспектом також існують природоорієнтовані рішення (ПОР), які допомагають боротися зі зміною клімату завдяки захисту, сталого управління і відновлення природних екосистем. Це, наприклад, створення лісосмуг, відновлення боліт чи річок.

І, нарешті, майбутнє басейну — це спільне майбутнє наших дітей, які мешкають у країні. Результат підтримки у рамках

ENVSEC — творчий конкурс «Акварелі Дністра», що став вже традиційним і щороку надихає школярів України та Молдови замислитися про життя річки. Проза й поезія, живопис і фотографія допомагають об'єднати країни й міста та зміцнити клімат співпраці у басейні, коли клімат глобальний створює нові проблеми [28–30].

Зважаючи на це, підкреслюємо, що прогнозоване потепління та його наслідки можуть мати загрозливий екологічний вплив на екосистеми, зокрема на водні. Тому і наведені вище оцінки майбутнього клімату та екосистем відображають лише основні тенденції можливих змін, але не вичерпують усього їх різноманіття і реального майбутнього. Невизначеність оцінок зміни клімату збережеться в перспективі і, в кращому випадку, лише частково знижуватиметься із накопиченням нових знань і подальшим розвитком подій і змін.

ВИСНОВКИ

На сьогодні кліматичні зміни в Україні не є істотними, але зміни впродовж ХХІ ст. будуть посилюватися та впливатимуть на різні галузі. Особливо відчутним це буде для водних ресурсів.

Досліджено закономірності зміни кліматичних чинників та встановлено їх функціональний зв'язок із водними екосистемами на основі аналізу та обробки даних багаторічних спостережень, що дає змогу прогнозувати процес формування природно-техногенних впливів із врахуванням глобальних кліматичних змін.

Зміна клімату, яка спостерігається в Україні, відбувається і в Черемському

природному заповіднику (Волинська обл.). Упродовж останніх десятиріч у регіоні істотно змінився термічний режим. Моделювання клімату до кінця ХХІ ст. на досліджуваній території свідчить про те, що зростання температури повітря загалом й надалі триватиме, до того ж найбільші зміни можливі взимку та восени. Подальша зміна кількості опадів протягом року сприятиме зміщенню кліматичних сезонів та зміни водних ресурсів місцевого стоку тощо.

Аналіз змін кліматичних чинників та узагальнення результатів моделювання за найбільш імовірними сценаріями дає можливість зробити такі висновки щодо кількісних та якісних змін водних ресурсів на території України.

До середини ХХІ ст. ресурси зволоження мають зменшуватися у середньому на 15%. Негативний вплив наслідків зміни клімату знижуватиметься у західному й північно-західному напрямках на 30–40%.

Сьогодні ж першочергове значення для адаптації має подальша автоматизація моніторингу, удосконалення гідрологічного прогнозування і поліпшення обміну даними.

Перспектива подальшого дослідження у цьому напрямі полягає у більш детальному вивченні регіонального прояву зміни клімату Волинської обл., зокрема у Черемському ПЗ і насамперед у розкритті їх особливостей на території регіону, визначенні механізмів, які зумовлюють виявлення змін клімату та дослідження зміни атмосферних процесів у цьому районі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Степаненко С.М., Польовий А.М., Школьний Є.П. та ін. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Одеса, 2011. 697 с.
2. Лялько В.І., Єлістратова Л.О., Кульбіда М.І. та ін. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки. Особливості змін клімату в Україні на кінець ХХ-початок ХХІ ст. за наземними та супутниковими даними. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. Вип. 6. С. 33–63.
3. Ромашенко М.І., Гусев Ю.В., Шатковський А.П. та ін. Вплив сучасних кліматичних змін на водні ресурси та сільськогосподарське виробництво. *Меліорація і водне господарство*. 2020. № 1. С. 5–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>.
4. Бучинский И.Е. О колебаниях климата на Украине: лекции. Киев, 1968. 28 с.
5. Логвинов К.Т., Барабаш М.Б. Исследование периодических изменений температур воздуха и осадков на Украине. *Тр. УкрНИГМИ*. 1987. Вып. 224. С. 71–76.
6. Fagan Brian. The Great Warming Climate change and the rise and fall of civilizations. Kyiv, 2013. 272 p.

7. Барабаш М., Ткач Л. Сценарії режиму температури повітря в перші десятиріччя XXI ст. за фізико-географічними зонами України. *Водне господарство*. 2005. № 3. С. 47–54.
8. Клімат України: у минулому...і майбутньому? / за ред. М.І. Кульбиди, М.Б. Барабаш. Київ: Сталь, 2009. 234 с.
9. Кульбіда М.І., Барабаш М.Б., Єлістратова Л.О. Сучасний стан клімату України. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки. *Зб. наук. пр. УкрНДІЕП*. 2013. Вип. 35 С. 118–131.
10. Мартазінова В.Ф., Іванова Е.К., Чайка Д.Ю. Изменение крупномасштабной циркуляции атмосферы на протяжении XX в. и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине. *Геофізичний журнал*. 2006. Т. 28. № 1. С. 51–60.
11. Мартазінова В.Ф., Остапчук В.В. Особенности тропосферных и стратосферных атмосферных процессов при резких потеплениях и похолоданиях на территории Украины в теплый период года. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2001. Вип. 249. С. 24–34.
12. Fernandes Cavalcante V., Da Costa Flach B., Athapazio de Cerqueira Gatti M. et al. System, method and program product for flood aware travel routing. *International Business Machines Corporation, Armonk, NY (US)*. 2011. Vol. 13/290. P. 334.
13. Moss I. and Tremblay R. System and method for prediction flooding. Insurance bureau of Canada. PCT/CA2012/050772.
14. Бойченко С., Гаврилюк Р., Гусев О. та ін. Зміни довкілля сфери Полісся: аспекти впливу антропогенних та кліматичних чинників. *Екологічний вісник*. 2010. № 3. С. 43–50.
15. Конішук, В.В. Еколого-економічні передумови розширення Черемського природного заповідника та створення національного парку «Західне Побужжя». *Екологічний вісник*. 2010. № 3. С. 28–29.
16. Конішук В.В., Пашук С.І. Перлина Волинського Полісся. Луцьк, 2003. 28 с.
17. Бумар Г. Скарби Поліського природного заповідника. *Країна знань*. 2011. № 8. С. 24–27.
18. Возний Ю.М., Боровка В.П., Демченко В.О., Коломійчук В.П. Радіаційне забруднення територій природного заповідника «Древлянський», його екологічні та соціальні наслідки. *Сучасні екологічні проблеми Українського Полісся та суміжних територій (до 30-ї річниці аварії на ЧАЕС)*: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. (20–22 квіт. 2016 р.). Ніжин, 2016. С. 87.
19. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними / за ред. Б.Г. Проць, І.Б. Іваненко, Т.С. Ямелинець, Е. Станчу. Львів: Гриф Фонд, 2010. 92 с.
20. Лопоха М.І., Федонюк В.В. Можливості організації системи гідроекологічного моніторингу в Черемському природному заповіднику. *Студентський науковий вісник. Сер.: природничі та технічні науки*. 2019. № 33. С. 255–262.
21. Кліматичні дані по смт. Маневичі. URL: https://meteo.gov.ua/ua/33182/climate/climate_station/17/.
22. Якимчук В.Г. Імітаційне математичне моделювання гідроекологічного моніторингу водних ресурсів з використанням космічних знімків Землі. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2022. № 9 (2). С. 37–42. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.2.211>.
23. Краковська С.В., Ганатюк Н.В., Шпиталь Т.М., Паламарчук Л.В. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України в XXI столітті. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. № 268. С. 33–44.
24. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Гнатюк Н.В. та ін. Зміни поля опадів в Україні у XXI ст. за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей. *Геоінформатика*. 2017. № 4 (64). С. 62–74.
25. Сніжко С., Шевченко О., Дідовець Ю. Аналіз впливу кліматичних змін на водні ресурси України (повний звіт за результатами проекту). Київ: Центр екологічних ініціатив «Екодія», 2021. 68 с.
26. Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіз. доп. / за ред. С.П. Іванюти. Київ: НІСД, 2020. 110 с.
27. Шевченко О., Власюк О., Ставчук І. та ін. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ, 2014. 70 с.
28. Стратегічні напрями адаптації до зміни клімату в басейні Дністра. URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/4/d/320221.pdf>.
29. Яковщина Т.Ф. Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоекосистеми: навч. посіб. Дніпро: ПДАБА. 2023. 109 с.
30. Шумигай І.В., Конішук В.В. Приоритоорієнтовані рішення в Україні — аспект адаптації до змін клімату. *Problems of Emergency Situations*: міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 16 травн. 2024 р.). Харків: Нац. ун-т цивільного захисту. С. 342–344. URL: <http://pb.nuczu.edu.ua/images/ppnp/naukovadijalnist/PES-2024.pdf>.

REFERENCES

1. Stepanenko, S.M., Polovy, A.M. & Shkolny, E.P. et al. (2011). *Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy [Assessment of the impact of climate change on the branches of the Ukrainian economy]*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Lyalko, V.I., Yelistratova, L.O. & Kulbida, M.I. et al. (2015). Parnykovyy efekt i zminy klimatu v Ukraini: otsinky ta naslidky. Osoblyvosti zmin klimatu v Ukraini na kinets' XX — pochatok XXI st. za nazemnymu ta sputnykovymu danymy [The greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessments and consequences. Features of climate changes in

- Ukraine at the end of the 20th and beginning of the 21st centuries by ground and satellite data]. *Ukrayinskyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli — Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 6, 33–63 [in Ukrainian].
3. Romaschenko, M.I., Gusev, Yu.V. & Shatkovsky, A.P. et al. (2020). Vplyv suchasnykh klimatychnykh zmin na vodni resursy ta silskohospodarske vyrobnytstvo [Impact of modern climate changes on water resources and agricultural production]. *Melioratsiya i vodne hospodarstvo — Reclamation and water management*, 1, 5–22. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235> [in Ukrainian].
 4. Buchynsky, I.E. (1968). *O kolebaniyakh klimata na Ukraine: Lektsii [On climate fluctuations in Ukraine: Lectures]*. Kyiv [in Russian].
 5. Logvinov, K.T. & Barabash, M.B. (1987). Issledovaniye periodicheskikh izmeneniy temperatur vozdukhа i osadkov na Ukraine [Study of periodic changes in air temperatures and precipitation in Ukraine]. *Tr. UkrNIGMI — Tr. UkrNIHMI*, 224, 71–76 [in Russian].
 6. Fagan, Brian. (2013). The Great Warming Climate change and the rise and fall of civilizations. Kyiv [in English].
 7. Barabash, M. & Tkach, L. (2005). Stsenariyi rezhymu temperatury povitrya v pershi desyatyrichchya XXI st. za fizyko-heorafichnyimi zonamy Ukrainy [Scenarios of the air temperature regime in the first decades of the 21st century by physical and geographical zones of Ukraine]. *Vodne hospodarstvo — Water management*, 3, 47–54 [in Ukrainian].
 8. Kulbida, M.I. & Barabash, M.B. (Ed.). (2009). *Klimat Ukrainy: u mynulomu...i maybutnomu? [Climate of Ukraine: in the past...and in the future?]*. Kyiv [in Ukrainian].
 9. Kulbida, M.I., Barabash, M.B. & Yelistratova, L.O. (2013). Suchasnyy stan klimatu Ukrainy [The current climate of Ukraine]. *Problemy okhorony navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha ta ekolohichnoyi bezpeky: Zbirnyk naukovykh prats UkrNDHMI — Problems of environmental protection and environmental safety: Collection of scientific works UkrNDGMI*, 35, 118–131 [in Ukrainian].
 10. Martazinova, V.F., Ivanova, E.K. & Chaika, D.Yu. (2006). Izmeneniye krupnomasshtabnoy tsirkulyatsii atmosfery na protyazhenii XX v. i yeye vliyaniye na pogodnyye usloviya i regional'nyu tsirkulyatsiyu vozdukhа v Ukraine [Changes in large-scale atmospheric circulation throughout the 20th century and its impact on weather conditions and regional air circulation in Ukraine]. *Heofizychnyy zhurnal — Geophysical journal*, 28, 1, 51–60 [in Russian].
 11. Martazinova, V.F. & Ostapchuk, V.V. (2001). Osobennosti troposfernykh i stratosfernykh atmosferykh protsessov pri rezkikh potepeleniyakh i pokholodaniyakh na territorii Ukrainy v tepley period goda [Features of tropospheric and stratospheric atmospheric processes during sudden warming and cooling on the territory of Ukraine during the warm period of the year]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific works of UkrNDGMI*, 249, 24–34 [in Russian].
 12. Fernandes, Cavalcante, V., Da Costa Flach, B. & Athanazio de Cerqueira, Gatti M. et al. (2011). System, method and program product for flood aware travel routing. *International Business Machines Corporation*, 13, 290–334 [in English].
 13. Moss, I. & Tremblay, R. (2012). System and method for predication flooding. Insurance bureau of Canada. PCT/CA2012/050772 [in English].
 14. Boychenko, S., Gavrilyuk, R. & Gusev, O. et al. (2010). Zminy dovkilnoyi sfery Polissya: aspekty vplyvu antropohennykh ta klimatychnykh chynnykiv [Changes in the environment of Polissia: aspects of the influence of anthropogenic and climatic factors]. *Ekolohichnyy visnyk — Ekolohichny visnyk*, 3, 43–50 [in Ukrainian].
 15. Konishchuk, V.V. (2010). Ekoloho-ekonomichni peredumovy rozshyrennya Cheremskoho pryrodnoho zapovidnyka ta stvorennya natsionalnoho parku «Zakhidne Pobuzhzhya» [Ecological and economic prerequisites for the expansion of the Cheremsk Nature Reserve and the creation of the «Western Pobuzhzhya» national park]. *Ekolohichnyy visnyk — Ekolohichny visnyk*, 3, 28–29 [in Ukrainian].
 16. Konishchuk, V.V. & Pashchuk, S.I. (2003). *Perlyna Volynskoho Polissya [The pearl of Volhynia Polissia]*. Lutsk [in Ukrainian].
 17. Bumar, H. (2011). Skarby Poliskoho pryrodnoho zapovidnyka [Treasures of the Polissky Nature Reserve]. *Krayina znan — Country of knowledge*, 8, 24–27 [in Ukrainian].
 18. Vozniy, Yu.M., Borovka, V.P., Demchenko, V.O. & Kolomiychuk, V.P. (2016). Radiatsiynye zabrudnennya terytoryi pryrodnoho zapovidnyka «Drevlyanskyi», yoho ekolohichni ta sotsial'ni naslidky [Radiation contamination of the territories of the «Drevlyanskyi» nature reserve, its ecological and social consequences]. *Suchasni ekolohichni problemy Ukrayinskoho Polissya ta sumizhnykh terytoryi (do 30 richnytsi avariya na CHAES): materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi [Contemporary environmental problems of Ukrainian Polissia and adjacent territories (to the 30th anniversary of the accident at the Chernobyl nuclear power plant): materials of the International Scientific and Practical Conference]*. (pp. 87) [in Ukrainian].
 19. Prots, B.G., Ivanenko, I.B., Yamelinets, T.S. & Stanchu, E. (Eds.). (2010). *Ekspres-otsinka stanu terytoryi pryrodno-zapovidnoho fondu Ukrainy ta vyznachennya pryoritetiv shchodo upravlinnya nymy [Express assessment of the state of the territories of the Nature Reserve Fund of Ukraine and determination of priorities for their management]*. Lviv: Griff Fund [in Ukrainian].
 20. Lopokha, M.I. & Fedonyuk, V.V. (2019). Mozhyvosti orhanizatsiyi systemy hidroekolohichnoho monitorynhu v Cheremskomu pryrodnomu zapovidnyku [Possibilities of organizing a system of hydro-ecological monitoring in the Cheremsk Nature Reserve]. *Studentskyi naukovyy visnyk. Seriya: pryrodnychi ta tekhnichni nauky — Student Scientific Bulletin. Series: natural and technical sciences*, 33, 255–262 [in Ukrainian].
 21. Klimatychni dani po smt. Manevychi [Climatic data for the village Manevichi]. (n.d.). URL: [2024 • № 4 • АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ](https://me-

</div>
<div data-bbox=)

- teo.gov.ua/ua/33182/climate/climate_station/17/ [in Ukrainian].
22. Yakymchuk, V.H. (2022). Imitatsiynе matеmatychnе modelyuvannya hidroekolohichnoho monitorynhu vodnykh resursiv z vykorystannyam kosmichnykh znimkiv Zemli [Simulation mathematical modeling of hydroecological monitoring of water resources using space images of the Earth]. *Ukrayinskyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli — Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 9, 37–42. DOI: <https://doi.org/10.36023/ujrs.2022.9.2.211> [in Ukrainian].
23. Krakowska, S.V., Ganatiuk, N.V., Shpital, T.M. & Palamarchuk, L.V. (2016). Proektsiyni zmin pryzemnoyi temperatury povitrya za danymy ansamblyu rehional'nykh klimatychnykh modeley u rehionakh Ukrayiny v XXI stolitti [Projections of changes in surface air temperature according to the ensemble of regional climate models in the regions of Ukraine in the 21st century]. *Naukovi pratsi UkrNDHMI — Scientific works of UkrNDGMI*, 268, 33–44 [in Ukrainian].
24. Krakowska, S.V., Palamarchuk, L.V. & Hnatyuk, N.V. et al. (2017). Zminy polya opadiv v Ukrayini u XXI st. za danymy ansamblyu rehional'nykh klimatychnykh modeley [Changes in the precipitation field in Ukraine in the 21st century according to the ensemble of regional climate models]. *Heoinformatyka — Geoinformatics*, 4 (64), 62–74 [in Ukrainian].
25. Snizhko, S., Shevchenko, O. & Didovets, Yu. (2021). Analiz vplyvu klimatychnykh zmin na vodni resursy Ukrayiny (povnyy zvit za rezultatamy proektu) [Analysis of the impact of climate change on water resources of Ukraine (full report on the project results)]. Kyiv [in Ukrainian].
26. Ivanyuta, S.P. (Ed.), Kolomiets, O.O. & Malinovska, O.A. (2020). *Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsiyni: analitychna dopovid' [Climate Change: Consequences and Adaptation Measures: analytical report]*. Kyiv [in Ukrainian].
27. Shevchenko, O., Vlasyuk, O., Stavchuk, I. et al. (2014). *Otsinka vrazlyvosti do zminy klimatu: Ukrayina [Climate change vulnerability assessment: Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
28. Stratehichni napryamy adaptatsiyni do zminy klimatu v baseyni Dnistra [Strategic directions of adaptation to climate change in the Dniester basin]. (n.d.). URL: <https://www.osce.org/files/f/documents/4/d/320221.pdf> [in Ukrainian].
29. Yakovshina, T.F. (2023). *Adaptatsiyni YES do zmin klimatu ta stiynki urboekosystemy: navchal'nyy posibnyk [Adaptation of the EU to climate change and sustainable urban ecosystems: education manual]*. Dnipro: PDABA [in Ukrainian].
30. Shumyhay, I.V. & Konishchuk, V.V. (2024). Pryrodoriyentovani rishennya v Ukrayini — aspekt adaptatsiyni do zmin klimatu [Nature-oriented solutions in Ukraine — an aspect of adaptation to climate change]. *Problems of Emergency Situations: International scientific and practical conference*. (pp. 342–344) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 01.10.2024
