

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА**

**Географічний факультет
кафедра географії України та регіоналістики**

**ЗМІНИ РЕЖИМУ ВОДНОГО СТОКУ Р. ДНІСТЕР - М. ЗАЛІЩИКИ
ПІД ВПЛИВОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ**

**Кваліфікаційна робота
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)**

Виконав:

студент 4 курсу, 407 групи

Ткач Олександр Олександрович

Керівник:

доцент Николаєв А.М.

*До захисту допущено
на засіданні кафедри*

протокол № 11 від 11.06 2024 р.

Зав. кафедрою _____ проф. Костащук І.І.

АНОТАЦІЯ

Ткач Олександр Олександрович

*Здобувач першого (бакалаврського), спеціальності 103 – Науки про Землю
(Гідрометеорологія)
кафедри географії України та регіоналістики
Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича,
м. Чернівці, Україна*

ЗМІНИ РЕЖИМУ ВОДНОГО СТОКУ Р. ДНІСТЕР - М. ЗАЛІЩИКИ ПІД ВПЛИВОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

Анотація. У цій бакалаврській роботі було досліджено вплив глобального потепління на зміни гідрологічного режиму річки Дністер, та чинники які на це впливають, на прикладі м.Заліщики, за період 1984-2020. Результати дослідження вказують на те що, за останні 30 років середньорічна температура в Україні зросла на 1°C. Період з кінця XX століття до сьогодні є найтеплішим за всю історію спостережень за погодою в Україні та на те, що у період глобального потепління яке триває з 1989 року змін стоку річки Дністер-м.Заліщики були незначними і не перевищували меж природних коливань. До того ж після 2013 року у ході стоку триває маловодна фаза, яка може бути частиною наступного тривалого маловодного періоду та можливо покаже перші зміни у стоці під впливом глобального потепління.

Ключові слова: Глобальне потепління, зміна гідрологічного режиму річок, річка Дністер, зміна стоку, маловодна фаза, Заліщики, стік річки.

ABSTRACT

Tkach Oleksandr

*Applicant for the first (bachelor's) degree, specialty 103 - Earth Sciences
(Hydrometeorology)
of the Department of Geography of Ukraine and Regional Studies
at the Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine*

CHANGES IN THE WATER FLOW REGIME OF THE RIVER DNIESTER - ZALISCHYKY UNDER THE INFLUENCE OF GLOBAL WARMING

Abstract. In this bachelor's work, the influence of global warming on changes in the hydrological regime of the Dniester River was investigated, and the factors that affect this, on the example of Zalizhchyky, for the period 1984-2020. The results of the study indicate that over the past 30 years, the average annual temperature in Ukraine has increased by 1 ° C. The period from the end of the twentieth century to the present is the warmest in the history of weather observations in Ukraine and the fact that during the period of global warming, which lasts from 1989, the changes in the flow of the Dniester-Zalizhchyky River were insignificant and did not exceed the limits of natural fluctuations. In addition, after 2013, the runoff continues the low-water phase, which may be part of the next long low-water period and may show the first changes in the runoff under the influence of global warming.

Key words: Global warming, change of hydrological regime of rivers, Dniester river, change of flow, low-water phase, Zalizhchyky, river flow.

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів наукових досліджень інших авторів мають посилання на відповідне джерело.



(підпис)

О.О. Ткач

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. ЗМІНА КЛІМАТУ ПІД ВПЛИВОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ. ГІДРОЛІТИЧНИЙ РЕЖИМ РІЧОК	7
1.1. Теоретичні підходи до вивчення змін клімату під впливом глобального потепління.....	7
1.1.1. Значення поняття «Зміна клімату».	7
1.1.2. Чинники кліматичних змін.	8
1.2. Основні поняття про гідрологічний режим річок.....	12
1.3. Географічні особливості проявів і наслідків змін клімату	21
1.3.1 Глобальні кліматичні зміни.	32
Висновок до розділу 1.....	40
2. ЗМІНА ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК З ВПЛИВОМ ПОТЕПЛІННЯ.....	42
2.2. Основні риси змін гідрологічного режиму річок України.	45
2.2.1. Зміна живлення та стоку	45
2.2.2 Зміна частоти небезпечних гідрологічних явищ	55
2.2.3. Зміна температури води у річках	57
Висновки до розділу 2	61
3. ЗМІНИ РЕЖИМУ ВОДНОГО СТОКУ Р. ДНІСТЕР М. ЗАЛІЩИКИ ПІД ВПЛИВОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ	62
3.1. Методи досліджень впливу глобального потепління річкового стоку.	62
3.2.Методика аналізу коливань стоку	64
3.3. Аналіз різницевої інтегральної кривої.....	66
Висновки до розділу 3	70
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73

ВСТУП

У XXI столітті людство зіштовхується з однією з найбільш важливих та складних проблем - зміною клімату. Негативні наслідки цієї проблеми, такі як екстремальні погодні умови та збільшення частоти природних катастроф, стають все більш помітними та відчутними по всьому світу. У цьому контексті особливо важливим стає вивчення гідрологічного стану річок, які є життєво важливими водними шляхами та джерелами для багатьох регіонів.

Наступили часи, коли посушливі періоди, підвищення температури, інтенсивні дощі та інші екстремальні погодні явища стають загальними та нормою для багатьох країн. Україна не є винятком, і вже декілька років наша країна спостерігає зростання температурних максимумів, збільшення тривалості спекотних періодів та посилення інтенсивності природних явищ, які можуть призвести до серйозних наслідків для економіки та екосистеми.

Проведення аналізу гідрологічного стану річок в умовах зміни клімату є критично важливим завданням для запобігання негативним наслідкам та розробки ефективних стратегій управління водними ресурсами. **Метою** цього дослідження є глибокий аналіз водного балансу річок з урахуванням кліматичних змін та їх впливу на гідрологічний режим.

Для досягнення цієї мети поставлені наступні **завдання**:

- Детальне вивчення різних аспектів гідрологічного режиму, таких як стічність, рівень води, річковий стік та інші.
- Визначення, які конкретно фактори зміни клімату впливають на гідрологічний стан річок та які наслідки це може мати.
- Вивчення конкретних випадків змін гідрологічного режиму на території України та їх аналіз.

Об'єктом дослідження є гідрологічний режим річок, а предметом - вплив змін клімату на цей режим. Робота базується на сукупності принципів і методів гідрологічних досліджень, з використанням описових, аналітичних та теоретичних методів.

Як основні методи досягнення поставлених цілей і виконання відповідних завдань, використовуються загальнонаукові та спеціалізовані методи: описовий, історичний, статистичний і логічний аналіз, систематизація, порівняння та узагальнення, картографічний.

1. ЗМІНА КЛІМАТУ ПІД ВПЛИВОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ. ГІДРОЛІТИЧНИЙ РЕЖИМ РІЧОК

1.1. Теоретичні підходи до вивчення змін клімату під впливом глобального потепління.

1.1.1. Значення поняття «Зміна клімату».

Клімат - це багаторічні погодні умови місцевості, характеристика яких базується на безперервних метеорологічних спостереженнях. Дані метеостанцій дозволяють зрозуміти, як змінюється клімат.

Глобальна зміна клімату є однією з найсерйозніших екологічних проблем, з якими стикається людство. Згідно з прогнозами провідного міжнародного наукового центру кліматичних досліджень, протягом наступного століття температура підвищиться на 2-5 градусів за Цельсієм. Такі темпи глобального потепління призведуть до різких змін клімату, а різні екосистеми опиняться під загрозою зникнення. Зміна клімату - це більше, ніж просто підвищення температури. Зміна клімату - це значна і стійка зміна статистичного розподілу погодних умов протягом тривалих періодів часу, від десятиліть до мільйонів років. Це може бути зміна середніх погодних умов (наприклад, часті або рідкісні екстремальні погодні явища).

Термін «глобальна зміна клімату» має більш широке значення – це реорганізація всіх земних систем на Землі. Водночас потепління – лише один аспект історії. Експерти МГЕЗК вважають, що зміна клімату стосується змін у стані клімату, які можна визначити (наприклад, за допомогою статистичних тестів) через зміни середнього значення та мінливості та його параметрів і які зберігаються протягом тривалого періоду часу, зазвичай десятиліть або більше тривалого часу.

Важливо відзначити, що потрібно говорити про глобальні кліматичні зміни, а не тільки про глобальне потепління, тому що, окрім підвищення температури на планеті, з потеплінням пов'язаний ряд змін у складному кліматі та системах Землі. Потепління кліматичної системи є науково доведеним фактом, і багато змін, які спостерігаються з середини 20 століття, є безпрецедентними в масштабах від десятиліть до тисяч років. У цей період нагрілися атмосфера й океани, зменшилися запаси льоду й снігу, піднявся рівень моря. Останні три десятиліття характеризуються більш високою температурою поверхні Землі, ніж будь-яке інше десятиліття з 1850 року. За даними вчених IPCC, період з 1983 по 2012 рік, можливо, був найспекотнішим за 30 років у Північній півкулі та на Землі за останні 800 років. Найспекотніший 30-річний період за останні 1400 років.

Для визначення концентрації CO₂ у атмосфері використовуються такі позначення: ppm (частин на мільйон) — кількість молекул CO₂ одному мільйоні молекул повітря, чм — число частинок на мільйон частинок повітря

1.1.2. Чинники кліматичних змін.

У сучасній міжнародній політиці та науці існують дві протилежні точки зору на причини глобальної зміни клімату (рис.1.1.).

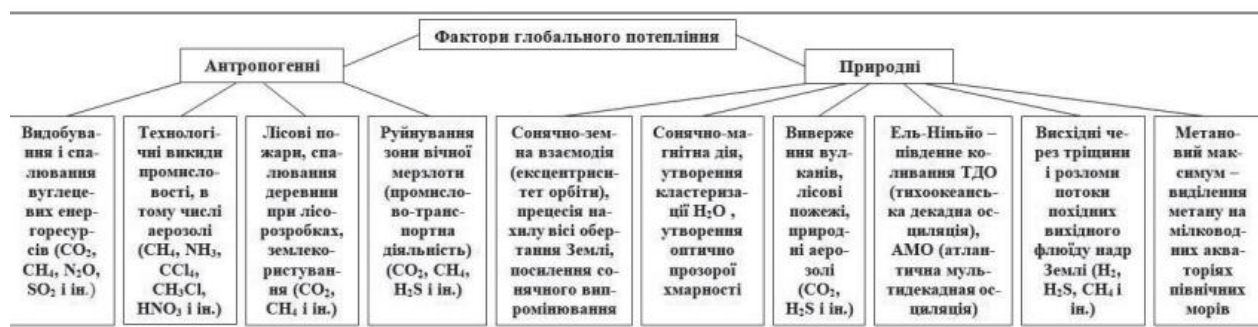


Рис. 1.1. Основні чинники глобального потепління [4]

Автори з найавторитетніших і численних кліматологічних кіл, представлених Міжурядовою групою експертів зі зміни клімату (ІРСС), підкреслюють домінуючу роль людського фактору і твердо переконані, що «вплив людини на кліматичну систему очевидний, а сучасні антропогенні викиди парникових газів є найбільшими в історії» [20].

Країни із сильною економікою традиційно є найбільшими джерелами викидів та постачальниками парникових газів. Це означає, що країни G20 відповідають за 78% викидів парникових газів. Тому дотримання встановлених лімітів викидів у цих країнах та поступовий перехід на чисті джерела енергії могли б суттєво покращити ситуацію (рис.1.2.).



Рис. 1.2. Викиди CO₂ на душу населення та за рівнем доходів [7]

До числа чинників які призводять до зміни клімату людина потрапила з середини XVIII ст., коли вона накопичила матеріальні ресурси і вони стали

настільки потужними, що її діяльність почала помітним чином відображатися на зміні клімату. Спочатку причиною цього явища було зростання машинної праці на фабриках, яка замінила ручну під час промислової революції в розвинених країнах [1].

Людська діяльність викидає до атмосфери Землі парникові гази, зокрема вуглекислий газ. За останні 800 тисяч років рівень вуглекислого газу є найбільшим (рис.1.3.).

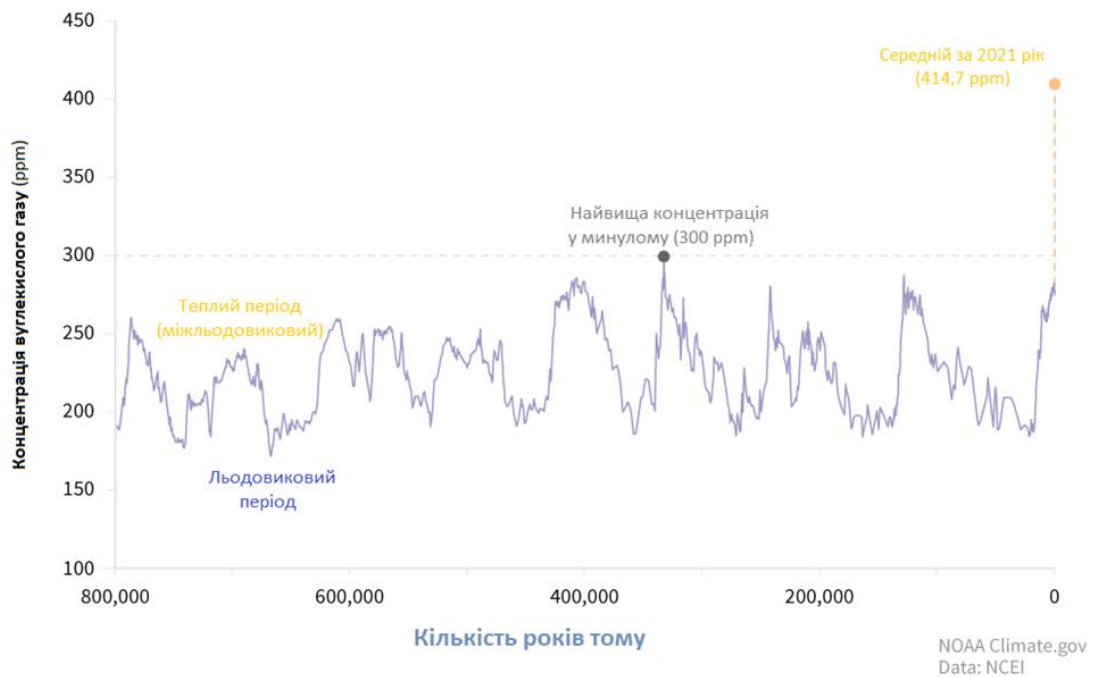


Рис. 1.3. Концентрація CO₂ за останні 800000 років [38]

Інші антропогенні чинники також викликають занепокоєння, включаючи землекористування, руйнування озонового шару, тваринництво та вирубку лісів. Вони впливають на клімат, мікроклімат і кліматичні показники окремо або в комплексі з іншими факторами (рис.1.4).

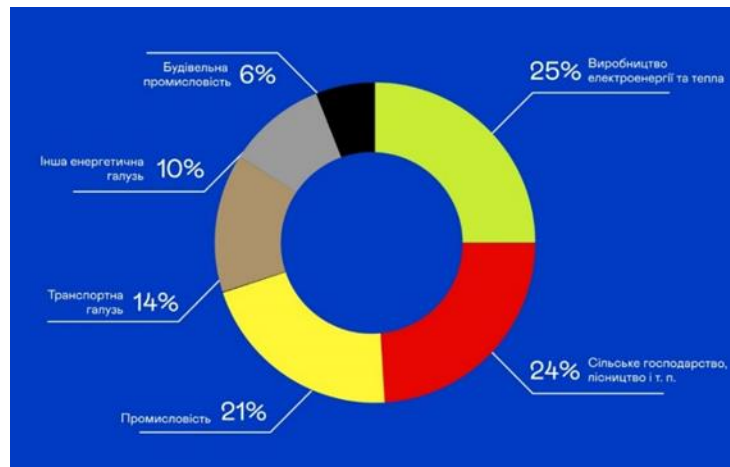


Рис. 1.4. Глобальні викиди парникових газів економічним сектором, за даними IPCC [40]

Бразильський басейн Амазонки викинув 16,6 мільярдів тонн CO_2 і прийняв 13,9 мільярдів тонн у 2010-2019 роках. За допомогою нового супутника група з усього світу виявила, що деградовані ліси спричиняють більше викидів CO_2 , ніж пряме знищення лісів, що призводить до глобального потепління.

Порівняно з прямим вирубуванням лісів, деградація, спричинена фрагментацією, вибірковою рубкою або пожежами, які пошкоджують дерева, призвела до втричі більших викидів за 10-річний період.

Приблизно половина світових тропічних лісів розташована в басейні Амазонки, яка має чудову здатність поглинати та накопичувати вуглець. Кліматична криза стане більш складною, якщо регіон стане джерелом CO_2 , а не просто накопичуватиме CO_2 .

Окрім антропогенної концепції глобального потепління (підхід МГЕЗК), розглядається також природна концепція потепління клімату.

Не заперечуючи впливу антропогенних викидів на підвищення температури Землі, прихильники природної концепції потепління клімату стверджують, що детермінанти підвищення приземної температури зрештою зумовлені циклічними процесами сонячного нагріву та космогенезу, взаємодією Землі (обертання Землі навколо Сонця протягом року, прецесія осі обертання Землі, цикли сонячної активності та інші) [36].

Астрономічні гіпотези пояснюють зміну клімату як результат зміни нахилу площини (екліптики) і зміни ексцентриситету (ексцентриситету) орбіти Землі. Нахил екліптики, тобто нахил площини орбіти Землі відносно площини екватора Землі, не залишається постійним, а змінюється від $22,0^\circ$ до $24,50^\circ$ приблизно протягом 40 000 років. У цей час нахил становить $23,5^\circ$. Збільшення нахилу спричинить підвищення температури у високих широтах і зниження температури в тропіках. Зменшення нахилу матиме протилежний ефект. Деякі вчені вважають, що основними факторами, що впливають на зміну клімату в різні геологічні ери та періоди, є зміни підстильної поверхні - зміни в розподілі суші і океанів, зміни в висоті, рівень моря, берегова лінія, рельєф і рослинний покрив.

Існують і інші підходи до причин і наслідків глобального потепління. Зміни концентрації вуглекислого газу атмосфері є наслідком, а не причиною глобальних змін температури Землі. Потепління світового океану повинно знизити розчинність CO_2 і викиду надлишку CO_2 в атмосферу. Аналогічна ситуація стосується суходолу. Теоретично ґрунти можуть поглинати до 5,5 мільярдів тонн еквівалентів CO_2 на рік. Це ж кількість вуглецю, що викидається в США.

Існування парникового ефекту ніхто не заперечує, але походження такого ефекту визначається по-різному. У порівнянні з інформацією, що широко публікується, про антропогенну концепцію зміни клімату, публікації в наукових журналах про результати досліджень взаємодії Сонця і Землі, ще одного чинника, що впливає на клімат, менш доступні широкому загалу.

1.2. Основні поняття про гідрологічний режим річок

Поверхневі води поділяються на дощові, снігові і льодовикові. Таким чином, є чотири джерела енергії для річок: дощ, сніг, альпійський сніг і льодовики та підземні води (рис 1.5).



Рис. 1.5. Джерела живлення для річок

Живлення підземними водами залежить від глибини врізу річкової долини і кількості розкритих нею водоносних горизонтів. Живлення річок і озер переважно змішане [34].

Звичайною формою атмосферних опадів теплих районів Землі або у теплий період року в холодних районах є дощ, який дає близько 75 % усієї атмосферної вологи. З неї значна більшість випаровується або інфільтрується і лише мала частина стікає до річок і озер.

Живлення підземними водами має велике значення для річок, що течуть у широких долинах, заповнених алювіальними відкладеннями[34]. Воно залежить від глибини врізу долини і кількості розкритих нею водоносних горизонтів. Пересічне значення підземного живлення річок світу становить 30%[. Великий вплив на меженний режим річок має водовіддача з алювію. У період повеней і паводків алювій насичується водою, а при спаді рівнів відбувається віддача в річку накопиченої ґрунтової води. Здебільшого живлення річок і озер носить змішаний характер; в одні сезони переважає поверхневий стік, в інші (взимку, в літні посухи) — ґрунтове [34].

Наприклад до річок що живляться льодовими водами можна віднести річки Кубані та інші річки що витікають з льодовиків Кавказу. У загальному значенні, живлення гірських річок в більшій мірі становлять дощові джерела, рівнинних — талі снігові води (50-80%, в залежності від місцевих умов); на живлення від підземних вод припадає 10 - 20%. Таким чином, річки живляться з чотирьох джерел енергії: дощ, сніг, льодовики та підземні води

Переважно річки які живляться дощовими водами знаходяться в районах з жарким і вологим кліматом. Таке живлення мають Амазонка і Конг - самі повноводні річки земної кулі [2].

У холодну пору року опади випадають у вигляді снігу і накопичуються на поверхні землі. Коли приходить весна на рівнинах і низьких гірських хребтах, сніг також стає джерелом їжі. У високих горах сніг повністю не тане в теплу пору року і поповнює запаси минулих років, таким чином створює льодовики. Частина дощових і талих вод просочується у верхні шари і поповнює ґрунтові та підземні води, які надходять у русла річок набагато повільніше.

Роль клімату в живленні річок вперше була визначена вченим російським вчений Воейков у праці 1884 року. Він відмічав що: «Річки є продуктом клімату їх водозбірних територій». Він підкреслював провідну роль клімату в річковому живленні.

Генетичний аналіз водного балансу річок класифікує річки їх за джерелами живлення. Ця класифікація була розроблена радянським гідрологом М. І. Львів. Після його оцінки кількісного складу кожного джерела енергії (снігу, дощу і землі) дослідник вирішив прийняти таку класифікацію: більше 80%, 50-80% і менше 50%. Якщо в річному стоку більше 80% постачання води припадає на одне з вище названих джерел, річка буде відноситься до типу річок, яка майже повністю живиться з одного джерела. Якщо від 50-80% - переважно з одного джерела, а те що залишилось з другого це річка переважно одного джерела. Якщо на кожен із видів

живлення річки припадає менше половини загального річного стоку, в цьому випадку річка відноситься до змішаного типу.

Річки України належать до річок переважно снігового (східні та південні райони), або змішаного живлення (річки на півночі, заході країни та більшість річок Хмельницької області).

Класифікації річок за їхніми окремими ознаками проводили також Д. Кочерін, М. Великанов, В. Родевич, А. Огієвський, Г. Желєзняков.

Фази водного режиму - це різні стани водного режиму річки, які повторюються в певні гідрологічні сезони, і пов'язані зі змінами умов живлення. Основні фази водного режиму - це водопілля, межі та паводки [17].

Водопілля - це фаза водного режиму річки, яка настає в період весняного сніготанення, і характеризується високою водністю. Водопілля може бути сніговим, снігово-дошовим або дошовим за походженням, і відбувається в різні періоди року, залежно від часу танення снігу на рівнинах та горах, або випадання мусонних дощів (рис.1.6) [17] .



Рис. 1.6. Водопілля

Повінь - це різновидність водопілля, яка може призвести до затоплення території водою, і часто стає стихійним лихом (рис.1.7) [17].



Рис. 1.7. Повінь

Паводок - це фаза водного режиму річки, яка може повторюватися багаторазово в різні сезони року, і характеризується інтенсивним збільшенням витрат і рівнів води внаслідок дощів чи сніготанення під час відлиг. Паводки можуть бути зимовими, літніми, осінніми та протягом усього року. Паводки поділяються на місцеві та транзитні (рис.1.8) [17] .



Рис. 1.8. Паводок

Межень - це фаза водного режиму річки, що повторюється щороку в одні й ті самі сезони, і характеризується невеликою водністю, яка створюється внаслідок зменшення живлення. В цей час річка живиться переважно підземними водами. На Україні межень буває літньою та зимовою, залежно від часу року. Річки, які знаходяться в зонах надмірного і достатнього зволоження, зазвичай мають стійке ґрунтове живлення, що забезпечує достатній стік води під час літньої межні. Стік в таких річках під час зимової межні менший, ніж під час літньої. У зонах недостатнього зволоження, навпаки, річки мають менший стік води під час літньої межі, ніж під час зимової межі. Малі річки цих зон під час літньої межі можуть навіть пересихати (рис.1.9) [17].



Рис. 1.9. Межень

Водний баланс — це природна зміна стану у часі та просторі водного об'єкта та його площі збору води внаслідок фізико-географічних умов і, що важливіше, кліматичних умов. Водами з їх басейнами є: океани, моря і наземні гідрологічні об'єкти: річки і струмки, сміттєві потоки, болота, озера, водосховища і ставки.

Гідрологічний режим водойми проявляється у вигляді багаторічних, сезонних і добових (іноді - годинних і хвилинних) коливань таких основних

показників: рівня і витрати води, швидкості і напрямку течій, льодових явищ, температури води, хвильовий режим, кількість і склад переносного водного наносу, зміни конфігурації русла річки (канального процесу), складу і концентрації розчиненої речовини та інші гідрологічні властивості [35].

Основними показниками вважаються коливання рівня, витрата води та відкладення. Ваші спостереження проводяться в державній водопровідній мережі та в усіх видах зйомок на річках і водосховищах.

Гідрологічний режим річок України обумовлюється багатьма факторами, які поділяються на зональні та азональні. До зональних відносяться кліматичні умови (кількість опадів і випаровування), до азональних – геолого-геоморфологічна будова басейну, його гідрографічні умови та гідрогеологічна характеристика, ґрунторослинний покрив та господарська діяльність людини. Розподіл стоку великих та середніх річок переважно обумовлений змінами зональних факторів [19].

На розподіл стоку малих річок значний вплив мають місцеві, азональні фактори. Дуже часто вплив місцевих факторів викликає перерозподіл стоку всередині року, послаблює вплив кліматичних факторів, тому внутрішньорічний розподіл стоку може суттєво відрізнитись від основного типу розподілу у даному районі [20].

Місцеві водні ресурси, тобто ті, що формуються в межах України, становлять 52,4 км³ у середній за водністю рік. У маловодні роки 75% і 95%-ї забезпеченості ці показники, відповідно, дорівнюють 41,4 і 29,7 км³ [37].

Транзитний стік в Україні значно перевищує місцевий. У середній за водністю рік він становить 159 км³. У цей об'єм входить стік Дунаю по Кілійському рукаву (123 км³), з території інших країн-сусідів (переважно з Російської федерації) надходить 36 км³ води. Загальною закономірністю змін елементів водного балансу по рівнинній території України є зменшення їх величин з півночі на південь внаслідок широтних змін зональних кліматичних факторів: опадів, температур, випаровування. На цьому загальному фоні в деяких районах відмічається вплив азональних факторів:

геологогеоморфологічних умов, ґрунтово-рослинного покриву, заболоченості та ін. Водний баланс території України характеризується середньою річною сумою опадів 609 мм, що витрачаються переважно на випаровування (526 мм), і значно меншою мірою – на формування місцевого стоку (83 мм). З них частка поверхневого стоку становить 64, підземного – 19 мм. Середній коефіцієнт стоку дорівнює 0,14. Поверхневий стік на півночі країни становить 70-80 мм, поступово зменшуючись на південь, де не перевищує 3-10 мм. Районами із підвищеним поверхневим стоком є Українські Карпати і Гірський Крим. У Карпатах поверхневий стік становить 300-500 мм та більше, в Гірському Криму – 100 мм [6].

Коефіцієнти стоку гірських річок майже у три рази перевищують коефіцієнти стоку річок рівнинної території і дорівнюють 0,30-0,70. Коефіцієнти стоку річок рівнинної території змінюються від 0,10-0,13 - на півночі до 0,05-0,01 – на півдні. Підземний стік змінюється залежно від особливостей гідрогеологічної будови території України. Він близький до нуля на півдні, де навіть глибоко врізані балки і долини річок не досягають поверхні підземних вод. На півночі України він досягає 20-30 мм, у західній частині Подільської височини – 50-60 мм, в Карпатах – 100- 250 мм, у Гірському Криму - 500 мм. В сумарному стоці річок частка підземного стоку становить від 30-40% у Поліссі та зоні широколистяних лісів до 7-10% – у степовій зоні. На річках Українських Карпат вона досягає 15-20%. Коефіцієнт підземного живлення річок є найбільшим у Карпатах – 0,10-0,30, а по рівнинній території змінюється мало – від 0,07 - 0,04 на півночі і до 0,02-0,00 на півдні [25].

За розміром водозбірної площі річки поділяються на:

- великі - річки з площею водозбору більше 50 000 км²;
- середні - річки з площею водозбору від 2000 до 50000 км²;
- малі - річки з площею водозбору менше 2000 км².

Басейни великих річок характеризується як полізональний. Середні річки мають басейн в межах гідрологічної зони. Річка знаходиться в одній географічній зоні, але її гідрологічний режим має азональний характер.

За умовами потоку:

- рівнинні - річки зі значенням Фруда менше 0,1(р.Свидь);
- напівгірські - річки із значенням числа Фруда в межах від 0,1 до 1,0 (р.Аар, Швейцарія);
- гірські - річки зі значенням Фруда більше 1,0(р. Вехня Терсь).

Число Фруда — це стан потоку (спокійний або турбулентний) [3].

За джерелами (видами) живлення річки поділяються на снігові, дощові, льодовикові та підземні харчові потоки.

За водним балансом, тобто за типом розподілу стоку протягом року, розрізняють річки з весняними паводками, з паводками в теплу пору року та паводкові режими.

Залежно від ступеня стійкості каналу розрізняють стійкі та нестійкі течії.

Після льодового режиму — річки замерзають і не замерзають. Замерзання — це замерзання всього стовпа води до дна великої річки.

Одна з найбільших екологічних проблем, з якою стикається людство, - глобальна зміна клімату. Основними причинами цієї зміни є використання викопного палива та неефективне споживання виробленої енергії, що призводить до утворення парникових газів. Ці гази підсилюють парниковий ефект і затримують сонячне тепло в атмосфері, не дозволяючи йому повертатися в космос. Виділення газів зумовлено транспортом, сільським господарством, промисловістю та лісовими пожежами.

За останні 30 років середня річна температура в Україні зросла на 1°C, а період з кінця XX століття до сьогодні є найтеплішим за всю історію спостережень за погодою в Україні. В останні роки рівень води в річках України влітку був нижчий за норму, що у поєднанні з посухами та меншою кількістю опадів може призвести до ще більшого погіршення ситуації.

Протягом останніх десятиліть відбувся перерозподіл опадів за регіонами України та за сезонами, що призвело до змін в інтенсивності та виді опадів. Хоча загалом середня кількість опадів за рік не змінилася значно, підвищення температури та зміна режиму зволоження може призвести до подальших змін водного потоку річок, а відтак і водопостачання окремих регіонів.

Ці зміни клімату стають все більш гострими, тому весь світ приділяє більше уваги цій проблемі та вживає заходів. Проте, ще багато що потрібно зробити в глобальному масштабі щодо загальної ситуації. На сьогодні можна з упевненістю сказати, що вже відбуваються значні зміни клімату. Якщо ми не будемо діяти, ми незабаром можемо досягти точки, коли глобальну зміну клімату буде важко зупинити, що під загрозою майбутнє життя на Землі.

1.3. Географічні особливості проявів і наслідків змін клімату

Зміна клімату є однією з найбільших загроз людству, що має далекосяжні соціальні, екологічні та економічні наслідки. Зміна клімату зачіпає всі регіони світу та всі групи населення.

Вплив змін клімату відчувається на кожному континенті та в океанах. Однак ці зміни не поширюються рівномірно по всій планеті, тож різні частини світу будуть стикатися з різними наслідками [8].

Позитивні температурні тренди, пов'язані зі збільшенням вмісту парникових газів в атмосфері, збільшуються від екватора до полюсів.

Частота та тривалість посух у тропічних та субтропічних регіонах є серйозною проблемою для місцевого населення, а частота сильних дощів у регіонах середніх широт також збільшилася за останні 50 років. Загалом кількість щоденних сильних дощів, що призводять до повеней, збільшується.

Однією з тенденцій, яку вчені спостерігали останні десятиліття, є хвилі тепла. Вони все більше поширюються світом, тривають все довше і стають все більш радикальними. Наприклад, влітку 2022 року у Європі сталася хвиля спеки. Рекорди спеки були встановлені в Німеччині – 41,7°C, Франції – 42,6°C, Бельгії – 41,8°C та інших країнах Центральної та Північної Європи [24]. Вчені дійшли висновку, що ймовірність цього вдвічі вища саме через антропогенну зміну клімату. Влітку 2023 року ще одна сильна хвиля тепла обрушилася на деякі частини Центральної, Південної та Західної Європи, викликавши лісові пожежі, переміщення населення та загибель людей. У червні температура у Франції перевищила 40-43 градуси за Цельсієм, побивши кілька рекордів. Друга хвиля тепла обрушилася на Європу в середині липня: температура у Великій Британії вперше в історії перевищила 40 градусів (рис.1.10).

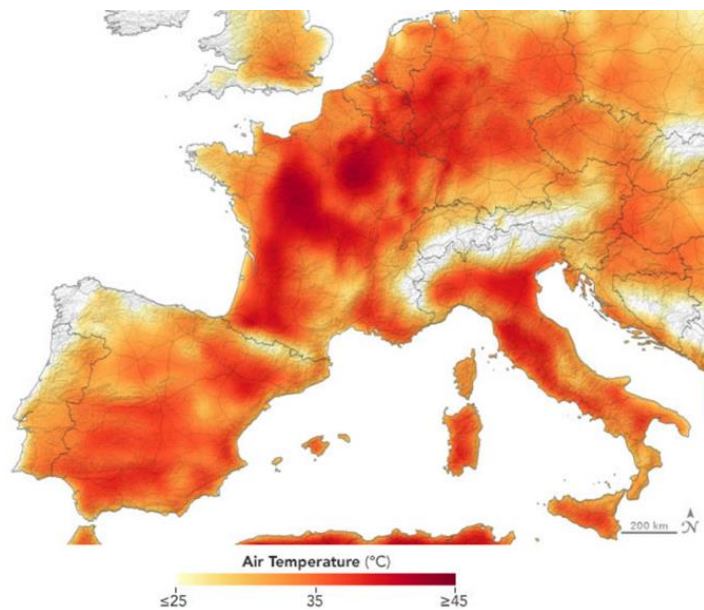


Рис.1.10. Хвилі тепла []

Раніше літо тривало майже однаково, але тепер літо стає довшим. Весна, осінь та зима стають коротшими майже повсюдно у Північній півкулі. Якщо ця тенденція збережеться, літо триватиме майже шість місяців до 2100 року, надавши значний вплив на людей, природу та погоду. Вчені повідомили, що літо в Північній півкулі триває в середньому

на 4,2 дні довше за кожні 10 років. Інші три сезони стали коротшими. Зима триває 115 днів (щороку коротше на 2,1 дня). З іншого боку, початок зими зсувається приблизно на півдня кожні 10 років. Найбільш помітні сезонні зміни відбуваються у Середземному морі та Тибеті (рис.1.11).

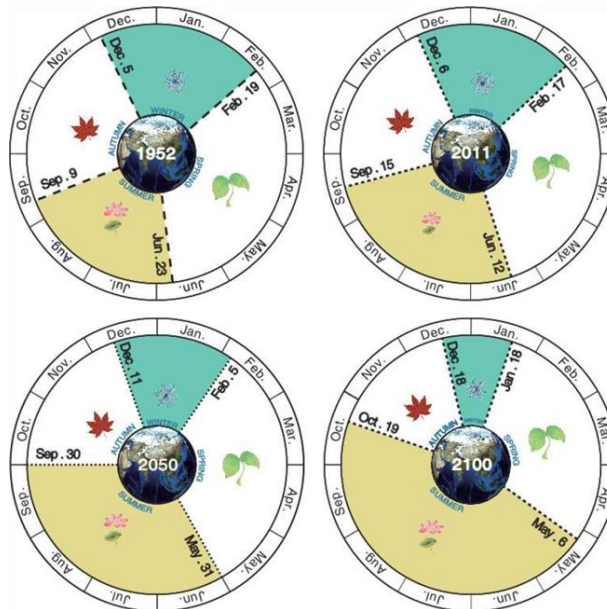


Рис. 1.11. Зміщення пори року [4]

З 1976 середні глобальні температури зростали приблизно втричі швидше, ніж за останні 100 років. Найбільше підвищення температури спостерігається на континентах, що відповідає парниковій теорії клімату.

На континенті створюються умови, що сприяють поглинанню довгохвильової радіації порівняно з короткохвильовою, тому в центрі континенту потепління очікується інтенсивніше, особливо взимку та вночі, коли слабшає конвекція. В океані пряме поглинання сонячної радіації протягом дня відбувається у поверхневому шарі води, а довгохвильова радіація виникає у поверхневій плівці, сприяючи посиленню випаровування і тим самим знижуючи температуру поверхневої води океану.

У міру потепління у високих широтах різниця температур між полярними регіонами та нижчими широтами зменшується.

Потепління в полярних широтах призводить до посилення мусонної циркуляції взимку та послаблення влітку. В обидва сезони можуть створюватися умови для низького тиску над океанами та високого тиску над континентами. Враховуючи посилення антициклонічної циркуляції над суходолом, збільшується частота посух.

Загальні характеристики змін опадів як за даними спостережень, так і за оцінками моделі: у міру потепління клімату кількість опадів збільшиться у високих та середніх широтах.

Однак на місцевому рівні різниця може бути набагато більшою.

Регіональна динаміка клімату України приблизно відповідає характеристикам глобальної зміни клімату. Це підтверджується збігом тенденцій глобальних та регіональних аномалій температури за рік (рис.1.12).

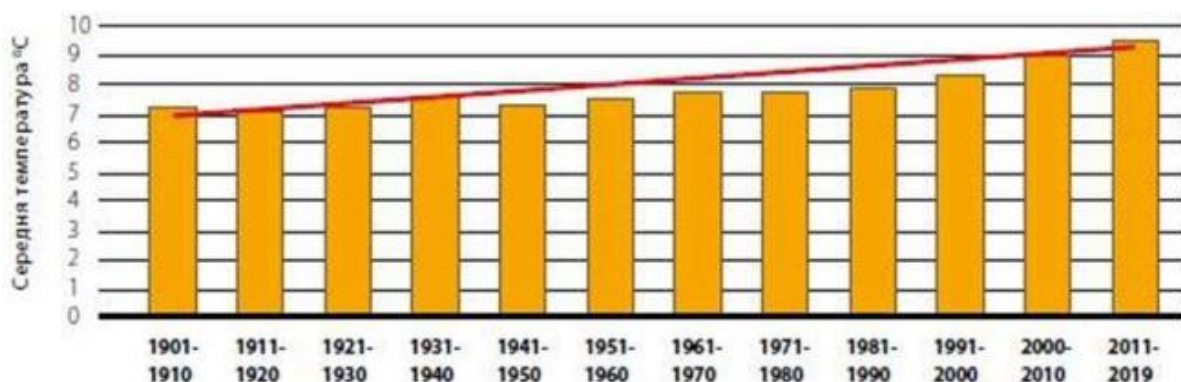


Рис.1.12. Середня річна температура в Україні [24]

Проблему зміни клімату в Україні вперше помітили відомі українські кліматологи І.Є.Бучинський та К.Т.Логвінов. Останньому належить гіпотеза про те, що на клімат України впливають не лише природні, а й антропогенні чинники глобального та регіонального рівня [24]. Обидва елементи перекриваються та підсилюють один одного.

Результати емпіричних та статистичних досліджень з цієї теми висвітлено у роботах М.Б.Барабаша, Н.П.Гребенюка, О.Г.Татарчука, Т.В. Коржа, Л.О.Ткач, які повідомляють, що кожні 10 років поспіль протягом останніх 20 років проводять діагностичні оцінки клімату України під впливом природних та антропогенних факторів. Постійно відстежуючи температуру, можна статистично обґрунтовано охарактеризувати глобальні та регіональні подібності процесів підвищення температури. Зміна клімату в Україні узгоджується зі зміною атмосферних процесів в Атлантиці та Європі.

Ефект опустелювання в результаті зсуву поясу субтропічних антициклонів на південні регіони Європи, і зокрема, на південні та південно-східні регіони України, який можна очікувати при потеплінні на 2-3° С і більше, є прикладом одного з можливих катастрофічних наслідків саме зміни характеру загальної циркуляції атмосфери при подальшому глобальному потеплінні.

Наслідки глобальної зміни клімату включають небезпечні погодні явища, раптові зміни погоди, повені, повені, сильні вітри, зливи, град та посухи, завдаючи значних екологічних та економічних збитків у всьому світі.

За даними Всесвітньої метеорологічної організації, останні три роки стали трьома найтеплішими роками за всю історію спостережень . Підвищення температури на 1 градус – це глобальне середнє значення цих змін (рис. 1.13).

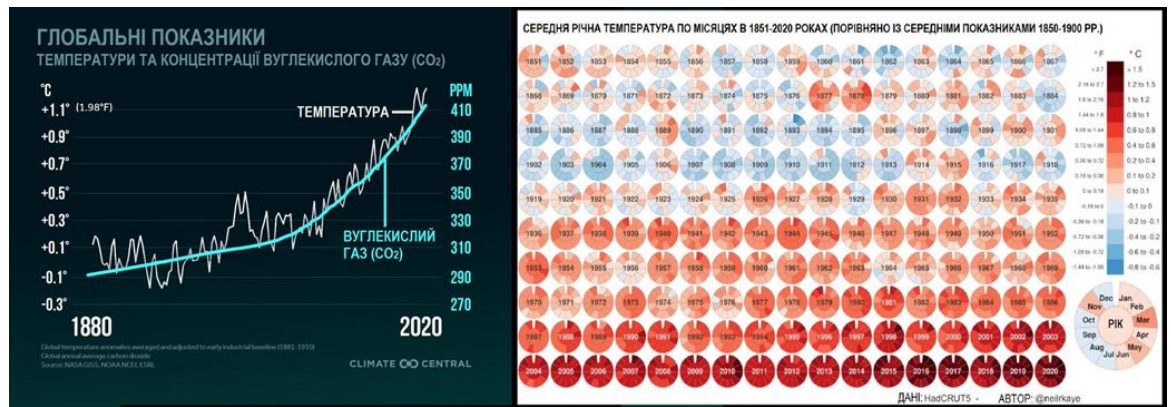


Рис.1.13. Глобальна середня температура [39]

Це збільшить глобальні температурні аномалії з потенційно далекосяжними наслідками, починаючи від нестерпної спеки до неврожаїв та збільшення числа катастрофічних явищ, таких як урагани та повені.

Суха погода загрожує не лише лісовими пожежами, а й піщаними бурями. Коли сильні вітри зносять пил з полів, що обробляються, сухий ґрунт піднімається вгору і виноситься на десятки кілометрів. Це знизило родючість земель, призвело до того, що жителі почали страждати від респіраторних захворювань та погіршили видимість на дорогах через пил та пісок.

Взимку 2021/22 року від пожеж в Австралії постраждав один мільйон тварин. Посухи, спричинені зміною клімату, призвели до того, що пожежі стали тривати довше і стали масштабнішими, ніж раніше.

В даний час екваторіальні райони Європи та Америки вкриті численними тропічними лісами. Через зміну клімату ці тропічні джунглі були спустошені, природне середовище різко фрагментовано, а багато рослин та тварин вимерли.

Наслідки зміни клімату включають негативний вплив на малі острови, негативний вплив на корінні народи у високих широтах та невеликий, але суттєвий вплив на здоров'я людини.

Підвищення рівня моря та посилення штормів можуть призвести до переміщення сотень мільйонів людей у прибережних містах, а

загальна шкода прибережних міст може перевищити 1 трильйон доларів на рік до 2050 року.

Зміна клімату може призвести до того, що до 2030 року понад 100 мільйонів людей у країнах, що розвиваються, опиняться за межею бідності. Дані ООН показують, що зміна клімату матиме руйнівні наслідки для людей, які живуть у злиднях. Навіть у найкращому разі сотні мільйонів людей зіткнуться з відсутністю продовольчої безпеки, вимушеним переміщенням, хворобами та смертю. Зміна клімату загрожує майбутньому правам людини та прогресу, досягнутому в галузі розвитку, глобальній охороні здоров'я та скорочення бідності за останні 50 років [16].

Якщо цей процес продовжиться, він негативно вплине на світову економіку і значно збільшить бідність.

Для багатьох людей зміна клімату є новою загрозою безпеці; наприклад, у період з 2008 по 2023 рік 87% внутрішньо переміщених осіб у всьому світі були викликані стихійними лихами, пов'язаними з погодою, а не конфліктами (рис.1.14).

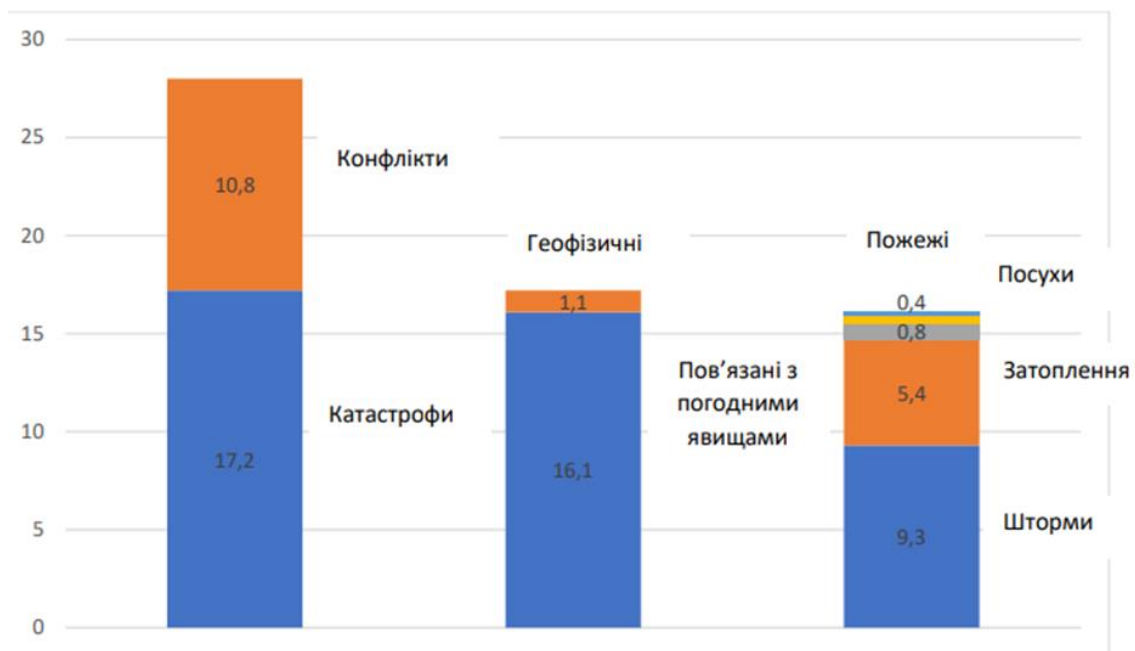


Рис.1.14. Кількість нових біженців у 2018 р. з різних причин, млн осіб [16]

Подальше підвищення температури на 1,5 °C лише збільшить інтенсивність та частоту таких небезпечних процесів. Тим часом, понад 140 мільйонів людей у країнах Африки на південь від Сахари, Південної Азії та Латинської Америки можуть стати внутрішньо переміщеними особами до 2050 року через зміну клімату [23].

Більше того, якщо кліматичні впливи відбуваються на тлі недостатньої ефективності чи легітимності держави, ризик внутрішнього конфлікту значно зростає. Вплив зміни клімату на внутрішньодержавні збройні конфлікти є відносно невеликим, але очікується, що цей вплив зростатиме в міру підвищення глобальної температури. Те саме стосується і міждержавних конфліктів, де зміна клімату може призвести до нестачі найважливіших природних ресурсів.

Підвищення температури поверхні моря загрожує морському життю та цілим екосистемам. Багато природних систем мають обмежену адаптивну здатність і тому особливо чутливі до зміни клімату, а деяким з цих систем може бути завдано значної і незворотної шкоди. Це значною мірою справедливо і для багатьох видів організмів, що у природних середовищах за нормальних умов існування. Хоча чисельність чи ареал деяких видів може збільшитись у нових умовах, зміна клімату збільшить існуючі ризики зникнення деяких найбільш уразливих видів та значно збільшить ризик втрати біорізноманіття.

Більшість дослідників вважають, що вплив зміни клімату на зміни біорізноманіття недооцінено. Це пов'язано з тим, що зміна клімату істотно посилює вплив цих чинників, призводячи не тільки до зміни умов і погіршення звичного довкілля, але і до появи нових факторів, що змінюють довкілля. Це стосується життєвих циклів видів, порушуючи існуючі умови і знижуючи адаптаційні здібності. Наприклад, 27-річне експериментальне дослідження фауни комах німецького заповідника

показало, що загальна біомаса комах знизилася більш ніж на 75%. Особливо негативним є процес вимирання видів.

Прогнозується, що 17-35% видів зникнуть із цього регіону протягом 100 років, а ареал близько 50% видів рослин скоротиться до 2080 року, особливо у Європі.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я, зміна клімату спричинить додаткові 250 000 смертей на рік у всьому світі в період з 2030 по 2050 рік.

Основними його причинами є неправильне харчування, малярія, кишкові інфекції, а також пряма негативна дія на організм екстремально високих температур.

Важливим фактором захворюваності та смертності від підвищення температури є створення та підтримання сприятливих умов для поширення інфекційних збудників, особливо тих, що викликають у людини гострі кишкові інфекції.

Менш важливими, але у довгостроковій перспективі є зростання стомлюваності населення, стресу та пов'язаних з ними психічних захворювань, а також ослаблення стійкості до інфекційних захворювань через високі температури.

Підвищення середньої температури призведе до подовження періоду цвітіння за наявності у повітрі великої кількості пилку рослин, що викликають алергію, що негативно позначиться на якості життя людей, які страждають на алергію та астму.

Крім того, люди з хронічною астмою та алергією наражаються на підвищений ризик розвитку гострих респіраторних захворювань, які є основною причиною передчасної смерті в країнах з низьким рівнем доходу.

Зміна клімату призводить до збільшення концентрації приземного озону, компонента міського смогу, який може швидко переноситись повітряними потоками на відстані до 1000 км.

Ця речовина викликає виникнення астми, розвиток алергії, викликає емфізему та загальне зниження імунітету.

Через значний загальнотоксичний, дратівливий, канцерогенний, мутагенний і генотоксичний вплив приземного озону на людину ВООЗ уже класифікувала озон як постійно контрольований параметр навколишнього середовища.

В останні роки визнання зв'язку між зміною клімату, ширшими екологічними проблемами та міграцією було встановлено як у науковій літературі, так і у політичній практиці.

За даними Організації Об'єднаних Націй, з 2008 року в середньому 21,5 мільйона людей змушені втекти щороку через погодні явища, такі як повені, урагани, лісові пожежі та екстремальні температури. Очікується, що у найближчі десятиліття ці цифри зростуть. За прогнозами Міжнародного аналітичного центру ІЕР, зміна клімату та стихійні лиха можуть призвести до переміщення 1,2 мільярда людей у всьому світі до 2050 року.

З одного боку, підвищення рівня світового океану, посуха та опустелювання, нестача питної води та інші негативні наслідки глобального потепління змушують людей залишати місця свого проживання, а з іншого боку, масові рухи загрожують подальшими екологічними загрозами.

З точки зору підвищення продуктивності сільського господарства зміна клімату має як позитивні, так і негативні наслідки.

До позитивних моментів належать: поліпшення умов та скорочення часу збирання врожаю, можливість ефективного впровадження пізньостиглих сортів (гібридів), що вимагають більшої кількості теплоресурсів, поліпшення умови перезимівлі сільськогосподарських культур та багаторічних трав, підвищує ефективність внесення добрив [5].

До негативних можна віднести погіршення якості зерна через підвищення концентрації вуглекислого газу повітря, протягом вегетаційного періоду збільшилася частота та інтенсивність посух, прискорення розкладання гумусу у ґрунті, погіршення вологості ґрунту у південному регіоні, збільшення чисельності шкідників, поширення збудників та бур'янів обумовлено сприятливими умовами зимівлі, посилення вітрової та водної ерозії ґрунту через посилення посухи та екстремальних опадів, відсутність стійкого снігового покриву підвищує ризик вимерзання озимих.

Вміст гумусу ґрунтів на території України за останні 100 років суттєво змінився (з 4-6% до 3,2%).

Дослідження Інституту водних проблем та регенерації Національної академії сільськогосподарських наук України показало, що стік малих та середніх річок зменшився на 10-20% на півночі та на 20-50% на півдні в Україні.

Зміна клімату, викликана значним зменшенням поживних речовин через поступове збільшення загального випаровування, також негативно впливає стан підземних вод.

Паливно-енергетичний комплекс традиційно вважається за величиною вкладом у зміну клімату як основне джерело викидів парникових газів. Однак енергетична галузь також є найбільш уразливою до зміни клімату через її функціональні особливості, пов'язані з природно-кліматичними умовами та необхідністю суттєвої трансформації для забезпечення адаптації ПЕК [7].

Відновлювана енергія необхідна для декарбонізації електроенергетичної системи та пом'якшення наслідків антропогенної зміни клімату.

Однак на даний час на відновлювану енергетику припадає лише 25% світових потужностей з виробництва електроенергії, з яких припадає

на гідроелектростанції, 16% і близько 5% - на сонячні електростанції (СЕС).

Ресурсна база ВЕС також сильно залежить від змін температури, оскільки нижча щільність повітря через вищі середньорічні температури призводить до зниження потужності вітряних турбін. Ефективним вирішенням цієї проблеми є покращення способу оцінки вітрових ресурсів.

Аналогічна ситуація і із сонячною енергетикою. Зміна клімату впливає на хмарність та сонячну радіацію у різних регіонах, а також на виробництво сонячної енергії на СЕС у цих регіонах. Підвищення середньорічної температури також збільшує продуктивність сонячних теплових систем, особливо у холодних регіонах, але також знижує ефективність фотоелектричного перетворення.

1.3.1 Глобальні кліматичні зміни.

Зміна клімату одна із найбільших проблем сучасності. Наприклад, непередбачуваність погодних умов ставить під загрозу виробництво продуктів харчування, а підвищення рівня моря збільшує ризик стихійного лиха, що є наслідком зміни клімату, катастроф глобального та безпрецедентного масштабу. Якщо ми не зробимо рішучих дій зараз, подальша адаптація до зміни клімату вимагатиме значних зусиль і коштуватиме чималих коштів.

На думку вчених, людство має близько 10–12 років, щоб запобігти кліматичній кризі.

Якщо нинішні викиди парникових газів збережуться, до кінця 21 століття середні глобальні температури можуть збільшитися на 3-6 градусів за Цельсієм. Це пов'язано з глибокими змінами в глобальній кліматичній

системі: швидкими змінами температури, змінами рози вітрів, танення льодовиків, підвищення рівня моря.

Особливого ризику наражаються полярні регіони і плато, а також їх біоти і геологічні системи. Глобальна зміна клімату призводить до збільшення річної кількості опадів та зміни інтенсивності водного циклу Землі. Збільшення контрастності кліматичних явищ призводить до зменшення кількості опадів в одних регіонах світу та значного збільшення опадів в інших.

Концепція формування природних кліматичних циклів передбачає, що клімат стане теплішим і сухішим і розвиватиметься в умовах глобального потепління.

Аналітики Кембриджського університету, які щорічно публікують дані про вплив катастроф на світовий ВВП, опублікували дослідження «Cambridge Global Risk Outlook 2023», в якому показано, що світова економіка зазнала збитки від стихійних лих 179 мільярд доларів (рис. 1.15).

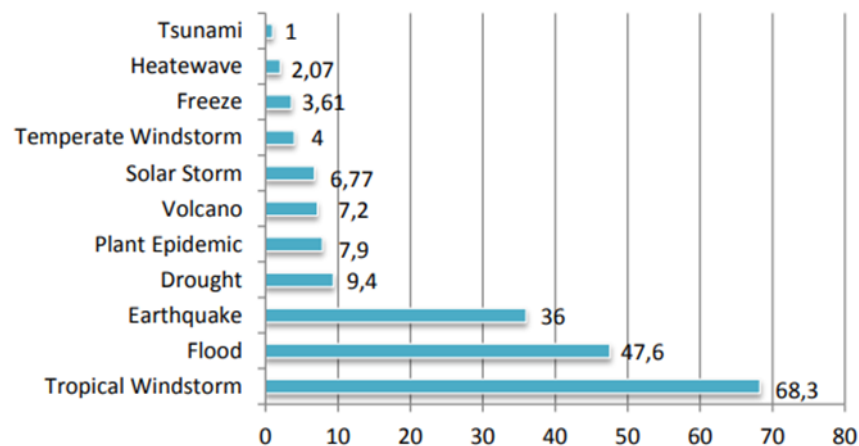


Рис. 1.15. Кліматичні ризики і їх вплив на світовий ВВП у 2023 році
[18]

WEF опублікував список головних загроз, які загрожували людям у 2023 році, більшість із яких були пов'язані зі зміною клімату. Ці ризики оцінили за двома критеріями: найбільш ймовірний ризик і найбільш потенційно руйнівний ризик (табл. 1.1.).

Таблиця 1.1. [5]

Найбільш ймовірні та найбільш руйнівні небезпеки

Найбільш ймовірні	Найбільш потенційно руйнівний ризик
Екстремальна погода	Бездіяльність у зв'язку зі зміною клімату
Спровоковані людиною екологічні катастрофи	Зброя масового знищення
Втрата біорізноманіття	Втрата біорізноманіття
Природні лиха	Водяна криза
Бездіяльність у зв'язку зі зміною клімату	Природні лиха

Льодовики є найбільш чутливими індикаторами глобальної зміни клімату. З початку 1960-х років сніговий покрив поступово зменшився приблизно на 10%. Дослідження показують, що з початку 1950-х років у північній півкулі довжина морського льоду зменшилася на 10-15%, а товщина крижаного покриву зменшилась на 40%. Кількість льоду у Північній півкулі щорічно зменшується на 8% (рис.1.16.).

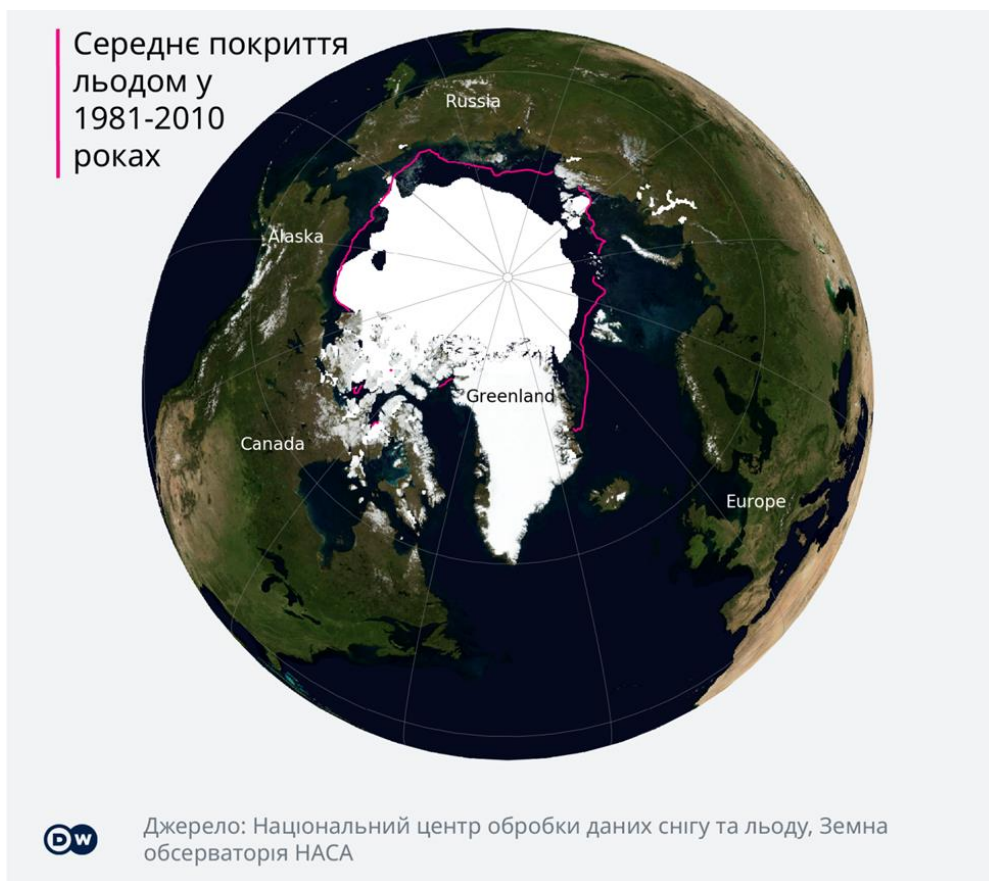


Рис. 1.16. Обсяг антарктичного морського льоду [39]

Половина льодовикових щитів може розтанути до 2100 року, як передбачають вчені, і це матиме серйозні та руйнівні наслідки, наприклад підвищення рівня моря.

Вчені підтвердили, що середній рівень моря піднявся на 0,102 метра в 20 столітті, а в 21 столітті рівень моря піднявся на 1 метр, що може призвести до повеней у прибережних районах і на невеликих островах. Наприклад, такі країни, як Нідерланди та Великобританія, а також невеликі острівні держави в Океанії та Карибському басейні можуть бути одними з перших, хто увійде в зону затоплення (рис.1.17).



Рис.1.17. Аномалія рівня океану порівняно зі середніми рівнями, зафіксованими між 1993 і 2018 роками [7]

Подальше потепління приблизно на 3 °C (до 2100 року порівняно з 1990-2000 роками) може підвищити врожайність сільськогосподарських культур середніх і високих широтах, але знизити врожайність і призвести до недоїдання нижчих широтах. Згідно з поточними тенденціями, виробництво кукурудзи в Південній Африці може скоротитися на 30% до 2030 року, а виробництво рису, проса та кукурудзи в Південній Азії може знизитися до 10%.

Загалом глобальні кліматичні проблеми викликають урагани, утворення пустель, посухи, повені у дельтах річок (рис.1.18).

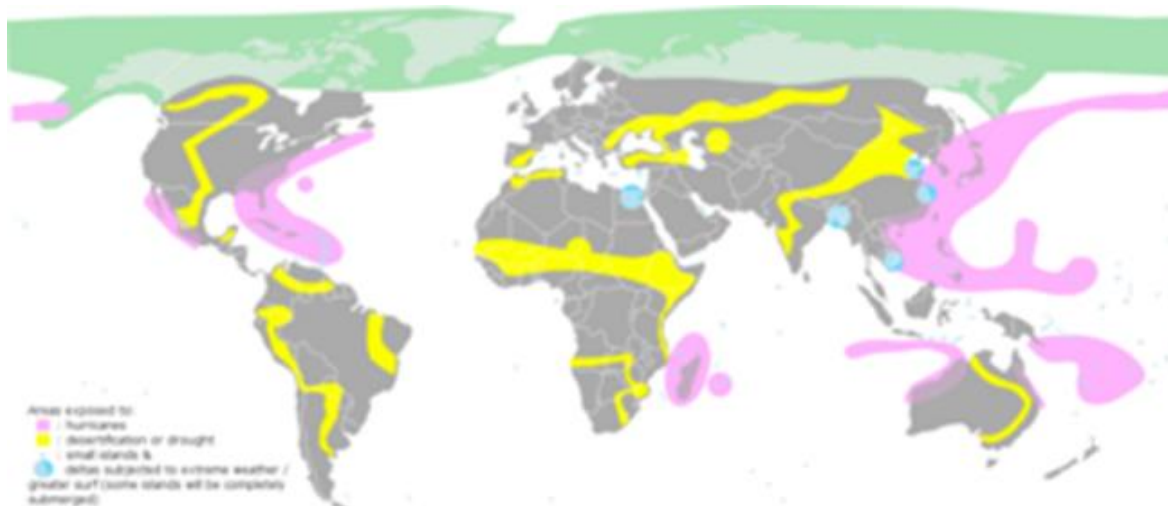


Рис. 1.18 Де можуть трапитись природні катастрофи викликані глобальним потепління. Рожевим - урагани, жовтим - утворення пустель або посухи, блакитним - повені у дельтах річок [7]

Ці проблеми потребують комплексного підходу на рівні як міжнародного співробітництва, так і національних стратегій для зменшення впливу людської діяльності на кліматичні зміни.

У Таблиці 1.2. показано характеристики угод про глобальне потепління.

Таблиця 1.2.

Угоди щодо глобального нагрівання

Угода	Дата підписання	Зміст
Рамкова конвенція ООН про зміну клімату - «Конвенція Ріо»	09.05.1992, м. Нью-Йорк	Угода між країнами, яка передбачає запобігання небезпечним антропогенним впливам на клімат Землі. Основна увага приділяється збереженню біорізноманіття та сталого використання його компонентів.

Київський протокол - додаток до «Конвенції Ріо»	11.12.1997, м. Кіото	У період із 2008 по 2012 рік країни-учасниці погодилися скоротити та стабілізувати викиди парникових газів до рівня 1990 року.
Паризька угода - додатковий документ до «Конвенції Ріо»	12.12.2015, м. Париж	Зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів беруть він країни, незалежно від рівня їх економічного розвитку.

Джерело: складено автором на основі [5]

Існують різні погляди на те, як політика має реагувати на зміну клімату. Дві найважливіші речі, які кожен може зробити, щоб зменшити викиди вуглекислого газу, - це скоротити споживання м'яса і якнайменше літати.

Також можете зробити багато інших пропозицій:

1. Заохочуйте місцевих політиків підтримувати екологічні кампанії.
2. Енергоефективність має бути максимальною.
3. Купуйте відновлювану електроенергію та екологічно чистий газ, у тому числі продукцію з екомаркуванням.
4. Подумайте про те, як готується їжа, яку ви їсте. Спробуйте веганські та вегетаріанські страви та купуйте продукти з екомаркуванням.
5. Віддавайте перевагу зоні відпочинку поряд з будинком, де не доведеться летіти літаком.
6. Уникайте одноразових матеріалів та віддавайте перевагу їх повторному використанню.
7. Переробляйте відходи, якщо їх неможливо використати повторно.
8. Якщо є можливість, користуйтеся громадським транспортом, каршерингом або їздою велосипедом.

Нам також необхідно змінити те, як ми говоримо про кліматичну кризу та реагуємо на неї. The Guardian, наприклад, вже змінила свій редакційний стиль, включивши до нього слова «глобальне нагрівання» замість «глобальне потепління» та «кліматичну кризу» замість «зміна клімату». Насправді традиційні концепції звучать надто пасивно.

Не існує швидкого вирішення цієї проблеми, але якщо ми дійсно хочемо уникнути апокаліпсису, нам необхідно змінити наші компанії, бізнес-моделі, продукти та послуги або, принаймні, зробити щось просте: почати із себе (рис. 1.19).

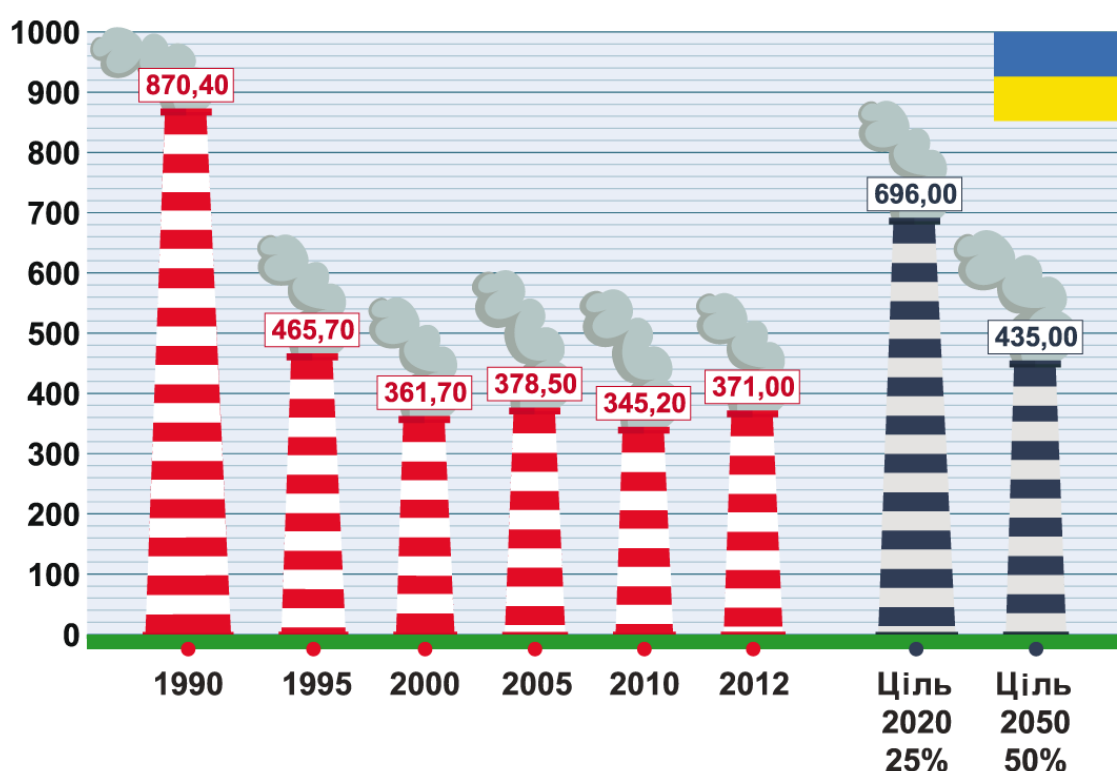


Рис.1.19. Цілі скорочення викидів парникових газів в Україні для порятунку від зміни клімату

Висновок до розділу 1

Найбільшим чинником, який впливає на зміну клімату виступає людська діяльність. Інша група чинників зміни клімату - природні: біотичні процеси, коливання сонячної радіації, сонячні цикли та цикли Міланковича, тектоніка плит та виверження вулканів.

Зміна клімату в першу чергу спричинена підвищенням температури на Землі або глобальним потеплінням. Причиною є підвищення температури, а наслідком – зміна клімату. Встановлений факт: середня глобальна температура неухильно зростає.

Мільйони людей страждають від жахливих наслідків глобального потепління. Наслідками змін клімату у світі виступає збільшення глобальної середньої температури. В арктичному регіоні середня температура збільшилася на 2°C. Тому льодовики тануть швидше. Що в свою чергу має декілька серйозних наслідків: скорочення площі білого покриву, він відбиває від 20 до 50 відсотків сонячної радіації, що спричиняє підвищення температури води, що призводить до більшої зміни клімату. З іншого боку, вічна мерзлота містить 140 мільярдів тонн вуглекислого газу, коли вона тане, поступово вивільняючи відкладення цих газів в атмосферу. Ще один наслідок – підвищення рівня води у Світовому океані. Навіть сьогодні ми бачимо, як острови зникають під водою.

Основним джерелом живлення річок є опади. Рідкі опади є прямим джерелом енергії під час повені. У холодну пору року опади випадають у вигляді снігу і накопичуються на поверхні землі. Коли приходить весна на рівнинах і низьких гірських хребтах, сніг також стає джерелом їжі. У високих горах сніг повністю не тане в теплу пору року і поповнює запаси минулих років, таким чином створює льодовики. Частина дощових і талих вод просочується у верхні шари і поповнює ґрунтові та підземні води, які надходять у русла річок набагато повільніше.

Річний цикл водного балансу річок можна розділити на кілька характерних періодів, які відомі як фази водного балансу. В основному виділяють IV фази: весняний паводок, літній мінімум, дощовий паводок і зимовий мінімум.

Є річки з простими і складними водними умовами. Складний режим спостерігається у великих річках, водозбори яких знаходяться в кількох географічних районах (Амур, Єнісей, Об, Дунай).

2. ЗМІНА ГІДРОЛОГІЧНОГО РЕЖИМУ РІЧОК З ВПЛИВОМ ПОТЕПЛІННЯ.

2.1. Класифікація річок за гідролітичним режимом.

За розміром водозбірної площі ріки поділяються на:

- великі - річки з площею водозбору понад 50 000 км²;
- середні - річки з площею водозбору в межах 2000-50000 км²;
- малі - річки з площею водозбору менше 2000 км².

Басейн великої річки полізональний. Середня річка має басейн в межах гідрологічної зони. Гідрологічний режим має зональний характер. Річка знаходиться в одній географічній зоні, але її гідрологічний режим має азональний характер.

За умовами потоку:

- рівнинні - річки зі значенням Фруда менше 0,1(р.Свидь);
- напівгірські - річки із значенням числа Фруда в межах 0,1-1,0 (р.Аар, Швейцарія);
- гірські - річки зі значенням Фруда більше 1,0(р. Вехня Терсь).

Число Фруда — це стан потоку (спокійний або турбулентний) [19].

За джерелами (видами) живлення річки поділяються на снігові, дощові, льодовикові та підземні харчові потоки.

За водним балансом, тобто за типом розподілу стоку протягом року, розрізняють річки з весняними паводками, з паводками в теплу пору року та паводкові режими.

Залежно від ступеня стійкості каналу розрізняють стійкі та нестійкі течії.

Після льодового режиму — річки замерзають і не замерзають. Замерзання — це замерзання всього стовпа води до дна великої річки.

Б. Д. Зайков поділяє всі річки на три основні групи[10]:

- 1) річки з весняними паводками;

2) річки через повінь у теплу пору року;

3) річки з паводковими режимами.

Для річок першої групи характерні періодично повторювані весняні паводки, які утворюються в результаті танення снігу в їх басейнах. До другої групи належать річки, в яких у теплу половину року спостерігаються повені і викликані випаданням або таненням високогірних снігів і льодовиків. Нарешті, до третьої групи належать річки, які характеризуються частими короткочасними паводками, які можуть статися в будь-який час року; у проміжні паводкові періоди мають різке зниження стоку.

Виходячи з положення про те, що річки є продуктом клімату, О. Воєйков розділив їх на такі типи[14]:

I. Річки, що поглинають воду від сніготанення на рівнинах і невисоких горах (до 1000 м). Найближчими до цього типу є річки Північної Азії (Колима, Нижня Тунгуска) і Північної Америки (Юкон та ін.), де сніговий покрив становить 8-10 місяців.

II Річки, які забирають воду від танення снігу та льоду в горах. До цього типу належать річки Середньої та Середньої Азії (Амудар'я, Сирдар'я, Тарім та ін.). Максимальні температури повітря влітку на таких річкових водозборах призводять до літніх паводків.

III. Річки, які вбирають воду за допомогою дощів і влітку повноводні. Цей тип річок характерний для регіонів з тропічними та мусонними дощами (Амазонка, Конго, Ганг, Амур та ін.).

IV. Річки, в яких навесні або на початку літа відбувається повінь через танення снігу, але які також отримують значну кількість води від дощу. Цей тип річок характерний для районів із суворою та сніжною зимою (більшість мілководних річок Східної Європи, скандинавські річки, північна частина США).

V. Річки, які взимку живляться переважно дощем; через значні втрати на випаровування (річки Центральної та Західної Європи, частково

Британські острови та ін.) літні опади не мають значного впливу на збільшення водності річок.

VI. Річки з запасами дощової води. Вони також опадають взимку, влітку стік мало, річки можуть пересихати (річки Південної Європи, Північної Африки, Каліфорнії, Чилі, Нової Зеландії та ін.).

Тип VII Відсутність річок через сухий клімат. Це річки Сахари, Каракуми, Кизилкуми, плоскогір'я Середньої Азії та Північної Америки.

VIII Річки, що пересихають. Вони харчуються дощем дуже недовго, потім річки пересихають і залишається лише ряд озер (річки Північного Криму, Східного Кавказу, частини Монголії та ін.).

IX. Країни без річок, так як їх територія повністю вкрита снігом і льодовиками.

Заслуговує на увагу класифікація річок за орографією басейну, тобто її висотою та рельєфом з урахуванням схилів річок. За цим фактором річки можна поділити на рівнинні, гірські та змішані[9]. Деякі з цих груп можна розбити на підгрупи.

До чисто мілководних річок належать рівнини та річки з порогами. Першими є річки Волга, Дон, Сож та інші. Сюди варто додати річки з заболоченими угіддями. До другої підгрупи мілководних річок належать річки, басейни яких не мають помітних підйомних або низхідних схилів, але на яких є пороги з іноді значними ухилами. Такі, наприклад, річки Дніпро, Волхов, Свір, Південний Буг та інші. На даний момент є лише пороги у верхній течії Дніпра; у нижній течії пороги перекриті опорою дніпровської дамби з водою.

Гірські річки, як правило, не дуже великі річки, які повністю або майже повністю протікають через гірські райони. Сюди входить більшість річок Кавказу, Ангара та ін.

Річки, що мають гірське джерело, а за ним мілководдя, можна назвати гірськими рівнинами (річки Єнісей, Кубань, Кура, Лена, Амур та інші). До підгрупи гірських річок належать також річки, що протікають вздовж гір

(Іртиш, Сунгари). Типами гірських річок вважаються гірські степи (Амудар'я, Сулак) або гірсько-тайгові річки (лісові річки гірських районів тайги).

До групи змішаних вод належать також річки, водозбірні площі яких знаходяться в низьких гірських хребтах. До них належать, наприклад, малі річки басейну Селенги.

2.2. Основні риси змін гідрологічного режиму річок України.

2.2.1. Зміна живлення та стоку

Основними характеристиками річок є їх живлення та водний баланс. Харчування річок в Україні є змішаним, оскільки джерелом їх живлення є талі сніги, дощові та підземні води. Проте більшість наших річок живляться переважно талими сніговими водами. Частка певних джерел енергії може змінюватися. У верхній частині басейну Дніпра, наприклад, сніговий запас становить близько 50%, а дощ і надра – 20 і 30% відповідно. Нижче за течією роль снігозабезпечення зростає до 85-90%, під землею - зменшується до 10-15%, дощів майже немає.

Особливості живлення річок зумовлюють їх водний баланс – зміна рівня і кількості води в часі. Ви вже знайомі з деякими зовнішніми проявами таких змін – повені, які характеризуються найбільшою водністю річки. Крім того, в режимі річки також є межа – час найменшої водності.

Харчовий і водний режими мілководних і гірських річок України істотно відрізняються. На річках рівнин спостерігається повінь навесні, коли починає танути сніг і стрімко піднімається рівень води: за добу вода піднімається на 20-40 см, іноді на 100-200 см [13]. Весняна повінь триває в середньому не більше 1,5 місяців. Потім рівень води опускається і досягає свого мінімального значення влітку. Восени через постійні дощі спостерігається незначне підвищення рівня води. Взимку, коли вода в річках

остигає і поступово замерзає, на мілководдях настає другий період маловоддя.

Раціон і водний режим рівнинних і гірських річок України істотно відрізняються. На деяких південних річках, при великій воді, на 300 см перевищує швидкість течії мілководних річок, яка зазвичай становить 0,2-0,3 м/с, до 1,0 м/с і більше.

В останні десятиліття в Українських Карпатах почастишали повені. Деякі дослідники вважають, що це пов'язано з глобальною зміною клімату. Однак є й інша думка, що це винні люди. Тільки за останні десять років вирубано майже в чотири рази більше лісу, ніж висаджено в Карпатах [25, 26]. А оголені гірські схили тепер не можуть завадити швидким течіям води, так як ця вода не затримується на великих висотах і швидкі течії відразу вливаються в долини і розливають річки.

Стік річок — це кількість води, яка протікає в певний момент своєї течії за певний проміжок часу. Кількість води, яка протікає за секунду в певній точці русла річки, називається потоком води. Але основним показником і джерелом водних ресурсів є середнє багаторічне значення річкового стоку. На рівнинній території України цей показник зменшується відповідно до посилення континентальності клімату — з півночі на південь та із заходу на південний схід [28]. У горах спостерігається вертикальна зональність у розподілі річкового стоку.

Модуль стоку характеризується витратою води в секунду на одиницю площі річкового басейну і зазвичай виражається в літрах за секунду на 1 км² площі водозбору [27]. Витрати та стік, які змінюються з часом і по довжині річки, збільшуються у міру збільшення площі водозбору і зазвичай досягають піку в гирлі річки.

Найважливішою ознакою водного балансу річки є діаграми розподілу річкового стоку протягом року за роки спостережень. Наприклад, постійні спостереження за Дніпром ведуться з 1881 року (рис. 2.1).

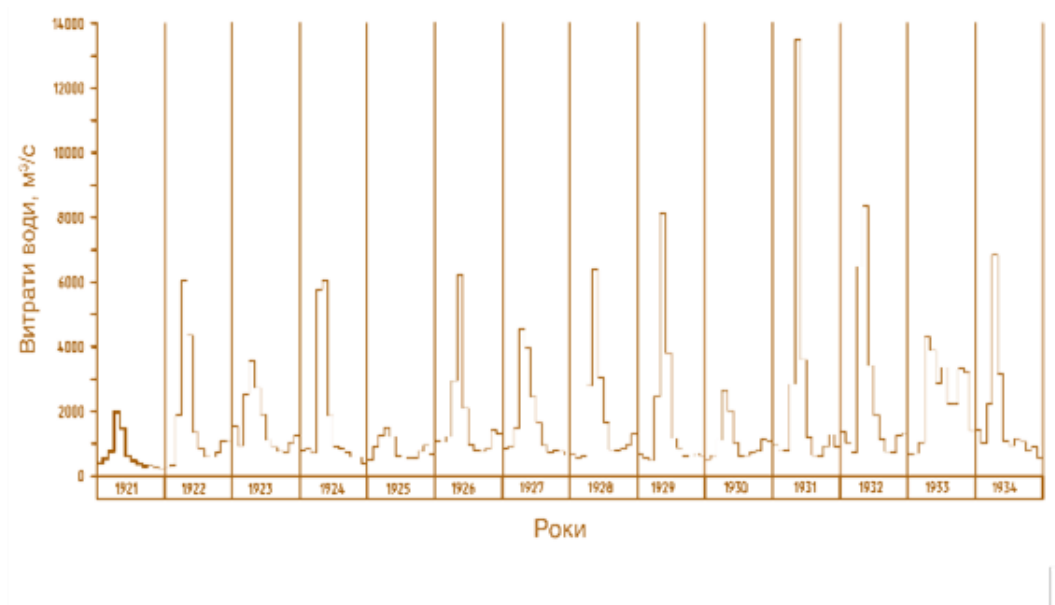


Рис. 2.1. Шкала розподілу річкового стоку р. Дніпро протягом року за роки спостережень

Дніпро є типовою мілководною річкою Європи з великими весняними паводками через танення снігу та відносно низькими витратами в наступний прикордонний період. Зазвичай 60-70% річного стоку на таких річках перестає існувати через 2-3 місяці повені.

Через руйнівні роботи в річці є не тільки рідкі (водні), а й тверді стокові води. Так називають весь твердий матеріал, який річка несе у зваженому та розчиненому вигляді протягом певного періоду часу (зазвичай рік). Найвищі показники стоку мають гірські річки Українських Карпат і Криму, а також ті, що перетинають висоти Лісостепу та Степу. Найменший фіксований стік у річках лісової зони.

Також важливими ознаками річок є водоспади та схили, які залежать від складу гірських порід і рельєфу. Нахил річки вимірюється в метрах і визначається як різниця висот водної поверхні між її витоків і гирлом.

Річки рівнинної України мають широкі долини з пологими схилами і найменшим ухилом. Нахил рівнинних річок не перевищує 10 м/км і зменшується за течією. Наприклад, у верхів'ях Дніпра, де градієнт досягає найвищих значень, він становить близько 50 см/км[35]. На території України, в яку Дніпро впадає в гирлі р. Сож, середній ухил становить вже близько 10

см/км. А в районі впадіння в Дніпровський лиман схил головної річки України зменшується до 0,1 см/км.

Так як гірські річки характеризуються вузькими крутими схилами долин. Річки неглибокі, їх ширина у верхній течії лише 10-20 м і навіть у нижній течії зазвичай не більше 100 м. Наприклад, середній схил річки Прут біля її витoku (в межах Карпат) досягає 100 м/км. Чим більший нахил річки, тим більша швидкість її течії. В середньому вона перевищує 1 м/с, а під час повені – 3-5 м/с. Найбільша швидкість течії в Україні була зафіксована в грудні 1993 р. і становила 7,14 м/с (25,7 км/год) – р. Мокрянка в с. Руська Мокра, в басейні Тиси, в Закарпатській області[22].

На гірських річках поширені хвилі та водоспади. Серед них найвідомішим є Учансу - найвищий в Україні. Вода Учан майже круто падає з вапнякового піску Кримських гір (Ай-Петринська яйла) з висоти 98,5 м, звідси й назва водоспаду, що означає «летюча вода». Навесні або восени Учан перетворюється на бурхливий Зільбербах через танення снігу в горах або після тривалих опадів. І тоді страшний гуркіт водоспаду чути майже за кілометр. В Українських Карпатах відомий водоспад Шипіт, який спускається вниз численними мальовничими каскадами.

Регулювання річкового стоку є необхідною передумовою раціонального використання річок і здійснюється водосховищами шляхом перерозподілу кількості природного стоку в часі відповідно до потреб водокористувачів.

У природних умовах річковий стік виникає під впливом наступних взаємопов'язаних факторів:

- кліматичні умови, зокрема опади, температура, вологість тощо;
- ландшафт водозбору (рельєф, ґрунти, техніко-геологічні умови, рослинність) [11];
- морфометричні та гідравлічні властивості (розмір і конфігурація водозбору та річкової мережі, ухил і структура каналу тощо) [12].

З них головним чинником є кліматичні умови. У сучасних умовах значний вплив на формування річкового стоку може надати також господарська діяльність людини.

Площа водозбору є непрямим показником глибини ерозії каналу. Чим більше розріз каналу, тим більше водоносних горизонтів відкривається річка і тим більше її підземний дренаж. У зв'язку з цим стік малих річок менший, ніж у великих і середніх річок, на певну частку підземних вод, які не відводяться з басейнів малих річок. Зв'язок між річковим стоком і величиною водозбірної площі спостерігається в річках, які частково дренують підземні води. У посушливих степах і напівпустелях площа водозбору і глибина розмиву каналу не мають значного стоку для зміни кількості стоку через незначне ґрунтове живлення річок або його повну відсутність. Крім того, наявність рівнинної місцевості та зон без дренажу навіть допомагають зменшити стік у міру збільшення площі басейну.

Водойми і ставки збільшують поверхню рівня води і таким чином (як і озера) зменшують стік річок за рахунок посиленого випаровування з поверхні води. Дослідження показали, що на більшій частині України зниження стоку малих і навіть середніх річок через ставки та зрошення полів становить у середньому 5-25%.

Д.Л. Соколовський, а також А. І. Чеботарьов вважали, що мінімальний стік виникає при впадінні річок у ґрунт. За відсутності на практиці єдиних формулювальних підходів до розробки методів розрахунку мінімального стоку з використанням єдиних термінів прийнято характеристики з різним гідрологічним значенням[31]. В. А. Уриваєв взяв за основну характеристику «довгострокові середні мінімального річного стоку», що означає найнижче значення за рік незалежно від сезону. Н.Д. Антонов ідентифікував середньомісячні мінімуми зі значенням зимових добових мінімальних значень[30]. Це дає зрозуміти, що невизначеність понять призводить до виявлення генетично різних характеристик мінімального стоку.

Рівень води в річках залежить від кількості води, яка проникає в русло річки. Рівень води – це висота водної поверхні (в см) відлік якої ведеться від деякої постійної умовної площини. Спостереження за рівнями води ведуться на гідрологічних постах і міститься у вимірі висоти водної поверхні над деякою площиною, яку приймають за початкову або нульову. Це умовна площина, як правило розташовується нижче самого низького рівня води. Абсолютну відмітку цієї площини називають “нуль графіка поста”(нуль поста). Всі рівні вимірюються від нуля поста (рис.2.2).



Рис. 2.2. Пальовий водомірний пост (а) і відлік рівня води по переносній рейці (б) [20]

Рівень вимірюється водоміром з точністю до 1 см. Рейки бувають двох типів: постійні і портативні. До опор або окремих палі забитих у дно русла біля берега кріплять постійні рейки. Якщо амплітуда коливань рівня велика, використовуйте переносну рейку для контролю. Для цього в русло річки і заплаву забивають кілька паль, кінці яких розташовані на 0,5 метра вище і нижче найвищого і найнижчого рівнів води і з перекриттям головок сусідніх паль не більше 0,8 метра. Розмітку ковпака палі визначають нівелюванням нівеліром і знають її розмітку.

Контроль рівня води здійснюватиметься щодня о 8:00 та 20:00. У періоди швидкої зміни значень додаткові спостереження проводяться через 1, 2, 3 або 6 годин протягом доби.

Самописці рівня використовуються для безперервного запису даних спостережень. На основі даних вимірювань розраховуються добові значення та створюється таблиця, що містить добові значення за рік.

У цій же таблиці наведено середні, максимальні та мінімальні значення для кожного місяця та року, які називаються характерними значеннями. За добовими даними про рівень води складається графік його коливань.

Дані спостережень за рівнем на гідрологічних постах публікуються в Гідрологічному щорічнику (Державному водному реєстрі).

Рівень води в річці змінюється залежно від кількості води, що надходить у русло. Основним джерелом енергії для річок є атмосферні опади. Рідкі опади є прямим джерелом живлення під час повеней. У холодну пору року опади випадають у вигляді снігу і накопичуються на землі. Коли навесні сніг тоне на рівнинах і низьких горах, він також стає джерелом живлення. У високих горах навіть у теплу пору року сніг не тоне повністю, а запаси попереднього року поповнюються, утворюючи льодовики. Частина дощової та снігової води просочується у верхні шари і служить для поповнення ґрунтових і підземних вод. Які набагато повільніше доходять до русла.

Найпопулярнішим у сучасній гідрологічній науці є визначення О. М. Володимирова, згідно з яким межею є фаза водного балансу, що спостерігається у маловодні сезони – взимку чи літо-осінь – і характеризується довготривалий стабільний низький рівень споживання води. Мінімальний стік може становити від 1 до 30 днів, якщо річки живляться переважно під землею[29]. Зима характеризується тривалістю періоду негативних температур, протягом якого припиняється стік поверхневих вод. У літньо-осінній період тривалість обмеженого періоду залежить від кількості та інтенсивності опадів, що створюють повені.

Перше ґрунтовне дослідження мінімального стоку річок України було здійснено в роботі Чіпінг Г.О. в середині 50-х років минулого століття, а

згодом виконав і Лисенко К.А [35]. За однорідністю гідрогеологічних умов з мінімальним стоком автори відібрали 13 районів України. На думку авторів, вертикальне гідродинамічне районування підземних вод і ерозія річкової долини є визначальними для рівня мінімального стоку на території. На думку авторів, вплив інших факторів впливу на мінімальний стік (рельєф, заболоченість, залісненість тощо) призводить до відхилень від середніх значень по місцевості.

У ефемерних водотоках рівень води завжди нижче русла річки. Річки не отримують воду з русел або берегів. У постійних потоках все стає ще складніше. Розглянемо співвідношення між рівнями річкової води та рівнями ґрунтових вод протягом періоду, який починається з сухого сезону, проходить через велику кількість опадів у басейні та закінчується іншим сухим сезоном. Після першого посушливого періоду рівень річкової води на березі опускається нижче рівня ґрунтових вод. Після сильних дощів рівень води в річці швидко підвищується і значно перевищує рівень ґрунтових вод на набережній. Підземні води зберігаються на берегах річок, де рівень ґрунтових вод локально і тимчасово вищий, ніж навколишня територія. Наприкінці сезону дощів рівень річкової води та рівень ґрунтових вод майже однакові та майже на найвищому рівні. Після цього і рівень річки, і підземні води повертаються до умов сухого сезону. Такий ряд подій називається циклом стоку (рис.2.3).

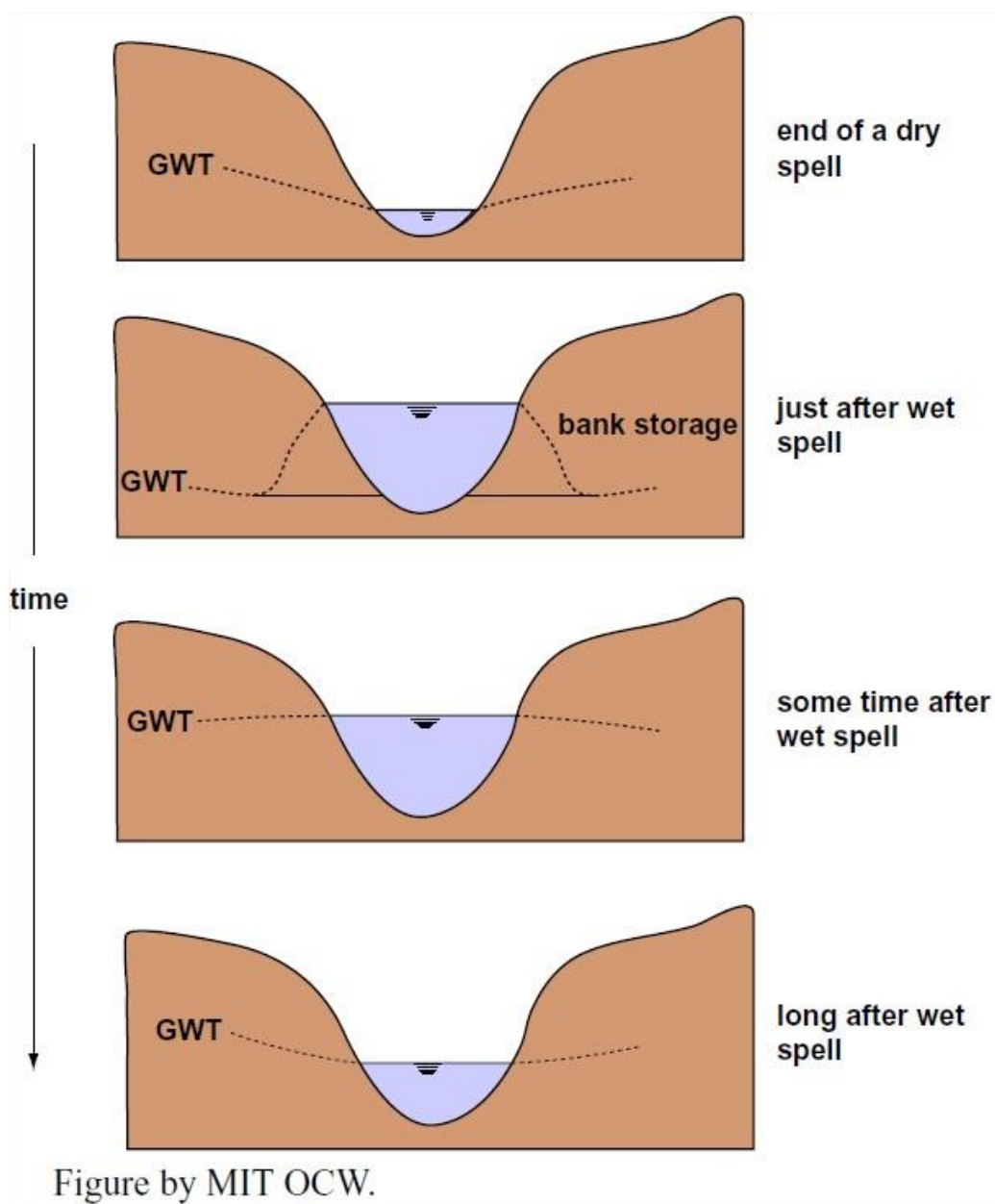


Рис. 2.3. Цикл стоку [26]

Результати досліджень довготривалих коливань стоку показують, що на початку 2000-х років річки України мали фазу маловоддя, враховуючи зміну клімату та природні коливання стоку. Також не оминула більша частина водопостачання України – річки Українські Карпати та власне басейн Тиси. Через значне водозабезпеченість регіону мало уваги приділялось дослідженню мінімального стоку гірських річок, а зокрема басейну річки Тиси, основним недоліком попередніх методів розрахунку маловоддя залишається недостатня точність визначення властивостей існуючих методів.

Для більшості рівнинних річок України дощові повені мають значення максимального водоспоживання нижче, ніж весняні. Виняток становлять лише басейни малих річок. Сприятливі умови для формування дощових паводків спостерігаються у правих притоках р. Прип'ять у басейні Західного Бугу, верхів'ях Південного Бугу.

У деяких басейнах річок дощові повені взагалі не бувають. У водозборі річки Десна, наприклад, дощові паводки спостерігаються на невеликих водозбірних ділянках за умови, що сильні зливи охоплюють велику площу.

Найбільш несприятливі умови для виникнення дощових паводків спостерігаються на півдні країни. До цих регіонів належать річки Чорного моря, Азовського, Нижнього Дніпра. Водночас під час інтенсивних сильних дощів у цих районах іноді утворюються повені катастрофічного характеру. Такі повені завдають значної матеріальної шкоди.

Поводневим регіоном України є Карпати. Ця область характеризується дуже сильними коливаннями опадів за короткий проміжок часу, які на великих площах чергуються з тривалими сильними дощами.

Характерною особливістю гірських річок Криму є також паводковий режим. Дощові паводки на цих річках утворюються після сильних дощів, внаслідок чого річки з витратою води, що у багато разів перевищує середньорічні значення, стають швидкими річками. Для річок Криму простежується синфазність коливань у південних районах кримських гір.

Переважає більшість річок басейну Сіверського Дінця, річок Приазов'я та Криму має зрегульований стік, а також інші види антропогенного навантаження тощо. Можливо, це викликає порушення синфазності кількості стоку.

Основним чинником, який стимулює стік і визначає його розвиток, є клімат. Однак на потік певною мірою впливають і інші фактори. Вплив різноманітних природних факторів проявляється по-різному. Деякі з них сприяють концентрації атмосферних опадів на поверхні, а інші уповільнюють їх надходження. Вплив фізико-географічних чинників впливає

на обсяг річного стоку та його режим. Клімат впливає не лише безпосередньо на стік, а й на інші природні чинники (грунт, рослинність, рельєф) які постійно взаємодіють.

2.2.2 Зміна частоти небезпечних гідрологічних явищ

У всьому світі спостерігається тенденція до збільшення кількості випадків природних метеорологічних явищ. Цьому сприяє низка факторів, зокрема дисбаланс кліматичної системи через зміну клімату, діяльність людини, фізико-географічні особливості місцевості тощо.

Спонтанні метеорологічні явища, у більшості випадків, завдають значної шкоди економіці держав і, у гіршому випадку, призведе до людських втрат. Особливість цих явищ полягає в їх раптовому і швидкому перебігу.

Ось лише кілька прикладів природних метеорологічних явищ, які мали місце в Україні. 7 серпня 2016 року в Одесі спостерігалися природні явища: дуже сильний дощ (опадів – понад 90 мм менш ніж за 4 години), пориви (швидкість вітру до 29 м/с, тривалість близько 30 хвилин). У результаті відключено житлові будинки від електропостачання, повалено дерева, припинено рух громадського транспорту та затоплено частину міста через забиту дощову каналізацію.

У червні 2020 року в Івано-Франківській області інтенсивність опадів становила 106-168 мм, що призвело до катастрофічної повені з трагічними наслідками: загинуло троє людей, затоплено 250 населених пунктів, затоплено сільськогосподарські угіддя, зруйновані сільськогосподарські будівлі, в тому числі дороги, мости, захист берегів.

21 вересня 2017 року у Вінницькій та Житомирській областях зафіксували град розміром з куряче яйце; було пошкоджено покрівлі приватних домоволодінь, об'єктів соціально-побутового призначення та посівів.

За даними Гідрометслужби України, у період з 2011 по 2020 роки в країні зафіксовано 2752 випадки природних метеорологічних явищ [33]. Особливістю останніх 10 років є значна кількість дощів, вітру та снігопадів, які відповідають критеріям природного явища.

Більшість природних метеорологічних явищ спостерігалися в усі пори року: у Карпатському регіоні, в Автономній Республіці Крим, в Одеській та Херсонській областях, а також на Закарпатті [33].

Сильні та надзвичайно сильні зливи (дощі) посідають перше місце серед природних метеорологічних явищ, призводять до катастрофічних наслідків у селах, повені становлять близько половини загальної кількості природних метеорологічних явищ в Україні. У середньому на території України щорічно реєструється понад 100 випадків сильних дощів, які посилюються сильним градом (5% випадків) та сильним вітром (35% випадків) [2].

Дуже сильні дощі пройшли на території всіх областей, найбільша кількість випадків - на Закарпатті, Прикарпатті та в горах Криму.

Найнебезпечнішим за вірогідністю повеней та зсувів є Карпатський регіон (Закарпаття, Івано-Франківськ, Львів та Чернівці), особливо його гірська частина. Повені – це гідрологічні явища, які виникають внаслідок швидких короткочасних змін погоди. Їхній прогноз, як у світі, так і в Україні, сьогодні можливий лише трохи завчасно – до 1-3 днів.

Особливість повені в тому, що вони неминучі. З цієї причини основні зусилля спрямовані на зменшення його негативного впливу шляхом впровадження цілого ряду організаційно-технічних рішень. Адаптація захисту від повеней тісно пов'язане з розробкою систем прогнозування повеней, моніторингу та раннього попередження, контролю стоку, захисту від мулу, водної ерозії, будівництва водопропускних труб та водозахисних споруд та інших робіт з повеней.

2.2.3. Зміна температури води у річках

Клімат в Україні змінюється, як і глобальний клімат, але потепління на нашій території відбувається навіть швидше, ніж в інших регіонах північної півкулі. З 1989 року наша країна переживає майже безперервну фазу потепління, і за цей час середньорічна температура повітря в Україні була на 70% вищою за норму. Такі умови підвищують швидкість випаровування і перешкоджають накопиченню вологи ранньою весною.

Тенденції зміни клімату проявляються в осінньо-зимовий період 2019-2020 років. На водозбірних ділянках усіх річок України, у тому числі на території Сумської області, склалися вкрай несприятливі гідрометеорологічні умови для утворення весняних паводків. Підтримка аномальних погодних умов, відсутність снігопаду та промерзання недостатньо зволоженого ґрунту, відсутність опадів (50-70% норми), низька водність річок - фактори, що негативно впливають на формування весняного стоку. У сучасній гідрометеорологічній ситуації велика ймовірність утворення низької води (рівень, витрати) в річках навесні та влітку[33]. Крім того, низький рівень води може висушити невеликі струмки і не заповнити штучні водойми.

Термічний режим формується шляхом теплообміну між водним об'єктом і навколишнім середовищем. Цей теплообмін відбувається на межі між водою, атмосферою та ґрунтом. Основними чинниками є теплообмін з атмосферою та з ложем русла. Теплообмін відбувається різними шляхами: на відкритій воді і під крижаним покривом. Більш інтенсивний теплообмін відбувається з атмосферою влітку і з руслом річки взимку. Влітку водна маса віддає тепло в русло річки, а взимку тепло з русла йде у воду.

Співвідношення між елементами теплового балансу змінюються зі зміною погодних умов. Тому кожна пора року характеризується певним співвідношенням між надходженням і втратою тепла. Навесні та влітку надходження тепла перевищують втрати, і вода нагрівається. Найвищі температури води спостерігаються з липня по серпень, коли існує баланс між

теплом, що надходить у воду та виходить з неї. Частина тепла цього сезону виділяється водою в породи, які складають русло, що призводить до нижчих температур.

Восени, коли надходження тепла зменшується, річкова вода та її русло поступово віддають накопичене тепло в атмосферу. Завдяки турбулентному перемішуванню водна маса швидко реагує на зміни погодних умов, і тренд температури води майже паралельний тренду температури, хоча також спостерігаються деякі відмінності. Тому в першій половині теплого періоду (особливо під час весняного водопілля) температура води нижче температури повітря, а потім навпаки. Найнижча температура води припадає на початок льодоставу. Під льодовиком температура річкової води залишається постійною.

Навесні при підвищенні температури і восени при зниженні температури температура води змінюється з деяким запізненням відносно зміни температури в повітрі. Через деякий час максимальна температура води стала нижчою за максимальну температуру повітря. Оскільки температура води в річках не є від'ємною, то середньорічна температура води в річках значно вища за середньорічну температуру повітря.

Окрім сезонних коливань, температура річкової води змінюється на добу, що відстає від зміни температури повітря. Добові тренди температури води найбільш помітні в теплі періоди, особливо влітку. Найнижча температура води зазвичай спостерігається вранці, а найвища – між 15 і 17 годинами.

Температура води змінюється по живому перерізу території і по довжині річки. По ширині та глибині річки температура води внаслідок бурхливого перемішування змінюється мало, тобто має рівномірний розподіл. Проте в залежності від пори року в розподілі температури води як по широті, так і по глибині можна спостерігати деякі особливості. Особливо влітку температура біля берегів вища, ніж на середині річки, але восени все навпаки.

У великих річках різниця температур може досягати 3-4 градуса. Влітку поверхня води вдень тепліша, ніж біля дна, і навпаки вночі. Перепад температур на глибині може становити 2-3 градуса Цельсія.

Підвищення температури води по довжині річки зумовлене зміною джерел енергії, приток і кліматичних умов у природних зонах, через які протікає річка. Внаслідок цього підвищується температура води у великих річках, що течуть з півночі на південь. Різниця в температурі води у верхній і нижній течії може сягати влітку-восени до 9°C (наприклад, на річці Дніпро).

У річках, що течуть у широтному напрямку, температура води майже не змінюється, за винятком верхів'їв. У верхів'ях річок температура води поступово підвищується на певній відстані від джерела води.

У гірських річках навіть у нижній течії температура води підвищується.

Температура води річки, що витікає з озера, тісно пов'язана з температурою води в озері.

Річки зазнають частих коливань температури води нижче великих впадінь приток і водосховищ.

При скиданні в річки гарячої води ТЕС, АЕС, промислових підприємств температура річкової води часто значно підвищується.

Температура води річок є показником, який впливає на деякі особливості їхнього гідрологічного режиму і можливості народногосподарського використання.

Основними складовими теплового балансу є: Q_R —тепло, яке надходить у вигляді прямої і розсіяної сонячної радіації; Q_{EF} —ефективне випромінювання; Q_T —турбулентний теплообмін з атмосферою; $Q_{K,v}$ —затрати тепла на випаровування і виділення його при конденсації; Q_D —теплообмін з ложем русла; Q_P —тепло потоку, яке утворюється при переході кінетичної енергії в теплову; $Q_{підз.}$ —тепло, яке поступає з підземними водами; $Q_{оп.}$ —тепло, яке надходить з опадами; Q_v , Q_n —тепло, яке надходить (витрачається) через верхню (нижню) частину створу; Q_l —тепло, яке виділяється при процесах льодоутворення, або поглинається при таненні льоду. Роль усіх цих

складових теплового балансу неоднакова. $Q_R - Q_{EF} + Q_T + Q_{K,V} + Q_D + Q_{п} + Q_{в} - Q_{п.} = \pm Q_t \sum Q_{п} = \pm Q \Delta t$ (зміна запасів тепла за Δt).

Величина амплітуди залежить від географічної широти, рівня річки та погодних умов (амплітуда буде вищою при ясному небі). Річний режим температури складається з двох періодів: відкритої поверхні води і шельфового льодовика. Під кригою температура води в річці залишається майже постійною, близькою до 0°C . У звичайний рік температура води в прибережних районах вища, ніж у центральних районах в опалювальний сезон і нижча в холодну пору року. Найбільші коливання температури по поперечному профілю (до $8-9^{\circ}\text{C}$) відбуваються під впливом притічних вод.

Температурний режим на окремих ділянках в значній мірі залежить від господарської діяльності людини.

Проаналізуємо зміну температури на прикладі Дністра.

Дністер – друга за величиною річка України. Витік Дністра знаходиться поблизу села Середи на Львівщині. Дністер протікає територією України та Молдови і впадає в Дністровський лиман Чорного моря.

Річка бере свій початок на східних схилах Карпатських гір, на горі Розлуч, поблизу села Вовче Львівської області. Спускаючись з висоти близько 900 м над рівнем моря, гірський потік протікає через Карпати, перетинає південно-західну частину Подільського нагір'я, протікає через Молдову, потім входить на її територію і велика судноплавна річка знову впадає в Дністровський лиман.

У теплі зими річка може взагалі не замерзати. Температура води в Дністрі коливається від нуля взимку до 27°C влітку. Річка прогрівається до комфортних температур наприкінці травня, і купатися в ній можна майже до кінця вересня.

Висновки до розділу 2

Протягом останніх десятиліть відбувся перерозподіл опадів за регіонами України та за сезонами, що призвело до змін в інтенсивності та виді опадів. Хоча загалом середня кількість опадів за рік не змінилася значно, підвищення температури та зміна режиму зволоження може призвести до подальших змін водного потоку річок, а відтак і водопостачання окремих регіонів.

Кліматичні зміни дуже сильно впливають на зміну стоку річок України, як на максимальний так і на мінімальний стоки. Зміни максимального стоку переважно відбуваються внаслідок збільшення інтенсивності та тривалості атмосферних опадів, що може призводити до паводків та потопів. Мінімальний стік в умовах зміни клімату, збільшення ризику посух та зменшення кількості опадів зменшується. Це призводить до того, що на деяких ділянках річок утворюватиметься сухий русловий залишок, що може призвести до порушення екосистеми водойм і втрати біологічної різноманітності. Це може вплинути на рибний промисел, а також використання води для промислових і сільськогосподарських потреб. Для того щоб уникнути хоча б частини цих проблем необхідно збереження водосховищ, підведення підземного живлення річок де це можливо для стабілізації мінімального стоку та покращення системи забезпечення безпеки та захисту від паводків або робити канали для річок у яких максимальний стік збільшується.

3. ЗМІНИ РЕЖИМУ ВОДНОГО СТОКУ Р. ДНІСТЕР М. ЗАЛІЩНИКИ ПІД ВПЛИВОМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

3.1. Методи досліджень впливу глобального потепління річкового стоку.

Основним методом дослідження є модель «клімат-стік». Базисом моделі «клімат-стік» є рівняння водно-теплогового балансу у модифікації В.С. Мезенцева (1969 р.).

Апробація моделі "клімат–стік" як способу визначення характеристик природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) річного стоку була виконана на основі даних водозборів різних природних зон України (6), а також на даних великих річок (8). Установлено, що точність визначення статистичних параметрів річного стоку за описаною моделлю знаходиться у межах точності розрахунків цих параметрів за даними гідрометричних спостережень і складає $\pm 10\%$. Модель «клімат-стік» успішно застосовувалась при оцінках водних ресурсів України за сценаріями глобального потепління (1,7,11) [21].

Зміни кліматичних характеристик, зумовлені глобальним потеплінням унаслідок збільшення концентрації парникових газів неминує привести до перерозподілу водних ресурсів як у часі, так і в просторі. Кліматичний стік найкращим чином відображає зміни клімату. Характеристикою зволоженості (посушливості) території може бути співвідношення між ресурсами вологи і тепла:

$$\beta_x = \bar{X} / \overline{E_m} \quad (1)$$

де $\bar{X}$ - середнє багаторічне значення річних опадів, мм; $\overline{E_m}$ – середнє багаторічне значення максимально можливого випаровування, мм.

При цьому:

$\beta X \geq 1,0$ - зона надмірного зволоження, (2)

$0,8 < \beta X < 1,0$ - зона достатнього зволоження, (3)

$0,5 \leq \beta X < 0,8$ - зона недостатнього зволоження, (4)

$0,20 < \beta X < 0,50$ - напіваридна зона (5)

$0,03 < \beta X < 0,20$ - аридна зона, (6)

$\beta X < 0,03$ - гіпераридна зона. (7)

Значення $\beta X = 0,5$ є межею між зоною недостатнього зволоження та напіваридною зоною. У сучасних математичних моделях загальної циркуляції атмосфери і океану, які пов'язуються із типом розвитку суспільства, надається просторовий розподіл у вузлах регулярної сітки, яка з роками стає більш детальною. За сценаріями для кожного вузла надаються дані про середні місячні опади, температури повітря по місяцях та вологість ґрунту. Така інформація дозволяє виконувати розрахунки стоку по місяцях та сезонах з використанням рівняння водно-теплогового балансу, яке для умов змін клімату набере вигляду (5,9) [21].

$$Y_k = X + (w_1 - w_2) - E_m \left[1 + \left(\frac{X + (w_1 - w_2)}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}} \quad (8)$$

де Y_k - величина кліматичного стоку за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; E_m - величина максимально можливого випаровування за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; X - сума річних опадів за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм; $(w_1 - w_2)$ - зміна запасів води у ґрунті за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм.

Для багаторічного періоду

$$Y_k = X - E_m \left[1 + \left(\frac{X}{E_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}} \quad (9)$$

де $Y_k^{\wedge}$ - середня багаторічна величина кліматичного стоку в умовах змін клімату, мм; $E_m^{\wedge}$ - середня багаторічна величина максимально можливого випаровування в умовах змін клімату, мм; $X^{\wedge}$ - середня багаторічна величина сум річних опадів в умовах змін клімату, мм. [21].

3.2.Методика аналізу коливань стоку

Річний стік є загальним показником багатьох чинників, головним чином кліматичних, що визначають його просторову і часову зміну. Більшість рядів спостережень середньорічних витрат річок України є однорідними у часі та просторі. Ці висновки були отримані на основі аналізів, які поєднували сумарну криву, інтегральні криві відхилення та графіки часових рядів середньорічної витрати води річок (рис. 3.1).

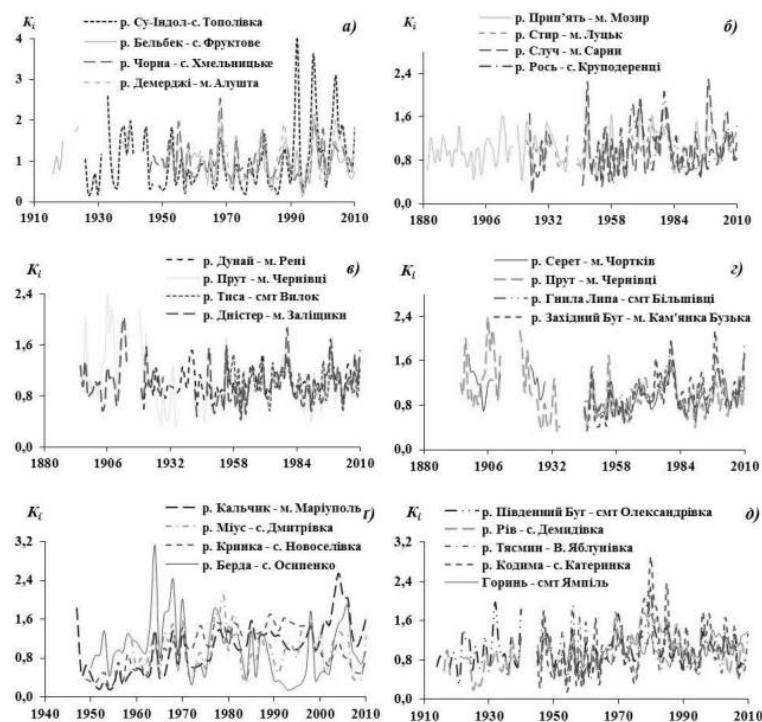


Рис. 3.1. Суміщені хронологічні графіки середньорічного стоку води деяких річок України [30]

Найбільш спотвореним є стік таких річок як Кринка, Кальміус, Су-Індол, Салгир, Отуз. Хоча мінливість середньорічного стоку води цих річок

як в просторі, так і в часі все ж таки зберігає природні тенденції. Звичайно, що антропогенне навантаження мають і інші річки на території України, однак для середньорічного стоку води цих річок воно є незначним, що підтверджується виглядом сумарних кривих.

Зона формування стоку р. Дністер розташована у верхній частині водозбору, переважно в гірській місцевості. Основними джерелами живлення річки Дністер є дощ та сніг. Правобережна верхів'я Дністра (Карпати) характеризується паводком протягом усього року. Це пов'язано з сильними дощами в теплу пору року, таненням снігу в горах у сезон відлиг і загальним сніговим таненням навесні. Весняне водопілля часто відбувається кількома хвилями. Тому Карпатські притоки мають характер зосередженого розливу з весняним водопіллям та літньо-осінніми дощовими паводками.

Різницева інтегральна крива (RIC) є інструментом аналізу часових рядів, що використовується для визначення величини та періодичності коливань в досліджуваному сигналі. Цей метод базується на знаходженні суми дискретних різниць між вхідними значеннями сигналу в певний момент часу та попередніми значеннями в попередні моменти часу. Основні принципи різницевої інтегральної кривої в аналізі коливань стоку полягають у використанні вхідних даних про висоту та витрату води для визначення змін в рівні стоку на протязі часу. Для цього використовуються формули, що базуються на різницях між значеннями вхідних даних в дві сусідні моменти часу. При цьому, різниця висот між двома точками може бути взята в якості міри потоку води, або різниця витрат може бути взята в якості міри зміни рівня стоку на протязі часу. Застосування RIC для аналізу коливань стоку дозволяє отримувати інформацію про частоту, амплітуду та фазу коливань. Наприклад, використовуючи RIC можна визначити періодичність коливань стоку, а також їх амплітуду та часові зміни. RIC також дозволяє визначати основні характеристики коливань стоку, такі як середнє значення, медіана та інші статистичні параметри. Таким чином, використання різницевої інтегральної кривої є ефективним інструментом для аналізу коливань стоку.

Він дозволяє отримувати детальну інформацію про динаміку зміни рівня стоку та інші параметри, що допомагають зрозуміти причини та наслідки змін в сточних водах. Крім того, використання РІС дозволяє виявляти аномальні зміни в рівні стоку та ідентифікувати їх причини.

Для застосування РІС в аналізі коливань стоку необхідно мати достатньо даних про висоту та витрату води на протязі тривалого періоду часу. Дані можуть бути отримані з різних джерел, таких як гідрометеорологічні станції, автоматичні станції вимірювання води, судноплавні гідропості та інші. Для обробки даних використовуються спеціальні програми та алгоритми, які дозволяють побудувати РІС та проаналізувати отримані дані.

Основними перевагами застосування РІС для аналізу коливань стоку є можливість виявлення неочікуваних змін в рівні стоку та їх причин а, також можливість визначення трендів та періодичності коливань. Крім того, РІС дозволяє проводити порівняльний аналіз різних періодів часу, що допомагає виявляти тенденції та зміни у рівні стоку на протязі довгого періоду часу.

3.3. Аналіз різницевої інтегральної кривої

За типом різницево-інтегральної кривої зміни річного стоку на водозборі виділено сім груп. Три з них розташовані в районі Карпат в Україні, а чотири на лівому березі (рис.3.1). Було побудовано усереднену інтегральну криву для визначення загальних характеристик коливань стоку для кожної групи. Оскільки річний стік річки Дністер формується як весняними водопіллями, так і дощовими паводками. Було досліджено максимальний стік весняного водопілля басейну річки та максимальний стік дощових паводків протягом досліджуваного теплого періоду. Порівняння характеру коливань річного максимального весняного стоку та річного максимального стоку опадів виконано за середніми інтегральними кривими.

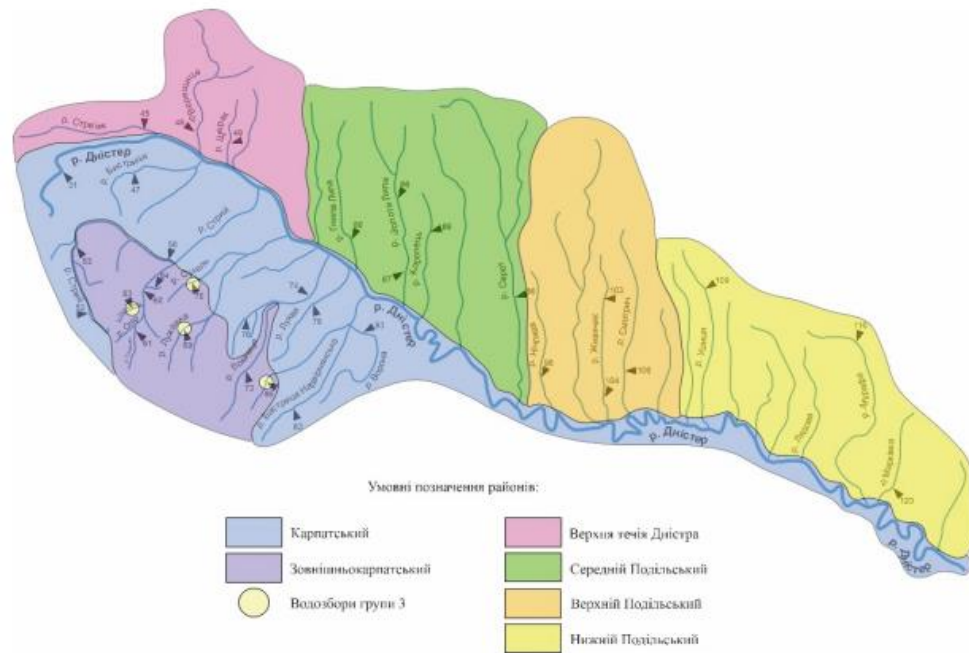


Рис. 3.1. Карта-схема районів із синхронними коливаннями річного стоку [20]

Визначено, що коливання річного стоку головної річки (р.Дністер) за період 1945-2018 рр. містить кілька циклів водності (рис.3.2). Ключовими або переломними є 1964, 1981-1982, 1995 і 2010 роки. Якщо цикли коливань рівня води виділити характерними точками, то можна припустити, що перший цикл тривав з 1945 по 1981 рік. Другий цикл розпочався в 1982 році і тривав до 2010 року. Перша межень – від початку спостережень (1945 р. до 1964 р. включно). Фаза маловоддя була змінена фазою багатоводдя і закінчилася в 1981 році. Наступний період маловоддя тривав з 1982 до, а потім переріс у повінь, яку можна було відстежувати до 2010 року. Лише після 2010 року було визнано, що основний потік увійшов у період зменшення води. Це дуже відрізняється від характеру коливань річкового стоку на півдні центральної України, де річка переходить у межень.

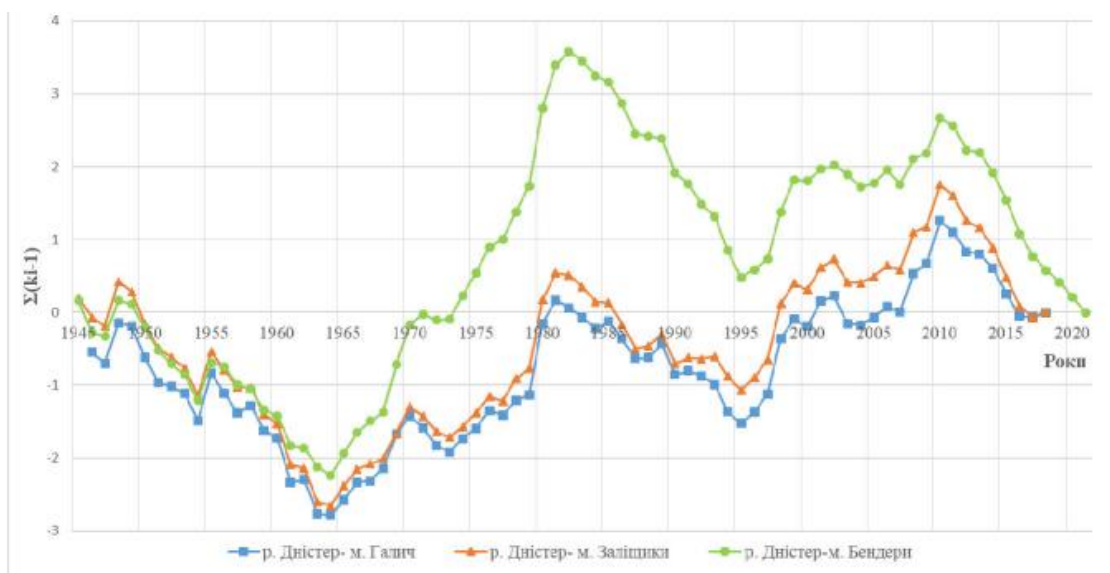


Рис. 3.2. Різницеві інтегральні криві річних витрат води за період 1945-2021 рр., розташованих вище Дністровського водосховища (Галич, Заліщики) та нижче міста Бендери

Багаторічні зміни середніх річних витрат р.Дністер – м.Заліщики демонструє різницева інтегральна крива, рис.3.3, дані про характерні цикли водності наведено в таблиці 3.1.



Рис 3.3. Різницева інтегральна крива модульних коефіцієнтів середнього річного стоку р. Дністер – м. Заліщики за 1947-2020 рр.

Таблиця 3.1.

**Дані про характерні цикли водності річного стоку р. Дністер – м.
Заліщики за 1947-2020 рр.**

періоди	кількість років	q сер	модульний коефіцієнт
1949-1963	14	188	0,85
1964-1982	18	305	1,38
1983-1997	14	220	0,99
1998-2012	14	264	1,20
2013-2020	7	212	0,96

На інтегральній кривій чітко видно фази маловодності у період 1949-1963 та також у 1983-1997, фази багатоводності прослідковуються у періодах 1964-1982 та 1998-2012. Важливою особливістю варіацій середніх річних витрат води досліджуваної річки є те, що протягом періоду кліматичних змін не спостерігалось односпрямованої тенденції змін їх величини. Таким чином можна, по-перше, стверджувати, що у період глобального потепління яке триває з 1989 року змін стіку річки Дністер-м.Заліщики були незначними і не перевищували меж природних коливань. До того ж після 2013 року у ході стоку триває маловодна фаза, яка може бути частиною наступного тривалого маловодного періоду та можливо покаже перші зміни у стоці під впливом глобального потепління.

Причина, чому існують відмінності в характеристиках коливань рівня води між близько розташованими річками, і навіть чому існують відмінності в характеристиках коливань між створами, які розташовані поблизу один від одного в одній річці, може бути пов'язана з впливом глобального та регіонального потепління, яке проявляється по-різному в різних висотних поясах. Особливо значні відмінності були виявлені у реакції гірських і рівнинних водозборів на підвищення зимових температур, яке змінює умови формування та значення стоку під час весняного водопілля.

Висновки до розділу 3

Основним методом дослідження є модель «клімат-стік». Базисом моделі «клімат-стік» є рівняння водно-теплогового балансу у модифікації В.С. Мезенцева (1969 р.).

Кліматичний стік найкращим чином відображає зміни клімату. Основні принципи різницевої інтегральної кривої в аналізі коливань стоку полягають у використанні вхідних даних про висоту та витрату води для визначення змін в рівні стоку на протязі часу. Для цього використовуються формули, що базуються на різницях між значеннями вхідних даних в дві сусідній моменти часу. При цьому, різниця висот між двома точками може бути взята в якості міри потоку води, або різниця витрат може бути взята в якості міри зміни рівня стоку на протязі часу. Застосування РІС для аналізу коливань стоку дозволяє отримувати інформацію про частоту, амплітуду та фазу коливань.

Оскільки кліматичні зміни в основному впливають на формування максимального стоку весняного водопілля та паводків було проведено аналіз різницевих інтегральних кривих зміни характеристик паводку та водопіль.

Отримані дані про зміни гідрологічного режиму річок можуть бути використані для гідротехнічного та водогосподарського планування, а також для планування заходів щодо використання та охорони водних ресурсів.

ВИСНОВКИ

Глобальна зміна клімату є однією з найгостріших екологічних проблем, з якими стикається людство. Основними причинами зміни клімату є використання викопного палива та неефективне споживання виробленої енергії. Парникові гази, що утворюються в результаті діяльності людини, посилюють парниковий ефект. Надмірна кількість газів, що утворюються в результаті транспорту, сільського господарства, промисловості та лісових пожеж, затримує сонячне тепло в нижніх шарах атмосфери і не дає йому повернутися в космос.

За останні 30 років середньорічна температура в Україні зросла на 1°C. Період з кінця XX століття до сьогодні є найтеплішим за всю історію спостережень за погодою в Україні.

В останні роки рівень води в річках України влітку був нижчим за норму. У поєднанні з частими посухами і меншою кількістю опадів влітку ситуація може тільки погіршуватися.

За останні кілька десятиліть відбувся перерозподіл опадів за регіонами України та за сезонами. Загалом середня кількість опадів за рік не сильно змінилася, але є зміни в інтенсивності та виді опадів: наприклад, коли опади можуть випасти за кілька годин протягом півмісяця чи місяця. Підвищення температури та зміна режиму зволоження призведе до подальших змін водного потоку річок, а відтак і водопостачання окремих регіонів.

Тому проблема зміни клімату стає все гострішою, тому не випадково весь світ приділяє більше уваги цій проблемі та вживає заходів, але в глобальному масштабі ще багато чого потрібно зробити щодо загальної ситуації.

Сьогодні можна з упевненістю сказати, що значні зміни клімату вже відбуваються. Якщо ми не будемо діяти, ми незабаром наблизимось до точки, коли глобальну зміну клімату більше не можна буде зупинити, а майбутнє життя на Землі під загрозою.

Підвищення температури та зміна режиму зволоження призведе до подальших змін водного потоку річок, а відтак і водопостачання окремих регіонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антропогенна дія на зміну клімату. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Зміна_клімату#Антропогенна_дія_на_зміну_клімату (дата звернення: 23.02.2024).
2. Барабаш М. Б., Корж Т. В., Татарчук О. Г. Дослідження змін та коливань опадів на рубежі XX і XXI ст. в умовах потепління глобального клімату. Київ, 2004.
3. Бойко В.М., Кульбіда М.І., Адаменко Т.І. Використання геоінформаційних технологій в оперативній гідрометеорології: Періодичний наук. зб. Київ, 2010. 30 с.
4. Бойченко С.Г. Напівемпіричні моделі та сценарії глобальних і регіональних змін клімату: монографія. Київ : Наук. думка, 2008. 310 с.
5. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища. Київ : КНУ ім.Тараса Шевченка, 2023. 316 с.
6. Вишневський, В.І. Гідрологічні характеристики річок України: навч. посібник. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
7. Глобальне потепління. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Глобальне_потепління (дата звернення: 23.02.2024)
8. Глобальне потепління – не міф? Люди дійсно змінюють клімат? Що нас чекає у майбутньому?: Nauka.ua. URL: <https://nauka.ua/card/globalne-poteplinnya-ne-mif-lyudi-dijsno-zminyuyut-klimat-shcho-nas-chekaye-u-majbutnomu> (дата звернення: 25.02.2024).
9. Горбачова Л. О. Методичні підходи щодо оцінки стаціонарності і однорідності гідрологічних рядів спостережень. 2014. 31 с.
10. Горбачова Л.О. Місце та роль гідролого-генетичного аналізу серед сучасних методів дослідження водного стоку річок. 2016. Вип. 268. 81 с.
11. Горбачова Л.О. Сучасний внутрішньорічний розподіл водного стоку річок України. Укр. геогр. журн., 2015. № 3. 23 с.

12. Гребінь В.В., Ободовський О.Г., Жовнір В.В., Мудра К.В., Почаєвець О.О. Оцінювання однорідності рядів стокових характеристик річок районів річкових басейнів та суббасейнів України. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2019. № 1(52). С. 36-50.
13. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). К. : Ніка-Центр, 2010. 316 с.
14. Заставний Ф.Д. Географія України. Львів: Світ, 1994. 300-301, 472 с.
15. Звіти МГЕЗК. URL: <https://www.ipcc.ch/> (дата звернення: 24.02.2024).
16. Іванюта С.П, Коломієць О.О., Малиновська О.А. .Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт.доповідь.Київ: НІСД, 2020.110 с.
17. Клименко В.Г. Загальна гідрологія: Навчальний посібник для студентів. Харків: ХНУ, 2008. 54 с.
18. Кліматична криза може вдарити по половині світового ВВП – доповідь ВЕФ. URL: <https://mind.ua/news/20206813-klimatichna-kriza-mozhe-vdariti-po-polovinisvitovogo-vvp-dopovid-vef> (дата звернення: 25.02.2024).
19. Левківський С.С. Водні ресурси України. Київ: Вища школа, 1979. 200 с.
20. Левківський, С.С., Падун, М.М. Раціональне використання і охорона водних ресурсів. Київ: Либідь. 280 с.
21. Лобода Н. С., Сербова З. Ф., Божок Ю. В. "Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В)": Український гідрометеорологічний журнал. 2014. № 15. С. 149-159.
22. Лук'янець О.І., Камінська Т.П. Закономірності та просторова синхронність багаторічних циклічних коливань водного стоку річок Українських Карпат. Науковий вісник Чернівецького університету: збірник наукових праць. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. 2015. 24 с.
23. Мельничук С. П. Метеорологія і кліматологія: Навчально-методичний посібник. Львів : НЛТУ України, 2018. 148 с.

24. Нова кліматична ера: глобальне потепління може мати для України як негативні, так і позитивні наслідки. URL: <http://tyzhden.ua/Society/55859> (дата звернення: 25.02.2024).

25. Ободовський О.Г., Данько К.Ю., Почаєвець О.О., Ободовський Ю.О. Методика встановлення гідроенергетичного потенціалу (на прикладі річок Українських Карпат). Вісник КНУ імені Тараса Шевченка. Географія. 2016. №64. С. 5-11.

26. Ободовський О.Г., Лук'янець О.І. Виявлення та прогнозна оцінка коливань водності річок Карпатського регіону. Матеріали Міжнар. наук. конф. Чернівці: Чернів. нац. ун-т, 2016. 171 с.

27. Ободовський О.Г., Лук'янець О.І., Почаєвець О., Москаленко С. Багаторічна мінливість абсолютних річних мінімумів стоку води річок України. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2019. 95 с.

28. Ободовський О.Г., Почаєвець О.О., Заварзін М.А. Оцінка зв'язків мінімального та середнього стоку води річок Українських Карпат. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2016. № 1(40). С. 60-69.

29. Ободовський О.Г., Сурай К.С., Почаєвець О.О. Оцінка мінімального стоку води річок суббасейну Ужа (басейн річки Тиса). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2018. № 2(49). С. 6-15.

30. Почаєвець О. О. Дослідження мінімального стоку води гірських річок: ретроспектива, огляд і перспектива. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія Київ: Ніка-Центр, 2003. 77 с.

31. Соловей Т.В. Характеристика мінімального стоку річок басейну Прута. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія: тези доп. II Всеукр. наук. Київ.

32. Стрелец Б.И. Справочник по водным ресурсам. Киев: Урожай. 1987. 304 с.

33. Тенденції змін клімату України на початок XXI століття. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в

Україні у 2000 році. Міністерство екології та природних ресурсів, Видавництво Раєвського, 2001. 92 с.

34. Том 3: Живлення річок і озер: енциклопедія. 1966. 544 с.

35. Хількевський В.К., Ободовський О.Г. Загальна гідрологія: Підручник. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 399 с.

36. Якими будуть наслідки глобального потепління та як їх уникнути. URL: <https://hromadske.ua/posts/chi-potone-london-yakimi-budut-naslidki-globalnogo-poteplinnya-ta-yak-yih-uniknuti-poyasnyuye-klimatolog> (дата звернення: 24.02.2024).

37. Яцик, А. В. Екологічна безпека в Україні. Київ: Генеза, 2001. 216 с.

38. About us. World Meteorological Organization. URL: <https://public.wmo.int/en/about-us> (дата звернення: 24.02.2024).

39. COP26:кліматична криза на планеті у 11 графіках: веб-сайт. URL: <https://www.dw.com> (дата звернення:26.02.2024).

40. World Meteorological Organization. URL: <https://wmo.int/> (дата звернення: 23.02.2024).